

288

SEMINARIO
**DESASTRES
SISMICOS**
EN GRANDES
CIUDADES

ENSEÑANZAS EN
MITIGACION Y
OPERATIVOS DE
EMERGENCIA

BOGOTA JULIO 24 AL 27 DE 1990

TOMO I

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

MEMORIAS

Bogotá D.E., 24, 25, 26 y 27 de Julio de 1.990

COMITE ORGANIZADOR

OFICINA DEL COORDINADOR DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ATENCION
EN CASOS DE DESASTRE - UNDRO

OFICINA NACIONAL PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES
FONDO NACIONAL DE CALAMIDADES

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS
INGEOMINAS

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA
SOCIEDAD COLOMBIANA DE PLANIFICACION

DEFENSA CIVIL COLOMBIANA
CRUZ ROJA COLOMBIANA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

INSTITUTO GEOFISICO DE LOS ANDES

UNIVERSIDAD DEL VALLE/OBSERVATORIO SISMOLOGICO DEL SUROCCIDENTE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

AGENCIAS INTERNACIONALES DE APOYO

OFICINA DEL COORDINADOR DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ATENCION
EN CASOS DE DESASTRE - UNDRO

AGENCIA CANADIENSE PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL - ACDI
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - PNUD

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

Presidente : Luis Eduardo Laverde L.

JUNTA DIRECTIVA

Principales

Javier Ignacio Restrepo
Libardo Leal Urrea
Jaime Santamaría Serrano
Jaime Arias Restrepo
Mauricio Nieto Reyes
Herberto Jiménez Muñoz
María del Rosario Huemer de Gómez
Hernando Mesa Pérez
Felix García Motta
Miguel Antonio Ochoa Díaz

Suplentes

Héctor Cifuentes Delgado
Germán Augusto Figueroa
Enrique Sandoval García
Jaime D. Batemán Durán
Germán Silva Fajardo
Héctor Parra Ferro
Gladys de Valderrama
Ana Claudia Obando
Alvaro Vásquez Osorio
Carlos Bermúdez Lozano

FUNCIONARIOS :

Secretario Ejecutivo : Fernando Bazzani Rozo
Asesor de la Presidencia : Antonio José Angulo R.
Director de Anales : Felipe Estrada Escobar
Revisor Fiscal : Héctor Vega Garzón
Tesorero : Silvio Sáenz Suárez

**LAS OPINIONES Y CONCEPTOS EMITIDOS
EN CADA UNO DE LOS TRABAJOS EDITADOS
EN ESTAS MEMORIAS SON RESPONSABILIDAD
DE SUS AUTORES.**

**CUALQUIER OBSERVACION DIRIGIDA
A LA OFICINA NACIONAL PARA LA
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES,
SERÁ BIEN RECIBIDA.**

CONFERENCISTAS

Doctor FREDERICK KRIMGOLD
Decano Asociado
Centro de Políticas para el Desarrollo
Instituto Politécnico de Virginia
Alejandría, Virginia
Estados Unidos.

Doctor ROBERTO CASTAÑON R.
Director General
Servicios Médicos
Distrito Federal
México

Doctora YASEMIN AYSAN
Directora
Centro para el Manejo de Desastres
Politécnico de Oxford
Inglaterra.

Doctor HERBERT TIEDEMANN
Consultor Asesor
Grupo Reasegurador Sulzo
Alemania Federal.

Doctor JOSE GRASES G.
Profesor
Ingeniería Civil
Universidad Central de Venezuela
Venezuela.

Doctor HANSJURGEN MEYER
Director
Observatorio Sismológico del Suroccidente
Universidad del Valle
Colombia.

Doctora SHIRLEY MATTINGLY
Jefe de Información Servicios de Emergencia
Los Angeles, California
Estados Unidos.

Doctor HENRY RENTERIA
Director
Servicios de Emergencia
Oakland, California
Estados Unidos.

Doctor DAVID STEWART
Director
Centro de Estudios Sísmicos
Colegio de Ciencia y Tecnología
Missouri State University
Estados Unidos.

Doctor LUIS ESTEVA M.
Director
Instituto de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
México.

Doctor JAIME TINOCO R.
Director Técnico
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
Distrito Federal
México.

Doctor FRANK W. BORDEN
Comandante
División de Preparativos para Desastres
Departamento de Bomberos de Los Angeles
Estados Unidos.

Doctor CAMILO CARDENAS
Jefe
Oficina Nacional para la Prevención
y Atención de Desastres
Presidencia de la República
Colombia.

CONTENIDO :

	Página
SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA	1
CLASIFICACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES Y EVALUACIÓN DE PERDIDAS	13
VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES LOCALIZADOS EN ZONAS DE RIESGO SÍSMICO	35
MODELO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO SÍSMICO	61
EDUCACIÓN, INFORMACIÓN PÚBLICA Y PREPARACIÓN DE LA COMUNIDAD (TERREMOTO DE LOMA PRIETA).....	73
POLÍTICAS DE RECONSTRUCCIÓN LUEGO DE UN TERREMOTO E IMPLICACIONES PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO URBANO	79
RESPUESTA SOCIAL A REQUERIMIENTOS DE VIVIENDA Y ALIMENTACIÓN (TERREMOTO DE LOMA PRIETA).....	94
REVISIÓN DE NOERMAS Y REFUERZO DE CONSTRUCCIONES DESPUES DE TEMBLORES INTENSOS: MEXICO 1.985	101
RIESGO SÍSMICO Y ESPECTROS DE DISEÑO: IMPLICACIONES DEL TEMBLOR DE MEXICO DE 1.985	131
NORMATIVA ANTISÍSMICA: EXCLUSIONES, LINEAMIENTOS BÁSICOS Y AUTORIDAD COMPETENTE	187
NOTAS PARA LA ESTIMACIÓN DE REQUERIMIENTOS HOSPITALARIOS EN ÁREAS URBANAS QUE PUEDEN SER AFECTADAS POR SISMOS INTENSOS	212
DAÑOS OCASIONADOS EN LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y DRENAJE EN LA CIUDAD DE MEXICO A CONSECUENCIA DE LOS SISMOS OCURRIDOS EN SEPTIEMBRE DE 1.985	228

PROGRAMA DE MITIGACION DE RIESGOS EN COLOMBIA
"Para el Mejoramiento de la Prevención y Atención de Desastres"
UNDRO/ACDI/OND

SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"

BOGOTA JULIO 24 al 27 DE 1990

PRESENTACION

Fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico, y atmosférico tales como terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, maremotos, inundaciones, huracanes, etc. o posibles eventos desastrosos de origen tecnológico provocados por fenómenos naturales, por el hombre o por fallas técnicas, son eventos que representan un peligro latente que bien puede considerarse como una amenaza para el desarrollo social y económico de una región o un país.

Entre este tipo de eventos que ofrecen alto riesgo en Colombia sobresale por su peligrosidad: el riesgo sísmico. Una amplia zona del país no solamente tiene áreas con un alto grado de amenaza sísmica, o probabilidad de ocurrencia de terremotos de gran magnitud, sino también grandes centros urbanos densamente poblados, localizados en dichas zonas, que ofrecen por sus características de desarrollo urbano y sus tipos de edificación e infraestructura un alto grado de vulnerabilidad.

Países en desarrollo como Colombia no pueden darse el lujo de perder, como ya ha ocurrido en el pasado, miles de vidas humanas y cientos de millones de dólares en veinte o treinta segundos. Cifras en muchos casos incalculables en eventos cuyos costos directos y obviamente indirectos pueden llegar a un amplio porcentaje del Producto Interno Bruto. Colombia como otros países del área puede tener en general un significativo porcentaje promedio anual de pérdidas por desastres naturales con respecto a su Producto Nacional Bruto. Pérdidas que, como es evidente, se traducen en empobrecimiento de la población, puesto que implican llevar a cabo gastos no previstos que afectan la balanza de pagos y en general el desarrollo del mismo.

Las medidas de prevención contra los efectos desastrosos de los terremotos deben tomarse siempre con anterioridad a la ocurrencia de los eventos y en el estado de elaboración de los planes de desarrollo integral a nivel regional y urbano, con el fin de reducir el nivel de riesgo existente. Dado que eventos de esta naturaleza pueden causar grave impacto en el desarrollo de las comunidades expuestas, es necesario enfrentar la ejecución de las medidas preventivas versus la recuperación posterior a los desastres, e incorporar los análisis de riesgo a los aspectos sociales y económicos de cada región.

Por esta razón, la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres OND, de la Presidencia de la República, como coordinadora del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres creado por la Ley 46 de 1988 y reglamentado por el Decreto Ley 919 de 1989, con el apoyo financiero del Fondo Nacional de Calamidades, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional ACDI, la Oficina de las Naciones Unidas para la Asistencia en caso de Desastres UNDRO, la Organización Panamericana de la Salud OPS y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, y con el apoyo organizativo de la Sociedad Colombiana de Ingenieros SCI y otras entidades que conforman el Comité Asesor de Riesgo Sísmico ha querido convocar a las instituciones del Sistema Nacional y en general del sector público y privado para participar en un seminario-taller multisectorial en el cual, con la asistencia de expertos internacionales, se lleven a cabo presentaciones sobre las experiencias vividas en terremotos catastróficos en grandes ciudades, sobre sus enseñanzas y sobre los avances realizados por el estado del conocimiento en las diferentes áreas para mitigar en el futuro las consecuencias desastrosas de los terremotos.

OBJETIVO GENERAL

Promover el trabajo integrado y multisectorial de las entidades que conforman el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres con el fin de mitigar el riesgo sísmico y con el fin de llevar a cabo los preparativos básicos requeridos para atender de la forma más eficiente posible eventos que de esta naturaleza se puedan presentar en el futuro en grandes centros urbanos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Ilustrar y analizar experiencias vividas en grandes ciudades con el objeto de conocer situaciones reales y sus enseñanzas en relación con: operativos de emergencia, búsqueda, rescate, atención médica, remisión de heridos, daños en las edificaciones, en las líneas vitales, riesgos generados de segundo orden, etc.
- Presentar experiencias y enseñanzas sobre rehabilitación y recuperación de comunidades afectadas, en las cuales se ilustren los problemas sociales que se presentan en el mediano y largo plazo, los procesos de planificación para la reconstrucción de la vivienda, de las líneas vitales, y en general de la infraestructura afectada.
- Presentar los avances del estado del conocimiento en relación con los preparativos para la atención de emergencias sísmicas: búsqueda, rescate, equipos, atención médica, educación e información pública, etc.; como también en relación con la mitigación del riesgo sísmico mediante la planificación urbana, la intervención de la vulnerabilidad, la predicción sísmica, etc.

METODOLOGIA

De acuerdo con el temario, se llevarán a cabo dos conferencias plenarias principales diarias, en las cuales todo el auditorio se entera y sensibiliza sobre los problemas que ofrece un evento de estas características no sólo para su sector o disciplina sino para los otros sectores que deben actuar en el caso de presentarse un desastre sísmico. En estas plenarias, además de disertar acerca de las experiencias vividas y sus enseñanzas, se pretende ilustrar el avance que en cada sector se han logrado a nivel mundial con miras a mitigar y prepararse para este tipo de eventos.

Además de las conferencias plenarias, el auditorio se dividirá en dos sectores básicos: Técnico y Operativo. Cada sector tendrá presentaciones específicas, con tiempo para la discusión, en las cuales se pretenderá precisar en forma más específica los temas de cada sector, los cuales sólo habrán sido mencionados en forma general en las conferencias plenarias.

En el primer día de presentaciones se pretende ilustrar al auditorio tanto en las conferencias plenarias como en las sesiones simultáneas acerca de las situaciones vividas inmediatamente después de ocurrido un terremoto en una gran ciudad y las lecciones aprendidas de dichas experiencias en cada uno de los sectores. Igualmente, en el segundo día se pretende ilustrar acerca de las experiencias y enseñanzas de los efectos y acciones llevadas a cabo en el mediano y largo plazo como consecuencia de la ocurrencia de un intenso terremoto. Finalmente, en el tercer día se pretende ilustrar los avances en preparativos de emergencia y muy especialmente en planificación para la mitigación del riesgo sísmico, como la forma más adecuada de llevar a cabo la prevención de las consecuencias que pueden esperarse por la ocurrencia de intensos terremotos en centros urbanos.

PARTICIPANTES

Serán invitadas las entidades del sector público que conforman el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres: Comité Técnico Nacional, Comité Operativo Nacional, coordinadores y miembros del sector técnico y operativo de los Comités Regionales y Locales de las grandes ciudades localizadas en zonas sísmicas, funcionarios de las oficinas de planeación y de las empresas de servicios públicos, miembros de las asociaciones de ingenieros, alcaldes y gobernadores, universidades y otras entidades privadas de acuerdo con los cupos establecidos para el efecto.

Omar Darío Cardona A.
Coordinador
Comité Asesor de Riesgo Sísmico

DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas sobre Mitigacion y Operativos de Emergencia"
JULIO 24, 25, 26 y 27 DE 1990

MARTES 24 DE JULIO

Instalacion 5:00 - 6:30 p.m. O.N.D. - UMDRO/PNUD - S.C.I Copa de Vino.

MIERCOLES 25 DE JULIO PLENARIAS

**Conferencia 8:30 - 09:00 a.m. Presentacion del "Sistema Nacio-
 Preguntas 09:00 - 09:15 a.m. nal para la Prevencion y Aten-
 Receso 09:15 - 09:30 a.m. cion de Desastres de Colombia.**

**Conferencista (1P1) CAMILO CARDENAS G.
 Jefe
 OFICINA NACIONAL DE DESASTRES**

**Conferencia 9:30 - 10:20 a.m. Operativos de emergencia en
 Preguntas 10:20 - 10:45 a.m. terremotos. Experiencias y
 Receso 10:45 - 11:00 a.m. enseñanzas.**

**Conferencista (1P2) FREDERICK KRINGOLD
 Center for Development Police
 VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE**

**Conferencia 11:00 - 11:50 a.m. Danos en las lineas vitales y
 Preguntas 11:50 - 12:15 p.m. sus consecuencias inmediatas.
 Receso 12:15 - 2:30 p.m. Experiencias y enseñanzas.**

**Conferencista (1P3) JOSE GRASES
 Profesor
 UNIVERSIDAD DE VENEZUELA**

PRESENTACIONES ESPECIFICAS

SALON A: INGENIERIA SISMICA

SALON B: OPERATIVOS DE EMERGENCIA

**Presentacion 2:30 - 3:00 p.m. Danos y perdidas en la red hi-
 Discucion 3:00 - 3:20 p.m. draulica de Ciudad de Mexico.
 Receso 3:20 - 3:30 p.m.**

**Conferencista (1E1A) JAIME TINOCO R.
 Director Tecnico
 OPERACION HIDRAULICA DE MEXICO**

**Operativos de busqueda y resca-
 te. Experiencias y enseñanzas.**

**(1E1B) FREDERICK KRINGOLD
 Center for Development Police
 VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE**

**Presentacion 3:30 - 4:00 p.m. Danos y perdidas en edificacio-
 Discucion 4:00 - 4:20 p.m. nes. Experiencias y Enseñanzas.
 Receso 4:20 - 4:30 p.m.**

**Conferencista (1E2A) JOSE GRASES
 Profesor
 UNIVERSIDAD DE VENEZUELA**

**Atencion medica en terremotos.
 Experiencias y enseñanzas.**

**(1E2B) ROBERTO CASTAÑON R.
 (Ex) Director General
 SERVICIOS MEDICOS DE MEXICO**

**Presentacion 4:30 - 5:00 p.m. Riesgos indirectos o de segun-
 Discucion 5:00 - 5:20 p.m. do orden. Lecciones aprendidas.
 Receso 5:20 - 5:30 p.m.**

**Conferencista (1E3A) HERBERT TIEDERMANN
 Ingeniero Consultor
 SWISS RE GROUP**

**Vulnerabilidad fisica y fun-
 cional de hospitales.**

**(1E3B) DAVID STEWART
 Center of Earthquake Studies
 MISSOURI STATE UNIVERSITY**

JUEVES 28 DE JULIO

PLENARIAS

Conferencia 9:00 - 10:00 a.m. Experiencias y lecciones en
Preguntas 10:00 - 10:30 a.m. reconstrucción y planificación
Receso 10:30 - 10:45 a.m. después de un terremoto.

Conferenciata (2P1) YASEMIN ATSAN
Disaster Management Centre
OXFORD POLYTECHNIC

Conferencia 10:45 - 11:45 a.m. Efectos económicos directos e
Preguntas 11:45 - 12:15 p.m. indirectos. Seguros contra te-
Receso 12:15 - 2:30 p.m. rremotos.

Conferenciata (2P2) HERBERT TIEDEMANN
Ingeniero Consultor
SWISS RE GROUP

PRESENTACIONES ESPECIFICAS

INGENIERIA SISMICA/PLANIFICACION

OPERATIVOS DE EMERGENCIA

SALON A:

SALON B:

Presentacion 2:30 - 3:00 p.m. Evaluación detallada de los
Discusión 3:00 - 3:20 p.m. daños sobre las edificaciones.
Receso 3:20 - 3:30 p.m.
Conferenciata (2E1A) ZORAN MILUTINOVIC
Profesor IISIS
UNIVERSIDAD 'CIRILO Y METODIO'

Presentacion 3:30 - 4:00 p.m. Reforzamiento de edificaciones
Discusión 4:00 - 4:20 p.m. y normas de emergencia.
Receso 4:20 - 4:30 p.m.
Conferenciata (2E2A) LUIS ESTEVA M.
Instituto de Ingeniería
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

Presentacion 4:30 - 5:00 p.m. Tendencias actuales de las nor-
Discusión 5:00 - 5:20 p.m. mas sismoresistentes.
Receso 5:20 - 5:30 p.m.
Conferenciata (2E3A) JOSE GRASES
Profesor
UNIVERSIDAD DE VENEZUELA

Vulnerabilidad social de comuni-
dades expuestas.
(2E1B) YASEMIN ATSAN
Disaster Management Centre
OXFORD POLYTECHNIC

Alimentación y manejo de aloja-
mientos temporales.
(2E2B) HENRY RENTERIA
Emergency Services
CITY OF OAKLAND CALIFORNIA

Rehabilitación del sistema de
atención en salud.
(2E3B) ROBERTO CASTAÑON R.
(Ex) Director General
SERVICIOS MEDICOS DE MEXICO

VIERNES 27 DE JULIO

PLENARIAS

Conferencia 9:00 - 10:00 a.m. Preparativos para la atencion
Preguntas 10:00 - 10:30 a.m. inmediata de emergencias cau-
Receso 10:30 - 10:45 a.m. sadas por terremoto.

Conferencista (3P1) SHIRLEY MATTINGLY
Emergency Services
LOS ANGELES CALIFORNIA

Conferencia 10:45 - 11:45 a.m. Planificaclon para la mitiga-
Preguntas 11:45 - 12:15 p.m. clon del riesgo sismico en
Receso 12:15 - 2:30 p.m. centros urbanos.

Conferencista (3P2) ZORAN MILUTINOVIC
Profesor IISIS
UNIVERSIDAD 'CIRILO Y METODIO'

PRESENTACIONES ESPECIFICAS

INGENIERIA SISMICA/PLANIFICACION

OPERATIVOS DE EMERGENCIA

SALON A:

SALON B:

Presentacion 2:30 - 3:00 p.m. Prediccion sismica, evaluacion
Discucion 3:00 - 3:20 p.m. de amenaza y efectos locales.
Receso 3:20 - 3:30 p.m.

Conferencista (3E1A) LUIS ESTEVA M.
Instituto de Ingenieria
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

Organizacion y coordinacion de
planes de emergencia.

(3E1B) SHIRLEY MATTINGLY
Emergency Services
LOS ANGELES CALIFORNIA

Presentacion 3:30 - 4:00 p.m. Evaluacion de vulnerabilidad y
Discucion 4:00 - 4:20 p.m. escenarios de riesgo sismico.
Receso 4:20 - 4:30 p.m.

Conferencista (3E2A) ZORAN MILUTINOVIC
Profesor IISIS
UNIVERSIDAD 'CIRILO Y METODIO'

Equipos y capacitacion de gru-
pos de busqueda y rescate.

(3E2B) FREDERICK KRINGOLD
Center for Development Police
VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE

Presentacion 4:30 - 5:00 p.m. Proyecto Integral de mitiga-
Discucion 5:00 - 5:20 p.m. cion de riesgo sismico en Cali.
Receso 5:20 - 5:30 p.m.

Conferencista (3E3A) HANSJUERGEN MEYER
Observatorio Sismologico SurOcc.
UNIVERSIDAD DEL VALLE

Educacion, informacion publica
y preparacion de la comunidad.

(3E3B) FRANK BORDEN
Fire Department
CIUDAD DE LOS ANGELES

Clausura 5:45 - 6:30 p.m. O.N.D. - UNDRP/PNUD - S.C.I. Copa de Vino.

DESCRIPCION DE LAS CONFERENCIAS PROGRAMADAS

Miercoles 25 de Julio

Plenarias

Auditorio Principal

(1P1) PRESENTACION DEL SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES DE COLOMBIA

Organizacion de las entidades colombianas de acuerdo con la Ley 46 de 1988 y el Decreto 919 de 1989. Breve historia de su conformación y propósito del seminario de acuerdo con el marco institucional descrito.

(1P2) OPERATIVOS DE EMERGENCIA EN TERREMOTOS, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS.

Descripción de situaciones reales vividas de búsqueda, rescate y atención médica después de un intenso terremoto en diferentes centros urbanos. Problemas y dificultades que se han presentado como consecuencia de la magnitud del evento, la vulnerabilidad física y la falta de preparación para la atención de la emergencia.

(1P3) DANOS EN LAS LINEAS VITALES Y SUS CONSECUENCIAS INMEDIATAS, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS.

Ilustración de la manera como se han visto afectados en diferentes sitios del mundo los acueductos, los alcantarillados, los poliductos, las redes eléctricas, las vías, los puentes, los aeropuertos, las comunicaciones telefónicas, etc. y consecuencias de dichos daños en la atención inmediata de la población afectada.

Presentaciones Especificas

Salón A: Ingeniería Sísmica.

(1E1A) DANOS Y PERDIDAS EN LA RED HIDRAULICA DE CIUDAD DE MEXICO.

Descripción de los daños y las pérdidas que sufrió la red de suministro de agua durante los terremotos de 1985. Forma como se enfrentó la situación y consecuencias para otros sectores. Ilustración complementaria de las consecuencias del terremoto sobre otros servicios públicos de la Ciudad de México.

(1E2A) DANOS Y PERDIDAS EN EDIFICACIONES, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS.

Descripción de la tipología de los daños de las edificaciones en diferentes terremotos ocurridos en grandes centros urbanos. Implicaciones y enseñanzas para la ingeniería estructural, la arquitectura y la construcción.

(1E3A) RIESGOS INDIRECTOS O DE SEGUNDO ORDEN. LECCIONES APRENDIDAS.

Ilustración de eventos desastrosos generados como consecuencia de un intenso terremoto en diferentes partes del mundo. Deslizamientos, avalanchas, licuefacción de suelos, colapso de presas, incendios, explosiones, contaminaciones, etc.

Salón B: Operativos de Emergencia.

(1E1B) OPERATIVOS DE BUSQUEDA Y RESCATE, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS.

Descripción de experiencias de búsqueda y rescate de personas atrapadas en edificaciones colapsadas, limitantes físicos y de tiempo, dificultad en el uso de maquinaria pesada para la remoción de escombros, experiencias en la búsqueda con perros amaestrados, problemas para el aislamiento y seguridad, participación de la comunidad, coordinación.

(1E2B) ATENCION MEDICA EN TERREMOTOS, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS.

Ilustración de la falta de preparación del sector salud para la atención masiva de heridos, dificultades y limitantes para la aplicación de planes hospitalarios de emergencia, problemas en la referencia de heridos y triage y en la coordinación con los organismos de socorro y rescate.

(1E3B) VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES.

Ilustración de casos en los cuales se ha perdido la capacidad del servicio hospitalario por el derrumbamiento total o parcial de sus estructuras. "Colapso" funcional de hospitales por fallas de sus elementos no-estructurales, en sus instalaciones básicas y de sus equipos. Errores en el diseño arquitectónico de hospitales que dificultan la atención masiva de heridos.

Jueves 26 de Julio

Plenarias

Auditorio Principal

(2P1) EXPERIENCIAS Y LECCIONES EN RECONSTRUCCION Y PLANIFICACION DESPUES DE UN TERREMOTO.

Ilustración de procesos de alojamiento temporal, planificación, urbanización, generación de empleo y desarrollo. Experiencias y enseñanzas de programas de reconstrucción con la participación de la comunidad, dificultades por tendencias culturales y tipificación de edificaciones vulnerables.

(2P2) EFECTOS ECONOMICOS DIRECTOS E INDIRECTOS. SEGUROS PARA TERREMOTO.

Ilustración y cuantificación de pérdidas económicas directas por daños en las edificaciones, la infraestructura de servicios públicos, las utilidades industriales y comerciales, y de los efectos indirectos por interrupción de las funciones del comercio, la industria, los servicios públicos, pérdida de reputación de la zona, desempleo, etc. Descripción de los criterios y la aplicación de seguros en contra de terremotos.

Presentaciones Especificas

Salón A: Ingeniería Sísmica y Planificación.

(2E1A) EVALUACION DETALLADA DE LOS DANOS SOBRE LAS EDIFICACIONES.

Ilustración del beneficio de una metodología única para la evaluación de daños y de un procedimiento preestablecido para la acción de las comisiones evaluadoras que deben adiestrarse con anticipación para la toma de la información en forma práctica. Descripción del contenido de los formularios para la toma de información.

(2E2A) REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES Y NORMAS DE EMERGENCIA.

Descripción general del tipo de intervenciones para el reforzamiento y reparación de estructuras deterioradas por un evento intenso. Ilustración del desarrollo de normas de emergencia y su aplicación en el caso de Ciudad de México como consecuencia de los terremotos de 1985.

(2E3A) TENDENCIAS ACTUALES DE LAS NORMAS SISMORESISTENTES.

Descripción de los últimos avances del estado del conocimiento que se han incorporado o tienden a ser incluidos en las normas y códigos de construcción sismoresistente. Demanda de ductilidad, chequeo de la capacidad estructural, espectros para suelos excesivamente blandos, calificación de la configuración, etc.

Salón B: Operativos de Emergencia.

(2E1B) VULNERABILIDAD SOCIAL DE COMUNIDADES EXPUESTAS.

Ilustración de la vulnerabilidad de asentamientos humanos como consecuencia de aspectos históricos, culturales y de su entorno físico. Comunidades altamente propensas como consecuencia de un desarrollo urbano y una tipología de edificación masiva altamente vulnerables.

(2E2B) ALIMENTACION Y MANEJO DE ALOJAMIENTOS TEMPORALES.

Descripción de situaciones vividas y técnicas previstas para el manejo masivo de personas que han perdido su vivienda. Criterios para el manejo de alojamientos temporales y alimentación durante fases posteriores a la ocurrencia de un intenso terremoto.

(2E3B) REHABILITACION DEL SISTEMA DE ATENCION EN SALUD.

Descripción del proceso de rehabilitación y recuperación del sistema de atención en salud del Distrito Federal de Ciudad de México como consecuencia de los terremotos de 1985. Decisiones del Gobierno, inversiones, intervenciones y preparativos para la atención de una futura emergencia.

Viernes 27 de Julio

Plenarias

Auditorio Principal

(3P1) PREPARATIVOS PARA LA ATENCION INMEDIATA DE EMERGENCIAS CAUSADAS POR TERREMOTO.

Ilustración acerca del estado del conocimiento en preparativos para la atención de emergencias sísmicas. Descripción de la organización, la coordinación interinstitucional, los recursos y la educación e información a la comunidad en países avanzados en el tema.

(3P2) PLANIFICACION PARA LA MITIGACION DEL RIESGO SISMICO EN CENTROS URBANOS.

Descripción de la evaluación del riesgo sísmico y su consideración como variable para planificación urbana. Microzonificación para la definición del espacio público y la intervención de la vulnerabilidad urbana. Programas de mitigación del riesgo y normativa en la planificación física para el desarrollo económico y social de comunidades expuestas.

Presentaciones Específicas

Salón A: Ingeniería Sísmica y Planificación.

(3E1A) PREDICCIÓN SISMICA, EVALUACION DE AMENAZA Y EFECTOS LOCALES DEL SUELO.

Ilustración general de las metodologías para la evaluación de la amenaza o peligro sísmico para un sitio a nivel macro y micro teniendo en cuenta los efectos de amplificación y licuefacción de suelos. Descripción general del estado del conocimiento en predicción sísmica a mediano y corto plazo.

(3E2A) EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO SISMICO.

Ilustración de metodologías para la evaluación de funciones de vulnerabilidad de las edificaciones y para la evaluación de posibles escenarios de riesgo sísmico como resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad. Estimación de pérdidas económicas y estadísticas de víctimas de acuerdo con la densidad poblacional y el momento de ocurrencia de los eventos.

(3E3A) PROYECTO INTEGRAL PARA LA MITIGACION DEL RIESGO SISMICO DE CALI.

Ilustración del enfoque metodológico que se está llevando a cabo para la evaluación y mitigación del riesgo sísmico de Cali, como parte del programa que para el efecto viene siendo apoyado por la UNDRR, la ACIDI y la OND en Colombia. Descripción de la

Salón B: Operativos de Emergencia.

(3E1B) ORGANIZACION Y COORDINACION DE PLANES DE EMERGENCIA.

Descripción de los niveles de organización, coordinación y operatividad de sistemas de prevención y atención de desastres de países y ciudades propensas con un alto grado de desarrollo. Prueba y efectividad de planes de emergencia y contingencia para escenarios probables.

(3E2B) EQUIPOS Y CAPACITACION DE GRUPOS DE BUSQUEDA Y RESCATE.

Ilustración de investigaciones y del estado del conocimiento de operativos de salvamento de personas atrapadas en escombros de edificaciones colapsadas. Descripción de equipos para la búsqueda y el rescate, número y tipo de integrantes de los grupos permanentes, capacitación, etc.

(3E3B) EDUCACION, INFORMACION PUBLICA Y PREPARACION DE LA COMUNIDAD.

Descripción de programas de educación, capacitación e información pública para comunidades expuestas. Concientización y participación de la comunidad, medios de comunicación, investigaciones del comportamiento y de la percepción del riesgo para efectos de educación e información pública.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN
DE DESASTRES DE COLOMBIA"**

**PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
Camilo Cárdenas G.
Jefe
Oficina Nacional para la Prevención
y Atención de Desastres
Bogotá, Colombia.**

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA

Camilo Cardenas Giraldo
Jefe Oficina Nacional para la
Prevención y Atención de Desastres

INTRODUCCION

Colombia, debido a su localización geográfica y a sus características geológicas y topográficas, es uno de los países más propensos a ser afectado por desastres naturales tales como terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos, huracanes, tsunamis, etc. En los últimos años eventos tales como el terremoto del Antiguo Caldas (1979), el terremoto de Popayán (1983), el maremoto o tsunami de Tumaco (1979), la erupción del volcán Nevado del Ruiz (1985), el deslizamiento de Villatina en Medellín (1987) y las inundaciones que cada año durante la temporada invernal se presentan en las llanuras inundables del país, confirman el riesgo al cual está sometido el territorio nacional.

Durante 1988 y 1989 Colombia sufrió las consecuencias de una de las más intensas y prolongadas temporadas invernales registradas en su historia, al tiempo que por primera vez fue afectado por el paso de un huracán por su territorio y que a más de continuar en actividad el volcán del Ruiz se reactivó el volcán Galeras. Lo anterior significó que la mayoría de los departamentos, intendencias y comisarías debieron atender emergencias de diversa índole, principalmente referidas a deslizamientos, inundaciones y avenidas, con consecuencias de importancia sobre el sistema vial, el sector agropecuario, la vivienda urbana y rural, los servicios públicos y aun sobre la vida de las personas.

No obstante la amplitud, duración e intensidad de esos fenómenos de la naturaleza, el país comenzó a percibir los primeros logros de un manejo radicalmente distinto al que tradicionalmente se ha dado a este tipo de emergencias, las regiones recibieron una acción más oportuna y adecuada de los diferentes entes del Estado vinculados con la materia y se comenzó a constatar cómo los daños sobre las personas, sobre sus bienes, sobre la infraestructura y sobre la economía en general pueden ser mitigados de manera apreciable con una atención coordinada. La nueva forma de activación pudo reducir el impacto de la emergencia sobre las zonas y comunidades con respecto a eventos de menor dimensión en el pasado, ya que todo grupo humano afectado cuenta en esta oportunidad con un canal organizado de respuesta y apoyo para convivir con la crisis y salir adelante.

Los logros iniciales mencionados son el producto del propósito del actual Gobierno de establecer el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el cual está orientado a soportar organizativamente en forma descentralizada en comités locales y regionales, con la coordinación de la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República y la participación de las diferentes entidades nacionales, regionales y municipales, públicas o privadas, que han contado con la asesoría técnica del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD.

ASPECTOS LEGALES

El 2 de noviembre de 1988 el Presidente de la República sancionó la Ley 46, aprobada por el Congreso Nacional en esa legislatura, "Por la cual se crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres y se faculta al Presidente para establecer la reglamentación pertinente". Posteriormente, el 1 de mayo de 1989 se expidió el Decreto Extraordinario número 919, "Por el cual se organiza el Sistema y se dictan otras disposiciones", codificando integralmente las normas nacionales sobre desastres.

En esas condiciones, Colombia ha dado un paso fundamental al crear la base firme para una organización permanente, dirigida desde la Presidencia de la República, en la cual todas las entidades del Estado, tanto de orden nacional como regional y local, cada una con funciones y responsabilidades claramente definidas, tienen la obligación de participar coordinadamente en las fases de prevención, atención y recuperación en casos de emergencia de orden natural u originados por el hombre en cualquier sitio del país. Adicionalmente, dispone así el país de unas normas que le permitan al Gobierno Nacional, cuando lo requiera, decretar medidas excepcionales y específicas para que las diferentes entidades puedan actuar con prontitud y con los instrumentos requeridos ante una emergencia determinada.

ESTRUCTURACION OPERATIVA

En el plano nacional, el Comité Técnico creado por el decreto 919 y conformado por 17 entidades del orden nacional, se ha convertido en el centro de generación de ideas y dinamizador de las actividades de prevención. Para ello y con miras a impulsar el máximo número de trabajos, ha constituido varias comisiones especializadas que operan permanentemente como órganos asesores del Sistema. Las principales comisiones son : Asentamientos Humanos y Vivienda, Riesgo Sísmico, Detección y Alerta de Tsunamis (maremotos), Programa Escolar, Educación, Riesgos Industriales, Embalses y Presas Hidráulicas, a más de la Junta Nacional de Bomberos creada por ley. Cada una de ellas está conformada por diferentes entidades públicas y Privadas de carácter técnico - científico, educativo, de planificación, y de socorro.

Por su parte, de acuerdo con Decreto 919, se conformó el Comité Operativo Nacional, el cual cumplió un destacado papel para la coordinación de la atención de la emergencia creada por el volcán Galeras y para la preparación de los planes operativos requeridos.

Igualmente, la gran mayoría de los departamentos, intendencias y comisarías y un significativo número de municipios han creado durante el último año los respectivos comités de prevención y atención a las situaciones originadas por la temporada invernal, el paso por la Costa Atlántica del huracán Joan, la continuidad en la actividad del volcán del Ruiz y la reactivación de los volcanes Galeras y Cumbal.

ASPECTOS FINANCIEROS

Una de las definiciones básicas del Gobierno Nacional que se refleja en la ley y en el decreto extraordinario antes mencionado, es que las calamidades públicas no son problema exclusivo de entidades o comunidades específicas, sino que atañen a la sociedad en general y con responsabilidad de todas las entidades del Estado, cada una en su campo.

De ahí que, en concordancia con el Decreto 919 hacia el futuro, cada una de ellas debe incluir en sus presupuestos los recursos para actividades de prevención y atención de desastres y acudir, cuando así lo requiera ante una situación de emergencia, con sus propios elementos humanos, físicos y económicos en la medida de las posibilidades de cada entidad. Con este esquema se ha emprendido una forma más oportuna y eficaz para la acción durante las diferentes emergencias ocurridas.

No obstante, el Fondo Nacional de Calamidades ha sido fortalecido económicamente con miras a disponer de recursos complementarios a los de las entidades que actúan ante las situaciones específicas y poder así reforzar las acciones de cada una de ellas. Para tal efecto, el Gobierno Nacional ha asignado al Fondo durante el último año la suma de cuatro mil quinientos millones de pesos.

De esta partida, la Junta Consultora del Fondo Nacional de Calamidades durante ese mismo período aprobó programas por \$3.300 millones, destinados a apoyar en forma directa a los comités locales y regionales de emergencia con \$620 millones; a actividades preventivas tales como capacitación, información pública y creación de centros de reservas para emergencias con \$190 millones; a atención en salud y alimentación con \$410 millones; a reparación de infraestructura: vías, puentes y acueductos con \$630 millones; a rehabilitación y crédito agropecuario con \$480 millones y, finalmente, para reconstrucción y reparación de viviendas \$970 millones.

Como complemento a las normas de creación del Fondo, han sido dictadas disposiciones que permiten una mayor agilidad en la aplicación de sus recursos, tal como las situaciones de desastre lo ameritan.

Adicionalmente, debe notarse que se requiere en el mediano y largo plazo un gran esfuerzo financiero para reducir la alta vulnerabilidad de las personas, de sus bienes y de la economía en general a lo largo y ancho del país; para ello es indispensable una acción constante en el campo de la prevención, cuyas inversiones requerirán el concurso nacional en forma intensa por varias décadas. El proceso ha sido iniciado con la identificación de las principales zonas de amenaza para los diversos riesgos y la gestión para la apertura de rubros de prevención, atención y rehabilitación en casos de desastres en las entidades nacionales y territoriales.

ACCIONES DE PLANIFICACION

En la actualidad, la prevención de riesgos como un concepto global de planificación debe formar parte de las políticas de desarrollo del país. Las nuevas normas imponen la obligación de incorporar ese concepto en los planes de desarrollo regional y urbano, en el diseño de obras civiles de gran magnitud y en las actividades industriales que involucren amenazas de algún orden, sin olvidar que el creciente deterioro ecológico y la ausencia de una severa protección ambiental contribuyen a agudizar y a acelerar la ocurrencia de desastres. A su vez, las Oficinas de Planeación en todos los niveles han adquirido la obligación de definir y emprender acciones que conduzcan a anular o mitigar los riesgos a los que puedan estar sometidos los diferentes grupos de población. Cabe mencionar que este último aspecto ha sido incorporado también como elemento de la Ley de Reforma Urbana.

Dentro de este marco, se ha dado máxima importancia al desarrollo de programas de prevención urbana, en los cuales se integren las actividades de las diferentes instituciones vinculadas con la materia. El primero de estos proyectos ya está en marcha en el municipio de Medellín, contando para ello con los recursos propios, los de varias entidades del orden regional y local y el apoyo técnico y financiero del Programa de las Naciones Unidas. Un proyecto similar se ha preparado para la ciudad de Manizales y en la actualidad ya se tiene financiamiento parcial para el mismo.

En el plan de desarrollo del actual gobierno se incorporó por primera vez en el país la necesidad de trabajar en prevención de riesgos como un concepto fundamental en la planificación. Así se reflejó en las normas legales que le dieron vida al Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, constituyéndose en obligatorio para las organizaciones públicas el definir dicha incorporación en su planificación y exigiendo que se contemplaran los análisis de vulnerabilidad en obras civiles de envergadura y en la construcción de industrias peligrosas.

Simultáneamente se vienen impulsando proyectos de planificación regional y urbana, de los cuales es importante destacar los de Cali, Popayán, Medellín, Bucaramanga y Manizales, como avances urbanos y los de Tolima, Nariño, Antioquia, Cundinamarca, Córdoba y el Area de Influencia de la Troncal de Occidente en Caldas como desarrollos regionales.

De otro lado, durante el último año se ha venido trabajando en el inventario nacional de amenazas de calamidades, coordinado por el Comité Técnico Nacional, con el cual se espera obtener información sobre los posibles eventos catastróficos de origen natural o causados por el hombre y sobre esa base planificar las acciones requeridas en cada localidad. Hasta la fecha más de 800 municipios han dado respuesta a la información solicitada.

Paralelamente, con el apoyo de la Oficina del Coordinador de las

Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre UNDRO, y el Gobierno del Canadá, cerca de 60 entidades nacionales participan en un programa sobre manejo integral de riesgos, considerado piloto para el Decenio Internacional de Reducción de Desastres Naturales declarado por las Naciones Unidas. Previa identificación de escenarios altamente amenazados, se trabaja en Cali con el riesgo sísmico, en Tumaco con maremotos, en Tolima con el volcán Machín, en la Cuenca del Combeima con inundaciones repentinas, en Paz del Río con deslizamientos y en riesgos industriales considerando varias zonas y amenazas artificiales.

De igual manera vale la pena mencionar que se han preparado, por parte de las entidades del Comité Técnico Nacional, modelos de planes de emergencia locales y regionales, los cuales han sido distribuidos a nivel nacional y que están sirviendo de base de trabajo a los diferentes comités de prevención y atención de desastres. También se preparó por parte del Ministerio de Salud un modelo de plan de emergencia en salud, el cual ya ha sido preparado en diversas seccionales del país.

En cuanto a los programas de prevención para emergencia invernol, éstos fueron iniciados hace un año en cinco departamentos, extendiéndose luego a los departamentos ribereños de la cuenca baja del río Magdalena; este plan produjo sus primeros resultados durante el año pasado en la Costa Atlántica, ya que por las numerosas obras y acciones adelantadas previamente; así como por el nivel de organización alcanzado, se redujo en forma apreciable el área afectada, se impidieron inundaciones en muchas regiones y se aminoraron los efectos sobre la población, sus bienes y la economía regional.

ASENTAMIENTOS HUMANOS EN ZONAS DE ALTO RIESGO

En cuanto se refiere a reubicación preventiva de poblaciones localizadas en zonas de alto riesgo, es uno de los trabajos de más largo plazo en este campo o quizás de los que más altas inversiones demanda. El proceso se ha iniciado con la identificación de los mismos en numerosas áreas urbanas y, con los esfuerzos aislados de unos pocos municipios, ya se encuentran en ejecución algunos programas de reubicación, a más de los programas de mayor magnitud que vienen realizando de tiempo atrás algunas ciudades en el país. La Ley de Reforma Urbana recientemente expedida ofrece un soporte legal bastante avanzado que permite pensar que este tipo de programa tendrá un impulso importante en los próximos años.

El propósito principal del Sistema es salvar vidas humanas y cuando sea posible, contribuir a mejorar las condiciones de los más pobres que se ubican por necesidad en zonas de alto riesgo.

Por ello se creó una comisión conformada por el Ministerio de Desarrollo, Planeación Nacional, el Instituto de Crédito Territorial, el Banco Central Hipotecario, la Consejería de Desarrollo Social de Presidencia y la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, cuya finalidad es la de

promover proyectos de reubicación de viviendas; el esquema financiero de las mismas consiste básicamente en que entre el municipio, el departamento y el beneficiario aporten el lote con servicios, el Fondo Nacional de Calamidades a cambio del trabajo de los beneficiarios aporta una unidad básica de vivienda y el Instituto de Crédito facilita al respectivo municipio el volumen de crédito adicional que individualmente requiera cada beneficiario. Este programa ya se ha iniciado en cerca de 12 ciudades, contribuyéndose de esa forma a mejorar la calidad de vida de la población en riesgo, que por lo general es la más pobre.

Respecto a los alojamientos temporales en caso de emergencia, en el último año se ha dado un tratamiento sustancialmente distinto al tradicional, eliminando los clásicos albergues, por las dificultades en su manejo y las conocidas escuelas sobre la población albergada, propiciando y apoyando sistemas de solidaridad comunitaria, obteniéndose gran éxito en sus resultados y eliminando casi totalmente el uso de las carpas en el país.

Con relación a programas de reconstrucción parcial o total de viviendas afectadas se ha buscado que las poblaciones afectadas se reubiquen en lo posible en áreas fuera de riesgo, que haya una máxima participación de la población en el proceso constructivo, que la respuesta institucional sea la más rápida posible, que en general la solución de vivienda nueva corresponda tan sólo al área básica necesaria para ocuparla, dejando al habitante el desarrollo posterior de la misma y, finalmente, buscando eliminar el concepto de indemnización o de vivienda regalada, introduciendo según sea el caso el máximo de recursos por crédito subsidiado, complementado parcialmente con recursos a cambio de trabajo.

EDUCACION E INFORMACION PUBLICA

Con el propósito de incorporar el concepto de la prevención de riesgos en la cultura, se ha definido un plan que por etapas incorpore este tema en los programas curriculares de los diferentes niveles de la educación formal y no formal, y en concordancia con las políticas actuales del sector adecue los contenidos a las condiciones y características propias de cada región.

Para tal efecto se continúa trabajando en la renovación curricular de los niveles preescolar, primario y secundario en Caldas y Tolima, así como en la preparación de material didáctico y en la capacitación de personal docente. Para el nivel universitario y la educación no formal se tiene planteado iniciar en el presente año un proceso similar con algunas carreras y varias entidades, entre ellas el SENA.

De otro lado, se están preparando programas de capacitación en el tema para funcionarios del sistema de prevención, para desarrollarlos ampliamente durante este y los próximos años.

Respecto a la información pública, se busca inducir a la población a participar activamente en los procesos locales de identificación de riesgos y la manera de comportarse frente a ellos; con instructivos básicos a nivel nacional. Por ello se prepara el material necesario de audiovisuales, cartillas, programas radiales, con la participación de las diferentes entidades que intervienen directamente en el manejo de las emergencias.

La edición masiva de cartillas y programas audiovisuales de información pública han generado niveles de conciencia muy superiores a los que el país tenía, gestión fortalecida con el primer programa de movilización masiva de los colombianos, el "Programa Escolar de la Prevención de los Desastres" que impulsó a más de 3.000 colegios de secundaria que inciden sobre 900.000 estudiantes, a elaborar planes operativos, asesorados por 2.500 personas capacitadas para el efecto.

Durante el último año se estableció para todo el país el sistema de alertas por colores para cuencas de llanura y recientemente para cuencas de pendiente, en forma similar como se había establecido con anterioridad para los volcanes. Estas alertas son definidas autónomamente por los Comités Locales o Regionales o por la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, según sea el caso, pero en todos ellos con la asesoría de las entidades técnicas.

ASPECTOS TECNICOS Y CIENTIFICOS

En el campo sísmico, durante el presente año se iniciaron las actividades para la instalación y operación de la Red Sismológica Nacional, la cual en su primera fase contará con 16 estaciones cuyas señales serán recibidas en tiempo real vía satélite en el Ingeominas, con el soporte técnico en comunicaciones de TELECOM. Este red ha contado con el apoyo técnico y financiero del Gobierno de Canadá y del PNUD.

Como complemento a la red sísmológica, Ingeominas y el Fondo Nacional de Calamidades decidieron iniciar el montaje de una red nacional de acelerógrafos digitales, instrumentos básicos para el diseño sismoresistente; se aprobaron recursos para la compra de los primeros veinticinco, tres de los cuales ya están en el país.

En el campo vulcanológico se ha logrado el desarrollo de los observatorios de Manizales y Pasto y se cuenta con la vigilancia básica de otros cinco volcanes activos; recientemente el Fondo Nacional de Calamidades aprobó los recursos para la compra de los equipos necesarios para garantizar la vigilancia de los quince volcanes activos de Colombia. Ingeominas dispone ya de mapas preliminares de amenaza para siete de dichos volcanes. En esta forma nuestro país se ha ganado el liderazgo en esa área en América Latina.

De otro lado, el Himat con la cooperación del Programa de las

Naciones Unidas para el Desarrollo inaugurò recientemente la primera parte de la red automatizada de alertas hidrometeorològicas, la cual cuenta con 17 estaciones distribuidas en las principales cuencas del país que transmiten continuamente, vía satélite y durante 24 horas al día, información sobre lluvias y niveles de los ríos a un centro de procesamiento en Bogotá; esta red ha estado operando durante la temporada invernal del primer semestre de 1990, permitiendo en esa forma la elaboración de los informes diarios sobre la materia.

Con recursos de diferentes empresas que operan embalses en el país se tienen aprobados recursos para que la red complete 150 estaciones, lo cual deberá hacerse entre 1990 y 1991. Con ese número de estaciones el país dispondrà de la segunda red de alertas hidrometeorològicas más extensa en el mundo, después de los Estados Unidos, ya que actualmente la segunda es la de Canadá con 80 estaciones.

Adicionalmente, con el apoyo de UNDRO y recursos del gobierno del Canadá, la Universidad del Valle y la Comisión Colombiana de Oceanografía están liderando un grupo de instituciones para el montaje en el área de Tumaco de una red de detección y alerta para maremotos, la cual tecnológicamente va a ser innovadora a nivel mundial. Posteriormente se va a extender al Ecuador.

También, como una contribución del sector privado a la Prevención de Desastres, en la sede del Consejo Colombiano de Seguridad, inició operaciones el Centro de Información Estadística de la Siniestralidad, al cual están llegando informes de todos los Cuerpos de Bomberos del país, y el Centro de Información de Seguridad de Productos Químicos CISPROQUIM, el cual ofrece sus servicios durante 24 horas a quienes por alguna razón requieran información detallada acerca de la manipulación o atención de siniestros generados por sustancias peligrosas.

Adicionalmente se promueve la creación de centros de documentación e información sobre emergencias; se ha venido trabajando en un proyecto próximo a culminar, en el cual para el área de las ciencias sociales y desastres se identifican textos, autores y lugares donde se encuentran a nivel nacional e internacional, habiendo logrado, para un número significativo de los mismos, fichas con resúmenes de contenido en un proceso sistematizado.

Igualmente se dispone hoy de la primera etapa de un archivo de material audiovisual sobre emergencias, que contiene películas de diferentes países y selección de escenas captadas por noticieros durante eventos ocurridos en Colombia.

Lo anterior sumado a una biblioteca básica sobre desastres, en proceso de preparación, para ser distribuida por todo el país, conformarán inicialmente la base de una red nacional de información para emergencias.

ATENCION DE EMERGENCIAS Y RECONSTRUCCION DE ZONAS AFECTADAS

Aunque el Sistema Nacional de Prevención de Desastres apenas está en su etapa inicial, ya ha comenzado a tenerse claridad en el país sobre positivos resultados que paso a paso puedan alcanzarse.

En primer lugar vale destacar como ejemplo la crisis originada por el huracán Joan; a pesar del escaso tiempo que se dispuso para ello, fue evidente la forma como la organización nacional y la regional actuando coordinadamente pudieron desarrollar actividades de atención que minimizaron los efectos sobre la población y sus bienes en la Isla de San Andrés.

De igual forma fueron significativos los logros del plan preventivo para la temporada invernal de 1988, ya que con el mismo fue posible mitigar los efectos generados por el más crudo invierno de la historia del país, que afectó a más de 400.000 personas de 21 departamentos del país, con especial significación en Córdoba y Bolívar.

No obstante, una preparación previa de los Comités Locales y Regionales de Emergencia, el apoyo de las entidades nacionales y una adecuada información pública, permitieron cubrir con éxito la etapa de atención, demostrando la capacidad nacional para solucionar oportuna y adecuadamente los problemas de salud, alimentación y alojamiento temporal.

El proceso de rehabilitación se inició de inmediato con énfasis en tres áreas: reparación vial y de infraestructura básica, programas agropecuarios de créditos blandos, reparación de diques y canales de riego y obras de defensa, y construcción o reparación de viviendas afectadas.

Para lograr los objetivos antes mencionados, el Fondo Nacional de Calamidades destinó más de \$2.500 millones como complemento de los recursos institucionales del orden local, regional y nacional.

También debe destacarse la forma como los comités de emergencias apoyados por entidades como la Defensa Civil, la Cruz Roja, las Seccionales de Salud, las Fuerzas Militares y de Policía actuaron en general con agilidad y efectividad en las diferentes zonas del país que sufrieron los efectos de las emergencias; de igual manera se destacaron instituciones que como IDEMA dieron el apoyo con alimentos, con oportunidad y eficiencia en todo el territorio nacional, o como el Ministerio de Obras Públicas y Caminos Vecinales que en forma ágil iban identificando y actuando sobre los puntos críticos de la red vial afectada en casi todo el país; las asesorías de Ingeominas, HIMAT y SENA, el apoyo de TELECOM, ICT e IGAC, para citar las principales. Todos ellos en forma coordinada mostraron que el país comienza a construir una forma distinta y más eficaz para enfrentarse a situaciones de desastre.

La vigilancia sobre Utica y Restrepo, la continuación del

monitoreo del volcàn del Ruíz, y ahora la importante muestra de esfuerzo, intergración y coordinación en la emergencia del volcàn Galeras son indicadores valiosos de que el país entró en una etapa distinta en la prevención y manejo de las calamidades.

Por último, con los programas de reconstrucción atrás mencionados se confirma la necesidad y utilidad de esta nueva organización que aún debe remover obstáculos que cada vez se identifican con mayor claridad para cubrir las diferentes etapas que se presentan a raíz de cualquier emergencia.

Papel importante ha jugado el Sistema Nacional de Comunicaciones para Emergencia, constituido en la forma más práctica y económica, ya que a partir de un inventario de los medios de comunicación de todas las entidades del gobierno, estos han sido puestos a disposición del Sistema Nacional de Prevención de Desastres; a ello se suman los servicios privados que normalmente apoyan al Sistema oficial en estas eventualidades. En esas condiciones es relativamente fácil comunicarse en forma ágil con los sitios más alejados del país.

La atención de desastres se ha visto igualmente fortalecida por el desarrollo incipiente de la red nacional de centros de reserva para emergencias, en los cuales se mantienen almacenados equipos, herramientas y elementos no perecederos necesarios para adelantar las labores de atención. Centros de éstos se han creado en Ibagué, Manizales, Medellín y Pasto y están en proceso de constitución en Villavicencio y Costa Atlántica.

Tal como se mencionó con anterioridad, para atender emergencias creadas con productos químicos, el Consejo Colombiano de Seguridad, con financiamiento totalmente privado, creó el Centro de Información para Productos Químicos- CISPROQUIM, el cual sirve para asesorar durante 24 horas al día y en cualquier sitio del país a quienes se les presenten accidentes con productos químicos.

Para prevenir y atender situaciones de desastre en zonas fronterizas se suscribió un convenio con el gobierno del Ecuador y está en negociación uno similar con Venezuela.

AÑO NACIONAL DE LA PREVENCIÓN

La Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres OND, en conjunto con cerca de 50 entidades públicas y privadas y con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo han venido impulsando una programación de actividades enmarcadas dentro del Año Nacional de Prevención de Desastres.

En ella se contempla fundamentalmente el desarrollo de numerosos programas y proyectos sobre el tema que ameritan iniciarse o reforzarse; allí están planteadas actividades de investigación, de planificación, de inversión, de protección ambiental, de educación y capacitación y de información pública apoyadas con estrategias de televisión, radio, prensa, publicaciones, cursos,

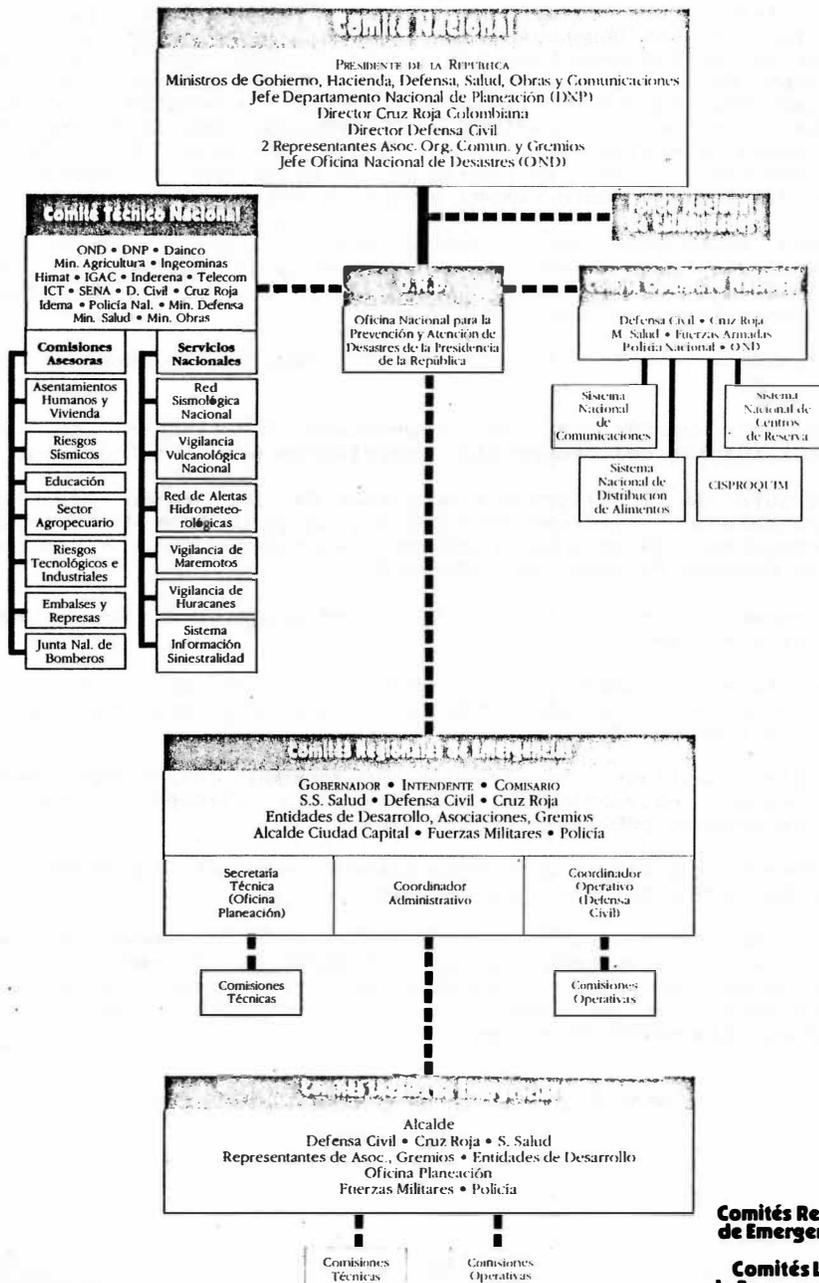
seminarios, concursos y eventos de diferente naturaleza.

En esta forma el Año Nacional de la Prevención se ha convertido en el inicio para Colombia de l Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas a partir de 1990, con lo cual se ha reconocido que los desastres son un problema de orden mundial, que seguirán presentándose y probablemente, a escalas cada vez mayores al menos en los países en desarrollo, que la prevención es el medio de mitigar sus consecuencias y que ésta debe perdurar como concepto global de planificación si es que se desea un futuro distinto, en este campo, para nuestros países.

El país tiene confianza en obtener muy altos resultados en la decada 1990 - 2000 en materia de prevención de desastres. Por ello el Sistema Nacional tiene dentro de sus propósitos principales para la misma los siguientes :

- Fortalecer el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.
- Fomentar contenidos de prevención de riesgos en la planificación del desarrollo, respaldados presupuestalmente.
- Concluir la instalación y operación de las redes sísmica, vulcanológica, hidrometeorológica y la de Centros de Reserva, perfeccionar la de comunicaciones y establecer la de maremotos y un Sistema Nacional de Información.
- Proteger y/o reubicar 100.000 viviendas que hoy se encuentran en alto riesgo.
- Fortalecer organizativa, técnica, administrativa y financieramente a las entidades de socorro y especialmente a los cuerpos de bomberos.
- Institucionalizar y regularizar planes operativos para colegios, universidades, lugares de afluencia masiva, edificaciones públicas y hospitales.
- Procurar que ríos y quebradas estén libres de contaminación por basuras y proteger sus cuencas.
- Fomentar la incorporación de conceptos de prevención de riesgos en la cultura de los colombianos, a través de su inclusión en los currículos de preescolar, primaria, secundaria y universitaria y con difusión masiva de información sobre desastres.

Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia



Comités Regionales de Emergencias: 32

Comités Locales de Emergencia: 1.022

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES.
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"CLASIFICACION DE DAÑOS EN EDIFICACIONES
Y EVALUACION DE PERDIDAS"**

**INSTITUTO DE INGENIERIA SISMICA Y SISMOLOGIA
Jakim PETROVSKI
Profesor
Zoran MILUTINOVIC
Profesor Asociado
Universidad "Kiril and Metodij"
Skopje, Yugoslavia.**

CLASIFICACION DE DAÑOS EN EDIFICACIONES Y EVALUACION DE PERDIDAS

Jakim PETROVSKI, Zoran MILUTINOVIC

Profesores

Instituto de Ingenieria Sismica y Sismologia
Universidad "Kiril y Metodij", Skopje, Yugoslavia

1. GENERAL

Durante las ultimas dos décadas los desastres naturales, y particularmente los terremotos, han venido aumentando sus consecuencias destructivas puesto que han venido afectando cada vez mayores concentraciones de población y de bienes materiales. El desarrollo industrial en áreas propensas a terremotos que normalmente es acompañado por expansión urbana y crecimiento de la población es desafortunado a menos que la inversión en infraestructura, vivienda y otras actividades sociales y económicas sea protegida en forma adecuada del daño que le pueden causar los sismos en sus diferentes estados de desarrollo.

Aunque se han realizado significativos esfuerzos por evaluar y reducir las posibles consecuencias de las amenazas sísmicas existentes, un amplio número de terremotos de gran magnitud han ocurrido en este periodo causando cuantiosos daños que han afectado sensiblemente la economía de regiones y países enteros. Desafortunadamente, debido al rápido desarrollo y la concentración de bienes y servicios en regiones de alta actividad sísmica un incremento significativo de daños se espera se presente como consecuencia de la ocurrencia de fuertes sismos en el futuro.

Un fuerte terremoto provee la oportunidad de recoger una información técnica única acerca de los efectos físicos del movimiento del suelo, de la ruptura de fallas geológicas superficiales, de inestabilidades del suelo inducidas, de deformaciones tectónicas regionales, de inundaciones causadas por "seiches" y "tsunamis", etc. Esta información técnica debe ser recogida en las escalas siguientes:

- Global, con el fin de obtener una imagen general de las fuerzas tectónicas globales;

- **Regional**, con el fin de definir los parámetros físicos y los rangos de valores que proveen el entendimiento de las características espaciales y temporales de la región expuesta a la actividad sísmica;
- **Local**, con el fin de determinar los parámetros físicos y el rango de valores que controlan las características específicas de amenaza sísmica del sitio; e
- **Individual**, con el fin de proveer datos que puedan ser correlacionados con las dimensiones espaciales de estructuras específicas, servicios, líneas vitales o cualquier otro elemento bajo riesgo que tenga importancia para la ingeniería.

La información, los hechos y las enseñanzas de las investigaciones posteriores a la ocurrencia de un terremoto proveen una base para identificar la situación del momento y elementos para llevar a cabo cambios necesarios. La nueva información puede ser utilizada en estudios de investigación, en evaluación de la amenaza y el riesgo sísmico de áreas urbanas específicas, en acciones de mitigación y preparativos de emergencia y puede ser utilizada para la implementación de nuevas y mejores medidas de reducción de pérdidas.

El propósito de este documento es presentar una metodología consistente y uniforme y un procedimiento para la evaluación de los daños producidos por un terremoto (inspección, clasificación y reporte), con el fin de obtener un inventario único de los daños de las edificaciones localizadas en zonas urbanas y rurales, y así generar una base de datos que permita la realización del análisis de los daños y de las pérdidas económicas. Adicionalmente, esta metodología podrá proveer información que identifique las necesidades de vital importancia de la comunidad e información básica para las autoridades en materia de la evaluación y la reducción de las consecuencias producidas por el terremoto. Entre sus objetivos fundamentales se encuentran los siguientes:

- Disminución del número de víctimas y heridos que viven en edificaciones de baja resistencia o que han sido destruidas parcialmente y que pueden recibir réplicas del terremoto en un periodo de varios meses después del movimiento principal;

- Obtención de datos sobre la magnitud de la catástrofe en términos de viviendas utilizables, edificios destruidos o con peligro de colapso y edificios utilizables para acomodar la población;
- Mejorar el conocimiento de la amplitud, composición espectral, distribución espacial y temporal del movimiento del suelo y su relación causa efecto con el daño de las edificaciones y la generación de otros efectos físicos inducidos por el terremoto;
- Obtención de datos básicos para una correcta evaluación de las pérdidas económicas que permita la preparación de un plan apropiado de rehabilitación y asistencia en la reconstrucción y desarrollo de la zona afectada con base en regulaciones mejoradas de diseño sísmico, códigos y estandares de construcción;
- Creación de una base de datos para la predicción de futuras consecuencias en caso de terremotos en otras zonas sísmicas;
- Ampliar el estado del conocimiento en zonificación sísmica, con el fin de promover el desarrollo de estudios de microzonificación sísmica en los niveles establecidos por la escala local e individual;
- Proveer datos para la planificación y organización de sistemas de defensa civil, elaboración de planes operativos de rescate, entrenamiento de personal, definición de suministros de emergencia;
- Registro y clasificación de los daños con propósitos de planeación, reconstrucción y reforzamiento de las construcciones que sufrieron el terremoto;
- Identificación de los principales elementos del daño sísmico y desarrollo de las funciones de vulnerabilidad para las diferentes categorías de las edificaciones, con el propósito de planificar y definir acciones a corto y largo plazo que permitan la mitigación de las consecuencias en futuros terremotos;
- Mejoramiento de las especificaciones en los códigos de construcción y diseño sismoresistente;

- Desarrollo de una base científica para la planificación física y urbana y en general, la planificación para la reducción de las consecuencias y la disminución del riesgo en zonas sísmicamente activas;
- Mejorar la práctica de los usos del suelo, el diseño y la construcción de obras de ingeniería; e
- Iniciar y activar nuevos y revitalizados programas de investigación, mitigación, preparativos de emergencia, atención y rehabilitación, como también hacer un llamado para cambiar las políticas relacionadas con la amenaza sísmica.

La evaluación del daño después del terremoto debe ser organizada implementando una metodología sistemática y un rápido procedimiento con el fin de establecer una información básica para las autoridades gubernamentales locales y nacionales. Así se podrán tomar decisiones y se podrán desarrollar medidas económicas y técnicas efectivas para la reducción de las consecuencias del terremoto.

Con base en una metodología única y un procedimiento como el que describe este documento se pueden coordinar esfuerzos que permitan obtener datos prácticos que se transformen fácilmente. Datos que serán utilizados para la planificación eficiente en la mitigación del riesgo sísmico en los países situados en zonas de actividad sísmica.

Los principales elementos para establecer una metodología única y un procedimiento para la evaluación de los daños después de un terremoto son: clasificación de los daños y uso de las edificaciones que sufrieron el sismo, organización para la recolección de datos y análisis de la base de información. Las recomendaciones de este documento se han desarrollado con base a las experiencias obtenidas de los terremotos ocurridos en los últimos veinte años en Yugoslavia y otros países localizados en zonas sísmicamente activas en el mundo. La metodología y procedimiento para la evaluación de daños causados por terremoto fue originalmente propuesta por el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología - IZIIS de Skopje y posteriormente fue aceptada por los países balcánicos y se considera que proveerá datos confiables y trasladables para la elaboración práctica y eficiente de programas de mitigación del riesgo pre-desastre y de manejo post-desastre o

de rehabilitación y reconstrucción.

2. CLASIFICACION DEL DAÑO Y DEL USO DE LAS CONSTRUCCIONES DESPUES DE UN TERREMOTO

2.1. Naturaleza de las Fenómenos Causantes de los Daños

Los daños en los edificios, estructuras y servicios causados por terremotos pueden ser resultado de diferentes tipos de efectos sísmicos. Los principales efectos en áreas urbanas y rurales en un país con regiones de alto riesgo sísmico podrían resumirse en los siguientes:

- Vibración del suelo con diferentes intensidades;
- Asentamientos diferenciales del suelo, deslizamientos, liquefacción, derrumbes y avalanchas;
- Desplazamiento del suelo a lo largo de las fallas;
- Inundaciones como resultado de la falla de presas y canales, tsunamis o maremotos;
- Incendios causados por terremotos.

En la historia de los terremotos todos los tipos de efectos sísmicos se han manifestado, y entre ellos en especial los efectos asociados con la vibración del suelo y la inestabilidad del mismo. El más importante ha sido la vibración del suelo, el cual ha causado el colapso parcial o total de edificaciones y estructuras; aún a grandes distancias del área del epicentro. El movimiento del suelo afecta las fundaciones y el suelo de la cimentación, causando daños estructurales como consecuencia de la falla de la misma o por asentamientos diferenciales. Algunas veces el suelo se desprende, particularmente a lo largo de los bordes de las vías, cajas cubiertas, terraplenes, etc. produciendo fisuras y condiciones de inestabilidad en el suelo. El movimiento del suelo puede también iniciar derrumbes de rocas o deslizamientos, produciendo grandes desastres (Perú, 1970). Un peligro muy común causado por los terremotos es la liquefacción de suelos arenosos, particularmente en valles de ríos y regiones costeras. Durante la sacudida de un terremoto suelos de material fino granular y

arenas saturadas toman una consistencia líquida, caracterizada por las alteraciones de los esfuerzos cortantes. Las arenas saturadas son muy comunes, particularmente en zonas planas donde tienden a localizarse las áreas pobladas. Por esta razón daños en las estructuras causados por este efecto han sido observados en casi todos los eventos. Este tipo de efectos están asociados, muy frecuentemente, con la manifestación de bajas aceleraciones del movimiento del suelo.

Con menos frecuencia se presentan efectos relacionados con la ruptura de la superficie debido a fallas geológicas. Edificaciones que sean afectadas por este tipo de desplazamientos pueden resultar gravemente deterioradas. La eliminación de este tipo de efecto o peligro es muy difícil en la práctica y depende de las regulaciones y la disponibilidad de mapas especiales que contengan la localización de fallas geológicas de la zona.

Otros efectos producidos por los terremotos están asociados con el fuego y el agua. En el océano, como consecuencia de un sismo, gigantescas olas (tsunamis) pueden arrazar propiedades localizadas sobre las costas. Inundaciones como consecuencia de la falla de presas son un peligro siempre presente, el cual podría crear daños enormes, muchas veces mayores que los producidos por el movimiento del suelo propiamente dicho. Los incendios son efectos potenciales secundarios en áreas urbanas en las cuales se localizan industrias de productos químicos e instalaciones de gas y combustible. La vibración del suelo puede causar el rompimiento de las tuberías de conducción y la falla de tanques de combustible y gas, en las instalaciones de productos químicos pueden presentarse explosiones y liberar gases tóxicos generándose, así, incendios parciales o totales en áreas pobladas (Tokyo, 1923).

2.2. Inspección de los daños

La clasificación de los daños y el uso de las edificaciones después de un sismo moderado o fuerte debe ser desarrollada con base en una metodología establecida como única en el país o en una región lo suficientemente amplia, con el fin de evaluar bajo un solo punto de vista, en lo posible, el daño físico y llevar a cabo una consistente estimación de las pérdidas. De esta manera no sólo se podrán hacer análisis veraces, sino que esta información servirá como base para la realización de estudios que permitan la predicción de los daños en futuros eventos.

El método para la inspección de daños ilustrado por este documento fue desarrollado como parte del "Manual para la Evaluación de danos y la Resistencia a Terremotos de Edificios Existentes" dentro del proyecto PNUD/UNIDO: "Construcción de Edificios bajo Condiciones Sísmicas en la Región Balcánica". La metodología empleada para la clasificación de los daños y el uso de las edificaciones está sintetizada en el Formato de Inspección de daños anexo a este documento. Su desarrollo se llevó a cabo con base en la experiencia obtenida en terremotos pasados en la región balcánica y otros países del mundo, teniendo una amplia aceptación y aplicación particularmente en los países balcánicos.

El Formato de Inspección de daños producidos por terremotos ha sido preparado de tal forma que resulte sencillo llevar a cabo la recolección de datos en el sitio y de tal manera que sea fácil trasladar dicha información al computador para su procesamiento. Con el fin de obtener la información básica, deben considerarse los siguientes grupos de parámetros para cada edificación individualmente:

- **PARAMETROS DE IDENTIFICACION (1-9):** Descripción de la localización de la ciudad con su correspondiente número de sector, número de la edificación, y número de la comisión de inspección. Posición de la edificación en la manzana y su orientación, área de ocupación, número de pisos, uso y número de apartamentos y período en que fue construida. Los parámetros básicos de identificación se complementan con un esquema de la edificación en planta y corte, con la dirección y nombre del propietario de la misma (lado derecho). Durante el período de entrenamiento de las comisiones de inspección, deben prepararse mapas de la ciudad y de los distintos sectores, incluyendo el código de la ciudad, número del sector considerado de la ciudad, numeración de los edificios y número de la comisión de trabajo. La posición del edificio en la manzana y su orientación es muy importante para definir posibles efectos de colisión, falla de edificaciones adyacentes y la dirección predominante del sismo. Se debe prestar particular atención a la clasificación del uso de acuerdo con la descripción de las subcategorías dadas en el formulario de inspección. El período de construcción es un parámetro de identificación que debe ser definido en cada país (para la región mediterránea se podría llevar a cabo una posible diferenciación como la que sigue:

1. Antes de 1920 - predomina la construcción tradicional en adobe y mampostería de piedra y ladrillo; 2. 1920-1950 - Construcción predominante en ladrillo y mampostería de piedra con placas de C.R.; 3. Después de 1950 - Construcción predominante de C.R. y otros tipos modernos).

- **TIPOS DE ESTRUCTURA Y PARAMETROS DE CALIDAD (10-17):** La descripción del tipo de estructura se realiza con base en 5 categorías de edificaciones en mampostería, 4 categorías de edificaciones en C.R., 3 categorías de estructuras de acero y 2 categorías de construcciones en madera; las cuales a su vez se dividen en subcategorías, cuyos códigos se encuentran en la parte posterior del formulario. El tipo de sistema estructural se evalúa con base en la descripción suministrada para 6 categorías básicas. Adicionalmente se considera la calidad de la mano de obra, la rigidez relativa del primer piso con respecto a los demás y las reparaciones realizadas como consecuencia de terremotos anteriores.

Todos estos parámetros son de fundamental importancia para la clasificación del daño, el uso de las edificaciones y la evaluación de las pérdidas económicas, como también para el mejoramiento de los futuros diseños y de la práctica de la construcción. La razón principal de este tipo de evaluación es la posibilidad de obtener asociadas con los tipos estructurales y sus categorías de uso funciones de vulnerabilidad empírica y funciones del costo de los daños. Durante el proceso de entrenamiento se debe enfatizar a las comisiones sobre la importancia de estimar la calidad de la mano de obra y la rigidez relativa de los pisos, la cual debe evaluarse principalmente con base en la experiencia y el criterio del ingeniero. La reparación debida a sismos anteriores es un parámetro de especial importancia a tener en cuenta en la evaluación, puesto que puede permitir la definición de una estrategia general de reparación y refuerzo de las edificaciones deterioradas por el terremoto y la detección de métodos inadecuados de reparación utilizados previamente (Rumania, 1977).

- **CLASIFICACION DEL DAÑO Y DEL USO DE LAS CONSTRUCCIONES (18-24):** Se utilizan 5 categorías básicas para la descripción del daño estructural y no estructural, tanto en parte como en la totalidad del edificio; 8 categorías para la descripción del daño debido a inestabilidad del

suelo y una determinación si hubo daño provocado por incendios posteriores. Finalmente, con base en los niveles de funcionalidad, utilizando colores, se realiza una clasificación en 3 categorías, independientemente de los niveles de daño descritos anteriormente.

Todos estos parámetros son de fundamental importancia para futuras clasificaciones de los daños y de la funcionalidad de las edificaciones, y en general para la adición al inventario total de datos. En caso de terremotos fuertes muchas edificaciones sufrirán distintos niveles de daños y posiblemente un gran número de ellas llegarán al colapso. La clasificación primaria del uso de las edificaciones dependerá del nivel de daño de los elementos estructurales y de la integridad de todo el sistema estructural. El daño que el sismo provoca en el sistema estructural depende del tipo de sistema de transmisión de cargas, del tipo de sistema de resistencia a cargas laterales, de la edad y calidad de la construcción, de la intensidad y duración del movimiento y otros efectos asociados al sismo como asentamientos diferenciales, licuefacción del suelo, deslizamientos y otros. Posteriormente a la manifestación de un evento de gran magnitud pueden ocurrir réplicas severas que pueden causar un daño aún mayor al sistema estructural. Es de capital importancia efectuar una inmediata inspección con el fin de evaluar los daños y la capacidad del sistema estructural para soportar posteriores réplicas. Elementos no estructurales pueden ser demolidos a fin de eliminar el riesgo que su colapso podría ocasionar, sin embargo, es primordial para la seguridad de los ocupantes del edificio el estado del sistema estructural, que en caso tal de estar degradado será conveniente señalar advirtiendo que es inseguro para ser habitado. El daño de los elementos estructurales y la señalización en 5 categorías aparece en la parte posterior del formulario de inspección con los comentarios referidos a la seguridad y uso de cada categoría.

El daño de los elementos no estructurales y las instalaciones se puede estimar con igual precisión en 5 categorías básicas similares a aquellas utilizadas para los elementos estructurales y para el sistema estructural en general. Muchos de los daños de los elementos no estructurales e instalaciones dependerán del grado de daño y de integridad en que quede el sistema estructural. Ejemplos de daños no estructurales o en elementos arquitectónicos e instalaciones son: ruina

total o parcial de paredes o tabiques, exteriores o interiores, cielorrasos agrietados o caídos, divisiones livianas caídas, chimeneas agrietadas o caídas, áticos y cornisas, vidrios rotos, equipos eléctricos y mecánicos inutilizados, rotura de conducciones de agua y calefacción, rotura de tuberías de gas, ascensores salidos de sus guías, etc.

Las instalaciones inoperantes posteriormente al evento, como fallas en el abastecimiento de agua, gas, electricidad, servicio sanitario, etc. pueden causar danos adicionales a la edificación que pueden llegar hacerla inutilizable o peligrosa, lo cual resulta más dramático que el colapso del sistema estructural o de los elementos arquitectónicos. La necesidad que cierto tipo de edificaciones (hospitales, escuelas, gimnasios, cafeterías, almacenes, estaciones eléctricas, estaciones transformadoras, acueductos, estaciones de bombeo de aguas negras, sistemas de tráfico, etc.) retornen a al servicio lo más pronto posible, hace casi imperativa una evaluación inmediata de este tipo de edificaciones. Para evaluar el daño de los elementos no estructurales e instalaciones, se pueden seguir básicamente las mismas categorías de daño de los elementos estructurales, debido a que aquellas dependen de las dislocaciones creadas en el sistema estructural. En el caso de estructuras flexibles, la clasificación de daños no estructurales se podría considerar en una categoría más elevada con respecto a las categorías de danos en elementos estructurales.

- El daño del edificio total, se puede clasificar en las mismas 5 categorías utilizadas para daños en elementos estructurales, no estructurales e instalaciones. La comisión de inspección podrá clasificar las inestabilidades de suelo que se observen, cuando sean suficientemente pronunciadas. En caso de dudar la comisión debe solicitar una reinspección por un equipo de especialistas en suelos y geólogos. En las regiones urbanas modernas pueden presentarse daños provocados por incendios, pero éstos pueden reducirse notablemente con medidas de prevención y con la educación de la gente para el caso de terremotos.

Finalmente, con base en la clasificación de daños y de acuerdo con las descripciones dadas en la parte posterior del formulario de inspección, se puede efectuar la clasificación de uso y el marcado de acuerdo con

la convención fijada. Se debe evitar dejar sin marcar las edificaciones, sólo se justifica la omisión cuando existan razones como las citadas en los incisos 4, 5 y 7 del punto 24. Las explicaciones sobre la justificación de la clasificación de uso y marcado deben ser breves y basadas en los puntos principales de la clasificación de daños estructurales y no estructurales.

- **MEDIDAS DE EMERGENCIA Y PERDIDAS HUMANAS (25, 27, 28):** Las comisiones de inspección deben consignar recomendaciones relacionadas con las medidas de emergencia que deben realizarse para eliminar el riesgo que representa el estado de elementos no estructurales destruidos, a fin de hacer habitable el edificio para sus ocupantes, y con las medidas de protección que deben tenerse en cuenta para las calles y edificaciones vecinas en caso de llegarse a presentar el derrumbe repentino de una edificación severamente dañada.

La Defensa Civil, el Ejército y los Servicios de Salud son usualmente quienes efectúan la evaluación del número de muertos y heridos durante sus operaciones de emergencia. Usualmente, las comisiones de inspección de los daños producidos por terremotos son organizadas para operar en gran escala varios días después del terremoto principal. En esos casos se podrán utilizar los datos de pérdidas humanas suministrados por los cuerpos de socorro y no es necesario involucrar las comisiones en operaciones de rescate. Es importante recoger los datos de pérdidas humanas junto con los datos de clasificación de daños y uso, con el fin de obtener una base de datos confiable, para evaluar las pérdidas humanas con relación al tipo de estructura y al uso de la edificación, como uno de los parámetros de vulnerabilidad más importantes.

- **FOTOGRAFIAS (26):** Fotografías que muestren los daños de los elementos estructurales y no estructurales resultan ser una evidencia muy importante del daño causado por el terremoto debido a que esta información desaparece en un período corto de tiempo. Las fotografías serán valiosos auxiliares de los supervisores y autoridades gubernamentales para la atención de la emergencia y las operaciones a corto plazo, y serán una ayuda importante en el análisis de datos para las necesidades de la investigación.

Cada fotografía en su parte posterior se puede identificar con un número de código del sector o del edificio. Se tomarán fotografías de danos no estructurales y de las instalaciones, cuando ese daño represente un riesgo para los ocupantes de la edificación.

La metodología descrita para la clasificación de daños y uso de las edificaciones como consecuencia a la manifestación de terremotos, se relaciona directamente con el formulario para inspección de daños y con las explicaciones que aparecen detrás del mismo. Este es el material instructivo básico para las comisiones de inspección, con el cual se debe efectuar una clasificación de daños y usos de una manera uniforme. Para obtener una ejecución racional y rápida, se pueden organizar programas de entrenamiento continuos en forma conjunta con la Defensa Civil del sector, de la región y del país. El gobierno local y nacional podría dictar ordenanzas para la implementación de la metodología descrita, así que se pueda llevar a cabo adecuadamente la clasificación de los daños y de la funcionalidad o uso de las edificaciones.

3. RECOLECCION DE DATOS A CERCA DE LOS DAÑOS

3.1. Información Necesaria y Procedimiento de Recolección de Datos

La recolección de datos de los daños producidos por el terremoto basada en una metodología única, tal como la mencionada, debe llevarse a cabo de una manera eficiente. Informes diarios deben presentarse por parte de los grupos de trabajo o comisiones de inspección a las jefaturas seccionales y regionales, cuando la región afectada es lo suficientemente grande y así lo amerite. Las jefaturas regionales en toda la zona afectada deben estar en capacidad de reportar diariamente informes a las autoridades gubernamentales y preparar informes finales utilizando los reportes de las comisiones de inspección. Para ejecutar esta labor eficazmente es de fundamental importancia establecer con anterioridad comisiones de inspección muy bien entrenadas en cada sector, en las regiones sísmicamente activas, tanto a nivel rural como en las grandes ciudades. Durante el proceso de entrenamiento de las comisiones de inspección deben tomarse medidas de organización y preparación del plan de inspección, teniendo en cuenta contar previamente con las siguientes ayudas:

- Mapas topográficos en escala 1:10.000 o 1:5.000 de la zona con la definición de cada sector de inspección y su respectivo número de identificación. (Un sector no debe cubrir más de 1000 edificaciones en promedio, considerando que 3 a 4 comisiones desarrollarán la inspección en un mes aproximadamente).
- Mapas topográficos en escala 1:1000 para cada sector con los nombres de las calles y los edificios apropiadamente codificados. En caso de que la nomenclatura de las edificaciones sea diferente que la utilizada en la codificación, debe marcarse con esta última claramente y en forma permanente.
- Análisis detallado y organización del plan de inspección definiendo el número de comisiones de acuerdo con la organización establecida a nivel de jefaturas seccionales y regionales. Cada comisión debe identificarse con los nombres de los especialistas locales.
- Durante el proceso de entrenamiento deben recolectarse por triplicado para cada edificación los formularios de evaluación con la identificación completa de los parámetros de inspección (1 a 9 y 10 a 17 del formulario anexo).
- Formularios para la presentación final de los resultados de la evaluación de los danos y los parámetros de funcionalidad de las edificaciones clasificadas en las tres categorías básicas (verde, amarillo y rojo).

Todo el material mencionado debe prepararse para cada comisión y jefatura en archivos separados, localizados de tal manera que sea fácil su manipulación en las condiciones de campo después de terremotos desastrosos. Este material debe mantenerse en las jefaturas de defensa civil u otras organizaciones responsables de la comunidad quienes llevan a cabo los entrenamientos y el desarrollo de la evaluación. Este tipo de preparativos son de esencial importancia para el desarrollo de un correcto entrenamiento y para la ejecución exitosa y efectiva de la evaluación del daño bajo una metodología uniforme y consistente. Cuando este tipo de preparativos no se pueden realizar con suficiente anticipación, al menos, debe planearse una

semana de cursos de entrenamiento con ensayos de clasificación de daños por parte de las comisiones de inspección con un número significativo de instructores. Resulta supremamente difícil preparar mapas, formularios y una correcta organización de la movilización de las comisiones bajo las condiciones extremas posteriores al terremoto.

El éxito del procedimiento de recolección de datos depende significativamente del nivel de preparación y entrenamiento desarrollado antes del evento sísmico. Si se siguen las recomendaciones aquí consignadas, los siguientes pasos en el procedimiento de recolección de datos deben realizarse después de un terremoto catastrófico:

- Movilización del grupo de apoyo de las comisiones y jefaturas.
- Distribución de los archivos preparados para cada jefatura y comisión evaluadora.
- Desarrollo de la inspección de daños, edificación por edificación, paralelamente en cada sector y colocación de las marcas de señalización de las edificaciones con el respectivo color de identificación del daño y funcionalidad.
- Preparación de reportes diarios, reportes semanales y del informe final por cada comisión de inspección, jefaturas seccionales y regionales.
- Envío de los reportes a las autoridades locales y nacionales responsables del procesamiento de la información.
- Archivo de una copia completa del procesamiento de la información en cada jefatura y envío de copias a las autoridades nacionales para el desarrollo de la evaluación económica de las pérdidas y reducción del riesgo.

3.2. Preparación para la Recolección de Datos

La organización básica para la recolección de datos del daño y uso de las construcciones debe llevarse a cabo bajo un Plan Comunitario de Inspección de daños, en el cual se debe especificar el número de comisiones y jefaturas por sector, partiendo de que dicha labor debe desarrollarse en

uno o dos meses después del terremoto. Las comisiones y jefaturas a nivel seccional y regional deben considerar en conjunto algunos aspectos:

- **PREPARACION Y OBLIGACIONES DE LOS MIEMBROS DE LAS COMISIONES DE INSPECCION:** Cada comisión de inspección de daños debe conformarse al menos de tres miembros: un ingeniero estructural, cabeza de la comisión; un ingeniero civil o arquitecto y un auxiliar técnico.

Los deberes del director o cabeza de la comisión son inspeccionar la edificación con los otros miembros, verificar la completa realización del formulario, preparar reportes diarios y semanales como también el reporte final de los edificios inspeccionados y enviar estos informes a las jefaturas seccionales. Tomar la decisión final de identificar la edificación con su respectiva marca o de reinspeccionar la edificación. El es el responsable de la labor y seguridad de la comisión. El segundo miembro (ingeniero civil o arquitecto) desarrolla el formulario de inspección y asiste al director del grupo en la evaluación de los daños y la elaboración de los informes. Junto con el auxiliar técnico realiza las medidas básicas de la edificación y toma las fotografías pertinentes. El tercer miembro (técnico) es el responsable de la recolección de información acerca del edificio, realiza los esquemas, toma las medidas y marca o seña la edificación con su respectivo color.

El equipo y el material de apoyo de la comisión debe estar compuesto mínimo por lo siguiente: archivo completo de inspección con mapas y formularios, casco para cada miembro, cámara con rollos en blanco y negro, un flash, un cuaderno de anotaciones, un martillo, una cinta de medición, un metro, juego de pinturas rojo, amarillo y verde y un aplicador o brocha.

- **ENTRENAMIENTO DE LAS COMISIONES DE INSPECCION:** El entrenamiento debe desarrollarse en los siguientes aspectos: procedimiento de movilización, organización de las comisiones, uso de los formularios, procedimiento de reporte, determinación en el sitio del sistema estructural para edificios que no cuentan con planos, evaluación de la calidad de los materiales, evaluación del daño estructural e identificación del peligro que presentan los elementos no estructurales y los edificios adyacentes, con miras a utilizar con seguridad la

edificación para la ocupación temporal.

- **OBLIGACIONES DE LAS JEFATURAS SECCIONALES Y REGIONALES:** Las jefaturas deben estar asociadas directamente con la defensa civil complementada por dos o tres ingenieros estructurales y varios técnicos. Las jefaturas regionales deben desarrollar las siguientes funciones: preparación del plan de evaluación de los daños para la región, organizar y desarrollar el programa de entrenamiento, obtener con anterioridad la información que sea pertinente, movilización de las comisiones de inspección, trabajo de oficina, establecer comunicación con las jefaturas seccionales, obtener el material de apoyo y equipo para las comisiones, arreglar todo lo pertinente al transporte, alimentación y acomodo del personal, organizar y supervisar el trabajo de las comisiones de inspección y jefaturas seccionales, proteger calles, remover peligros locales, ordenar demoliciones, responder a los ciudadanos a cerca de sus requerimientos de inspección, organizar el trabajo de reinspección y de las comisiones de especialistas, preparar informes para agencias de noticias, dirigir las comisiones a través de las áreas afectadas, archivar los reportes finales y todos los datos de la inspección de daños.

Las jefaturas seccionales tienen las siguientes funciones: organizar el trabajo de las comisiones de inspección de acuerdo con los planes fijados para el sector, supervisar el trabajo de las comisiones, organizar el trabajo de los grupos de reinspección, preparar reportes diarios y semanales y el informe final para la comunidad.

4. ORGANIZACION DE LA BASE DE DATOS Y ANALISIS DE LA INFORMACION DE LOS DAÑOS

Los datos básicos de los daños y la clasificación del uso de las construcciones, tal como ya se mencionó, debe prepararse en tres copias, junto con los mapas y los reportes finales de las comisiones de inspección y de las jefaturas seccionales y regionales. Una copia debe permanecer en la jefatura regional y las otras dos deben enviarse a las agencias gubernamentales responsables de los planes de mitigación de las consecuencias del terremoto, quienes evalúan las pérdidas económicas y definen planes a corto y largo plazo para la reducción del riesgo sísmico.

El desarrollo de estas tres copias debe llevarse a cabo cuidadosamente puesto que dicha información servirá para estudios detallados e investigación de las consecuencias postsísmicas.

Toda esta información debe ser transferida inmediatamente al computador una vez ha sido finalizada, con el fin de analizar, mediante tablas cada categoría de uso y los diferentes sistemas estructurales asociados con los cinco niveles de daño y su funcionalidad. Obteniéndose así, el número de edificaciones afectadas, el área en cada sector y región y los respectivos porcentajes. La evaluación del daño, uso y funcionalidad de las construcciones, la respectiva determinación de las intensidades y los registros del movimiento podrán ser presentados inmediatamente a las autoridades gubernamentales e instituciones científicas en forma de gráficos y tablas de evaluación física del daño y la concentración del mismo en la región afectada.

5. ESTIMACION DE LAS PERDIDAS ECONOMICAS

Una vez desarrollado el análisis del daño para cada una de las cinco categorías, el daño puede presentarse directamente asociado con los tipos estructurales y los niveles de funcionalidad. Para estimar las pérdidas económicas primero debe definirse qué edificaciones deben ser reparadas. Dos alternativas son posibles:

Las edificaciones podrían repararse y reforzarse con el fin de que se conviertan en estructuras sismorresistentes, mejorando así su funcionalidad, o

Las edificaciones podrían repararse de tal manera que recuperen sus condiciones originales de resistencia que tenían antes del terremoto.

(Una gran cantidad de países de la región del Mediterráneo como Argelia, Bulgaria, Grecia, Rumania y Yugoslavia han tomado la primera alternativa debido a la alta frecuencia con que se presentan sismos de gran magnitud y debido a la gran cantidad de daños que se han presentado en edificaciones no sismorresistentes).

Una vez definida la alternativa a seguir, pueden prepararse funciones entre

el daño observado y la intensidad del movimiento del suelo para cada categoría de uso y tipo estructural (funciones de vulnerabilidad empírica). Dependiendo de la participación de cada categoría de uso y de los tipos estructurales en el área, un número de muestras representativas pueden determinarse para realizar análisis estimativos de la reparación y refuerzo de cada categoría para al menos cinco niveles de movimiento del suelo. Se asume que, para cada muestra seleccionada, un análisis detallado y un diseño cuidadoso debe desarrollarse antes del análisis de estimación de costos. Basado en el análisis de un número suficiente de muestras se pueden obtener funciones para la estimación del costo de reparación y refuerzo de los sistemas estructurales, incluyendo elementos no estructurales e instalaciones. El costo de reparación y refuerzo debe presentarse en porcentaje con relación al costo total de las nuevas construcciones por unidad de superficie.

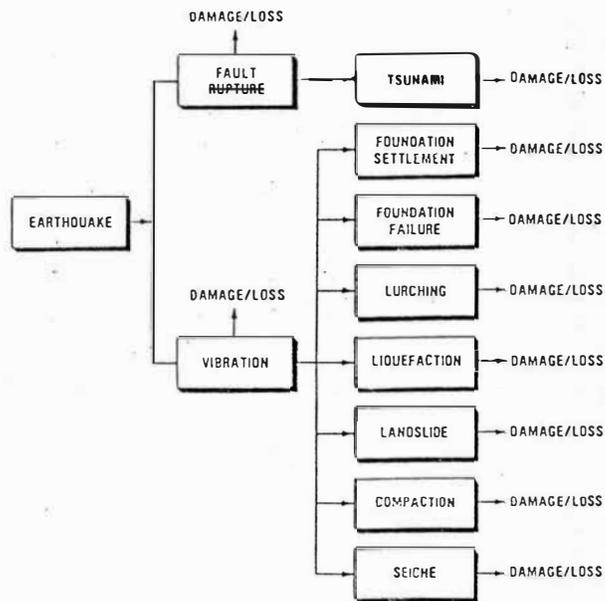
La evaluación acumulativa de las pérdidas económicas directas en las edificaciones con posterioridad a los trabajos preparatorios arriba mencionados puede llegar a ser realmente sencilla. Adicional a estas, un grupo de especialistas debe considerar las pérdidas económicas directas en materia de infraestructura local y regional, como así mismo las pérdidas económicas indirectas.

6. PERDIDAS DE VIDAS Y HERIDOS

Las pérdidas humanas pueden considerarse sobre un rango que puede variar desde heridas leves hasta la pérdida de vida. Naturalmente, las pérdidas humanas representan el mayor impacto de la manifestación de un terremoto desastroso y caracterizan la magnitud y extensión del desastre. Por esta razón resulta muy importante recoger datos sobre las pérdidas humanas en los formularios de inspección de daños, para correlacionar dichas pérdidas con los daños observados en los distintos tipos de edificios. De esta manera se podrán definir políticas de reconstrucción que garanticen una mayor seguridad de las estructuras y se podrán efectuar predicciones con miras a mejorar la planificación para futuras emergencias.

RECONOCIMIENTO

La primera versión de este documento fue traducida al Español en Septiembre de 1985 por el Ingeniero OMAR D. CARDONA-ARBOLEDA, de la Universidad Nacional de Colombia Seccional Manizales-Colombia, y el Ingeniero ANGEL D. SORIA-VIZCAINO, del Instituto de Investigaciones Antisismicas de San Juan-Argentina, durante su visita realizada al IZIIS en la primavera de 1985 tiempo en el cual se desarrolló el Curso Internacional de Postgrado en Ingeniería Sísmica, y al cual fueron invitados bajo el patrocinio de los Gobiernos de Holanda y Yugoslavia. Esta nueva versión fue revisada y actualizada en Español por el Ingeniero OMAR D. CARDONA-ARBOLEDA para su publicación dentro de las memorias del Seminario "Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades" realizado en Bogotá de Julio 24 al 27 de 1990.



Schematic Illustration of the Primary and Secondary Hazards
Caused by an Earthquake Causing Damages and Losses

FORMULARIO PARA LA INSPECCION DE LOS DAÑOS Y POSIBILIDAD DE USO DE LAS EDIFICACIONES

1. Ciudad (nombre - código): 1 1 1 1 1 1 1 1
2. Identificación de la construcción:
- 2.1 Código de la sección de la ciudad o el asentamiento: 7 1 1 1
- 2.2 Código de la comisión de inspección: 9 1 1 1
- 2.3 Número de la construcción: 11 1 1 1 1
3. Orientación principal de la construcción:
1. NS. 2. EW. 3. N45E. 4. N45W 14 1 1
4. Posición de la construcción en el bloque:
1. Esquina. 2. En el medio. 3. Libre 16 1 1
5. Área bruta de la construcción (m²): 16 1 1 1 1 1 1
6. Número de pisos:
- 6.1 Sótano: No/O/, Si/1/ 20 1 1
- 6.2 Pisos: 21 1 1 1
- 6.3 Mezanine: No/O/, Si/1/ 23 1 1
- 6.4 Adiciones: No/O/, Si/1/ 24 1 1
7. Propósito (vea la descripción atrás):
- 7.1 Edificio: 25 1 1 1
- 7.2 Planta baja: 27 1 1 1
8. Número de apartamentos: 29 1 1 1 1
9. Período de construcción (definir para cada país):
1. 2. 3. 31 1 1 1
10. Tipo de construcción (vea la descripción atrás): 32 1 1 1 1
11. Estructura del piso:
1. Concreto reforzado. 2. Acero. 3. Madera. 4. Otro 35 1 1
12. Estructura del techo:
1. Concreto reforzado. 2. Acero. 3. Madera. 4. Otro 38 1 1
13. Material del techo: 1. Teja. 2. Asbesto cemento. 3. Chapas metálicas. 4. Otro (especificar) 37 1 1
14. Tipo de sistema estructural: (vea la descripción atrás):
1. Muros portantes. 2. Pórtico. 3. Pórtico con tabiques. 4. Enramado con tabiques. 5. Sistema mixto. 8. Otro (especificar) 38 1 1
15. Calidad de la construcción:
1. Buena. 2. Promedio. 3. Pobre 39 1 1
16. Rigidez relativa del primer piso comparada con los demás:
1. Mayor. 2. Casi igual. 3. Menor 40 1 1
17. Reparación por terremotos anteriores:
1. No. 2. Si. 3. No se sabe 41 1 1
18. Daños en los elementos estructurales:
1. Ninguno. 2. Ligero. 3. Moderado. 4. Fuerte. 5. Severo. (vea la descripción atrás):
- 18.1 Muros portantes 42 1 1
- 18.2 Columnas: 43 1 1
- 18.3 Vigas: 44 1 1
- 18.4 Nudos de los pórticos: 45 1 1
- 18.5 Muros de cortante: 46 1 1
- 18.6 Escaleras: 47 1 1
- 18.7 Pisos: 48 1 1
- 18.8 Cubierta: 49 1 1
19. Daño de los elementos no-estructurales e instalaciones:
1. Ninguno. 2. Ligero. 3. Moderado. 4. Fuerte. 5. Severo. (vea la descripción en el Manual):
- 19.1 Tabiques interiores: 50 1 1
- 19.2 Tabiques divisorios: 51 1 1
- 19.3 Tabiques de exteriores (fechada) 52 1 1
- 19.4 Instalaciones eléctricas: 53 1 1
- 19.5 Plomería, canalización, gas: 54 1 1

Bosquejo de la construcción

Planta Corte

Dirección:

Propietario:

20. Daño en toda la construcción:
1. Ninguno. 2. Ligero. 3. Moderado. 4. Fuerte. 5. Severo 55 1 1
21. Daños debido a fuego después del terremoto: No/O/, Si/1/ 56 1 1
22. Condiciones del suelo en el lugar:
1. Roca. 2. Firme. 3. Medio. 4. Blando 57 1 1
23. Inestabilidad del suelo:
1. Ninguna. 2. Leve hundimiento. 3. Fuerte hundimiento. 4. Liquefacción. 5. Deslizamiento. 6. Derrumbamiento de rocas. 7. Falla. 8. Otro (especificar) 58 1 1
24. Clasificación de uso y marcado:
- Marcar: 1. Verde. 2. Amarillo. 3. Rojo
- No marcar: 4. Marcar después de eliminación del peligro. 5. Problemas de suelo y problemas geológicos, reinspección. 6. Clasificación imposible, reinspección. 7. Edificio inaccesible 59 1 1

Explicar las razones generadas para su clasificación y la manera de marcar:

25. Recomendaciones para medidas urgentes:
1. Ninguna. 2. Eliminación del peligro local. 3. Protección de la construcción del colapso. 4. Protección de las calles o las construcciones vecinas. 5. Demolición urgente 60 1 1
26. Fotografías: No/O/, Si/1/ 61 1 1
27. Atrapados en el edificio: No/O/, Si/1/ (Si hay, parar la inspección e informar a las autoridades) 62 1 1
28. Víctimas humanas: No hay muertos y heridos/O/: Posibles muertos y heridos/1/: Si hay datos, escribir: 63 1 1
- Número de muertos: 64 1 1
- Número de heridos: 65 1 1
29. Fecha de la inspección: Mes/día: 88 1 1 1 1
- Nombres de los ingenieros de inspección: Firmas:
- 1.
- 2.
- 3.

**DESCRIPCION Y CODIGOS PARA CLASIFICACION DE CONSTRUCCIONES
SEGUN EL USO, TIPO DE CONSTRUCCION, TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
Y GRADO DE DAÑO
(COLORES CONVENCIONALES PARA CLASIFICAR DAÑOS)**

7. CATEGORIAS DE USO DE LAS EDIFICACIONES:

- 10 **Residencial:** 11 Casas de familia, 12 edificios de Apartamentos.
 20 **Oficinas:** 21 Edificio total, 22 parte del edificio.
 30 **Economía:** 31 Comercio, 32 Finanzas, 33 Pequeña Industria, 34 Almacenes, 35 Agricultura, 36 Pescadería, 37 Forestal.
 40 **Salud y Protección Social:** 41 Hospitales y Clínicas, 42 Servicios de salud, 43 Protección social (Establecimientos para ancianos, minusválidos, etc.)
 50 **Servicios Públicos:** 51 Administración central o local, 52 Policía y Bomberos, 53 Transporte (carreteras, ferrocarriles, aire y mar), 54 Comunicaciones (correos, radios, T.V.)
 60 **Educación y Cultura:** 61 Escuelas, 62 Universidades y centros de investigación, 63 Dormitorios, 64 Históricos y religiosos, 65 Culturales y recreativos, 66 Deportes (estadios, gimnasios)
 70 **Turismo y Hotelería:** 71 Hoteles, 72 Restaurantes, cafés, 73 Cafeterías, pastelerías y otros
 80 **Industria y Energía:** 81 Industria, 82 Energía (centrales eléctricas, subestaciones, otros)
 90 **Otras Construcciones:** (Especificar)

10. TIPO DE CONSTRUCCION:

- 100 **Edificaciones de Mampostería:**
 110 **Adobe:** 111 Sólo adobe, 112 Adobe con fajas de madera
 120 **Ladrillo Macizo:** 121 Con entramado horizontal de C.R., 122 Con entramado horizontal y vertical de C.R.
 130 **Ladrillos Huecos:** 131 Con entramado horizontal de C.R., 132 Con entramado horizontal y vertical de C.R.
 140 **Bloques de Concreto:** 141 Con entramado horizontal de C.R., 142 Con entramado horizontal y vertical de C.R.
 150 **Mampostería de Piedra:** 151 Mampostería de piedra asentada en seco, 152 Piedra con mortero de mala calidad, 153 Piedra con mortero de buena calidad, 154 Piedra con fajas de madera, 155 Piedra con amarres de acero, 156 Piedra con vigas horizontales de C.R., 157 Piedra con vigas y columnas de C.R.
 200 **Edificios de Concreto Reforzado:**
 210 **Pórticos Monolíticos:** 211 Con tabiques de ladrillo macizo, 212 Con tabiques de ladrillo hueco, 213 Con bloques livianos de concreto o paneles, 214 Con muros de cortante.
 220 **Sistemas de Muros Portantes:** 221 Con muros portantes en una dirección, 222 Con muros portantes ortogonales en las dos direcciones.
 230 **Construcciones Prefabricadas:** 231 Pórtico con tabiques de ladrillo hueco, 232 Pórtico con tabiques ligeros de concreto, 233 Pórticos combinados con muros de cortante, 234 Construcciones de paneles grandes, 235 Construcciones de paneles pequeños.
 240 **Construcciones Compuestas:** 241 Pórticos de C.R. con muros portantes de mampostería, 242 Combinación de pórticos de acero con muros portantes de mampostería.
 300 **Edificios de Acero:**
 310 **Construcciones de Acero para la Industria Pesada:** 311 Sin grúas, 312 Con grúas.
 320 **Construcciones de Acero para la Industria Ligera:** 321 Sin grúas, 322 Con grúas.

- 330 **Construcciones de Acero con varlos pisos:**
 331 Pórticos sin riostras, 332 Pórticos con riostras, 333 Pórtico de acero con núcleo de C.R., 334 Pórtico de acero con paneles de C.R.

400 Edificios de madera:

- 410 **Entramado arriostrado con lleno de material:**
 411 Con cimentación en mampostería de piedra, 412 Sin cimentación en mampostería de piedra.
 420 **Prefabricadas:** 421 Pórticos de madera, 422 Elementos cortos y paneles pequeños de madera

14. TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL:

Sistema de transmisión de cargas verticales y laterales:
 1. Muros, 2. Pórticos, 3. Pórticos con tabiques, 4. Entramado con tabiques en el cual las vigas y columnas no formen pórtico, 5. Mixta de pórticos y/o muros de cortante y tabiques, 6. Otros sistemas (describir)

18. DAÑO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (COLORES CONVENCIONALES)

1. **Ninguno - marcado verde:** Sin daño visible en los elementos estructurales. Posibles fisuras en el revoque de paredes y techos. Se observen pocos daños en la construcción.
2. **Ligero marcado verde:** Fisuras en revoque de paredes, y techo. Grandes partes de revoque caído de paredes y techo. Importantes grietas o derrumbes parciales en chimeneas, áticos. Distorsión, agrietamiento y deterioro parcial con caída del techo de cubierta. Fisuras en elementos estructurales.
 Las construcciones clasificadas en las categorías 1 y 2 no presentan reducción de su capacidad sísmoresistente y no son peligrosas para las personas. Pueden ser utilizadas inmediatamente o luego de la reparación.
3. **Moderado - marcado amarillo:** Fisuras diagonales y de otro tipo, en paredes con aberturas. Fisuras grandes en elementos estructurales de C.R. columnas, vigas, muros. Derrumbe parcial o total de chimeneas y áticos. Dislocación, agrietamiento y caída del techo.
4. **Fuerte - marcado amarillo:** Grietas grandes con o sin separación de las paredes y con trituración del material. Grandes grietas con trituración del material de las paredes entre las aberturas de los elementos estructurales. Grietas grandes con pequeña dislocación de elementos de C.R. columnas, vigas, muros. Pequeña dislocación de elementos constructivos y de toda la construcción.
 Las construcciones clasificadas en las categorías 3 y 4 tienen muy disminuida su capacidad sísmoresistente. El acceso a las mismas es controlado y no se puede usar antes de ser reparada y reforzada. Hay que evaluar la necesidad de apuntalar la construcción y proteger edificios vecinos.
5. **Severo - marcado rojo:** Los elementos estructurales y sus uniones están muy dañados y dislocados, con un número grande de ellos destruidos. La construcción presenta ruina total o parcial.
 Las construcciones clasificadas en la categoría 5, no son seguras, presentan peligro de derrumbe. El acceso está prohibido. Es necesario proteger la calle y edificios vecinos, o demoler el edificio en forma urgente. En caso de edificios aislados, o con construcciones cercanas de la misma clasificación, la decisión para su demolición debe tomarse luego de una evaluación desde el punto de vista económico del costo de su reparación y reforzamiento.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES
LOCALIZADOS EN ZONAS DE RIESGO SISMICO"**

**UNIVERSIDAD DE MISSOURI
David Stewart
Director
Centro de Estudios Sismicos
Cape Girardeau, Missouri
Estados Unidos.**

VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES LOCALIZADOS EN ZONAS DE RIESGO SISMICO

David Stewart, Director
Centro de Estudios Sísmicos Universidad de Missouri
Cape Girardeau, Estados Unidos.

Las funciones que cumplen los hospitales deben conservarse durante las fuerzas de los terremotos de manera que satisfagan las necesidades de emergencia que generan los movimientos sísmicos. Si un hospital es víctima de daños producidos por el movimiento terrestre, será una carga para su comunidad en lugar de ser una ayuda para ésta.

En primer lugar, los hospitales deben estar diseñados estructuralmente para resistir el movimiento del terreno producido por el terremoto. En segundo lugar, la parte no estructural debe permanecer intacta de manera que todos sus servicios médicos esenciales continúen funcionando durante e inmediatamente después del terremoto.

Este artículo discutirá la relación entre la estructura física que sostiene un centro hospitalario y sus componentes no estructurales según se relacionan a la función médica.

CARACTERISTICAS PROPIAS DE LOS HOSPITALES POR LAS CUALES SON ESPECIALMENTE VULNERABLES A LOS TERREMOTOS

Los hospitales, entre todos los edificios e instituciones en su comunidad, no solo son de los más esenciales para enfrentar su desastre producido por un terremoto, sino también de los más vulnerables. Tal vez haya otros edificios y complejos de igual tamaño y construcción en su ciudad, pero ninguno tan complejo, desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo. Entre las características que los hacen especialmente vulnerables tenemos:

* **Complejidad.** Los centros de salud son edificios muy complejos que suplen las funciones de hotel, oficinas, laboratorio y bodega.

El solo aspecto de hotel es supremamente complejo ya que involucra no solo alojamiento, sino provisiones alimenticias para un amplio número de personas, incluyendo pacientes, empleados y visitantes. Estos centros por lo general contienen numerosas habitaciones pequeñas y cantidades de largos corredores. Luego de un terremoto, los pacientes y visitantes estarán muy confundidos. Tal vez no haya fluido eléctrico. Los corredores y las salidas de las habitaciones pueden estar bloqueadas por muebles caídos o escombros. Los ascensores no

funcionarán y las escaleras pueden haberse caído o estar en condiciones de difícil uso.

- * Ocupación. Los hospitales son edificios altamente ocupados. Alojan pacientes, empleados, personal médico y visitantes. Están ocupados 24 horas al día. Muchos pacientes requerirán ayuda y cuidado especializado continuamente. Pueden estar rodeados de equipo especial y tal vez utilizan gases potencialmente peligrosos como el oxígeno. Tal vez estén conectados a equipos que mantienen la vida los cuales exigen fluido eléctrico permanentemente.
- * Suministros Críticos. La mayoría de los suministros que requieren las instalaciones hospitalarias (farmacéuticos, tablillas, vendajes, etc.) son esenciales para la sobrevivencia del paciente y son cruciales para el tratamiento de víctimas de terremotos. Las historias de los pacientes son vitales para el tratamiento adecuado, especialmente en caso de evacuación a otros centros. El daño a las zonas de almacenamiento y archivo hará imposible la obtención de estos elementos en el momento en que más se necesitan.
- * Servicios Públicos. Ninguna institución depende más de los servicios públicos que los hospitales. Sin electricidad, agua, combustibles, recolección de basuras, comunicaciones, libre egreso de y hacia, no podrían funcionar. Los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás requieren energía.

La compleja organización de las grandes instituciones para el cuidado de la salud hace que los sistemas de comunicación interna y externa sean críticos.

Las instalaciones más grandes dependen de los ascensores para movilizar gente y suministros. Aún en un terremoto moderado, los ascensores estarán fuera de servicio hasta que puedan ser inspeccionados para detectar posibles daños.
- * Materiales Peligrosos. Varios productos de un hospital serán peligrosos si se derraman o liberan. Los estantes que se voltean con medicamentos o químicos pueden constituir amenazas por toxicidad tanto en forma líquida como gaseosa. Los incendios pueden iniciarse por acción de químicos, cilindros de gas volteados o la ruptura en líneas de oxígeno pueden plantear serios peligros. Además algunas drogas pueden convertirse en objetos de abuso al romperse las normas de seguridad.
- * Artículos Pesados. Muchos hospitales tienen equipo o televisores en estantes altos encima o cerca a las camas de los pacientes; éstos pueden caer y causar serios accidentes. Otras piezas de equipo especializado tales como máquinas de rayos X, generadores alternos, son pesados y susceptibles de ser derribados o lanzados por la habitación durante el terremoto.
- * Problemas Externos. Además de los problemas internos enumerados

anteriormente causados por daños a la instalación hospitalaria misma, el daño sufrido por la comunidad impedirá el acceso de los bomberos, de la policía, y tal vez, del servicio telefónico, mientras que habrá una entrada sin precedentes de heridos. Igualmente, habrá muchedumbres buscando información sobre pacientes en el hospital. En el momento que más se requiera, el edificio puede dejar de ser funcional y el personal médico puede haber muerto o encontrarse herido.

Es fácil ver que los hospitales tienen problemas para prepararse para un terremoto que ninguna otra institución de la comunidad tendrá. Muchos de los problemas mencionados anteriormente se originan en la seguridad estructural y no estructural del edificio. El componente estructural debe atacarse en la etapa de la construcción. Con una adecuada ingeniería estructural, la integridad del edificio sobrevivirá, aún en severo terremoto; tal vez sufra daños, pero no se desplomará. Si un hospital se desploma, aún parcialmente, será un pasivo para la comunidad luego de un terremoto y no el activo que debe ser.

En este artículo asumiremos que los requisitos estructurales se han satisfecho, excepto en aquellos casos en que las fallas no estructurales pueden causar daños estructurales.

Un edificio puede quedar en pie luego de un terremoto y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. El costo de las partes no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de las estructurales. Esto se cumple especialmente en hospitales donde 85 a 90% del valor de la instalación no está en las columnas de soporte, pisos y vigas, sino en el diseño arquitectónico, sistemas mecánicos y eléctricos y en el equipo allí contenido. Un movimiento sísmico de menor intensidad causará daños no estructurales mayores que los que resultarían de daños a componentes estructurales. Por lo tanto, los aspectos más vitales de un hospital, aquellos que se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los terremotos. Igualmente es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o afectación.

No basta con que un hospital simplemente no se caiga luego de un terremoto; debe seguir funcionando como hospital. Puede seguir con la apariencia externa de ser hospital, pero si internamente son ruinas, no podrá dar la debida atención a la comunidad. Este artículo enfocará básicamente la prevención de "desastre interno" o lo que técnicamente se denomina "falla no estructural". Pero también discutiremos cómo las fallas no estructurales pueden afectar la integridad de la estructura misma.

Estructural vs. No Estructural:Cuál es la diferencia?

Es importante tener clara la diferencia entre los componentes estructurales y los componentes no estructurales de un edificio.

* El término estructural se refiere a aquellas partes de un edificio que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas. (Los diafragmas son pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales a través de las vigas y columnas hacia los cimientos).

Diseñar estructuralmente un edificio nuevo o readaptar uno nuevo para que sea sismoresistente requiere el trabajo de un ingeniero y/o arquitecto especializado. Los estándares de diseño estructural sísmico no son aquellos que necesariamente protegerán el edificio de daños irreparables, sino un estándar que evitará el colapso del edificio y/o cualquiera de sus partes de manera que no represente una amenaza para las personas. Por lo tanto el diseño sismoresistente de un edificio se ajusta a un estándar de "seguridad para las vidas" y no protección al edificio. Construir un edificio verdaderamente "resistente a terremotos" es o demasiado costoso e imposible. Sin embargo, es posible y efectivo desde el punto de vista de costos construir dentro de un estándar de "seguridad para las vidas" de manera que el edificio no caiga y lastime a alguien aún si está seriamente afectado. El diseño sismoresistente es tal, que hasta cierto punto la estructura de ninguna manera se vea afectada. Por lo tanto, los terremotos de menor escala o moderados no causan daños estructurales. Más allá de cierto punto, como en el caso de un fuerte terremoto, los soportes del edificio se deformarían plásticamente, se desplazarían y dañarían permanentemente, pero aún podrían soportar el peso del edificio y su contenido. En este último caso, el edificio por lo general es demolido y luego reconstruido, pero no habrá causado víctimas durante el movimiento telúrico.

Por lo tanto, un edificio puede sufrir daños leves o ningún daño en su estructura pero puede ser sacudido tan violentamente que su contenido y las partes no estructurales pueden sufrir daños significativos.

El término no estructural se refiere a aquellos componentes de un edificio que están incorporados a las partes estructurales (como cortinas, ventanas, techos, garajes, etc.) los cuales cumplen funciones esenciales del edificio (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o que están dentro. "No estructural" se refiere a tres etapas básicas: 1) arquitectura. 2) Sistemas eléctricos/mecánicos; 3) contenido. Es fácil ver que tratándose de un hospital o centro de salud, las partes no estructurales pueden ser mucho más valiosas que el edificio mismo. En realidad al construir un edificio, la parte estructural no constituye más del 15% del costo total de construcción en el caso de hospitales.

Al sumar el valor del contenido y del equipo del hospital, los componentes no estructurales constituirán la porción más significativa del valor del hospital.

En resumen, las partes estructurales sostienen el edificio. A

menudo son invisibles, están escondidas, no se ven, solo dentro de los muros, techos y sótanos. La parte no estructural es todo el resto, lo que está dentro, los sistemas que hacen funcionar el edificio y las partes visibles o la arquitectura.

Componentes No Estructurales que Pueden Causar Fallas Estructurales

Existen tres categorías de componentes no estructurales que pueden tener un efecto significativo sobre la respuesta estructural de un edificio durante un terremoto, aún si el edificio tiene un diseño sismoresistente. Estos son:

1. Equipo pesado
2. Arquitectura
3. Instalaciones mecánicas

En el primer caso, un edificio con diseño sismoresistente habrá sido analizado teniendo en cuenta espectros de respuesta para sus diferentes períodos y amplitudes. Equipo pesado tal como aires acondicionados grandes, escanógrafos médicos, generadores alternos, calderas grandes, piscinas de hidroterapia, etc., pueden cambiar significativamente la respuesta dinámica de un edificio, de manera que cuando un terremoto real suceda, sus reacciones no serán aquellas para las cuales fue diseñado y construido.

Tales cargas excepcionales podrán introducir esfuerzos en techos y pisos que pueden causar fallas catastróficas que tendrían impacto sobre los diafragmas que están debajo.

Tales masas o pesos adicionales también podrán producir excentricidades que someten al edificio a modos rotacionales de vibración durante un terremoto. Se sabe que los modos rotacionales de vibración pueden dar origen a fuertes daños en un edificio y a menos que se hayan tenido en cuenta durante el diseño, un edificio que supuestamente debería tener un buen comportamiento en un terremoto podría llegar a presentar colapsos parciales.

En cuanto a equipo pesado, vale la pena anotar que si estos no están sólidamente anclados a un elemento estructural de un edificio o a sus cimientos, podrán deslizarse o voltearse y moverse de manera tal que causen daños estructurales. Se conocen casos en los que calderas o pesados calentadores de agua se han movido en recintos, derribando soportes estructurales o muros y causan el colapso del edificio.

En cuanto a arquitectura, los puntos específicos de análisis son la mampostería de relleno no reforzada y los pesados revestimientos. Aunque la mampostería de relleno no reforzada por lo general no se considera parte estructural, sí le da rigidez a un edificio hasta el momento en que comienza a fallar. Si estos segmentos de relleno interno de un muro fallan irregularmente, pueden colocar columnas y vigas en estados de concentración de esfuerzos que no se previeron en el diseño.

Por lo tanto el diseño estructural deberá considerar los efectos de la mampostería de relleno durante un terremoto cuando comienza a fallar parcialmente y por lo tanto, alterar dinámicamente la rigidez del edificio mientras está en movimiento.

El pesado recubrimiento en el exterior de un edificio cae durante un movimiento telúrico de manera que si un costado del edificio pierde buena parte de su revestimiento mientras otra lado no, resultará una excentricidad tal que pondría al edificio en torsión. Esta torsión tal vez no se haya previsto en los cálculos estructurales y podría dar como resultado colapsos parciales.

En los edificios que tienen plataformas debe tenerse en cuenta el impacto sobre los diafragmas que están abajo cuando los componentes exteriores de arquitectura de los pisos superiores pueden aflojarse y caer.

Otro problema arquitectónico que tiene impacto sobre la estructura se denomina "el efecto de columna corta". Algunas veces se diseñarán edificios con un piso a nivel del terreno que incluye una gran cantidad de espacio abierto entre las columnas de soporte. Su ingeniería debe ser adecuada para resistir terremotos asegurando resistencia y flexibilidad apropiada en las columnas de piso a nivel del terreno. Algunas veces en fechas posteriores, dichos edificios se remodelan para cerrar estas zonas abiertas con mampostería de relleno hasta cierto nivel, dejando en la parte superior únicamente espacio para ventanas. Esto confina la parte inferior de las columnas y, esencialmente, acorta su longitud efectiva. Se sabe que dichas "columnas cortas" fallan en terremotos puesto que la flexibilidad y la resistencia con que originalmente se construyeron se han alterado.

En cuanto a las instalaciones mecánicas, se han presentado casos en los cuales los muros de cortante que fueron parte del diseño sismoresistente, fueron interrumpidos para instalar equipos de aire acondicionado. Tal vez esto no se presente al construir originalmente el edificio, sino más tarde cuando los ingenieros de diseño originales ya no están asociados con la construcción. Estas interrupciones debilitan los muros de cortante, lo cual podría dar como resultado fallas estructurales o colapso parcial durante un terremoto, aún cuando el diseño inicial era sismoresistente.

Prevención de Fallas Físicas o Funcionales

Para prevenir la falla estructural de un hospital, este deberá ser construido adecuadamente desde un comienzo o adecuado posteriormente. Además debe asegurarse de que ninguno de los componentes no estructurales, dicutidos anteriormente, fallará catastróficamente durante un terremoto y causando fallas estructurales a su paso. Con el fin de mantener las funciones críticas de un hospital de manera que le sirva a la comunidad cuando más se necesita, también deben protegerse los componentes internos contra daños.

Todo esto debe hacerse antes de un terremoto. Aquello que se hace antes de un terremoto para reducir o prevenir los daños se denomina "mitigación". Aquello que se hace después se conoce como "respuesta". Este artículo se centra únicamente en mitigación.

Los terremotos son eventos naturales. Se suceden repetidamente en este planeta. No podemos detenerlos. Podemos determinar el lugar donde probablemente ocurrirán y podemos prepararnos para ellos. No podemos prevenir un terremoto pero sí podemos evitar que sea un gran desastre haciendo algo con anterioridad.

La mitigación de los efectos producidos por terremotos mediante la adopción de disposiciones estructurales y no estructurales es una actividad altamente rentable en zonas donde se experimentan terremotos periódica y recurrentemente. Por cada dólar que se gaste adecuadamente en mitigación antes del movimiento, se ahorrará enormes costos en pérdidas pérdidas que no se sucedieron.

La mitigación no tiene costo. A largo plazo, se paga. Se paga en dinero real, y en vidas salvadas.

Cómo Hacer una Inspección y un Inventario de Elementos No Estructurales?

El primer paso de la implementación de un programa no estructural de mitigación para un hospital es realizar una inspección sistemática y completa de la instalación para evaluar las amenazas existentes. Deben clasificarse en tres categorías y en tres niveles de riesgo así: determinar si los aspectos en consideración representan (1) un riesgo para las vidas (2) un riesgo de pérdida de bienes muebles o (3) un riesgo de pérdida funcional. Posteriormente se deberá clasificar el riesgo en cada caso según sea bajo, moderado o alto.

Un riesgo alto para la vida podría ser algo como una pieza de equipo montado en la pared sobre la cama de un enfermo que podría caer y herir o matar al paciente. Si el equipo estuviere sin anclaje de ninguna forma, sobre un estante por ejemplo, el riesgo de ser arrojado lejos por un terremoto es alto.

Si estuviese asegurado con pernos pero en forma algo inadecuada, podría clasificarse como moderado. Si estuviese anclado correctamente, con muy poca posibilidad de caer, se clasificaría como bajo.

La pérdida de bienes muebles sería algo así como un procesador de palabras en una oficina. Probablemente no caería o heriría a alguien (aunque existe la posibilidad) y su pérdida, probablemente no afectaría el funcionamiento de los servicios esenciales del hospital. Sin embargo, podría ser una costosa pérdida.

Una pérdida funcional podría ser el generador de corriente

alterna. Si no está correctamente asegurado y/o confinado, podría moverse lo suficiente para romper sus conexiones eléctricas y quedar fuera de servicio. Tal vez no habría pérdida de bienes muebles puesto que el equipo no se habría averiado, simplemente se habría soltado de sus amarres y conexiones. No representaría un riesgo para la vida, por lo menos no directamente, excepto que casi todo el hospital depende de la electricidad para energía, incluyendo los sistemas de soporte de vida para pacientes en estado crítico. Esto ilustra que en algunos casos, una pieza pueda corresponder a dos o tres tipos de riesgo o peligro para vidas humanas, para bienes muebles y/o pérdidas funcionales.

La tabulación de los tipos y niveles de riesgo para cualquier elemento particular en un hospital puede lograrse utilizando el siguiente formato desarrollado por Reitherman Company en Half Moon Bay, California. (ver Figura 1). Puede modificarse y copiarse este formato de manera que satisfaga las necesidades del centro de asistencia médica.

Las secciones fotografía e identificación del formato pueden ser "Habitación del Paciente", "Oficina Rayos X", "Cuarto de Operaciones", "Sala de Emergencia", "Zona de Consultorios", "Laboratorio", "Corredor", "Suministros", "Enfermeras", "Sala Cuna", "Cocina", "Zonas de Parqueo", "Escalera", etc. Las partes que deben considerarse y clasificarse incluirían sistemas de iluminación, paneles en techos, equipo en carros de rodamiento, gabinetes de archivo, equipo especial montado en estantes o muros, estantería, divisiones, tubería, químicos, etc.

Se debe anotar en la casilla "comentarios" o en el espacio inferior si este elemento no estructural podría constituir una amenaza potencial para la estructura durante el terremoto.

Métodos Generales de Mitigación

Luego de identificar un elemento no estructural de amenaza potencial y su prioridad en términos de pérdida de vidas humanas, de bienes muebles y/o funcional, deberá adoptarse una medida apropiada para reducir o eliminar el peligro. A continuación incluimos una lista de doce medidas aplicables de mitigación eficaces en muchos casos. A veces, simplemente se debe ser creativo y utilizar la imaginación. Estos procedimientos generales que se han utilizado en muchas partes y muchas veces, son:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1. Remoción | 7. Sustitución |
| 2. Reubicación | 8. Modificación |
| 3. Movilización restringida | 9. Aislamiento |
| 4. Anclaje | 10. Refuerzo |
| 5. Acoples flexibles | 11. Redundancia |
| 6. Soportes | 12. Rápida respuesta y preparación |

* La Remoción. Sería la alternativa más conveniente de mitigación

en muchos casos. Por ejemplo, un material peligroso podría derramarse pero podría perfectamente almacenarse fuera de los predios. Otro ejemplo sería el uso de un revestimiento muy pesado en piedra o concreto en el exterior del edificio o a lo largo de algunos balcones, algo que podría fácilmente soltarse durante un terremoto poniendo en peligro aquello que está debajo. Una solución sería un mejor anclaje o el uso de soportes más fuertes, pero la más efectiva, sería la remoción y la sustitución.

- * La Reubicación. Reduciría el peligro en muchos casos. Por ejemplo, un objeto muy pesado encima de un estante podría caer y herir gravemente y podría averiarse causando valiosas pérdidas. Si se reubica en un estante a nivel del piso no representaría peligro para las vidas humanas ni para la propiedad. Igualmente, sería mejor guardar una botella con un líquido peligroso a nivel del piso, si es posible.
- * La Restricción en la Movilización de ciertos objetos , tales como cilindros de gas y generadores de electricidad, es una buena medida. No importa que los cilindros se muevan un poco mientras no caigan y se rompan sus válvulas liberando su contenido a altas presiones. Tal vez usted desea montar los generadores de potencia alterna sobre resortes para reducir el ruido y las vibraciones cuando estén operando, pero los resortes amplificarían los temblores de tierra. Por lo tanto, deberían colocarse también soportes de restricción o cadenas alrededor de estos resortes de montaje para evitar que el generador salte de su puesto o sea derribado.
- * El Anclaje. Es la medida de mayor aplicación. Es buena idea asegurar con pernos , amarrar, utilizar cables de amarre o de otra manera evitar que piezas de valor o de tamaño considerable caigan o se deslicen. Entre más pesado sea el objeto más factible es que se mueva debido a las fuerzas de inercia que entran a jugar. Un buen ejemplo sería un calentador de agua; posiblemente habrá varios en un hospital. Son pesados y caen fácilmente y pueden romper una línea principal de agua y una línea de electricidad o combustible; constituyen un peligro de incendio o de inundación. La solución simple es utilizar una cinta metálica para asegurar la parte inferior y superior del calentador contra un muro firme u otro soporte.
- * Los Acoples Flexibles. Algunas veces se usan entre edificios y tanques exteriores, entre diferentes partes separadas del mismo edificio y entre edificios. Estos se utilizan puesto que los objetos diferentes, separados se moverán cada uno independientemente como respuesta a un terremoto. Algunos se mueven rápidamente o a altas frecuencias, otros lentamente a bajas frecuencias. Si hay un tanque fuera del edificio con una tubería rígida de conexión entre los dos, el tanque vibrará a frecuencias, direcciones y amplitudes diferentes a las del edificio. rompiendo la tubería rígida; un tubo flexible entre los dos evitaría rupturas de esta naturaleza.

- * Soportes. Son apropiados en muchos casos. Por ejemplo, los cielo rasos por lo general están colgados de cables que tan solo resisten la fuerza de la gravedad. Al someterse a la multitud de fuerzas horizontales y de torsión que resultan de un terremoto, caen fácilmente. Aunque los cuadros de luz son inofensivos al caer, algunas veces estas estructuras suspendidas del techo soportan pesadas luces. Al caer, producen serios accidentes a las personas que están debajo. Las conexiones eléctricas también pueden ser arrancadas del techo amenazando con un posible incendio.
- * La Sustitución por algo que no represente un peligro sísmico es lo correcto en algunas situaciones: por ejemplo, un pesado techo de teja no solo hace pesada la cubierta de un edificio, sino más susceptible al movimiento del terreno en un terremoto, las tejas individuales tienden a desprenderse creando peligro para la gente y los objetos debajo. Una solución sería el cambio por una cubierta más liviana y más segura.
- * Algunas veces es posible modificar un objeto que represente un peligro sísmico. Por ejemplo, los movimientos de la tierra retuercen y contorsionan un edificio, el vidrio rígido de sus ventanas puede romperse violentamente lanzando filudas espadas de vidrio contra los ocupantes. Es posible adquirir rollos de plástico transparente para cubrir las superficies internas y evitar que se rompan y amenacen a los que están dentro. El plástico es invisible y modifica el potencial de la ventana de vidrio de producir lesiones. (Posteriormente en este artículo indicaremos dónde se pueden obtener estas películas protectoras).
- * El Aislamiento. Es útil para pequeños objetos sueltos. Por ejemplo, si se colocan paneles laterales en estantes abiertos o puertas con pestillos en los gabinetes, su contenido quedará aislado y probablemente no será arrojado por el recinto en caso de un terremoto.
- * Los Refuerzos. Son factibles en muchos casos. Por ejemplo, un muro de relleno no reforzado o una chimenea no reforzada puede reforzarse sin mayor costo cubriendo la superficie con una malla de alambre y pañetándola con cemento u otra mezcla. No solo se protegerán estos objetos no estructurales contra fallas; en el caso de los muros de relleno, también se reforzarán las partes estructurales.
- * Los planes de respuesta a emergencias con existencias adicionales constituyen una buena idea. Es posible almacenar cantidades adicionales de ciertos productos en cajas en lugares que serán accesibles luego de un terremoto.
- * La rápida respuesta y reparación, es una metodología de mitigación empleada por largos oleoductos. Algunas veces no es posible hacer algo para evitar la ruptura de una línea en un sitio dado, entonces se almacenan repuestos cerca y se hacen los arreglos necesarios para entrar rápidamente a la zona en caso de

ruptura de la línea durante un terremoto. Se podría tener a mano en un hospital piezas de plomería, electricidad y demás, junto con las herramientas apropiadas, de manera que si algo se daña, pueda fácilmente arreglarse. Este sería el último recurso en la mitigación, pero podemos iniciarlo antes del temblor y realizar el resto del plan después. Por ejemplo, durante un terremoto se pueden romper los tubos del agua; tal vez no se pueda acoplar cada uno de los tubos y tomar cada una de las medidas para eliminar totalmente este riesgo, pero pueden tenerse a mano los medios para arreglar las cosas rápidamente. Con esta planeación antes del terremoto es posible ahorrar enormes costos en daños ocasionados por agua con una inversión mínima en unos pocos artículos y pensando por anticipado en lo que podría ocurrir.

Las doce medidas generales anotadas y discutidas se aplicarán a casi todas las situaciones. Sin embargo, en muchos casos, simplemente se debe ser creativo y pensar en su propia solución de mitigación.

Fuerzas de un Terremoto

Al realizar la inspección e inventario para la evaluación del riesgo no estructural, deberá comprender algunos principios físicos. Los daños que se presentan por los terremotos resultan del movimiento de la tierra. Existen dos formas básicas por las cuales este movimiento causa daño: (1) por los efectos de la inercia, o (2) por deformación. La inercia se relaciona con la masa o peso de un objeto. Entre más pesado sea, mayores serán las fuerzas de inercia que pueden resultar de fuerzas sísmicas. Por ejemplo, una pesada pieza de equipo de laboratorio puede simplemente yacer en el piso sin amarres con la idea equivocada de que por su peso, en un temblor no se movería. Esto es una equivocación. Un temblor lo suficientemente fuerte como para averiar parte de un edificio, sería lo suficientemente fuerte para mover el equipo. Si la parte de arriba es pesada, el temblor lo volteará. Si no, hará que se deslice por el piso aplastando a alguien, averiando otras piezas en el laboratorio, bloqueando una salida o aún causando daño estructural al edificio mismo. Debe tenerse en cuenta que, las fuerzas liberadas por un temblor son inmensas; pueden ser las mayores fuerzas de la naturaleza. Si un temblor puede levantar y mover todo un edificio o una ciudad entera, no sería nada levantar y mover una pieza de pesado equipo, aún si pesa varias toneladas.

Además de las fuerzas de inercia, los terremotos causan daños por deformación, doblar hasta hacerle perder su forma a un objeto. Algunas cosas se doblan y se deforman sin romperse; los objetos metálicos pueden hacer esto. Otras cosas son frágiles y se rompen en pedazos cuando se doblan demasiado. El ladrillo, el concreto, la mampostería se comporta así cuando las fuerzas de deformación son muy grandes.

Al inspeccionar su hospital, especialmente los aspectos mecánicos,

arquitectónicos y de calefacción/ventilación. Se debe preguntar si un objeto en particular será susceptible a las fuerzas de inercia o de deformación, o tal vez a ambas. Este tipo de consideraciones son necesarias para escoger la forma de mitigación correcta.

Quién está Calificado para Hacer Inspecciones no Estructurales?

Muchas medidas de mitigación no estructural pueden ser reconocidas, diagnosticadas y prescritas prácticamente por cualquier persona. No se necesita ninguna sofisticada capacitación o experiencia en ingeniería. Se requerirá un buen nivel de sentido común y buen juicio, claro está, pero no necesariamente un alto nivel de experiencia técnica en muchos casos. Los aspectos no estructurales típicamente considerados en enfoques que realiza uno mismo sin ser experto incluyen:

- Pequeños aditamentos
- Equipo pequeño o de escritorio, especialmente si no es crítico
- Gabinetes
- Archivadores
- Estantes contra la pared
- Contenido de los estantes
- Calentadores de agua (tamaño similar al de las casas)
- Aditamentos de iluminación
- Revestimientos plásticos a prueba de ruptura para ventanas

Estos son algunos tipos específicos de objetos que cualquiera puede reconocer y recomendar medidas de mitigación apropiadas. Otras medidas de mitigación se diagnostican y solucionan mejor bajo la supervisión de un ingeniero especializado, especialmente si puede tener impacto sobre las partes estructurales del edificio. Entre los aspectos no estructurales considerados en enfoques de ingeniería tenemos:

- Equipo mecánico, tal como bombas, aire acondicionado, ventiladores, etc.
- Equipo eléctrico grande, tal como transformadores.
- Equipo grande o pesado, tal como equipo de Rayos X o escanógrafos.
- Muros que actúan como soportes para estantes o equipo pesado.
- Equipo especialmente crítico abierto a su gran peligro potencial, tal como liberación de radiactividad.
- Equipo especialmente crítico debido a su gran valor monetario, tal como equipo de medicina nuclear.
- Equipo especialmente crítico debido a la función que desempeña, tal como un generador auxiliar de energía.

En algunos casos pueden existir códigos de construcción de la ciudad o del municipio que exigen la aprobación de cualquier cambio o modificación por parte de inspectores. Estos pueden incluir los siguientes elementos no estructurales:

- Divisiones interiores
- Techos
- Gabinetes de más de 1.50 mts de altura o apoyados en el muro o techo
- Estantes de más de 1.50 mts de altura
- Equipo de cocina
- Ascensores o elevadores de carga
- Equipo eléctrico y mecánico
- Plomería y tubería
- Tanques de agua
- Bombas y motores
- Tubería y sistemas rociadores contra incendio
- Generadores, baterías, suministro de combustible
- Cajas de teléfono
- Tanques de gas médico
- Equipo médico montado en el techo
- Equipo de Rayos X
- Equipo de laboratorio.

Es importante asegurarse de que cualquier medida de mitigación se tome de acuerdo con los reglamentos y códigos exigidos:

En primer lugar discutiremos brevemente las disposiciones arquitectónicas, luego las disposiciones mecánicas y eléctricas y finalmente, en detalle el contenido y el equipo médico especializado.

Consideraciones Arquitectónicas

Las ventanas constituyen un peligro en caso de terremotos; están instaladas en marcos rectangulares los cuales, en terremotos, podrían deformarse en paralelogramos. El resultado sería la violenta ruptura de vidrios en cuñas y pedazos que vuelan como dagas por el recinto. Se han encontrado pedazos de vidrio clavados en pisos de madera y muebles a 60 mts. de distancia durante un temblor. Aunque si ocurre un terremoto, una buena precaución de seguridad sería alejarse inmediatamente de cualquier vidrio, la mejor forma de protección es hacer que el vidrio sea a prueba de ruptura. Es posible hacer dos cosas: Al instalar las ventanas, deje suficiente espacio libre entre el vidrio y el marco rígido, rellenando con un compuesto vidriado, de manera que hasta cierto punto si el marco se deforma, la ventana no se ve afectada. La otra medida, sería cubrir el interior con un revestimiento plástico resistente a la ruptura. Esto no evitará que se rompa el vidrio, pero sí evitará la explosión de pedazos de vidrio dentro del edificio. Madico Inc., 64 Industrial Parkway, Woburn, MA 01888 produce el revestimiento plástico para vidrio a prueba de ruptura.

Algunos edificios se recubren con piedra o concreto con fines arquitectónicos. Estos recubrimientos deben estar fuertemente anclados a las partes estructurales del edificio de manera que resistan las tensiones producidas por temblores o deberán ser removidos y sustituidos. De otra manera implican un serio peligro para las personas y los objetos debajo.

En la mampostería de relleno se utilizan ladrillos, piedras o bloques entre las columnas de soporte. Tal vez el daño durante el terremoto no provoque colapso o fallas en la estructura, sin embargo, constituyen en sí mismas un peligro puesto que pueden caer y averiar objetos o herir gente. Se requerirá un ingeniero para evaluar el potencial de esta amenaza.

Los recintos y zonas grandes a menudo se dividen en áreas privadas más pequeñas utilizando divisiones independientes, tal vez, incorporadas a estantes. Durante un terremoto pueden caer causando no solo heridas sino el bloqueo de salidas y por lo tanto haciendo muy difícil la evacuación o la movilización dentro del complejo. Deben estar asegurados no solo en la parte inferior, sino también arriba, de manera que no se caigan.

Los techos y aditamentos de iluminación son especialmente vulnerables a las vibraciones de los terremotos. Los cielo rasos pueden caer aún en temblores moderados. Si dichos techos soportan aditamentos de iluminación, el peso adicional aumentará la vulnerabilidad. Dichos cielo rasos muchas veces suspenden de cables. Verifique que la cantidad de cables sea suficiente y estén en los ángulos correctos para evitar movimiento en todas las direcciones.

Podrían hacerse otras consideraciones arquitectónicas, pero las medidas no estructurales más efectivas desde el punto de vista de costos yacen en los aspectos eléctricos y mecánicos y especialmente en el contenido. Por lo tanto, este artículo enfocará esta consideración especialmente.

Aspectos Mecánicos/Eléctricos

Encima de los cielo rasos de las habitaciones y corredores de los hospitales, hay una inmensa cantidad de tubos, ventilaciones y conductos eléctricos. Ahí se encuentran los sistemas de ventilación, suministro de agua, líneas de comunicación, líneas de energía y otros servicios vitales de un hospital. Entre paredes y pisos pueden estar las líneas de aguas, de desecho, así como otras líneas vitales. Además de las redes de distribución, están las cajas de los mecanismos de distribución, y puntos de equipo terminal, bombas compresores, motores, computadores y otros sofisticados sistemas mecánicos y electrónicos.

Toda la tubería y tubos de ventilación por encima deben estar anclados en forma segura y especialmente reforzados en las uniones y conexiones. En algunos casos se requerirán conexiones flexibles mientras en otros, se requerirán conexiones rígidas. Esta decisión sería de ingeniería.

Los calentadores de agua son potencialmente peligrosos y vulnerables. Son pesados, constituyen un problema de fuerzas de inercia al ser sacudidos por un temblor de tierra. Tienden a volcarse fácilmente como respuesta al movimiento del terreno. Al caer, obstaculizan las líneas de agua causando serias inundaciones

e impidiendo los esfuerzos por apagar eventuales incendios. También pueden causar incendios al romperse las líneas eléctricas o de gas, dependiendo de la fuente de energía. Por lo tanto, un temblor moderado que tal vez no haya provocado un daño significativo puede terminar en la destrucción de un edificio si el calentador de agua cae causando un incendio. La solución de este potencial de desastre es sencilla y poco costosa. Tan solo se requieren unas cintas metálicas puestas en la parte superior e inferior para asegurar el calentador contra una pared sólida firme u otro soporte. Si lo hace contra un muro, no utilice puntillas, utilice pernos grandes insertados directamente en el soporte del muro. No basta con amarrarlo únicamente en la parte superior; las fuerzas del terremoto podrán mover el piso debajo y soltar el calentador de arriba; se necesitan los agarres inferior y superior.

Los códigos de seguridad contra incendio a menudo exigen sistemas rociadores. En algunos casos los terremotos los han accionado resultando una inundación interna. Un edificio en California que no había sufrido serias averías, sufrió millones de dólares de pérdida en daños causados por agua al activarse su sistema rociador como consecuencia del temblor. Un ingeniero debe investigar esta posibilidad y deberá tomar medidas apropiadas en caso que sea un problema potencial.

La cocina y la lavandería son dos zonas donde el agua caliente y aún el vapor pueden constituir peligros potenciales. Si hay un cuarto de horno, tal vez las calderas estén allí. Un ingeniero deberá inspeccionar estas áreas y verificar que las calderas y demás estén correctamente anclados, así como toda la tubería.

La mayoría del equipo utilizado en un hospital requiere conexiones temporales o permanentes a sistemas eléctricos y mecánicos. El instalador debe darle atención al mantenimiento de estas conexiones inmediatas o permitir una interrupción de seguridad en caso de un temblor. Aunque el equipo esté correctamente instalado, tal vez haya suficiente movimiento diferencial entre el equipo y los muros o techos para alterar las conexiones rígidas. Esta alteración puede causar peligros para las vidas humanas o mal funcionamiento de equipo esencial en el caso de gas, vapor de agua caliente que escapan, peligros de shock o incendio. Las posibles soluciones son:

Gas, agua o vapor:

1. Conexiones con mangueras flexibles
2. Conexiones de uniones giratorias
3. Válvulas automáticas de interrupción

Corriente eléctrica:

1. Conductos flexibles para equipo que esté conectado permanentemente
2. Cables y conectores de cierre rígidos diseñados para halar sin dañar los objetos de enchufar. Sería preferible que la mayoría del equipo se desconectara mediante sistema

de seguridad en lugar de ser operado con un cable a tierra que corre peligro de romperse.

Los generadores alternos son esenciales en los hospitales. Puede asumirse que un terremoto interrumpe el suministro externo de fluido eléctrico. Aún un temblor moderado puede interrumpirlo. Por lo tanto, es absolutamente necesario que el generador alterno sea sismoresistente, lo cual significa que:

1. El generador debe estar anclado o frenado correctamente.
 - a. No se deslizará ni moverá lateralmente, y,
 - b. no caerá.
2. Su fuente de combustible estará disponible durante y luego del movimiento.
3. Las baterías de arranque no se caerán y cumplirán con su función.

Los generadores son pesados; invitan las tensiones de la inercia durante los terremotos. Entre más pesados sean, mayores serán las posibilidades de que un terremoto los mueva. Si el sólido anclaje a un piso sólido significa un problema de ruido y vibración, deb verificar que cualquier resorte o amarre flexible esté bien asegurado a su lugar.

Los montajes en resorte amplían el movimiento del terremoto. Se debe tener esto en cuenta al diseñar las medidas de restricción. Si un generador se mueve, puede bloquear entradas, si se mueve demasiado puede desplazar partes estructurales. Pero el problema más grave es que puede romper las líneas de suministro eléctrico y las de suministro de combustible y no podrá funcionar ni transmitir la energía donde se requiere. Por lo tanto, las conexiones deberán tener consideraciones especiales, aún cuando el generador, haya sido correctamente asegurado. Sin embargo puede haber suficiente movimiento relativo entre el generador, los muros y el piso, lo cual puede averiar las conexiones. Las conexiones flexibles serían las apropiadas.

En cuanto a disponibilidad de combustible para operar el generador, verifique que el motor no esté conectado a un tubo exterior de gas. Si el terremoto ha sido lo suficientemente fuerte para provocar interrupción en la corriente, probablemente también podrá causar interrupción en el suministro de gas. El suministro de combustible debe estar disponible independientemente de los daños que produzca el temblor fuera de su hospital.

Otro aspecto de la energía alterna son los estantes de las baterías. Cerciórese de que las baterías de repuesto estén en estantes correctamente asegurados de manera tal que no se caigan. Las baterías son pesadas y susceptibles a las fuerzas de la inercia. Los estantes que la sostienen son pesados en la parte superior; estos deben estar fuertemente anclados en la parte superior e inferior a una parte estructural sólida y las baterías bien aseguradas a los estantes para que no se caigan y averíen.

Las comunicaciones, tanto internas como externas, son funciones críticas de un hospital. Asumámos que el sistema externo de telecomunicación ha sido interrumpido por el terremoto. Tenga a mano radios de entrada y salida para comunicaciones externas, para comunicaciones locales y de larga distancia. Debe hacer que su ingeniero, internamente, inspeccione cada una de las partes de su sistema y evalúe los daños sísmicos potenciales y tome las medidas de mitigación apropiadas para evitar daños. Tomando estas medidas y con un operador alternativo que funcione, sus comunicaciones internas deberán permanecer intactas.

Objetos dentro del Edificio del Centro Hospitalario que Representan Peligros para las Vidas Humanas

Los peligros para las vidas humanas son aquellos que provocan muerte, heridas debilitantes o que empeoran considerablemente la condición de un paciente. Tanto el personal de un hospital como sus pacientes están sometidos a este riesgo. Los impactos sobre el personal tendrán consecuencias sobre los pacientes. Una ligera raspadura o una pequeña cortada es tolerable, mientras que una fractura o laceración grave de un empleado constituye un problema no solo para esa persona sino que además le impide ejecutar otras funciones que requieren los pacientes y puede aún acaparar la atención del resto del personal médico.

Los peligros no estructurales que pueden afectar la gente en un hospital son los siguientes:

1. Muebles con bordes puntudos
2. Vidrio roto que vuela por el aire y yace en el piso
3. Objetos que caen de estantes, gabinetes y cielo rasos.
4. Impacto producido por objetos que se deslizan o ruedan por el piso.
5. Inhalación de gases tóxicos o médicos.
6. Contacto con líquidos corrosivos o peligrosos
7. Choque eléctrico
8. Quemaduras producidas por vapor
9. Incendio.
10. Desconexión o fallas en los sistemas de soporte de vida
11. Incapacidad para abandonar el lugar o para moverse (estar atrapados)

Probablemente habrá otros peligros que no estén en la lista, pero la anterior cubrirá la mayoría de los casos.

Consideraciones Sísmicas para Asegurar los Objetos que están dentro de un Hospital

Los elementos más importantes y verdaderamente valiosos de un hospital son los que se encuentran dentro: muebles, equipos y suministros. Algunos pueden representar peligros para las vidas humanas en caso de terremoto, como se discutió anteriormente. Algunos también implican considerables pérdidas económicas.

Casi todos implicarían hasta cierto punto pérdidas funcionales.

A continuación presentamos una lista de objetos, no es una lista completa y en algunos casos el objeto mencionado no se aplicará a su hospital. El propósito es darle ideas sobre los puntos que se deben tener en cuenta en sus propias instituciones.

OBJETOS BASICOS

Los objetos básicos son aquellos que se requieren para el continuo funcionamiento de un hospital.

- * **Herramientas esenciales de diagnóstico:** termómetros, esfigmomanómetros, estetoscopios, otoscopios, oftalmoscopios, martillos de caucho y linternas son de uso continuo en zona de cuidados de paciente. Se deben guardar unidades adicionales las cuales deben estar disponibles para personal que hará la clasificación de víctimas, personal de apoyo y personal que realizara operaciones, cerca de las zonas donde se requerirán luego de un sismo.
- * **Camas para pacientes:** La mayoría de los casos admitidos luego de un sismo serán no ambulatorios. Los requerimientos normales de flexibilidad en la posición de la cama entran en conflicto con la necesidad de proteger tanto a esta como al paciente de movimientos descontrolados durante el sismo. Debe emplearse un método de fácil liberación para asegurar las camas y demás equipo.
- * **Carros móviles:** Este tipo de carros con sus equipos especiales para intervenir en crisis, equipo para salvar vidas y suministros se encuentran en todas las zonas de cuidado de pacientes. Los objetos deben estar asegurados al carro y los carros, cuando no se estén usando, deben estar asegurados contra el muro o la división.
- * **Respiradores y máquinas de succión:** Es necesario asegurar los aparatos de succión o respiradores así como la cama del paciente para evitar que se desconecten del enfermo.
- * **Sillas de rueda.** Estas serán esenciales. Cada unidad debe estar provista de frenos en todas las ruedas, operados con un control de diseño "muerto" (es decir, encendido automático).
- * **Monitores.** A menudo se colocan los módulos de monitoreo uno encima de otro en carros o en soportes adheridos a la pared. Las conexiones de módulo a módulo deben asegurarse así como deben asegurarse al estante o al soporte.
- * **Mesas altas.** Estas mesas constituyen excelentes superficies de trabajo para los enfermos o para el paciente. Deben estar aseguradas para evitar impactos o volcamiento.
- * **Soportes para líquidos intravenosos:** Estas unidades que pueden

tener sus propias patas o estar incorporadas a la cama, son esenciales para el cuidado del paciente.

Si están en uso, deben asegurarse a la cama; al guardarse deben reunirse en grupos.

- * **Mesa de la sala de operación:** Esto representa un complejo problema; los peligros se reducen cuando el paciente está asegurado a la mesa y cuando la mesa está asegurada también. Los elementos auxiliares tales como carros de anestesia, unidades de cauterio, bases de instrumentos, etc. deben asegurarse a la mesa.
- * **Carro de anestesia:** este tendrá gran demanda para los procedimientos que exigen anestesia luego de un temblor. Estos carros contienen la máquina de anestesia, los cilindros alternos, aparatos de monitoreo y bandejas de procedimiento. Durante su uso deben asegurarse a la mesa de operaciones y sus elementos asegurados al carro.
- * **Luces quirúrgicas:** Serán esenciales luego de un sismo para exámenes y tratamiento. Su principal peligro está en que queden colgando, columpiándose y golpeen pacientes, personal u otro equipo. Esto puede evitarse aumentando la fricción en los puntos de articulación.
- * **Archivadores:** No solo son importantes para que el paciente reciba tratamiento adecuado sino que representan peligros sino se aseguran a los muros y pisos. Los cajones de los archivadores ruedan sobre balineras y rápidamente se abren bajo las vibraciones de un temblor salvo si tienen pestillos efectivos. Al abrirse todos los cajones, el archivador podrá fácilmente caer, a menos que esté asegurado. Los desordenados montones de archivadores derribados dificultan o imposibilitan la salida, sin mencionar las heridas que causan si caen encima de alguien.
- * **Computadores:** Actualmente, los computadores guardan una gran cantidad de información. Deben estar bien asegurados a la mesa para evitar que caigan y pierdan su función. Colocar labios alrededor de la mesa evitara que caigan, también se pueden colocar cintas velcro en los computadores para que no se deslicen. Los computadores grandes tienen sus propios problemas ya que la mayoría están en recintos con pisos huecos debajo. Verifique que los soportes sean los adecuados.
- * **Neveras del banco de sangre:** Estas unidades mantienen en una temperatura constante que no debe exceder 2°C. Debe garantizarse un suministro continuo de energía, no solo para la nevera misma, sino para su termómetro y sistema de alarma.

Problemas Especiales de la Medicina Nuclear

El área de medicina nuclear presenta situaciones especialmente peligrosas. Entre ellas tenemos:

- * **Carro de colimador:** Estos carros pueden pesar más de 700 kilos cuando están plenamente cargados con colimadores; se usan con cámaras gamma. Cuando no se están trasportando, deben estar fuertemente asegurados.
- * **Cameras Gamma:** Son similares a las unidades de rayos x excepto que son más pesadas y están provistas de ruedas; requieren colimadores. En horas que no estén trabajando deberán guardarse en sus posiciones más bajas y deberán asegurarse.
- * **Baños de aceite:** Se encuentran en la farmacia nuclear, normalmente consiste en un tanque abierto con aceite caliente a 100°C celcius. El tanque debe estar fijo en el estante y provisto de una tapa adecuada, a prueba de salpicadura.
- * **Pantallas protectoras:** Por lo general son ladrillos de plomo los cuales deben mantenerse unidos con llave o de otra manera para que el impacto de la vibración no los desplace.
- * **Contador de escintilación:** El peligro que se presenta aquí es su peso y no tanto su contenido radioactivo. El contador debe estar asegurado a la estructura teniendo en cuenta la fortaleza del cimiento estructural.
- * **Materiales y desechos radioactivos:** El principal peligro sería el material de desecho cuya radioactividad no podemos ignorar. Los suministros deben almacenarse de manera que no estén en peligro de caer o de golpearse con otros objetos. Se deben tener canecas de 55 galones con tapas que cierren firmemente.

Peligros Varios

- * **Piscinas y tanques de hidroterapia:** No es posible proteger efectivamente las piscinas internas contra el agua que salpique hacia afuera; deben existir drenajes adecuados en las zonas inmediata y los tanques deben asegurarse al piso.
- * **Equipo para terapia física:** Algunas unidades tienen contrapesos con altos centros de gravedad. Los contrapesos deberán asegurarse para evitar movimientos descontrolados y las unidades con patas al piso deben fijarse para evitar que sean derribadas.
- * **Balanzas/ pesas móviles:** Se encuentran principalmente en el cuarto de ingredientes. Debido a su peso y alto centro de gravedad pueden rodar y caer fácilmente. Las balanzas deben asegurarse firmemente al carro, preferiblemente al que suministra el fabricante, y este debe adherirse a la pared con un sistema de resorte y cadena de facil liberación.
- * **Urnas fijas y portátiles:** Las urnas portátiles de la cafetería

por lo general están montadas sobre carros; mientras las unidades fijas están montadas en unidades en mostradores desde donde se sirve; también hay máquinas que sirven té y café. Ancle las urnas a los carros y mantenga estos asegurados.

- * **Reactivos y sustancias químicas a granel:** Algunos son esenciales, otros no. De todas maneras exigen seguros apropiados en estantes u otros. Aquellos productos esenciales deben mantenerse aparte de los no esenciales.
- * **Cilindros de gas:** Se encuentran en todas las áreas de soporte, contienen una gran variedad de gases, algunos tóxicos, otros inflamables, etc. Deben aislarse para evitar afectar pacientes o personal o daño a elementos esenciales.
- * **Taller de máquinas y taller de fabricación:** Se encuentran en los departamentos de ingeniería, mantenimiento, investigación y prótesis. Se incluyen pesadas unidades de pie tales como tornos, sierras radiales, prensas, etc. También, elementos más livianos de uso sobre mesas, tales como taladros, cepillos y herramientas. Todo debe estar asegurado para que no caiga.
- * **Mantenimiento de animales de investigación:** Se mantienen animales para varios proyectos de investigación; algunos pueden ser portadores de organismos patógenos y son impredecibles en cautiverio. Se deben atender cuidadosamente las jaulas, carros aparatos automáticos de alimentación y suministro de agua, etc.
- * **Acuarios:** Estos tanques, utilizados en investigación, varían entre 10 a 200 galones. Deben asegurarse para que no se muevan ni se volteen y deben instalarse en áreas con drenaje adecuado.
- * **Deposito de materiales de construcción y reparación:** En los diferentes depósitos y bodegas se almacenan grandes cantidades de madera, tubería, conductos, aditamentos de plomería, etc. Debido a su tamaño y peso deberán asegurarse adecuadamente a los estantes donde se guardan y estos a las paredes, techos y /o pisos.
- * **Elementos que cuelgan de la pared:** Relojes, cuadros, carteleras, televisores: Estos elementos abundan en zonas de pacientes, corredores públicos y zonas administrativas. Se debe tener cuidado en la manera como se fijan y monten. Los relojes, televisores y demás equipo pesado deben asegurarse y montarse en lugares diferentes o entradas, o encima de las camas de los pacientes; etc.
- * **Lámparas encima de las camas:** A menudo los paneles de servicio en las camas de los pacientes están provistos de lámparas articuladas, de brazo móvil, o se ofrecen por separado. Si no se están usando deben asegurarse.
- * **Bibliotecas:** Las oficinas, las zonas de trabajo profesional, etc. a menudo están provistas de bibliotecas con vidrio y

puertas que se abren hacia afuera o hacia arriba. Las conexiones entre módulos deben asegurarse. Debe considerarse alternativas a los paneles de vidrio (por ejemplo, plástico a prueba de rotura); igualmente debe pensarse en la forma de asegurar los libros para que no salgan volando. En las bibliotecas donde existen varias filas de estantes altos, lejos de muros, deberá fijar con pernos las bases y colocar soportes a lo largo del recinto, amarrándose en los muros opuestos asegurando arriba toda la estantería. Si no se asegura arriba y abajo, fácilmente podrá caer.

* **Máquinas que venden automáticamente:** Localizadas en o cerca a salas de espera, tienen altos centros de gravedad y son pesadas. Si se colocan en corredores pueden volcarse y bloquear el acceso a áreas críticas. También han caído sobre personas en terremotos. Cada unidad deberá asegurarse a los pisos y muros, arriba y abajo, y sus conexiones eléctricas deben protegerse contra desconexión repentina.

La lista de ítems específicos continúa indefinidamente. Su propio sentido común le indicará las medidas de mitigación que pueden adoptarse en cada caso. Entre otros elementos que no se mencionan aquí específicamente y que pueden implicar peligro para la vida, representar peligros, o pérdidas financieras tenemos:

- Unidades de tracción
- Máquinas de hiper e hipotemia
- Cilindros portátiles de oxígeno y otros gases médicos
- Elementos para aseo de enfermos
- Máquinas de hemodiálisis
- Marcos inmovilizantes
- Camas circoeléctricas
- Tanques de dializador
- Deionizantes
- Teleautógrafos
- Carros de medicamentos
- Máscaras portátiles contra humos
- Máquinas dispensadoras automáticas
- Farmacéuticos y otros suministros
- Vidrio de laboratorio
- Analizadores de laboratorio
- Incubadoras
- Lavadoras y esterilizadores
- Hornos de secado
- Centrifugas
- Microscopios
- Máquinas de rayos x, fijas y portátiles
- Agua destilada en contenedores de vidrio
- Formaldehídos, alcohol, parafina, etc.
- Químicos para desarrollo de películas
- Iluminadores de películas
- Archivos de películas

- Teteras y vaporizadores en la cocina
- Hornos

- Mezcladores
- Carros para transportar las bandejas de los pacientes
- Máquinas lavadoras de ollas
- Estantería de ollas
- Extintores de incendios
- Neveras
- Escritorios
- Butacas y sillas
- Útiles de limpieza
- Carros
- etc.

Realizar un trabajo completo de investigación sísmica, sería prácticamente imposible e infinito, como puede verse claramente por la anterior tabulación. Tratar de hacerlo sería interferir con las funciones diarias sin la crisis de un sismo en un hospital. Recuerde, no tiene que hacer todo.

Establecimiento de Prioridades

Cualquier cosa que haga, por limitado que sea, ayudará a reducir los daños, pérdidas y heridas.

Haga todo lo que pueda y siga añadiendo a sus procedimientos ya implementados a medida que pasa el tiempo y siempre y cuando sea posible. Establezca prioridades y realice primero lo más importante. Es importante establecer prioridades puesto que nunca se hará absolutamente todo, si tan solo logra cumplir lo más importante, habrá recorrido un buen camino hacia disminuir la magnitud del desastre y mantener el hospital funcionando.

A continuación presentamos algunos aspectos generales para ciertas categorías de equipo y suministros comunes a los hospitales:

*** Elementos con ruedas (Escoja los siguientes donde sea posible)**

- Espacio ancho entre ruedas
- Bajo centro de gravedad
- Ruedas de diámetro grande
- Aparatos de freno de una sola acción que frenen todas las ruedas
- Sistema automático de freno

*** Cubiertas: (especifique donde sea posible)**

- Pestillos en todos los cajones
- Pestillos en puertas corredizas y seguros para evitar que se descarrilen por el movimiento vertical.

*** Sistemas de almacenamiento (Especificar)**

- Ganchos, soportes, etc. Lo cual asegurará las herramientas, elementos o suministros.

*** Muebles (Especificar)**

- Patas separadas
- Bajo centro de gravedad
- Pestillo en cajones
- Bordes o esquinas sin punta
- Patas firmes o cogidas para reducir movimiento superior y evitar que los objetos "caminen" por la superficie.

*** Suministros:** (Ordene asi si es posible)

- en cajas de cartón u otros empaques adecuados para almacenamiento durante el día y utilizarlos desde cajas abiertas en lugar de artículos individuales sueltos en los estantes.
- en cajas de cartón u otros empaques que se intercambian con otras cajas de cartón y ofrecen un almacenamiento más estable.

*** Extintores de incendios:** Soportes que los aseguren contra fuerzas verticales y laterales.

*** Estanteria:** (Tenga en cuenta lo siguiente):

La posibilidad de invertir los estantes para ofrecer labios de restricción sin costo adicional.

La posibilidad de empujar estantes hacia atras para evitar que los elementos y equipos "caminen" de los estantes.

Esta lista no pretende ser completa; simplemente trata de estimular su propio juicio y observación para ver aquello que debe hacerse. Sin duda alguna, tendrá buenas ideas que no se han mencionado aquí y contemplará áreas y elementos que no se encuentran aquí.

El Problema del Egreso Luego del Terremoto.

Para que un hospital funcione correctamente y en forma que no represente peligro, los corredores y pasadizos no deben verse restringidos ni bloqueados. Los daños no estructurales probablemente causarán mayores problemas de egreso.

Si, durante un terremoto los ocupantes deben salir entre una cascada de aditamentos de iluminación y tejas que caen del techo, deben esquivar muebles caidos, deben tropezarse en oscuros corredores y escaleras a punto de caen para llegar a la puerta de entrada o a la calle y encontrarse con vidrio que cae, pedazos de muros, tablas, elementos de la fachada, tejas, parapetos, etc.... con seguridad no podría decirse que ese edificio sea seguro, aún cuando haya sobrevivido estructuralmente y no haya sido derribado.

Durante la evaluación del riesgo y el inventario no estructural, el problema del egreso debe considerarse continuamente. A menudo, los hospitales se ven cortos de espacio y se acostumbra utilizar corredores para archivar y almacenar otras cosas. Esta práctica puede resultar en un corredor completamente bloqueado después de un terremoto. Los ascensores no funcionarán, por lo menos, hasta que se inspeccionen. Por lo tanto, debe dársele especial atención a las escaleras y su posterior seguridad.

Los marcos de las puertas con frecuencia se traban luego de un terremoto; esto no solamente hara inaccesibles ciertas áreas vitales, sino que podrán atrapar gente en lugares peligrosos. Luego del terremoto de Coalinga en California, la puerta de entrada al garaje de la ambulancia no abría, así que el vehículo no se pudo utilizar.

Los cobertizos y porches a la entrada de hospitales y salas de emergencia tienden a caerse. Estos no solo bloquean entradas principales, sino que pueden caer sobre flotas de vehículos como sucedió en 1971 en el terremoto de San Fernando en el hospital de Olive View.

Otro aspecto del problema del egreso es que las disposiciones típicas de los hospitales son confusas para los visitantes y pacientes aún en condiciones normales sin crisis. Luego del temblor, las luces se pueden ir, los ascensores no funcionarán, los corredores de salida pueden estar bloqueados con material. Las escaleras son a menudo el centro del daño puesto que su estructura tiende a atraer una mayor porción de las fuerzas del temblor. En algunos casos, las escaleras pueden ser externas y como en el caso del hospital de Olive View, en San Fernando en 1971, simplemente se desprenden del edificio, quedando atrapadas las personas en los pisos superiores.

Por lo tanto, considere los problemas de egreso luego de un terremoto y tome las medidas estructurales y no estructurales apropiados para evitar estos problemas.

Manejo de Programas de Protección No Estructural para Terremotos

- * Adecúe su programa para que se ajuste al organigrama de su hospital y a sus métodos de operación.
- * Recuerde que aquello que se implemente deberá mantenerse indefinidamente. Algunas ideas tienen sentido a corto plazo, pero no tienen sentido a largo plazo.
- * Implemente un programa donde se realicen controles y pruebas de calidad regularmente. Tan solo los terremotos reales probarán su esfuerzo, pero las inspecciones ayudan.
- * La administración del hospital debe participar para fijar políticas y comprometer presupuesto. Todos los empleados deben conocer el soporte que ofrece la administración.
- * Sea preciso en sus evaluaciones y estimativos de daño potencial para poder determinar con precisión los costos. Así disminuirá la oposición al plan.
- * Establezca una estrategia general, escogiendo las opciones que mejor satisfagan los objetivos al más bajo costo.

- * Reconozca la importancia de la coordinación inter-departamental. Cerciórese de que las medidas de ajuste no molesten o interfieran en la labor de enfermeras y médicos .
- * Comience con éxito, escoja como sus primeros proyectos aquellos que sean factibles, visibles y con mayor efectividad desde el punto de vista de costos.

Referencias

A continuación presentamos una lista detallada de fuentes de disposiciones sísmicas estructurales y no estructurales para hospitales. Es imposible incluir aquí todos los detalles técnicos y de ingeniería.

1. Reitherman, Robert. Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage: A Practical Guide. Bay Area Earthquake Preparedness Project, San Francisco, CA USA. 1986.
2. Arnold, Chris, et al. Seismic Considerations for Health Care Facilities. FEMA #150, EHR 35. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C USA. 1987.
3. Anonymous. Seismic Protection Provisions for Furniture, Equipment, and Supplies for Veterans Administration Hospitals. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C. USA. 1987.
4. Anonymous. Instructor Guide for Nonstructural Earthquake Mitigation for Hospitals and other Health Care Facilities. Curso ofrecido por Emergency Management Institute, Emmitsburg, Maryland, USA. 1988.
5. Anonymous. Student Manual for Nonstructural Earthquake Mitigation for Hospitals and Other Health Care Facilities. Curso ofrecido por Emergency Management Institute, Emmitsburg, Maryland, USA. 1988.
6. Grases, Jose, et al. Analisis de riesgo en el Diseño de Hospitales en Zonas Sísmicas. Pan American Health Organization, Washington, D.C. USA u Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. 1989.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"MODELO PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD
Y EL RIESGO SISMICO"**

**INSTITUTO DE INGENIERIA SISMICA Y SISMOLOGIA
Jakim PETROVSKI
Profesor
Zoran MILUTINOVIC
Profesor Asociado
Universidad "Kiril and Metodij"
Skopje, Yugoslavia.**

MODELO PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD
Y EL RIESGO SISMICO

Jakim PETROVSKI : Zoran MILUTINOVIC
Profesores
Instituto de Ingenieria Sismica y Sismologia,
Universidad "Kiril and Metodij"
Skopje, Yugoslavia.

RESUMEN

A continuación se presenta un modelo integrado de predicción para la evaluación a gran escala del daño sísmico regional/urbano basado en datos sismológicos e instrumentales, estudios regionales y locales y registros de daños provenientes de terremotos anteriores. Las predicciones de daños en edificios de Montenegro, bajos y altos, de mampostería y concreto reforzado, se logran definiendo las funciones de vulnerabilidad basándose en datos empíricos para 38,830 edificios (5.634,088m²), afectados por el terremoto de Montenegro (Yugoslavia) en 1979 y los datos del fuerte movimiento registrados del mismo terremoto. Se analizará y presentará un aspecto general a largo plazo de un programa regional de reducción de riesgo sísmico estudiando dos situaciones hipotéticas de utilización de terreno en el mismo ambiente sísmico, incluyendo igual zona bruta de construcción regional, comunal y de zonificación, variando únicamente la tipología de construcción adoptada.

INTRODUCCION

Aún cuando se han realizado significativos esfuerzos para la evaluación del peligro sísmico y la mitigación de sus posibles consecuencias, los grandes terremotos continúan causando enormes daños en la economía de las zonas afectadas y de países enteros. Sin embargo, se requiere una evaluación especializada y exhaustiva de los peligros naturales (y tecnológicos), incluyendo un riguroso enfoque científico, tecnológico e intelectual para solucionar el problema verdaderamente universal de proteger el desarrollo industrial ordenado y los patrones de urbanización que lo acompañan tales como inversión en infraestructura regional y local, líneas vitales, vivienda, aditamentos urbanos y además actividades públicas y sociales contra pérdidas en todas las etapas de su desarrollo.

Las recientes investigaciones y estudios han dado nuevas luces sobre los efectos de los desastres naturales en relación con la sociedad tecnológicamente organizada, indicando así mejores enfoques para ofrecer respuestas más apropiadas por parte de planificadores de política local y natural y demás autoridades involucradas.

DESCRIPCION DEL MODELO Y SUS RESULTADOS

Un modelo integrado de predicción a gran escala para la estimación de daños regionales/urbanos (1,2,3,4), Fig. 1, implica una serie de complejos procedimientos que requieren enfoques continuos y sistemáticos para la recopilación de datos, su análisis y presentación. Incorpora cuatro etapas básicas de procedimiento, las cuales deben realizarse en forma consistente en la siguiente secuencia:

- * Zonificación del área regional/urbana haciendo la debida identificación, inventario y mapeo de los elementos existentes que están en peligro. Metodología de Inventario.
- * Identificación de los aspectos de las condiciones del suelo en el sitio al modificar la magnitud del evento en un lugar dado anticipando los determinantes del movimiento telúrico en términos de espectros de respuesta efectiva (Seff). Metodología de Espectros de Respuesta Efectiva (2,3,5), Fig 2.
- * Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos identificados bajo riesgo. Metodología de Predicción de Pérdidas (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8), Fig. 3; y
- * Análisis de riesgo sísmico y optimización de pérdidas por movimientos sísmicos (físicos, funcionales y económicas) para ambientes actuales o mejorados de utilización de tierras (1,3).

La interacción espacial de estos factores determina el potencial de pérdidas regionales/urbanas de las situaciones de peligro sísmico adoptadas o de un solo terremoto ofreciéndole a los planificadores urbanos, a quienes elaboran políticas públicas y sociales, a los científicos, ingenieros y demás autoridades en cuestión:

1. Mapas de pérdidas específicas regionales/urbanas de elementos seleccionados en riesgo;
2. Mapas de distribución de daños regionales/urbanos para cada elemento en riesgo y mapas que se superponen ofreciendo información sobre la distribución del daño acumulado y concentraciones espaciales de daño para todos los elementos en riesgo;
3. Cifras acumuladas sobre pérdidas regionales/urbanas relacionadas con elementos en riesgo adoptados en la política de urbanización;
4. Estimativos sobre pérdidas físicas, funcionales y económicas totales que sufrirá una zona regional/urbana debido a un terremoto de magnitud predeterminada o situación de peligro sísmico justificado por el nivel de desarrollo económico;
5. Información sobre la conveniencia, aplicabilidad y necesidades de mejora de los estándares, reglamentaciones y códigos de construcción existentes.

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

Con el fin de anticipar los daños que puedan ocurrir durante futuros terremotos, es necesario conocer la forma en que diferentes tipos de estructuras (elementos en riesgo) se han comportado al estar expuestos a movimientos terrestres de diferentes intensidades, es decir desarrollar funciones de vulnerabilidad (Vf) para varios elementos en riesgo e incorporarlos a la metodología de predicción de pérdidas, Figura 3. Este estudio utiliza funciones de vulnerabilidad derivadas puramente en base empírica. Sin embargo, el modelo que se presenta (Figs. 1,2 y 3) puede incorporar eficientemente cualquier conjunto de funciones de vulnerabilidad consistentemente desarrollado (teórico, empírico o experimental).

La Fig. 4 presenta el modelo VF aceptado (1,2,3,4,6) y desarrollado en base a datos obtenidos por la metodología uniforme de IZIIS para la inspección de edificios y la clasificación de daños y capacidad de ser utilizados (1,3,5) empleando un esquema de cinco calificaciones de daño y tres niveles de capacidad de ser utilizados. (Tabla I) para describir los daños inducidos por terremotos. Las tres curvas (denominadas I, II y III) se refieren a las funciones de vulnerabilidad física

definidas a través de las correspondientes relaciones de daño:

$$RD (\%) = 100 \text{ NBD}_i / \text{NB} \quad (\text{para } i = \text{I, II y III})$$

Donde NBD, es número de edificios donde tan solo se ha observado un ligero daño no estructural y prácticamente ningún daño estructural (utilizables, D/u-C-I); NBD_{II} es mínimo de edificios con daños no estructurales serios y daños estructurales moderados (Temporalmente inutilizables, D/u-C-II); NBD_{III} es número de edificios destruidos, donde "destruidos" significa colapso durante o inmediatamente después del terremoto o edificios averiados hasta el punto que no hay justificación económica ni técnica para repararlos y fortalecerlos (permanentemente inutilizables, D/u-C-III); y NB es el número total de edificios.

Para la derivación de las funciones de vulnerabilidad empíricas empleadas se utilizaron los espectros de respuesta efectiva (Seff, [2,,5]) desarrollados con base en los daños de Montenegro en 1979 y datos sobre fuertes movimientos. Los espectros de respuesta efectiva incorporan los efectos de: (1) intensidad del movimiento terrestre (PGA) y duración (Td), como parámetros de movimiento terrestre; (2) periodo natural fundamental del edificio (To) y amortiguación (h), como parámetros que describen las propiedades dinámicas de una estructura; y (3) ductilidad (ft) y cantidad de cambios de respuesta, como representantes del grupo de parámetros relacionados con capacidad estructural (sc). Para una condición dada del terreno en el sitio, los espectros de respuesta efectiva pueden aproximarse como [1,2]:

$$\text{Seff} = \text{Seff} (\text{M,A,s, Td, ft, h, To, sc})$$

Las Figuras 5 y 6 presentan algunos de los modelos de vulnerabilidad propuestos; se derivaron separadamente tanto para las categorías D (Daño), como U (capacidad de uso) (Tabla 1) considerando las condiciones del terreno en el sitio local de la ubicación del edificio. Un conjunto de datos sobre daños en 21,837 edificios (2.614,402m²), se ha utilizado para desarrollar los modelos de vulnerabilidad SM dependiendo del número de pisos del edificio y de su ubicación (Figura 5). (SM = edificio en piedra de uno a tres pisos).

Se consideraron conjuntos más pequeños de datos sobre daños para derivar los modelos BM (1.594 edificios con un área bruta total de 245.582m² y STM, Fig. 6 (STM = edificio en ladrillo de uno a tres pisos) 13.727 edificios con un área bruta total de 2.021922m²).

ESTIMACION Y MAPEO DE PERDIDAS REGIONALES

Se estudiaron dos formas urbanas que comprende las mismas áreas brutas regionales, comunales y zonales de construcción (Tabla 2), pero diferentes en tipología de construcción existente para determinar los niveles de peligro sísmico correspondientes a

períodos de retorno de 50 y 200 años (Ref. 2,8 y 10). En total se consideraron 4.164.150 m² de área bruta de construcción para las situaciones A y B de uso de tierra, de los cuales 1.890.900 m² asignados a la clase de construcción SM (Lu-S-A) se reubicaron en los tipos de construcción (Lu-S-B) BM (30%) y .STM (70%).

Los resultados en términos de porcentaje de pérdidas durante períodos de retorno de 200 años con mapas superpuestos para los tipos de construcción SM, BM, STM y RCFS en LU-S-A y LU-S-B, respectivamente aparecen en las Figs. 7 y 8. Las cifras acumuladas sobre estimativos totales de pérdidas se calculan en la Tabla 3 para niveles de riesgo sísmico y períodos de retorno de 50 y 200 años.

CONCLUSIONES

El aporte específico del modelo a la planeación del uso de tierras en regiones expuestas a riesgo sísmico es una consideración y evaluación integral del peligro sísmico, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico expresadas en términos de cifras acumuladas de pérdidas físicas y funcionales (Tabla 3) o mapeadas como pérdidas sísmicas acumuladas o parciales de los diferentes elementos en riesgo y en diferentes situaciones de uso de la tierra. (Figs. 7 y 8). Los márgenes de aplicación del modelo propuesto se demuestran analizando un aspecto general a largo plazo de un programa de reducción de riesgo causado por un terremoto en una región dada.

Se demostró que modificar y reemplazar el área bruta de construcción en piedra, altamente vulnerable, por ladrillo (30%) y mampostería reforzada (70%) (Lu-S-B, Tabla 2), disminuye las pérdidas físicas totales de 1.408.205m² a 518.145 m² (o en 63,2%, Tabla 3) y de 1.590.857m² a 700.885m² (o 55,9%) por niveles de riesgo sísmico relacionados con períodos específicos de retorno de 50 y 200 años respectivamente.

La metodología y resultados presentados ofrecen un enfoque racional para la creación de una política de urbanización, estimación de conveniencias, aplicabilidad y necesidades de mejoramiento de los estándares, reglamentaciones, códigos de construcción existentes, así como para la estimación del nivel existente o logrado de seguridad sísmica.

REFERENCIAS

- [1] Petrovski, J.,Z. Milutinovic, et al., "Earthquake Damage Prediction Modelling for the Needs of Physical and Urban Planning", Report IZUS 84 084, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, Institute of

Town Planning and Design, Titograd, UNDR0, UNCHS, Skopje 1984.

- [2] Milutinovic, Z., " An Integrated Prediction Model for Estimation of Regional/Urban Seismic Damage", Ph.D. Thesis, School of Civil Engineering, Kyoto University, Kyoto, 1986.
- [3] Petrovsky, J. and Z. Milutinovic, "Development of Vulnerability Functions and Models for Assessment of Urban Seismic Risk", Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, prepared for the Commission of the European Communities, Skopje, December 1987.
- [4] Milutinovic, Z., J. Petrovsky, and H. Kameda, "Integrated Modelling and Predictive Estimation of Urban/Rural Seismic Losses", 9 WCEE, Tokyo-Kyoto, 1988.
- [5] Milutinovic, Z and H. Kameda, "Equivalent Ground Acceleration (EQA) as an Engineering Seismic Hazard Parameter - Development and Estimation" Research Report KUCE 83-85-01, School of Civil Engineering, Kyoto University, Kyoto, 1983.
- [6] Milutinovic, Z., J. Petrovski, and H. Kameda, "Earthquake Damage Prediction - Modelling and Assessment", 8ECEE, Lisbon, 1986.
- [7] Petrovski, J. et al., "Development of Empirical and Theoretical Vulnerability and Seismic Risk Models", 8WCEE, San Francisco, 1984.
- [8] Petrovski, J. and Z. Milutinovic, "Earthquake Vulnerability and Loss Assessment for Physical and Urban Planning", 8ECEE, Lisboa, 1986.

Table 1. Criteria for classification of damage and usability of buildings

Damage/Usability Category	Usability Category	Damage State	Damage Category	Damage Description	Note
D/U-C-I	Usable	Slight nonstructural damage, very isolated or negligible structural damage	1	Without visible damage to the structural elements. Possible fine cracks in the wall and ceiling mortar. Hardly visible nonstructural and structural damage.	Buildings classified in damage category 1 and 2 are without decreased seismic capacity and do not pose danger to human life. Immediately usable or after removal of local hazard (cracked chimneys, attics or gable walls).
			2	Cracks to the wall and ceiling mortar. Falling of large patches of mortar from wall and ceiling surface. Considerable cracks, or partial failure of chimneys, attics and gable walls. Disturbance partial sliding, sliding and falling down of roof covering. Cracks in structural members	
D/U-C-II	Temporarily unusable	Extensive nonstructural damage, considerable structural damage but yet repairable structural system	3	Diagonal or other cracks to structural walls, walls between windows and similar structural elements. Large cracks to reinforced concrete structural members : columns, beams, R.C. walls. Partially failed or failed chimneys, attics or gable walls. Disturbance, sliding and falling down of roof covering	Buildings classified in damage category 3 and 4 are with significantly decreased seismic capacity. Limited entry is permitted, unusable before repair and strengthening. Need for supporting and protection of the building and its surroundings should be considered
			4	Large cracks with or without disattachment of walls with crushing of materials. Large cracks with crushed material of walls between windows and similar elements of structural walls. Large cracks with small dislocation of R.C. structural elements : columns, beams and R.C. walls. Slight dislocation of structural elements and the whole building.	
D/U-C-III	Unusable	Destroyed, partially or totally collapsed structural system	5	Structural members and their connections are extremely damaged and dislocated. A large number of crushed structural elements. Considerable dislocations of the entire building and deleveling of roof structure. Partially or completely failed buildings	Buildings classified in category 5 are unsafe with possible sudden collapse. Entry is prohibited. Protection of streets and neighbouring buildings or urgent demolition required. In case of isolated or typified buildings decision for demolition should be based on economical study for repair and strengthening.

Table 2. LU-S-A and LU-S-B Communal/Regional Distribution of Considered Elements at Risk

Commune		Elements at Risk (Building Classes)						Total Gross Area Sq. m.
		SM Masonry Gross Area		BM Masonry Gross Area		STM Masonry Gross Area		
		Sq. m.	%	Sq. m.	%	Sq. m.	%	
Land-Use Scenario A	A	208,050	42	59,850	12	230,850	46	498,750
	B	472,650	57	103,500	13	244,950	30	821,100
	C	224,400	56	45,900	11	132,600	33	402,900
	D	315,000	38	78,750	10	437,850	52	831,600
	E	280,800	46	81,000	13	243,000	41	604,800
	F	390,000	39	101,250	10	513,750	51	1,005,000
	Total	1,890,900	45	470,250	11	1,803,000	44	4,164,150
Land-Use Scenario B	A	—	—	122,265	25	376,485	75	498,750
	B	—	—	145,295	30	575,805	70	821,100
	C	—	—	113,220	28	289,680	72	402,900
	D	—	—	173,250	21	658,350	77	831,600
	E	—	—	165,240	27	439,560	73	604,800
	F	—	—	218,250	22	786,750	78	1,005,000
	Total	—	—	1,037,520	25	3,126,630	75	4,164,150

Table 3. LU-S-A and LU-S-B Cumulative Total Losses (in %) Related to Seff Hazard Levels of 50 and 200 Years Return Period

Building Class	Total Gross Area Sq. m.	Total Losses (in%)						
		D/U-C-II		D/U-C-III		D/U-C-(II+III)		
		50 Years	200 Years	50 Years	200 Years	50 Years	200 Years	
Land-Use Scenario A	Stone Masonry SM	1,890,900	52.3	53.2	8.2	12.0	60.5	65.3
	Brick Masonry BM	470,250	23.0	29.5	4.7	6.2	27.7	35.8
	Strengthened Masonry STM	947,250	6.4	10.1	1.2	1.3	7.6	11.4
	Reinforced Concrete Frame Buildings RCFS	855,750	7.3	9.4	—	—	7.3	9.4
Land-Use Scenario B	Brick Masonry BM	1,037,520	22.9	29.2	4.6	6.2	27.5	35.4
	Strengthened Masonry STM	2,270,380	6.3	9.8	1.2	1.3	7.5	11.1
	Reinforced Concrete Frame Buildings RCFS	855,750	7.3	9.4	—	—	7.3	9.4
Total for the Region Land-Use Scenario A		4,164,150	29.3	31.7	4.5	6.5	33.8	38.7
Total for the Region Land-Use Scenario B		4,164,150	10.6	14.6	1.8	2.3	12.4	16.8

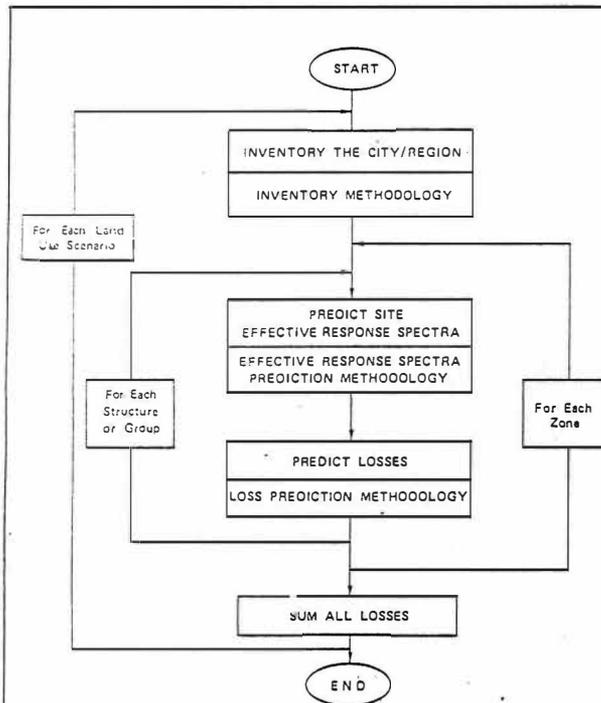


Fig. 1. General Earthquake Loss Prediction Methodology for a City/Region

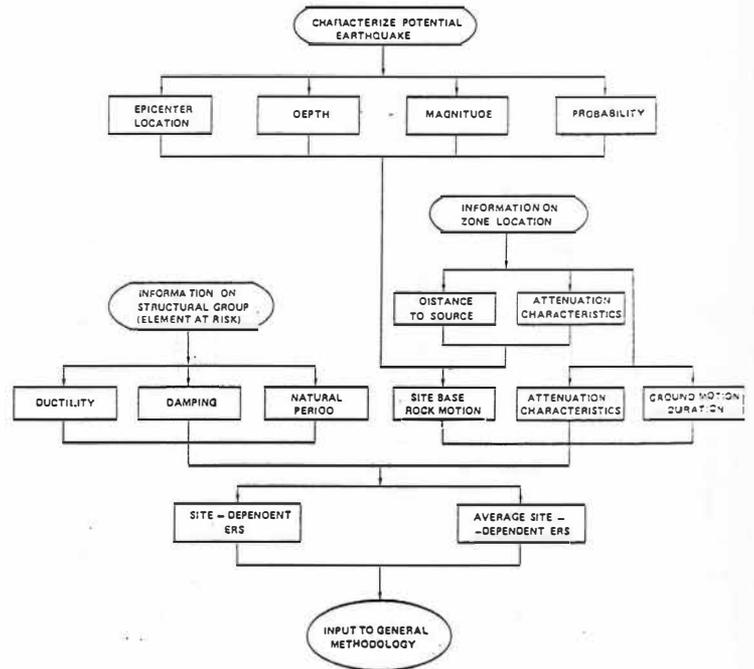


Fig. 2. Site - Dependent Effective Response Spectra Prediction Methodology

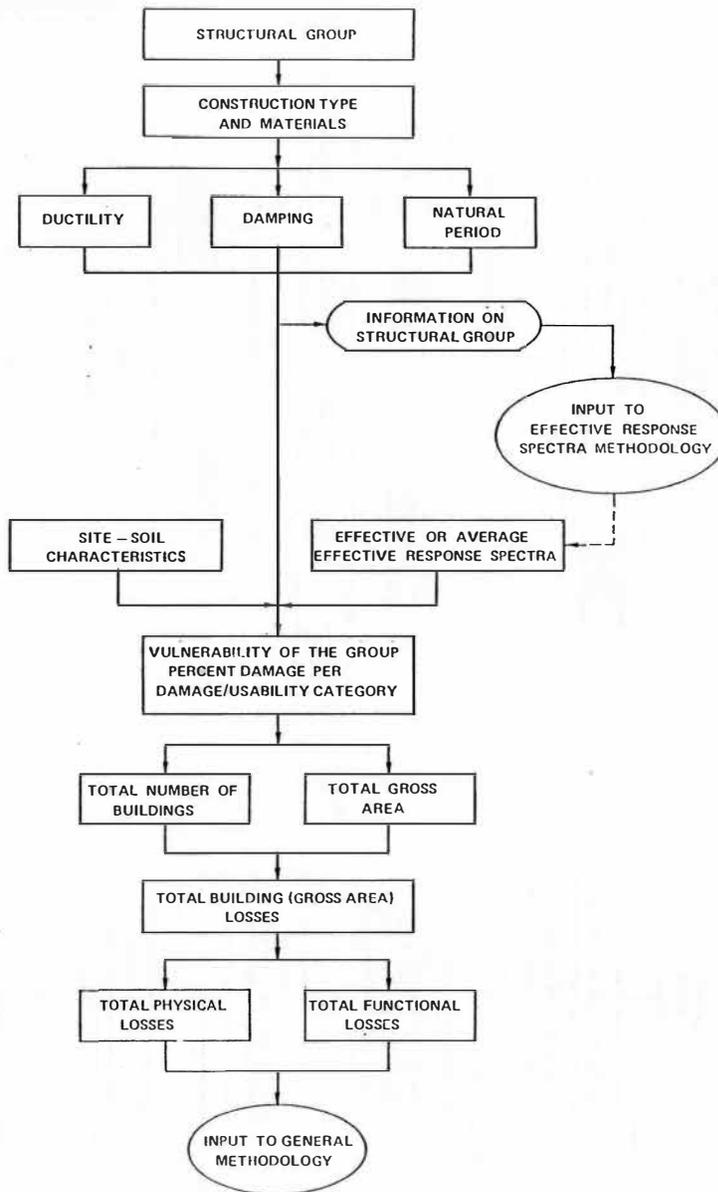


Fig. 3. Loss Prediction Methodology for Group of Structures

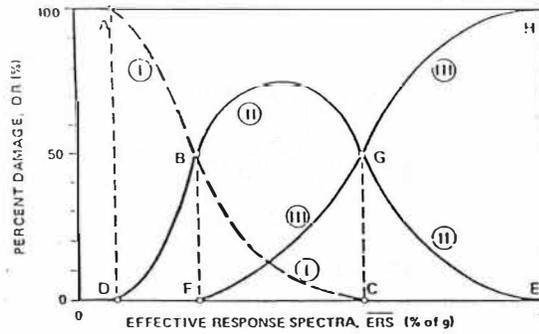


Fig. 4. Physical (Functional) Vulnerability Functions for Adopted Damage/Useability Categories

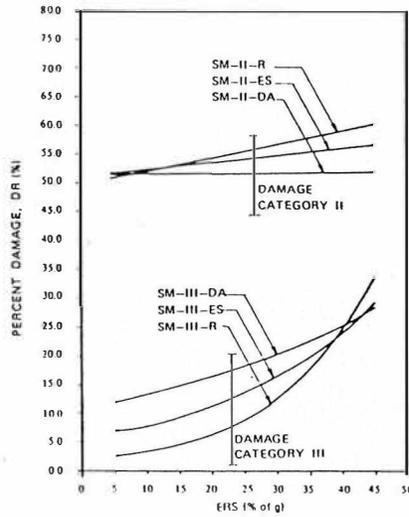


Fig. 5. Empirical Vulnerability Functions Generalized for SM Building Class

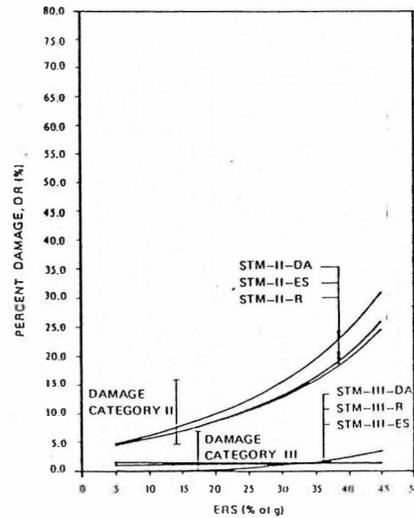


Fig. 6. Empirical Vulnerability Functions Generalized for STM Building Class

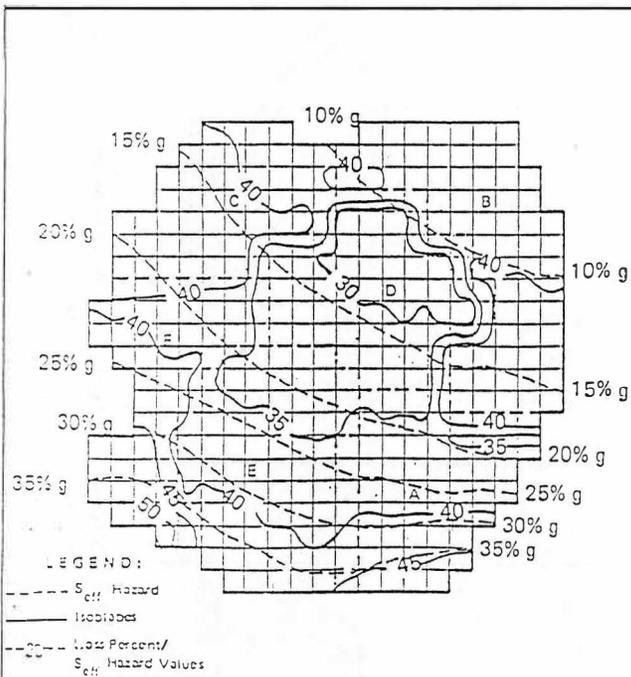


Fig. 7. 200 Years Return Period S_{eff} Hazard Map and Corresponding Isoblases (in %) for LU--S--A

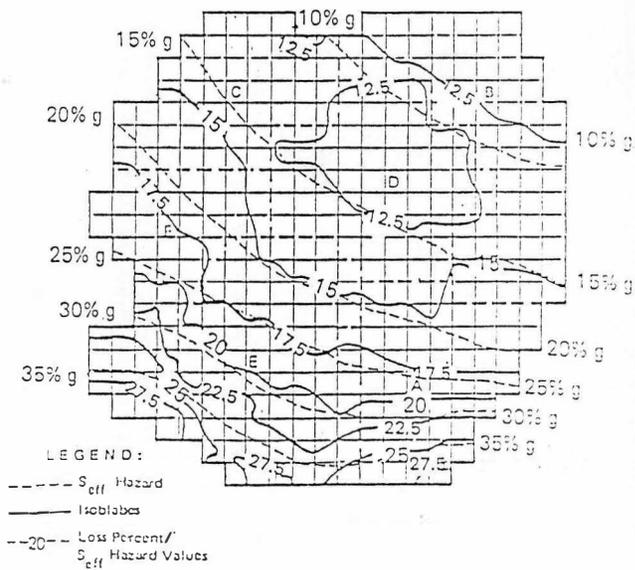


Fig. 8. 200 Years Return Period S_{eff} Hazard Map and Corresponding Isoblases (in %) for LU--S--B

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"EDUCACION, INFORMACION PUBLICA Y PREPARACION
DE LA COMUNIDAD"
(TERREMOTO DE LOMA PRIETA)**

**CUERPO DE BOMBEROS DE LOS ANGELES
Frank W. Borden
Comandante División de Prevención
y Manejo de Desastres
Los Angeles, California
Estados Unidos**

**EDUCACION, INFORMACION PUBLICA Y PREPARACION DE LA COMUNIDAD
(TERREMOTO DE LOMA PRIETA)**

Frank W. Borden

Comandante

División de Prevención y Manejo de Desastres
Cuerpo de Bomberos de Los Angeles

INTRODUCCION

Los Angeles es una ciudad de 1'209.530 kilómetros cuadrados, es la segunda ciudad de los Estados Unidos, con una población de más de 3.5 millones de habitantes. El potencial de pérdida de vidas humanas, lesiones y pérdida de bienes muebles como resultado de un terremoto de escala 6 o superior, es considerable.

El terremoto de Long Beach en 1933, el terremoto de San Fernando en 1971 y el terremoto Whittier de 1987 aportaron valiosas experiencias y enseñanzas para el gobierno de la ciudad y el departamento de bomberos en la comprensión de la amenaza que significa un terremoto y el desarrollo de planes para mitigar el efecto de un terremoto desastroso. Dada la topografía, el clima, el aumento vertiginoso de la población, las estructuras y la industria en esta zona de California, la amenaza de incendio y liberación de materiales peligrosos luego de un terremoto, o el potencial de que se presenten otros desastres, constituye un problema para el Departamento de Bomberos, y la comunidad.

DIVISION DE PREVENCION Y MANEJO DE DESASTRES DEL CUERPO DE BOMBEROS DE LA CIUDAD DE LOS ANGELES:

Como resultado del terremoto Whittier ocurrido el 1 de octubre de 1987, la ciudad de Los Angeles creó una nueva división dentro del Departamento de Bomberos, encargada de desarrollar planes y programas para mitigar las pérdidas anticipadas en vidas y propiedades como consecuencia de un terremoto u otro desastre. Las responsabilidades de la División de Prevención y Manejo de Desastres incluyen: Educar a los sectores públicos y gubernamentales en preparaciones para desastres; desarrollar y entrenar grupos voluntarios de respuesta; y apoyar la investigación, análisis y desarrollo de programas, recursos y reglamentaciones para reducir pérdidas potenciales.

Este es uno de los programas de educación y preparación públicas más grandes y ambiciosas que haya emprendido un segmento del servicio americano de bomberos. La división está compuesta por 36 personas divididas en 4 unidades: unidad de educación para incendios y seguridad; unidad de investigación y desarrollo; unidad de preparación de la comunidad/departamento; y la unidad

equipo de respuesta a la comunidad.

Actualmente se desarrollan trabajos en varias áreas específicas con el fin de minimizar pérdidas en vidas y propiedades y mejorar las capacidades de respuesta ante varios tipos de incidentes de emergencia. Los principales esfuerzos se orientan hacia: educación pública, desarrollo de legislación, códigos y ordenanzas; establecimiento de un sistema efectivo de respuesta de auto-ayuda de la comunidad y del sector empresarial; mejoramiento de respuestas locales y regionales; y la coordinación de diversos organismos.

La División de Prevención y Manejo de Desastres participa directamente en niveles de entrenamiento para colaborar con las empresas en el desarrollo de planes generales de respuesta o emergencia y reparación para todo tipo de incidentes. Los actuales proyectos emprendidos por la División de Prevención y Manejo de Desastres incluyen:

Desarrollo de un programa de preparación de materiales peligrosos para la comunidad; un sistema de rescate y búsqueda en zonas urbanas; y el mejoramiento de la respuesta del servicio médico en situaciones de emergencia causadas por desastres así como la red de comunicación en desastres.

Los funcionarios de la División participan en varios grupos de trabajo de la Organización de Operaciones de Emergencia de la ciudad y participan con otros departamentos de la ciudad en proyectos tales como la planeación de la respuesta a un terremoto previsto, planes de recuperación y reconstrucción, procedimientos de evacuación a gran escala, y sistemas de información y comunicación en situaciones de emergencia.

La información obtenida de la investigación en el lugar de los acontecimientos y el estudio de desastres ha sido valiosa para nuestro departamento y la ciudad al aplicar las enseñanzas obtenidas en nuestros planes de preparación. Enviamos personal en misiones especiales a San Francisco en octubre de 1989 para investigar los efectos del terremoto de Loma Prieta y a Charleston, Carolina del Sur para evaluar los daños, la respuesta y la recuperación de los estragos ocasionados por el Huracán Hugo.

El personal de la División participó en el desarrollo e implementación de varios ejercicios de respuesta a desastres incluyendo respuesta a un terremoto simulado por parte de nuestros Equipos de Respuesta de la Comunidad, Empleados de la ciudad y del Sector Empresarial; un ejercicio de comunicación, coordinación y comando donde participaron los distintos departamentos de la ciudad utilizando la Organización de Operaciones de Emergencia de la Ciudad, la Alcaldía, el Concejo Municipal y los vehículos del nuevo Centro Móvil de Operaciones de Emergencia de la Ciudad; un problema simulado de liberación de materiales peligrosos incluyendo un ejercicio sobre el terreno con la participación del Centro de Operaciones de

Emergencia donde se enfatizó la evacuación y alojamiento de 20.000 personas; y varios ejercicios sobre el terreno para la búsqueda y rescate de víctimas de colapsos estructurales.

Nuestro programa educativo se ha difundido más allá de Los Angeles, a la red nacional e internacional. Utilizamos una gran variedad de métodos para llegar al público con nuestros mensajes e información sobre la preparación. Esto se logra a través de los medios, incluyendo prensa, radio y televisión; correo directo; distribución de literatura; contactos públicos; seminarios y conferencias, y a través de nuestros programas de capacitación. Hemos llegado a 10 millones de personas a través de la producción de un videotape sobre preparación para terremotos de una hora de duración titulado "Surviving the Big One" ("Nos Escapamos del Grande"). Este video fue desarrollado y presentado por uno de nuestros bomberos/instructores y fue producido por nuestra estación local de transmisión pública KCET. EL video tuvo tanto éxito que tanto el instructor como el programa fueron nominados para el Premio Emmy 1990 y se ganó un Emmy por el "Mejor Especial Educativo".

Más de 250.000 personas son directamente entrenadas por nuestro personal anualmente y varios millones reciben información sobre preparación para desastres. Nos hemos propuesto llegar a la creciente y diversificada población de la ciudad.

UNIDAD DE EDUCACION PARA INCENDIOS Y SEGURIDAD

Esta unidad ofrece una variedad de ayudas al público incluyendo educación para la seguridad en incendios; entrenamiento especializado para centros de cuidado de la salud y rascacielos; entrenamiento en combate de incendios y sistemas de evacuación para el comercio y la industria; asistencia en el desarrollo de planes de desastres comerciales; certificación de los planes de emergencia y de las personas que ofrecen la capacitación; entrenamiento de minusválidos; y educación sobre emergencias producidas por materiales peligrosos.

UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

La planeación e investigación de desastres es de vital importancia para la efectividad de nuestros programas. Esta Unidad evalúa y difunde información sobre desastres, analiza la legislación, evalúa el equipo nuevo, desarrolla recomendaciones sobre programas, procedimientos y sistemas nuevos o mejorados. El personal de esta Unidad mantiene una amplia red de planificadores y fuentes de información sobre desastres valiosos para nuestro avance.

UNIDAD DE PREPARACION PARA LA COMUNIDAD/DEPARTAMENTO

El objetivo principal de esta Unidad es ofrecer al público, a los miembros del Departamento de Bomberos y empleados de la Ciudad entrenamiento básico en la preparación para emergencias tanto en los hogares como en los sitios de trabajo. Desarrollan literatura e información nuevas para los medios como parte del programa general de educación continuada. Se ha diseñado un programa de información sobre incendios producidos en matorrales con el fin de indicarle a la gente que vive en la zona montañosa las formas efectivas de proteger sus hogares ante la eventualidad de un incendio en los matorrales.

El personal de esta Unidad maneja nuestra Camioneta Móvil de Simulación de Terremotos "Yogi Bear Quakey Shakey". Esta pieza única de equipo se utiliza para darles a los niños la sensación de movimientos telúricos bajo condiciones controladas. Esta experiencia resalta el conocimiento y la preparación y probablemente reduce las tensiones mentales y el temor causado por un terremoto.

Se está desarrollando un nuevo programa de preparación en los barrios para mejorar los índices de sobrevivencia luego de un desastre reuniendo los recursos del barrio bajo un plan local de respuesta y recuperación.

UNIDAD EQUIPO DE RESPUESTA A LA COMUNIDAD

El programa del equipo de respuesta a la comunidad del Departamento de Bomberos se desarrolló en vista de la necesidad de una fuerza civil de trabajo de emergencia bien entrenada para colaborar con el gobierno en la respuesta ante situaciones de desastre donde el número y el alcance los accidentes con seguridad serán aplastantes.

El programa de capacitación crea la autosuficiencia de la comunidad desarrollando equipos de respuesta de funciones múltiples que actuarán como complemento de los servicios de emergencia de la ciudad en desastres mayores. A través de este programa único, la gente de organizaciones comunitarias, de las empresas y las industrias y los funcionarios civiles son miembros de un Equipo Civil de Respuesta a Emergencias o se desempeñan como líderes individuales que dirigen voluntarios no capacitados durante la etapa inicial de una emergencia.

Los Equipos de Respuesta a la Comunidad reciben más de 17 horas de capacitación inicial en preparación para terremotos; organización y manejo de equipos; extinción de fuegos; búsqueda y rescate en zonas urbanas; primeros auxilios en desastres; y un ejercicio sobre desastres. Los miembros de la división de prevención y manejo de desastres han capacitado, hasta el 1 de mayo de 1990, 168 equipos, (más de 3.700 personas). Este número total de equipos se divide así: 74 equipos de la comunidad; 73 equipos empresariales; y 21 equipos de funcionarios municipales.

Hay más grupos programados para el próximo año. En realidad, hay una lista de espera de 6 meses para este programa.

El curso lo dictan bomberos y paramédicos en siete clases de 2.5 horas de duración enfatizando el entrenamiento directo. El programa consiste en:

1 CLASE. CONOCIMIENTOS SOBRE TERREMOTOS, OPERACIONES DE PREPARACION Y RESPUESTA DE EMERGENCIA DE LOS EQUIPOS

- Inscripción
- Introducción
- La amenaza de terremoto en la parte sur de California
- Preparación personal y familiar
- Mitigación de peligros no estructurales

2 CLASE. LA ORGANIZACION Y MANEJO DEL EQUIPO

- Desarrollo de un equipo de respuesta
- Sistema de comando en incidentes
- Conformación del número adecuado
- Psicología de desastres
- Materiales peligrosos

3 CLASE. TECNICAS DE SUPRESION DE INCENDIOS EN DESASTRES

- Química de los incendios
- Uso del extinguidor
- Control del servicio público
- Ventilación
- Técnicas creativas para combatir el fuego

4 CLASE. OPERACIONES DE BUSQUEDA Y RESCATE

- Evacuación
- Técnicas de búsqueda
- Métodos de rescate
- Encubado y apuntalamiento

5 CLASE. OPERACIONES MEDICAS EN DESASTRES. SESION UNO

- Reconocimiento y tratamiento de emergencias que amenazan la vida
- Clasificación de víctimas
- Manejo del área de tratamiento

6 CLASE. OPERACIONES MEDICAS EN DESASTRES. SESION DOS

- Evaluación de la cabeza a los pies
- Reconocimiento y tratamiento de emergencias que no amenazan

la vida

7 CLASE. REVISION DEL CURSO Y EJERCICIO DE SIMULACION

- Examen escrito
- Ejercicios prácticos
- Crítica

El curso inicial de siete semanas va seguido de un programa de educación continuada que consiste en programas trimestrales de entrenamiento de 2.5 horas de duración. El objetivo a largo plazo es la creación de 150 equipos viables de respuesta a la comunidad diseminados por la ciudad y un número ilimitado de equipos empresariales. Debido al enorme éxito de este programa y la demanda nacional de información, estamos planeando transferir esta tecnología a otras agencias como parte del aporte de nuestro departamento y nuestra ciudad a la Década Internacional para la Reducción de Peligros Naturales de manera que otras personas puedan beneficiarse de nuestra experiencia.

CONCLUSION:

Todos nuestros programas de preparación para desastres capacitan a los ciudadanos para que se autoayuden en lugar de depender de personal especializado para la atención de situaciones de emergencia. Los recientes desastres tales como el terremoto de Loma Prieta en 1989, el terremoto Whittier en 1987 y el terremoto de ciudad de México en 1985, han establecido claramente la necesidad de que la comunidad esté preparada y de que haya voluntarios capacitados.

Nuestra ciudad ha desarrollado y continúa mejorando los planes antes del evento, la organización y los esfuerzos de preparación. Creemos que nuestro sistema integrado de respuesta será muy efectivo durante el momento crítico de un desastre y tenemos ahora un plan para la recuperación y reconstrucción de la ciudad de manera que se pueda volver pronto a la normalidad.

Este vínculo entre el gobierno, el sector privado y la comunidad ha crecido sinérgicamente con un propósito común: Proteger la vida y propiedad de los impactos del desastre.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"POLITICAS DE RECONSTRUCCION LUEGO DE UN TERREMOTO E
IMPLICACIONES PARA LA MITIGACION DEL RIESGO SISMICO URBANO"**

**POLITECNICO DE OXFORD
Yasemin Aysan
Directora
Centro para el Manejo de Desastres
Inglaterra.**

POLITICAS DE RECONSTRUCCION LUEGO DE UN TERREMOTO E
IMPLICACIONES PARA LA MITIGACION DEL RIESGO SISMICO URBANO

Yasemin F. Aysan
Directora
Centro para el Manejo de Desastres
Politecnico de Oxford
Inglaterra

RESUMEN

El periodo de retorno de un terremoto es fundamental para determinar cuáles estrategias serán efectivas para mitigar futuras pérdidas. En lugares donde hay un largo periodo de retorno de intensidades destructivas, las estrategias de mitigación basadas en tecnología de construcción tal vez no sean lo suficientemente duraderas para ofrecer protección contra el próximo evento. Las políticas deberán concentrarse en los desarrollos económicos y estratégicos de la ciudad a largo plazo, tanto en tiempo como en espacio. Los principios de la planeación para la recuperación con el fin de reforzar la economía local y ofrecerle continuidad cultural a la población afectada provienen de una serie de casos de estudio, incluyendo ciudad de México luego del terremoto de 1985, y varios proyectos históricos de reconstrucción y protección. Se sostiene que las reconstrucciones pueden utilizarse para introducir cambios económicos y sociales que sobrevivirán a los cambios físicos y que los esfuerzos estratégicos para reubicar, descentralizar y desconcentrar los servicios ofrecerán la estructura para una ciudad más segura. Existe la necesidad de institucionalizar los cambios que se introducen después de un terremoto para perpetuar las medidas de procedimiento de seguridad (tales como estándares de construcción) y exportar las enseñanzas que deja un terremoto a zonas que se encuentran más allá de la zona afectada con el fin de reducir la vulnerabilidad de la región vecina.

1. INTRODUCCION

Un terremoto de gran magnitud puede tener una serie de complejos efectos sobre una ciudad, los cuales oscilan entre la pérdida de vidas humanas y edificios, la interrupción de actividades económicas y la interrupción de la administración normal. Como consecuencia de un terremoto, el reemplazo de los edificios destruidos y la reconstrucción de una comunidad afectada ofrece una importante oportunidad para hacer más segura la nueva comunidad contra la posibilidad de que se repita el desastre en el futuro. Luego de un desastre considerable, el reemplazo de grandes secciones de la ciudad y la rehabilitación de un porcentaje importante de los habitantes ofrece la oportunidad de implantar cambios que reducirán el impacto del siguiente terremoto.

Existen una serie de cambios que se hacen posibles después de un desastre y que no serían factibles con anterioridad. Habrá fondos disponibles, todo el mundo estará consciente del peligro y habrá consenso general sobre la necesidad de protección, el clima político será receptivo, y existirá la oportunidad de impulsar cambios donde se requieren. Pero la ventana de oportunidad política y el periodo de disponibilidad de ayuda internacional es pequeña. La clave para lograr el máximo de la oportunidad es la planeación previa y la conciencia de cómo lograr en la mejor forma la mitigación dentro de las actividades de reconstrucción. El periodo de emergencia posterior al desastre por lo general no es el mejor momento para tomar decisiones cruciales sobre el futuro a largo plazo de la ciudad. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que muchas reconstrucciones se planean rápidamente, inmediatamente después del evento, escasamente considerando aquello que contribuye con mayor efectividad a la seguridad futura.

Las conferencias de esta naturaleza contribuyen a reunir los conocimientos existentes para lograr la protección en el futuro a través de oportunidades de reconstrucción y a desarrollar pautas para los planificadores de la reconstrucción que les permita maximizar sus oportunidades de lograr la seguridad a largo plazo.

Existen por lo menos cinco consideraciones importantes que afectan la planeación para la reconstrucción y las políticas que tienen mayores probabilidades de ser efectivas para la seguridad futura:

- Periodo de retorno del terremoto
- Los planes pre-existentes para el desarrollo futuro de la ciudad incluyendo estudios sobre riesgo sísmico para protección en el futuro.
- El perfil de las comunidades afectadas, incluyendo un sólido conocimiento de las bases económicas y preferencias culturales de los distintos grupos afectados.
- La escala del desastre

- Los recursos disponibles para la reconstrucción

De estas cinco consideraciones, tal vez las últimas dos se desconocen antes del terremoto. La planeación de la preparación deberá establecer los objetivos a largo plazo de un programa de mitigación global, de manera que en caso de un terremoto grande, la reconstrucción pueda canalizarse hacia objetivos de mitigación bien establecidos en lugar de improvisar un nuevo plan estratégico.

La manera como se lleva a cabo la reconstrucción puede tener un importante efecto sobre la seguridad en el futuro, además de aquello que se está reconstruyendo, el proceso es tan importante como el producto final. La recuperación social y económica de las comunidades afectadas y la reducción de la vulnerabilidad general de la ciudad ante el impacto de futuros terremotos exigen políticas integradas y globales que abarquen una amplia gama de actividades. Una reconstrucción importante ofrece la oportunidad de incluir medidas globales de mitigación a los procesos de planeación, administración y construcción que se estén adelantando. Igualmente, ofrece la oportunidad de canalizar recursos financieros donde se requieren y fomenta una disposición de la clase dirigente a implementar políticas.

Al planear una reconstrucción las consideraciones deberán incluir la base económica de una comunidad, sus sistemas de valores culturales y la manera como posiblemente se desarrollará en el futuro. Las presiones políticas por la pronta recuperación deberán tomar un segundo lugar en el estudio sistemático de las necesidades a largo plazo. El énfasis debe colocarse en la creación de bloques económicos de construcción, la continuidad cultural y el marco espacial del desarrollo futuro y no en espectáculos de construcción. Institucionalizar reformas en la industria de la construcción y en el proceso de edificación será más importante en el futuro que construir inmediatamente una ciudad sismoresistente.

2. La Reconstrucción luego de Terremotos con un Corto Periodo de Retorno: Ciudad de México.

Los terremotos con frecuencia ocurren en lugares que requieren urgentemente cambios físicos. Ciudad de México ha sufrido tres terremotos devastadores desde 1957 con un nivel de movimiento telúrico lo suficientemente fuerte para causar fallas estructurales y aún el colapso en sus edificios más débiles. El terremoto de 1985 resultó tener el más alto nivel de daño en la historia de la ciudad: Más de 600 edificios se desplomaron y más de 7.000 personas murieron. Los altos niveles de daño se debieron a la expansión de la ciudad y al tipo de construcción hecho en los años 60 y 70, así como al hecho de ser el movimiento más fuerte que ha golpeado la ciudad en este siglo.

Las características particulares y prácticamente únicas de las condiciones del terreno de la ciudad, construida sobre una antigua laguna drenada, la hacen susceptible de experimentar

fuertes movimientos telúricos con mayor frecuencia que otras ciudades. Cualquier terremoto distante que ocurra hasta a 400 Km de la ciudad puede hacer resonar los saturados y débiles terrenos que se encuentran debajo de la ciudad. Los estudios sobre peligros muestran que puede generarse un movimiento telúrico de esta naturaleza con serios niveles de daño cada 15 años aproximadamente. Sin embargo, los efectos están fuertemente localizados y los movimientos de los terremotos repetidamente afectan las mismas áreas de la ciudad. Los efectos de resonancia se concentran en el centro histórico y afectan una zona donde viven cerca de 1.5 millones de los 19 millones de habitantes que tiene la ciudad.

En Ciudad de México, el corto período de retorno del terremoto, los patrones característicos y la repetición del daño en la misma zona, hace que la mitigación a través de la reconstrucción sea una importante prioridad. Las autoridades encargadas de estructurar la reconstrucción reconocen esta prioridad. Entre las medidas de reconstrucción tomadas luego del terremoto dirigidas especialmente a la mitigación se incluyen:

- Un programa a largo plazo de refuerzo de varios centenares de edificios gubernamentales, escuelas, hospitales y otras estructuras
- Un programa masivo de reconstrucción de vivienda popular que va mucho más allá de reemplazar edificios afectados por el terremoto o mejorar la pobre y vulnerable calidad de la vivienda del centro de la ciudad
- Una revisión completa del plan maestro de la ciudad, incluyendo la rezonificación de la ciudad, propuestas de centralización y reducciones en densidades permitidas.
- Un programa de renovación, fortalecimiento y reutilización de edificios históricos.
- Un programa de mejora de condiciones urbanas para revitalizar el centro de la ciudad, regenerar las condiciones económicas y ambientales y reducir la vulnerabilidad de las comunidades expuestas a mayores riesgos.
- La revisión de códigos de construcción sísmica, enfatizando un aumento considerable en edificios sismoresistentes.

La revisión de la efectividad de estas medidas en la reducción de la futura vulnerabilidad forma parte de un proyecto de cooperación técnica desarrollado con el Departamento del Distrito Federal de Ciudad de México. 1

2.1. Programa de Reconstrucción Renovación Habitación Popular (RHP)

Además de varios esfuerzos encaminados a promover la descentralización (discutida más detalladamente a continuación), la reconstrucción y la readaptación constituyeron las principales actividades desarrolladas luego del terremoto de

1. Aysan, Coburn, Davis Spence (1.989).

1985 en Ciudad de México. El éxito del programa de reconstrucción de Ciudad de México no solo se logró gracias a su contenido técnico y a los estándares de diseño arquitectónico, los cuales merecieron un premio, sino a una gran sensibilidad hacia las tendencias sociales, culturales y económicas de las comunidades afectadas.

Aunque la mayoría de las muertes en 1.985 fueron provocadas por el colapso de rascacielos, 62% de los edificios menos afectados era de menos de cuatro pisos de altura y constituían una buena parte del alojamiento residencial.

Según índices económicos, la mayoría de estas 250.000 personas afectadas de estos edificios eran grupos de bajos ingresos empleados en industrias de servicios, comercio y vendedores ambulantes. La mayoría de las familias que habitaban estos inquilinatos subnormales construidos en el siglo pasado y posteriormente subdivididos en pequeñas habitaciones eran inmigrantes urbanos, llegados varias generaciones antes.

A diferencia de muchos otros programas de reconstrucción que han sido determinados más por los requerimientos tecnológicos de rápida construcción, el programa mexicano de renovación de vivienda desarrolló paralelamente un programa social y financiero para identificar las necesidades económicas y sociales de los beneficiarios. La información social recopilada se utilizó para diseñar los prototipos de vivienda que se relacionaban con los patrones de vida existentes y se definieron los métodos para lograr la reconstrucción a través de la compra obligatoria, la propiedad cooperativa y las condiciones de pago.

La evaluación global de las necesidades implicó varias reuniones en el vecindario para negociar las propuestas con los beneficiarios y asegurar una reconstrucción aceptable para las comunidades y ajustada a sus condiciones económicas. Otras medidas no estructurales incorporadas al programa RHP se basaron en el diagnóstico de los factores que contribuyeron a la vulnerabilidad de las comunidades ante el impacto de un terremoto.

2.2. Patrones de Propiedad en México

Los daños sufridos por los edificios de inquilinatos en el centro histórico reflejan el hecho de que los terremotos explotan las debilidades de cualquier construcción. En este caso, el deterioro y la falta de mantenimiento fueron deficiencias claras. Antes del terremoto, 25% de los edificios en el área se identificaron como en estado de decadencia y 62% fueron definidos como subnormales.

El Centro Histórico fue en una época la zona rica de la ciudad, luego cambió muchas veces de población a medida que los ricos propietarios se mudaron a otras zonas. Primero albergó a los inmigrantes árabes y judíos, luego a inmigrantes de zonas rurales, y gradualmente se convirtió en zona de bajos ingresos.

Un decreto expedido en 1942 congeló los arriendos para proteger a los inquilinos. Nunca se revocó y aún hoy en día, muchos edificios tiene sus arriendos congelados en los niveles de 1942, lo cual inevitablemente ha reducido los beneficios para sus dueños quienes a su vez, se han despreocupado del mantenimiento y responsabilidad hacia sus propiedades. Una encuesta social realizada después del terremoto reveló que 97% de los beneficiarios arrendaban sus viviendas, pagando en promedio 9% de sus ingresos, 30% de ellos viven en edificios aún cobijados por el decreto de "congelamiento del arriendo" y pagando aún menos.

Los bajos arriendos contribuyen a la existencia de sectores pobres de la sociedad en la ciudad metropolitana. Para los dueños no significan ningún beneficio económico mantener los edificios. Esta negligencia, que había permitido tal vulnerabilidad en los edificios, tuvo la ventaja de permitir que los edificios fuesen obligatoriamente comprados, por decreto presidencial, con un mínimo de oposición. La transferencia de propiedad de los dueños a la cooperativa de inquilinos que fundamental en el programa de reubicación de vivienda urbana. La rápida expropiación no solo garantizó tierra barata para construir sino hizo posible que los arrendatarios se hicieran dueños de sus viviendas. La necesidad de conformar organizaciones de residentes para convertirse en propietarios, fortaleció los lazos de la comunidad alrededor de un propósito común. El programa mexicano de reconstrucción apuntaba hacia amplios objetivos de mitigación, tales como mejorar los niveles de vida y aumentar el número de propietarios de vivienda así como la reconstrucción bajo estándares de seguridad. Al hacerlo así, el RHP ha hecho un importante aporte a la recuperación de comunidades de bajos ingresos.

Las lecciones del éxito de la reconstrucción de Ciudad de México tal vez no se apliquen directamente a otras ciudades. La inminencia de otro terremoto muy poco después del último desastre justifica la adopción de políticas urgentes. En muchas otras ciudades, los períodos más largos de retorno de un terremoto tal vez hagan inapropiadas estas medidas. Sin embargo, son aplicables y varios principios importantes surgen de los programas de reconstrucción de México y de otras ciudades los cuales son pertinentes para la protección contra terremotos tanto a corto como a largo plazo.

3. Aplicación de Principios de Reconstrucción a la Protección.

A. Utilización de la Reconstrucción para la Recuperación Económica

La reconstrucción en sí misma puede utilizarse para reforzar y revitalizar economías locales. Una sólida economía local es la mejor protección contra un futuro terremoto: la gente gasta más en seguridad, los edificios se construyen más fuertes y las pérdidas pueden tolerarse más fácilmente. En contraste, la

comunidad marginal es siempre la más vulnerable. El efecto de la actividad de reconstrucción sobre la economía local es un factor primordial que debe considerarse al planear la reconstrucción. Existen casos muy bien documentados en los que la reconstrucción misma ha contribuido a un mayor descenso económico exacerbando el daño a la economía provocado por el terremoto y haciendo que las víctimas del desastre dependan de la ayuda externa. Ejemplos de esto incluyen contratistas externos que vienen a adelantar la reconstrucción, provocando el colapso de la industria local de construcción. Los contratistas externos que exportan las ganancias y emplean mano de obra importada pueden causar desempleo local y pueden debilitar la capacidad económica de toda la comunidad para protegerse contra futuros desastres. Si es posible contratar constructores locales para los procesos de reconstrucción, emplearán mano de obra local y la economía local se perpetúa. El concepto de reciclar dinero de ayuda extranjera dentro de la economía local se denomina "filtración" y constituye un importante principio de uso de ayuda inyectada para impulsar el desarrollo económico. La inversión en la industria de la construcción es efectiva para el rápido reciclaje de dinero a la economía local.

En un desastre de gran magnitud, el nivel de la actividad de reconstrucción va mucho más allá de la capacidad normal de las industrias locales de construcción.

La repentina demanda masiva de aptitudes de construcción, suministro de materiales y mano de obra hará inevitable el uso de contratistas externos. Esto se debe básicamente a las presiones por lograr rápidamente la reconstrucción.

Las presiones para una pronta reconstrucción pueden provenir de necesidades de albergue, presiones políticas por parte de autoridades externas y donantes de ayuda para mostrar su preocupación por los afectados y un espíritu de solidaridad humana en la adversidad. Sin embargo, existen fuertes argumentos para utilizar la ayuda externa en ayudar a reestructurar la industria local de la construcción para realizar la mayor parte posible de la labor de reconstrucción. El tiempo adicional que se toma bien puede acomodarse dentro del plan de recuperación siempre y cuando los objetivos sean comprendidos en su cabalidad. Se requiere tiempo para planear cuidadosamente la reconstrucción. Esta no debe precipitarse y debe tomarse el tiempo necesario para adelantar estudios y adquirir la información necesaria para reconstruir con éxito, en lugar de precipitarse con decisiones tomadas sin suficiente información.

La reconstrucción debe tomarse en el sentido de recuperación. La base económica de una ciudad debe reconstruirse. La gente necesita empleo e ingresos para poder aportar a la reconstrucción y si sus fábricas, talleres o lugares de trabajo no están operando, se verán peor afectados que si no tiene hogares. Un plan de recuperación deberá permitirle a la población afectada participar en el rejuvenecimiento. La planeación para la recuperación debe considerar la forma en que

cada sector de empleo ha sido afectado, y establecer prioridades en el uso de los fondos de reconstrucción para revitalizar los empleos perdidos y la producción económica afectada.

También podrán hacerse estudios sobre propiedad de vivienda y la economía de albergue para la gente afectada por el terremoto. Existe una considerable diferencia en la capacidad de reconstrucción entre inquilinos y propietarios de vivienda. Los inquilinos dependen de los propietarios para reconstruir.

La gravedad del daño a concentraciones de instalaciones industriales o áreas de producción económica es también un aspecto que debe considerarse en la agenda de los programas de mitigación. Por ejemplo, en ciudades de rápido crecimiento como Bursa y Adapazari (Turquía) la conglomeración industrial ya ha alcanzado niveles que no fueron previstos luego del terremoto de 1967. Aún un daño de pequeña escala en estas ciudades puede resultar en la completa suspensión de la producción, causando considerables pérdidas económicas y desempleo. Los impactos a largo plazo provenientes de terremotos urbanos pueden ser tan devastadores como el evento mismo y deberán considerarse en los planes de preparación.

Luego del terremoto en México, el costo total del daño a plantas industriales alcanzó veinte mil millones de pesos. De los 10.000 talleres y fábricas afectadas, 400 predios fueron totalmente destruidos y 500 tuvieron que ser evacuados por daños parciales. Esto causó la pérdida de 150.000 empleos y 50.000 más en los seis meses posteriores al terremoto debido a la reducción en el gasto público. En la industria textil, ubicada en el centro histórico, se destruyeron quinientas instalaciones dejando 40.000 costureras sin trabajo. 2

La respuesta local ante estas pérdidas fue la creación de cooperativas y organizaciones en el vecindario para mantener la producción y ayudar a la recuperación económica de sus comunidades. Pero el número de personas que asumían los esquemas de cooperativas era limitado debido a estrecheces económicas. La respuesta del gobierno para reducir pérdidas similares en el futuro ha sido el fortalecimiento de los edificios públicos con altos índices de ocupación y funciones críticas declarándolos edificios Tipo A, para consideración especial.

B. Exportación de mejoras fuera del Area de Reconstrucción.

Las características de la sismicidad indican que las áreas con mayores probabilidades de verse afectadas por el próximo terremoto son aquellas que están fuera de aquellas que fueron seriamente afectadas en el terremoto anterior, pero probablemente dentro de la misma región sísmica. La reconstrucción puede utilizarse para promover actividades de mitigación fuera de las zonas afectadas hacia zonas donde la

2. Mendez (1988)

probabilidad de un terremoto es igualmente severa, pero tal vez en un menor período de tiempo y así se logrará un significativo impacto en las pérdidas causadas por terremotos en la región como un todo. La contradicción es que la inmediatez del peligro general en áreas que no han experimentado un terremoto reciente y los incentivos y oportunidades para que los ocupantes de esas áreas realicen actividades de mitigación son mucho menores.

Existen varios casos en los que las actividades de reconstrucción van más allá de los edificios y zonas seriamente afectadas por el último terremoto a las zonas no afectadas donde puede esperarse un terremoto. Un pequeño ejemplo lo constituye un proyecto de educación en construcción dirigido a constructores de pueblos y pequeñas ciudades luego del terremoto de la República Árabe de Yemen en 1982.3. El proyecto se creó para capacitar a los constructores en técnicas de construcción más fuertes y en técnicas de refuerzo antisísmico. Durante los primeros años abarcó una amplia zona que se extendía más allá de las áreas más seriamente afectadas para establecer eficientes prácticas de construcción a lo largo del valle de fallas que conforma la zona de fuentes sísmicas para futuros terremotos.

En Ciudad de México, el programa de reconstrucción para vivienda de bajos ingresos se extendió en forma similar para abarcar casas de pobre calidad y deterioradas, además de aquellas que se vieron afectadas por serios daños como consecuencia del terremoto, ya que probablemente serán vulnerables en el próximo terremoto. El principio de devolución intentaba extender las medidas de mitigación a zonas con probabilidades de sufrir futuros daños: una de las áreas previstas para la reubicación de las instalaciones públicas y administrativas de Ciudad de México era Jalisco, zona que sufrió daños menores durante el terremoto.

En general, cualquier reconstrucción dirigida a instigar medidas de mitigación contra futuros eventos debe buscar exportar sus enseñanzas a zonas con considerables riesgos en el futuro.

C. Reubicación de una Comunidad Seriamente Afectada

El método más radical de reconstrucción total es abandonar el antiguo lugar de asentamiento y construir una nueva ciudad en un lugar diferente. La reubicación de comunidades urbanas y rurales que sufrían altos niveles de daño era políticas comunes en algunos países. La decisión de reubicar se toma a menudo debido a las dificultades que existen para limpiar los escombros para la rápida construcción, los problemas en la definiciones de límites de contorno y posesión exacta de las propiedades y los requerimientos tecnológicos de la vivienda luego del desastre. En casos en que grandes cantidades de edificios o infraestructura quedan inservibles, tal vez alcanzan niveles de daño cercanos a la destrucción absoluta, sería más atractivo reinvertir en restituir la infraestructura en un nuevo lugar, tal vez más seguro. La decisión es difícil y debe tomarse

3. Coburn y Leslie (1985)

cuidadosamente - las ventajas de un nuevo comienzo y rapidez logística pueden verse contrarrestadas por el impacto cultural y las implicaciones económicas que implican un lugar diferente. La reubicación puede tener un severo impacto sobre la economía local. Estudios de reasentamientos en Turquía Oriental (4) y Occidental (5) demuestran los cambios en productividad agrícola, consumo de combustible y en la economía doméstica causados por la reubicación de comunidades a lugares con microclimas, fertilidad y suministro de aguas diferentes.

En ciudad de México, el nivel relativamente bajo de daño global como porcentaje de la infraestructura total y la importancia simbólica del actual sitio histórico, la concentración de servicios públicos, actividades económicas y la gran población de la región, eliminaron la reubicación como opción luego del terremoto de 1.985. En el momento del terremoto, las tres delegaciones más seriamente afectadas en la región sostenían 30% de la actividad económica del Distrito Federal, abastecían la mayoría de los hospitales, mercados e instalaciones educativas con 90% de cubrimiento en el suministro de agua, drenaje y una extensiva red de transporte. (6) Además de estos hechos, los estudios realizados después del desastre revelaron que 95% de las comunidades afectadas en México optaron por permanecer en sus vecindarios originales. Se detectaron tendencias a ubicarse en otras partes del país pero el mínimo fue limitado. (7)

El apego a un lugar es una reacción normal ante la reubicación, sin embargo las razones detrás de la voluntad de permanecer en el lugar original pueden ofrecer una reubicación más aceptable y provechosa cuando es la única alternativa.

4. Coburn, Leslie y Tabban (1984)
5. Aysan, Oliver, 1984
6. Programas de Reconstrucción de vivienda en Ciudad de México, 1987.
7. Promoción el Desarrollo Popular informó que algunos campesinos pobres (Olomies y Maziahues) que vivían en Candelaria de los Patios deseaban regresar al campo. Mendez (1986)

Las investigaciones hechas en Turquía Occidental (8) y Ciudad de México (9) resaltaron las generalizaciones hechas sobre la renuencia de las comunidades a moverse a otro lugar. Aunque en ambos casos había un núcleo de gente, básicamente gente de edad, que no vivirían en otro lugar bajo ninguna circunstancia, las generaciones más jóvenes se mostraban más receptivos si la nueva localización ofrecía buenos servicios públicos y oportunidades de trabajo.

-
8. Aysan y oliver (1986)
 9. Aysan, Coburn Davis Spence (1989)

Por ejemplo, la población reubicada de Gediz en Turquía Occidental (1971) permaneció despoblada durante años hasta que el mercado y las instalaciones administrativas ofrecieron alternativas de trabajo a mediados de los 70 para lo que ahora es una población de rápido crecimiento.

La inversión de capital para hacer que una reubicación sea exitosa puede ser muy alta. En las zonas rurales, pueblos y zonas urbanas sin privilegios, el costo puede justificarse contra los riesgos de vivir en áreas de peligro, pero en zonas urbanas bien establecidas, política y económicamente no sería viable.

En áreas de fuerte crecimiento en población, la reubicación de comunidades a zonas más seguras o intentos por reducir densidades en zonas de riesgo, a largo plazo pueden constituir un difícil ejercicio. A pesar de los esfuerzos que se hicieron para despoblar la Ciudad de Gediz, su población ya ha sobrepasado los niveles anteriores al terremoto, con el influjo de gente de los alrededores. En una gran metrópolis como México es difícil justificar descensos de población en el centro de la ciudad mientras existen presiones por aumentar las densidades.

Las conclusiones que pueden obtenerse es que para lograr un significativo impacto sobre las pérdidas causadas por terremotos, las medidas de mitigación deben dirigirse hacia la reducción a largo plazo de la vulnerabilidad en la ciudad más grande. Las autoridades mexicanas tienen este concepto muy claro. A través de la reconstrucción buscan no solo mejorar los edificios ya existentes y los futuros, sino también mejorar los niveles de vida generales de las comunidades en alto riesgo y la descentralización de las funciones urbanas vitales.

D. Desconcentración de Ciudades y Servicios.

En la planeación de la reconstrucción, existen varias políticas efectivas para descentralizar las ciudades pequeñas y desconcentrar las densidades de las ciudades, servicios claves e industrias vitales. La dispersión de los elementos en riesgo a lo largo de una mayor área de manera que sean más difíciles de convertirse en blanco de una amenaza, es una estrategia clave de la planeación de la mitigación. La reconstrucción luego de un terremoto es un buen momento para instigar medidas de desconcentración. Ejemplos efectivos de lo anterior lo constituyen Tangshan en China, devastado por el terremoto más letal de este siglo ocurrido en 1976; los planificadores de la nueva ciudad la han dividido en tres ciudades más pequeñas, para aprovechar la oportunidad de reducir la escala de urbanización y reducir los riesgos de futuros desastres a escala del evento de 1976.

En las ciudades de rápido crecimiento, las presiones sobre la tierra resultan en aumentos en densidades y la expansión de los límites de la ciudad, a menudo para incluir áreas de condición

pobre o marginal de la tierra y otras zonas de alto riesgo. La concentración de servicios de la salud, educación, y actividades económicas y administrativas en partes específicas de la ciudad puede ser una solución administrativa atractiva, pero en caso de un terremoto, las consecuencias de daño en estas áreas de alta concentración pueden ser más severas que el simple colapso de edificios. En Ciudad de México, la centralización de los servicios telefónicos en el centro de la ciudad significó que cuando las centrales de Victoria y Pugibet se desplomaron, la ciudad sufrió una pérdida completa del servicio telefónico de larga distancia e internacional y 32% de las líneas locales quedaron fuera de acción, en el momento en que más se necesitaban. La reconstrucción del sistema telefónico se ha hecho utilizando nueva tecnología y mini estaciones dispersas en toda la ciudad para reducir el riesgo de pérdidas similares en un próximo evento.

La concentración de servicios administrativos, políticos y públicos en el centro de Ciudad de México ya era una preocupación del Gobierno ya que creaba polución, congestión en tráfico y sobrecarga de servicios urbanos. El terremoto de 1985 averió 214 edificios gubernamentales de los cuales debieron evacuarse 150.000 funcionarios públicos. La mayoría de los hospitales y servicios médicos estaban localizados en la zona afectada. El terremoto destruyó nueve hospitales, reduciendo la capacidad de camas en 30%. Los daños a las escuelas redujo las instalaciones educativas en 22%. El alcance del impacto del terremoto en estos sectores aumento las presiones sobre las autoridades públicas ya bastante afectadas por las víctimas y los desposeídos.

La reconstrucción y reevaluación del plan maestro urbano de la Ciudad en el año siguiente al terremoto renovó las llamadas para tomar acciones para descentralizar la ciudad. Se hicieron propuestas para reubicar varias oficinas gubernamentales fuera de la ciudad, a capitales de estados vecinos. Un "Comité de Decentralización" dentro de la "Comisión Nacional para la Reconstrucción" se estableció en Octubre de de 1985 para analizar la posibilidad de transferir las instalaciones públicas y el comercio a otras áreas. En abril de 1986, las autoridades habían programado la transferencia de 70.000 funcionarios públicos (15% del personal con autoridad pública de la ciudad) a otras partes del país. También se planeó el establecimiento de hospitales y escuelas en otras partes de la ciudad. (10). Sin embargo, eventualmente el alto costo de la inversión para llevar a cabo todas las políticas de descentralización y la oposición de parte de la población han hecho de la descentralización una política a largo plazo, en lugar de una política inmediata.

La descentralización puede ser una costosa solución en la mayoría de los países en vías de desarrollo los cuales requieren un cuidadoso análisis de costo beneficio contra las opciones de refuerzo de edificios y mejora en códigos de construcción. Sin embargo, a largo plazo, también puede ser un medio de reducir densidades en zonas sobrepobladas en alto riesgo y pueden

garantizar el funcionamiento de líneas vitales cruciales en periodos de emergencia.

El principio de reestructura el riesgo dividiendo los sectores de servicios públicos en compartimientos y dispersar los elementos en riesgo, ya sean edificios, industrias o servicios en la ciudad, es valioso y de fácil aplicación.

CONCLUSIONES

Este estudio ha identificado varias maneras importantes en las que los programas de recuperación y reconstrucción luego del terremoto pueden contribuir a mejorar, a largo plazo, la reducción y vulnerabilidad ante futuros terremotos. Por lo general la falta de recursos financieros y la falta de compromiso político y financiero obstaculizan la aplicación de medidas antes de un terremoto.

1. La oportunidad de mejorar códigos de construcción a menudo se presenta inmediatamente después de un terremoto y esta oportunidad no debe dejarse perder. Pero la existencia de un buen código de construcción no garantiza por sí sólo la futura mejora de estándares de construcción, ya que las situaciones fluctuantes y el descenso en el nivel de preocupación por el riesgo de un terremoto pueden hacer un código obsoleto o inaplicable en un corto periodo. La preservación de estándares se logra conformando un equipo de profesionales capacitados, arquitectos, constructores e ingenieros, comprometidos en el objetivo, quienes están en contacto con desarrollos en el mundo y supervisarán el futuro desarrollo de los estándares de construcción. Los incentivos, en lugar de los castigos y el orgullo en la calidad del trabajo, son más efectivos para lograr la seguridad.
2. La vulnerabilidad sísmica de comunidades pobres o en descenso económico, nunca podrá reducirse permanentemente, ni aún mediante el programa de reconstrucción más costoso. Una considerable proporción de la ayuda para la reconstrucción debe destinarse a mejorar la economía del área afectada, de manera que en el futuro su población tendrá los incentivos y los medios para protegerse por sí misma. En aquellos casos en los que la gente arrienda en lugar de ser propietarios de su vivienda, ofrecerles la oportunidad de ser dueños podrá tener un importante efecto sobre el mantenimiento y mejoras en el futuro y así reducir la vulnerabilidad a largo plazo, siempre y cuando el riesgo mediante programas de educación pública.

3. La vulnerabilidad de muchas ciudades en vías de desarrollo se incrementa por la concentración de actividades claves en una sola localización, posiblemente altamente vulnerable. La descentralización de actividades claves tales como comunicaciones, servicios médicos y de rescate y administración, y en algunos casos, vivienda y educación, pueden reducir considerablemente la escala de futuros desastres. El programa de reconstrucción podrá ofrecer la oportunidad de lograr la descentralización. En los tiempos modernos, con las altas densidades de utilización de la tierra, la completa reubicación de toda una ciudad escasamente se considera como opción. Sin embargo, muchos de los principios de la reubicación se aplican a los planes de reconstrucción.
4. La reconstrucción de una zona afectada por el terremoto puede a menudo tener tan solo un limitado efecto sobre la vulnerabilidad global de la región debido a que en muchas regiones sísmicas, el período de retorno de un terremoto en una localización particular es tan largo como la vida de los edificios. Durante el período de reconstrucción, la atención deberá dirigirse hacia las formas de aplicar las lecciones aprendidas de un terremoto a zonas vulnerables adyacentes que no han sido afectadas, mejorando estándares de construcción, fortaleciendo los servicios de ayuda y rescate y generando una mayor conciencia pública del riesgo.

Estos principios podrán darle una estructura global a los planes de recuperación y reconstrucción a largo plazo lo cual conducirá a mayores niveles de protección contra las futuras recurrencias de un terremoto. Pueden utilizarse para convertir el desafortunado evento de un desastre en ventajas únicas para acciones de mitigación que deben desarrollar las autoridades y que deben ser aceptadas por la comunidad. La reconstrucción ofrece una importante oportunidad para mejorar el nivel de seguridad. Este proceso de reconstrucción debe tomarse cuidadosamente; la protección a largo plazo bien justifica hacerse correctamente.

REFERENCIAS

Aysan Y. Coburn A. Davis I. Spence R. Mitigation of Urban Seismic Risk, First year Report, ODA and México City DDF, 1989.

* AYSAN Y. OLIVER, P. 1987, Housing and Culture After Earthquakes, A Guide for Future Policy Making on Housing in Seismic Areas, published for Overseas Development Administration, Oxford Polytechnic.

* COBURN A.W., LESLIE J.D.L. 1985. Dhamar Building Education Project, Project Assessment, OXFAM publication for the Executive Office of the Supreme Council for Reconstruction of the Earthquake Affected Areas, Yemen Arab Republic.

- * COBURN A,W.; LESLIE, J.D.L. ; TABBAN, A.; 1984 Reconstruction and Resettlement Eleven Years Later: A Case Study of Bingel Province, Eastern Turkey: International Symposium on Earthquake Relief in Less, Industrialized Countries, Zurich, Switzerland.
- * GONZALEZ GAMIO, M. Ciudad de México: política de descentralización de 1985, in Atlas de la Ciudad de México, DDDF et Colegio de México, 1987, pp. 172-73.
- * MENDEZ, LL., Assitance for the México Earthquake Victims, Disasters, Vol. 10, No. 1, 1986, pp. 25-26.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"RESPUESTA SOCIAL A REQUERIMIENTOS
DE VIVIENDA Y ALIMENTACION"
(TERREMOTO DE LOMA PRIETA)**

**SERVICIOS DE EMERGENCIA DE LA CIUDAD DE OAKLAND
Henry R. Rentería
Director de Servicios de Emergencia
Oakland, California
Estados Unidos**

RESPUESTA SOCIAL A REQUERIMIENTOS DE VIVIENDA Y ALIMENTACION
(TERREMOTO DE LOMA PRIETA)

Henry R. Rentería
Director
Servicios de Emergencia
Oakland, Estados Unidos

INTRODUCCION

A las 5:04 p.m. (hora de California) del martes 17 de octubre de 1989, un terremoto de 7.1 M. en la Escala de Richter, ocurrió a una profundidad aproximada de 18 Km debajo de la superficie terrestre en las montañas Santa Cruz en California. El epicentro se localizó cerca de 16 Km. al noreste de Santa Cruz y 30 Km al sur de San José. El terremoto afectó un segmento de 40 Km de la falla de San Andrés y se sintió desde Los Angeles en el sur y hasta la frontera de Oregón en el norte y Nevada en el este.

Hubo daños en un área de 8.000 Km². El fuerte movimiento duró 15 segundos y causó más de US \$7 mil millones en pérdidas. La única pérdida considerable de vidas humanas ocurrió a más de 90 Km del epicentro, al caer el viaducto de Cypress Street, segmento elevado de una milla de distancia en la Autopista Interestatal 880, cobrando 42 vidas.

Este terremoto aunque no es de los más fuertes, mató 62 personas, hirió 3.757, destruyó 367 negocios y dejó más de 12.000 personas sin hogar.

Las pequeñas comunidades cerca al epicentro fueron las más afectadas. Las casas individuales de madera se deslizaron de sus cimientos; los viejos locales comerciales se derrumbaron, enterrando cuatro ocupantes y creando desastres económicos para propietarios de pequeños negocios en estas comunidades. Las familias ubicadas en la zona del epicentro permanecieron sin refugio, ni agua ni alcantarillado durante meses después del evento. Diez condados fueron incluidos en la declaración presidencial sobre el desastre emitida luego del evento.

La red de transporte se vió seriamente afectada ya que además del viaducto Cypress Street, el Puesto de la Bahía de Oakland perdió un tramo de unión y fue cerrado durante un mes para repararlo. Otras dos importantes vías en San Francisco fueron inmediatamente cerradas luego del terremoto y permanecieron cerradas meses mientras se debatía su reparación y seguridad en el futuro. Numerosos deslizamientos de tierra cerraron parte de la Autopista Interestatal 17, la cual atraviesa la zona rural del Condado de Santa Cruz, afectando el tráfico durante varias

semanas.

Los daños en el Distrito de la Marina en San Francisco, a 98 Km del epicentro, desalojaron temporalmente a cientos de residentes. Los sistemas de líneas vitales fueron interrumpidos durante meses por reparaciones extensivas. Los centros administrativos de vivienda urbana enfrentaron difíciles situaciones ante las exigencias de albergue, ya que aproximadamente 5.100 unidades de vivienda en San Francisco y 3.400 en el Condado de Alameda, fueron afectadas o destruidas.

Aunque el terremoto se centró en una zona de baja densidad de población, fue lo suficientemente fuerte para producir daños a lo largo de varias comunidades y jurisdicciones gubernamentales. Ofreció una visión de los problemas asociados con el terremoto en la zona metropolitana.

Personas sin Casa Luego del Terremoto

El terremoto afectó una amplia gama de individuos y unidades de vivienda, desde residentes en los niveles socioeconómicos más altos hasta trabajadores y familias pobres que no tenían vivienda de ninguna clase antes del terremoto. El terremoto ofrece una buena oportunidad para examinar a fondo si la política de atención de desastres y los esfuerzos de asistencia de desastres son justos, así como si estas políticas y prácticas son consistentes con las realidades de la vida urbana moderna. El público tiene o tuvo expectativas irreales sobre el tipo y monto de la ayuda federal? La considerable cantidad de ayuda privada refleja el hecho de que la ayuda gubernamental es limitada y dirigida?

El punto de la vivienda permanece como tragedia de este desastre. Los albergues de emergencia inmediatamente después del terremoto fueron efectivos, pero se presentó un conflicto entre los desposeídos crónicos y los desposeídos por el terremoto, dos tipos de gente muy diferentes.

De acuerdo con información previa, había aproximadamente 13.000 desposeídos y cerca de 6.500 unidades afectadas o destruidas (incluyendo viviendas individuales, edificios de apartamentos y casas móviles).

Vivienda de bajos ingresos

A excepción de quienes perdieron a un ser querido en el terremoto, nadie sufrió tanto como quienes perdieron sus hogares. Diez hoteles residenciales y edificios de apartamentos en el centro de Oakland con cerca de 1.200 unidades de bajos ingresos se incluyeron dentro de las casi 4.000 residencias perdidas en el Condado de Alameda. En el Condado de Santa Cruz se perdieron 4.000 unidades de vivienda incluyendo 4 importantes hoteles residenciales en el centro de Santa Cruz, y 8% del total

de las viviendas en la ciudad de Watsonville. En San Francisco hubo cerca de 5.000 unidades averiadas o destruidas, la mayoría de las cuales pertenecían a personas con ingresos por encima del promedio.

El 50% de la vivienda que se perdió constituía refugio para poblaciones de bajos ingresos, muchos de los cuales quedaron sin hogar al cerrar los albergues de emergencia. Había muy pocas opciones de alternativas de vivienda a largo plazo debido a los bajos índices de desocupación (1% a 3%) de las zonas. Las organizaciones de vivienda gubernamental y de la comunidad intentan desesperadamente reemplazar o reparar la vivienda perdida pero se ven frustrados por la limitada financiación que existe para una vivienda que esté dentro de las posibilidades económicas y el hecho de que la ayuda federal prácticamente no existe. Todo lo anterior va unido a la necesidad de establecer estándares de refuerzo para edificios de mampostería no reforzada (URM) ya construidos. Por lo general, estos edificios se utilizan como unidades de vivienda para bajos ingresos.

Refugios de Emergencia

En las horas siguientes al terremoto, a medida que se inspeccionaban los edificios por daños, se abrieron albergues de emergencia en todas las ciudades afectadas. La Cruz Roja Americana, junto con el gobierno local, asume la responsabilidad. La Cruz Roja local designa previamente la ubicación de los refugios. Esta acción facilita el reembolso de gastos a los dueños de edificios designados para uso como albergues. Los acuerdos y la planificación posteriores relacionados con el uso y actividades del albergue perfeccionarán el proceso.

Para responder a este terremoto, la Cruz Roja utilizó más de 7.000 individuos entre su propio personal y voluntarios. Muchos ya habían pasado semanas en Carolina del Norte y del Sur, Puerto Rico, o en el Caribe trabajando en labores de atención, luego del paso del Huracán Hugo.

Durante los dos meses siguientes al terremoto:

- 45 albergues operaron
- Más de 6.000 personas fueron alojadas temporalmente
- Se asignaron enfermeras a todos los albergues para colaborar con problemas médicos menores y consejería para crisis
- Se realizaron más de 6.500 encuestas sobre bienestar luego del desastre
- Se sirvieron más de 20.000 comidas diarias en los refugios y vecindarios donde se realizaban labores de limpieza
- Se prepararon y distribuyeron más de 485.000 comidas.

Diferencias entre los Grupos de Población en Albergues

Los programas, reglamentaciones y capacitación existente para el cuidado y albergue masivos no reflejan las épocas actuales. Estos programas se diseñaron para tratar con evacuados de áreas suburbanas de clase media. Las reglamentaciones se diseñaron para tratar las necesidades de albergue y vivienda a corto plazo. La capacitación no refleja sensibilidad alguna ni conocimiento alguno de las necesidades especiales de los grupos o poblaciones con diferentes necesidades culturales, éticas y socioeconómicas y distintos estilos de vida.

Las víctimas del terremoto oscilaban entre propietarios de viviendas en el Distrito de la Marina en San Francisco, pertenecientes a la clase alta sin problemas financieros y trabajadores agrícolas inmigrantes, que ni siquiera hablan inglés, del área de Santa Cruz. Oakland tenía una población propia que incluía los pobres y desposeídos y gente con problemas de salud mental y de droga. Esta diversa mezcla de gente provocó una discrepancia sobre la forma de tratar a la gente en los refugios. En San Francisco, los negocios locales donaron caviar y vino a los evacuados del Distrito de la Marina. Estas personas terminaron quedándose en los refugios unos pocos días y eventualmente consiguieron alojamiento entre amigos y familiares.

En Oakland y Santa Cruz hubo problemas en el cuidado y albergue masivos. Algunas personas no querían regresar a los edificios por temor (el área continuaba sintiendo movimientos luego del terremoto) o en otros casos, no quedaron edificios para alojar la gente. No había suficientes instalaciones con duchas o baterías de cocina.

Los evacuados requerían un trato especial, algunas veces en otro idioma, para convencerlos de abandonar sus viviendas averiadas. Para muchas de estas personas lo único que poseían en el mundo estaba localizado en ese diminuto apartamento o pequeña casa. Equipos conformados por inspectores e ingenieros de construcción, trabajadores en salud mental, funcionarios de control de parques y funcionarios de control animal trabajaron juntos para prestarle ayuda a los evacuados de viviendas declarados inhabitables.

Los funcionarios de control de parques se utilizaron para asumir la autoridad, ya que los departamentos locales de policía no contaban con suficiente personal para los esfuerzos de evacuación. Algunos refugios comenzaban a parecer prisiones.

Surgieron problemas en varios refugios de Oakland y San Francisco cuando aparecieron desposeídos crónicos y solicitaron ayuda. En un caso, se presentó un problema donde se tuvo que aplicar la ley, ya que surgieron peleas y demás problemas de seguridad. Los desposeídos crónicos también requerían la atención de profesionales de la salud mental y del personal de cuidado médico.

El personal y los voluntarios que trabajaban en los refugios tenían dificultades para tratar con estas poblaciones. El entrenamiento y la experiencia con que contaban no los había preparado para los problemas únicos que estaban viviendo. Es básico informar al personal sobre aquello que deberán manejar y ayudarles a resolver sus dudas.

Los programas de manejo de albergues deben responder a las necesidades culturales, étnicas y socioeconómicas de las poblaciones refugiadas. Muchas víctimas comenzaron a rechazar las comidas y comodidades que ofrecían los refugios. La comida era extraña y las comodidades no tenían uso alguno. Quienes trabajaban en los albergues se molestaron por esto y consideraban que las víctimas "debían agradecer lo que podían conseguir". Sin embargo, estos trabajadores deben ser más sensibles ante aquellos que están afectados por el trauma del terremoto y su condición de desposeídos y ofrecerles algo familiar que satisfaga sus necesidades básicas. Es obvio que muchos de quienes trabajaron en el desastre no estaban preparados para trabajar con gente tan diferente a ellos.

Alimentos.

Tal como se mencionó anteriormente, el tipo de comida que se sirve en un albergue puede convertirse en experiencia negativa según el grupo en el que se está sirviendo.

La adecuada planeación que identifique la población y sus necesidades podría aliviar algunos de estos problemas. La abundancia y adquisición de alimentos no constituían un problema. Las tiendas de alimentos y bodegas locales en el área de la bahía tenían más que suficiente alimentos y agua para alimentar la población refugiada.

Esta es una ventaja definitiva de las grandes ciudades ante este tipo de desastres. Los daños de un terremoto como el de Loma Prieta ocurrirán en muchas secciones de la ciudad; muchas zonas sufriran daños leves o ninguno. Tal fue el caso de la Bahía, por lo tanto la comida y el agua abundaban. Para la alimentación a largo plazo, la Cruz Roja ha establecido un proceso y un sistema para comprar las provisiones necesaria.

La Cruz Roja y el Gobierno Federal tienen requisitos mínimos para el cuidado y albergue masivos. Estos requisitos constituyen pautas y pueden adaptarse a las necesidades y alcance del desastre. Los requisitos mínimos son los siguientes:

- Tamaño de refugio: Por lo menos 9 m² de espacio neto de piso por cada refugio; mínimo 2 m de altura
- Agua: mínimo 1.8 lt de agua potable por persona diario.

Debe haber agua adicional para combatir incendios, para baños, cocina y lavado.

En caso de que deba racionarse el agua, un individuo no debe recibir menos de 0.9 lt de agua.

- **Alimentos:** Los adultos saludables pueden resistir hasta dos semanas sin comida siempre y cuando beban suficiente agua y permanezcan activos. Sin embargo, esta privación producirá problemas fisiológicos y psicológicos.

La cantidad mínima necesaria de calorías para mantener un adulto inactivo en un refugio es de 700 calorías diarias.

- **Aseo y sanidad:** Numerosas personas confinados en pequeños espacios producirán problemas de basuras e higiene.

Los refugios deben contar con servicios diarios de aseo y limpieza. La falta de estos servicios puede constituir un peligro para la salud y el ánimo de la población.

Nuevas Inquietudes y Consideraciones para Establecer Políticas:

El aspecto del cuidado masivo y los albergues para poblaciones "no tradicionales" constituyó una respuesta crítica durante este terremoto y continuará siéndolo en el próximo. El problema de los desposeídos que existe en el área de la Bahía de San Francisco puede también encontrarse, y aún a mayor escala, en otras comunidades metropolitanas grandes. Estas son algunas de las inquietudes críticas que surgieron a raíz este terremoto:

- Quienes son desposeídos antes de un desastre, tienen derecho o ayuda luego de que suceda un desastre?
- Quienes son desposeídos antes de un desastre deben albergarse con "desposeídos por el terremoto", o deben alojarse en refugios separados?
- Si los gobiernos locales pierden parte de su capacidad de vivienda de emergencia como resultado de un desastre, deberán las agencias de atención de desastres u otras ramas del gobierno estatal o federal aportar fondos para reemplazar la vivienda pérdida?
- Los requisitos para determinar quién tiene derecho a asistencia por un desastre serán muy estrechos?
- Los actuales requisitos para determinar quién tiene derecho a asistencia discriminan contra residentes de diferentes categorías?

CONCLUSION

Los profesionales de servicios de emergencia siempre hablan en términos de las "enseñanzas" que deja un desastre. Este terremoto nos enseña nuevos métodos y enfoques a la respuesta a un desastre. Sin embargo, el terremoto reafirmó viejas lecciones o resaltó problemas existentes.

En el aspecto de cuidado masivo y albergues es obvio que las grandes ciudades deben identificar la conformación de sus respectivas poblaciones con anterioridad al desastre. Los planes de emergencia relacionados con vivienda y alimentación deben incorporar la diversidad de los diferentes grupos de población.

En un país como Estados Unidos, el cual se ve así mismo como el lugar donde se "mezclan" las culturas mundiales que conforman a sus ciudadanos, esta sensibilidad ante las necesidades de personas diferentes es crítica.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"REVISIÓN DE NORMAS Y REFUERZO DE CONSTRUCCIONES
DESPUES DE TEMBLORES INTENSOS: MEXICO 1.985"**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Luis Esteva M.
Director
Instituto de Ingeniería
Ciudad Universitaria, México.**

REVISION DE NORMAS Y REFUERZO DE CONSTRUCCIONES
DESPUES DE TEMBLORES INTENSOS: MEXICO 1985

Luis Esteva*

Introducción

Cada temblor intenso nos hace dudar sobre las estimaciones previas de peligro y riesgo sísmico, nos trae nuevas lecciones sobre comportamiento de construcciones y nos obliga a revisar criterios y procedimientos de diseño y ejecución de obras de ingeniería. También nos conduce a la necesidad de evaluar la seguridad de estructuras existentes, de establecer criterios para decidir sobre su reparación o refuerzo y de desarrollar métodos de construcción confiables para estas últimas labores.

La revisión de las normas de diseño y construcción se realizan bajo el criterio de lograr un balance óptimo entre seguridad y economía de las obras que se realicen de acuerdo con ellas. Para este fin es indispensable actualizar conocimientos sobre las relaciones entre excitación y respuesta sísmicas a la luz de las experiencias derivadas de las observaciones, así como de estudios teóricos y experimentales estimulados por ellas y que amplíen su alcance.

La formulación de normas para reparación y refuerzo de estructuras existentes reviste problemas importantes. Por una parte, cuando las observaciones, tanto sismológicas como de ingeniería, señalan la necesidad de incrementar las sollicitaciones de diseño, de mejorar los detalles constructivos y de hacer más estrictos los criterios de control de calidad para obras nuevas, surgen dudas sobre el grado en que los nuevos requisitos deben afectar a las estructuras existentes, principalmente en los casos en que no se observan daños de consideración. Por otra parte, la gran dispersión que suele presentarse en los niveles de daños sufridos por construcciones que en apariencia son igualmente seguras genera serias incertidumbres sobre posibles daños ocultos en construcciones aparentemente sanas o sobre la posibilidad de su comportamiento más desfavorable ante temblores futuros de intensidad comparable a las que tales construcciones han resistido. Aquí, como al formular normas aplicables a construcciones nuevas, rigen los criterios de balance óptimo entre seguridad y economía, pero en condiciones diferentes de información sobre comportamiento esperado y de relaciones entre seguridad y costo.

Las consideraciones anteriores condujeron la revisión de las normas de diseño y construcción en el Distrito Federal después de los temblores de septiembre de 1985, así como el establecimiento de requisitos de reparación y refuerzo de construcciones existentes. En el trabajo presente se resumen los requisitos que se establecieron, tanto para obras nuevas como para las que sobrevivieron los temblores de 1985, así como las observaciones y estudios que condujeron a ellos. Además, se describen las

* Investigador y Director, Instituto de Ingeniería, UNAM
Ciudad Universitaria, 04510, México, D F

soluciones adoptadas para reparar o reforzar algunas construcciones importantes.

Lecciones derivadas del temblor del 19 de septiembre de 1985

Las observaciones sobre el comportamiento de construcciones durante el evento citado, así como los estudios realizados para interpretar las observaciones o para extender su alcance han sido ampliamente difundidos (1-4), por lo que aquí se presenta únicamente un resumen de las conclusiones, como punto de partida de la revisión de las normas. Gran parte de esta sección es prácticamente una traducción de la ref. 3.

La adopción de normas modernas de ingeniería sísmica en la ciudad de México data de 1957, como consecuencia del temblor que ocurrió ese año, causando alrededor de 100 muertes, el colapso de seis edificios y un elevado monto de daños en estructuras y acabados; pérdidas que eran las mayores hasta entonces observadas en la ciudad. Lo que entonces se aprendió sentó las bases para las varias revisiones de normas de diseño sísmico que tuvieron lugar entre 1957 y 1985, en todas las cuales la intensidad observada en 1957 se tomaba como referencia para establecer los espectros de diseño. Durante el temblor de 1985 se registró en un sitio en la zona de terreno arcilloso de la ciudad de México una aceleración máxima del terreno igual aproximadamente al triple de la que se estima debió haber ocurrido en 1957 en el centro de la ciudad, también en terreno blando, aunque algo más compacto que el del primer caso. De ahí que la principal lección del evento de 1985 haya sido que su intensidad superó ampliamente el valor máximo probable implícito en las normas entonces vigentes.

Dadas las observaciones sobre daños causados por temblores intensos en la ciudad a partir de 1957, no causó sorpresa notar que las amplitudes del movimiento del terreno, así como su duración y ordenadas espectrales sufrían amplificaciones considerables en una extensa zona de la ciudad, como consecuencia de las características locales del terreno, pero la magnitud de la amplificación fue en verdad inesperada. Cuando se comprende que los espectros de diseño, reducidos por comportamiento no lineal, que se especifican para el diseño de estructuras ordinarias de acero o de concreto reforzado tienen ordenadas máximas de 0.06g, mientras que el espectro lineal, para 5 por ciento de amortiguamiento, que resulta del acelerograma registrado en el estacionamiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) alcanzó ordenadas cercanas a 1g, no parece necesario buscar razones adicionales para explicar la profusión de daños sufridos por estructuras, cimentaciones y tuberías subterráneas. Los ingenieros encargados de revisar las normas de diseño y construcción hubieron de afrontar los problemas de entender las reservas de resistencia estructural que permitieron la supervivencia de muchos edificios, de actualizar sus estimaciones del peligro sísmico en la ciudad de México y decidir sobre niveles aceptables de riesgo, de asimilar las lecciones derivadas de la respuesta de construcciones razonablemente bien proyectadas y ejecutadas ante temblores de muy elevada intensidad, y de estimar el posible impacto de modificar los reglamentos de diseño y construcción en la seguridad y en la economía. A pesar de la gran destrucción observada, en proporción con el tamaño de la ciudad que afectó

el evento no puede tomarse como un desastre comparable a los que prácticamente o literalmente han borrado del mapa poblaciones enteras.

A continuación se describen brevemente los principales tipos de daño observados.

Falla frágil de columnas. El colapso de muchos edificios de concreto reforzado se debió a la incapacidad de sus columnas para resistir las excesivas demandas de ductilidad impuestas en ellas por un número elevado de repeticiones de carga, lo que dió lugar a la degradación del material en mayor grado que lo que se habría esperado con base exclusivamente en experiencias previas sobre la respuesta de estructuras similares a un número menor de deformaciones muy grandes, como es típico de la respuesta estructural en terreno firme cerca del epicentro de temblores de gran magnitud. A la acentuada vulnerabilidad de estos miembros contribuyeron la escasez de anillos en columnas, lo amplio de su separación y la concentración excesiva de refuerzo longitudinal en paquetes en las esquinas.

Incertidumbres asociadas con respuesta no lineal. Gran parte de lo que aprendimos tiene que ver con las discrepancias entre las respuestas de estructuras cuando sufren incursiones importantes en sus intervalos de comportamiento no lineal (y pueden verse sujetas a procesos severos de degradación de rigideces) y las respuestas predichas por medio de los procedimientos aproximados que aplican los ingenieros en forma rutinaria al diseñar estructuras. A estos problemas nos enfrentamos en las muchas clases de edificios asimétricos, cuyo colapso resultó probablemente de oscilaciones torsionales extremas, a pesar de recomendaciones reglamentarias que tratan de cubrirlas; o en los muchos casos de primer piso débil, en donde la profusión de muros de mampostería colocados como relleños en todos los entrepisos a excepción del primero aumenta la capacidad lateral de los entrepisos superiores, reduce drásticamente la posibilidad de que disipen energía mediante comportamiento no lineal y obliga a que este fenómeno se concentre en los miembros estructurales del primer entrepiso.

Impacto e interacción suelo-estructura. En más de 40 por ciento de los edificios colapsados o seriamente dañados ocurrió impacto con estructuras adyacentes. En algunos casos el impacto únicamente causó daños locales menores, pero en otros condujo al colapso. El cabeceo debido a la interacción suelo-estructura pudo haber aumentado la intensidad de los impactos, y puede también ser responsable de los muchos casos de falla de los pisos superiores.

Efectos P-delta. Los grandes desplazamientos de entrepiso e inclinaciones residuales de muchos edificios señalan las contribuciones decisivas de los efectos P-delta a daños y colapsos.

Sobrecarga de edificios. Muchos casos de colapso o daño severo se asocian con cargas muertas o vivas en exceso de los valores especificados. Con frecuencia, las excesivas cargas vivas resultaban de alteraciones del tipo de ocupación o de emplear para archivos pesados los espacios destinados a mobiliario convencional de oficinas, en particular en los pisos superiores de edificios empleados para oficinas de depen-

dencias gubernamentales.

Comportamiento inadecuado de losas planas aligeradas. Las estructuras a base de losas planas aligeradas se diseñaban con frecuencia en México para condiciones sísmicas considerando rigideces y coeficientes de distribución de momentos determinados empíricamente años antes en los Estados Unidos para losas planas sólidas convencionales, que poseían ábacos y capiteles sólidos, bajo la acción de cargas verticales. Estos criterios habían mejorado considerablemente con base en investigación realizada durante los últimos diez o quince años, pero las mejoras sólo en casos aislados habían trascendido a la práctica de la ingeniería. En consecuencia, las estructuras a base de losas planas que se empleaban en México eran muy flexibles y poco dúctiles. Muchas fallaron en sus columnas, y en otros casos estas perforaron las losas, las cuales fallaron en cortante bajo la acción de cargas verticales y laterales.

Daños previos. Muchas construcciones en la ciudad presentan inclinaciones o asentamientos diferenciales significativos, resultantes de cargas permanentes o de temblores previos, y no es poco probable que algún daño producido por estos se halle oculto en miembros estructurales o en cimentaciones. Aunque no es fácil estimar la relación entre asentamientos diferenciales, daño estructural y capacidad sísmica remanente, existe poca duda sobre el efecto que en reducir la resistencia lateral tienen la asimetría de las curvas carga-deformación (5, 6) y la consecuente acumulación de fluencia plástica en una dirección debida a la inclinación de la cimentación, sea que esta haya ocurrido antes del temblor o durante el mismo.

Fallas de cimentación. No fueron muchos los casos de predominio obvio de la falla de cimentación, pero en ciertos casos fueron lo suficientemente drásticos para hacer notar el riesgo planteado por reducciones substanciales de la capacidad en cortante de masas de suelo sujetas a un número elevado de ciclos de carga. Algunas cimentaciones a base de pilotes de fricción mostraron ser particularmente susceptibles a estas reducciones, y dieron lugar a inclinaciones residuales excesivas de edificios, incluyendo un caso de colapso por volteo. Se tuvieron también algunos casos de edificios con valores pequeños de la relación altura/ancho, que se asentaron como cuerpo rígido, casi verticalmente, probablemente como resultado de la pérdida de capacidad de carga asociada con la pérdida de la resistencia en cortante de la arcilla, sujeta a la combinación de elevadas presiones verticales y cargas laterales alternantes.

Variaciones rápidas de densidad de daños. Mucha atención han atraído las variaciones drásticas de densidades de daños con la localización dentro de la zona de terreno blando en la ciudad de México. Diversas explicaciones factibles se han expresado en relación con dichas variaciones, desde hipótesis relativas a la presencia de subzonas pequeñas de material más blando que el promedio, o de concentraciones aleatorias de estructuras más débiles, hasta la posibilidad de interferencia constructiva de trenes de ondas superficiales que viajan a los bordes del valle de México y se reflejan ahí. La última hipótesis se apoya en resultados preliminares de estudios de respuesta dinámica realizados a partir de modelos simplificados de la morfología y la estratigrafía del valle.

Deformaciones locales del suelo. En las áreas de la ciudad de México en donde se presentaron las mayores intensidades, se observaron grandes deformaciones locales del terreno, típicas de ondas superficiales de gran amplitud. Estas deformaciones dieron lugar a flexión de rieles de travías, aplastamientos locales del pavimento y falla de tuberías de asbesto-cemento y fierro fundido del sistema de distribución de agua. El hecho de que en ningún temblor previo en la ciudad, al menos durante el presente siglo, se haya observado la ocurrencia extendida de estos tipos de daños, a pesar de que algunos de los elementos afectados existían desde entonces, puede tomarse como indicador de la excepcional intensidad del temblor del 19 de septiembre de 1985.

Resumen de las lecciones aprendidas. La regularidad del movimiento y lo elevado del número de ciclos dieron lugar a un deterioro más pronunciado de rigidez y resistencia que el que suele provenir de temblores de banda ancha y corta duración registrados en terreno firme.

La regularidad del movimiento hizo especialmente vulnerables a las estructuras con periodo fundamental "efectivo" (es decir, valor alargado a partir del periodo lineal inicial, como consecuencia de respuesta no lineal) cercano a 2 seg. El deterioro de resistencias fué responsable de la mayor vulnerabilidad de columnas de concreto reforzado, en comparación con la de losas y vigas, así como de la reducción de la capacidad ante ciertos modos de falla, tales como los debidos a cortante y adherencia.

El temblor evidenció abruptamente las amplias incertidumbres asociadas con los procedimientos aplicados rutinariamente en la práctica de la ingeniería para estimar las respuestas de estructuras ante temblores intensos. Esta es una de las más importantes lecciones, y se relaciona fuertemente con otra, igualmente importante: mostrar las limitaciones de los métodos de frontera de la práctica para responder a la pregunta de por qué sobrevivieron tantas construcciones, a pesar de la excepcional intensidad del movimiento del terreno.

Revisión de normas de diseño sísmico

Inmediatamente después de los temblores se integraron por decreto del Presidente de la República, diversas comisiones orientadas a realizar las labores de rescate y restablecimiento ante la emergencia y dictar las normas técnicas requeridas para el reforzamiento de las construcciones dañadas y para la ejecución de nuevas obras. Esta última misión, incluyendo la evaluación técnica del comportamiento observado de las construcciones, quedó a cargo del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción, constituido por investigadores especialistas en sismología e ingeniería sísmica, ingenieros de diseño y construcción y miembros de dependencias oficiales. Este grupo coordinó los trabajos iniciales de observaciones técnicas sobre los efectos del temblor, identificó temas que requerían investigarse y planteó la revisión de las normas en dos etapas: una de emergencia, casi inmediata, y otra, más profunda y completa, a mediano plazo (del orden de un año). La primera revisión, apoyada en lo técnico por las conclusiones inmediatas de una campaña de observaciones de comportamiento de construcciones, se promulgó como Nor-

mas de Emergencia (7) cinco semanas después del temblor. La segunda se terminó a principios de 1987 y se implantó a mediados del mismo año (8).

Las Normas de Emergencia incluían modificaciones importantes al Reglamento de Construcciones entonces vigente y a sus Normas Técnicas Complementarias. Entre estas modificaciones destacan las siguientes (2):

- a) Los coeficientes para diseño sísmico para construcciones ordinarias de habitación y oficinas fueron incrementados en 67 por ciento para el área de terreno blando y en 33 por ciento para la zona de transición.
- b) Los factores de reducción de resistencia (que se aplican en las ecuaciones de diseño a los valores nominales de las resistencias últimas) sufrieron disminuciones que fluctúan entre 18 y 33 por ciento para los modos frágiles de falla de estructuras de concreto reforzado y de acero. Se aplicaron reducciones aun mayores a la capacidad de adherencia entre el suelo y pilotes de fricción.
- c) Se hicieron considerablemente más estrictos los requisitos relativos a detalles constructivos orientados a lograr comportamiento dúctil y evitar el deterioro causado por repetición de cargas.
- d) Se impusieron restricciones severas a los valores nominales permisibles de excentricidades torsionales de entrepiso.
- e) Se acentuaron los requisitos previamente existentes relativos a uniformidad de rigideces y factores de seguridad a lo largo de la altura de edificios.
- f) De manera similar, se acentuaron las limitaciones relativas a deformaciones laterales tolerables de edificios y los requisitos de distancias libres entre construcciones existentes, como función de tales deformaciones.
- g) Se estableció la obligación de contar con un supervisor de obra, independiente del contratista, para edificios especialmente importantes o grandes (area construida mayor de 3000 m²).
- h) Los planos estructurales deben incluir dibujos a escala de los detalles constructivos, en particular de los de refuerzo de miembros y conexiones.
- i) Cualquier cambio de ocupación o destino de una construcción requiere de la aprobación, por las autoridades de la ciudad, de un estudio detallado realizado por un especialista responsable registrado, que muestre que las condiciones de seguridad que resulten no serán inferiores a las correspondientes a las condiciones originales.
- j) Se establece la obligación, para todo propietario u ocupante de un inmueble, de denunciar ante las autoridades del Departamento del Distrito Federal los daños de que tenga conocimiento que presenten las estructuras y los muros de dicho inmueble.

k) Los propietarios de inmuebles dañados deben repararlos con base en los resultados de un dictamen técnico aprobado por el Departamento del Distrito Federal. Si los daños carecen de importancia para la estabilidad de la construcción, el dictamen puede señalar que ésta puede dejarse en la situación en la que quedó después del temblor o bien solo repararse o reforzarse localmente. En caso contrario, la estructura deberá reforzarse de manera de satisfacer las normas de emergencia. Para tal efecto se estipula que los elementos de la estructura deberán ser objeto de una inspección detallada, en la que se retiren los recubrimientos que puedan ocultar daños estructurales.

El reglamento de 1987 y sus Normas Técnicas Complementarias toman en cuenta resultados preliminares de la investigación realizada hasta el momento de preparar la versión final. Aunque restaban muchas dudas y quedaban por digerir muchas lecciones, los documentos revisados fueron enviados a las asociaciones de profesionales relacionados con la industria de la construcción, a fin de recabar las opiniones de sus miembros. Los comentarios que surgieron fueron analizados e incorporados al texto cuando se consideró procedente. La versión final se presentó en junio del mismo año y fué promulgada oficialmente poco después.

La revisión no se limitó exclusivamente a aspectos de ingeniería, sino que tuvo un carácter mucho más amplio. En lo que respecta a conceptos relacionados con seguridad estructural, se introdujeron modificaciones importantes, entre otras, en los capítulos que tratan con la definición de cargas, los requisitos de diseño para diversos tipos de materiales y miembros estructurales, las normas para aseguramiento de la calidad y los criterios específicos para análisis y diseño sísmico.

En comparación con el reglamento de 1976, que regía en 1985, la versión de 1987 incluye, como las Normas de Emergencia de 1985, intensidades de diseño más elevadas; criterios más estrictos para resolver los detalles de miembros estructurales y sus conexiones, de manera de mejorar su capacidad para soportar deformaciones alternantes grandes; criterios más estrictos para control de calidad de materiales, en particular concreto, y para supervisión de campo; responsabilidades más claras respecto a mantenimiento y cambios de ocupación y destino de edificios.

Teniendo en cuenta las observaciones de campo y los resultados de los estudios teóricos sobre respuesta dinámica de sistemas no lineales, se concluyó que la irregularidad de una construcción contribuía a acentuar la incertidumbre relativa a respuesta y comportamiento. Por tal motivo, los coeficientes requeridos de carga lateral se hacen depender de la regularidad de cada estructura, tanto en geometría como en propiedades mecánicas (rigidez y resistencia de entrepisos, excentricidades de fuerzas cortantes, etc.).

La información relativa a las variaciones espaciales de intensidad del temblor de 1985 se reflejaron en la microzonificación sísmica adoptada en el Reglamento de 1987. Por un lado, se modificaron las fronteras entre zonas determinadas exclusivamente a partir de las propiedades del suelo local; por otro, se reconoció la existencia, dentro de la zona de terreno blando, de otra de mayor peligro sísmico, para la que se establecieron criterios más estrictos de diseño.

Finalmente, el Reglamento de 1987 requiere que todas las construcciones existentes del grupo A (construcciones muy importantes, cuya falla probablemente costaría muchas vidas o daría lugar a excesivas pérdidas materiales o culturales) que no satisfagan ni los requisitos de dicho Reglamento ni los de las Normas de Emergencia de 1985 se refuercen de acuerdo con las especificaciones del primero. Este requisito se aplica también a construcciones del grupo B (ordinarias) para las que existan dudas fundadas sobre su seguridad relativa a condiciones de falla o de servicio, sea porque tales construcciones hayan sufrido daños serios en 1985 o por alguna otra razón.

En las refs. 2, 7, 8 se describen en detalle las Normas de Emergencia de 1985 y el Reglamento de 1987.

Reparación y refuerzo de construcciones

Como todas las decisiones relativas a seguridad de obras de ingeniería, las relacionadas con reparación y refuerzo de construcciones que hayan estado sometidas a un temblor intenso implican la necesidad de obtener el equilibrio óptimo entre seguridad y costo. Las decisiones relativas a reparación y refuerzo resultan en general más complicadas que las que suelen tomarse para el diseño y construcción de estructuras nuevas por las razones que se discuten en los párrafos que siguen.

Con frecuencia es difícil determinar el nivel de daños acumulados en una construcción bajo la acción de cargas permanentes, asentamientos de la cimentación y uno o más temblores intensos. En consecuencia, es igualmente difícil estimar la capacidad de dicha construcción para resistir sismos futuros, de intensidades comparables a las implícitas en las normas de diseño sísmico, en particular si dichas normas se han vuelto más severas durante la vida de la construcción, como suele ocurrir a raíz de un sismo intenso.

La evidencia relativa al comportamiento satisfactorio de una construcción durante un temblor de intensidad excepcionalmente elevada no es garantía de que se tendrá un comportamiento igualmente satisfactorio ante un evento futuro de intensidad comparable. Aunque la evidencia citada en ocasiones puede ser reflejo de que la capacidad de la construcción, incluyendo la contribución de los elementos "de relleno", baste para resistir cualquier temblor de la misma intensidad, no puede descartarse la posibilidad de que se haya dado una combinación favorable de propiedades mecánicas de la construcción y características detalladas del movimiento del terreno, pero que sea baja la probabilidad de que se presente una combinación semejante en un temblor futuro de intensidad comparable. Además, en ninguno de estos supuestos debe ignorarse la posibilidad de que la respuesta al último temblor intenso haya contribuido a reducir la capacidad ante sismos futuros.

El refuerzo de una estructura existente para satisfacer los requisitos de normas más estrictas que las que sirvieron de base al proyecto original suele implicar la necesidad de incrementar la capacidad de la estructura ante cargas laterales. Esto puede lograrse reforzando los elementos existentes o añadiendo otros nuevos. En ambos casos, es menester

garantizar la correcta transmisión de esfuerzos entre los nuevos miembros y entre estos y la obra original.

Del comportamiento de los correspondientes detalles depende en gran medida el éxito o el fracaso de un sistema de refuerzo, por lo que es esencial poner especial cuidado en su diseño, evitando aquellas soluciones cuyo buen desempeño no sea avalado por estudios teóricos o de laboratorio o por observaciones de campo.

Además de los estudios orientados a conocer el comportamiento de elementos de refuerzo y de las ligas entre ellos, es indispensable estudiar en conjunto la respuesta del nuevo sistema que resulta y de revisar las consecuencias que la presencia de los elementos de refuerzo pueda tener, tanto en la respuesta del conjunto como en el comportamiento de los miembros individuales, viejos y nuevos. Puede no bastar para estudiar estos efectos un análisis sísmico convencional de tipo lineal, sea estático o dinámico. Debe tenerse presente que, si los factores de seguridad reales (o sea, relaciones entre resistencia disponible y sollicitación) sufren variaciones rápidas entre diversos miembros o zonas de la construcción, puede ocurrir que al elevar la resistencia de ciertos miembros se propicie la concentración de las deformaciones inelásticas en los más débiles, haciéndolos más vulnerables. También puede ocurrir que al reforzar una zona de la construcción esta sea capaz de transmitir a otra zona fuerzas mayores que en temblores previos, propiciando en ella condiciones más desfavorables.

Es fácil pensar en ejemplos que ilustren los riesgos de aumentar la vulnerabilidad sísmica de una construcción como resultado de incrementar su capacidad de manera no uniforme. Un ejemplo es el de la estructura de periodo largo con respecto al dominante del sismo, que se refuerza en todos los entresijos con excepción del primero. En las refs. 2, 9, 11 se hace ver que en tales circunstancias la deformación lateral del primer entresijo excede significativamente la que se presentaría en la estructura cuyos entresijos superiores no se hubieran reforzado. Otro ejemplo es aquel en que la cimentación sobrevive porque resiste momentos de volteo mayores que los que la superestructura es capaz de transmitirle. Si esta última se daña a raíz de un temblor y se refuerza sin verificar que su resistencia no es mayor que la de la cimentación, puede ocurrir que en el siguiente temblor la falla se inicie en esta última, aunque la intensidad no sea mayor que la del temblor que resistió satisfactoriamente.

Igual cuidado debe tenerse antes de eliminar elementos que un análisis superficial califique como perjudiciales para la respuesta del conjunto, sin considerar los posibles beneficios que puedan resultar de su participación en el esquema estructural. Por ejemplo, la existencia de muros "de relleno" que interactúan con los marcos estructurales puede ocasionar torsiones indeseables del conjunto. Sin embargo, también proporcionan resistencia lateral y disipación de energía, y antes de eliminarlos o desligarlos de un cierto sistema estructural debe estudiarse si el sistema que resultaría sería más o menos seguro que el original.

Por fin, una dificultad importante en el proceso de reparación y refuerzo de estructuras es su costo. Este determina la decisión entre las

opciones de reforzar o demoler y volver a construir. No es raro que se adopten soluciones intermedias, como demoler la parte superior de un edificio, de manera de abatir los requisitos de resistencia para los miembros de la parte inferior, especialmente de la cimentación.

Sistemas de reparación y refuerzo: la experiencia mexicana

Muchos sistemas de reparación y refuerzo fueron propuestos, principalmente para las superestructuras de edificios. Dichos sistemas incluían tanto el refuerzo de elementos existentes como la adición de nuevos elementos resistentes o dispositivos disipadores de energía. También se formularon manuales con recomendaciones para diseñar y detallar elementos de refuerzo y sus conexiones (12, 13).

En lo que sigue la atención se concentrará en los sistemas propuestos o adoptados para casos específicos en México después del temblor de 1985, así como en algunos aplicados con anterioridad y cuyo comportamiento pudo observarse durante el evento citado.

Encamisado de miembros de concreto reforzado. Esta solución es muy frecuente en los casos en que no se quiere alterar la intercomunicación entre diversas áreas en un edificio. Consiste simplemente en aumentar la capacidad de trabes y columnas, añadiéndoles un recubrimiento adicional reforzado. Los principales problemas que presenta son lograr la adherencia del nuevo material con el original a lo largo de los miembros que se refuerzan y garantizar la continuidad de fuerzas y momentos internos en condiciones de comportamiento dúctil del conjunto. El primer problema se resuelve adoptando porcentajes y espaciamientos adecuados para el refuerzo del recubrimiento adicional. Para afrontar el segundo es necesario estudiar cuidadosamente las trayectorias de esfuerzos en las conexiones y verificar las condiciones de esfuerzo, deformación y posible deterioro de todos los elementos involucrados. Al efectuar esta revisión es indispensable considerar las condiciones desfavorables en que se realizan las obras de reparación y refuerzo en comparación con las que rigen al realizar la construcción original.

Con objeto de obtener información experimental útil para evaluar el sistema de estudio y apoyar la labor de quienes proponen diseños específicos, se inició en la Universidad de Texas en Austin un programa de pruebas que en su primera etapa incluyó tres conexiones viga columna, diseñadas inicialmente de acuerdo con la práctica vigente en Estados Unidos en la década de los cincuenta, falladas ante cargas alternantes y reforzadas posteriormente mediante el sistema de encamisado (14). Los detalles se muestran en las figs. 1 a 3, tomadas de la ref. 14. A diferencia del sistema original, el sistema encamisado se diseñó de acuerdo con el criterio de columna fuerte, trabe débil, lo que condujo a que los especímenes encamisados mostraran un comportamiento más dúctil de falla que los originales. Las pruebas también mostraron que la resistencia de un miembro previamente fallado y luego encamisado es menor que la de un miembro similar que no se haya llevado a la falla antes de encamisarlo. Los ensayos también hicieron ver la importancia de confinar el núcleo de la junta, lo que en estos casos se logró mediante jaulas construidas con ángulos de acero estructural, con rigidez transversal suficiente para

permitir eliminar el uso de estribos a lo largo de la junta y por tanto hacer innecesaria la perforación de las trabes. La adherencia entre los concretos de la columna original y de la camisa se mantuvo durante las pruebas, gracias al procedimiento constructivo adoptado, que incluyó picar la superficie de contacto entre ambos materiales antes de colar la camisa, y colocar en esta porcentajes generosos de refuerzo longitudinal y transversal a separaciones reducidas (fig. 2).

Muros adicionales. Esta solución se emplea con frecuencia, en vista de que los problemas que deben resolverse para lograr la continuidad estructural son más simples que los que plantea el sistema de encamisar miembros de flexión. Presenta dos variantes principales: a) muros continuos de concreto reforzado y b) diafragmas de relleno de marcos estructurales.

Los muros continuos de concreto reforzado pueden ligarse al sistema estructural a través exclusivamente de las losas de entrepiso o hacerse trabajar en conjunto con las columnas adyacentes del sistema original. En este último caso, las columnas actúan como elementos de borde, que se integran al muro, incrementando su momento de inercia y participando en su trabajo de flexión. El trabajo de conjunto implica que se desarrollen esfuerzos rasantes entre cada columna y el muro, lo que suele lograrse a través de encamisados que rodean a las columnas y se anclan en el muro (fig. 4, tomada de la ref. 15).

Los diafragmas de relleno de marcos estructurales suelen construirse con mampostería o con elementos precolados, aunque no es raro fabricarlos de concreto reforzado, colado in situ, o de mampostería combinada con un recubrimiento reforzado con malla de alambre. Mediante superficies rugosas, dentellones, conectores o dispositivos semejantes, puede lograrse que la zona de contacto entre marco y diafragma sea capaz de resistir esfuerzos rasantes. De otra manera, la interacción entre ambos sistemas tiene lugar exclusivamente por compresión diagonal del diafragma, que actúa como puntal que reacciona sobre esquinas opuestas del marco (fig. 5, tomada de la ref. 16). Para ambas condiciones de liga, pero en mayor grado para la segunda, las conexiones entre vigas y columnas y las zonas vecinas a ellas se ven sometidas a esfuerzos cortantes importantes causados por las presiones de contacto entre diafragma y marco que resultan del trabajo del primero en compresión diagonal. Si estos esfuerzos no pueden ser resistidos por los componentes del marco, esta forma de reforzarlo no será aplicable.

Tanto en el caso de diafragmas de relleno como en el de muros continuos, es usual que el refuerzo se aplique en unas cuantas crujías en cada dirección de un edificio. En estas crujías se concentrará la capacidad del sistema para resistir fuerzas laterales y su correspondiente momento de volteo, lo que puede ocasionar demandas excesivas sobre la cimentación.

Contrafuertes. Este tipo de refuerzo puede considerarse como un caso particular de los muros continuos de concreto reforzado (fig. 6, tomada de la ref. 17). Se aplicó ampliamente después del temblor de 1985 en los edificios del conjunto habitacional de Nonoalco-Tlatelolco.

Marcos adicionales. Este sistema de refuerzo se aplicó a edificios como el de la fig. 7 (tomada de la ref. 18), con planta baja débil en una dirección y muros de cortante en la otra, cuyo sistema de piso en el primer nivel está constituido por losa plana aligerada. Para aplicar esta solución se construyeron marcos a base de vigas y columnas, aprovechando para este fin algunas de las columnas existentes, que se encamisaron, y colando vigas de peralte mayor o igual al de la losa plana aligerada y unidas a ella de manera de asegurar su contribución al trabajo conjunto en flexión.

Refuerzo mediante elementos diagonales. Este sistema se ha empleado profusamente a partir de las actividades de refuerzo que siguieron al temblor de México de 1957. En su versión más usual consiste en convertir en armaduras verticales varias crujeas de los marcos en cada dirección, incorporando en cada entrepiso de cada una de dichas crujeas uno o dos elementos diagonales, capaces de trabajar en tensión y compresión o únicamente en la primera de estas formas (fig. 8, tomada de la ref. 19). En este último caso debe tomarse en cuenta al diseñar que en sus diagonales se presentarían deformaciones máximas muy superiores a las que ocurrirían en un sistema con igual capacidad lateral, pero en donde cada diagonal pueda tomar cargas axiales de ambos signos (20). En la ref. 19 se da cuenta del comportamiento satisfactorio durante el temblor de 1985 de dos edificios, de doce y diez niveles, respectivamente, que habían sufrido daños severos durante el temblor de marzo de 1979 y habían sido reforzados con elementos diagonales. En el primer caso, el refuerzo consistió en marcos metálicos arriostrados completos, exteriores, en dos extremos opuestos del edificio (fig. 9, tomada de la ref. 19). En el segundo caso, se colocaron contraventeos de acero en una crujía de cada uno de varios marcos de concreto reforzado (fig. 8, tomada de la ref. 19). Los miembros de contraventeo consistían en cajones formados por dos ángulos soldados a lo largo de sus bordes. Las columnas de estas crujeas se reforzaron por medio de elementos de celosía, de acuerdo con la fig. 10. Este refuerzo tenía por objeto resistir los incrementos en las cargas axiales de las columnas que resultarían del trabajo de las armaduras verticales formadas en las crujeas reforzadas. La continuidad en la trayectoria de esfuerzos se completó ligando los elementos de celosía, las losas y los miembros de contraventeo mediante collarines diseñados para tal efecto (fig. 11).

Un caso de especial interés se muestra esquemáticamente en la fig. 12, tomada de la ref. 21. Estas figuras se refieren a un edificio de diez niveles, incluyendo uno de sótano, construido en 1965 con columnas y losas planas aligeradas. El edificio era excesivamente en la dirección transversal, en la que hubo que reforzarlo, después del temblor de 1985, añadiéndole los sistemas contraventeados que se muestran en las figs. Teniendo presente el principio de reparar sin dañar lo existente, estos marcos se colocaron al lado de los de la estructura original, haciendo coincidir los elementos verticales con huecos de la losa plana aligerada. El proceso constructivo incluyó una etapa de precarga de las trabes de los marcos de acero, de manera que, al liberar dicha precarga, una vez terminada la obra, se lograra transmitir parte de la carga vertical al nuevo sistema.

A raíz del temblor de 1985 se desarrolló una variante del sistema de re-

fuerzo descrito en los párrafos anteriores, mediante el empleo de cables diagonales presforzados (fig. 13, tomada de la ref. 22). Si el nivel de presfuerzo es suficientemente elevado, puede lograrse mantener todos los cables trabajando en tensión, aun ante temblores de gran intensidad, con lo cual se evita el desarrollo de deformaciones inelásticas excesivas (23). Esta condición no siempre puede imponerse, debido a que implica incrementar las cargas axiales en las columnas.

Entre las ventajas de emplear cables diagonales, presforzados o no, se encuentran su ligereza y la facilidad para instalarlos, sin interferir prácticamente con las actividades de los edificios afectados que se encuentren en funcionamiento. Por ello esta solución se aplicó para reparar algunas estructuras de la ciudad de México dañadas durante el sismo de 1985, así como medida preventiva en algunas escuelas localizadas en la zona sur del país, en donde se tiene el mayor nivel de peligro sísmico. La fig. 13, tomada de la ref. 22, muestra una conexión típica de cables diagonales a la estructura original.

Sistemas disipadores de energía. En diversos escritos (por ejemplo las refs. 24 y 25) se propuso el empleo de sistemas de rigidización a base de miembros proyectados para trabajar a carga axial, combinados con elementos disipadores de energía (fig. 14, tomada de la ref. 24). No hay duda de que este tipo de soluciones es muy ventajosa cuando menos para algunas condiciones particulares, tales como las plantas bajas débiles que deban rigidizarse, manteniendo una resistencia lateral controlada y una capacidad de deformación apreciable. Sin embargo, tal vez por razones de costo inicial o de poca familiaridad con ellas, no llegaron a aplicarse.

Comentarios finales

La historia posterior al temblor de 1985, así como las que siguieron a otros sismos destructivos en México, muestra la necesidad de contar con sistemas y procedimientos de reparación y refuerzo de construcciones que combinen en la medida de lo posible economía, facilidad y confiabilidad. Para las obras que realicemos en el futuro, esto señala la conveniencia de desarrollar una tecnología de diseño sísmico que no se preocupe únicamente por producir construcciones capaces de resistir, sin llegar al colapso, temblores de intensidad excepcional y de sufrir daños leves durante movimientos ligeros o moderados. Será necesario también planear, al proyectar la estructura, los miembros o secciones donde deberán concentrarse los daños, y prever la forma en que dichos elementos se repararán, reforzarán o repondrán fácil, económica y confiablemente. En este grupo de actividades se incluye la aplicación de elementos amortiguadores o disipadores de energía.

La experiencia de México en 1985 y antes hace ver que para cada caso pueden identificarse una amplia variedad de soluciones, pero que para casi ninguna, en general, existe suficiente evidencia experimental que avale su buen funcionamiento en un temblor futuro. Las conexiones y detalles son determinantes para el comportamiento del conjunto, y las observaciones con frecuencia han mostrado las deficiencias de prácticas normalmente aceptadas. Todo lo anterior apoya la conveniencia de basarse en las

opiniones de más de un especialista para definir y detallar los sistemas de reparación y refuerzo de estructuras importantes expuestas a temblores de intensidad elevada.

Las conexiones entre miembros nuevos y entre estos y los originales deben garantizar el flujo de fuerzas y el desarrollo de comportamiento dúctil. El flujo de fuerzas puede involucrar a elementos del sistema original. Para predecir con precisión el comportamiento de las primeras se requiere de programas extensos de investigación experimental, y lo mismo se requiere para desarrollar métodos para estimar la capacidad remanente de elementos que han sido sometidos a condiciones severas de sollicitación, concepto indispensable para poder formular criterios para revisar la seguridad de elementos del sistema original ante nuevas condiciones de carga.

Para que todo lo anterior conduzca a soluciones económicas y seguras falta un elemento esencial: el control de calidad deberá ser más extenso y profundo que para obras nuevas, en donde las incertidumbres son menores.

Referencias

1. Esteva, L., "The practice of earthquake engineering in Mexico and its revision in the light of the observations from the 1985 earthquakes", Proc 3rd US National Conference on Earthquake Engineering, Charleston (1986).
2. Esteva, L., "Earthquake engineering research and practice in Mexico after the 1985 earthquakes", Bull. of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, 20, 3 (1987), 159-200.
3. Esteva, L., "The Mexico earthquake of September 19, 1985: consequences, lessons, and impact on research and practice", Earthquake Spectra, 4, 3 (1988), 413-426.
4. Meli, R. and Rosenblueth, E., "The 1985 earthquake: causes and effects in Mexico City", Concrete International, ACI, Detroit, Mich., 8, 5 (1986).
5. Ruiz, S. E., Rosenblueth, E. y Diederich, R., "Seismic response of asymmetrically yielding structures", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 103-112.
6. Ruiz, S. E., "Influence of intensity of motion on the seismic response of structures with asymmetric force-deformation curves" aceptado para publicación en Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics (1990).
7. --"Normas de Emergencia al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal", Instituto de Ingeniería, UNAM, México, DF (1986).
8. --"Reglamento de Construcciones del Distrito Federal" y "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo", Gaceta del Departamento del Distrito Federal, México, DF (1987).

- with weak first story", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 89-102.
10. Esteva, L., y Blasco, E., "Dynamic response of nonlinear soft-first-story buildings subjected to the SCT accelerogram of the Mexico earthquake of 19 September 1985", Lessons learned from the 1985 Mexico earthquake, EERI, El Cerrito, California (1989), 106-107.
 11. Manzano, R., "Estudio de los efectos P-delta en la respuesta sísmica de edificios de cortante con planta baja libre", Tesis profesional, Escuela Militar de Ingenieros, México, DF (1990).
 12. Terán, A. y Ramírez, M., "Refuerzo de estructuras mediante el uso de muros de concreto", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G83-G93.
 13. Terán, A., Hernández, C., Mijares, D. y Jara, M., "Reparación de estructuras mediante su encamisado con concreto reforzado", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G94-G105.
 14. Alcocer, S., y Martínez, J. E., "Encamisado de conexiones de marcos de concreto reforzado", Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G30-G39.
 15. Jirsa, J. O., Kreger, M. E., Carrasquillo, R. L., Meli, R., Ramírez, H., Robles, F., Iglesias, J. y Nieto, J. A., "Repairing and strengthening reinforced concrete buildings", Lessons learned from the 1985 Mexico earthquake, EERI, El Cerrito, California (1989), 175-180.
 16. Esteva, L., "Behavior under alternating loads of masonry diaphragms framed by reinforced concrete members", RILEM International Symposium on the Effects of Repeated loading of Materials and Structural Elements, Mexico D. F. (1966).
 17. Morales, A., "Supervisión y control de los trabajos de reestructuración del programa de reconstrucción Nonoalco-Tlatelolco de la ciudad de México, D. F.", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G19-G29.
 18. Jara, M., Hernández, C., García, R. y Robles, F., "Typical cases of repair and strengthening of concrete buildings", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 175-194.
 19. Foutch, D. A., Hjelmstad, K. D., del Valle, E., Figueroa, E. y Downs, R. E., "Case studies of seismic strengthening for two buildings in Mexico City", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 153-174.

20. Esteva, L., "Design: general", capítulo III del libro Design of Earthquake Resistant Structures, Pentech Press, Londres (1980).
21. Ortega, J., "Marcos de acero postforzado, refuerzo y reparación del edificio de 10 niveles en Uruguay 73, primer cuadro, D. F.", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G1-G8.
22. Riobóo, J. M. y Tapia, C., "Sistema de rigidización estructural mediante cables de alta resistencia. Aplicación a edificios escolares", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco (1989), p. G118-G133.
23. Esteva, L. y Lira, E., "Análisis de respuesta sísmica de estructuras reforzadas con cables de contraventeo", Instituto de Ingeniería, Informe al CAPFCE (1988).
24. Goel, S. C., Hanson, R. D. y Wight, J. K., "Strengthening existing buildings for earthquake survival", Lessons learned from the 1985 Mexico earthquake, EERI, El Cerrito, California (1989), 166-171.
25. Bertero, V. V., del Valle, E. y Meli, R., "Experimental and analytical studies of promising techniques for the repair and retrofitting of buildings", Lessons learned from the 1985 Mexico earthquake, EERI, El Cerrito, California (1989), 152-160.

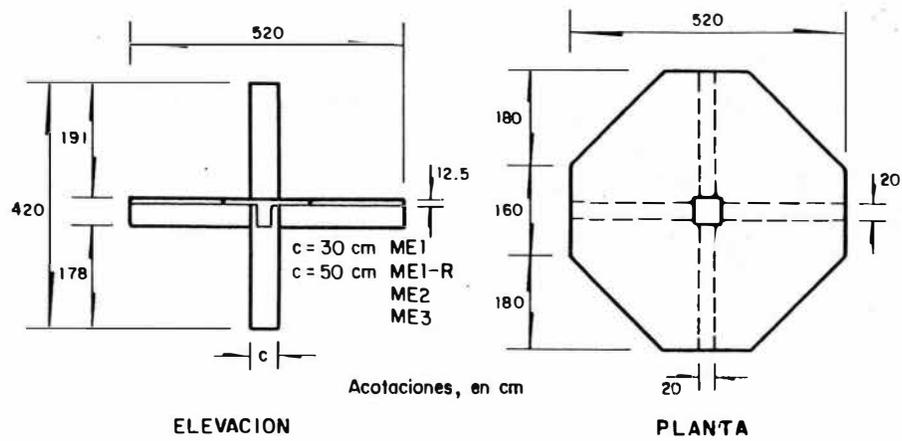
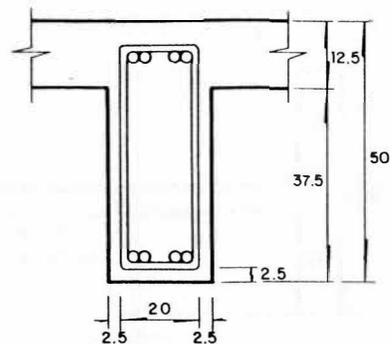
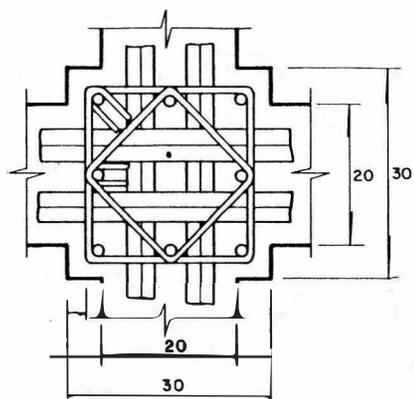
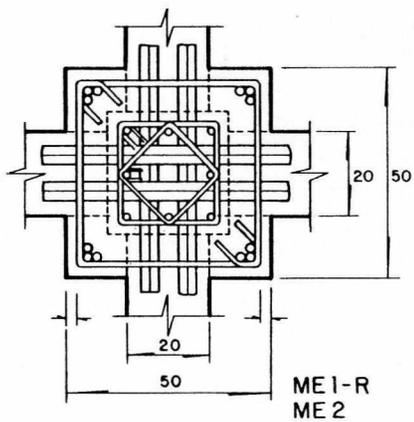


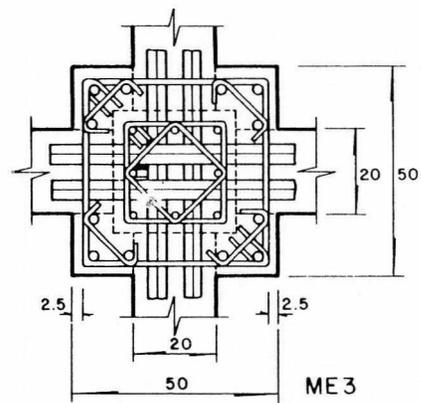
Fig 1 Dimensiones del espécimen (tomado de la ref. 14)



ME1



ME1-R
ME2



ME3

Acotaciones, en cm

Fig 2 Detalles del refuerzo (tomado de la ref 14)

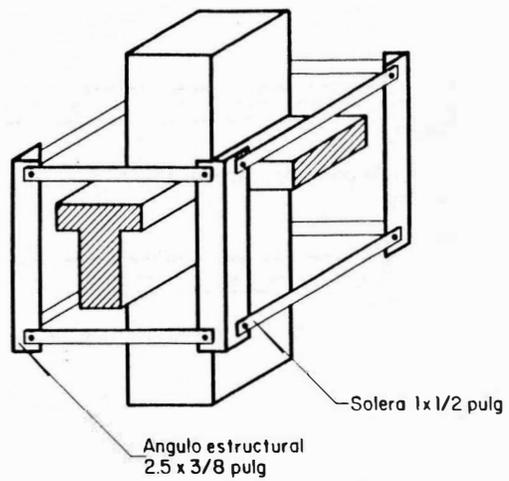
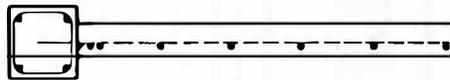


Fig 3 Jaula de confinamiento de la junta (tomado de la ref 14)



a) Muros de concreto lanzado : sólidos, puertas, ventanas



b) Colado in situ, con puerta y refuerzo adicional



c) Muro excéntrico, colado in situ

Fig 4 Conexión entre columnas y muros de concreto (tomado de la ref 15)

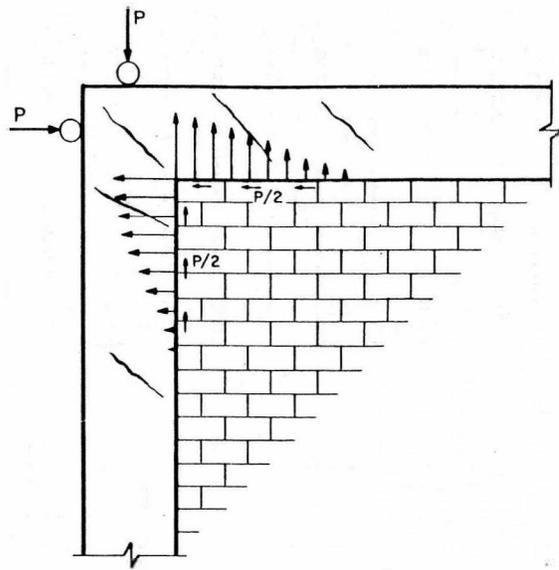
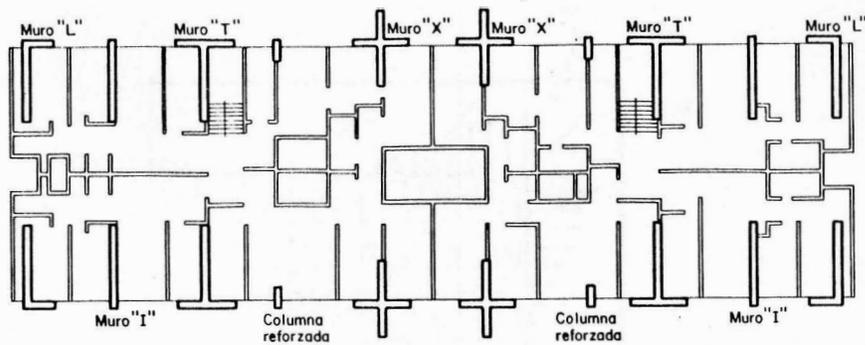
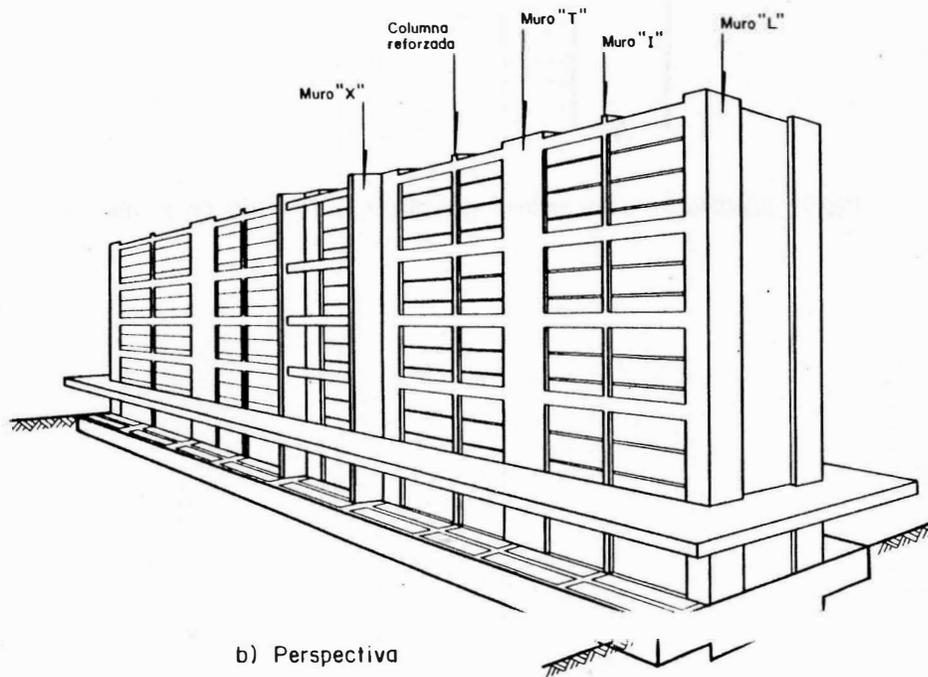


Fig5 Interacción entre marco y diafragma (tomado de la ref. 16)



a) Planta tipo



b) Perspectiva

Fig 6 Refuerzo con muros y contrafuertes (tomado de la ref.17)

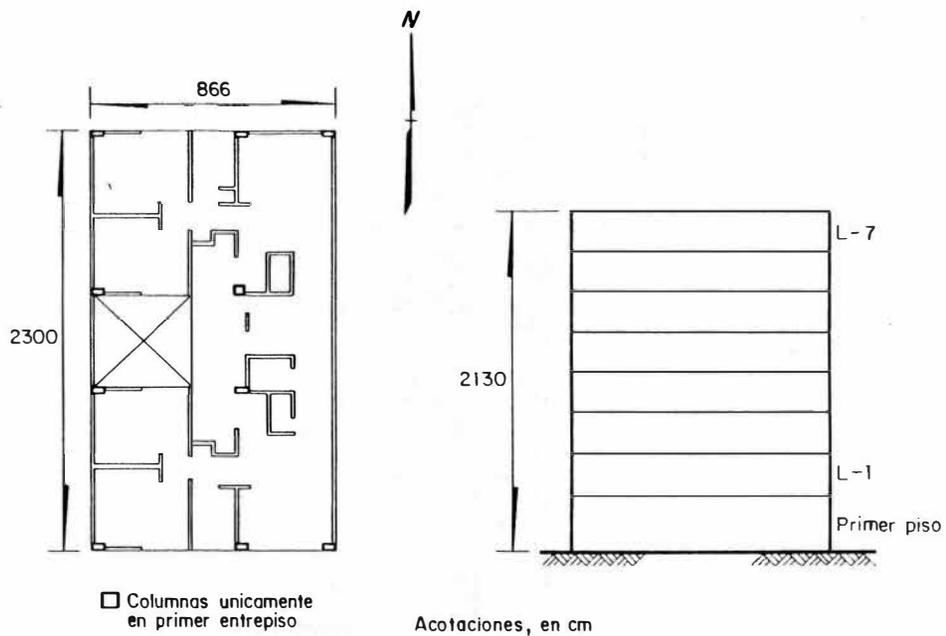


Fig 7 Edificio reforzado con marcos adicionales (tomado de la ref.18)

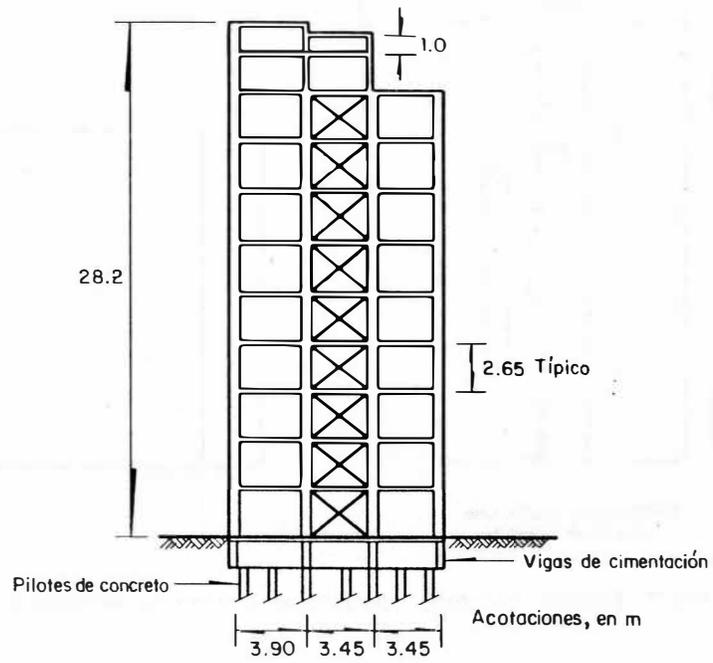


Fig 8 Refuerzo con diagonales (tomado de la ref. 19)

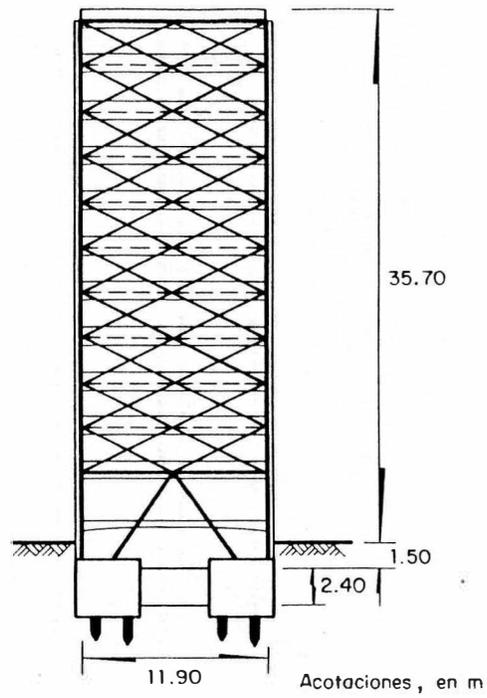
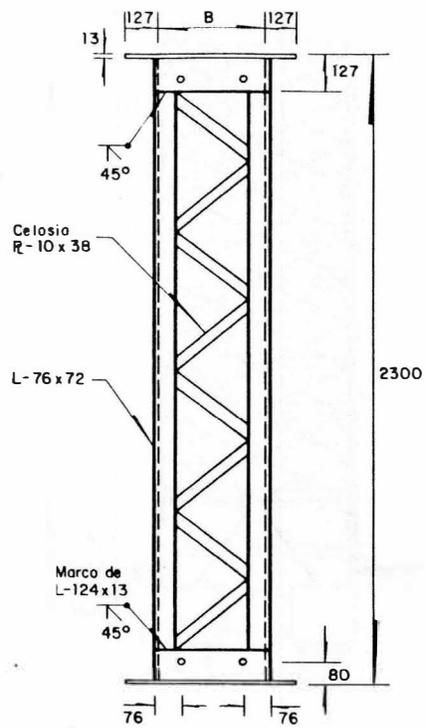


Fig 9 Contraventeo de refuerzo (tomado de la ref. 19)



Acotaciones, en cm

Fig 10 Refuerzo de columnas (tomado de la ref. 19)

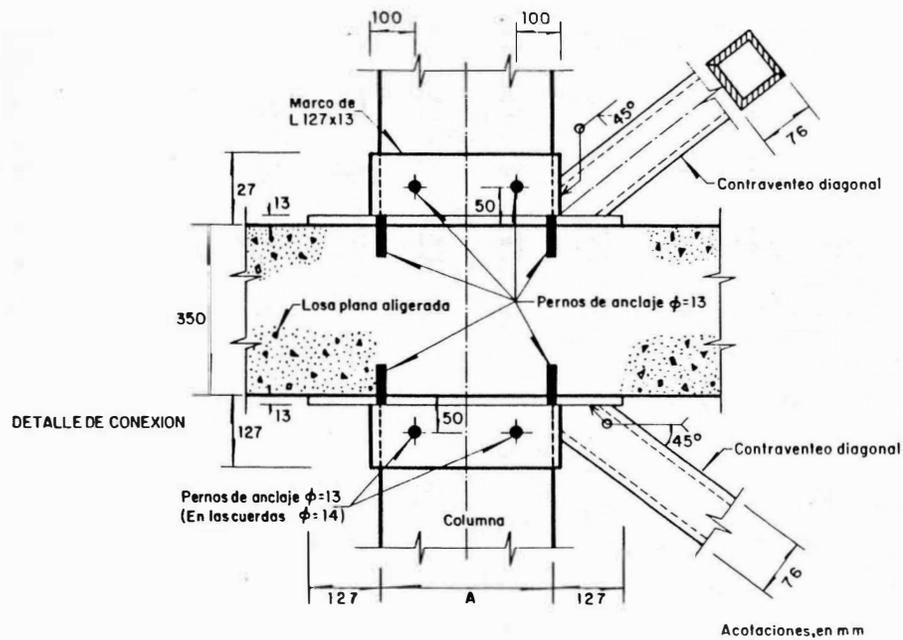
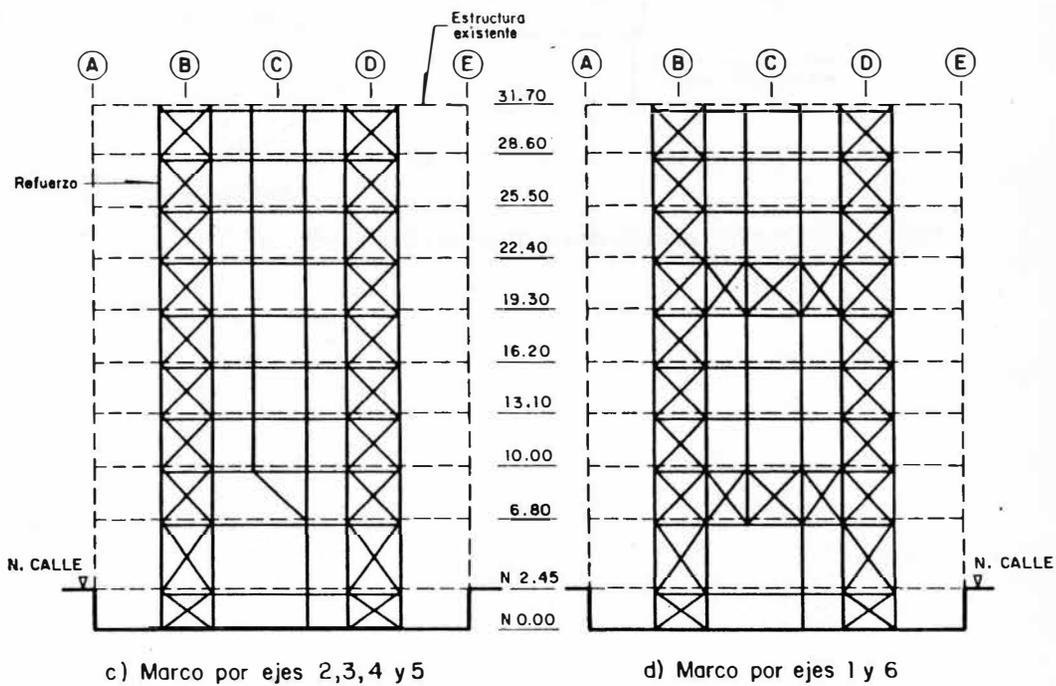
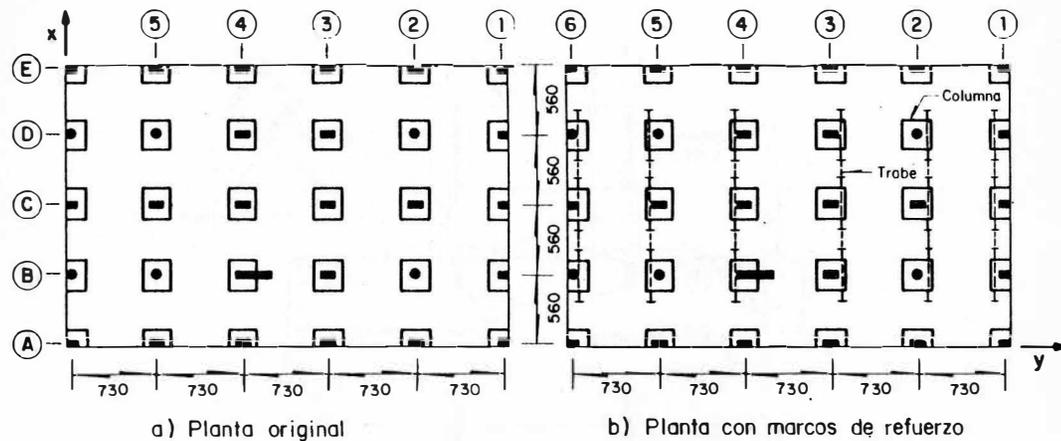
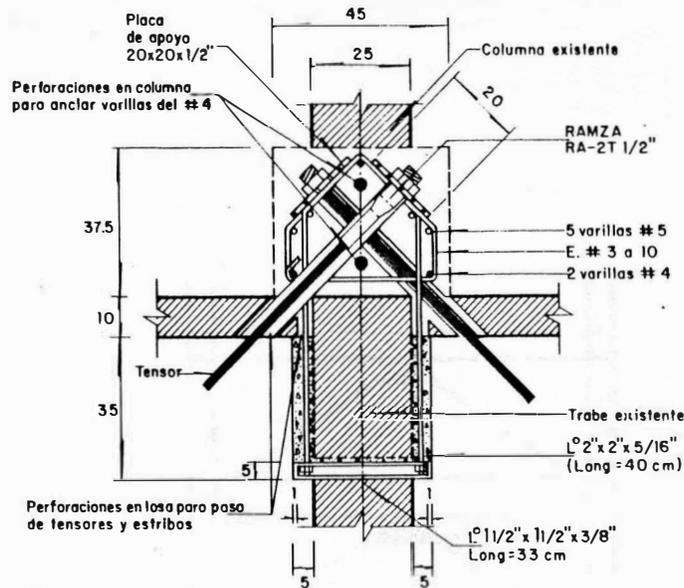


Fig II Collarines de conexión de contraventeo (tomado de la ref 19)



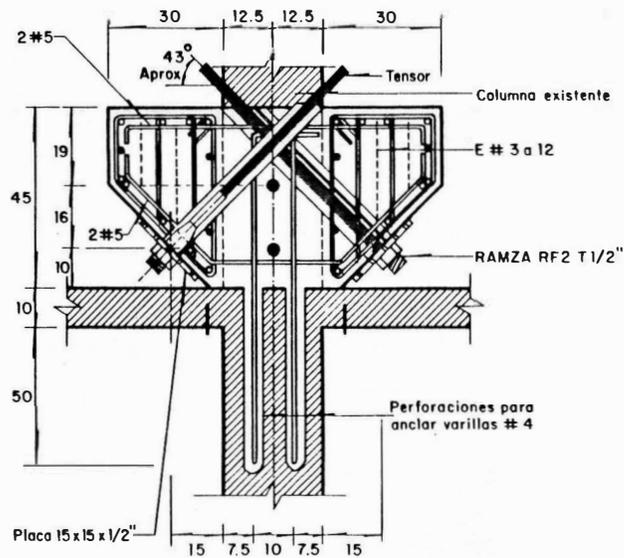
Acotaciones, en m

Fig 12 Edificio de diez niveles (tomado de la ref. 21)



a) Detalle de anclaje superior

Acotaciones , en cm



b) Detalle de anclaje inferior

Fig 13 Detalles de anclaje de cables de refuerzo (tomado de la ref. 22)

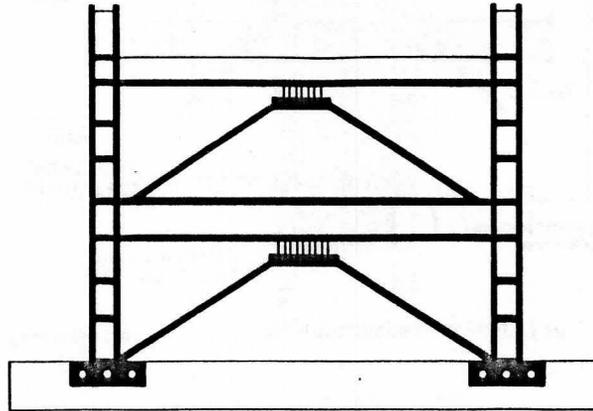


Fig 14 Refuerzo con contravientos y disipadores de energía
(tomado de la ref. 24)

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"RIESGO SISMICO Y ESPECTROS DE DISEÑO:
IMPLICACIONES DEL TEMBLOR
DE MEXICO DE 1.985"**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Luis Esteva M.

Director

Instituto de Ingeniería

Ciudad Universitaria, México.

Introducción

Varios fenómenos se conjugaron para hacer del temblor de México del 19 de septiembre de 1985 un evento de características excepcionales: su elevada magnitud, la excepcionalmente alta proporción de energía liberada en el intervalo de frecuencias comprendidas entre 0.3 y 1.0 Hz y la acentuada amplificación que afectó al movimiento, principalmente a las ondas con frecuencias en el mismo intervalo. Algunos de los fenómenos citados eran de esperarse, a la luz de lo que hasta antes del evento en cuestión se conocía sobre el peligro sísmico en México, y específicamente en la zona de terreno blando del Distrito Federal, pero se consideraba poco probable la ocurrencia de cada uno de ellos con la intensidad que mostraron en dicho evento, y mucho menos probable la combinación de las condiciones excesivamente desfavorables que cada uno presentó. La brecha sísmica de Michoacán había sido identificada en la literatura internacional (1) y había recibido atención en la literatura nacional (2); se estimaba capaz de generar temblores característicos a intervalos esperados de aproximadamente 70 años (el anterior había ocurrido en 1911). Por otro lado, la amplificación causada por la formación arcillosa del Valle de México sobre las ondas sísmicas que la atraviesan había sido reconocida en 1957, estudiando la distribución de daños observados en la ciudad durante el temblor que ocurrió ese año, y la experiencia había trascendido a la práctica de la ingeniería sísmica a través de las revisiones que a partir de entonces se hicieron a las normas de diseño y construcción. Las aceleraciones máximas del terreno registradas durante el temblor de 1985 o inferidas de la distribución de daños sobre construcciones superó en un factor cercano a 3 a las estimadas para el temblor de 1957 en el centro de la ciudad, y corresponde a un periodo de recurrencia mayor de 200 años, si se parte de las observaciones instrumentales recopiladas de 1959 (fecha de instalación del primer acelerógrafo en México) a 1983 (3).

Aparte de la elevada magnitud, contribuyeron a la excepcionalmente alta intensidad del movimiento en ciertas áreas de la ciudad de México la excesiva proporción de energía contenida en las ondas sísmicas de 0.3 a 1.0 Hz irradiadas de la fuente en dirección de la ciudad de México y el hecho de que en ciertas zonas de la ciudad las frecuencias naturales del terreno se encuentran comprendidas en el intervalo citado. Aun teniendo en cuenta las características de las ondas sísmicas que se propagaron a la vecindad de la ciudad de México, las ordenadas espectrales y las duraciones de los movimientos registrados en terreno blando resultaron muy superiores a las que se deducen de aplicar los modelos convencionales de propagación unidimensional de ondas a través de los estratos de arcilla. Por otra parte, la variación de las características del movimiento de un

*Investigador y Director, Instituto de Ingeniería, UNAM
Ciudad Universitaria, 04510, México, DF

sitio a otro de la ciudad resultó mucho más pronunciada que la que predicen los modelos citados, que se reflejaba en la microrregionalización sísmica reconocida en las normas de diseño.

Lo anterior estimuló el desarrollo de estudios orientados a profundizar sobre la influencia de diversos conceptos sobre el peligro sísmico y sus posibles implicaciones en las normas óptimas de diseño, a saber: la variación de la actividad sísmica esperada en términos de la historia previa, las relaciones entre magnitud, distancia, intensidad, contenidos espectrales y duración del movimiento en cada sitio, y las variables locales que afectan a estas características. Lo que se ha aprendido es significativo para muchas otras zonas sísmicas del mundo.

Sismicidad

La forma más comunmente empleada para describir en términos de probabilidades la actividad de las fuentes de riesgo sísmico cercanas a un sitio dado consiste en modelar dicha actividad como un proceso de Poisson con selección aleatoria e independiente de la magnitud de cada evento. Tanto la tasa de ocurrencia de eventos del proceso como la distribución de probabilidades de sus magnitudes quedan determinadas por la función magnitud-recurrencia, que liga cada valor de la magnitud con su correspondiente tasa (anual) de excedencia (2).

Durante las últimas décadas, como consecuencia de la disponibilidad de información sismológica instrumental cada vez más completa y precisa, ha sido posible conocer en detalle las historias sísmicas ocurridas a lo largo de muchas fallas importantes y estudiar la evolución de la actividad en diversos tramos de dichas fallas. De estos estudios se ha concluido que en muchos casos una falla puede dividirse en tramos razonablemente homogéneos, tales que en cada uno de ellos tienen lugar ciclos sucesivos de acumulación de energía de deformación y de liberación de ella por medio de temblores "característicos" de magnitudes elevadas. Tanto estas magnitudes como las duraciones de los ciclos dependen de la fuente sísmica a la cual se asocian y pueden estimarse con márgenes moderados de incertidumbre, bastante menores que los que se han empleado para caracterizar los modelos de tipo poissoniano descritos arriba. Bajo estas consideraciones, el modelo probabilista de la sismicidad no queda completamente determinado por la función magnitud-recurrencia, sino que hay que complementarlo, cuando menos, con la distribución de probabilidades de los tiempos de espera entre los temblores "característicos" que constituyen el proceso.

Para representar la relación entre las magnitudes de los temblores característicos y los tiempos de espera entre ellos, se han propuesto diversos modelos matemáticos, entre los que destacan dos, por su simplicidad: el modelo de "tiempo predecible" (4) y el de "desplazamiento predecible" (5). El primero supone que el tiempo entre dos temblores característicos es igual al necesario para que en la zona de falla se recupere la energía de deformación liberada por el primero de dichos eventos, mientras que el segundo considera que la energía liberada por el segundo evento es igual a la acumulada a partir del primero. Ambos modelos ignoran la posible influencia del estado del sistema (falla) antes del

primer evento sobre las distribuciones de probabilidades del tiempo de espera al siguiente y de su magnitud. Por ello se han estudiado modelos matemáticos alternativos de tipo markoviano (6) y se han desarrollado modelos matemáticos simplificados para representar el proceso físico de acumulación y liberación de energía en las fuentes sísmicas (7).

En la ref. 8 se presentan varios conjuntos de datos sobre temblores característicos en diversas zonas de subducción en México, Chile y Japón. Los lapsos cubiertos varían de una zona a otra, siendo los casos de Chile meridional y central los que incluyen la muestra que contiene eventos más antiguos (1575 y 1570, respectivamente). Para México, el evento más antiguo incluido en el catálogo ocurrió en Jalisco en 1806. El número de datos en cada zona es muy pequeño (p. ej. 3 en el este de Oaxaca y la parte Central de Guerrero, 7 en Jalisco). La muestra más numerosa corresponde a la zona de Miyagi Ken-oki, en Japón, e incluye 11 eventos ocurridos a partir de 1616. En cada zona, los tiempos entre eventos se clasifican en dos poblaciones: la primera incluye intervalos muy pequeños, que representan la ocurrencia de parejas de eventos muy próximos ("dobletes"), mientras que la segunda contiene los intervalos del orden de varias décadas que separan eventos independientes.

Dada la pequeñez de las muestras consideradas, tanto la selección de la forma de la función f_T de densidad de probabilidades del tiempo de espera entre los eventos T independientes como la determinación de sus parámetros se realizaron en el marco de la estadística bayesiana (8). Por lo que respecta a la forma, se consideraron cuatro alternativas: gamma, Weibull, logarítmico-normal y gamma inversa, para cada una de las cuales se obtuvo una probabilidad bayesiana de ser la correcta. Dada la distribución bayesiana asociada con la forma de la distribución probabilística en estudio, se estimó la utilidad asociada con la decisión óptima (sobre criterios de diseño) que resultaría de considerar dicha distribución bayesiana. Luego se obtuvieron las utilidades que se obtendrían si se dieran como buenas las decisiones óptimas que resultarían de suponer válidas sucesivamente cada una de las hipótesis sobre la forma de f_T . Por fin, se estableció el criterio de adoptar la forma que condujese a la mínima pérdida en utilidad asociada con sustituir el conjunto de posibles formas por una sola y de verificar que dicha pérdida no fuera excesiva en relación con la simplificación lograda. El estudio se realizó bajo diversas hipótesis relativas al tiempo de construcción de una estructura a partir del último evento característico. En todos los casos la forma logarítmico normal constituyó la mejor opción. Con el mismo criterio, se estudió la posibilidad de sustituir el modelo de distribución logarítmico normal con parámetros inciertos que resulta del análisis bayesiano con uno de parámetros deterministas. También en este caso se concluyó que la pérdida de utilidad es aceptable, comparada con las ventajas de la simplicidad que se logra, a tal grado que puede recomendarse para tomar decisiones relativas a la formulación de normas de diseño o al diseño de estructuras específicas. Por el contrario, la hipótesis de que la actividad sísmica constituye un proceso de Poisson resultó inaceptable para fallas y segmentos en los que la magnitud esperada de un evento característico es muy sensible al tiempo transcurrido desde el último de tales eventos (8).

De los datos estadísticos sobre magnitudes y tiempos de ocurrencia de

temblores en los segmentos de Oaxaca y Guerrero de la zona de subducción de la costa sur de México se obtuvo la fig. 1 (tomada de la ref. 8), en donde se observa una correlación significativa entre la magnitud de un temblor y el tiempo de espera a partir del evento característico anterior. La relación entre estas variables puede expresarse como $E(M) = 1.43 \log t + 5.36$, en donde $E(M)$ es la esperanza de la magnitud y t es el tiempo desde el último evento, en años. Para los demás segmentos los datos fueron insuficientes para establecer relaciones semejantes. En ningún caso se obtuvo correlación estadística entre magnitud y tiempo de espera al siguiente evento. Esto apoya al modelo de desplazamiento predecible y reduce la credibilidad del modelo de tiempo predecible.

Conclusiones semejantes a las presentadas en el párrafo anterior resultaron de los estudios de simulación de Monte Carlo realizados sobre un modelo matemático simplificado del proceso físico de acumulación y liberación de energía (7). Algunos resultados se muestran en las figs. 2 a 4, tomadas de las refs. 7 y 8. Las curvas magnitud-recurrencia presentadas en la fig. 2 (tomada de la ref. 7) son típicas de las generadas por el modelo de simulación y muestran las características esenciales de las curvas obtenidas con datos reales, en particular la joroba que representa la contribución de los temblores característicos. Las figs. 3 y 4, obtenidas también a partir de datos simulados, muestran respectivamente las relaciones entre magnitud y tiempo desde el último evento y entre magnitud y tiempo al siguiente evento. Es clara la correlación entre las variables de la primera pareja para magnitudes mayores que 7.9 y la ausencia de correlación entre las variables de la segunda pareja. Estas observaciones concuerdan cualitativamente con las que resultan de analizar los datos registrados en la zona de subducción de la costa sur de México.

En la referencia 18 se obtienen estimaciones aproximadas de algunos de los parámetros que describen la actividad sísmica en la zona de subducción de México, y que pueden servir de base para proponer distribuciones a priori para desarrollar el análisis bayesiano de la actividad de los segmentos locales (de longitudes del orden de 100 o 200 km) que determinan la amenaza sísmica sobre puntos en su vecindad. En la fig. 5 se presenta la zona de subducción dividida en once segmentos, definidos en términos de estimaciones o datos instrumentales sobre la extensión de cada zona que ha liberado energía durante los grandes temblores generados ahí desde principios del siglo pasado. En la fig. 6 se muestran tres funciones de densidad de probabilidades de tiempos de espera en alguno de los segmentos de la fig. 5: con cruces se presenta la fdp que corresponde a la población de tiempos muy cortos (entre eventos de dobles), con triángulos la de los tiempos entre eventos del proceso principal, y con rombos la superposición pesada de ambas. En las abscisas se presenta el tiempo de espera normalizado, es decir, multiplicado por la longitud del segmento de falla al cual se refiere, en kilómetros. La distribución espacial como función de M se puede deducir de la fig. 7, en donde U es la distancia horizontal del foco a la traza de la falla (intersección de las superficies de las placas oceánica y continental en la zona de subducción) dividida entre 65 km (18).

En lo que va de esta sección del trabajo, la atención se ha concentrado en estudiar los procesos de generación de temblores característicos en

zonas de subducción. Aunque estos procesos son responsables de la mayor parte del riesgo asociado con posibles daños severos en construcciones cercanas a las correspondientes fuentes sísmicas, no puede ignorarse el riesgo asociado con los temblores menores, pero más frecuentes, que ocurren en instantes aleatorios en los intervalos entre temblores característicos, ni con las series de movimientos premonitores o de réplicas asociados con los temblores característicos. En la ref. 9 se presenta un criterio para formular modelos completos de la sismicidad de una falla como la superposición de todos los procesos estocásticos citados. Por razones prácticas, el modelo que representa la ocurrencia de los temblores característicos se determina de manera independiente del resto de la actividad y se emplea como dato para definir esta última. Esta se representa como un proceso no homogéneo de Poisson, con tasa de excedencia $\lambda(t;M)$ dada como sigue:

$$\lambda(t;M) = \lambda_0(M) + \sum_i \phi(M_i; M)\psi(t - t_i) + \alpha \sum_j \phi(M_j; M)\psi(t_j - t) \quad (1)$$

En esta ecuación, $\lambda(t;M)$ es el valor de la tasa de excedencia de M en el instante t , $\lambda_0(M)$ es una tasa de excedencia de M independiente de la historia y del tiempo, $\phi(M_i; M)$ es una función proporcional a $\lambda_0(M)$, función de la magnitud M_i del i -ésimo temblor previo, $\psi(t-t_i)$ es una función adimensional de memoria, que decae con el tiempo $t-t_i$ transcurrido desde que ocurre el i -ésimo temblor, α es una constante adimensional, M_j es la magnitud del j -ésimo temblor posterior al instante t y $t_j - t$ es el lapso entre el instante t y la ocurrencia del j -ésimo temblor posterior a dicho instante. El primer término del segundo miembro representa la actividad de fondo, el segundo las réplicas y el tercero los premonitores. En la ref. 9 se presentan las formas sugeridas para las funciones que aparecen en la ec. 1, así como valores óptimos de sus parámetros, con base en datos de temblores registrados en Japón, México y Nueva Zelanda.

Fuentes sísmicas y leyes de atenuación

El patrón de generación y propagación de ondas del sismo del 19 de septiembre de 1985 ha sido calificado de anormal, en virtud de la alta cantidad de energía que liberó en ondas con frecuencias entre 0.3 y 1.0 Hz, en relación con lo que es usual en temblores de magnitud comparable (10). Tal conclusión se basa en la forma en que varían con la frecuencia los valores de la razón de amplitudes de Fourier de dicho temblor a las de su réplica del 21 de septiembre, así como a las de otros temblores generados en la zona de subducción. Por ejemplo, en la fig. 8 (tomada de la ref. 10) se muestra cómo varía dicha razón, de acuerdo con datos registrados en terreno firme cerca de la ciudad de México. Las ordenadas varían de 3.5 a 10 cuando la frecuencia varía de 0.5 a 0.2 Hz. Esta variación no se observa ni en los datos de la costa ni en los espectros telesísmicos de ondas P GDSN de banda ancha, y por otra parte, como también se aprecia en la fig. 8, no es predicho por las reglas de escalación ω^{-2} o de Gusev (11, 12). En general se encuentra que las razones espectrales correspondientes a estaciones en el cuadrante NE son anormalmente más elevadas, en comparación con las reglas de escalación

citadas, en el intervalo de 0.3 a 0.7 Hz, crítico para la ciudad de México (13). Por otra parte, de un análisis de regresión realizado con las amplitudes de los espectros de Fourier de aceleraciones ocasionadas por temblores generados en la zona de subducción y registradas en un sitio en terreno firme en la ciudad de México, excluyendo los datos del temblor del 19 de septiembre de 1985, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\log FS(T) = A(T)M_s + C(T) \log R + B(T) \quad (2)$$

Aquí, $FS(T)$ es el valor máximo espectral de cualquiera de las dos componentes horizontales para el período T ; A , C y B son coeficientes que se obtienen para 18 períodos entre 0.2 y 2.5 seg. (tabla 2 de la ref 14), M_s es la magnitud de ondas superficiales y R es la distancia entre el sitio y la fuente en kilómetros (14). En la fig. 9 (tomada de la ref. 14) se comparan los resultados de aplicar la ec. 2 al temblor del 19 de septiembre con los que se obtienen directamente de los registros de ese evento. La anomalía es clara: para períodos comprendidos entre 0.6 y 2.5s los valores observados de FS son iguales al doble o al triple de los calculados. Las anomalías observadas en las razones de amplitudes correspondientes a espectros telesísmicos de ondas P de estaciones en el cuadrante NE no se presentan en los datos registrados en unas cuantas estaciones en otros cuadrantes. Esto sugiere una propiedad direccional de la radiación anómala (14).

De los datos registrados en 1985 y posteriormente por los instrumentos digitales de la red de Guerrero (fig. 10; en operación desde la primavera de 1985), en sitios en roca en la costa sur de México, sobre la zona de subducción, se han obtenido espectros que se han empleado para verificar la validez de la teoría de las fuentes sísmicas (15). En la fig. 11 se muestran ejemplos de los acelerogramas registrados en 1985 y 1986 en varios eventos en varias estaciones, en todos los casos en roca y distantes aproximadamente 25 km. del epicentro. Las figs. 12 y 13 muestran los correspondientes espectros de respuesta y de Fourier. La forma en que varía la aceleración máxima del terreno se muestra en la fig. 14, construida con los datos de las componentes horizontales de cuatro temblores de distinta magnitud, representados en función de la distancia a la fuente. Cada una de las curvas continuas que se muestran en las cuatro partes de la figura se obtuvo a partir de los datos de cada uno de los temblores.

De la fig. 14 es claro que las formas de las leyes de atenuación con la distancia dependen de la magnitud, y que las aceleraciones máximas de temblores de magnitudes significativamente distintas pueden ser muy parecidas, como consecuencia de la saturación de las aceleraciones. Esta se nota comparando las curvas A y B, que corresponden respectivamente a los temblores del 19 y 21 de septiembre de 1985, con magnitudes de 8.1 y 7.6.

Estimación de movimientos fuertes del terreno en la ciudad de México

Muchas de las brechas sísmicas a lo largo de la costa sur de México se

han llenado en las dos últimas décadas. Sin embargo, resta por activarse en el futuro próximo un segmento de dimensiones similares a la antigua brecha de Michoacán, cerca de 250 km. al sureste de esta, que no se ha roto desde 1911 (fig. 15, tomada de la ref. 16). Esta es la fuente más importante de peligro sísmico a corto plazo para la ciudad de México, por lo que se trató de emplear el acervo de datos registrados en 1985 para calibrar un procedimiento para simular las características de sismos futuros generados en una fuente dada (16).

El procedimiento propuesto en la ref. 16 consiste en simular el proceso de generación de ondas en la fuente de un temblor como la secuencia de un conjunto de sub-eventos de menor magnitud que se generan a lo largo de la fuente conforme se propaga a través de ella el proceso de ruptura. Para determinar la contribución de cada sub-evento a la historia del movimiento en un sitio dado, se emplean como funciones de Green los registros de movimientos menores obtenidos para la misma combinación de fuente y sitio. Para probar el método, a partir de los registros tele-sísmicos de ondas P se desarrolló un modelo de proceso de ruptura durante el temblor del 19 de septiembre de 1985 (17). Se empleó como función de Green el registro de la réplica mayor ($M_w = 7.6$), ocurrida 36 horas más tarde, el 21 del mismo mes. Los resultados de una de las simulaciones se muestran en las figs. 16 y 17 (tomadas de la ref. 17), en donde se pueden comparar la función de Green, el temblor del 19 de septiembre y su simulación, todos en la estación CDAO en la ciudad de México. Puede verse que, aunque los acelerogramas simulado y observado difieren en los detalles, sus formas generales coinciden, como también ocurre con los espectros de velocidades. Se obtuvieron resultados similares cuando se empleó como función de Green el acelerograma registrado en el mismo sitio el 30 de abril de 1986 ($M_w = 6.9$).

Alentados por los resultados anteriores, los autores de la ref. 17 aplicaron el mismo procedimiento para estimar las características del movimiento que ocasionaría en la estación CDAO un temblor originado en la brecha de Guerrero, de acuerdo con dos modelos de ruptura. El primero, similar al de Michoacán de 1985, llenaría la brecha de Guerrero y el segundo sería igual a la primera mitad de dicho movimiento (ya que la actividad previa, en 1899 y 1911, representa una secuencia de eventos de magnitud menor que la necesaria para llenar la brecha). En estas simulaciones se empleó como función de Green el registro obtenido el 8 de febrero de 1988 de un temblor de $M_s = 5.8$ generado cerca de la frontera noroeste de la brecha de Guerrero.

Los resultados de las simulaciones para los modelos 1 y 2 se muestran en las figs. 18 y 19 (tomadas de la ref. 17). En ellas, las simulaciones 52 y 54 corresponden al modelo 1, pero difieren en los detalles del patrón de ruptura; la simulación 53 corresponde al modelo 2. Se concluye que si el evento de Guerrero es de la misma magnitud que el de Michoacán, en CDAO el movimiento resultante dará lugar a ordenadas espectrales comparables a las de 1985 para periodos mayores que 3 seg., pero del orden de 2 a 3 veces mayores que las de dicho evento para periodos menores de 3 seg. Si los eventos que se esperan en Guerrero ocurren como una serie de movimientos con magnitudes del orden de 7.5, como ocurrió en la serie anterior, se tendrán ordenadas espectrales en CDAO menores a las de 1985 para periodos mayores que 1 seg., pero más elevadas para

periodos menores.

Influencia de condiciones locales

A partir del temblor de 1957, las normas de diseño sísmico que regían en la ciudad de México hacían depender el espectro de diseño de las características del terreno local. Mientras que en la zona de lomeríos (terreno firme) que circunda la ciudad por el suroeste se aplicaban para estructuras ordinarias de marcos de concreto reforzado espectros de diseño con ordenadas máximas de 0.04 para periodos naturales hasta de 0.8 seg., para la zona de terreno compresible se tenían ordenadas de 0.06 para periodos hasta de 3.3 seg. (3). Se confiaba en la aplicabilidad del modelo unidimensional de propagación de ondas para predecir la amplificación del movimiento causada por la presencia de formaciones estratificadas de suelos blandos (19) y no se preveían ni la posible ocurrencia de variaciones espaciales pronunciadas de la intensidad en la zona supuestamente homogénea de terreno compresible, ni la influencia de heterogeneidades laterales, ni las amplificaciones excepcionalmente altas asociadas con la larga duración del movimiento y con sintonía entre las características dinámicas de los suelos y las de los trenes de ondas de baja frecuencia contenidas en el evento principal de 1985. En las figs. 20 y 21 (tomadas de las refs. 20 y 18, respectivamente) se muestran la variación espacial de la intensidad en 1985 y los factores de amplificación de las ordenadas máximas de los espectros de aceleraciones para amortiguamiento de 5 por ciento del crítico, como función de la aceleración máxima del terreno firme (que crece sistemáticamente con la duración).

A fin de profundizar en el conocimiento sobre la amplificación asociada con las condiciones locales se han desarrollado a partir de 1985 investigaciones en las direcciones empírica y teórica. La primera ha consistido principalmente en obtener funciones de transferencia para espectros de amplitudes de Fourier de acelerogramas registrados en diversos sitios de la ciudad de México, referidos a los espectros correspondientes a terreno firme en Ciudad Universitaria (sedimentos compactos en la cercanía del borde suroeste de la ciudad). En la ref. 21 se presentan resultados típicos para 40 sitios (fig. 22, tomada de la ref. 21) para temblores con magnitudes entre 4.8 y 8.1 generados en la zona de subducción entre 1985 y 1988. Los resultados se presentaron en forma de razones espectrales para sitios dados (fig. 23), y de amplificaciones correspondientes a cada período (por ej., figs. 24 y 25). El estudio muestra que las funciones de transferencia de espectros de Fourier referidas a la estación de Ciudad Universitaria son independientes del azimut y de la profundidad para las fuentes que distan más de 200 km de la ciudad. Estudiando las amplitudes y periodos dominantes de la función de amplificación se concluye que, en general, no ocurrió comportamiento no lineal significativo de los mantos arcillosos durante el temblor principal de 1985. Una excepción es la estación CDAO (Central de Abastos, oficina), cuyos registros muestran evidencia clara de comportamiento no lineal. La extensión en la que se presentó este fenómeno no se puede constatar, debido a la pobre calidad de los datos obtenidos al registrar temblores pequeños en SCT1, CDAF y TXSO (fig. 22). Entre los 40 sitios estudiados en la ref. 21, los picos de las funciones de amplificación de

espectros de Fourier en la zona del lago fluctúan entre 8 y 56; los periodos naturales se encuentran entre 1.4 y 4.8 seg. En las conclusiones de la ref. 21 también se hace notar la concordancia entre la zona de daños severos y colapsos de edificios y el área con factores de amplificación grandes para periodos entre 1.75 y 2.75 seg., que es el intervalo en donde se tienen las ordenadas máximas del espectro de amplitudes de Fourier en la estación CU durante el evento principal de 1985.

Los resultados de la ref. 21 se emplearon en la ref. 22 para estimar los espectros de respuesta de aceleraciones (S) del evento del 19 de septiembre de 1985 para amortiguamiento de 0.05^a del crítico en 22 sitios de la zona del lago, en adición a los cinco sitios en donde el citado evento produjo buenos registros, los cuales se emplearon para calibración del criterio adoptado. Este se basó en la teoría de vibraciones aleatorias, empleando como datos de partida el espectro de amplitudes de Fourier registrado en CU, las funciones de amplificación obtenidas en la ref. 21 y los valores estimados de la duración efectiva de Arias (23) en cada sitio. En las figs. 26 y 27 (tomadas de la ref. 22) se muestran, respectivamente, la calibración del criterio adoptado con los registros de 1985 y los espectros de respuesta predichos en 20 sitios en donde no se obtuvieron registros. Para calcular estos se tomó como duración efectiva del movimiento 71 seg., que pareció satisfactorio de acuerdo con las comparaciones mostradas en la fig. 26. En esta última se observa una discrepancia notable para la estación CDAO, la que se explica en términos de la ocurrencia de comportamiento no lineal del suelo en el sitio en 1985. De las figs. 26 y 27 se observa que S excede de 600 gals en una amplia área de la zona del lago y de $1g$ en 14 de los 27 sitios estudiados. Es apreciable también la ocurrencia de valores elevados de S en el centro de la ciudad y al este de CU, así como una clara correlación entre las zonas de daños graves y las que corresponden a valores de S mayores de 800 gals (fig. 28).

Las investigaciones basadas en modelos matemáticos del Valle de México muestran esfuerzos por entender las contribuciones de los mantos de formaciones blandas arcillosas (fig. 29, tomada de la ref. 24) y de los sedimentos profundos (fig. 30, tomada de la ref. 24) en la amplificación de las ondas sísmicas. En la primera parte (24) se partió de la sección transversal AA' de la fig. 30, idealizada según la fig. 31 (tomada de la ref. 24). A fin de ilustrar la contribución de distintos fenómenos a la amplificación de las ondas, se estudiaron los casos siguientes, tomando como dato el acelerograma en la estación 1 (Tacubaya, septiembre 19 de 1985, componente NS): a) modelo unidimensional, tomando en cuenta tanto la amplificación debida a sedimentos profundos como la asociada con los mantos arcillosos superficiales, b) modelo bidimensional con ondas SH incidiendo a 20° respecto a la vertical, despreciando la contribución del manto arcilloso y c) modelo bidimensional, incluyendo formaciones profundas y superficiales. La importancia de los efectos combinados de acuerdo con el modelo c es notoria, según muestran las figs. 32 a 34, aunque no basta para explicar las grandes diferencias en intensidad y duración del movimiento en sitios cercanos, como es el caso, por ejemplo, de las estaciones CDAO y CDAF.

Lo anterior condujo a la hipótesis de que, aparte de la influencia de la

forma del valle bajo los sedimentos profundos y de la configuración general de los mantos arcillosos podrían ser significativas las variaciones locales (o de pequeña escala) de sus espesores. Esto estimuló un estudio sistemático a fin de evaluar cada una de estas influencias en modelos bidimensionales cuyas características se resumen en la fig. 35 (tomada de la ref. 25), sujetos a trenes verticales de ondas SH (25).

A fin de aislar la posible influencia de los sedimentos profundos se consideró el modelo que aparece en la parte inferior de la fig. 36, que difiere de la fig. 35 en que no considera la formación arcillosa superior. Ante la insuficiente información sobre las propiedades de los sedimentos profundos, se trabajó, entre otros, con dos modelos extremos, DS1 y DS2, señalados en la fig. 36. El primero de estos fue propuesto con la idea de estimar los efectos máximos posibles, en virtud de su elevado gradiente de velocidades de propagación y bajo amortiguamiento. El segundo se distingue por el bajo contraste de impedancias y elevado amortiguamiento. En ambos casos se aplicaron los modelos unidimensional (1D) y bidimensional (2D). Las respuestas ante una onda incidente de Ricker y las correspondientes funciones de transferencia de espectros de amplitudes de Fourier se muestran en la fig. 36. Estos resultados confirman la importancia de los efectos de los sedimentos profundos, en particular teniendo en cuenta que afectan especialmente el intervalo de frecuencias 0.3 a 1.5 Hz, crítico en la ciudad de México. También muestran que los efectos bidimensionales son importantes en dos casos: cuando existe un gradiente pronunciado de velocidades de propagación (modelo DS1), o cuando la profundidad de los sedimentos excede de 1 km. En ambos casos, los efectos bidimensionales afectan principalmente la duración del movimiento.

Si se comparan los resultados anteriores con los registros obtenidos en 1985 se concluye lo siguiente:

- a) La larga duración y elevada amplitud del registro obtenido en CDAO podría explicarse por la llegada tardía de ondas superficiales propagándose en los sedimentos profundos únicamente si la velocidad de propagación de tales ondas fuera del orden de 200 m/seg. o si el valle fuera mucho más ancho, y si simultáneamente el amortiguamiento fuera mucho menor, de tal modo que la amplitud de la onda de superficie fuera comparable a la de la llegada directa, en cuyo caso también debería verse en el registro de SCT. De aquí que el registro en CDAO no pueda explicarse, como se había pretendido, por la llegada de ondas generadas en los cerros de Chapultepec o del Peñón.
- b) Las comparaciones entre las respuestas de las estaciones CUIP y CU01 (sobre 300m de sedimentos profundos) y TACY (100m) apoyan las hipótesis sobre modelos similares al DS2 (mínimos efectos).

La influencia de la configuración general de los mantos arcillosos se muestra en las figs. 37-40 (tomadas de la ref. 25), para los casos 1D y 2D, ignorando y tomando en cuenta, respectivamente, la influencia de los sedimentos profundos. De las figs. 37 y 39 es claro que las perturbaciones que producen los bordes del valle se propagan a distancias (señaladas como x en las figuras) muy cortas. Por otra parte, las figs. 38 y

40 no hacen ver ondas adicionales que puedan causar alargamientos importantes en la duración de temblores como el de 1985. Las peculiaridades de registros como el de CDAO no se explican tampoco por los efectos de borde.

Queda, por fin, la posible influencia de irregularidades de pequeña escala, como la mostrada en la parte inferior de la fig. 30. Algunos resultados relativos al estudio de este problema se muestran en las figs. 41 y 42, en donde D_h es la profundidad de la irregularidad de la formación arcillosa, adicional al espesor general de dicha formación. De ellas es claro que estas irregularidades de pequeña escala pueden afectar apreciablemente la intensidad y la duración del movimiento. Sin embargo, aun estos efectos parecen insuficientes para explicar la extremadamente larga duración del movimiento en CDAO, para la cual se ha sugerido tentativamente la presencia simultánea de cambios muy rápidos de las profundidades de los mantos arcilloso y profundos en la vecindad de la estación citada (25), pero para confirmar esta hipótesis se requeriría aplicar modelos más sofisticados basados en información geológica más precisa.

Espectros de diseño para la ciudad de México

En lo que sigue se describen los estudios desarrollados (26) para proponer los espectros para diseño sísmico de la versión 1987 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal de México. En dichos estudios se hizo uso de dos enfoques: el análisis determinista y el probabilista. En ambos se tomó en cuenta que los temblores capaces de producir daños en la ciudad de México se agrupan como sigue, de acuerdo con su origen (fig. 43, tomada de la ref. 26).

1. Temblores producidos por fallas locales del valle de México, las que forman parte de los varios sistemas de fallas diagonales asociadas con el eje volcánico que atraviesa el país de oriente a poniente (L)
2. Temblores asociados con fallas en la placa continental (A)
3. Temblores de tipo normal que ocurren a profundidades intermedias cerca del extremo de la placa que subduce bajo la masa continental (N)
4. Temblores de subducción, generados en el contacto entre las placas continental y marina (G)

Las magnitudes máximas (M_w) probables que pueden originarse en estas fallas son, respectivamente, 7.0, 4.7, 6.5 y 8.2. Para los tres primeros casos, con base en datos geológicos e históricos se supusieron distancias mínimas a la ciudad de México de 80, 11 y 80 km, respectivamente. Para los movimientos del tipo G, históricamente causantes de prácticamente todos los daños causados por sismos en la ciudad de México, la localización más desfavorable del evento de magnitud máxima es muy incierta, por lo que se supusieron distancias de 130, 248 y 280 km, con probabilidades de 0.25, 0.5 y 0.25. Para todos los temblores, menos los

de tipo G, las ordenadas esperadas de los espectros de Fourier en terreno firme se obtuvieron a partir del modelo ω^2 (27) y se muestran en la fig. 44, tomada de la ref. 26. Ahí también se muestran las ordenadas esperadas para los temblores del tipo G, calculadas de acuerdo con la ref. 14. Estos espectros se afectaron por funciones de transferencia adecuadas, obtenidas bajo la hipótesis de propagación vertical unidimensional de ondas SH, para dar lugar a los espectros de Fourier en diversas condiciones de terreno local.

Los espectros de respuesta para amortiguamiento de 5 por ciento del crítico se obtuvieron aplicando la teoría de vibraciones aleatorias (27,28) a partir de los espectros de Fourier en cada sitio y las duraciones efectivas, estimadas a partir de registros obtenidos en CU (30, 7 y 30 seg., respectivamente, para temblores tipos A, L y N). Los resultados para las cuatro fuentes estudiadas y cuatro sitios distintos en la ciudad de México se muestran en las figs. 45 a 48, afectados de un factor reductivo de 0.4 en todos los casos, que tiene por objetivo tomar en cuenta las reservas de resistencia que todas las construcciones tienen, como consecuencia de los factores de seguridad que se emplean para diseñar los miembros estructurales, así como de su posibilidad de desarrollar líneas alternas de defensa mediante la contribución de elementos, ajenos a la estructura, que no se toman en cuenta al revisar la seguridad. En estas figuras también se presentan las ordenadas de espectros de respuesta reducidos que para cada fuente corresponden a una tasa de excedencia de 7×10^{-3} /año, que es la óptima para estructuras ordinarias en terreno blando (26). Por fin, las envolventes con trazo continuo son las de diseño propuesto para sistemas de comportamiento frágil. Para estructuras de comportamiento dúctil pueden reducirse dividiéndolas por números que en el caso de marcos dúctiles de concreto pueden alcanzar valores de 4 en el intervalo de periodos moderados y largos. Este factor es menor que el que resulta, para sistemas elasto-plásticos simples, de los estudios de respuesta dinámica no lineal ante acelerogramas de banda estrecha (29). Esta es una justificación más para la adopción del factor reductivo de 0.4 que se menciona arriba.

Comentarios finales

Aparte de su excepcional magnitud, el sismo de Michoacán del 19 de septiembre de 1985 presentó características anómalas especialmente desfavorables para la ciudad de México. Estas características, en particular la duración y la elevada cantidad de energía en ondas con frecuencias en intervalos que se traslapan con los de resonancia de las formaciones arcillosas blandas del valle de México, ocasionaron amplificaciones muy superiores a las que eran de esperarse a la luz de experiencias previas y mucho más irregulares en cuanto a su variabilidad espacial que lo que predicen los modelos usualmente aplicados en la práctica.

Por lo que respecta al análisis del riesgo, las principales lecciones que nos deja el temblor de 1985 se refieren a la necesidad de incorporar en las decisiones sobre normas y criterios de diseño sísmico los nuevos conocimientos sobre brechas sísmicas y naturaleza no poissoniana de la actividad de fallas. También es crucial revisar en cada sitio las evaluaciones de la posible influencia de las condiciones locales, a la luz

de lo que se aprendió en México y de las grandes dudas que aún quedan al tratar de explicar la variabilidad espacial de las intensidades.

Referencias

1. Kelleher, J., Sykes, L. y Oliver, J., "Possible criteria for predicting earthquake locations and their application to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean", J. Geophys. Res., **64**, 3 (1973), 2547-2585.
2. Esteva, L., "Seismicity", Cap. 6 del libro Seismic Risk and Engineering Decisions, editado por C. Lomnitz y E. Rosenblueth, Elsevier, Amsterdam (1976), 179-224.
3. Esteva, L., "Earthquake engineering research and practice in Mexico after the 1985 earthquakes", Bull. New Zealand Soc. Earth. Eng., **20**, 3 (1987), 159-200.
4. Shimazaki, K.^f y Nakata, T., "Time predictable recurrence for large earthquakes", Geophys. Res. Letters, **7** (1980), 279-282.
5. Kiremidjian, A.S. y Anagnos, T., "Stochastic slip-predictable model for earthquake occurrence", Bull. Seism. Soc. Am., **74** (1984), 739-755.
6. Jaramillo, J.D., "Modelo markoviano de sismicidad", tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, UNAM (1990), en prensa.
7. Hong, H.P. y Rosenblueth, E., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - Model for generation of subduction earthquakes", Earthquake Spectra, **4**, 3 (1988), 481-498.
8. Jara, J.M. y Rosenblueth, E., "Probability distribution of times between subduction earthquakes", Earthquake Spectra, **4**, 3 (1988), 499-529.
9. Rosenblueth, E., "Self-stimulated seismicity for noncharacteristic earthquakes", Earthquake Spectra, **4**, 3 (1988), 531-550.
10. Singh, S.K., Mena, E. y Castro, R. "Some aspects of source characteristics of the 19 September, 1985, Michoacán earthquake and ground motion amplification in and near Mexico City from strong motion data", Bull. Seism. Soc. Am., **78** (1988), 451-477.
11. Brune, J.N., "Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes", J. Geophys. Res., **75** (1970), 4997-5009.
12. Gusev, A.A., "Descriptive statistical model of earthquake source radiation and its application to an estimation of short-period strong motion", Geophys. J. Roy. Astr. Soc., **74** (1983), 787-808.
13. Singh, S.K., Mori, A., Mena, E., Krüger, F. y Kind, R. "Evidence for anomalous body-wave radiation between 0.3 and 0.7 Hz from the

- September 19, 1985, Michoacán, México earthquake", resumen publicado en Lessons learned from the 1985 Mexico earthquake, EERI, El Cerrito, California (1989), p. 49.
14. Castro, R., Singh, S.K. y Mena, E., "An empirical model to predict Fourier amplitude spectra of horizontal ground motion", Earthquake Spectra, 4, 4 (1988), 675-686.
 15. Anderson, J.G. y Quaas, R., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - Effect of magnitude on the character of strong ground motion: an example from the Guerrero, Mexico strong motion networks", Earthquake Spectra, 4, 3 (1988), 635-646.
 16. Kanamori, H., Jennings, P.C., Helmberger, D., Clayton, R., Singh, S.K., Astiz, L. y Mena, E., "Estimation of strong ground motions in Mexico City", Procs. 9 WCEE, Tokyo y Kyoto, VIII (1988), 43-49.
 17. Houston, H. "Source Characteristics of large earthquakes at short periods", tesis doctoral, California Institute of Technology (1986).
 18. Esteva, L., Diaz, O., Terán, A. y García, J., "Costos probables de daños causados por temblores en construcciones", informe del Instituto de Ingeniería a la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (1988).
 19. Herrera, I., Rosenblueth, E. y Rascón, O.A., "Earthquake Spectra prediction for the Valley of Mexico", Proc. 3WCEE, 1 (1965), 61-74.
 20. Iglesias, J., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - Seismic zoning of Mexico City after the 1985 earthquake", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 257-271.
 21. Singh, S.K., Lermo, J., Domínguez, T., Ordaz, M., Espinosa, J.M., Mena, E. y Quaas, R., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - A study of amplification of seismic waves in the Valley of Mexico with respect to a hill zone site", Earthquake Spectra, 4, 4 (1988), 653-673.
 22. Ordaz, M., Singh, S.K., Reinoso, E., Lermo, J., Espinosa, J.M. y Domínguez, T., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - Estimation of response spectra in the lake bed zone of the Valley of Mexico", Earthquake Spectra, 4, 4 (1988), 815-834.
 23. Arias, A., "A measure of earthquake intensity", en Seismic design for nuclear power plants, editor R.J. Hansen, MIT Press, Cambridge, Mass. (1969).
 24. Sánchez-Sesma, F.J., Chávez, S., Suárez, M., Bravo, M. y Pérez-Rocha, L.E., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 - On the seismic response of the Valley of Mexico", Earthquake Spectra, 4, 3 (1988), 569-589.
 25. Bard, P.Y., Campillo, M., Chávez, F.J. y Sánchez-Sesma, F.J., "The

Mexico earthquake of September 19, 1985 - A theoretical investigation of large- and small-scale amplification effects in the Mexico City Valley", Earthquake Spectra, 4, 3 (1988), 609-633.

26. Rosenblueth, E., Ordaz, M., Sánchez-Sesma, F.J. y Singh, S.K., "The Mexico earthquake of September 19, 1985 -Design spectra for Mexico's Federal District", Earthquake Spectra, 5, 1 (1989), 273-291.
27. Boore, D.M. "Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra", Bull. Seism. Soc. Am., 73 (1983), 1865-1894.
28. Boore, D.M. y Joyner, W.B., "A note on the use of random vibration theory to predict peak amplitude of transient signals", Bull. Seism. Soc. Amer., 74 (1984), 2035-2039.
29. Avila, J. y Mell, R., "Respuesta inelástica ante el acelerograma del 19 de Septiembre de 1985", Memorias del V Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz (1986), A5.01-A5.11.

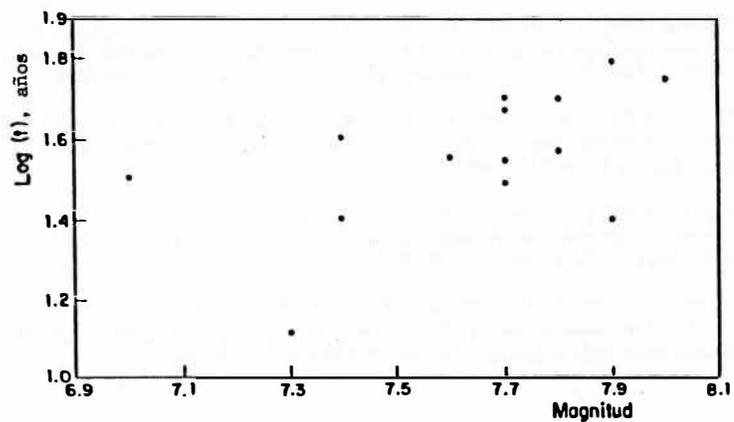


Fig. 1 Correlación entre magnitud y tiempo a partir del último evento característico en varios segmentos de la zona de subducción.

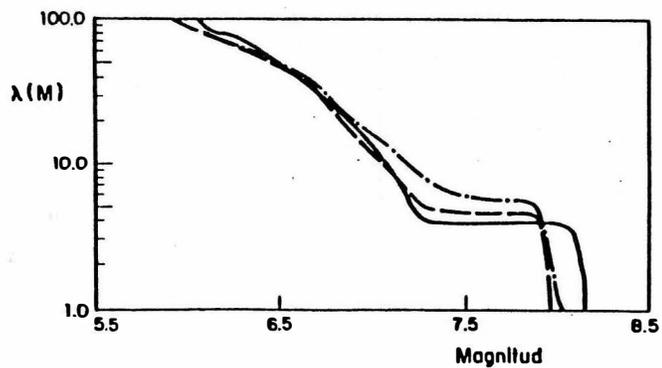


Fig. 2 Curvas típicas magnitud-recurrencia obtenidas por simulación.

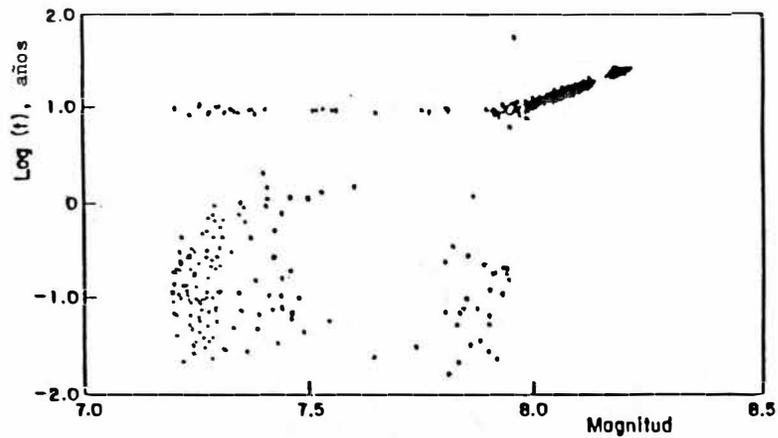


Fig. 3 Relación entre magnitud de temblor característico y tiempo transcurrido a partir del último (simulación).

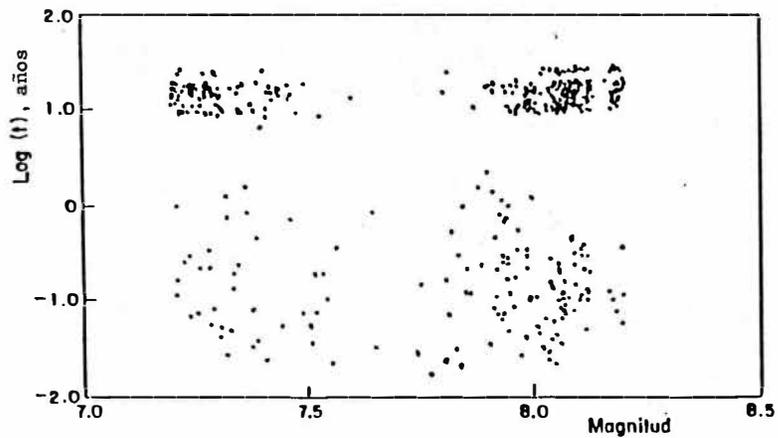


Fig. 4 Relación entre magnitud de temblor característico y tiempo al siguiente (simulación).

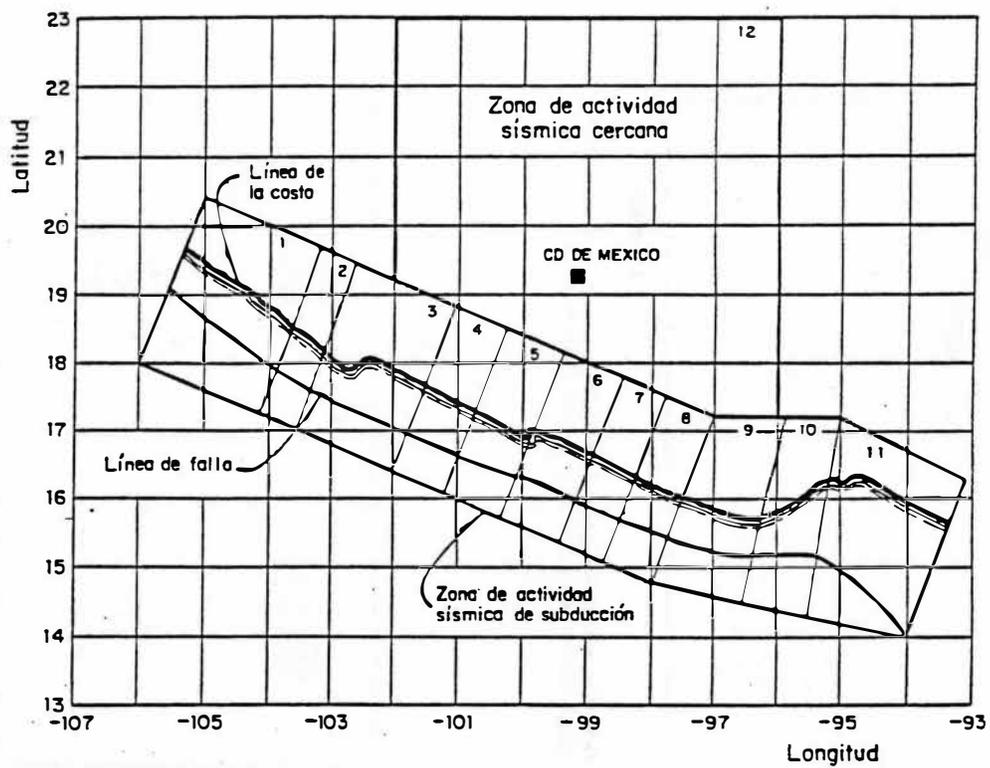


FIG. 5 Zonas de actividad sísmica consideradas

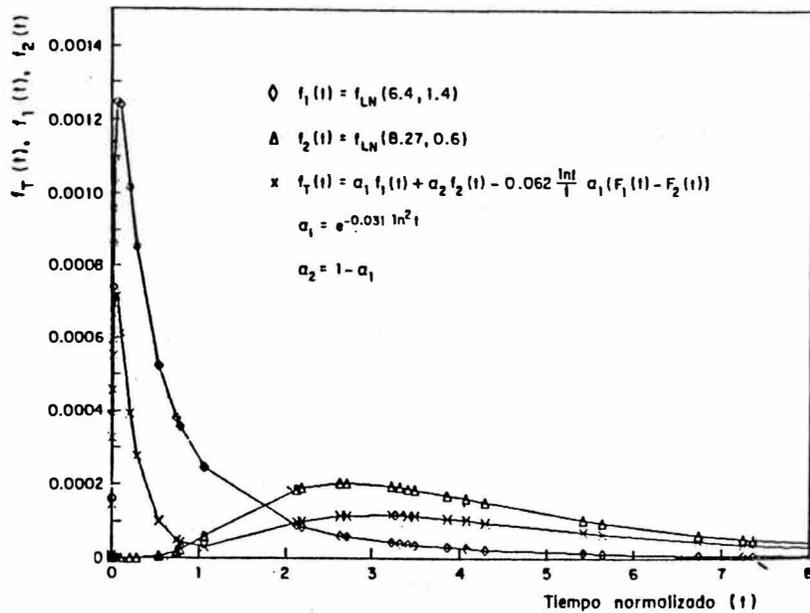


FIG. 6 Función de densidad de probabilidades de los tiempos de espera entre temblores característicos en la zona de subducción

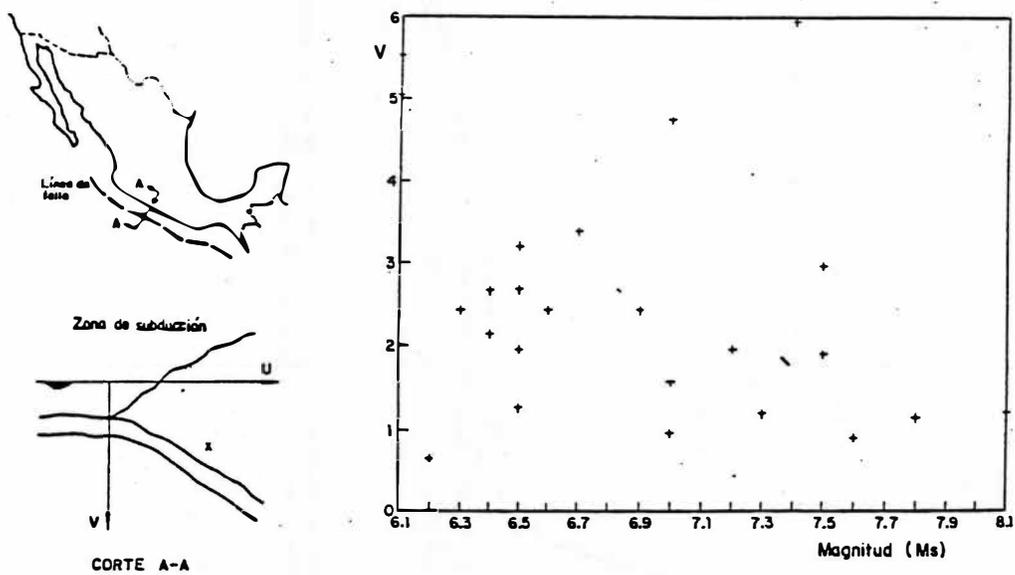


FIG. 7 Distribución espacial de los temblores característicos en la zona de subducción (Ms-V)

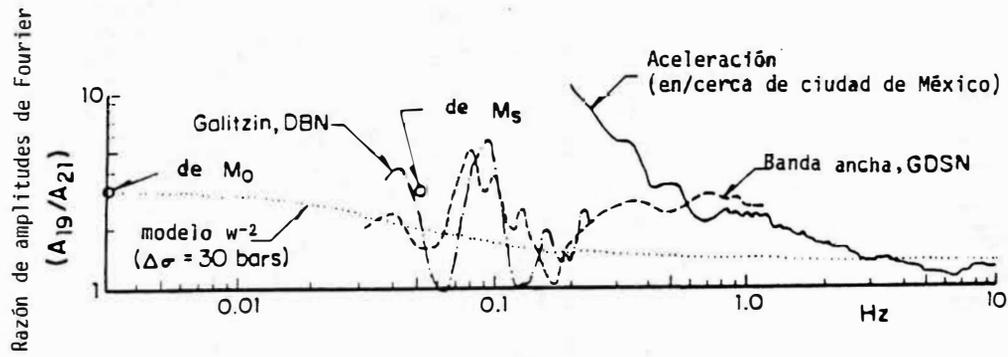


Fig. 8 Relación entre espectros de los temblores del 19 y 21 de septiembre de 1985

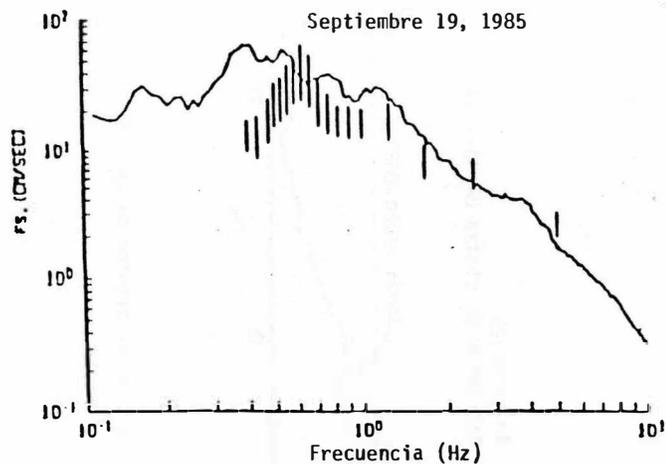


Fig. 9 Comparación entre FS observado (trazo continuo) y calculado. Las longitudes de los segmentos verticales denotan \pm una desviación estándar de log FS

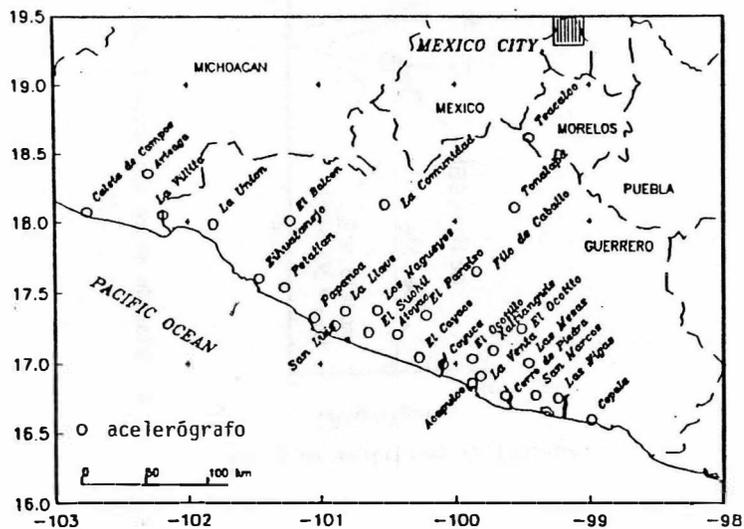


Fig. 10 Estaciones de la red acelerográfica de Guerrero

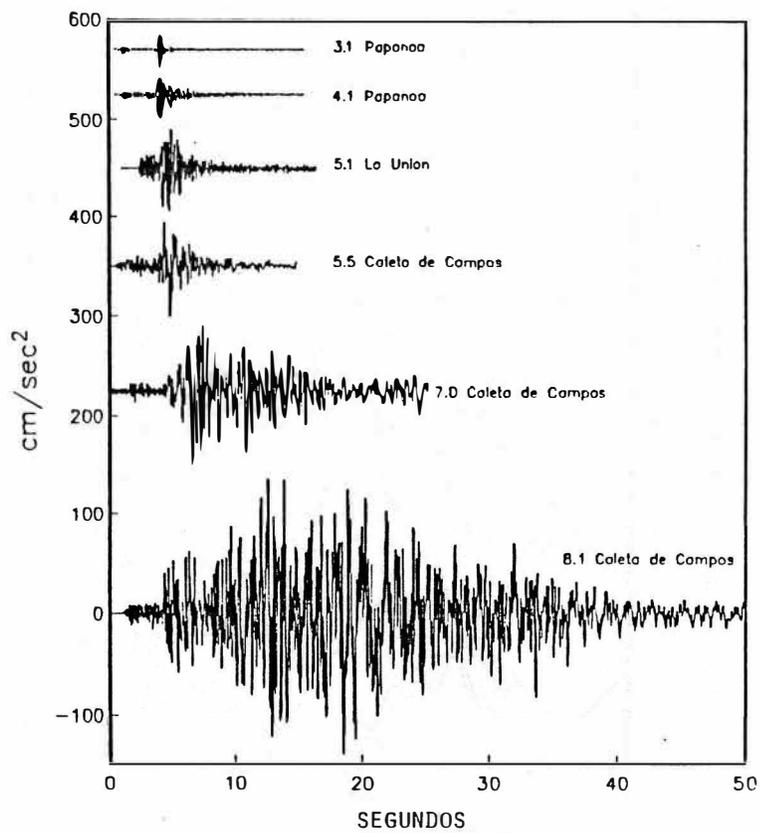


Fig. 11 Acelerogramas registrados en 1985 y 1986. Los epicentros distan aproximadamente 25 Km de las estaciones.

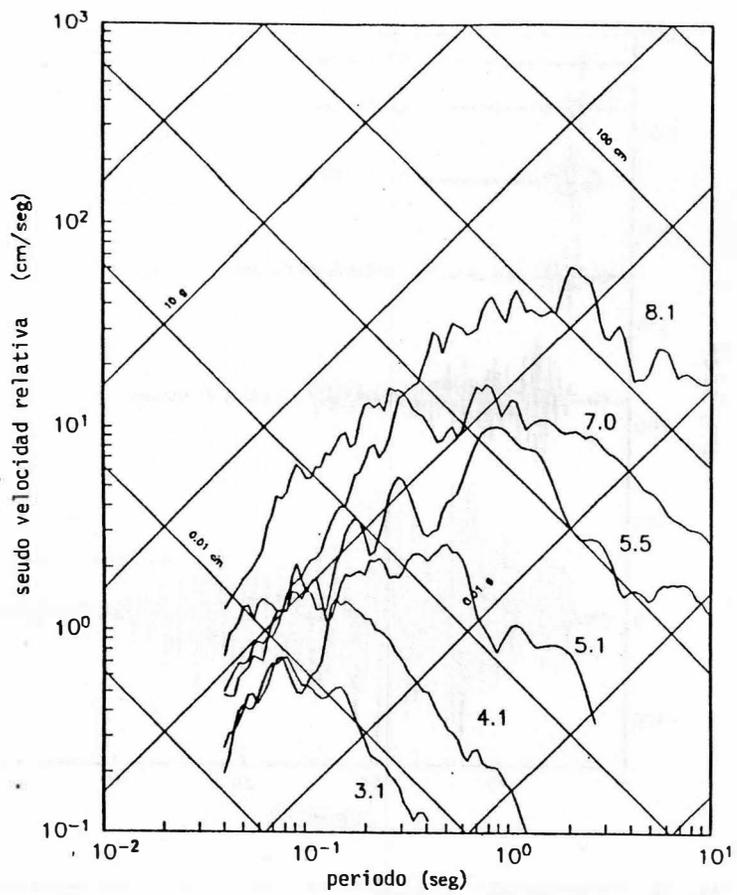


Fig. 12 Espectros de velocidades para amortiguamiento de 0.05.

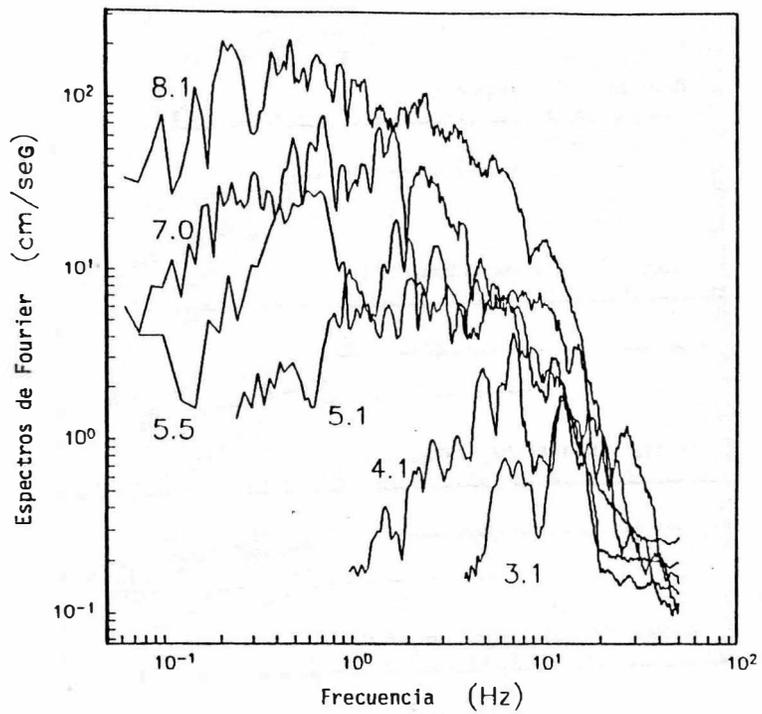


Fig. 13 Espectros de Fourier

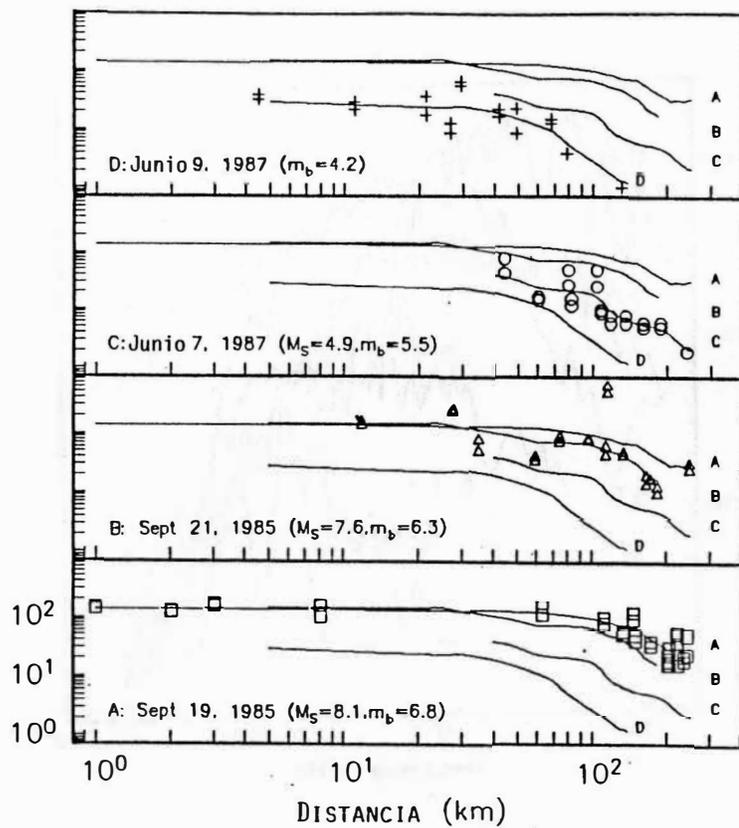


Fig. 14 Aceleraciones máximas del terreno en términos de magnitud y distancia.

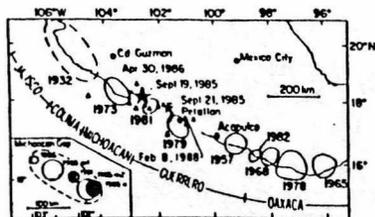


Fig. 15 Temblores históricos y sus réplicas.

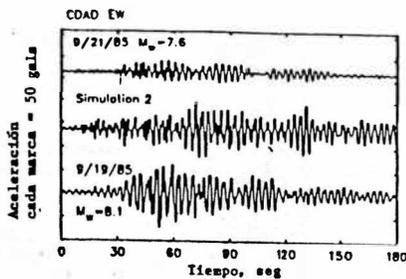


Fig. 16 Simulación del temblor de Michoacán en CDAO.

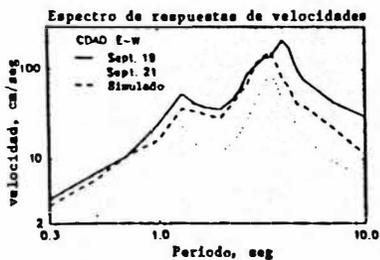


Fig. 17 Espectros de 0.05 de amortiguamiento para los acelerogramas de la fig. 16.

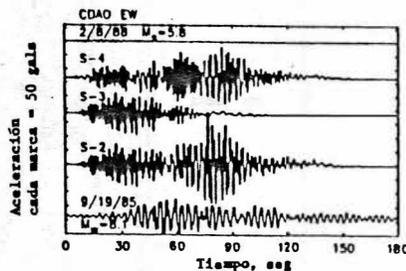


Fig. 18 Simulación del temblor de Guerrero en CDAO

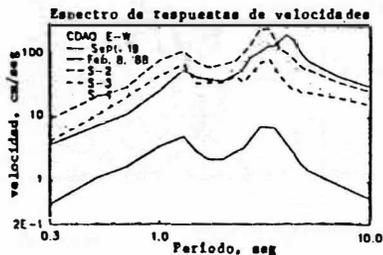


Fig. 19 Espectros de 0.05 de amortiguamiento de acelerogramas de la fig. 18

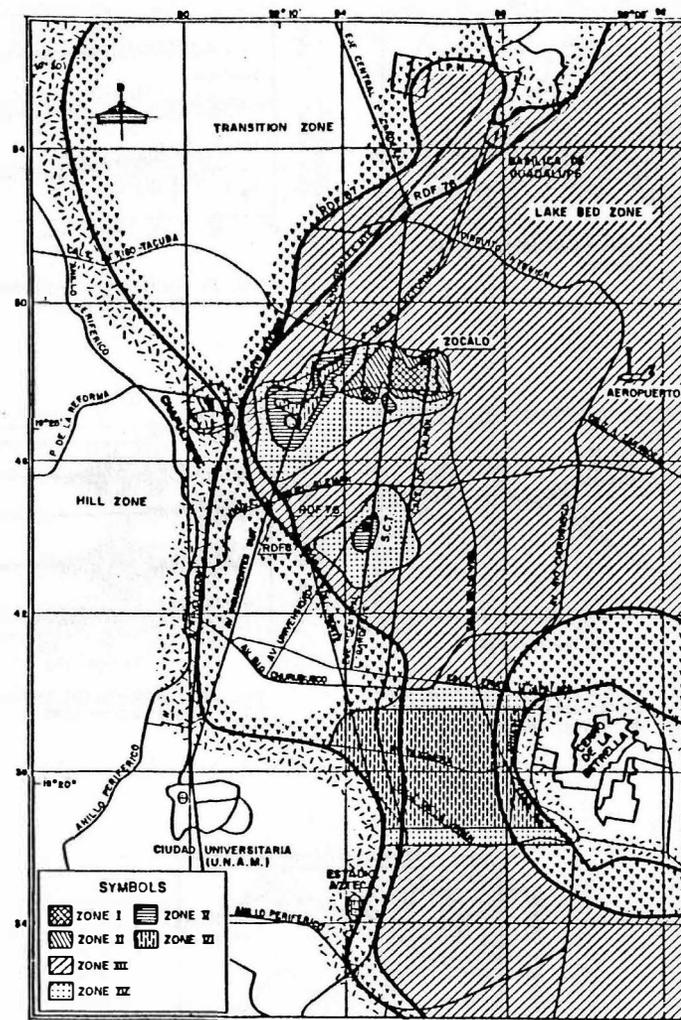


Fig. 20 Mapa de intensidades del temblor de México de septiembre de 1985.

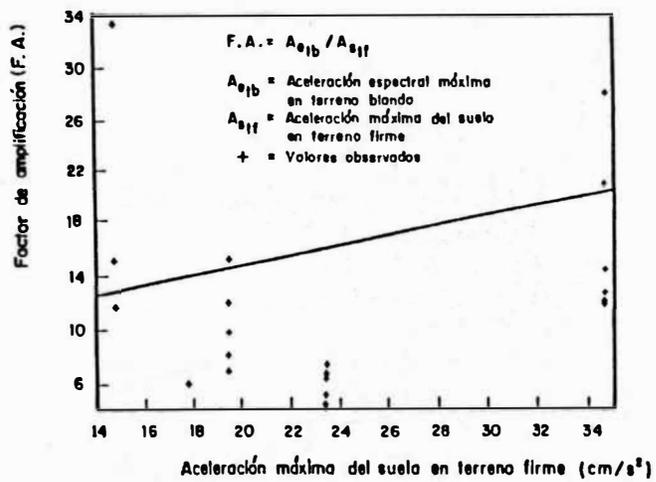


FIG. 21 Factor de amplificación por influencia del terreno blando en el Distrito Federal

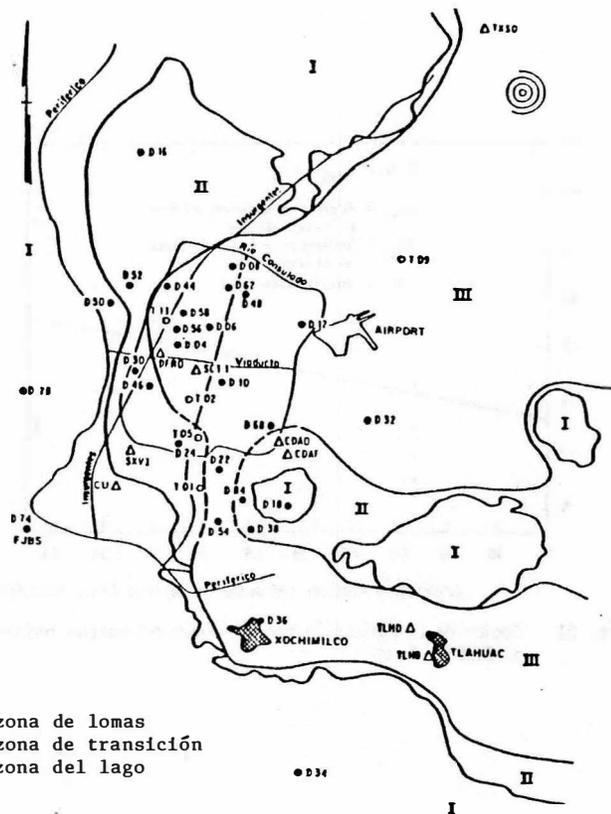


Fig. 22 Microzonificación sísmica del valle de México y estaciones acelerográficas.

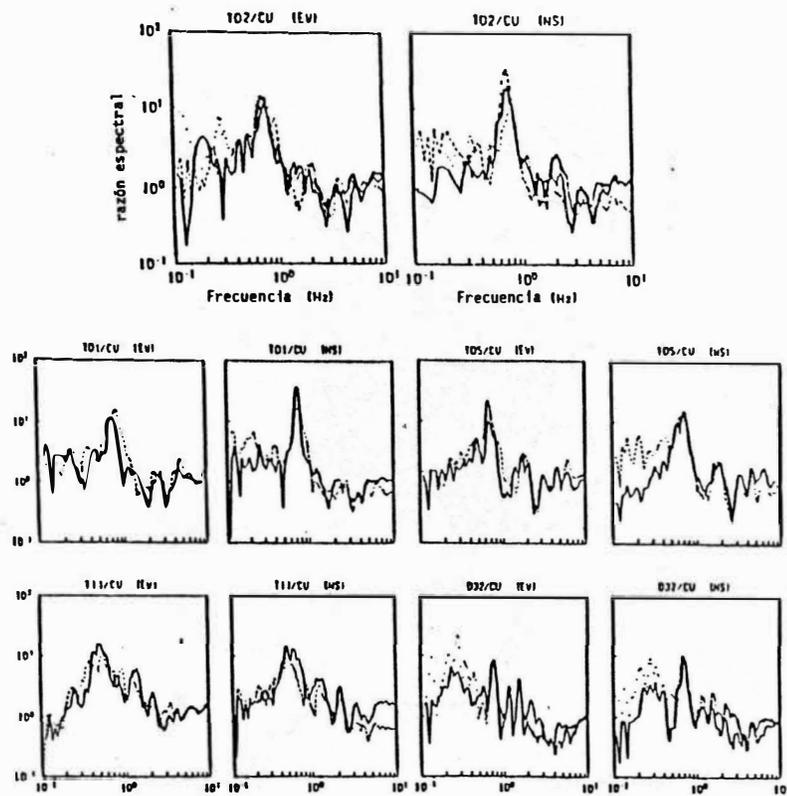


FIG. 23 RAZONES ESPECTRALES

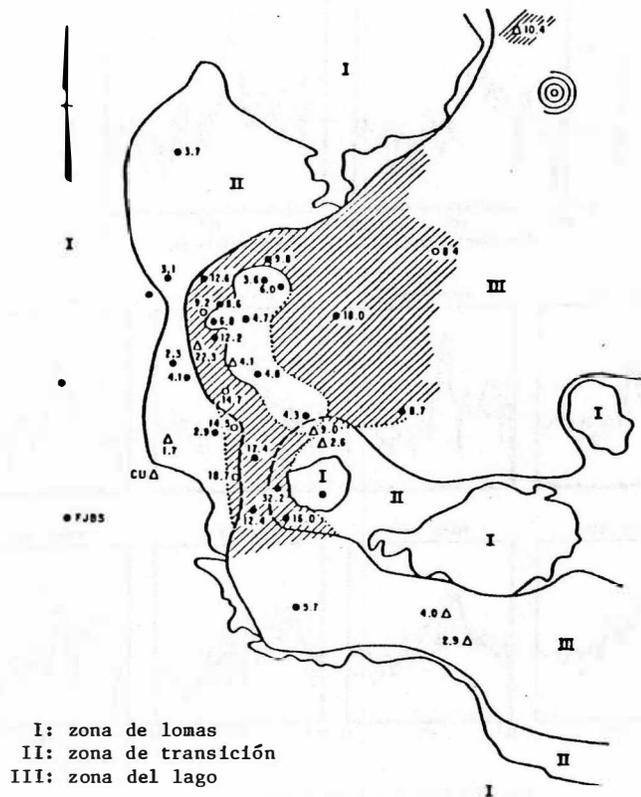


Fig. 24 Amplificaciones de espectros de Fourier para períodos entre 1.25 y 1.75

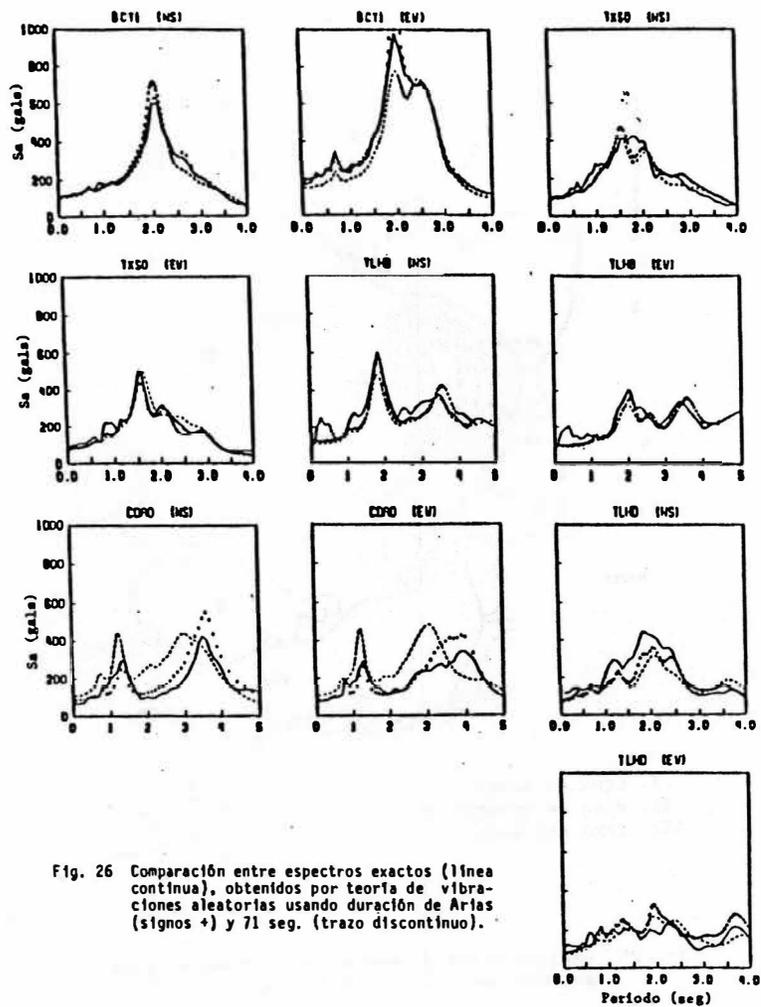


Fig. 26 Comparación entre espectros exactos (línea continua), obtenidos por teoría de vibraciones aleatorias usando duración de Arias (signos +) y 71 seg. (trazo discontinuo).

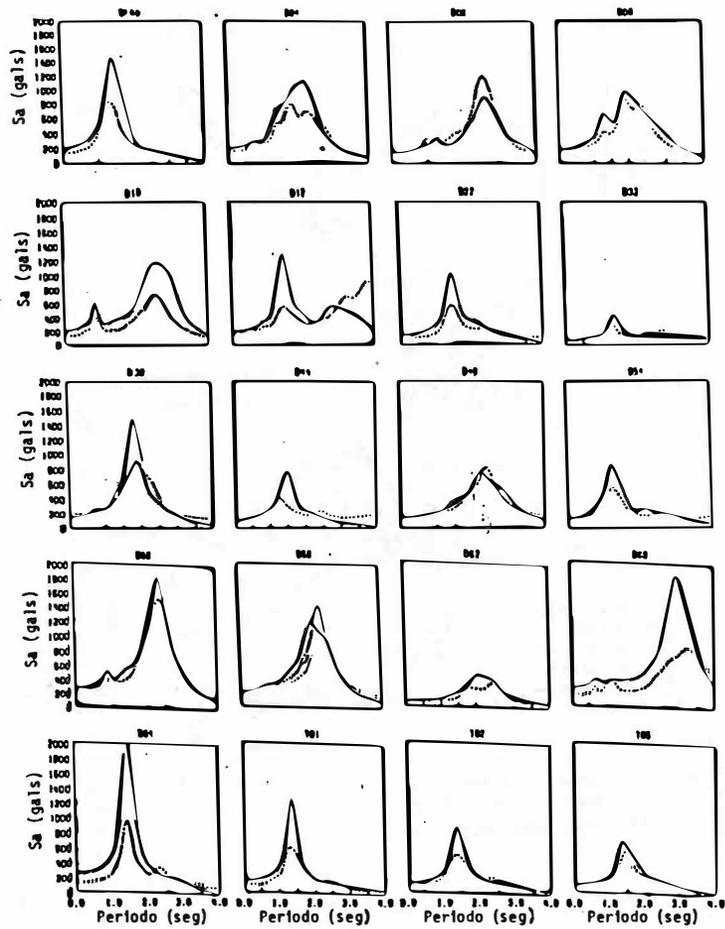


Fig. 27 VALORES DE S_A ESTIMADOS EN 20 SITIOS EN DONDE NO SE REGISTRÓ EL TEMBLOR DE MICHOACÁN, TRAZO CONTINUO: NS, TRAZO DISCONTINUO: EW.

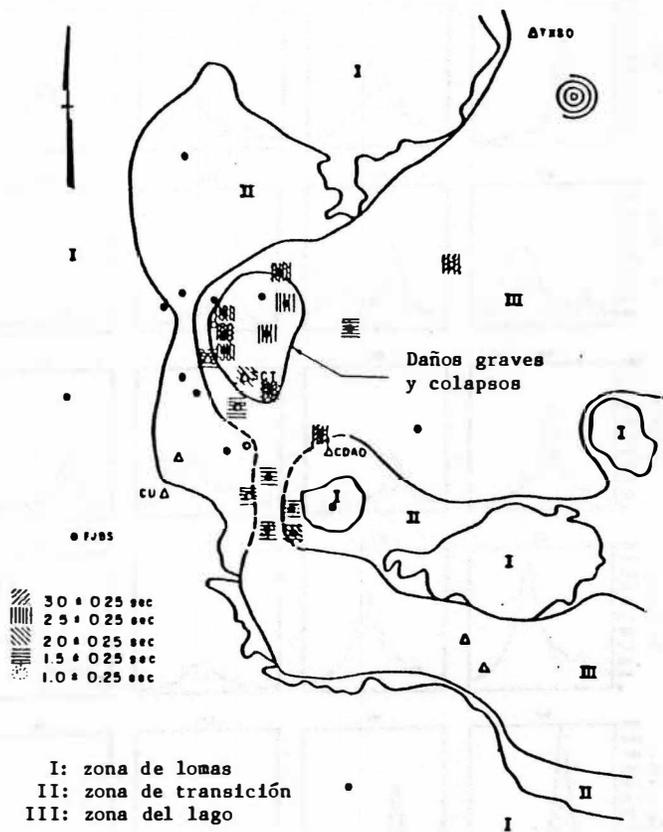


Fig. 28 Zonas con $S_a \geq 800$ gals en cualquier periodo entre 0.75 y 3.25 seg.

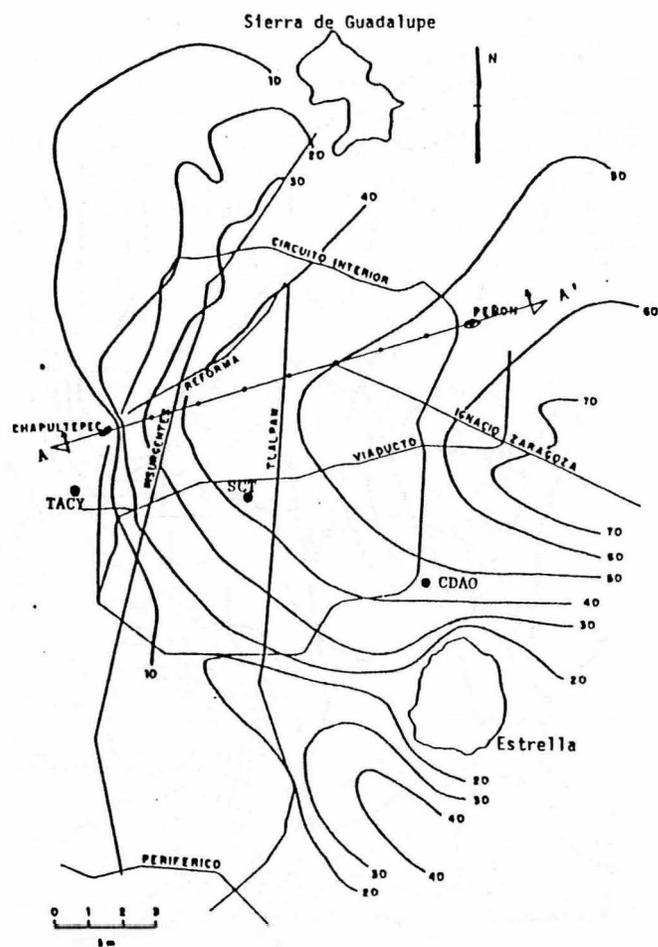


Fig. 29 Espesores de la capa de arcilla (metros)

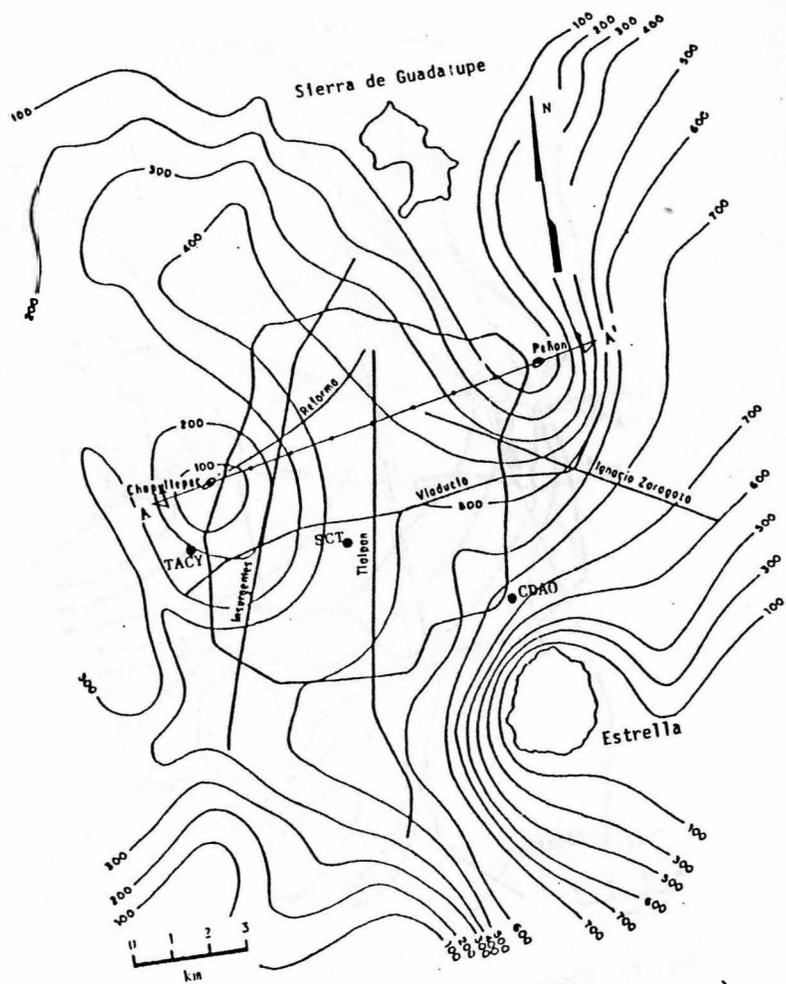


Fig. 30 Espesores de sedimentos profundos (metros)

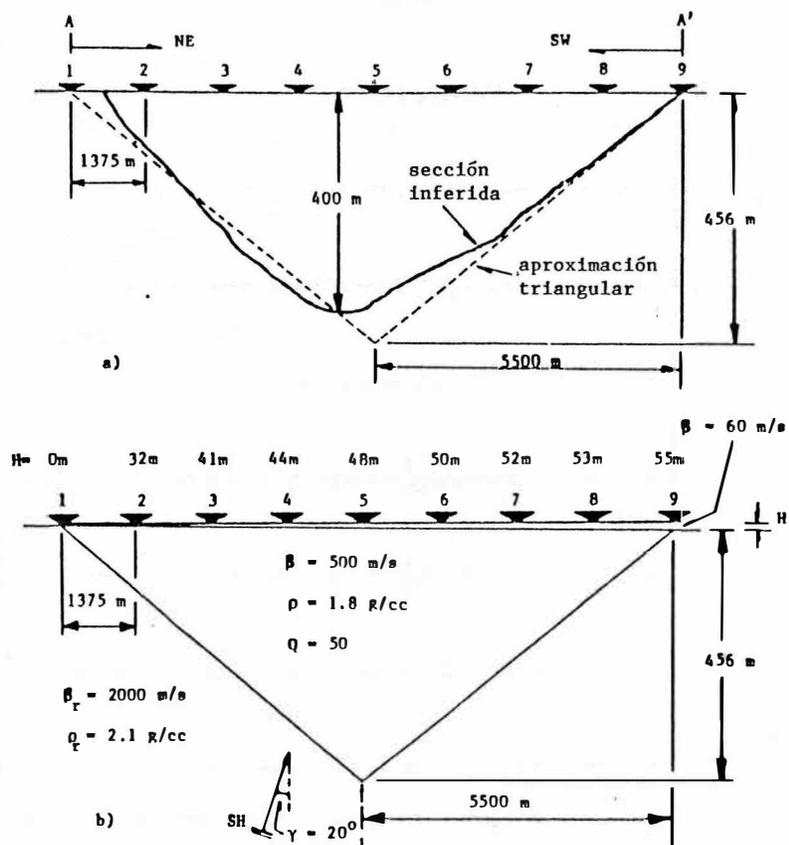


Fig. 31 Sección transversal del valle y modelo aproximado

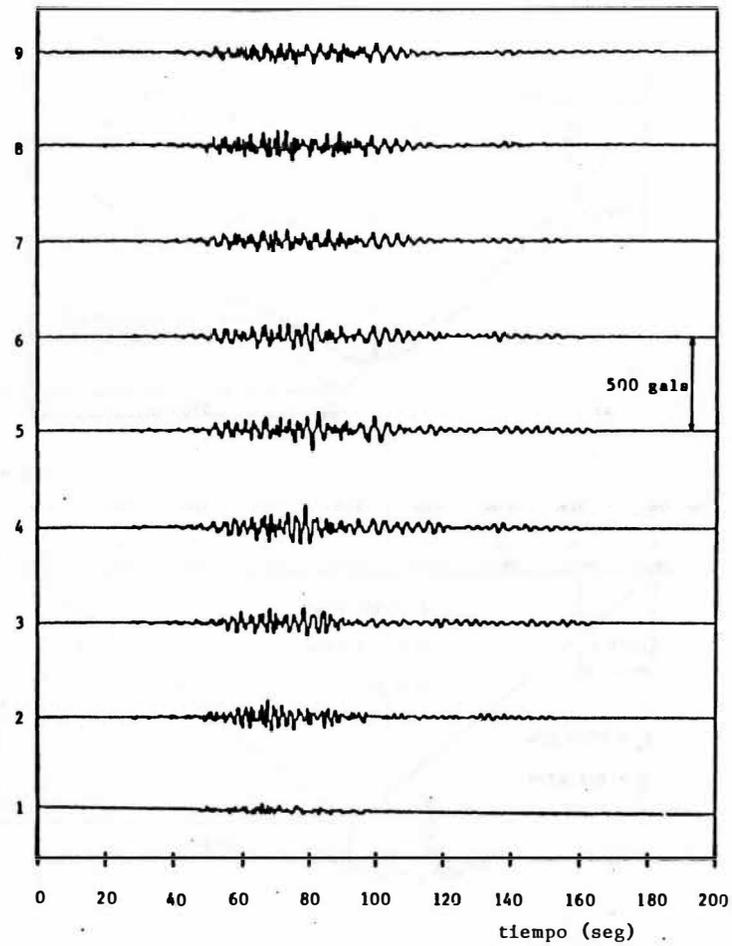


Fig. 32 Acelerogramas sintéticos para modelos unidimensionales equivalentes.

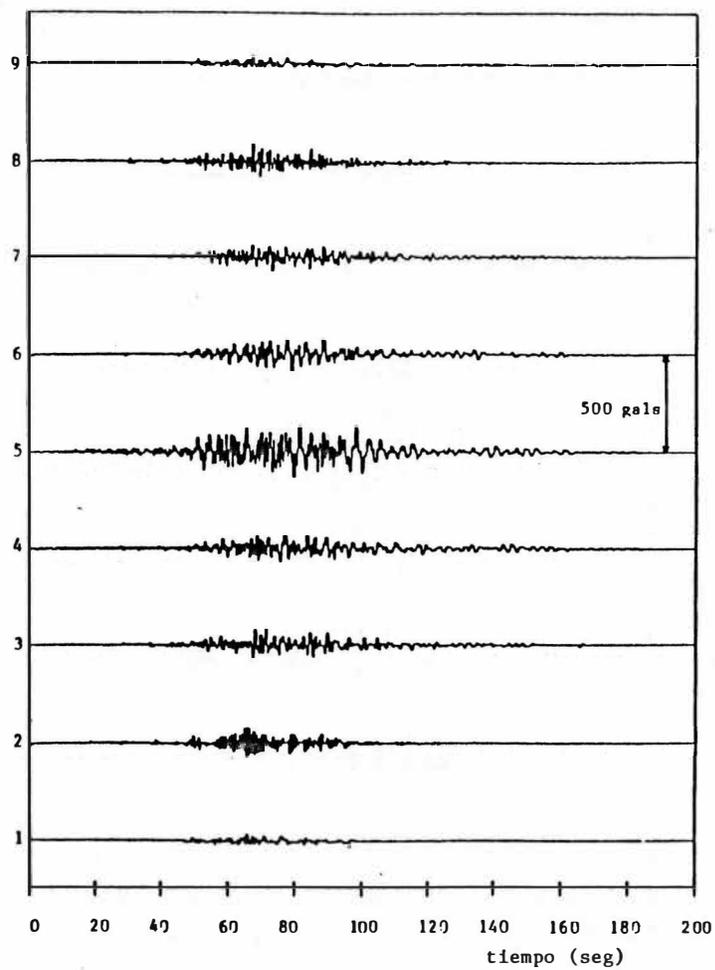


Fig. 33 Acelerogramas sintéticos para modelo bidimensional sin considerar la capa de arcilla

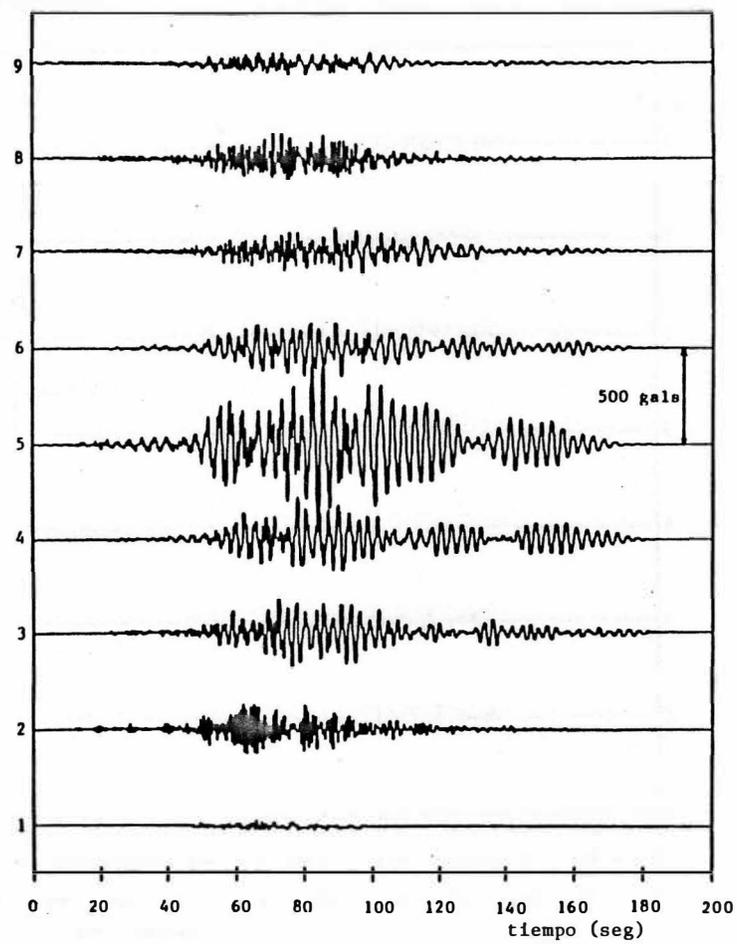


Fig. 34 Acelerogramas sintéticos para el modelo bidimensional tomando en cuenta la capa de arcilla

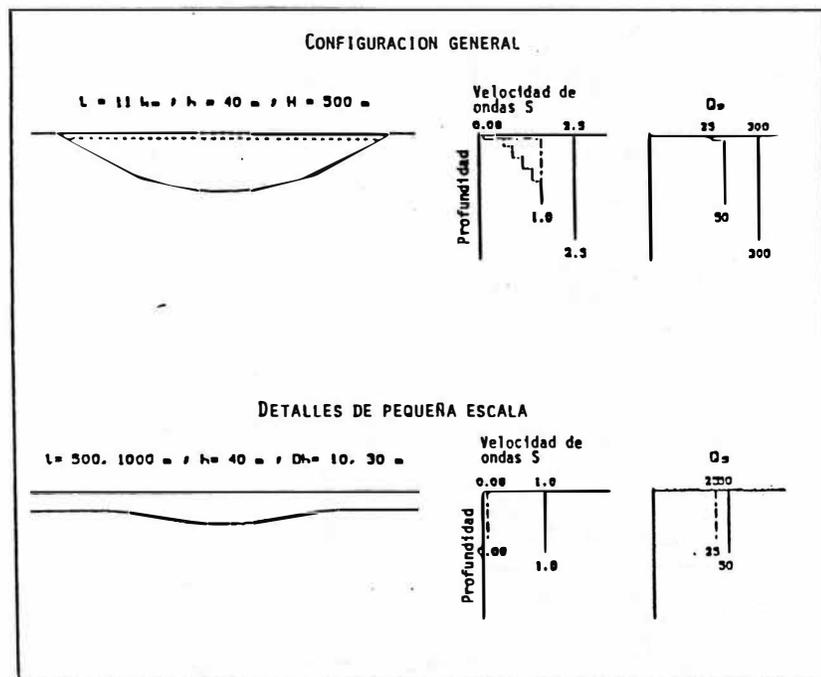


Fig. 35 Propiedades mecánicas y geométricas

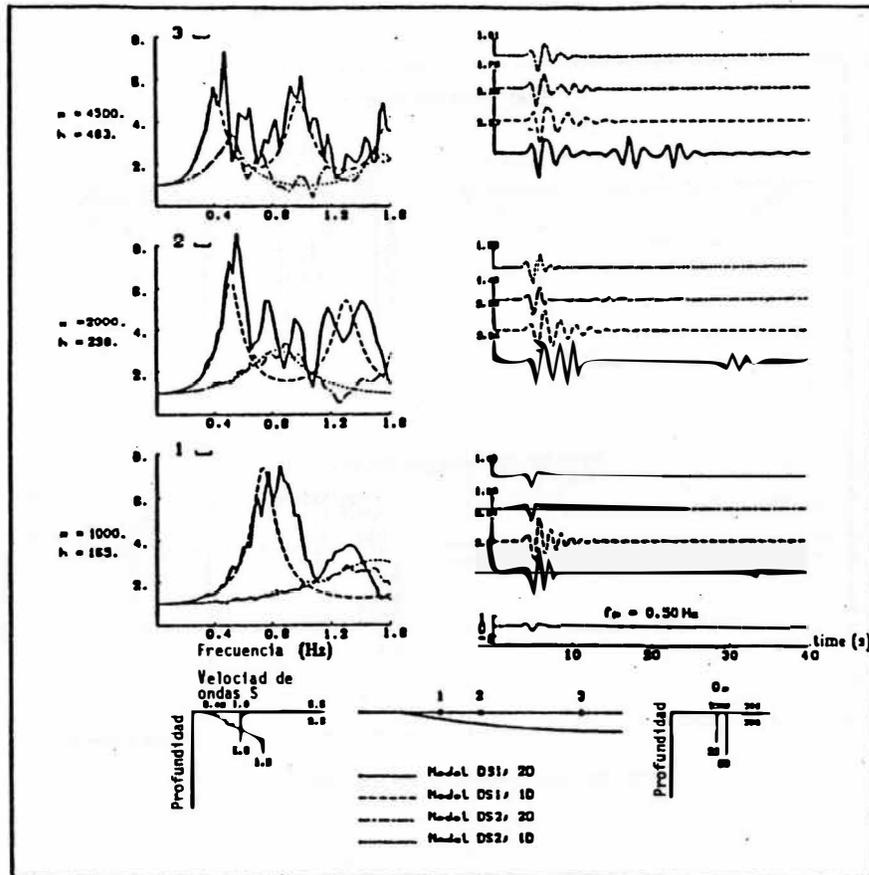


FIG. 36 EFECTOS DE SEDIMENTOS PROFUNDOS EN TRES SITIOS

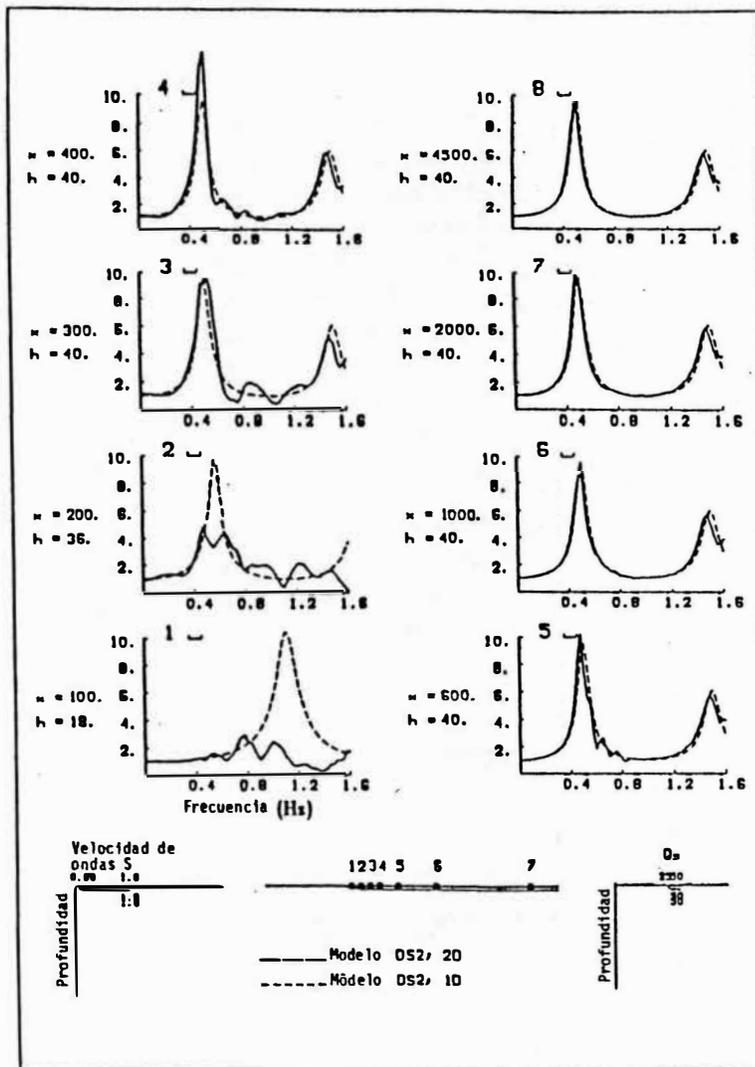


Fig. 37 Efectos de la configuración general de la capa de arcilla

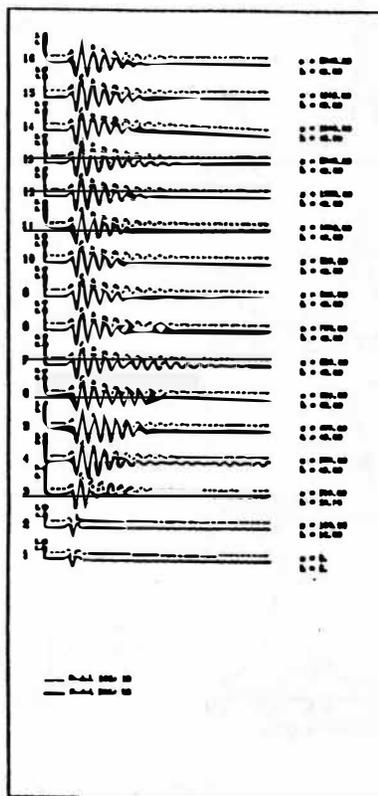


Fig. 38 Efectos de la capa de arcilla, en el dominio del tiempo

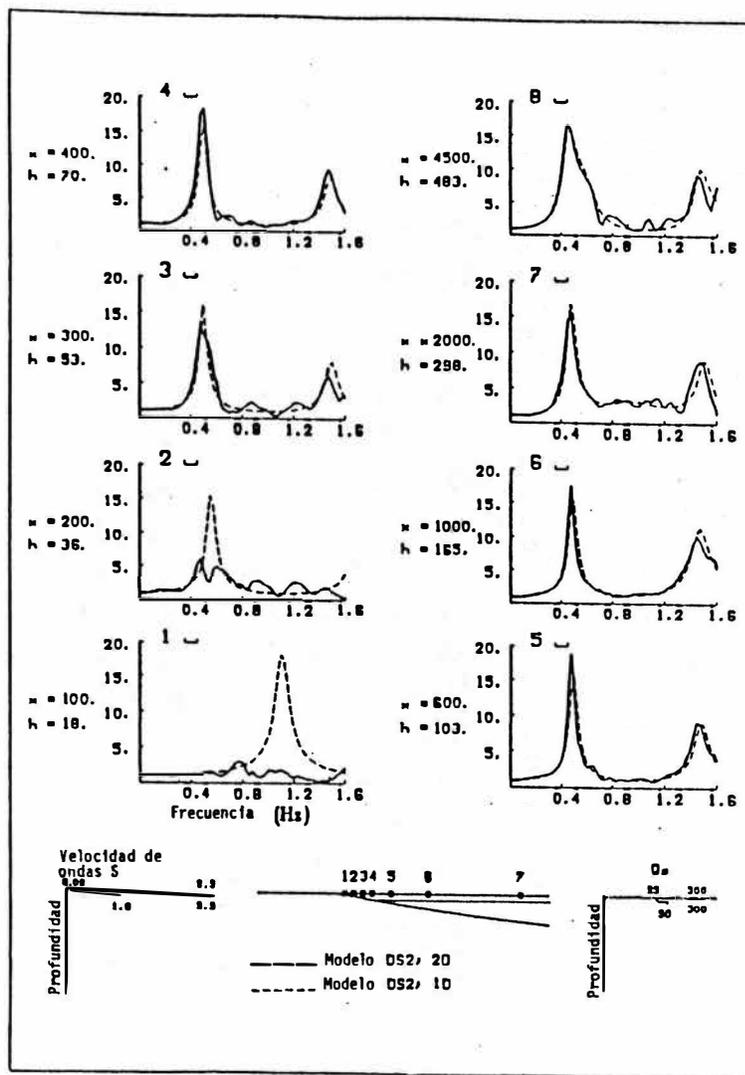


Fig. 39 Efectos del modelo completo del valle.

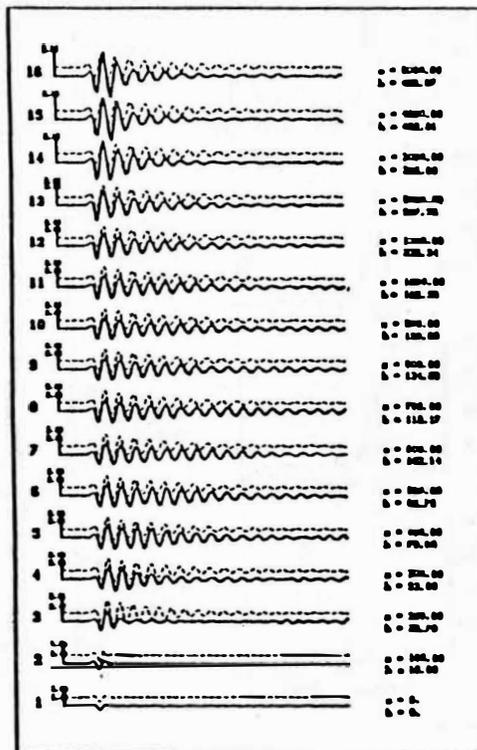


FIG. 40 EFECTOS DEL MODELO COMPLETO DEL VALLE, EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

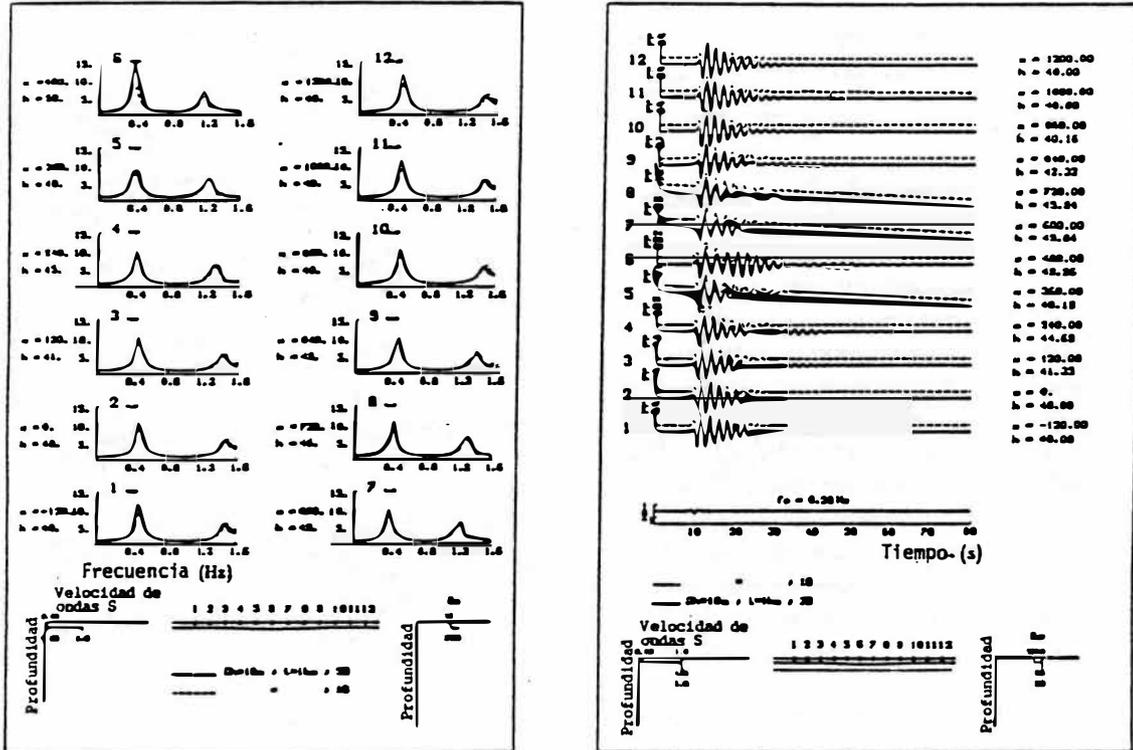


FIG. 41 EFECTOS DE INCREMENTOS LOCALES DE ESPESOR DE LA FORMACIÓN DE ARCILLA, DE ACUERDO CON MODELOS 1D Y 2D.

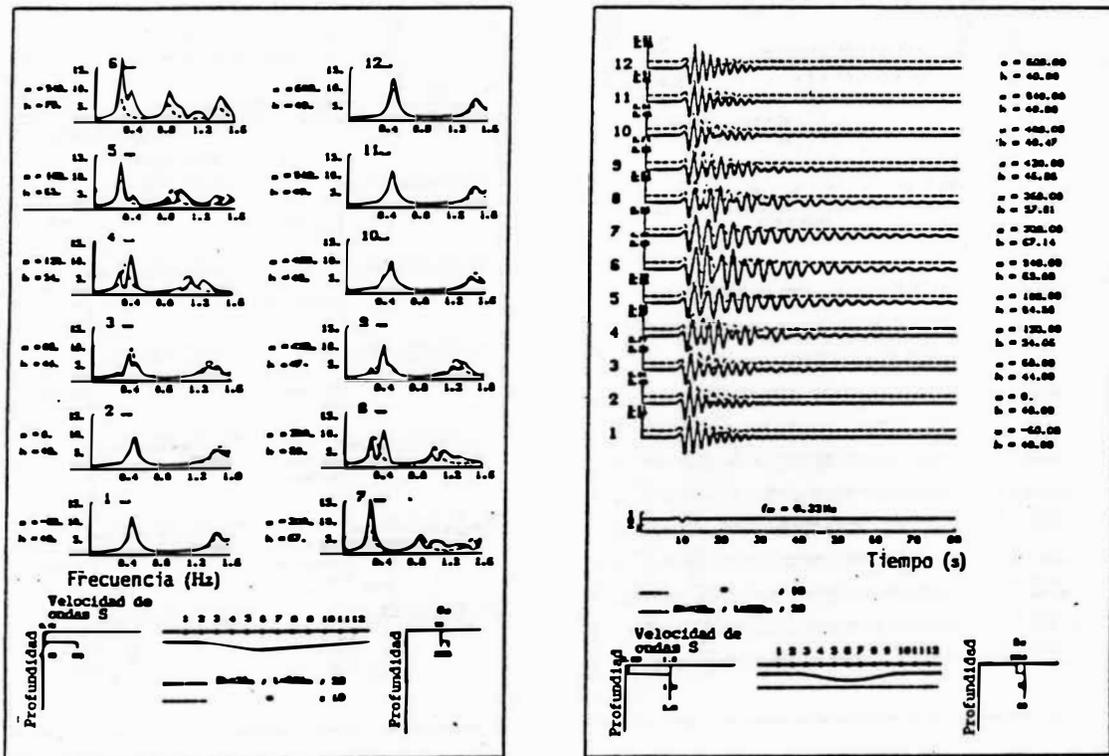


FIG. 42 EFECTOS DE INCREMENTOS LOCALES DE ESPESOR DE LA FORMACIÓN DE ARCILLA, DE ACUERDO CON MODELOS 1D Y 2D.

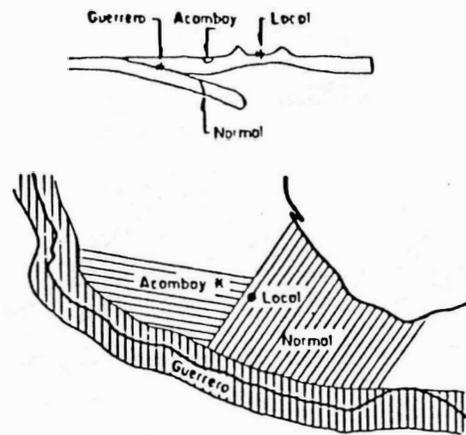


Fig. 43 Grupos de temblores y zonas de posible ocurrencia

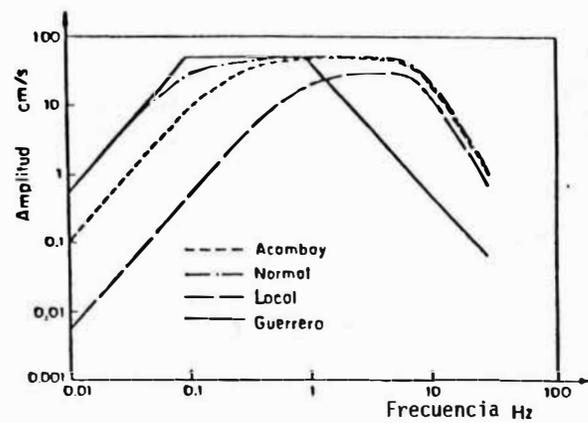


Fig. 44 Espectros de Fourier de aceleraciones para varios eventos.

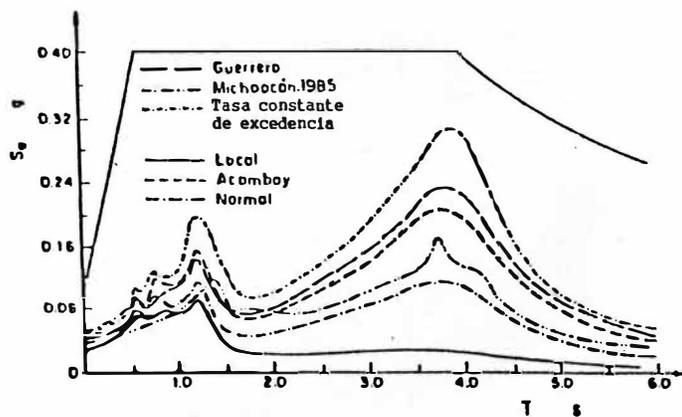


Fig. 45 Espectros de respuesta y de diseño; zona del lago,
 $T_B = 3.97$ seg.

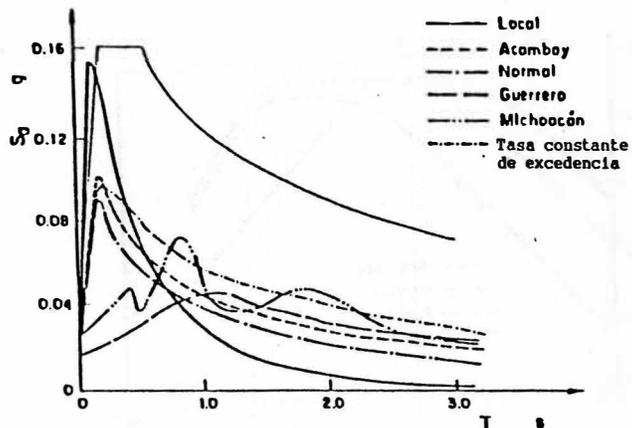


Fig. 46 Espectros de respuesta y de diseño; terreno firme.

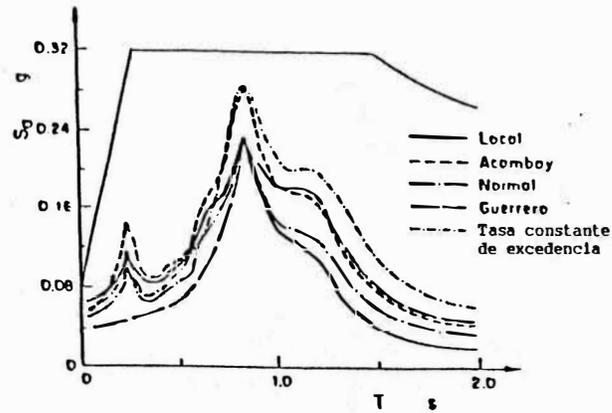


Fig. 47 Espectros de respuesta y de diseño, zona de transición, $T_g = 0.87$ seg.

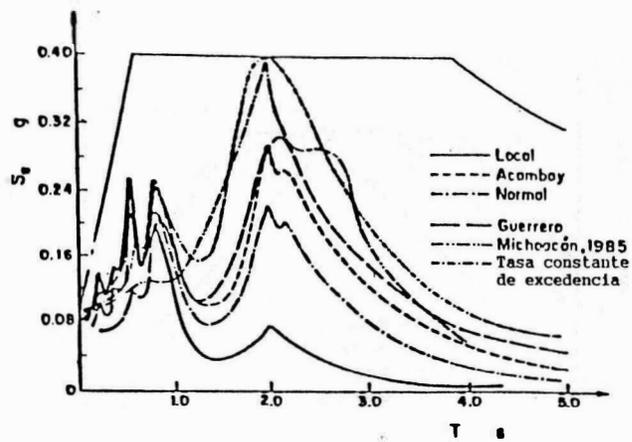


Fig. 48 Espectros de respuesta y de diseño; zona del lago, $T_g = 2.08$ seg.

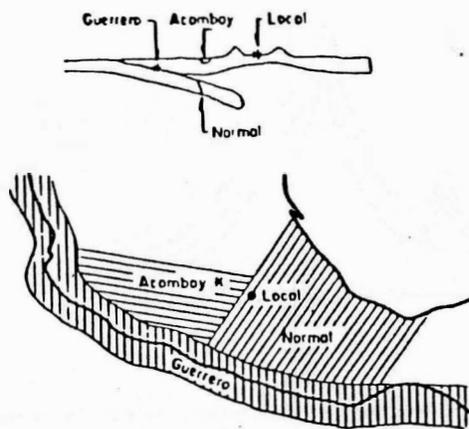


Fig. 43 Grupos de temblores y zonas de posible ocurrencia

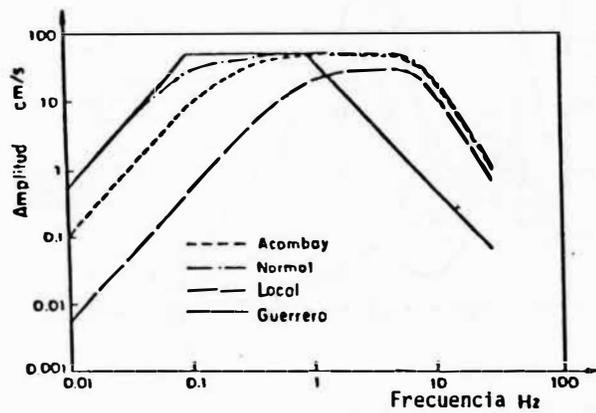


Fig. 44 Espectros de Fourier de aceleraciones para varios eventos.

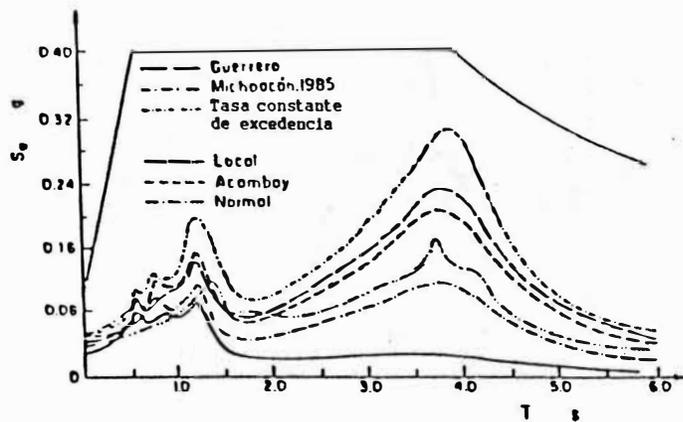


Fig. 45 Espectros de respuesta y de diseño; zona del lago,
 $T_B = 3.97$ seg.

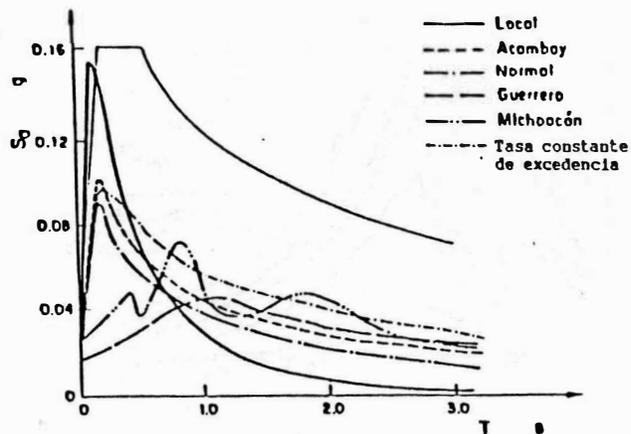


Fig. 46 Espectros de respuesta y de diseño; terreno firme.

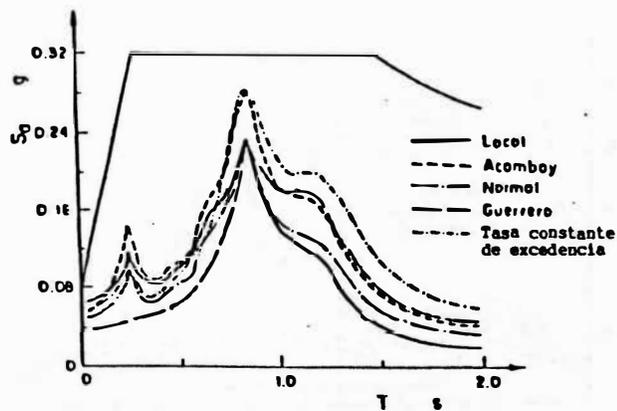


Fig. 47 Espectros de respuesta y de diseño, zona de transición, $T_g = 0.87$ seg.

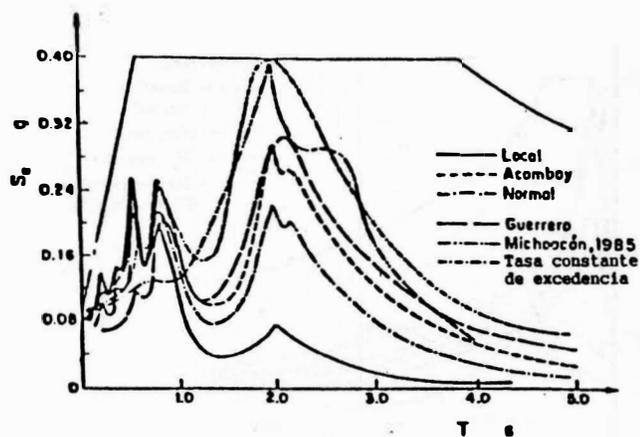


Fig. 48 Espectros de respuesta y de diseño; zona del lago, $T_g = 2.08$ seg.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"NORMATIVA ANTISISMICA: EXCLUSIONES,
LINEAMIENTOS BASICOS Y AUTORIDAD COMPETENTE"**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
José Grases G.
Profesor Ingeniería Civil
Caracas, Venezuela.**

**NORMATIVA ANTISISMICA: EXCLUSIONES,
LINEAMIENTOS BASICOS Y AUTORIDAD COMPETENTE**

Resumen

De la revisión de las normas que actualmente se aplican en el proyecto de edificaciones antisísmicas se desprenden algunas observaciones que ameritan consideración. Se llama aquí la atención sobre las siguientes:

- 1.- Por estar su alcance necesariamente limitado a edificaciones de comportamiento tipificable, el establecimiento de criterios y/o la aprobación de soluciones a problemas que escapan a su ámbito de aplicación se eleva a una instancia superior (autoridad competente).
- 2.- La responsabilidad y amplitud del área de incumbencia de esa autoridad es revisada. Se infiere de ahí la conveniencia de que los principios generales (lineamientos básicos) sean presentados en forma explícita, lo cual también facilita el trabajo del Ingeniero Projectista y delimita más claramente su responsabilidad en eventuales situaciones catastróficas.
- 3.- La diversidad de edificaciones, la creciente demanda de proyectos de refuerzo, cambios de uso y/o adecuación a nuevas normas, hacen que sea recomendable la identificación y operatividad de la citada autoridad competente. Se recomienda igualmente, que en las normas se establezca en forma inequívoca lo que se entiende por condición adecuada de seguridad estructural.
- 4.- La importancia de que en la ejecución se respete lo establecido en el correspondiente proyecto y que las eventuales desviaciones se encuentren debidamente respaldadas, se pone de manifiesto en las nuevas normas mexicanas al establecer la designación obligatoria del Director de la Seguridad Estructural como responsable de la ejecución de edificaciones que excedan cierta altura.
- 5.- Finalmente, se recomienda la creación de un Comité Multinacional que se encargue de analizar los aspectos planteados.

* Profesor de la Universidad Central de Venezuela

1. ANTECEDENTES Y RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

En reciente artículo sobre la reponsabilidad jurídica - de los profesionales de la Ingeniería y los posibles efectos de un terremoto, el Consultor Jurídico del Colegio de Ingenieros de Venezuela (Ref. 7) establece que para exonerar de responsabilidad civil a un profesional en caso de ruina - por terremoto, debe haber proyectado y construido el edificio de acuerdo a las Normas dictadas por el organismo competente. "Resulta obvio que si dichas normas son respetadas en el proyecto e igualmente no existe ningún defecto de construcción o vicio del suelo, y ocurre la ruina de la edificación después de un sismo, el miembro del Colegio quedará liberado de toda responsabilidad por disponerlo así el Artículo 1272/del Código Civil/". "La situación resultaría totalmente distinta si se prueba que el profesional ~~r~~espetó dichas normas, porque - la infracción de las mismas en nuestro criterio constituiría una prueba fehaciente de su responsabilidad...".

Dejando de lado las consideraciones relativas a la posibilidad de aplicar en forma estricta todas y cada una de las - clausulas normativas, asi como la necesaria demostración de ausencia de algún "defecto" constructivo ó "vicio" del suelo, - el deslinde entre acatamiento e irrespeto de las Normas en muchos casos puede no ser totalmente nítido, ni siempre la - violación conduce a una menor confiabilidad. El ejercicio de la profesión, el manejo y aplicación frecuente de las normas, obviamente facilita un diagnóstico razonable sobre si violaciones o defectos comprobados pudieran ser la causa eventual de un desempeño inadecuado en obras que usualmente se califican como bien conocidas.

Ocurre no obstante, que en el caso específico de las normas antisísmicas, estas tienen un alcance limitado. Veamos -

como ilustración lo establecido en las normas de México DF, República Dominicana y Venezuela, en sus versiones de 1986 (Ref. 8;9), 1984(Ref. 5) y 1982 (Ref. 3), respectivamente:

México, DF (1986)

Título III del Reglamento. Artículo 1 (p1)

"Para puentes, túneles, torres, chimeneas y estructuras industriales no convencionales, pueden requerirse disposiciones específicas que difieran en algunos aspectos...".
"Los procedimientos de revisión de la seguridad para cada uno de estos casos deberán ser aprobados por las autoridades competentes del Departamento".

Normas Técnicas Complementarias. # 10 (p19-20)

"Las presentes normas complementarias solo son aplicables en su integridad a edificios".

República Dominicana (1984)

Sección 1,2 (p1)

"En el caso de estructuras especiales que se encuentran fuera del alcance directo de estas reglamentaciones se deberá consultar con la Dirección General de Reglamentos y Sistemas de la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones (DGRS/SEOPC)". No se aclara qué ó cuales son estructuras especiales.

Venezuela (1982)

Sección 1.1 (p1)

"Las disposiciones de estas Normas están orientadas al diseño de nuevas edificaciones de comportamiento tipificable

en las cuales se pueden utilizar simplificaciones fundamentadas en experiencias previas. Para el caso de refuerzos, modificaciones y reparaciones de construcciones existentes, la autoridad competente deberá establecer los criterios a aplicar de acuerdo a los lineamientos de estas Normas". Para el diseño de puentes, edificaciones con elementos prefabricados, ...: "... se requieren consideraciones especiales que complementen los lineamientos básicos de las presentes Normas".

Sección 3.5 (p9)

"El análisis y diseño de edificaciones que no puedan clasificarse en alguno de los tipos descritos en estas Normas, deberán seguir los lineamientos básicos de las presentes Normas previa aprobación de la autoridad competente".

De lo anterior se desprenden dos conclusiones importantes: (i) que el instrumento previsto para evaluar responsabilidades legales es de alcance limitado, y (ii) que está prevista la toma de decisiones por parte de una instancia superior. En este trabajo se dedica atención a estas dos observaciones.

2. EXCLUSIONES DE LAS NORMAS Y AUTORIDAD COMPETENTE

Hay diversas razones por las cuales determinados proyectos pueden quedar fuera del alcance de las Normas. Entre ellas:

- i) sistemas o materiales de respuesta no tipificable (prefabricados con ensamblajes patentados; materiales frágiles)
- ii) interacción con otros elementos durante la respuesta (recipientes con masas importantes de líquidos)
- iii) eventuales consecuencias catastróficas, inmediatas o mediatas, de su mal funcionamiento (minimización de riesgos)
- iv) condiciones particulares del sitio (eventuales efectos de topografía, subsuelo)
- v) evaluación de la seguridad en edificaciones, dañadas o no, y de proyectos de refuerzo.

En estos casos y en otros no convencionales, o que no puedan clasificarse entre los descritos en las Normas, la toma de ciertas decisiones se remite en forma explícita a una instancia superior. A continuación se presentan algunos ejemplos.

2.1 Espectros de diseño

México DF (1986)

Titulo III del Reglamento, Artículo 41 (p32)

Capítulo VI, Diseño por Sismo

En el refuerzo de estructuras existentes se podrán emplear espectros de diseño diferentes de los establecidos si: "... con base en estudios de mecánica de suelos y medición de períodos naturales de vibración de la estructura se demuestra a satisfacción del Departamento que tales espectros conducen a niveles de seguridad satisfactorios".

Normas Técnicas Complementarias. # A4 (p26)

"El valor de T_s se tomará de la figura A4.1 ó se determinará a partir de ensayos y análisis de dinámica de suelos que tengan en cuenta la estratigrafía y propiedades locales del suelo y reciban aprobación del Departamento".

República Dominicana (1984)

Sección 5.3.4.1 (p22)

Los valores del coeficiente de sitio S dados en la norma: "... pueden ser modificados utilizando un análisis más riguroso en el que intervengan las características dinámicas del suelo y de la estructura, previa aprobación de la DGRS/SEOPC".

Sección 5.4.4 (p30)

"Puede utilizarse una aceleración espectral diferente a la especificada siempre que la misma esté respaldada por previamente aprobados por la DGRS/SEOPC".

Venezuela (1932)

Sección 4.1 (p10)

"La zonificación de regiones adyacentes a embalse de más de 60 metros de altura se regirá por estudios especiales".

2.2 Reducción por ductilidad

México DF (1986)

Normas Técnicas Complementarias. # 5,V (p9)

En estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada por elementos o materiales diferentes a los especificados en las Normas, se usará $Q = 1$: "... a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción del Departamento, que se puede emplear un valor más alto...".

11 (p20)

En la revisión de la seguridad de edificaciones existentes se puede adoptar un valor de Q mayor al que da la Norma, siempre que: "... se justifique a satisfacción del Departamento...".

Venezuela (1982)

Sección 5.4.1 (p20)

"El empleo de factores de ductilidad mayores que los indicados en la Tabla 5.3, deberá justificarse debidamente".

2.3 Métodos de análisis y diseño

México DF (1986)

Normas Técnicas Complementarias

#10 (p19-20)

Tratándose de estructuras que no sean edificios:
" ... se aplicarán métodos de análisis apropiados al tipo de estructura en cuestión siempre que tales métodos respeten las disposiciones del presente artículo, sean congruentes con este cuerpo normativo y reciban la aprobación del Departamento". Lo mismo se dice en relación a los empujes que ejercen los rellenos.

República Dominicana (1984)

Sección 5.2.3. (p17)

En relación a la utilización del método de análisis dinámico, este es obligatorio: "... en casos considerados como extraordinarios a juicio de la DGRS/SEOPC".

Venezuela (1982)

Sección 8.6 (p34)

"Cuando se utilicen procedimientos de diseño diferentes a los establecidos en la Norma COVENIN 1753-81(1753-85), se deberán garantizar niveles de seguridad equivalentes".

.4 Interacción suelo estructura y potencial de licuefacción

México (1986)

Normas Técnicas Complementarias

A .9 (p35)

El valor del modulo de rigidez medio, G , en sitios fuera del área cubierta por las figuras A4.1 y A9.1, se puede calcular: "... con base en estudios locales de dinámica de suelos que apruebe el Departamento".

Venezuela (1982)

Sección 11.6 (p55)

Para estructuras ubicadas en zonas sísmicas 2,3, ó 4 (es decir, $A_0 \geq 0,15g$), a ser construidas en ciertos tipos de suelos: "... se evaluará el potencial de licuefacción".

2.5 Fundaciones profundas

Venezuela (1982)

Sección 11.3.5 (p52)

Después de dejar establecidas las condiciones de verificación de la seguridad se indica que: "Cualquier otra hipótesis de diseño deberá estar justificada por un estudio especial de la capacidad portante del pilote".

Sección 11.3.5.1 (p53)

La capacidad a tracción del conjunto suelo-pilote: "... se determinará a partir de consideraciones especiales".

2.6 Dispositivos capaces de disipar energía

México DF (1986)

Normas Técnicas Complementarias

4 (p1)

"Cuando se adopten dispositivos especiales capaces de disipar energía por amortiguamiento ó comportamiento inelástico, podrán emplearse criterios de diseño sísmico que difieran de los aquí especificados, pero congruentes con ellos, si se demuestran a satisfacción del Departamento tanto la eficacia ...".

2.7 Daños estructurales y proyectos de refuerzo

México DF (1986)

Reglamento de Construcciones, Título III

Artículo 63 (p46)

"Los propietarios de inmuebles que presenten daños /por sismo/ recabaran un dictamen técnico por parte de un especialista en Ingeniería Estructural reconocido por el Departamento del Distrito Federal".

Artículo 64 (p46-47)

El proyecto de refuerzo debe cumplir un conjunto de requisitos y: "...será sometido al proceso de revisión que estipule el Departamento del Distrito Federal".

Venezuela (1982)

Sección 12.2 (p57)

"En las edificaciones afectadas por la acción de movimientos sísmicos, la autoridad competente dic

tará las pautas para las medidas a aplicar en cada caso". "Si ocurren daños de consideración se deberá realizar un estudio para evaluar su comportamiento en función de la intensidad del sismo y del cumplimiento de estas Normas."

2.8 Instrumentación

Venezuela (1982)

Sección 12.1 (p56)

"La autoridad competente tendrá el derecho a exigir la instalación de acelerógrafos en cualquier edificación donde lo estime pertinente".

En el caso de las normas venezolanas, las decisiones deben ser tomadas por la "autoridad competente". Conferida esa autoridad, las normas establecen la aplicación de "... los lineamientos de estas normas" (Sección 3.5). Se deja así, al igual que en otros cuerpos normativos, amplio margen de decisión a una autoridad la cual debe ajustarse a unos lineamientos que, en el caso de las normas Venezolanas, no se encuentran explícitamente formulados. Para su mejor identificación, en el próximo acápite se revisan dos cuerpos normativos destinados al diseño y verificación sismorresistente de casos usualmente excluidos de las normas para edificaciones antisísmicas: puentes y equipos eléctricos de alto voltaje.

3. NORMAS DE CASOS EXCLUIDOS DE LAS NORMAS PARA EDIFICACIONES ANTISISMICAS

Nos limitaremos aquí a la identificación de modificaciones y/o diferencias sustanciales entre lo establecido en las normas para edificaciones antisísmicas, (Ref. 3) y las correspondientes al diseño sismorresistentes de puentes (Ref. 4) y a la verificación sísmica de equipos eléctricos de alto voltaje (Ref. 1).

3.1 Zonificación sísmica y aceleraciones máximas del terreno

En la Tabla 3.1 se compara la zonificación sísmica y las aceleraciones máximas del terreno según las tres normas aludidas. Se constata que las aceleraciones máximas del terreno en las zonas de mayor peligro sísmico, se han incrementado en la medida que las consecuencias del mal funcionamiento tienen implicaciones más desfavorables. Tales cambios se encuentran asociados a modificaciones sustanciales del riesgo expresado en términos probabilísticos, según se sintetiza en la Tabla 3.2 . Obsérvese que la aplicación del mismo coeficiente de importancia α en zonas de peligro sísmico disímil, tiene implicaciones diferentes en los períodos medios de retorno; esto es debido a la forma de las funciones de densidad de probabilidades (Ref. 6).

3.2 Espectros de diseño

En la Figura 3.1 se representan los espectros normativos de diseño para la componente horizontal, no reducidos por ductilidad, para la zona de mayor peligro sísmico de cada norma. A los fines de esta com

**TABLA 3.1. ZONIFICACION SISMICA Y ACELERACIONES
MAXIMAS DEL TERRENO SEGUN DIFERENTES NORMATIVAS
DE VENEZUELA.**

Normas para	Número de zonas	Aceleración máxima del terreno (g)						
		Zonas de mayor peligro sísmico		Zonas de menor peligro sísmico				
Edificaciones antisísmicas	5	(0,38) ⁽¹⁾	0,30	0,22	0,15	0,08	0	
Puentes sismo-resistentes (proposición)	5	(0,50)	0,40	(0,38)	0,30	0,20	(0,15)	0
Verificación sísmica de equipos eléctricos de alto voltaje	4	0,50		0,30		0,13		0

(1) los valores entre paréntesis son el resultado de aplicar el factor de importancia α

TABLA 3.2 PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA ASOCIADAS A LOS MOVIMIENTOS DE DISEÑO ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS SISMICAS DE VENEZUELA

Normas para	Coeficiente de importancia α	Probabilidades de excedencia ⁽¹⁾				Período medio de retorno (años)	
		Zonas de mayor peligro sísmico ⁽²⁾		Zonas de menor peligro sísmico ⁽³⁾ no nulo		Zonas de mayor peligro	Zonas de menor peligro
		1 año	50 años	1 año	50 años		
Edificaciones sismorresistentes	1,0	0,00464	0,207	0,0146	0,521	216	69
	1,25	0,00211	0,100	0,00404	0,183	473	248
Puentes sismorresistentes (proposición)	1,0	0,00168	0,0810	0,00141	0,0679	595	710
	1,25	0,000765	0,0376	0,000386	0,0191	1307	2590
Verificación de equipos eléctricos de alto voltaje	1,0	0,000765	0,0376	0,000134	0,00669	1307	7440

(1) Calculadas con distribuciones de valores extremos GUMBEL II, para aceleraciones máximas del terreno A.

(2) $A_0 = 0,3g$ (Ref. 3); $A_0 = 0,4g$ (Ref. 4); $A_0 = 0,5g$ (Ref. 1)

(3) $A_0 = 0,08g$ (Ref. 3); $A_0 = 0,12g$ (Ref. 4); $A_0 = 0,18g$ (Ref. 1)

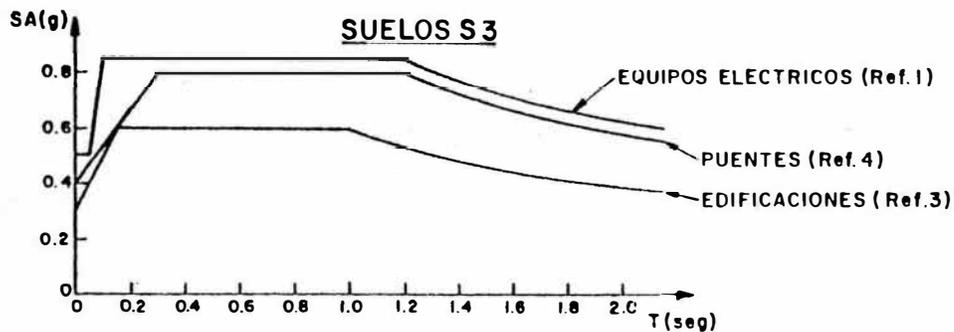
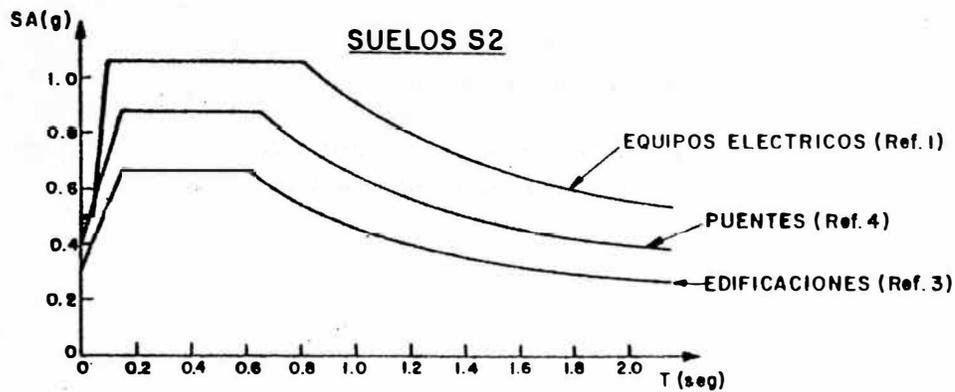
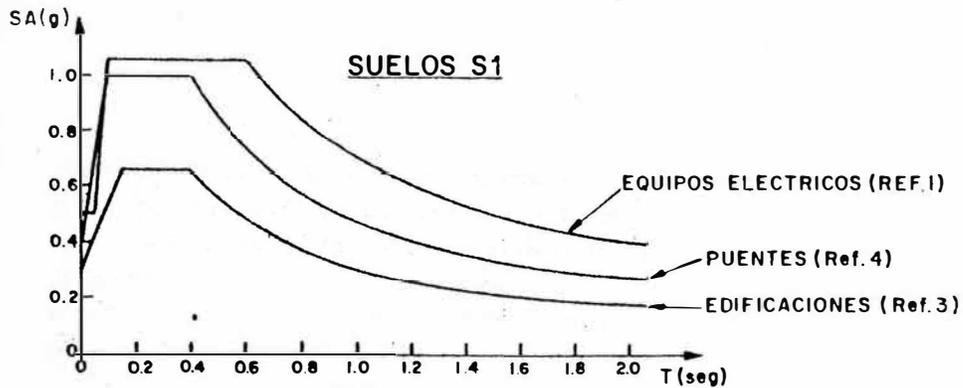


FIGURA 3-1
 ESPECTROS NORMATIVOS DE DISEÑO, NO REDUCIDOS POR DUCTILIDAD,
 PARA LA ZONA DE MAYOR PELIGRO SISMICO; FACTOR DE IMPORTANCIA
 IGUAL A 1.00 Y AMORTIGUAMIENTO 5%

paración, los espectros para la verificación de -
equipos de alto voltaje solo se han dibujado para
un amortiguamiento referido al critico igual a -
5%, la correspondiente norma establece las expresio-
nes a usar para otros valores del amortiguamiento
y la necesidad de considerar los efectos de la com-
ponente vertical del movimiento. En esta última
norma se establece formalmente que los equipos de-
ben estar en capacidad de soportar las sollicitacio-
nes debidas a su respuesta elástica ($D = 1$), a di-
ferencia de las reducciones por ductilidad autori-
zadas en la propuesta de normas de puentes (de 1 a 6)
y en las normas para edificaciones (de 1 a 6).

4. INDICE DE LINEAMIENTOS GENERALES

Tal como se indicó en el acápite 2 de este trabajo, en las normas se establece la aplicación de lineamientos generales. Estos se pueden agrupar en los cinco tópicos fundamentales que se anotan a continuación, para cada uno de los cuales se listan aspectos sobre los cuales se deben tomar, ó puede ser necesario tomar, decisiones.

a) Modelo Matemático

- sistema resistente a sismos; nivel de base
- masas (efectos hidrodinámicos ó masas equivalentes - en tanques)
- rigideces (consideración a elementos no estructurales; eventual selección de modelos extremos)
- amortiguamiento
- capacidad de absorber y disipar energía (ductilidad - disponible)
- dispositivos destinados a reducir la respuesta (modelaje)

b) Acción sísmica

- evaluación del peligro sísmico (mapas de zonificación; estudios puntuales)
- simultaneidad de varias componentes
- generación de historias de aceleración

c) Subsuelo y topografía

- espectros normalizados de respuesta
- influencia de depósitos de suelos (naturales ó artificiales)
- potencial de licuefacción

- efectos topográficos

d) Métodos y criterios de análisis

- selección de los métodos de análisis (regularidad; diafragmas rígidos)
- limitaciones en la aplicación de métodos de análisis (hipótesis implícitas en los algoritmos de cálculo; métodos simplificados)
- criterios de superposición (de respuestas modales; de los efectos de excentricidades accidentales)
- incorporación de efectos de 2^a orden

e) Verificación de estados límites

- mínimos de las fuerzas cortantes para el diseño
- minimizar la probabilidad de que ocurran fallas frágiles (normas de diseño de miembros)
- estabilidad (criterios para identificar la formación prematura de mecanismos; fundaciones)
- deformabilidad (desplazamientos totales; separaciones)

El listado anterior no pretende ser exhaustivo; en todo caso es ilustrativo de los lineamientos generales citados al comienzo sobre los cuales la autoridad competente debe pronunciarse.

Procede citar aquí una de las modificaciones incorporadas a la nueva reglamentación mexicana (Ref. 8;9), en la persona del Director de la Seguridad Estructural. Este profesional es de obligatoria designación en construcciones del Grupo A (importancia excepcional) ó en el Subgrupo B1, con más de 30 m de altura ó más de 6.000 m² de área ubicadas en las zonas I y II; ó con más de 15 m de altura ó más de 3.000 m² de

área ubicadas en la zona III (Ref. 9, Artículo 5). Entre sus funciones se encuentran las siguientes aprobaciones (Ref. 9, Capítulo II):

- Sistemas de fijación de acabados y recubrimientos cuyo desprendimiento pueda causar daños; igual - evaluación debe hacer con fachadas prefabricadas de concreto (Artículo 8, p5).
- Características y forma de fijación de elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura (Artículo 9, p5)
- Perforaciones en elementos estructurales, y suministro de planos detallados de refuerzo (Artículo 10, p6).

En relación a la responsabilidad de la ejecución y supervisión, en el Capítulo XI (Ref. 9) se señalan las siguientes para el Director de la Seguridad estructural:

- Es corresponsable del Director de obra en los aspectos de ejecución que conciernen la seguridad estructural (Artículo 68, p49)
- Debe supervisar la ejecución de la obra: calidad de materiales, tolerancias dimensionales y de niveles, correcta colocación de refuerzos, así como las cargas durante la construcción (Artículo 69, p49)
- Toda modificación, adición ó interpretación de los planos estructurales (Artículo 76, p53)

De todo lo anterior debe dejarse constancia en el correspondiente libro de bitácora. Notese la importancia que se da a los aspectos de ejecución con esta idea novedosa, la cual es consecuencia del desempeño constatado en las edificaciones de la capital de México en Septiembre de 1985.

5. OTRAS INTERVENCIONES DE LA AUTORIDAD COMPETENTE

Como consecuencia de los efectos del terremoto de Septiembre del año 1985, en el nuevo Reglamento de Construcciones Mexicano del Distrito Federal (Ref. 8; 9) se incorporan requerimientos relativos al dictamen técnico de daños, proyectos de refuerzo, modificaciones y otros aspectos sujetos a la intervención de especialistas y de la autoridad competente. A las construcciones del Grupo A - las de mayor importancia - se les exige una constancia de seguridad estructural, a ser renovada cada cinco años; "... en la que un especialista en ingeniería estructural reconocido por el Departamento" presente constancia de que se encuentra en: "... condiciones adecuadas de seguridad estructural" (Artículo 79). Ni en las normas que aquí se comentan ni en muchas otras de uso frecuente, es inequívoca la caracterización de esa "condición adecuada".

Esta, al igual que otras situaciones ya citadas - en el acápite 2 del presente trabajo, precisan la toma de decisiones por parte de la denominada autoridad competente; entre ellas destacan las siguientes:

- i) procedimientos para la evaluación de la seguridad a sismos, de edificios existentes;
- ii) criterios de adecuación de edificaciones y/o instalaciones a cambios normativos (hospitales, puentes, estaciones de bomberos);
- iii) evaluación sísmica y aprobación de nuevos sistemas constructivos;
- iv) proyectos de modificación ó cambios de uso de construcciones existentes;

v) elaboración y/ó dictamen sobre daños debidos a sismos; reparación ó refuerzo;

vi) situaciones en las cuales es preciso una prueba de carga; su diseño e interpretación;

vii) evaluación y aprobación de proyectos de refuerzo.

Los anteriores son problemas esencialmente relacionados a la cuantificación de la confiabilidad estructural, aspecto sobre el cual es muy limitada la orientación que se encuentra en nuestras normas. Aún cuando la responsabilidad es delegada a otra instancia, las normas deberían establecer principios generales y ^{ofrecer} criterios al proyectista.

6. NOTA FINAL

La formulación de un cuerpo de principios generales, - independientes de las inevitables singularidades y limitaciones locales que enmarcan los códigos nacionales, es una necesidad por las tres razones siguientes:

- a) las inevitables limitaciones en el ámbito de aplicación de las normas, tal como quedó ilustrado con la revisión de las normas de México, República Dominicana y Venezuela, requieren que la aprobación de - las soluciones propuestas a situaciones que escapan al alcance de las normas, sea elevada a una instancia superior, cuyas decisiones deben ajustarse a - unos principios ó lineamientos generales.
- b) tales principios no se encuentran explícitamente es tablecidos en las normas aquí revisadas, lo cual - puede constituir una omisión importante en situaciones donde la responsabilidad profesional se encuentra amparada por el cumplimiento de las normas y sus principios generales.
- c) la diversidad de edificaciones, la creciente demanda de proyectos de refuerzo, cambios de uso y/ó ade cuación a nuevas normas, requieren que se establezca en forma inequívoca lo que se entiende por " condi ción adecuada de seguridad estructural a sismos", los criterios para su cuantificación y, por consiguiente, los principios generales aludidos.

Se recomienda por tanto, incorporar en forma explícita a las normas los lineamientos o principios generales en los cuales se fundamentan. Esto resulta de utilidad, tanto para la autoridad competente como para los usuarios de las normas.

La identificación de algunos de los lineamientos básicos se facilita al comparar las normas para edificaciones antisísmicas con otras normas; en este trabajo se han comparado las de diseño sismorresistente de puentes y aquellas para la verificación de la seguridad contra sismos de equipos eléctricos de alto voltaje. En la Referencia 10 se trata extensamente este tema.

Con su estructura actual, las normas vigentes se consideran insuficientes para satisfacer nuevas necesidades. Entre las previsibles están: la verificación de la seguridad a sismos de estructuras dañadas o no, adecuación a los cambios de normas, evaluación de proyectos de refuerzo, incorporación de nuevos conocimientos y/o incertidumbres. Por otra parte, la ampliación del ámbito de aplicación de las normas es una necesidad que se desprende de experiencias recientes en áreas urbanas afectadas por sismos intensos, así como en la toma de decisiones propias de iniciativas de prevención.

Como conclusión, se recomienda incorporar al Acta Final de este Seminario la creación de un Comité Multinacional que se encargue de analizar los aspectos planteados.

REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO

1. CADAFE. Norma NS-P-420 para la calificación de equipos de subestaciones eléctricas. Caracas, 1984.
2. COVENIN - MINDUR 1753 - 85. Estructuras de Concreto Armado para Edificios. Análisis y Diseño. Parte 1: Articulado. Parte 2: Comentario. Fondonorama, Caracas 1985.
3. COVENIN - MINDUR 1756 - 82. Edificaciones Antisísmicas. Comentarios. Fondonorama, Caracas 1982.
4. DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS, Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Venezuela. Normas para el diseño sismorresistente de puentes. Propuesta preparada por el Prof. W. Lobo Quintero. Caracas, 1987.
5. Dirección General de Reglamentos y Sistemas, Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones. Reglamento Sísmico Dominicano (Edificaciones), RSD - 84. Propuesta, Mayo 1984.
6. GRASES, José. Fundamentos para la elaboración del nuevo mapa de zonificación sísmica de Venezuela con fines de Ingeniería. FUNVISIS, Serie Técnica 05-84, Caracas - 1985.
7. PEÑA S., José. Responsabilidad jurídica y ética ante la ocurrencia de un terremoto. Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela, N° 344, Diciembre 1987, p14-20.
8. Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción, - México DF. Reglamento de Construcciones para el Distri

to Federal; normas técnicas complementarias para diseño por sismo. Propuesta, Octubre de 1986.

9. Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción, México DF. Reglamento de Construcciones para el Distrito F.; Título III: disposiciones relativas a la seguridad estructural de las edificaciones. Propuesta, Octubre de 1986.
10. THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING, Ad - hoc COMMITTEE. Basic concepts for the development of seismic design criteria of engineered construction. Basic concepts of Seismic Codes, vol II, Tokyo 1982.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"NOTAS PARA LA ESTIMACION DE REQUERIMIENTOS
HOSPITALARIOS EN AREAS URBANAS QUE PUEDEN SER
AFECTADAS POR SISMOS INTENSOS"**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
José Grases G.
Profesor Ingeniería Civil
Caracas, Venezuela.**

**NOTAS PARA LA ESTIMACION DE REQUERIMIENTOS
HOSPITALARIOS EN AREAS URBANAS QUE PUEDEN SER
AFECTADAS POR SISMOS INTENSOS**

RESUMEN

En este trabajo se presentan notas prelimi-
nares para estimar las consecuencias esperadas
de sismos intensos en términos de muertes y he-
ridos, basados en la vulnerabilidad de las cons-
trucciones y de la mortalidad y morbilidad asocia-
da. El procedimiento es ejemplificado con una
supuesta población de 2 millones de habitantes,
afectada por un sismo de intensidad modificada
de Mercalli de IX y los resultados son compara-
dos con algunos índices frecuentemente empleados.
Según se hagan hipótesis optimistas o pesimistas,
el número de víctimas por 10^4 habitantes resultó
oscilar entre 59 y 207, y el número de heridos -
que requirieran hospitalización variaría entre -
4.000 y 13.000 aproximadamente.

1.- Introducción

Entre las tareas propias de los preparativos de emergencia es preciso evaluar, aun cuando sea en forma aproximada, los requerimientos hospitalarios en caso de desastres. En zonas urbanas potencialmente afectadas por terremotos intensos, tales requerimientos dependen de la vulnerabilidad de las edificaciones, problema éste que es tratado en otros trabajos (Ref 1 a 4). En particular, se requiere cuantificar el número de heridos que requieran tratamiento o bien hospitalización, como consecuencia de los daños ó mal funcionamiento de edificaciones urbanas; aún cuando la discriminación de heridos solo tiene un sustento limitado, el procedimiento que se describe es suficientemente desagregado como para incorporar futuras estadísticas más confiables.

2.- Estadísticas

Las estadísticas de efectos son una muy útil fuente de datos que facilita la validación de posibles algoritmos a ser empleados en predicciones sobre las consecuencias esperadas de futuros sismos.

En estos algoritmos se debe reconocer que, en el problema sísmico, intervienen numerosos parámetros no siempre fáciles de identificar. Por ejemplo, de una manera general se expresa que la tendencia a que los daños y pérdidas debidas a sismos que afectan zonas urbanas sean más importantes en la medida que sus magnitudes Richter sean mayores. El análisis de una muestra de 22 sismos destructores, ocurridos entre 1964 y 1987 en América, Europa y Asia, revela que tal tendencia no se satisface, especialmente si se analiza el número de víctimas (Tabla 1). El total de pérdidas materiales de esa muestra excede los US\$ 25 mil millones de los cuales US\$ 11 mil millones son debidos a los efectos de 11 sismos con magnitud Richter por lo menos igual a 7,2. El total de víctimas es cercano a las 340.000, de las cuales el 70% corresponde a un solo evento.

De acuerdo a las estadísticas sobre desastres naturales,

TABLA 1 PERDIDAS ESTIMADAS EN UNA MUESTRA DE 22

TERREMOTOS DESTRUCTORES

Localidad o Zona Afectada	Año de Ocurrencia	Magni- tud	Pérdidas materiales $\times 10^6$ US\$	Numero de Víctimas
ALASKA	1964	8,4	540	131
NIPICATA	1964	7,5	600	26
CARACAS	1967	6,3	180	285
ANCASH	1970	7,8	500	52.000
SAN FERNANDO	1971	6,6	535	65
MANAGUA	1972	5,6	800	8.000
GUATEMALA	1976	7,5	1.100	22.800
TANG-SHAN	1976	7,8	-	242.769
FILIPINAS	1976		130	8.000
FRIULI	1976	6,3	2.000	939
BUCAREST	1977	7,2	800	1.570
SAN JUAN	1977	7,4	250	65
CHARCO	1979	7,9	50	643
EL ASNAM	1980	7,3	1.000	2.633
IRPINIA	1980	6,8	>5.000	2.735
CUCUTA	1981	5,5	5	50
POPAYAN	1983	5,5	400	350
LLOLLEO	1985	7,8	2.200	177
MEXICO	1985	8,1	>5.000	7.000-10.000
SAN SALVADOR	1986	5,5	1.750	1.200
WHITTIER	1987	5,9	358	3
ECUADOR	1987	6,9	2.600	1.100

no siempre hay proporcionalidad entre el número total de víctimas y las pérdidas materiales. Esto es ilustrado aquí con la distribución acumulada (Figura 1) del número de muertes reportado y las pérdidas materiales estimadas, en una muestra de 60 desastres naturales que han afectado América Latina durante el siglo XX (Ref.5). Si bien las estadísticas en general se pueden considerar más confiables en los últimos años, incluso en estos es fácil identificar la poca correlación entre las dos curvas de la Figura 1.

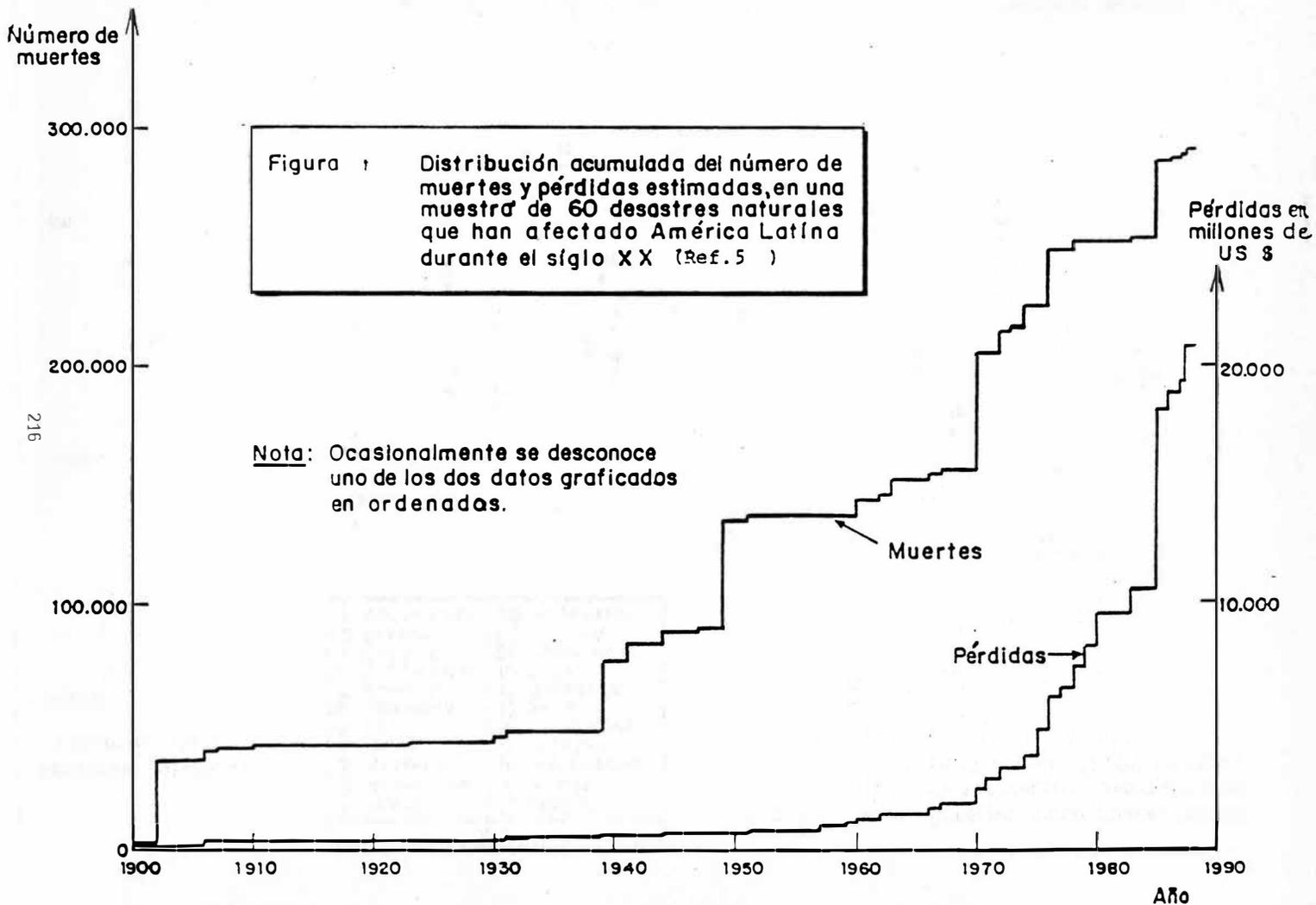
Esto también se evidencia si procedemos al análisis de una muestra de terremotos destructores a nivel mundial. En la Figura 2 se representan las estadísticas de pérdidas correspondientes a 39 terremotos ocurridos en el lapso 1957-1988, en 22 países diferentes; una figura similar con información más limitada se publicó en la Ref.6. En general, a igualdad de pérdida material medida en US\$, en los países más desarrollados las pérdidas de vidas tienden a ser más limitadas.

2.2 Mortalidad y morbilidad

Se ha estimado que en los últimos 4.000 a 6.000 años, los sismos han ocasionado un total de víctimas que oscila entre 10 y 15 millones de habitantes (Lechat M.F, citado en la Ref.7). El acopio de estadísticas sobre sismos destructores a nivel mundial, revela que en el último siglo han sido los causantes de cerca de un millón de muertes; esta cifra excede largamente la mortalidad debida a volcanismo, que en los últimos cuatro siglos ha cobrado algo más de 266.000 víctimas a nivel mundial (Ref. 8).

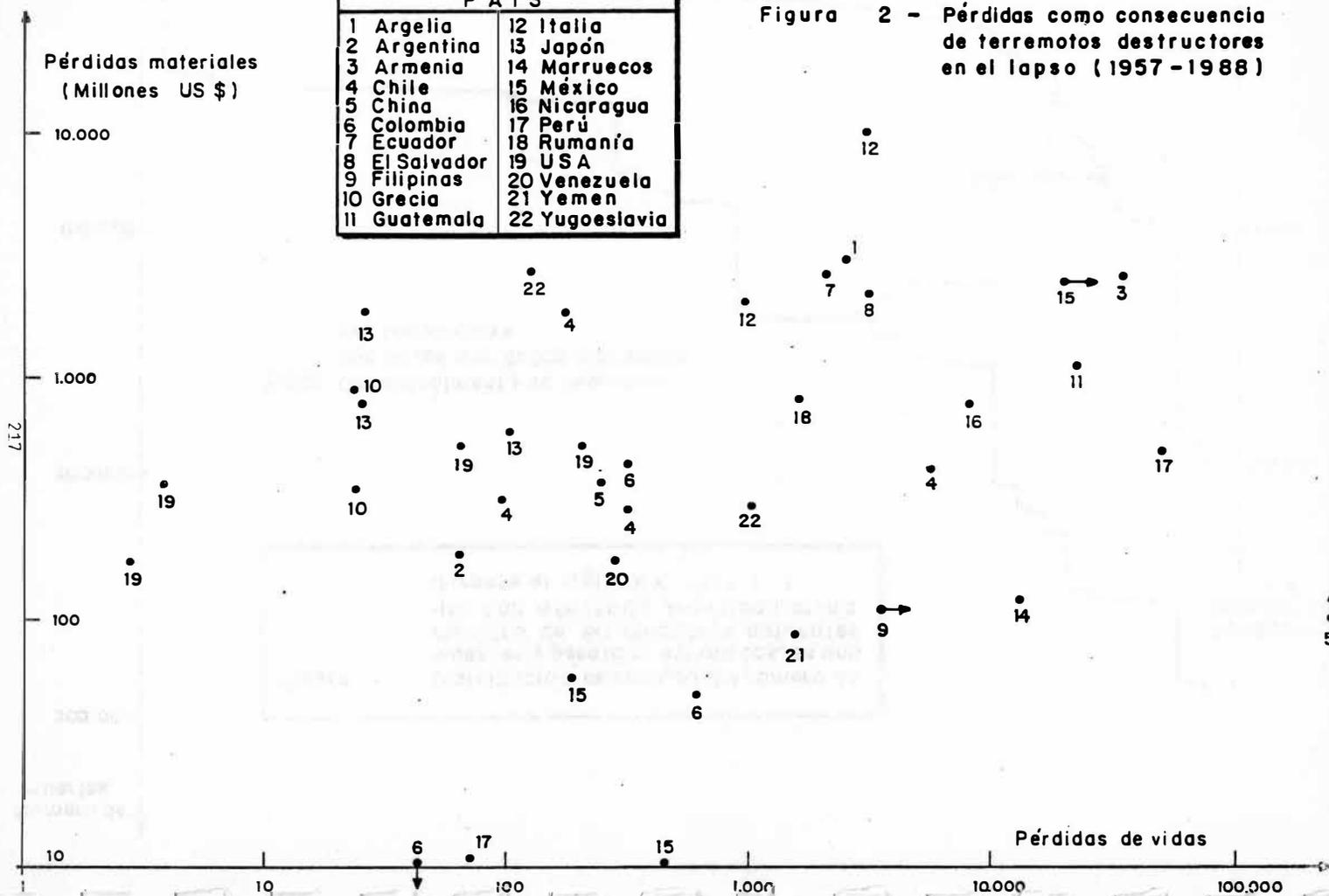
Mortalidad

Es un hecho estadísticamente demostrado que los terremotos pueden producir muchas defunciones; en algunos casos más del 10% de la población, tal como ocurrió en Agadir, Marruecos, donde el número de víctimas debido al sismo del 29-02-1960 alcanzó el 34% de la población. Obviamente, en zonas epicen



P A I S	
1	Argelia
2	Argentina
3	Armenia
4	Chile
5	China
6	Colombia
7	Ecuador
8	El Salvador
9	Filipinas
10	Grecia
11	Guatemala
12	Italia
13	Japón
14	Marruecos
15	México
16	Nicaragua
17	Perú
18	Rumanía
19	USA
20	Venezuela
21	Yemen
22	Yugoeslavia

Figura 2 - Pérdidas como consecuencia de terremotos destructores en el lapso (1957-1988)



trales el porcentaje de víctimas puede ser muy elevado, como fué el caso de Tabas-e Golshan, Irán, en 1978, donde perecieron 11.000 de los 13.000 habitantes, o mas recientemente en Spitac, Armenia (1988), literalmente borrada del mapa por el terremoto del 7 de Diciembre. El número de muertos y heridos depende de: las características de la acción sísmica, la vulnerabilidad de las edificaciones, la densidad de la población, la hora del día. En la Figura 3 se dá el número de víctimas por diez mil habitantes en áreas afectadas por terremotos; el número de víctimas se ha dividido por la cifra correspondiente a la mejor estimación del número de habitantes de las áreas correspondientes a la isosista de Intensidad - VII.

Con frecuencia se emplea la relación 3/1 para estimar la proporción entre heridos y víctimas fatales en catástrofes de origen sísmico. Los datos considerados mas confiables sobre este cociente en 22 casos fueron copiados en la Ref 9. y se reproducen aquí como Figura 4.

3. Estados de daño y víctimas asociadas

En base al desempeño constatado de edificaciones afectadas por sismos se han formulado algoritmos que reconocen la naturaleza esencialmente probabilística de las acciones esperadas, y de la respuesta y estado final de edificaciones a las acciones sísmicas. Esto puede expresarse de modo conveniente por medio de las denominadas matrices de probabilidad de daños cuyos términos $P_{i,j}$ denotan la probabilidad de que determinado tipo de edificación se encuentre en el estado de daño i , dado que la intensidad de la acción sísmica sea j .

Los estados o escalas de daño son seleccionados de acuerdo a la capacidad de predicción de los mismos. El mas sencillo, describiría los estados extremos; "no daños" y "daño total" ó "ruina". En edificaciones urbanas son comunes escalas de daños crecientes de 3, 4, ó mas grados (Ref 2). A los fines de esta presentación se supondrán los 4 estados de daños anotados en la Tabla 2. Frecuentemente, la Intensidad

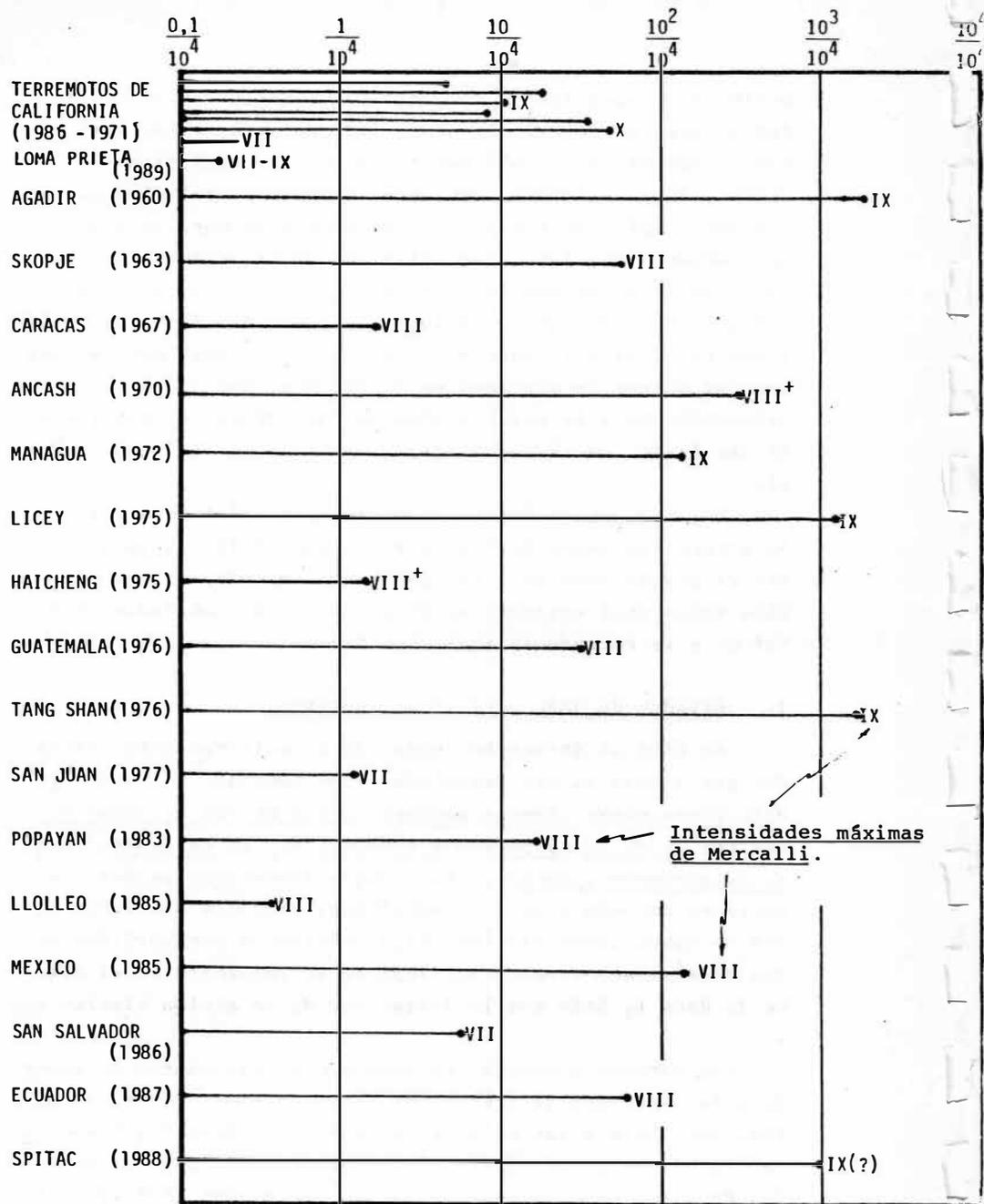


FIGURA 3

NUMERO DE VICTIMAS REFERIDO A LA POBLACION DENTRO DE LA ISOSISTA DE INTENSIDAD VII.(Ref 9)

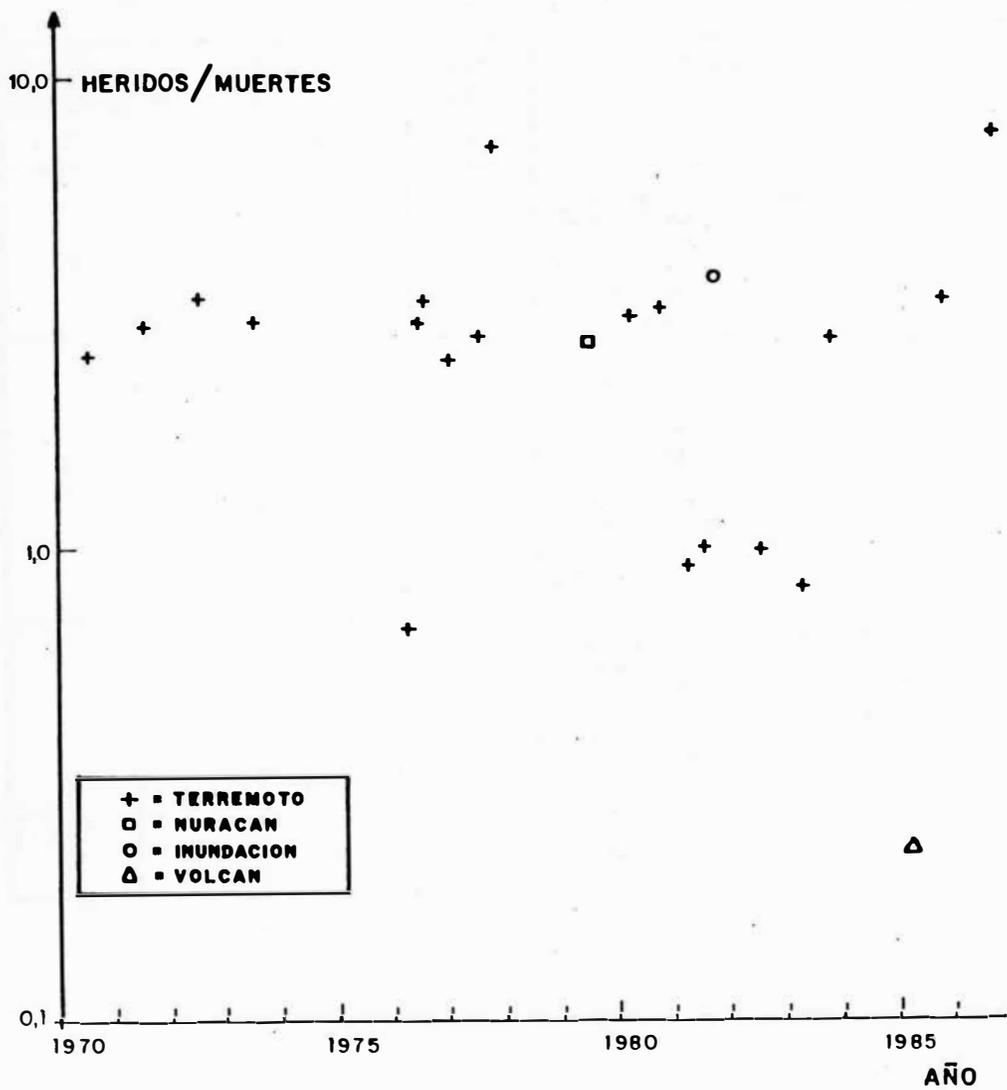


Figura 4 - Número de Heridos Referido al Número de Muertes en Desastres Naturales (Ref 9)

Tabla 2 Porcentaje esperado de muertes y heridos en viviendas de 1 y 2 niveles, y edificios de varios niveles.

Estados de daños		Viviendas de 1y2 niveles		Edificaciones de varios niveles.	
Designacion	Descripción	muerres	heridos	muerres	heridos
D0	Sin daños;daños leves en paredes,talles como fisuras y desconchamientos.	0	0	0	0
D1	Daños importantes en elementos de tabiquería y otros no estructurales;daños leves, reparables, en los elementos estructurales.	0,025	1	0,05	2
D2	Edificación condenada (pérdida total) aun cuando no ocurre desplome(ruina)	1	6	2	10
D3	Ruina total ó parcial	20	30	30	40

de la acción sísmica se ha establecido en términos de los grados de la escala modificada de Mercalli (MM); por su carácter subjetivo, esta escala presenta limitaciones y con frecuencia resulta mas conveniente establecer la acción sísmica en términos de rangos crecientes de aceleración máxima del terreno (Ref 3).

En la Tabla 2 se indican igualmente los estimados del número de muertes y heridos asociados a cada estado de daño; los valores anotados son representativos de las estadísticas disponibles, aún cuando debe reconocerse que su varianza es importante dado que en esas cifras influyen muchas variables varias de ellas fuera de nuestro control, tales como: hora del día, heridos en las vías de circulación, deslizamientos o avalanchas, etc. Es importante anotar que "heridos" constituye una designación generalizada de un estado que ocasionalmente ha sido discriminado en: heridos leves (no requieren tratamiento), heridos que requieren algún tratamiento y heridos graves que requieren hospitalización. Sobre su distribución porcentual, en la Tabla 3 se dan cifras orientadoras basadas en estadísticas fraccionarias (Ref 9).

Tabla 3 Distribución porcentual esperada de heridos según su gravedad y el estado de daño de la edificación.

Designación	Heridos Leves	Heridos que requieren tratamiento	Heridos que requieren hospitalización.
D0	-	-	-
D1	90	9	1
D2	55	40	5
D3	25	50	25

El procedimiento que aquí se describe, presupone que el total de edificaciones N ha sido previamente tipificado en tipos A,B,C,---. y por tanto:

$$N = N_A + N_B + N_C + \dots$$

Presupone tambien que se han calculado las matrices:

$N_{A,i,j}$; $N_{B,i,j}$; $N_{C,i,j}$; ----; es decir, se sabe cuantas edificaciones de cada tipo han alcanzado el estado de daño i en las areas de intensidad ó acción sísmica j similar. Si, como simplificación, se admite que toda el area alcanza una única intensidad, entonces:

$$N_i = N_{A,i} + N_{B,i} + N_{C,i} + \text{-----}$$

Para calcular el número esperado de muertes o heridos, bastaría multiplicar este último vector por el correspondiente de la Tabla 2, y hacer lo propio con los totales de heridos y la Tabla 3, a fin de discriminarlos en los tipos de heridos allí indicados.

4.- Ejemplo de aplicación

Sea un area urbana en la cual habitan unos 2 millones de habitantes. El total de unidades de vivienda se ha estimado en 400.000: la mitad (200.000) en edificaciones de 1 y 2 plantas (5 habitantes/ edificación) y el resto en 3.300 edificios, con una altura media de 10 plantas (300 habitantes/edificio). La distribución anterior es hipotética y solo persigue ilustrar el procedimiento descrito, el cual puede ser desagregado en la medida que la información sobre la población de edificaciones sea mas refinada.

Se desea estimar las necesidades hospitalarias en situación de emergencia, como resultado de un sismo destructor hipotético de Intensidad MM asignada de IX(1), supuesto a ocurrir entre 9pm y 6am. Para simplificar la exposición, se supondrá que toda el area urbanizada ha sido afectada en forma similar, lo cual es poco probable que suceda en las 30 ó 40 mil hectareas asociadas a una población de ese orden. Un mejor conocimiento de las características geotécnicas del area permitiría mejorar esta hipótesis.

(1) Observese que este valor único, contradice las hipótesis optimista y pesimista que se dan en la Tabla . 2 ; estas últimas tienen la finalidad de ilustrar posibles rangos de demandas hospitalarias.

De acuerdo a las evaluaciones de vulnerabilidad de las edificaciones existentes para cuatro estados posibles de desempeño, y en base a hipótesis extremas de capacidad de absorción y disipación de energía, se han obtenido los resultados indicados en la Tabla 4.

Tabla 4 Número de edificaciones y población afectada; (el número de personas se anotan entre paréntesis)

Estado de daño Designación según Tabla 1	Edificaciones de 1 y 2 plantas		Edificaciones de mas de 2 plantas	
	Hipotesis Optimista	Hipotesis Pesimista	Hipotesis Optimista	Hipotesis Pesimista
D0	140.000 (700.000)	70.000 (350.000)	1.600 (480.000)	500 (150.000)
D1	40.000 (200.000)	78.000 (390.000)	1.300 (390.000)	1.100 (330.000)
D2	16.000 (80.000)	40.000 (200.000)	350 (105.000)	1.500 (450.000)
D3	4.000 (20.000)	12.000 (60.000)	50 (15.000)	200 (60.000)

De la aplicación de los correspondientes vectores anotados en la Tabla 2 se obtienen los totales esperados de muertes y heridos que se dan en la Tabla 5.

Tabla 5 Totales esperados de muertes y heridos como consecuencia del sismo supuesto.

	Muertes		Heridos	
	Hipotesis Optimista	Hipotesis Pesimista	Hipotesis Optimista	Hipotesis Pesimista
Viviendas de 1 y 2 Plantas	4.850	14.098	12.800	33.900
Edificios de mas de 2 plantas.	6.795	27.165	24.300	75.600
Total	11.645	41.263	37.100	109.500

La población afectada (muertes + heridos) referido a la Total (1.990.000) resultó ser del 2,4% para la hipótesis optimista y 7,6% para la hipótesis pesimista. Del análisis de los resultados parciales se desprende que aproximadamente las 3/4 partes de las víctimas se encontrarían asociadas a la ruina de las edificaciones (estado D3) y el resto, en su casi totalidad, al estado de daño D2; esta información es útil en la previsión de las tareas de rescate y remoción de ruinas. El número de víctimas por cada 10⁴ habitantes resultó ser de 59 para la hipótesis optimista y de 207 para la hipótesis pesimista (vease la Figura 3 como referencia de casos reales).

Por otra parte la relación heridos/muertes vale 3,2 para la hipótesis optimista y 2,6 para la pesimista (vease la Figura 4 como referencia a casos reales). El empleo de la Tabla 3 permite discriminar el total de heridos en la forma que se indica en la Tabla 6; reiteremos aquí una vez más que los porcentajes anotados en la Tabla 3 solo tienen un respaldo limitado.

Tabla 6 Discriminación del total de heridos según la clasificación de la Tabla 2.

	Hipotesis Optimista	Hipotesis Pesimista
Total de heridos	37.100	109.500
Heridos leves	20.235	51.300
Heridos que requieren algun tratamiento.	13.002	44.745
Heridos que requieren hospitalización	3.863	13.455

El ejemplo presentado ilustra las posibilidades- dentro de las limitaciones anotadas- de llevar a cabo una evaluación cuantitativa de las necesidades hospitalarias en areas urbanas , en caso de ser afectadas por sismos intensos.

REFERENCIAS
CITADAS EN EL TEXTO

1. Applied Technology Council (ATC). Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13). Redwood City, Calif: ATC. 1985.
2. Panel on Earthquake loss Estimation Methodology. Estimating Losses from future earthquakes. Committee on Earthquake Engineering, National Research Council. Washington D.C., 1989, 231 p.
3. GRASES ,J. Evaluación de los efectos económicos de los terremotos, Metodología y Resultados. Proyecto SISRA, vol 13 A/B, Lima 1985, pp 1-253.
4. SANDI, H (convenor). Observed vulnerability of buildings. In: Earthquake Risk Reduction in the Balkan Region, working Group B, Vulnerability and Seismic Hazard. UNDP Project executed by UNESCO Skopje, Nov. 1982, pp B 79-B149.
5. Programa de cooperación y coordinación regional en caso de desastres naturales. Sistema Económico Latinoamericano , SELA, Caracas 1987, 185 p.
6. GRASES, J. Pérdidas como consecuencia de terremotos. Métodos para su estimación. Seguros Caracas, 1986, 69 p.
7. DE VILLE DE GOYET, C. The health impact of Earthquakes. In: Biomedical Research in Latin America; Background - Studies. Chapter 13, NIH publications N° 80-2051, April 1980, p 215-233.
8. SIGURSSON H. and CAREY S. Volcanic disasters in Latin

America and 13 th November 1985 eruption of Nevado del Ruiz volcano in Colombia. Disasters v10: 3, p205-216, 1986.

9. GRASES J. Terremotos: un problema no determinístico. Mediciones y efectos. Trabajo incorporación como miembro correspondiente de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. Caracas, Julio 1989, 190p.

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"DAÑOS OCASIONADOS EN LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y
DRENAJE EN LA CIUDAD DE MEXICO A CONSECUENCIA DE LOS
SISMOS OCURRIDOS EN SEPTIEMBRE DE 1.985"**

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
Ingeniero Jaime Tinoco Rubi
Director Técnico
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
Secretaría General de Obras
México.**

A NOMBRE DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, QUIERO AGRADECER A LA OFICINA NACIONAL PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, LA OPORTUNIDAD QUE SE NOS HA BRINDADO PARA PRESENTAR LA PONENCIA QUE HOY NOS OCUPA, LA CUAL TIENE POR TITULO:

"DAÑOS OCASIONADOS EN LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y DRENAJE EN LA CIUDAD DE MEXICO A CONSECUENCIA DE LOS SISMOS OCURRIDOS EN SEPTIEMBRE DE 1985"

LA CIUDAD DE MEXICO ES EL CENTRO POLITICO Y ECONOMICO MAS IMPORTANTE DEL PAIS. LA CIUDAD, QUE OCUPA UNA SUPERFICIE URBANA DE 650 KILOMETROS CUADRADOS, SE UBICA EN UNA CUENCA CERRADA A 2,240 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, LO QUE DIFICULTA DE MANERA NOTABLE EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS. PARA ATENDER EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION LOS REQUERIMIENTOS DE UNA DE LAS URBES MAS POBLADAS DEL MUNDO, SE TIENEN QUE AFRONTAR DIVERSOS PROBLEMAS; SI A ESTO SE AGREGA LA OCURRENCIA DE FENOMENOS EXTRAORDINARIOS, LA LABOR DESEMPEÑADA COBRA UN PAPEL AUN MAS RELEVANTE.

LA INTENCION DE ESTA PONENCIA ES DEJAR CONSTANCIA DE LAS EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS PARA RESTABLECER EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS PROPORCIONADOS A TRAVES DEL SISTEMA HIDRAULICO ANTE LA OCURRENCIA DE MOVIMIENTOS TELURICOS COMO LOS QUE SE PRESENTARON EN SEPTIEMBRE DE 1985.

EN PRIMER TERMINO, SE DESCRIBIRAN BREVEMENTE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PARA POSTERIORMENTE MENCIONAR LOS DAÑOS MAS RELEVANTES OCASIONADOS EN LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y FINALMENTE SEÑALAR LAS MEDIDAS ADOPTADAS PARA RESTABLECER EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS.

I. DESCRIPCION DEL SISTEMA HIDRAULICO.

I.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

PARA ATENDER LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LOS HABITANTES DE LA CAPITAL DE LA REPUBLICA MEXICANA, DURANTE 1989 SE SUMINISTRO UN CAUDAL MEDIO DE 35.2 METROS CUBICOS POR SEGUNDO, LO QUE EQUIVALE A UNA DOTACION DIARIA DE 282 LITROS POR HABITANTE CONSIDERANDO TODOS LOS USOS.

APROXIMADAMENTE, EL 77 POR CIENTO DEL CAUDAL SUMINISTRADO SE EXTRAE DE FUENTES SUBTERRANEAS POR MEDIO DE 847 POZOS UBICADOS EN LOS VALLES DE MEXICO Y LERMA; EL 23 POR CIENTO RESTANTE CORRESPONDE A FUENTES SUPERFICIALES, BASICAMENTE DE LA CUENCA DEL RIO CUTZAMALA.

EL CAUDAL CAPTADO SE TRANSPORTA A TRAVES DE 467 KILOMETROS DE LINEAS DE CONDUCCION A 240 TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD CONJUNTA DE 1.5 MILLONES DE METROS CUBICOS, DE DONDE SE DISTRIBUYE A LOS USUARIOS MEDIANTE 555 KILOMETROS DE LONGITUD DE RED PRIMARIA Y 12,060 DE RED SECUNDARIA. SE CONSIDERA COMO RED PRIMARIA A AQUELLA CUYOS DIAMETROS VARIAN DE 0.50 A 1.83 METROS, MIENTRAS QUE EN LA RED SECUNDARIA LOS DIAMETROS SON INFERIORES A 0.50 METROS. ADICIONALMENTE, SE UTILIZAN 175 PLANTAS DE BOMBEO PARA DOTAR DE AGUA A LOS HABITANTES DE LAS PARTES ALTAS.

PARA MANTENER UNA CALIDAD ADECUADA EN EL SUMINISTRO SE UTILIZAN 326 DISPOSITIVOS DE CLORACION Y 4 PLANTAS POTABILIZADORAS.

LA VERIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA SE EFECTUA MEDIANTE CONSTANTES INSPECCIONES SANITARIAS A LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA Y UN PROGRAMA PERMANENTE DE MONITOREO, EL CUAL COMPRENDIO EN 1989 LA REALIZACION DE MAS DE 70,000 ANALISIS FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS TOMADAS EN DIFERENTES ZONAS DE LA CIUDAD.

I.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

EL SISTEMA DE DRENAJE ES DE TIPO COMBINADO Y TIENE COMO OBJETIVOS FUNDAMENTALES: CAPTAR, CONducIR Y DESALOJAR EN FORMA SEGURA Y OPORTUNA LAS AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES GENERADAS DENTRO DEL DISTRITO FEDERAL.

BASICAMENTE, ESTA FORMADO POR REDES SECUNDARIAS Y PRIMARIAS, EL SISTEMA GENERAL DE DESAGUE Y EL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO. LA RED SECUNDARIA CONSTA DE 12,326 KILOMETROS Y SE COMPONE DE CONDUCTOS CON DIAMETRO MENOR A 0.60 METROS. LA RED PRIMARIA TIENE UNA LONGITUD DE 1,212 KILOMETROS Y ESTA FORMADA POR CONDUCTOS CUYO DIAMETRO ES IGUAL O SUPERIOR A LOS 0.60 METROS; EN SU DESARROLLO CUENTA CON 66 PLANTAS DE BOMBEO CON CAPACIDAD TOTAL DE 506 METROS CUBICOS POR SEGUNDO Y CAPACIDAD CONJUNTA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE 90,000 KILOWATTS; ADEMAS SE CUENTA CON 93 PLANTAS DE BOMBEO EN PASOS A DESNIVEL CON CAPACIDAD DE 14.3 METROS CUBICOS POR SEGUNDO.

LA RED DESCARGA EN EL SISTEMA GENERAL DE DESAGUE, EL CUAL ESTA FORMADO POR PRESAS Y LAGUNAS DE REGULACION, EL INTERCEPTOR DEL PONIENTE, CANALES A CIELO ABIERTO, COMO EL GRAN CANAL DEL DESAGUE, RIO DE LOS REMEDIOS, RIO TLALNEPANTLA, RIO SAN BUENAVENTURA Y CANAL NACIONAL; ASI COMO RIOS ENTUBADOS, COMO CHURUBUSCO, LA PIEDAD Y CONSULADO.

LA INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE SE COMPLETA CON LOS SISTEMAS DE DRENAJE SEMIPROFUNDO Y PROFUNDO, LOS CUALES SURGIERON DEBIDO A LA NECESIDAD DE DESALOJAR GRANDES VOLUMENES DE AGUA EN PERIODOS CORTOS FUERA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO, A FIN DE PROTEGER A LA CIUDAD DE INUNDACIONES CATASTROFICAS Y PODER ASI, ASEGURAR UN SERVICIO MAS EFICIENTE Y DURADERO.

A PARTIR DE 1975, AÑO EN QUE SE CONCLUYO LA PRIMER ETAPA DEL DRENAJE PROFUNDO, ESTE SE CONVIRTIÓ EN EL COMPONENTE MAS IMPORTANTE DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VALLE DE MEXICO. CONSTA DE 93.2 KILOMETROS DE TUNEL Y ESTA FORMADO POR LOS INTERCEPTORES: CENTRO-PONIENTE, QUE TIENE UNA LONGITUD DE 16.5 KILOMETROS, 4.0 METROS DE DIAMETRO Y 40 M³/S DE CAPACIDAD DE DESALOJO; CENTRAL, CON 16.7 KILOMETROS DE LONGITUD, 5.0 METROS DE DIAMETRO Y CAPACIDAD DE CONDUCCION DE 90 M³/S APROXIMADAMENTE; ORIENTE, CON LONGITUD DE 10.3 KILOMETROS, DIAMETRO DE 5.0 METROS Y 85 M³/S DE CAPACIDAD. LOS INTERCEPTORES ANTES SEÑALADOS DESCARGAN AL EMISOR CENTRAL, EL CUAL POSEE UNA LONGITUD DE 49.7 KILOMETROS DESDE LA LUMBRERA CERO HASTA EL PORTAL DE SALIDA, SU DIAMETRO ES DE 6.5 METROS Y LA CAPACIDAD MAXIMA DE ESTE CONDUCTO ES DE 220 M³/S.

POR LO QUE RESPECTA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES, QUE SURGE COMO UN RECURSO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA EN USOS QUE NO REQUIEREN DE LA CALIDAD POTABLE, ESTE CUENTA CON NUEVE PLANTAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO EN LAS QUE SE EMPLEA EL PROCESO BIOLOGICO DE LODOS ACTIVADOS Y GAS CLORO PARA SU DESINFECCION, ASI COMO CON UNA PLANTA DE TRATAMIENTO TERCARIO.

LA PRODUCCION TOTAL MEDIA ES DE 1.5 METROS CUBICOS POR SEGUNDO, CAUDAL QUE SE CONDUCE HASTA LAS AREAS VERDES Y LAGOS RECREATIVOS POR MEDIO DE 423 KILOMETROS DE TUBERIA.

II. DESCRIPCION DE LOS DAÑOS OCURRIDOS POR LOS SISMOS.

LOS MOVIMIENTOS TELURICOS ACONTECIDOS LOS DIAS 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985 CAUSARON DAÑOS DE CONSIDERACION EN LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA HIDRAULICO, A GRADO TAL QUE EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS SE VIO SERIAMENTE AFECTADO EN ALGUNAS ZONAS.

ASI, EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, DESTACARON POR SU IMPORTANCIA 38 FRACTURAS EN LOS ACUEDUCTOS DEL SUR-ORIENTE DE LA CIUDAD, LO QUE ORIGINO QUE SE DEJARA DE SUMINISTRAR UN CAUDAL DE 7,600 LITROS POR SEGUNDO, ES DECIR, EL 22 POR CIENTO DEL ABASTECIMIENTO QUE SE PROPORCIONABA EN ESA EPOCA, CON LO QUE RESULTARON AFECTADOS MAS DE 2 MILLONES DE HABITANTES, PRINCIPALMENTE DE LAS ZONAS CENTRO Y ORIENTE.

ADICIONALMENTE, EN LA RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION, SE PRESENTARON 168 FUGAS EN TUBERIAS DE ASBESTO-CEMENTO Y CONCRETO PREFORJADO, MIENTRAS QUE EN LA RED SECUNDARIA SE PRESENTARON 7,220 FUGAS, LA MAYORIA DE LAS CUALES SE ORIGINARON EN CAMBIOS DE DIRECCION CERCA DE UN ATRAQUE, POR INCRUSTACION ENTRE SI DE DOS O MAS TUBOS, POR FRACTURAMIENTO TRANSVERSAL EN LAS TUBERIAS DE ASBESTO-CEMENTO, POR DESAJUSTE DE LOS COPLAS DE UNION Y POR RUPTURA DE LAS PIEZAS ESPECIALES EN LAS CAJAS DE VALVULAS.

AUNADO A LAS FALLAS MENCIONADAS, SE PRESENTO EL PROBLEMA QUE OCASIONARON LOS HABITANTES DE LAS ZONAS AFECTADAS POR LA FALTA DEL SERVICIO; YA QUE EN ALGUNOS CASOS OPERARON O DESARMARON LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO DE LA RED SECUNDARIA, Y ROMPIERON LAS TUBERIAS DE LA RED EN LAS CAJAS DE VALVULAS. ESTA SITUACION AGRAVO AUN MAS EL PROBLEMA DE REPARACION DE FUGAS Y RETRASO CONSIDERABLEMENTE EL RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO.

EN LO QUE SE REFIERE AL SISTEMA DE DRENAJE, AUNQUE SE OCASIONARON DIVERSOS DAÑOS EN ALGUNOS CONDUCTOS IMPORTANTES, ESTOS EN TERMINOS GENERALES NO DIERON ORIGEN A UNA SITUACION EMERGENTE COMO EN EL CASO DE AGUA POTABLE. ASI, LOS DAÑOS MAS RELEVANTES FUERON EN EL COLECTOR VIADUCTO PIEDAD, DONDE SE PRESENTARON ALGUNOS PROBLEMAS DE SEPARACION EN SUS JUNTAS, Y EN EL COLECTOR DE LOS PUEBLOS DEL SUR, EL CUAL SUFRIO DIVERSAS FRACTURAS A LO LARGO DE SU DESARROLLO. DE IGUAL MANERA, SE ORIGINARON FRACTURAS EN ALGUNOS COLECTORES QUE DESCARGAN MEDIANTE BOMBEO AL GRAN CANAL DEL DESAGUE, EL CUAL TUVO

ALGUNOS PROBLEMAS DE DEFORMACION EN LA VECINDAD DE LAS PLANTAS DE BOMBEO COMO CONSECUENCIA DE LOS ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES ORIGINADOS POR LOS SISMOS; MIENTRAS QUE EN ALGUNAS PLANTAS SE PRESENTARON FISURAS EN LOS CARCAMOS DE BOMBEO Y CAJAS DE TRASPÁLEO. ADICIONALMENTE, SE DAÑO LA LAGUNA DE OXIDACION DE SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, QUEDANDO PRACTICAMENTE INUTILIZADA.

POR LO QUE RESPECTA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SE PRESENTARON 59 FUGAS EN LOS TRAMOS DE LA RED DE DISTRIBUCION.

EN TERMINOS GENERALES, PUEDE MENCIONARSE QUE EN EL SISTEMA DE DRENAJE LA INCIDENCIA DE DAÑOS Y LA AFECTACION AL USUARIO FUERON MENORES EN RELACION AL DE AGUA POTABLE; ESTO PROBABLEMENTE SE DEBIO A QUE LOS CONDUCTOS SE COMPORTAN DE MANERA MENOS RIGIDA Y SUS JUNTAS TIENEN MAYOR LIBERTAD PARA GIRAR Y DESPLAZARSE.

POR OTRA PARTE, OTRO ACONTECIMIENTO QUE DIFICULTO AUN MAS EL RESTABLECIMIENTO DEL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS EN LAS ZONAS AFECTADAS, FUE EL COLAPSO DEL EDIFICIO QUE ALBERGABA LAS OFICINAS CENTRALES DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA, LO QUE OCASIONO LA PERDIDA DE INFORMACION BASICA, Y DE LOS CENTROS DE COMPUTO Y RADIOCOMUNICACION.

III. ACCIONES REALIZADAS PARA RESTABLECER EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS.

PARA AFRONTAR Y RESOLVER LOS PROBLEMAS OCASIONADOS EN EL SISTEMA HIDRAULICO COMO CONSECUENCIA DE LA OCURRENCIA DE LOS SISMOS, EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL EMPRENDO EN FORMA INMEDIATA DIVERSAS ACCIONES TENDIENTES A RESTABLECER LOS SERVICIOS, PRINCIPALMENTE EL DE AGUA POTABLE.

ASI, SE ESTABLECIO COMO PRIORIDAD LA REPARACION DE LOS ACUEDUCTOS DEL SUR-ORIENTE, ASIGNANDOSE DE INMEDIATO ESTA LABOR A EMPRESAS CONTRATISTAS, LAS CUALES SE APOYARON EN SUPERVISION CONTRATADA, PERSONAL TECNICO Y OPERATIVO DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA, ASI COMO EN EMPRESAS FABRICANTES DE TUBERIA.

A PESAR DE LOS PROBLEMAS PRESENTADOS, A 40 DIAS DE LOS SISMOS YA SE HABIAN INCORPORADO 7,100 LITROS POR SEGUNDO DE LOS 7,600 QUE SE DEJARON DE SUMINISTRAR A RAIZ DE ELLOS. PARA LOGRAR LO ANTERIOR, FUE NECESARIO LABORAR LAS 24 HORAS DEL DIA, INCLUYENDO LOS SABADOS Y DOMINGOS.

ES IMPORTANTE COMENTAR QUE FUE POSIBLE INICIAR DE INMEDIATO LA REPARACION DE LOS ACUEDUCTOS GRACIAS A QUE SE CONTABA CON UN STOCK CONSIDERABLE DE MATERIALES Y PIEZAS ESPECIALES. ADICIONALMENTE, SE PROCEDIO DE INMEDIATO A LA FABRICACION INTENSIVA DE REPUESTOS ADICIONALES PARA SER UTILIZADOS EN LOS ACUEDUCTOS Y REDES PRIMARIAS. EN FORMA PARALELA, SE ADQUIRIERON LOS MATERIALES PARA LA REPARACION DE REDES SECUNDARIAS.

ADEMAS, SE ORGANIZARON BRIGADAS PARA CONTINUAR CON LA DETECCION DE FUGAS Y DAR SEGUIMIENTO A SU REPARACION. PARA ELLO, SE CLASIFICARON Y PRIORIZARON LOS REPORTES QUE SUMINISTRABAN EL PUBLICO Y EL PERSONAL ENCARGADO DE VERIFICAR EL ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA. ADICIONALMENTE, SE DESARROLLO UN SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACION PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SU REPARACION.

EN UN PRINCIPIO, DADA LA PERDIDA QUE SUFRIO LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA DE SUS OFICINAS CENTRALES, NO SE DISPONIA DE LA INFORMACION BASICA NECESARIA PARA AUXILIAR LOS TRABAJOS DE REPARACION; SIN EMBARGO, AL POCO TIEMPO SE RECUPERARON LOS MICROFILMS QUE SE ENCONTRABAN EN LA MAPOTECA, CON LO QUE SE PUDO DAR EL APOYO NECESARIO A LAS CUADRILLAS DE REPARACION.

CON OBJETO DE CONOCER LA EVOLUCION DE LA PRESIONES EN LA RED PRIMARIA DE AGUA POTABLE, DIARIAMENTE SE PROCESABA LA INFORMACION DE LAS ESTACIONES DE PRESION QUE TIENE A SU CARGO LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA.

PARA LA REHABILITACION DE LOS ACUEDUCTOS, SE PROCEDIO A COLOCAR SILLETAS DE ACERO Y EN ALGUNOS CASOS, SE SUSTITUYERON TRAMOS COMPLETOS DE TUBERIA QUE PRESENTABAN FRACTURAS MUY GRAVES EN LA ESPIGA O EN LA CAMPANA.

EN LAS REDES PRIMARIAS DE AGUA POTABLE, EL ARREGLO DE LAS FALLAS IMPLICO EL INTERCAMBIO DE TRAMOS COMPLETOS DE TUBERIA, COLOCACION DE SILLETAS Y CAMBIO DE PIEZAS ESPECIALES.

POR LO QUE RESPECTA A LAS REDES SECUNDARIAS, SU REPARACION COMPRENDIO DESDE LA SUSTITUCION DE TRAMOS DE TUBERIAS HASTA EL CAMBIO DE PIEZAS ESPECIALES.

PARALELAMENTE A LAS ACCIONES ANTES SEÑALADAS Y PARA ATENUAR EL PROBLEMA QUE SE PRESENTO EN LAS ZONAS AFECTADAS, GUARDERIAS, HOSPITALES Y CENTROS DE ATENCION A DAMNIFICADOS, SE REALIZARON UNA SERIE DE ACTIVIDADES DE APOYO, DENTRO DE LAS QUE DESTACARON EL REPARTO DE AGUA GRATUITA A TRAVES DE PIPAS, LA INSTALACION DE 89 TANQUES PORTATILES CON CAPACIDADES VARIABLES ENTRE 3,000 Y 11,500 LITROS Y LA DISTRIBUCION DE 715,000 BOLSAS DE AGUA POTABLE DE UN LITRO DE CAPACIDAD.

ADEMAS, PARA SEGUIR GARANTIZANDO LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA, SE INCREMENTO LA DOSIFICACION DE CLORO; ADICIONALMENTE, EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL REALIZO DURANTE EL PERIODO QUE COMPRENDIO LA EMERGENCIA UN TOTAL DE 59,400 ANALISIS; AL RESPECTO, CABE MENCIONAR QUE EL PROGRAMA NORMAL DE MONITOREO PARA 1985 COMPRENDIA EL ANALISIS DE 40,000 MUESTRAS.

POR OTRO LADO, ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE LOS DAÑOS QUE OCASIONARON LOS HABITANTES EN LAS CAJAS DE VALVULAS, ADEMAS DE INCREMENTAR EL NUMERO DE FUGAS POR REPARAR, REQUIRIO EN ALGUNOS CASOS DE LA FABRICACION DE ACCESORIOS ESPECIALES QUE PERMITIERAN RESTABLECER EL SERVICIO.

POR LO QUE RESPECTA A LAS ACCIONES REALIZADAS EN EL SISTEMA DE DRENAJE, EN EL COLECTOR VIADUCTO PIEDAD SE REALIZO EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS JUNTAS AFECTADAS Y SE REVISTIO INTERNAMENTE CON CONCRETO ARMADO EL TRAMO QUE RESULTO DAÑADO. ADEMÁS, SE SELLARON Y REPARARON EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE LAS FRACTURAS QUE SE PRESENTARON EN LOS COLECTORES Y LAS FIGURAS EN LOS CARCAMOS Y CAJAS DE TRASPALO DE LAS PLANTAS DE BOMBEO.

EN LO REFERENTE AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SE REPARARON LAS FUGAS QUE SE PRESENTARON EN LA RED DE DISTRIBUCION Y EN LA LINEA DE DERIVACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE COYOACAN.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

LA MAGNITUD DE LOS DAÑOS QUE OCASIONARON LOS SISMOS EN EN EL SISTEMA HIDRAULICO DE LA CIUDAD, FUERON HASTA ESA FECHA IMPREDECIBLES. POR TAL MOTIVO, NO SE ESTABA PREPARADO PARA HACER FRENTE A UNA CONTINGENCIA DE ESAS PROPORCIONES. ESTA SITUACION SE AGRAVO DE MANERA IMPORTANTE AL PERDERSE LAS OFICINAS CENTRALES DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA.

POR OTRO LADO, CABE SEÑALAR QUE LA FABRICACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN MEXICO NO CONTEMPLA LAS SOLICITACIONES DINAMICAS QUE SE GENERAN POR SISMO, YA QUE LAS JUNTAS DE LAS TUBERIAS ACEPTAN POCO GIRO Y PRACTICAMENTE NADA DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS. ADEMÁS, EL TIPO DE REPARACIONES

UTILIZADAS A BASE DE SILLETAS Y CIERRES DE ACERO RIGIDIZAN AUN MAS LOS CONDUCTOS, CON LO QUE SE VUELVEN MAS VULNERABLES ANTE EL EMBATE DE LOS SISMOS.

POR TAL MOTIVO, SE HA PARTICIPADO CON OTROS ORGANISMOS Y DEPENDENCIAS EN UN GRUPO TECNICO DE TRABAJO CUYO OBJETIVO FUNDAMENTAL FUE LA REVISION Y MODIFICACION DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE REDES Y NORMAS VIGENTES PARA LA FABRICACION DE TUBERIAS PARA AGUA POTABLE Y DRENAJE EN ZONAS SISMICAS.

PARA APOYAR LO ANTERIOR, EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL EN COORDINACION CON LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Y PETROLEOS MEXICANOS, PARTICIPO EN UN ESTUDIO GEOTECNICO REGIONAL QUE PERMITIO OBTENER INFORMACION FIDEDIGNA DEL ESTADO REAL DEL SUELO EN EL AREA METROPOLITANA, Y CONOCER, ENTRE OTROS ASPECTOS, EL MARCO GEOHIDROLOGICO DE LA CIUDAD E INCREMENTAR LA INSTRUMENTACION DEL SISTEMA PARA DETERMINAR LOS HUNDIMIENTOS EXISTENTES EN LA ZONA LACUSTRE MEDIANTE LA INSTALACION DE BANCOS DE NIVEL SUPERFICIALES Y PROFUNDOS EN LA VECINDAD DE LAS ESTRUCTURAS MAS IMPORTANTES DEL SISTEMA HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

OTRA DE LAS ACTIVIDADES QUE SE HAN REALIZADO ES LA INVESTIGACION DE LA TECNOLOGIA DISPONIBLE A NIVEL MUNDIAL, PRINCIPALMENTE EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA Y EN EL JAPON SOBRE LOS DISPOSITIVOS EMPLEADOS PARA PROPORCIONAR UNA FLEXIBILIDAD MAYOR A LOS COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO. COMO RESULTADO DE ESTA INVESTIGACION,

SE CONCLUYO QUE LA TECNOLOGIA JAPONESA ES LA MAS DESARROLLADA EN ESTE CAMPO, YA QUE PRODUCEN JUNTAS FLEXIBLES METALICAS Y DE HULE VULCANIZADO QUE PUEDEN INSTALARSE EN LAS TUBERIAS DE AGUA POTABLE, LO QUE PERMITE ABSORBER HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES DEL SUBSUELO, ASI COMO DEFORMACIONES POR COMPRESION, FLEXION Y TORSION, PRODUCIDAS POR SISMOS COMO LOS PRESENTADOS EN 1985.

CABE MENCIONAR QUE DEBIDO A LA MAGNITUD Y COMPLEJIDAD DEL SISTEMA DE AGUA, POTABLE ES NECESARIA LA EROGACION DE FUERTES INVERSIONES PARA IMPORTAR LAS JUNTAS FLEXIBLES REQUERIDAS, LO QUE HA IMPEDIDO QUE EN EL CORTO PLAZO SE REDUZCA EN FORMA IMPORTANTE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA. SIN EMBARGO, ES CONVENIENTE SEÑALAR QUE SE HAN IDENTIFICADO LOS SITIOS PRIORITARIOS EN LOS QUE DEBERA INICIARSE LA INSTALACION DE ESTE TIPO DE JUNTAS.

CON BASE EN LO ANTERIOR Y DADA LA IMPORTANCIA DE ESTE PROBLEMA, SE HAN ORIENTADO ACCIONES DESTINADAS A PROMOVER LA FABRICACION NACIONAL DE ESTE TIPO DE JUNTAS FLEXIBLES, ENCONTRANDOSE UNA BUENA RESPUESTA POR PARTE DE LAS EMPRESAS FABRICANTES DE TUBERIAS DE ASBESTO CEMENTO, CONCRETO PRESFORZADO Y PLASTICAS, YA QUE INCLUSO ALGUNAS DE ELLAS HAN DESARROLLADO SUS PROPIOS DISEÑOS; SIN EMBARGO, ES CONVENIENTE QUE EN UNA PRIMERA FASE SE OBTENGAN LOS PROTOTIPOS CON EL FIN DE APROVECHAR AL MAXIMO LA TECNOLOGIA YA DESARROLLADA EN

ADICIONALMENTE, PARA APROVECHAR LAS EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS A NIVEL MUNDIAL EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL A TRAVES DE LAS EMBAJADAS DE DIVERSOS PAISES Y DE ORGANISMOS INTERNACIONALES, HA INTENSIFICADO SU PROGRAMA DE CAPACITACION DE PROFESIONISTAS EN EL EXTRANJERO. DE ESTA MANERA, GRACIAS AL APOYO DEL GOBIERNO JAPONES SE INICIO EL PROCESO DE CAPACITACION SOBRE EL DISEÑO ANTISISMICO DE TUBERIAS.

TOMANDO EN CUENTA LA MAGNITUD DE LOS DAÑOS QUE OCASIONARON LOS SISMOS EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y LA ALTA PRIORIDAD QUE REPRESENTO PARA EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL RESTABLECER EL SERVICIO DE AGUA POTABLE LO ANTES POSIBLE EN LAS ZONAS AFECTADAS, SE INCURRIO EN ALGUNOS CASOS EN UN COSTO EXCESIVO EN LA REPARACION DE LAS FUGAS DEBIDO FUNDAMENTALMENTE A LA NECESIDAD DE ASIGNAR RECURSOS ADICIONALES DE MANO DE OBRA Y EQUIPO ESPECIALIZADO.

EL PROBLEMA, EN SUMA, FUE MUY SERIO, POR TRATARSE DE LOS SERVICIOS MAS IMPORTANTES PARA TODOS LOS SECTORES. EN ESTE SENTIDO, ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE SIEMPRE SE ESTUVO CONCIENTE DE LA MAGNITUD DEL PROBLEMA Y POR ELLO, SE TUVO ABSOLUTO CONTROL DE LAS ACCIONES, LO QUE CONTRIBUYO A QUE TODOS LOS HABITANTES DEL DISTRITO FEDERAL TUVIERAN AGUA POTABLE PARA SATISFACER POR LO MENOS SUS NECESIDADES PRIORITARIAS DURANTE EL TIEMPO QUE DURO LA EMERGENCIA.

MUCHAS GRACIAS.