



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS
DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR
EFECTOS DE SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO,
INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

PEDRO LUIS SERRANO GONZÁLEZ

Tutor:

Dr. Eduardo Reinoso Angulo

Noviembre 2015



JURADO ASIGNADO:

- **Presidente:** MI. Gabriel Moreno Pecero
- **Vocal:** Dr. Eduardo Reinoso Angulo
- **Secretario:** Ing. Marcos Trejo Hernández
- **1er. Suplente:** Mtro. Alexis López Montes
- **2do. Suplente:** MI. Cristian Emmanuel González Reyes

*Lugar donde se realizó la tesis:
Instituto de Ingeniería, UNAM;2015*

Tutor:

Dr. Eduardo Reinoso Angulo

“NO PIERDAS DEMASIADO TIEMPO EN LO QUE
DEBES LOGRAR, PARA QUE PUEDES ALCANZAR LO QUE
VERDADERAMENTE DESEAS.”

DEDICADO A:

Mi MADRE,
que me forjó un carácter y pensamiento inteligente;

A mi PADRE,
que me inculcó la espiritualidad;
x... que me enseñó a pensar con el corazón
y amar con el cerebro.

AGRADECIMIENTOS

- *A la Universidad Nacional Autónoma de México y a su Facultad de Ingeniería por la magnífica oportunidad de cursar mis estudios de licenciatura.*
- *Al Instituto de Ingeniería UNAM, por permitirme utilizar sus instalaciones, por su apoyo económico y por todas las facilidades concedidas.*
- *Al Dr. Eduardo Reinoso Angulo por todo el apoyo y confianza que me otorgó como jefe, tutor y amigo.*
- *Al Dr. Miguel Ángel Jaimes Téllez, por brindarme información valiosa y su enorme paciencia.*
- *A todos mis apreciables sinodales, MI. Gabriel Moreno Pecero, Ing. Marcos Trejo, Mtro. Alexis López y MI. Cristian Emmanuel González; por su grata participación y el tiempo dedicado en las revisiones a esta tesis e incluso por sus consejos personales.*
- *A mi hermano, Lalo Serrano, por ser mi mejor compañero de vida.*
- *A toda mi Familia, por su amor y apoyo incondicional.*
- *A todos mis amigos, por ser un soporte técnico trascendental.*
- *Finalmente quiero agradecer a todos aquellas personas especiales que directa o indirectamente han contribuido en mi crecimiento personal;*

A todos ellos... GRACIAS..!!

ÍNDICE

Página:

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
ESTADO DEL ARTE	3
INTRODUCCIÓN	3
I.1 ANTECEDENTES	3
I.2 SISMICIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO	4
I.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	6
I.4 OBJETIVOS	7

CAPÍTULO 1

SISMO DE ACAMBAY, 19 DE NOVIEMBRE DE 1912	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISMO	8
1.2 REPORTE DE LOS DAÑOS	9
1.3 ANÁLISIS FUTURÍSTICO DE DAÑOS	10

CAPÍTULO 2

SISMO DEL 28 JULIO DE 1957	12
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISMO	12
2.2 REPORTE DE LOS DAÑOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO	13
2.3 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DAÑADAS	17

CAPÍTULO 3

SISMO DEL 14 DE MARZO DE 1979	21
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISMO	21
3.2 REPORTE DE LOS DAÑOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO	22
3.3 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DAÑADAS	27

CAPÍTULO 4

SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985	33
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISMO	33
4.2 REPORTE DE LOS DAÑOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO	34
4.3 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DAÑADAS	38

CAPÍTULO 5

SISMO DEL 20 DE MARZO DE 2012	40
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISMO	40
5.2 REPORTE DE LOS DAÑOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO	40
5.3 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DAÑADAS	43

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES	46
APÉNDICES	50
A – SISMO DE 1912	51
B – SISMO DE 1957	53
C – SISMO DE 1979	57
D – SISMO DE 1985	78
E – SISMO DE 2012	80
REFERENCIAS	84

RESUMEN

En este trabajo se presenta un compendio de los daños ocasionados debido a sismos a las estructuras e inmuebles dentro del área metropolitana de la ciudad de México en un periodo comprendido entre el año 1912 y el 2014. Como la sismicidad en México es muy amplia y diversa, de todos los eventos sísmicos que ha sufrido el valle de México, se optó por acotar ese gran número; considerando la magnitud de los daños y la intensidad, se seleccionaron cuatro sismos; y se agregó el sismo de Acambay por ser un tipo de temblor de vital importancia para la historia sísmica de México. Cada capítulo contiene una breve descripción del sismo y daños representativos; una tabla con la información característica del evento sísmico; un mapa para ubicar el epicentro y su distancia promedio a la ciudad; un mapa georreferenciado donde se localizan los daños causados por el temblor en la ciudad; y al final un breve análisis estadístico relacionando la magnitud de los daños con cualidades de las estructuras dañadas.

La base de datos está constituida por los siguientes cinco sismos: el primero es el de Acambay, en el Estado de México, el 19 de noviembre 1912, destacado por ser un sismo intraplaca con epicentro muy cercano al valle de México; el temblor que provocó la caída del ángel de la independencia y varias edificaciones durante el verano de 1957, el 28 de julio; el sismo del 14 de marzo de 1979, que derrumbó a la Universidad Iberoamericana y que provocó muchos más daños que los publicados; luego viene el famoso "Terremoto del '85" que sucedió en la madrugada del 19 de septiembre de 1985 y su réplica al día siguiente, que hasta la fecha ha sido el más mortífero y devastador de la historia de la ciudad de México; y finalmente el sismo más importante del siglo XXI, ocurrido el 20 de marzo de 2012, que no fue tan trágico como los anteriores, pero dejó en evidencia a las estructuras que no fueron reforzadas apropiadamente tras los temblores anteriores y mostrando una nueva zona vulnerable a los daños por sismos, el norte y sur de la ciudad, también perteneciente a la zona del lago.

ABSTRACT

In this work, a compendium of damages due to earthquakes on structures and buildings within the metropolitan area of Mexico City is presented, in the period between 1912 and 2014. As the seismicity in Mexico is very wide and diverse, of all seismic events that have hit the valley of Mexico, it was decided to limit that number; considering the extent of damage and intensity, four earthquakes were selected plus the Acambay earthquake, that was added to the list due to its unique type of quake, vital to the seismic history of Mexico. Each chapter contains a brief description of the earthquake and the most representative damages; a table with the characteristic information of the seismic event; a map to locate the epicenter and its average distance to Mexico City; a georeferenced map where the damaged structures are located; and finally a brief statistical analysis relating the extent of the damage with some attributes of those damaged structures due to that seismic event.

The database consists of the following five earthquakes: the first is Acambay, in the State of Mexico, in November 19, 1912, highlighted by being an intense intraplate earthquake with epicenter really close to the Valley of Mexico; the next one is the earthquake that caused the fall of the monument "Independence's Angel" and several buildings during the summer of 1957, July 28; then continues with the quake of March 14, 1979, which caused the collapse of the Iberoamerican University and damaged more buildings than published; after that comes the famous "Earthquake of '85" and its aftershock at the next day, which was the most deadly and devastating in the history of the city of Mexico, this one occurred on the morning of September 19, 1985; and finally the largest earthquake of the 21st Century, which happened on March 20, 2012, it was not even close to be as tragic and devastating as the past ones, but those structures that were not enforced properly after the previous earthquakes were brought to light and it also exhibited a new vulnerable area to damages by earthquakes, the north and south of Mexico City also belonging to the lake area.

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

“...Un águila posada sobre un nopal devorando una serpiente...” en el año 1325 esa fue la indicación que el dios Huitzilopochtli dio a los mexicas para abandonar Aztlán y comenzar una peregrinación hasta encontrar la señal que les había prometido. Dicha imagen sería el indicador de que habrían llegado el lugar correcto y ahí establecerse para construir una nueva ciudad y así fundar un imperio por encima de los demás. Fue hasta llegar a los límites del lago de Texcoco cuando los mexicas visualizaron la señal prometida en un islote en medio del lago, un águila posada sobre un nopal y devorando una serpiente por lo que en ese momento la migración terminó y se fundó Tenochtitlán.



Figura 1.1 “La Isla de Tenochtitlán ca. 1510”, obra de Tomás Filsinger que representa la visión que tuvieron los conquistadores al llegar al valle de México (Filsinger & González Cuesta, 2005)

Las características geográficas y topográficas del sitio fueron fundamentales para la supervivencia y desarrollo del imperio mexica, una gran cuenca con aislamiento natural por las serranías y los lagos ofrecía grandes ventajas económicas y a pesar de la escasez de agua dulce, porque se encontraban situados en el vaso más bajo de la cuenca, los mexicas construyeron canales para abastecer la ciudad con agua.

La cuenca endorreica del valle de México había recogido y almacenado agua por miles de años, producto del escurrimiento directo e indirecto dentro del parteaguas, formando así los lagos de Texcoco, Xochimilco, Chalco, Zumpango y Xaltocan; como consecuencia del escurrimiento superficial se arrastraron a su vez grandes cantidades de depósitos aluviales al fondo de los lagos, creando una espesa capa de un suelo blando y compresible poco apto para sostener eficazmente las próximas construcciones que conformarían a la Ciudad de México.

México-Tenochtitlán se ubicaba a un promedio de dos metros sobre el nivel medio del lago de Texcoco, por lo que lluvias fuertes provocaban grandes inundaciones, sin que los mexicas tuvieran un método efectivo para desalojar el agua solamente podían contenerla. Después de la Conquista de México en 1521, la decisión de Hernán Cortes de consolidar la Nueva España sobre Tenochtitlán obligó a los españoles a construir estructuras dentro de un entorno hídrico completamente desconocido para ellos, provocando que el crecimiento poblacional aumentara y a su vez la ciudad se volvía más vulnerable antes las inundaciones.

Fue hasta el siglo XVI, durante la época colonial que se construyó la primera obra para poder desalojar el agua de la cuenca del valle de México, el Tajo de Nochistongo. La construcción del Gran Canal y los túneles de Tequisquiac a principios del siglo XX y el drenaje profundo en 1975, fueron obras cuyo objetivo fue erradicar los problemas de las inundaciones, pero dichas obras contribuyeron al secado casi total de los lagos y sobre las nuevas zonas drenadas la ciudad siguió creciendo con estructuras ligeras y flexibles diseñadas para no presentar hundimientos importantes, pero sostenidas sobre un suelo blando, arcillas compresibles con contenidos de agua que van del 50 al 500% y con profundidades promedio de 60 metros en Texcoco y hasta 100 metros en Tláhuac. A su vez la sobreexplotación de los acuíferos provoca hundimientos regionales afectando las cimentaciones, dejando a las estructuras sensibles ante el problema sísmico de la Ciudad de México.

1.2 Sismicidad en la Ciudad de México

A lo largo de la historia de la Tierra los fenómenos naturales, una constante inherente a ella, han sido parte del proceso dinámico del planeta; y cuando éstos alteran directa o indirectamente las actividades humanas pueden llegar a representar peligro inminente para una sociedad vulnerable ante ellos, designándolos como: “desastres naturales”; huracanes, vulcanismo, tsunamis, tornados, y sismos son algunos ejemplos, siendo los daños ocasionados debido a sismos el motivo del presente documento.

México se encuentra en una región del planeta muy susceptible a los sismos, esto se debe al tectonismo ya que el país está conformado por cinco placas tectónicas, siendo las placas de Cocos y Rivera el principal problema ya que ambas subducen a la placa Norteamericana creando una falla en la zona costera del Pacífico donde se almacenan grandes cantidades de energía que, al desplazarse, se libera provocando movimientos telúricos y en algunos casos vulcanismo.

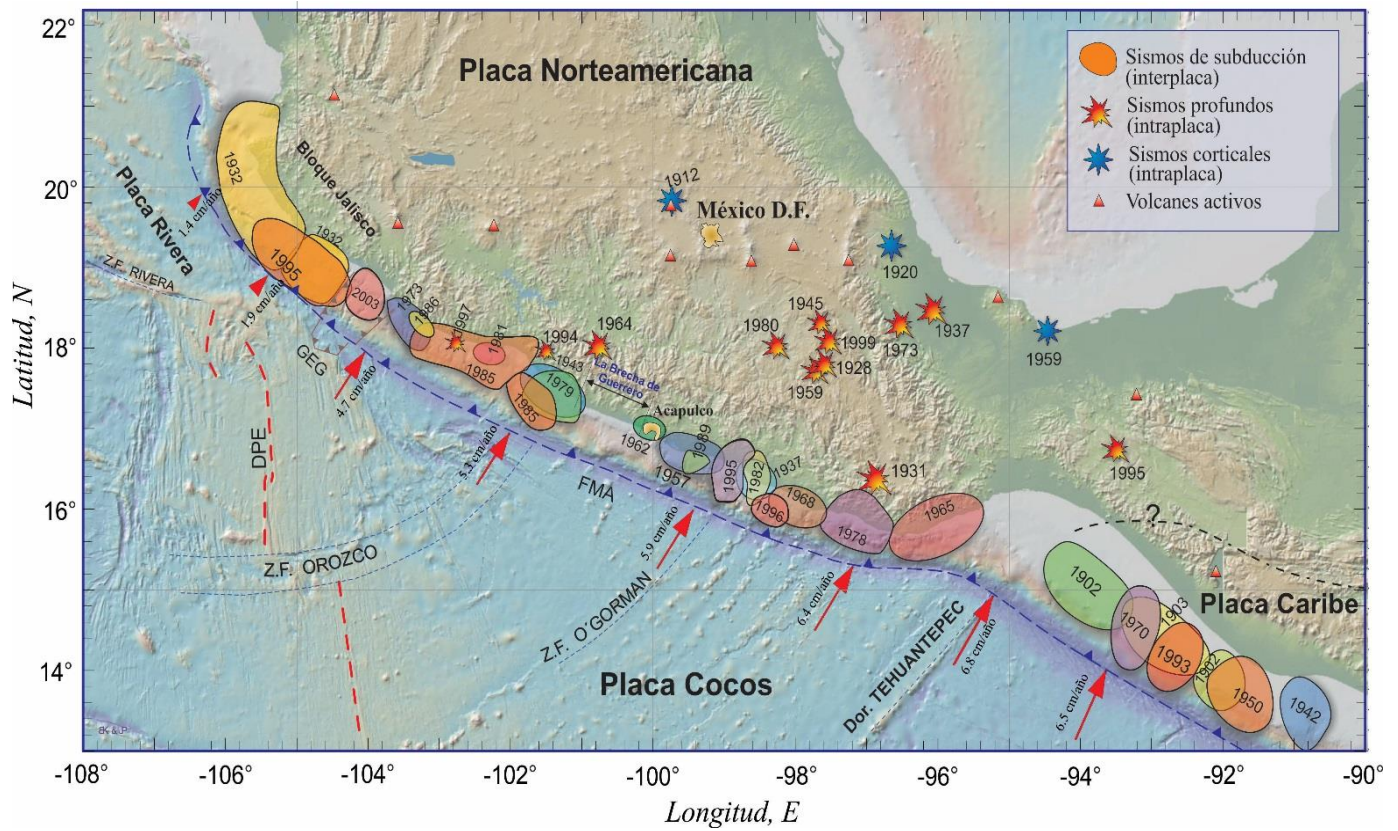


Figura 1.2 Placas tectónicas, tipos y localización de sismos en México (Kostoglodov & Pacheco, 1999)

En la Figura 1.2 se pueden apreciar que existen varios tipos de sismo que a su vez cada uno cuenta con intensidades propias y diferentes que han afectado a la Ciudad de México, las principales fuentes sísmicas pueden clasificarse en cuatro grupos: (Rosenblueth, et al., 1987)

1. Temblores locales: Magnitud ≤ 5.5 , originados dentro o cerca de la cuenca.
2. Temblores tipo Acambay: Magnitud ≤ 7.0 , con epicentro dentro de la placa Norteamericana.
3. Temblores de profundidad intermedia de falla normal: Magnitud ≤ 6.5 , rompimientos de la placa de Cocos ya subducida.
4. Temblores de subducción: Magnitud ≤ 8.2

La Ciudad de México es particularmente vulnerable ante los sismos de subducción a pesar de la gran distancia epicentral que existe entre la ciudad y la zona de subducción, la zona costera desde Jalisco hasta Oaxaca con distancias que van desde los 280 km hasta los 600 km. La justificación a este suceso se debe a las arcillas del lago que amplifican las ondas sísmicas y al ser ondas ricas en periodos largos no experimentan la debida atenuación en su recorrido. Mencionado lo anterior deja en claro que México es un país de alta sismicidad.

1.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS por su acrónimo inglés [Geographic Information System]), es un sistema computacional cuyo objetivo es el gestionar y representar información espacial contenida en mapas digitales. Para Luzanía (2005) los sistemas de información geográfica están diseñados para trabajar con información organizada en bases de datos y georreferenciada a una unidad de análisis espacial a través de sus coordenadas geográficas, por lo que en un mapa se representan las variables de las bases de datos que fueron definidas, operadas y analizadas previamente. Estos sistemas pueden representar geográficamente cualquier información almacenada en la base de datos que contenga un componente geográfico, el cual permite ver patrones, relaciones, y tendencias que no se podrían apreciar en un formato de tabla o lista, además que proporcionan una perspectiva totalmente nueva de la información y ayudan a tomar mejores decisiones.

Son cinco los componentes fundamentales de algún SIG: hardware, software, datos, personal y métodos; siendo los datos el componente más importante de un SIG, ya que los datos serán resultado de un largo proceso de recopilación y análisis de la información que será mostrada. (Luzanía Valerio, 2005)

El funcionamiento de los SIG se debe a un concepto simple pero poderoso y versátil, el poder almacenar información del mundo como una colección de capas temáticas que pueden relacionarse geográficamente. En la Figura 1.3 se muestran las capas de un GIS así como los posibles tipos de información que se pueden almacenar en cada capa. Los dos tipos de información que existen son: el modelo vectorial y el modelo raster. En el modelo vectorial los datos se pueden representar mediante puntos, líneas o polígonos contenidos en un sistema de coordenadas que al asignarle otros atributos recibe el nombre de SHAPE. Y en el modelo raster los mapas están representados por una rejilla y los elementos dentro de la cuadrícula son las celdas, cada celda tiene asignado un valor particular del mapa, por lo que un área delimitada será interpretada por los valores particulares de cada una de las celdas contenidas dentro de la misma.



Figura 1.3 Tipos de información geográfica y capas de un SIG (Chang, 2007)

1.4 Objetivos

En vista del gran significado que representan los sismos y sus consecuencias para México, en especial para la magnánima Ciudad de México, el presente documento tuvo como objetivo primordial el poder otorgar al interesado una útil y veraz síntesis de los cinco sismos contemporáneos más representativos en la historia de la ciudad, así mismo proporcionar una idea global y de fácil comparación, acerca del comportamiento y de los daños ocurridos en las estructuras con los datos técnicos particulares de cada evento sísmico; de esta forma se espera poder ampliar el estudio detallado de los casos nuevos, pero sobretodo de los concurrentes

SISMO DE ACAMBAY, 19 DE NOVIEMBRE DE 1912

1.1 Descripción del sismo

Dentro del Eje Neovolcánico Mexicano y situado a 80 km al Noroeste de la Ciudad de México se encuentra una región que presenta numerosas fallas geológicas con distintos grados de actividad sísmica y justo ahí se encuentra la falla geotécnica de Acambay-Tixmadejé, que aproximadamente tiene 40 km de longitud y 15 km de ancho y está definida por la extensión de fallas Acambay-Tixmadejé y la falla de Pastores; En la Figura 1.1 se muestra el epicentro del sismo de magnitud 6.9 grados Richter que afectó considerablemente el pueblo de Acambay y causando ligeras repercusiones a la Ciudad de México. El temblor por su origen es tectónico y por los efectos que produjo puede considerarse como megasismo.

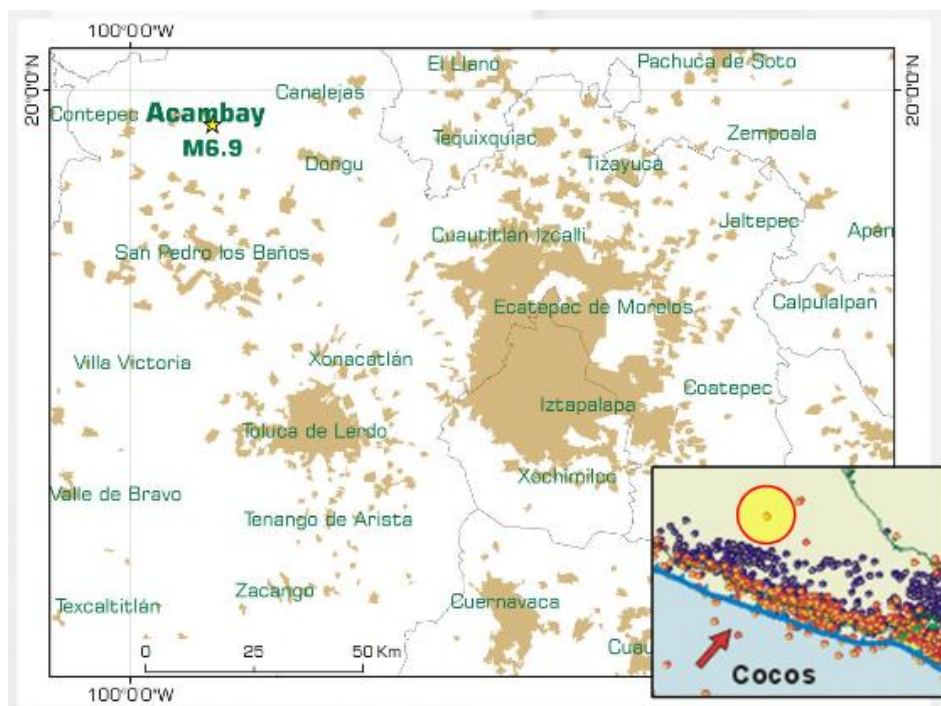


Figura 1.1 Epicentro localizado con una estrella en el poblado de Acambay (ERN, 2012)

Además de los daños materiales e incluso con un reporte de más de cien muertos y 600 víctimas resultaron heridos el sismo de Acambay se convirtió en uno de los sismos más importantes de la historia sísmica en México al haber sido un sismo cortical, intraplaca y superficial; muy cercano a la Ciudad de México, dando cabida a un sismo semejante a lo largo del Eje Neovolcánico Mexicano que puede afectar de manera importante el valle de México. El sismo es tan representativo que incluso a los sismos con las mismas características se les conoce como de *tipo Acambay*. (Figueroa, 1970)

Los efectos más notables del temblor en el terreno, fueron la formación de grietas dirigidas de Este a Oeste, transversalmente a la dirección de mayor intensidad del movimiento respetando un paralelismo entre sí y con los sistemas montañosos y coincidiendo con los accidentes tectónicos de la región. (Muñoz Lumbier, 1918)

TABLA 1.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SISMO DE 1912

FECHA	19 de noviembre de 1912
HORA LOCAL	7:19 am
EPICENTRO	Acambay, Estado de México
-PROFUNDIDAD	33 km
-DISTANCIA AL DF	80 km <i>(promedio)</i>
MAGNITUD	$M_w = 6.9$ <i>(Richter)</i>
DURACIÓN	---
INTENSIDAD	---
VÍCTIMAS	± 700 <i>(± 100 muertos, ± 600 heridos)</i>

(ERN, 2012)

Posiblemente los datos mencionados no inspiren el interés que merecía un estudio del problema geológico y mecánico de la falla Acambay-Tixmadejé, pero un nuevo foco que se encuentra en un terreno volcánico y dislocado tan cerca de la Ciudad de México debe ser razón suficiente para que la sismología de la zona se vuelva una ciencia nacional, pero mientras se pueden esperar algunas sorpresas reservadas que servirán como útiles advertencias.

1.2 Reporte de los daños



Figura 1.2 Iglesia de Acambay destruida por el sismo (ERN, 2012)



Figura 1.3 Vista del pueblo de Acambay después del sismo (ERN, 2012)

1.3 Análisis futurístico de daños

Dejando muy claro la factibilidad de que un sismo intraplaca pueda tener magnitudes cercanas a la de 7 grados en la escala de Richter y tan cerca de la ciudad de México con grandes posibilidades de destrucción, la importancia que tuvo este sismo en 1912 hasta la fecha combinada con la poca información presente, se decidió trasladar este sismo histórico al año 2012, conservando los datos técnicos propios del sismo original, tales como magnitud y ubicación del epicentro; para que de esa forma se pudiera evaluar una cartera representativa de daños del sector asegurador y de la infraestructura federal, y así determinar la intensidad de los daños que ocasionaría este sismo si llegara a repetirse. Los sistemas empleados para este ejercicio fueron RS-Mex® y el R-Fonden®. (ERN, 2012)

Por medio del sistema RS-Mex® se evaluó una cartera representativa del sector asegurador mexicano con una suma total de casi 7.4 billones de pesos. En la Figura 1.4 se muestra las pérdidas económicas del sector asegurador en México, obteniendo como resultado que el Distrito Federal y el Estado de México serían los estados más afectados sumando entre esos dos estados 29 mil millones de pesos en pérdidas.

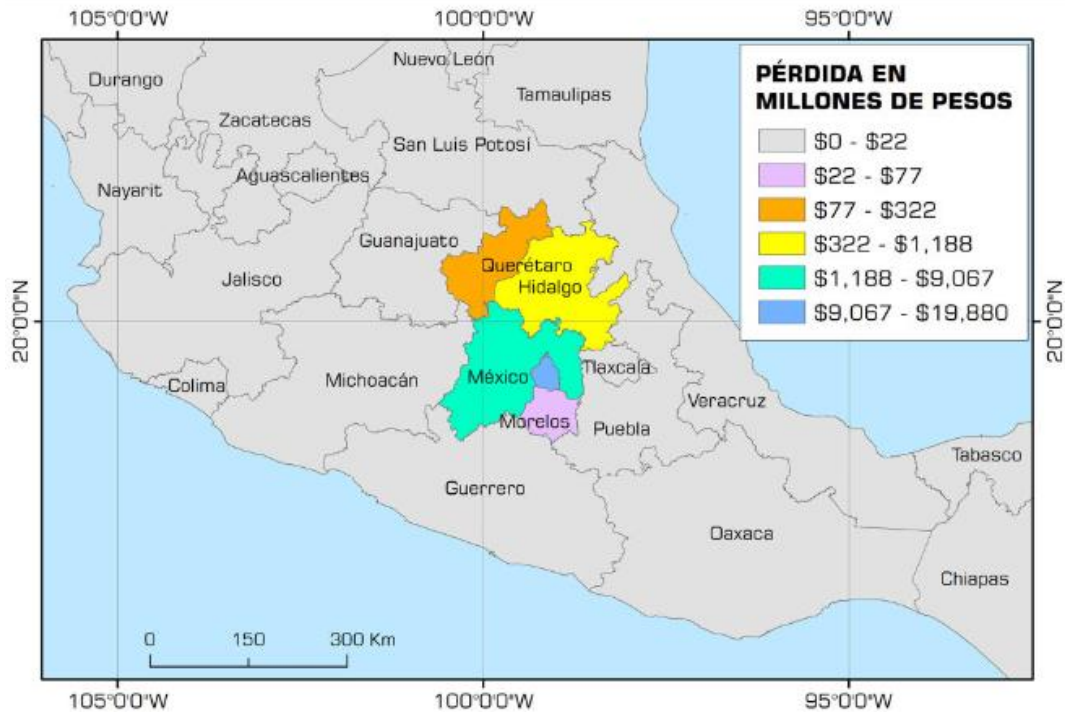


Figura 1.4 Distribución de las pérdidas económicas estatales (ERN, 2012)

Y en términos de los daños a la infraestructura federal las pérdidas económicas serían del orden de 14 mil millones de pesos, los sectores más afectados serían el de la vivienda y escuela. Utilizando el sistema R-Fonden® se obtuvo la Tabla 2.2 que muestra las pérdidas económicas si se presentara el sismo de 1912.

TABLA 1.2 Pérdidas en millones de pesos por daños a la infraestructura (ERN, 2012)

Infraestructura	PÉRDIDA (Millones de pesos)
Carreteras y puentes	\$712
Salud	\$1,791
Escuelas privadas	\$2,857
Escuelas publicas	\$3,243
Vivienda rural	\$1,739
Vivienda urbana	\$3,462

SISMO DEL 28 JULIO DE 1957

2.1 Descripción del sismo

Desde la costa del Pacífico mexicano, con una distancia de 40 km al sureste de Acapulco y de 360 km al sur de la Ciudad de México, la estación sismográfica de Tacubaya registró un fuerte sismo que sacudiría a la ciudad entera durante la madrugada del 28 de julio de 1957.; fue a las 2 horas con 40 minutos y 51 segundos cuando el movimiento telúrico comenzó y al cabo de unos segundos empezó a sentirse la sacudida en todo el valle de México causando daños graves a las edificaciones ubicadas al centro de la ciudad dentro de la delegación Cuauhtémoc.

La instrumentación era bastante escasa y precaria hace 60 años, por lo que la falta de registros impidió que se elaboraran estudios detallados, sin embargo se destaca el trabajo de Figueroa (1957) y Rosenblueth (1958) en el que hicieron observaciones sobre la amplificación en terreno blando y Marsal (1958) valida lo anterior al encontrar que la mayoría de las estructuras reportadas con daños estaban desplantadas sobre terreno blando; mientras que Merino (1957) reportó que la zona de daño y del terreno blando coincidía con la zona de mayores hundimientos de la ciudad de México.

Una de las consecuencias más conocidas de este temblor fue el del Monumento a la Independencia, ya que la estatua de la Victoria Alada se desprendió de la columna honoraria y cayó al suelo. En la Figura 2.1 se observa la estatua en el suelo que al cabo de un año sería totalmente reconstruida y devuelta a su lugar. Precisamente por el acontecimiento anterior el sismo del 28 de julio de 1957 el sismo es comúnmente conocido como: *“El Temblor del Ángel”*.



Figura 2.1 Estatua de la Victoria Alada del Monumento a la Independencia se viene abajo por el sismo. (Aguirre Botello, 2011)

TABLA 2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL “TEMBLOR DEL ÁNGEL”

FECHA	28 de julio de 1957
HORA LOCAL	02:40:51 am
EPICENTRO	Costa de Acapulco, Guerrero
-PROFUNDIDAD	33 km
-DISTANCIA AL DF	360 km (<i>promedio</i>)
MAGNITUD	$M_w = 7.5$ (<i>Richter</i>)
DURACIÓN	± 90 segundos
INTENSIDAD	VII (<i>Mercalli modificada, en la Cd. De México</i>)
VÍCTIMAS	±800 (<i>±68 muertos, ±523 edificaciones</i>)

(Figuroa, 1957), (Fundación ICA, 1992)

2.2 Reporte de los daños en la Ciudad de México

Se estima que el número total de muertos en todo el país ascendió a 50 y el valor de los daños en lo que respecta a propiedad particular y gubernamental se calculó en 2 mil millones de pesos de esa época. La mayoría de los daños ocurridos en la Ciudad de México se concentraron en la zona centro, en lo que hoy es la Delegación Cuauhtémoc. Según el artículo de ICA (1992), se reportaron 39 muertos, alrededor de 523 edificios con daños analizados, en relación a los 1000 denunciados; de los cuales 69 sufrieron daños peligrosos, 176 resultaron con daños mayores y 278 fueron levemente afectados. Se debe tomar en cuenta que un importante número de construcciones, particularmente de edificios antiguos e inmuebles menores, tenían grietas antes de ocurrido el sismo debido a los asentamientos diferenciales propios de la zona de lago por las arcillas compresibles, que en su caso no se tomaron en cuenta para hacer la apreciación de los daños.

Aunque en periódicos como El Universal hablaban de 700 personas difuntas, del mismo modo las primeras noticias publicadas por Excélsior (1957) eran demasiado alarmistas y exageradas con notas como: “Casi no había edificio que no haya sufrido desperfectos y numerosísimas bardas vinieron por tierra...” y a su vez el encabezado del periódico del día 29 de junio de 1957 decía: “35 muertos, Cientos de Heridos y 100 desplomes en la Capital.” Y en 2007 Orozco y Reinoso realizaron una exhaustiva comparación de lo publicado en las noticias de esa época por el Excélsior (1957) y los trabajos realizados por Figuroa (1957), Marsal (1958) y Meli y col. (1985); y encontraron que sólo hubo alrededor de cuatro colapsos totales y cinco parciales, concluyendo que los desplomes eran bardas derribadas y a partes de techos que se vinieron abajo. A pesar de haber existido varios derrumbes y estructuras con daños, el sismo no fue considerado una catástrofe; pero la población de la ciudad de México experimentó por primera vez el miedo al poder destructivo de los sismos; por lo que en el ámbito de la Ingeniería se inició la búsqueda de respuestas del comportamiento de las estructuras durante los sismos y de las propiedades del suelo arcilloso de la ciudad.

En la Figura 2.2 se puede notar que más del 80% de la Ciudad de México se encontró dentro de una intensidad de grado VII en la escala de Mercalli modificada, a pesar de estar a más de 350 km de distancia del epicentro, también representado en la misma figura.

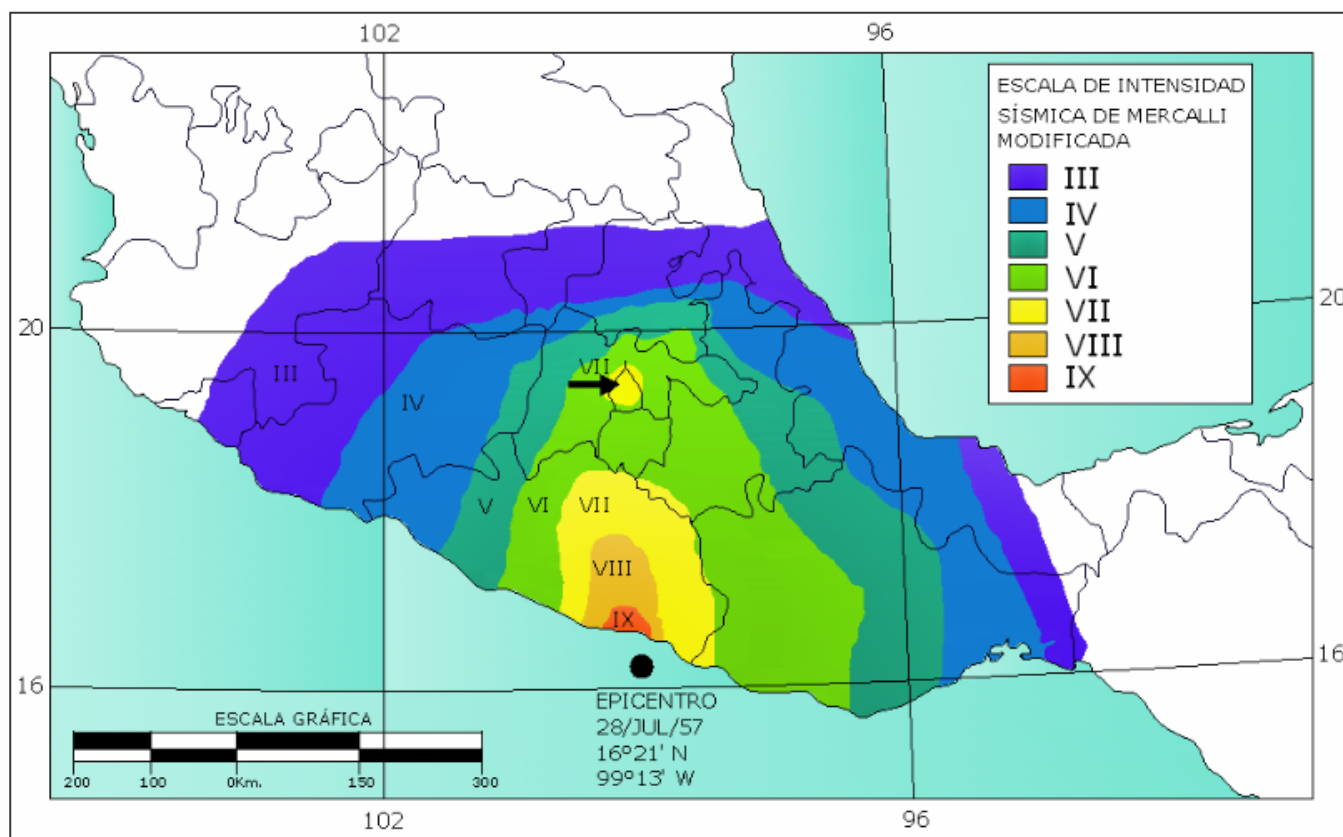


Figura 2.2 Curvas de isosistas y epicentro del sismo del 28 de julio de 1957 (Figueroa, 1957)

De las poblaciones más afectadas fuera de la Ciudad de México fueron San Marcos (95% de edificios dañados), Chilpancingo (90% de edificios dañados), Chilapa (70% de edificios dañados), Huamuxtitlán (60% de edificios dañados), Ayutla (con pérdidas estimadas de 360,000 pesos) y Tuxtla (60% de edificios dañados), todas éstas en el estado de Guerrero (Figueroa, 1957).

La Figura 2.3 es un mapa digital en el que se localizan todos los edificios que se reportaron con daños importantes en la ciudad de México, obtenidos de la Tabla B.1 que se encuentra en los anexos. Ya que más del 90% de las estructuras con daños se encontraban dentro o cerca de los límites de las Delegación Cuauhtémoc se delimitó el mapa con la ayuda de un SIG para poder representar los daños, con la siguiente clasificación:

- COLAPSO TOTAL
- COLAPSO PARCIAL – El edificio sufrió desplome en algún piso, colindancias y/o esquinas.
- DAÑO GRAVE – La mayoría de los elementos estructurales como trabes, losas y/o columnas con grandes deformaciones que ponen en peligro la estabilidad del edificio.
- DAÑO SUSTANCIAL – Algunos elementos estructurales con deformaciones visibles, pero que no ponen en riesgo la estabilidad de la estructura.
- DAÑO LEVE – Elementos estructurales con grietas y fisuras de poca magnitud.

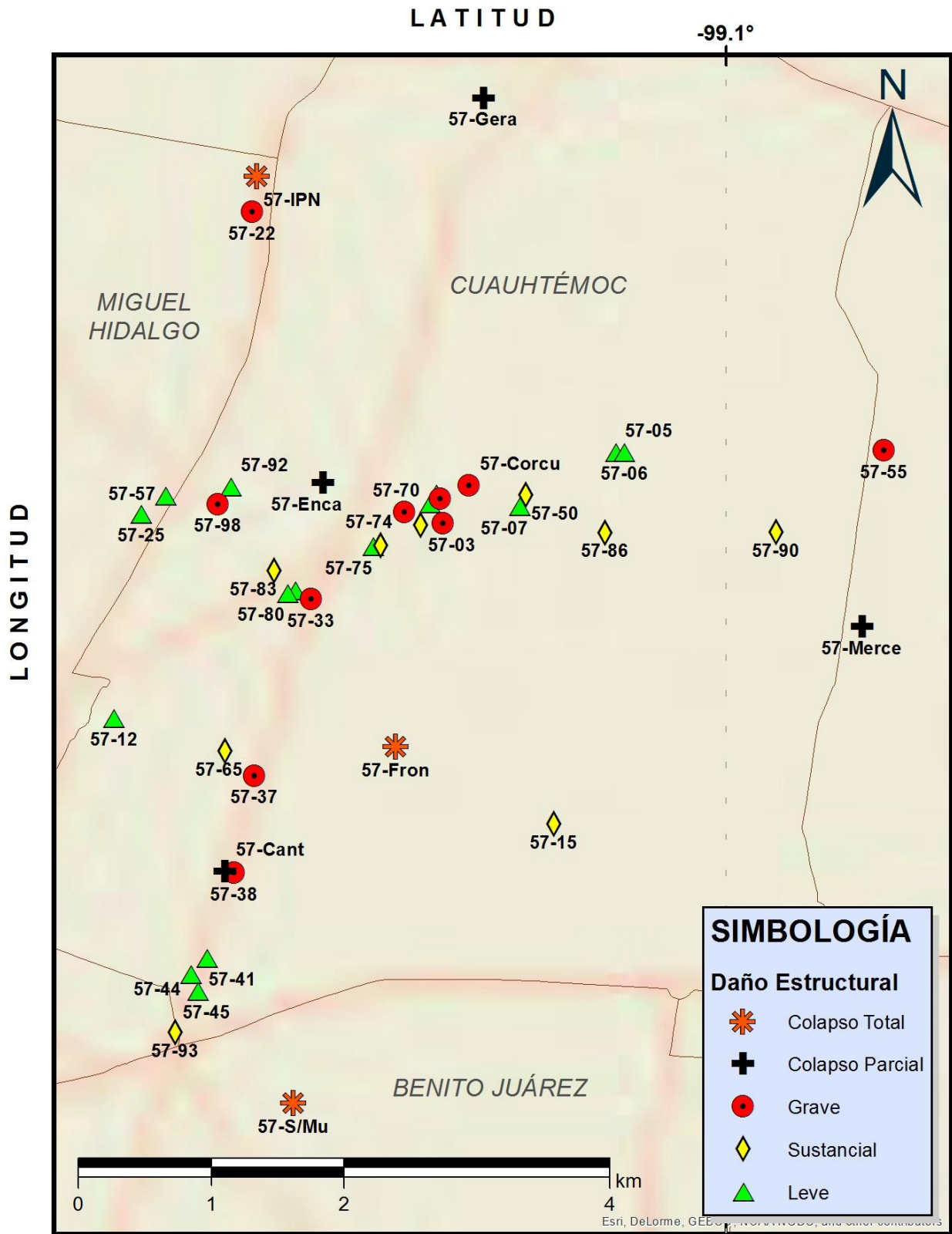


Figura 2.3 Mapa de daños ocasionados a estructuras del Distrito Federal por el sismo del 28/07/1957

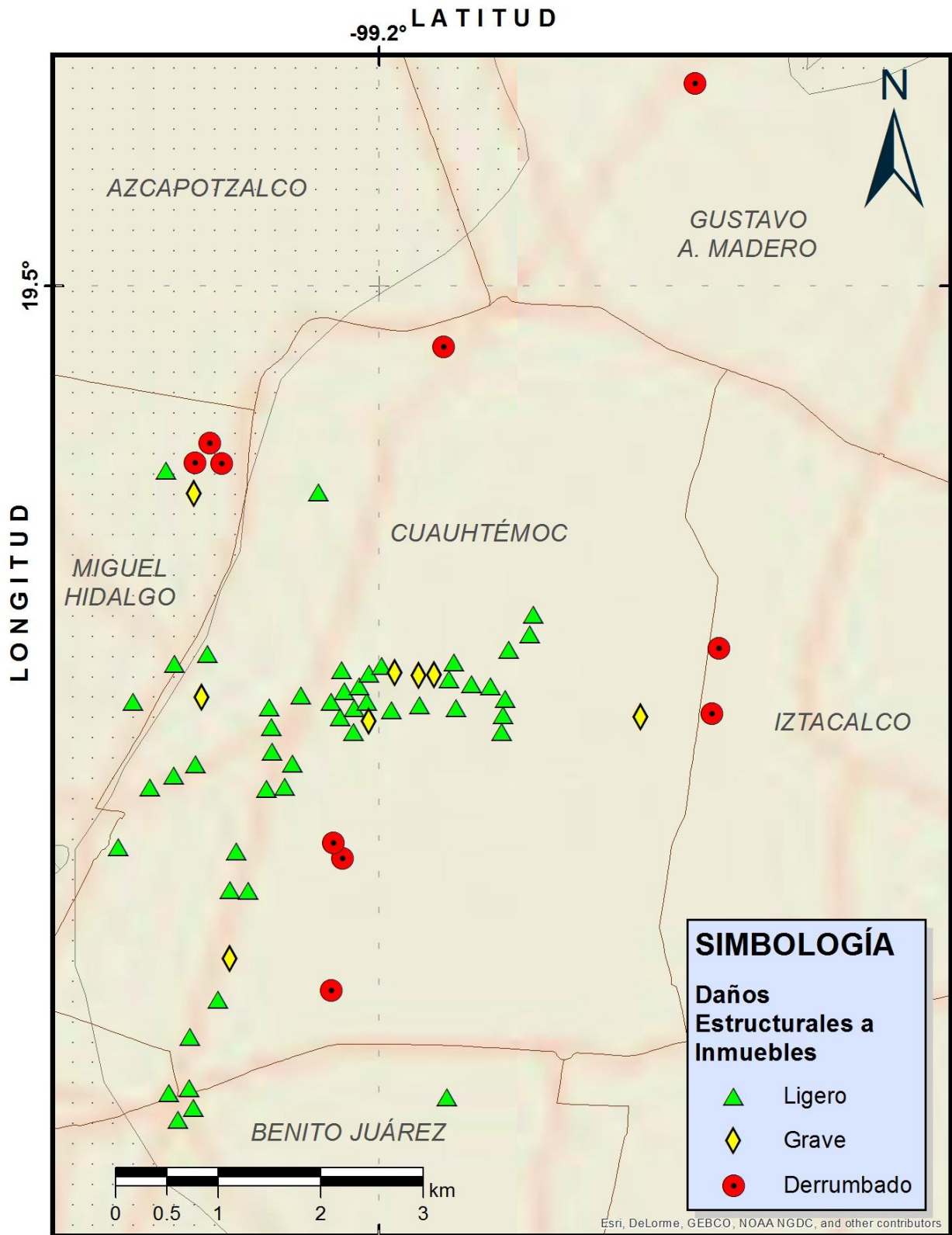


Figura 2.4 Mapa de daños ocasionados a estructuras del Distrito Federal por el sismo del 28/07/1957 (Fundación ICA, 1992)

2.3 Análisis de estructuras dañadas

El movimiento telúrico está íntimamente relacionado con las propiedades mecánicas y a la estratigrafía del suelo, ya que el sismo fue destructivo para las partes bajas de las Ciudad de México y prácticamente nulo en las regiones altas.

El estudio de los informes rendidos por las comisiones designadas por el Departamento del distrito Federal para investigar la estabilidad de los edificios averiados demuestra que las fallas pueden atribuirse, principalmente, a condiciones de carga no tomadas en cuenta al diseñar la estructura, a los defectos de construcción y al mal mantenimiento y conservación de los inmuebles. Destacan las fallas en columnas y trabes por el momento torsional debido a la omisión de la interferencia o colaboración, según sea el caso, de los muros perimetrales. La excesiva flexibilidad de algunos esqueletos metálicos y de concreto reforzado causaron fuertes agrietamientos en muros, rotura de vidrios y deformaciones excesivas en herrería, así como también choques entre edificios flexibles colindantes que provocaron fracturas en columnas, trabes y losas. También se registraron varias fallas por cortante y tensión diagonal, indicativas de una reserva dinámica en este tipo de esfuerzos menor que para los inducidos por flexión. Respecto a casas menores a tres pisos, se observaron graves daños en los inmuebles por carencia de elementos estructurales capaces de resistir fuerzas horizontales, consecuencia del reglamento de construcción que exige la verificación respectiva a las construcciones de altura menor de 16 m. (Fundación ICA, 1992)

Se realizó un breve análisis con el propósito de conocer más sobre algunos factores que pudieron afectar el desempeño de las estructuras durante el sismo, en la Figura 2.5 se muestra una distribución de los daños: en el eje horizontal se tiene nivel de daño estructural mientras que en los ejes verticales se clasifican la cantidad de estructuras dañadas y el porcentaje en relación al total de las mismas; se puede apreciar que los porcentajes de daños leve, moderado y grave son casi el 80% de los inmuebles.

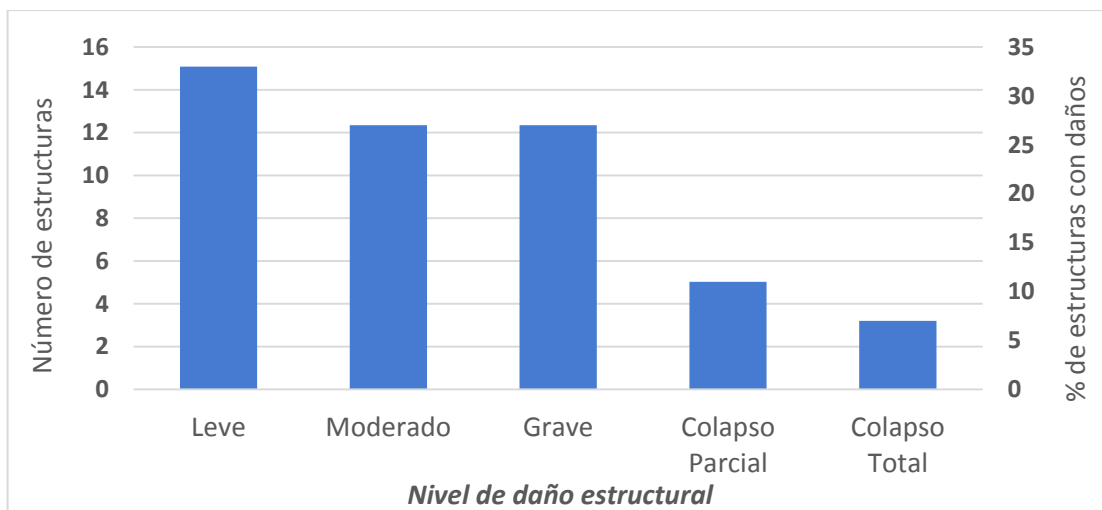


Figura 2.5 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 28/07/1957 considerando la magnitud del daño (Orozco Narváez & Reinoso Angulo, 2007)

De la misma manera en la Figura 2.6, pero en este caso para la información obtenida según Fundación ICA (1992), se tabularon los datos para obtener una relación entre el número de estructuras dañadas y la magnitud del daño; con el fin de comparar el porcentaje de inmuebles dañados de las dos investigaciones.

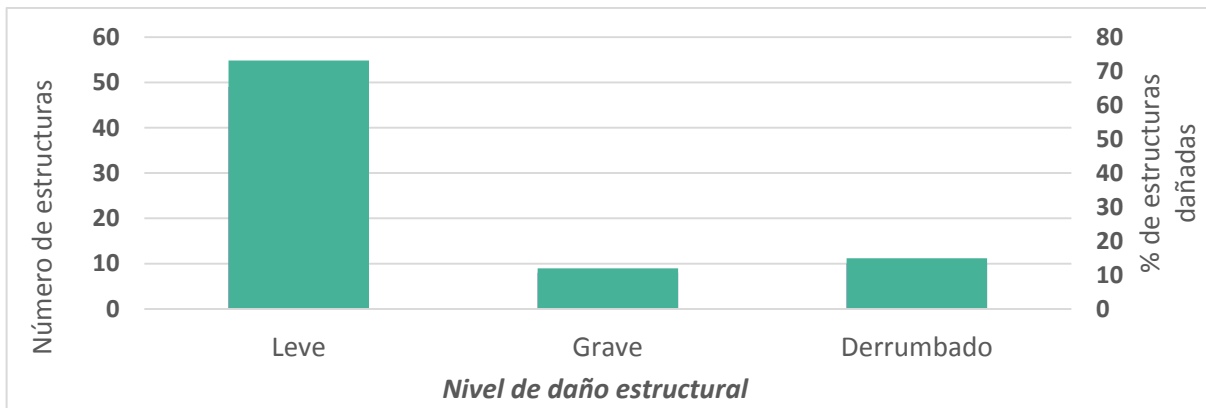


Figura 2.6 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 28/07/1957 considerando la magnitud del daño (Fundación ICA, 1992)

Se clasificaron las estructuras por número de niveles para relacionarlo con el nivel de daño y se obtuvo la distribución mostrada en la Figura 2.7, en la cual se demuestra que los inmuebles más afectados fueron los de baja altura, que en su mayoría tenían un sistema estructural a base de marcos de concreto reforzado, mampostería o tipo nave industrial; es muy importante señalar que en esa época el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal no contemplaba el diseño sísmico para estructuras con altura menor a 16m, que pudieron ser estructuras de hasta 5 niveles y se observa que dichas estructuras presentaron un valor máximo total de estructuras dañadas, además que las estructuras menores a los cinco niveles fueron las que presentaron los colapsos parciales y totales, a diferencia de las estructuras con más de seis niveles que presentaron daños moderados y leves en su mayoría con algunos casos de daños graves.

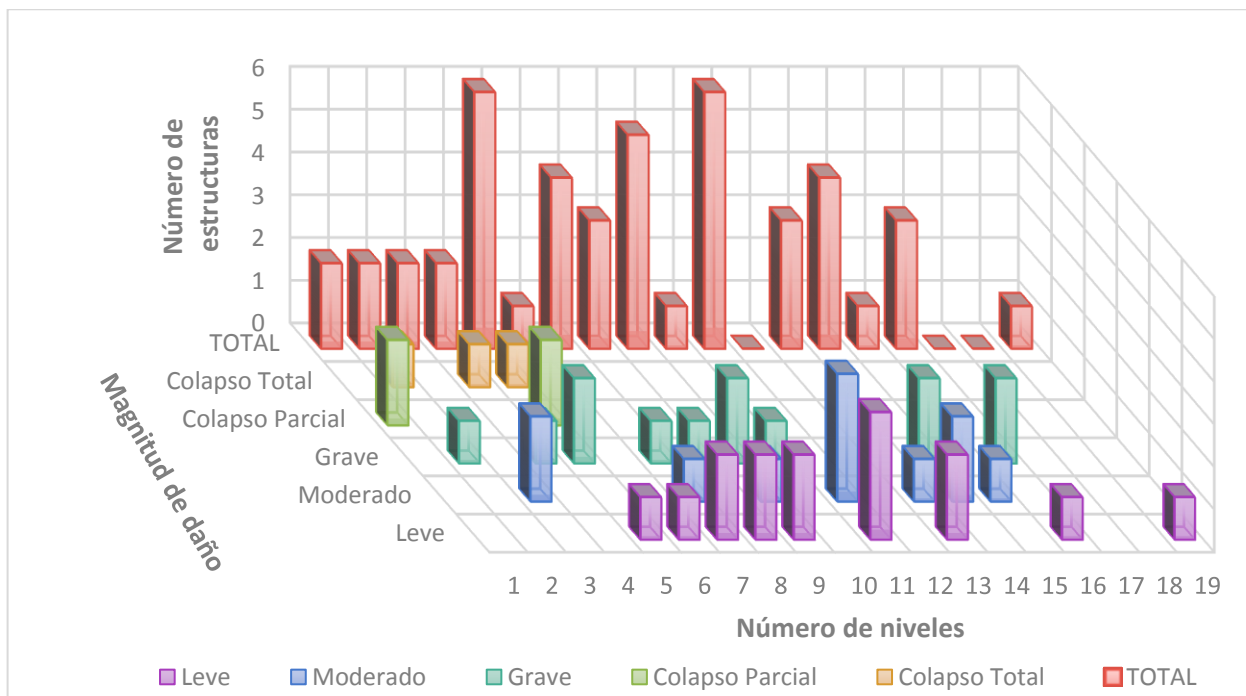


Figura 2.7 Comportamiento de las estructuras dañadas durante el sismo de 28/07/1957 clasificadas por número de niveles y magnitud del daño (Orozco Narváez & Reinoso Angulo, 2007)

Los edificios con esqueleto metálico sufrieron en menor grado daños peligrosos, siendo el número de afectados significativamente menor en comparación a los inmuebles estructurados con marcos de concreto reforzado que presentaron dos colapsos totales y un parcial, el sistema de naves industriales utilizadas salas de diversión presentó dos colapsos parciales y un daño grave, además de otros posibles daños que no se tiene información de los dictámenes; para ejemplificar lo enunciado anteriormente, en la Figura 2.8 se clasificaron los edificios según el sistema estructural y se obtuvo la distribución de los daños.

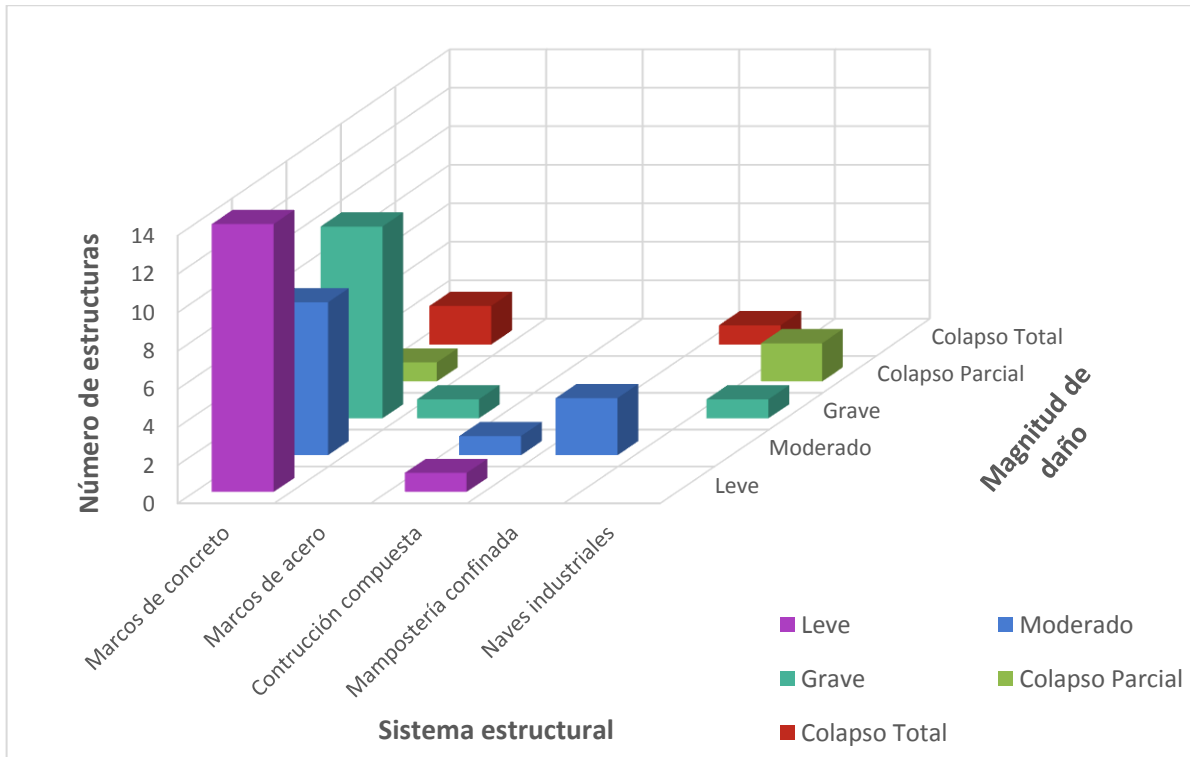


Figura 2.8 Comportamiento de las estructuras dañadas durante el sismo del 28/07/1957 clasificadas por sistema estructural y magnitud de daño (Orozco Narváez & Reinoso Angulo, 2007)

Para poder representar gráficamente la importancia de la zona en donde se ubican los inmuebles y así poderlas comparar con la magnitud del daño que recibieron, se realizó la Figura 2.9; en donde se grafican todas las estructuras dañadas con su respectivo periodo de suelo aproximado. Se aprecia fácilmente que las estructuras dentro de la zona del lago fueron más propensas a recibir daños importantes y también daños leves a una mayor cantidad de estructuras; mientras que en las zonas de transición y lomas fueron casos muy particulares los que presentaron daños.

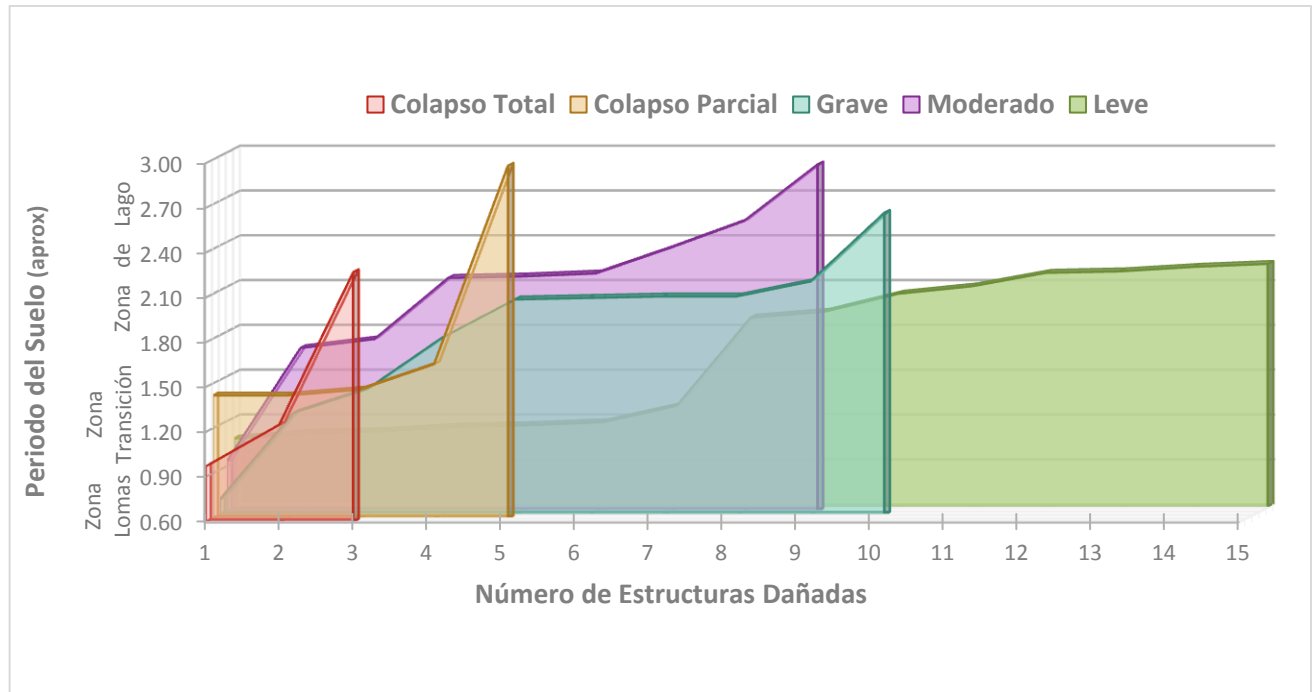


Figura 2.9 Número de estructuras dañadas durante el sismo del 28/07/1957 clasificadas por la magnitud de daño y su periodo de suelo según la tabla B.1

Por último es importante señalar que varios inmuebles presentaron grietas, deformaciones estructurales y desplomes considerables provocados por los asentamientos diferenciales exagerados, consecuencias de un mal diseño de las cimentaciones. (Fundación ICA, 1992)

SISMO DEL 14 DE MARZO DE 1979

3.1 Descripción del sismo

Ante el sol naciente del miércoles 14 de marzo de 1979 la ciudad de México despertó con un gran sismo ocurrido en la costa del Pacífico, el epicentro ubicado entre la desembocadura del Balsas y Acapulco justo en la costa del municipio de Petatlán que fue la población más afectada debido a sus endebles casas de adobe. Todo el valle de México sintió el movimiento causado por el temblor, pero la ciudad fue la más afectada con dos estructuras de un mismo conjunto que padeció colapsos totales, dichas edificaciones pertenecían a la Universidad Iberoamericana y que en honor al colapso de sus edificios este sismo recibe el sobrenombre de: “El temblor de la IBERO”, afortunadamente todavía no era horario escolar por lo que no hubo ningún muerto dentro de las inmediaciones de la universidad, solamente el vigilante del edificio resultó levemente herido.

Además de los únicos dos colapsos totales, seis edificios fueron desalojados parcial o totalmente aunado a más de 30 edificios y casas con daños estructurales además de 55 edificaciones con daños no estructurales; ambos daños se concentraron en la zona centro del Distrito Federal en las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez; las víctimas reportadas oficialmente fueron cinco muertos y más de 30 heridos. El servicio de la red eléctrica se suspendió tan solo por un par de horas pero el abastecimiento de agua potable sufrió grandes percances, dejando a un 40% de los ciudadanos sin agua por más de 48 horas.



Figura 3.1 Edificio “E” de la Universidad Iberoamericana colapsado el 14 de marzo de 1979

TABLA 3.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL “TEMBLOR DE LA IBERO”

FECHA	14 de marzo de 1979
HORA LOCAL	05:07:16 am
EPICENTRO	Petatlán, Guerrero
-PROFUNDIDAD	25 km
-DISTANCIA AL DF	305 km (<i>promedio</i>)
MAGNITUD	$M_w = 7.6$ (<i>Richter</i>)
DURACIÓN	2 minutos y 10 segundos
INTENSIDAD	VII (<i>Mercalli modificada, en la Cd. De México</i>)
VÍCTIMAS	± 50 (± 5 muertos, ± 70 edificaciones)

(Prince, et al., 1979)

3.2 Reporte de los daños en la Ciudad de México

Roberto Meli (1979) y sus colaboradores del Instituto de Ingeniería de la UNAM inspeccionaron del orden de 60 edificios, incluyendo todos aquellos con sospecha de daños ya sea por noticias de prensa (Excélsior, 1979) o por informaciones directas; pero los edificios estudiados por Meli no constituyen una muestra representativa de los cientos de miles de edificios en el área metropolitana de la ciudad. El número exacto de inmuebles con daños sería muy difícil de establecer, ya que con frecuencia se trató de ocultar la ocurrencia de daños y en el mejor de los casos, se procedió de inmediato a su reparación o mimetización.

Es necesario hacer notar que Meli (1979) anuncia en su reporte la incapacidad de inspeccionar varios elementos estructurales que se encontraban ocultos por muros falsos y plafones, por lo que la conclusión de que no hubo daño estructural no debe tomarse por definitiva completamente, ya que en ciertos rincones inalcanzables para el análisis de daños no pudieron ser estudiados. De manera similar puede aplicarse la misma premisa para los casos encontrados en los periódicos de la época, ya que son citados en las noticias con daños e incluso viene una descripción de la situación gráfica de los elementos estructurales, pero posiblemente pudieron haber sido exagerados o minimizados por los reporteros, ya que no tienen experiencia

El sismo no llegó a los alcances destructivos que el sismo de 1957 provocó en la ciudad, pero aun así el colapso

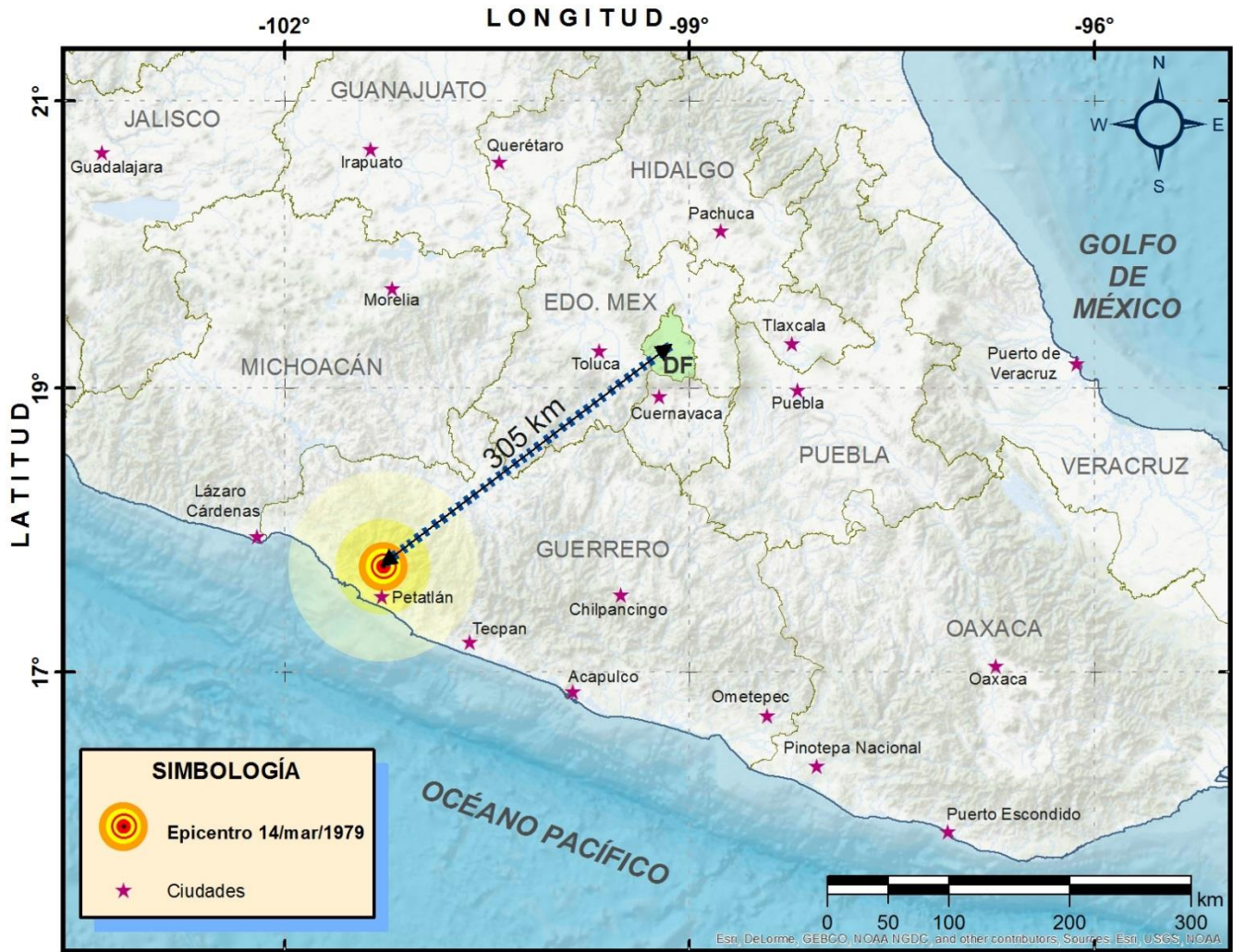


Figura 3.2 Epicentro del sismo ocurrido el 14 de marzo de 1979

A continuación se presentan tres mapas de daños a estructuras dentro de la ciudad de México ocasionados por el sismo del 14 de marzo de 1979; el primer mapa es la Figura 3.3, la cual corresponde a los datos citados en la Tabla C.1 cuya información proviene principalmente de archivos históricos, periódicos y noticias de la época; después la Figura 3.4 proviene de una investigación realizada por Roberto Meli (1979) y sus colaboradores del Instituto de Ingeniería UNAM, cuyos datos se cotejan en la Tabla C.2; y al final la Figura 3.5, que es una réplica de un mapa producido por Fundación ICA (1992), del cual solo se pudieron obtener la localización de los inmuebles y su magnitud de daño respectivo.

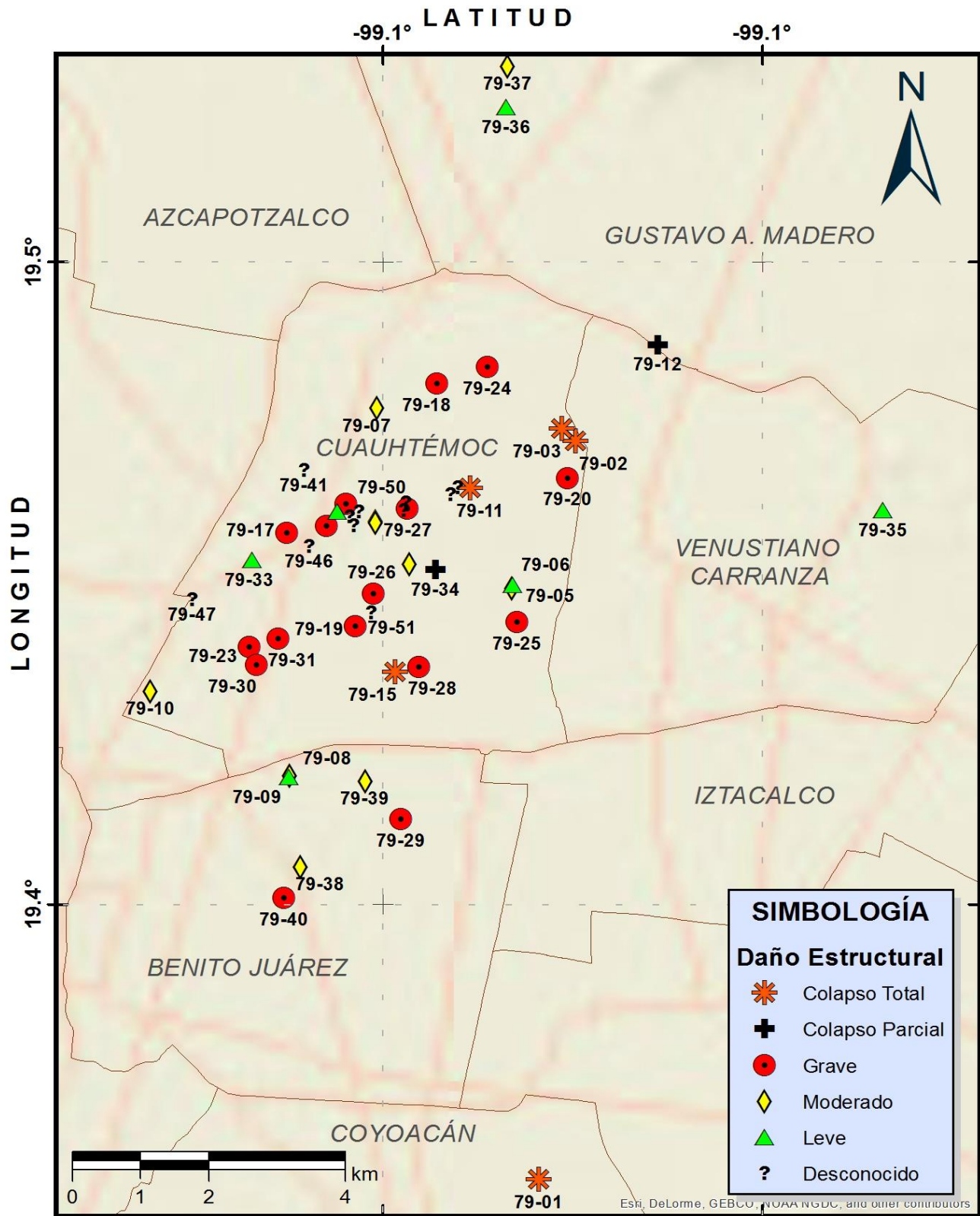


Figura 3.3 Mapa de daños ocasionados a estructuras del Distrito Federal por el sismo del 14/03/1979 con base en los datos de la Tabla C.1

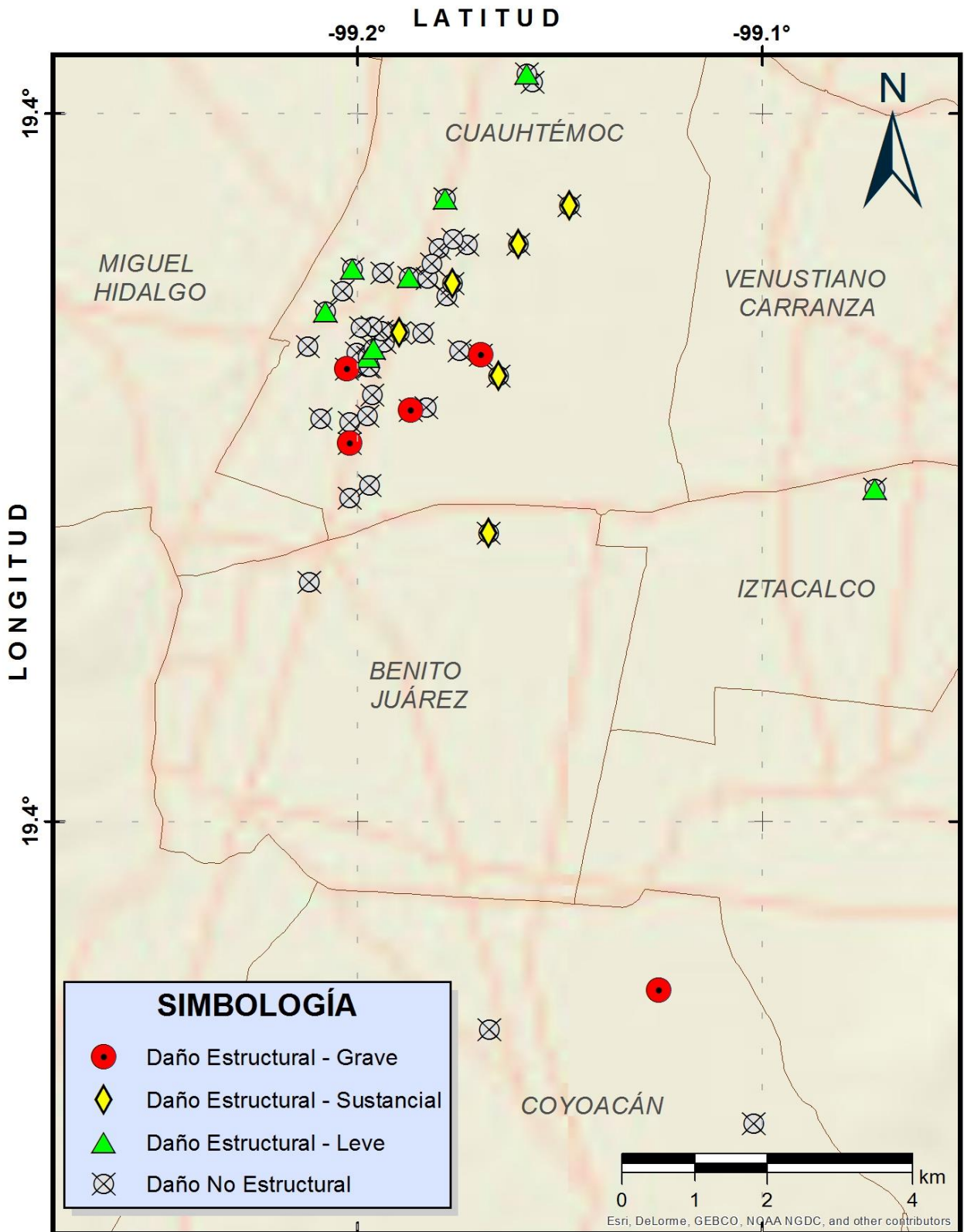


Figura 3.4 Mapa de daños ocasionados a estructuras del Distrito Federal por el sismo del 14/03/1979 de acuerdo a la Tabla C.2 (Meli, 1979)

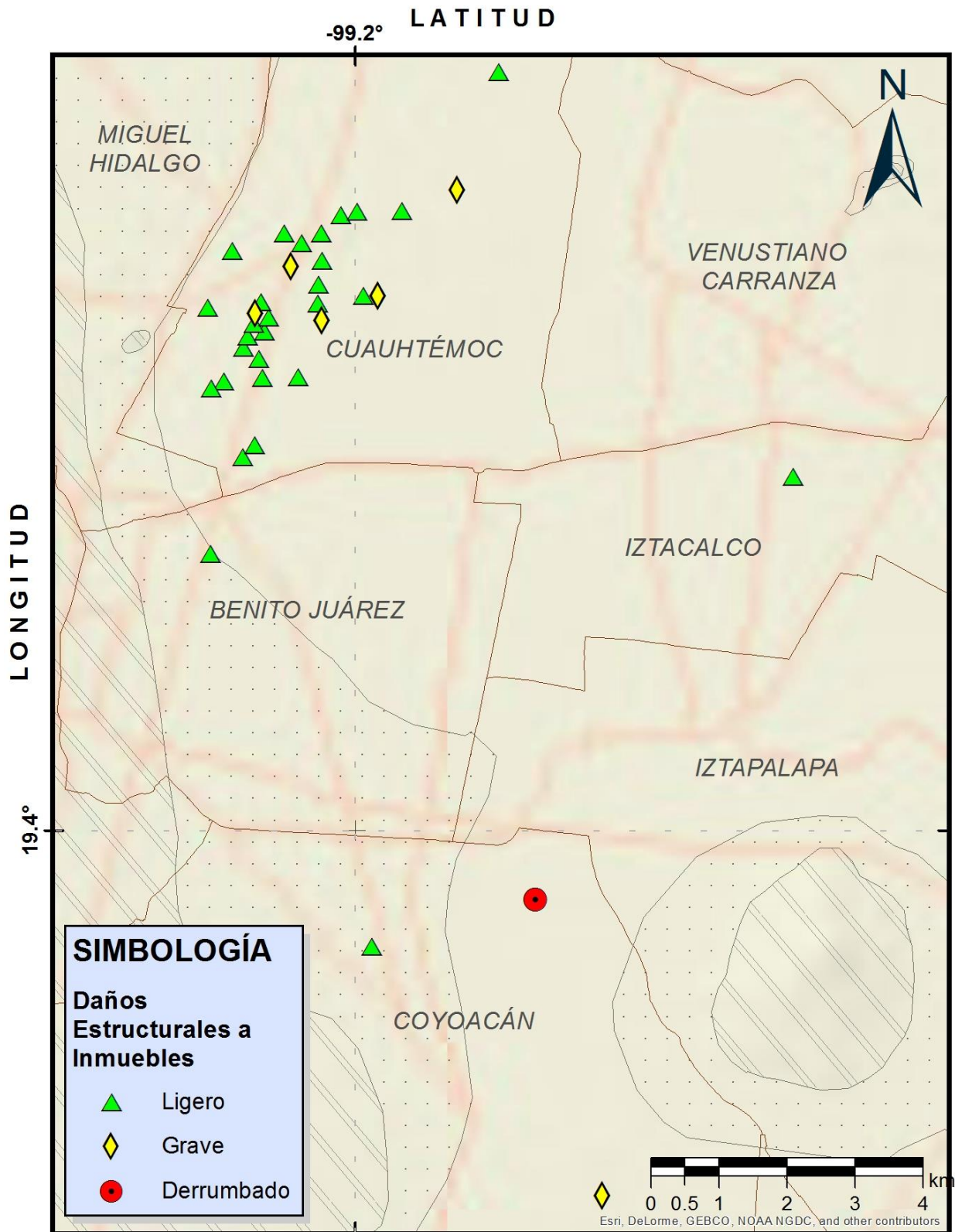


Figura 3.5 Mapa de daños estructurales provocados a inmuebles del Distrito Federal por el sismo del 14/03/1979 (Fundación ICA, 1992)

3.3 Análisis de estructuras dañadas

Las estructuras no resintieron tanto los estragos causados por este sismo en comparación del sismo de 1957, pero con un colapso total demasiado inesperado especialmente por la zona, el de la Universidad Iberoamericana, fue tan importante que la atención se enfocó sólo en dicha noticia, omitiendo varios importantes en diferentes inmuebles de la ciudad. El número de edificios en los que se encontró un daño estructural verdaderamente de gravedad fue reducido, en general el sismo causó daños a edificios abarcando en su mayoría el daño estructural leve, donde predominaron los casos que presentaron pequeñas fisuras en las vigas, las que indicaban que se había sobrepasado la resistencia a la tensión del concreto y que el acero de refuerzo terminó absorbiendo los esfuerzos; y grietas diagonales principalmente en muros divisorios, a excepción de algunos muros de carga. En otros casos el daño era muy localizado debido al choque entre edificios sin llegar a ser de importancia pero un gran síntoma de que no se cumplían los requisitos de rigidez y de separación que establecía el reglamento.

Diversos casos presentaron un “levantado aparente” respecto al terreno adyacente, se trata de construcciones sobre pilotes de punta en los que seguramente la emersión lenta relativa al terreno circundante, había permitido que las banquetas se levantaran permaneciendo en contacto con el edificio; pero por efecto del sismo se rompió la unión entre el edificio y la banqueta, por lo que la banqueta se volvió a apoyar sobre el terreno.

De la misma forma que se realizó en el capítulo anterior, se muestran las ilustraciones gráficas que sintetizan las principales estadísticas de los datos y daños más representativos del sismo; comenzando con la Figura 3.6 que enumera las estructuras dañadas con la magnitud del daño recibido según la investigación realizada por Meli (1979) para el Instituto de Ingeniería UNAM; la información proviene de la Tabla C.2 ubicada en los anexos.

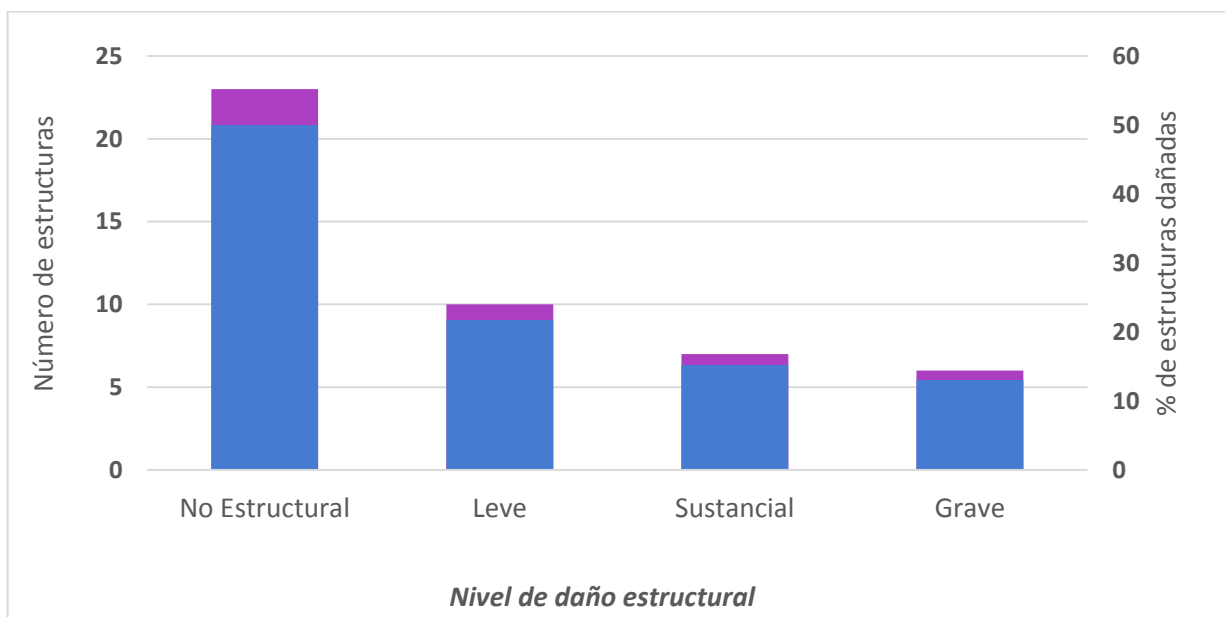


Figura 3.6 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 14/03/1979 considerando la magnitud del daño según la Tabla C.2

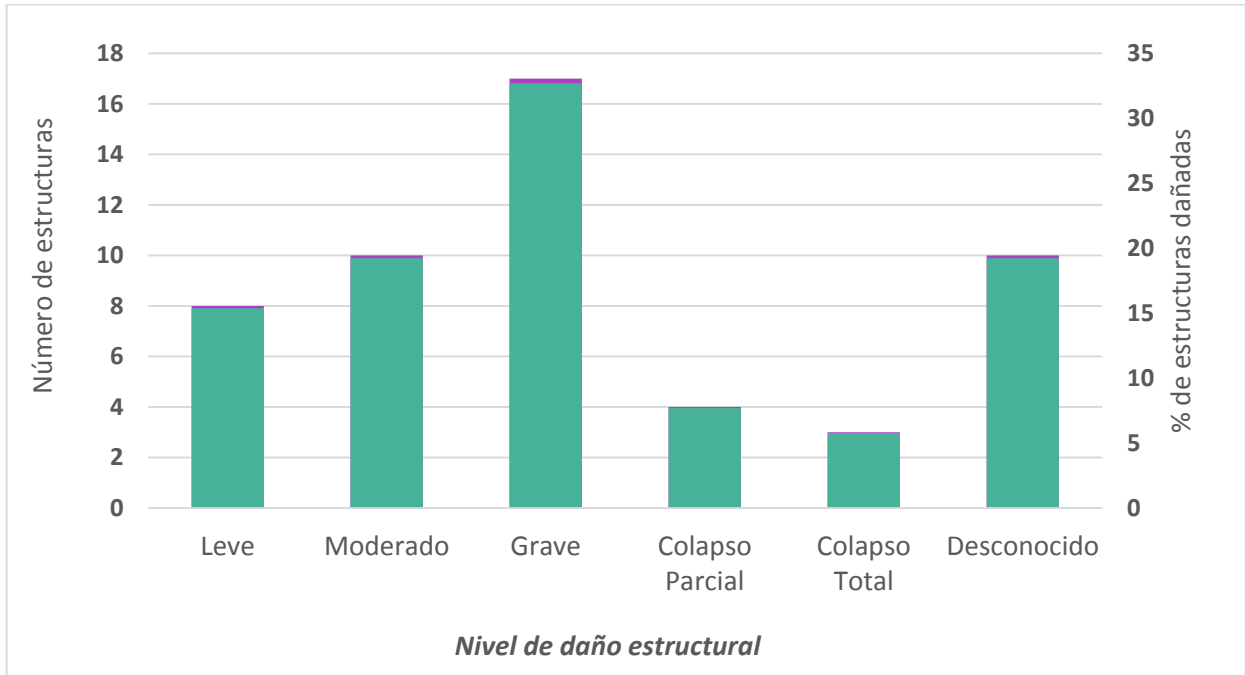


Figura 3.7 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 14/03/1979 considerando la magnitud del daño según la Tabla C.1

A su vez la Figura 3.7 también detalla la magnitud del daño con todas las estructuras que fueron mencionadas por las noticias, artículos históricos y principalmente de periódicos de la época cuya la información completa se encuentra en la Tabla C.1, en los anexos. Se puede notar un ligero incremento en el número de estructuras y también en la magnitud del daño en comparación con la Figura 3.6; recordando que la investigación de Meli (1979) fue realizada por una brigada relativamente pequeña que pudo haber omitido algunas estructuras, pero garantiza el diagnóstico técnico en cuanto al daño, al igual que la Figura 3.8 que proviene de una investigación realizada por Fundación ICA (1992); pero la extensión de los medios para poder enumerar las estructuras dañadas en toda la ciudad de México es mucho mayor, no así la completa veracidad de sus reportes, muchos corroborados con el gobierno del Distrito Federal y de protección civil que son ellos los que declararon antes los periódicos el estados de los edificios, pero muchos otros pudieron provenir simplemente de una apreciación visual de los reporteros, recordando que ellos no tienen los conocimientos adecuados para dar un detalle técnico de la estructura. Pero la mayoría de las estructuras citadas en los periódicos cuenta con un respaldo fotográfico, el cual se incorpora al final del presente documento en la sección C de los anexos.

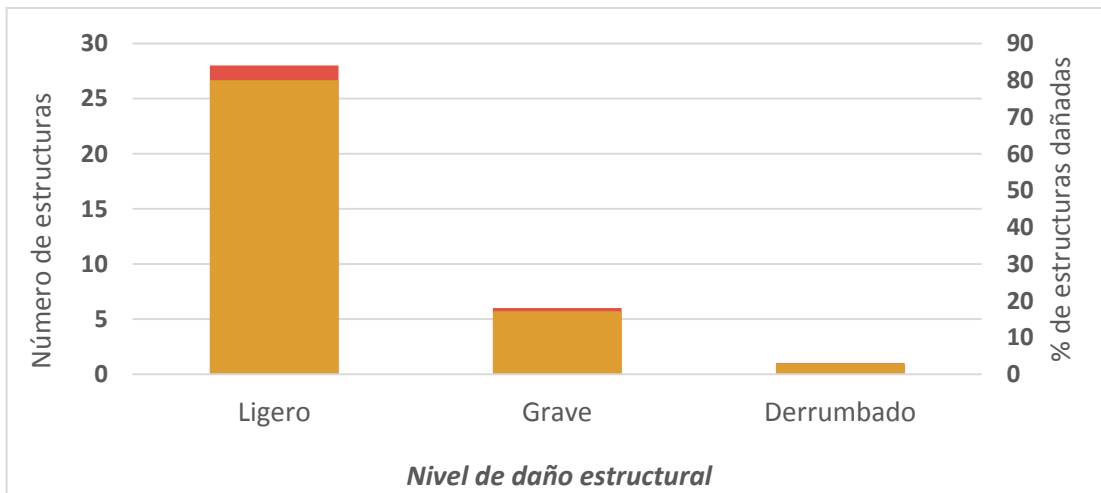


Figura 3.8 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 14/03/1979 considerando la magnitud del daño (Fundación ICA, 1992)

Comparando la magnitud del daño con los inmuebles dañados de acuerdo a su altura, número de niveles, se elaboró la Figura 3.9, en donde la gráfica ejemplifica que los mayores daños se los llevaron los edificios que tenían entre 8 y 14 niveles; habiendo un caso bastante peculiar, el colapso total de un edificio de la Universidad Iberoamericana, que con tan solo tres niveles se desplomó completamente con falla del tipo sándwich.

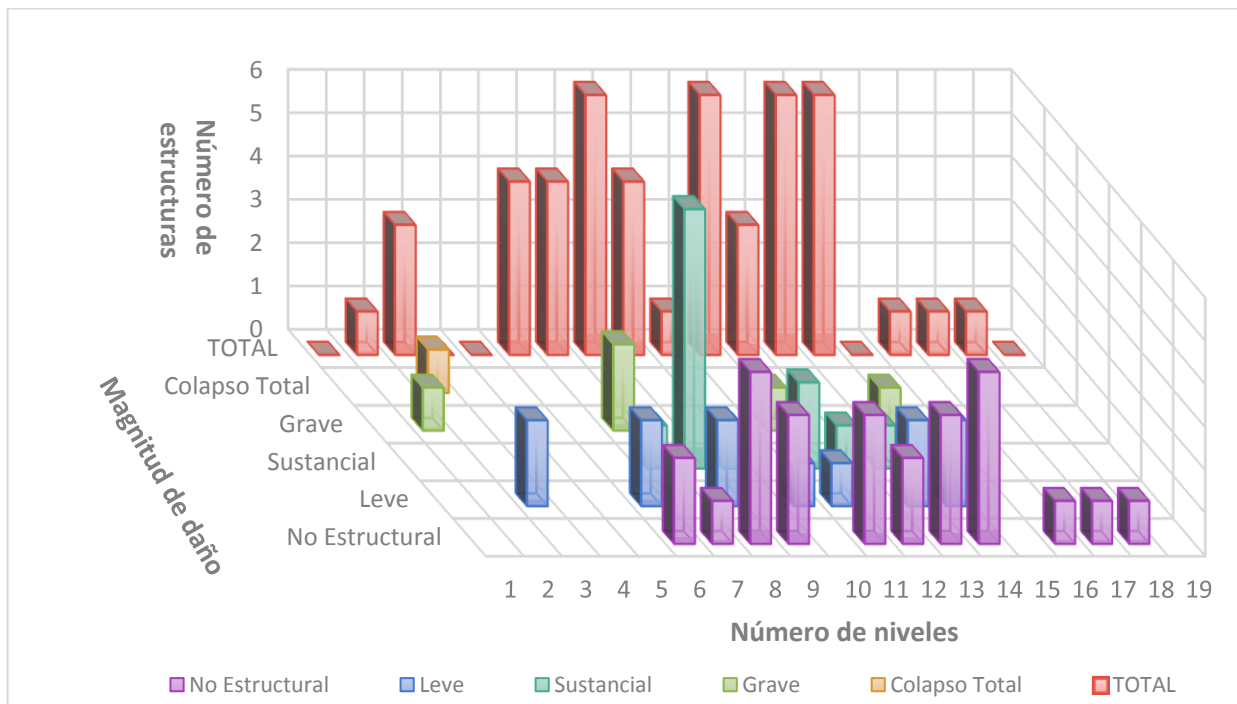


Figura 3.9 Comportamiento de las estructuras dañadas durante el sismo de 14/03/1979 clasificadas por número de niveles y magnitud del daño según la Tabla C.2

De acuerdo al tipo de sistema estructural y los daños recibidos por las estructuras se plasmó en la Figura 3.10 la relación entre ambos, dejando claro que las edificaciones de concreto reforzado fueron las más susceptibles de sufrir daños en comparación de tan solo cuatro estructuras de acero que apenas sufrieron daños no estructurales. La estructuras de acero son mucho más dúctiles que las de concreto reforzado, pero realmente será obra de la ductilidad y resistencia del acero o pudo haber sido que en dicha época el reglamento era bastante laxo, sobre todo con estructuras de niveles bajos y también se puede cuestionar el proceso constructivo del concreto reforzado que al ser más fácil y mayormente conocido en su ejecución sería bastante fácil incurrir en errores de supervisión, lo contrario con los edificios de acero cuyo proceso de construcción y supervisión resulta más detallado y minucioso.

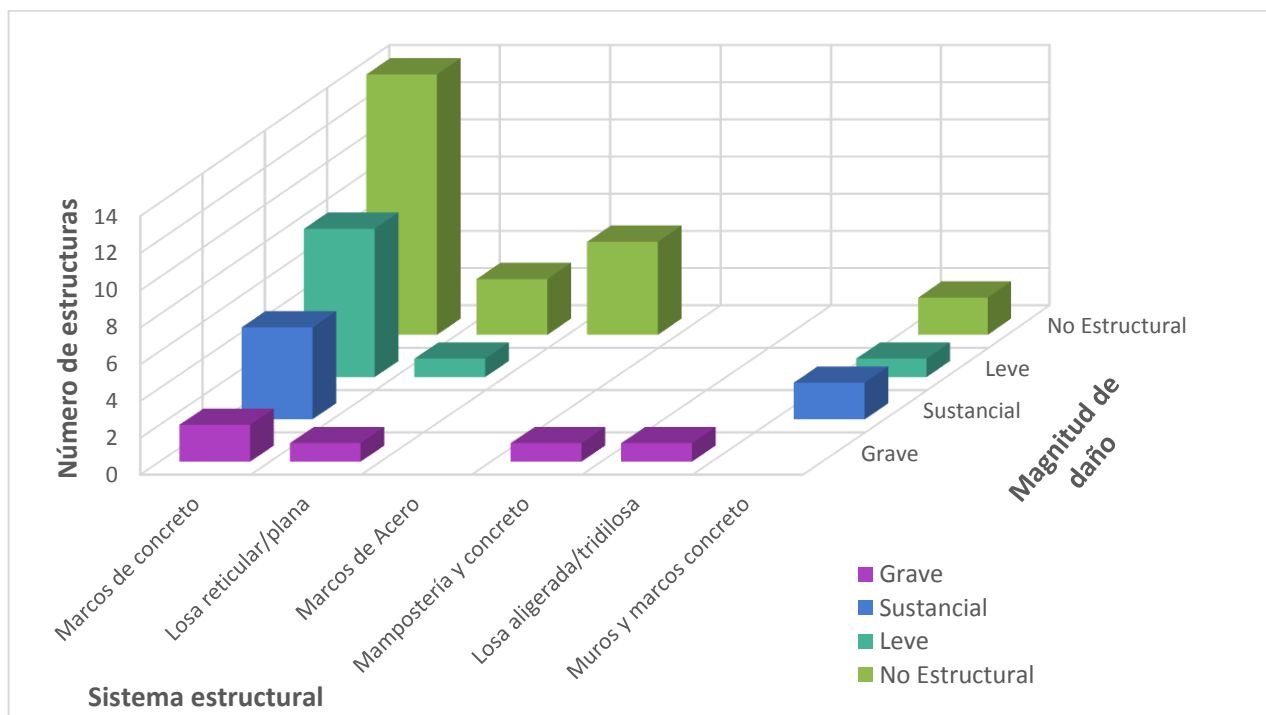


Figura 3.10 Comportamiento de las estructuras dañadas durante el sismo del 14/03/1979 clasificadas por sistema estructural y magnitud de daño según la tabla C.2

Y para culminar con el sismo del 14 de marzo de 1979 y con la idea de ejemplificar un poco más las causas del posible colapso de la Universidad Iberoamericana se trazó la Figura 3.11, en la cual se observan las curvas de periodo del suelo aproximado de las edificaciones respecto a las magnitudes del daño con el que fueron diagnosticadas. Para el caso de la IBERO, se observa que tiene un periodo de suelo alto correspondiente a la ex zona del lago de la ciudad de México; y lo anterior se puede cotejar en las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5, en donde se ubica el punto de la IBERO justo en medio de una franja relativamente esbelta de zona de arcillas compresibles debido a la zona del lago, teniendo al este la zona de transición y de lomas debido al cerro de la estrella. Es importante recordar que en ese tiempo no se tenía una instrumentación tan com-

pleta como la de hoy en día, por ende no existía un mapa detallado entre las diferentes zonas del suelo de la ciudad así como de los valores promedio pudiendo dejar a la IBERO en una zona ligeramente estudiada y conocida para la edificación de grandes y largas estructuras.

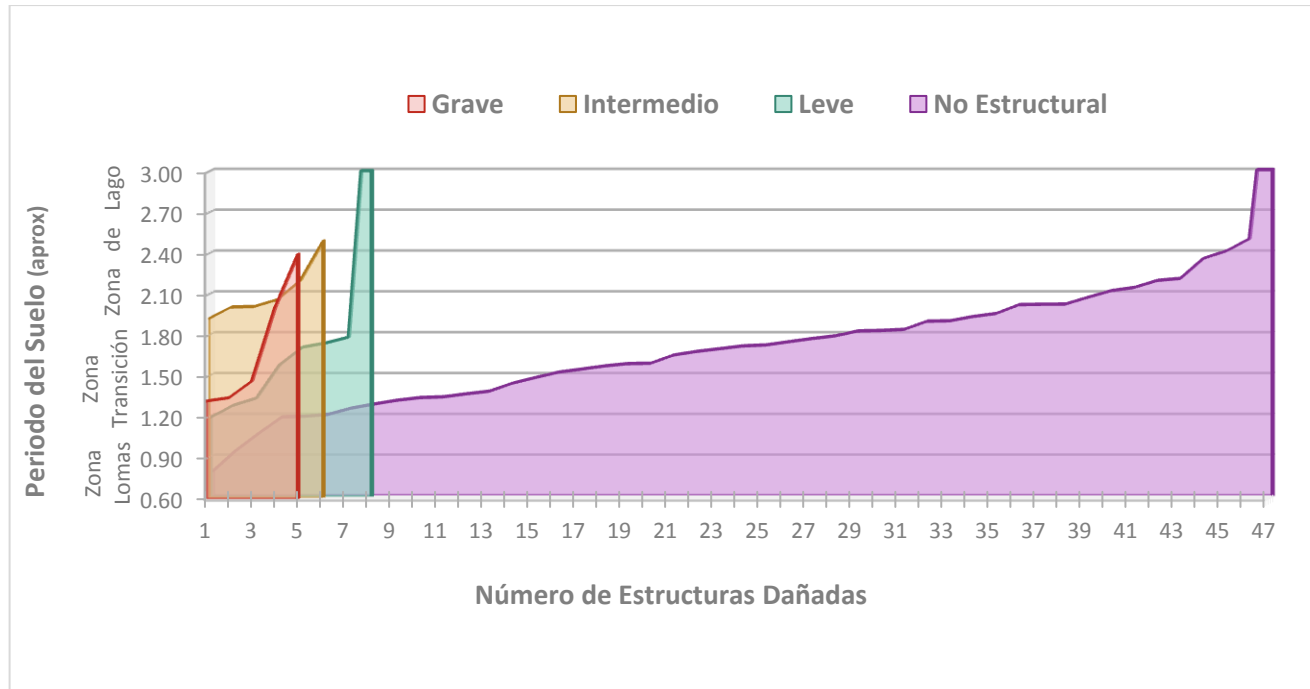


Figura 3.11 Número de estructuras dañadas por el sismo del 14/03/1979, relacionadas mediante la magnitud del daño y su periodo de suelo; de acuerdo a las Tabla C.2

Después del sismo de 1957, se prestó demasiada atención a las edificaciones del centro de la ciudad, sabiendo que la arcilla de la ciudad de México era un terrible invitado sino se contaba con las medidas justas para controlarlo, pero a casi 11 km al sur del centro metropolitano se ubicaba la IBERO, lejos del bullicio y de las preocupaciones de tener un suelo excesivamente blando; pero ahora que se puede apreciar la posición de la funesta universidad, nos deja claro que el tipo de suelo debió de haber sido un gran factor a considerar en su construcción y en el caso de su derrumbe un factor más de su terrible colapso.

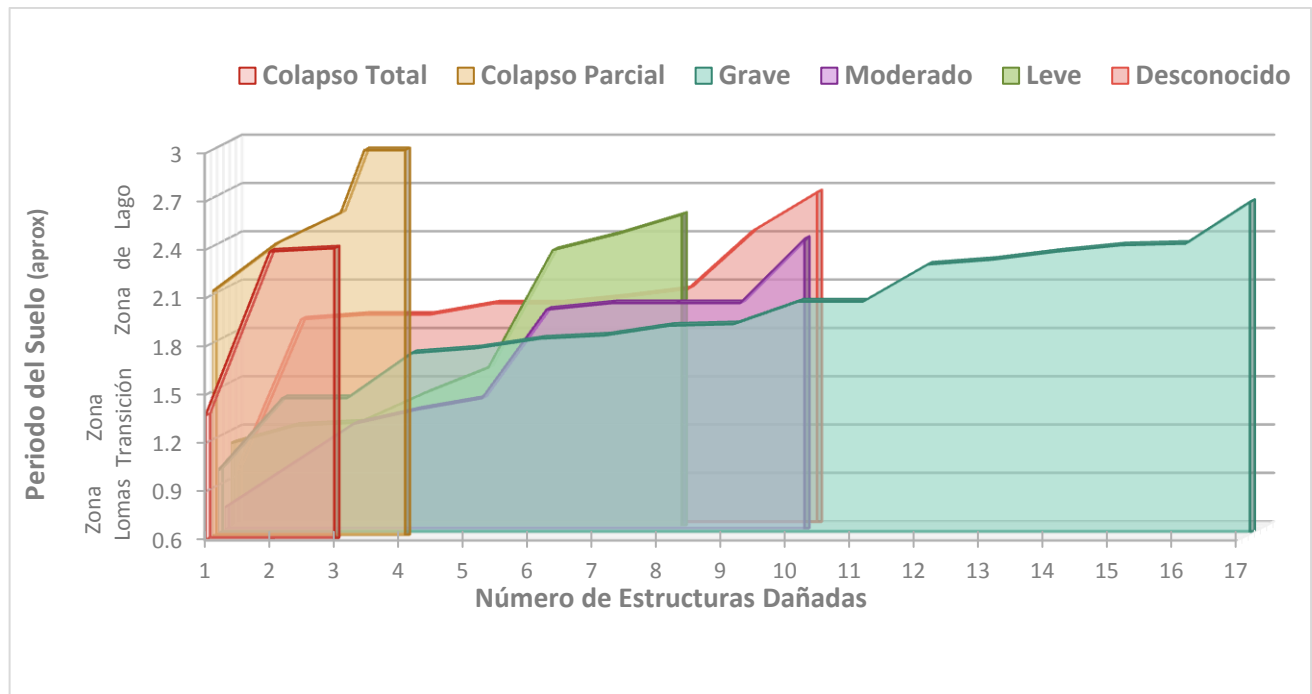


Figura 3.11 Número de estructuras dañadas por el sismo del 14/03/1979, relacionadas mediante la magnitud del daño y su periodo de suelo; de acuerdo a las Tabla C.1

SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985

4.1 Descripción del sismo

De la época moderna sin duda alguna el sismo del 19 de septiembre de 1985 ha sido un parteaguas en la historia de México, convirtiendo el suceso en tragedia nacional debido al gran número de acaecidos y a la gran cantidad de edificios derrumbados que golpearon el corazón de la Ciudad de México y también el de sus habitantes. Conocido como: “El Terremoto del ‘85”, fue un sismo de tipo trepidatorio y oscilatorio a la vez, cuya falla se produjo en la Brecha de Michoacán, conocida así porque hasta entonces carecía de actividad sísmica; con una energía liberada equivalente a 1,114 bombas atómicas de 20 kilotones cada una. El siniestro del terremoto no acabó ese día, pues al día siguiente se suscitó una gran réplica con epicentro en Zihuatanejo, Guerrero, con una magnitud de 7.3 grados en la escala de Richter, lo que terminó por colapsar aquellos edificios que ya habían sido dañados horas antes por el primer sismo y así la tragedia se volvió mayor. La réplica ocasionó también un tsunami en la zona de Ixtapa con una altura de 1.5 m cuando menos.

TABLA 4.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL “TERREMOTO DEL ‘85”

FECHA	19 de septiembre de 1985
HORA LOCAL	07:17:48 am
EPICENTRO	Lázaro Cárdenas, Michoacán
-PROFUNDIDAD	15 km
-DISTANCIA AL DF	420 km (promedio)
MAGNITUD	$M_w = 8.1$ (Richter)
DURACIÓN	3 minutos y 44 segundos
INTENSIDAD	IX-X (Mercalli modificada, en la Cd. De México)
VÍCTIMAS	±13 mil (±10 mil muertos, ±3mil edificios)
RÉPLICA MÁS FUERTE	
FECHA	20 de septiembre de 1985
HORA LOCAL	07:37:13 pm
EPICENTRO	Lázaro Cárdenas, Michoacán
-DISTANCIA AL DF	335 km (promedio)
MAGNITUD	$M_w = 7.3$ (Richter)

(Instituto de Geofísica de la UNAM, 1985)

4.2 Reporte de los daños en la Ciudad de México

Por mucho ha sido el sismo más devastador y mortífero que ha azotado a la Ciudad de México, se sabe por medio de testimonios que la intensidad en la escala de Mercalli modificada fue hasta de IX; aunque no se conocen con certeza el número exacto de víctimas debido a la censura impuesta por el gobierno del presidente Miguel de la Madrid, que en su IV Informe de Gobierno – 1 de septiembre de 1986- manifestó que fueron 412 edificios los que quedaron destruidos y 5,728 quedaron resentidos con más de 100 mil familias afectadas por el sismo. (Legislatura LIII, 1986). Como se puede apreciar, el informe del gobierno se quedó un poco corto en cuanto a los verdaderos daños, porque muchas fuentes citan que fueron más de 7 mil personas difuntas aunque datos actuales hablan hasta de 10 mil muertos, mil 381 edificios que presentaron daños entre los cuales mil 294 eran escuelas, 757 inmuebles que colapsaron o tuvieron que ser derrumbados, pero dichosamente fueron alrededor de 4 mil personas y algunos bebés recién nacidos de los hospitales que pudieron ser rescatadas a pesar de haber permanecido debajo de los escombros hasta 9 días; gracias los rescatistas que a partir de esa fecha se unificaron creando la unidad de rescate “Topos” que en febrero de 1986 se constituyeron de forma legal como la “Brigada de Rescate Topos de Tlatelolco A.C.” y hasta hoy en día son reconocidos internacionalmente.

Algunos de los edificios emblemáticos que fueron colapsados o en su caso destruidos por sus graves daños fueron los siguientes:

- Hotel Regis (hoy Plaza de la Solidaridad)
- Hotel Del Prado
- Hotel D’Carlo
- Multifamiliar Juárez
- Edificio Nuevo León de la Unidad Tlatelolco
- Televiteatros
- Televisión (hoy Televisa Chapultepec)
- Conjunto Pino Suárez
- Hospital Juárez
- Hospital General
- Hospital Centro Médico Nacional (hoy Siglo XXI)
- Varias fábricas de textiles y costureras en San Antonio Abad
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes

En la Figura 4.1 se puede ver el epicentro que se localizó en las costas del pacífico mexicano cercano a la desembocadura del Río Balsas, entre los estados de Michoacán y de Guerrero, producto de la rotura de la subducción de la placa de Cocos ante la placa Norteamericana, en una superficie de rotura de 8,500 km² aproximadamente y con una profundidad de 15 km. Según el Instituto de Geofísica de la UNAM (1985) la magnitud fue de 8.1 en la escala de Richter y lo más importante fue su duración con casi cuatro minutos de movimiento, pero solamente un minuto y treinta segundos corresponden a la etapa de mayor movimiento.



Figura 4.1 Epicentro del sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 y de su réplica al día siguiente.

El reporte de daños para el terremoto del 85 es bastante extenso por lo que a continuación se muestran dos mapas, el primero es la Figura 4.2 en donde se muestran todos los inmuebles que sufrieron daños estructurales graves e importantes, daños que ocasionaron el desalojo parcial o total de los inmuebles para su reparación y reforzamiento; y enseguida viene la Figura 4.3, que resulta ser el impresionante mapa en donde se localizan la mayoría de todos los edificios que se cayeron debido al terremoto, incluye los edificios que a pesar de haberse quedado de pie tras el terremoto y su réplica, fue necesario derrumbar debido al daño extremo que sufrió la estructura.

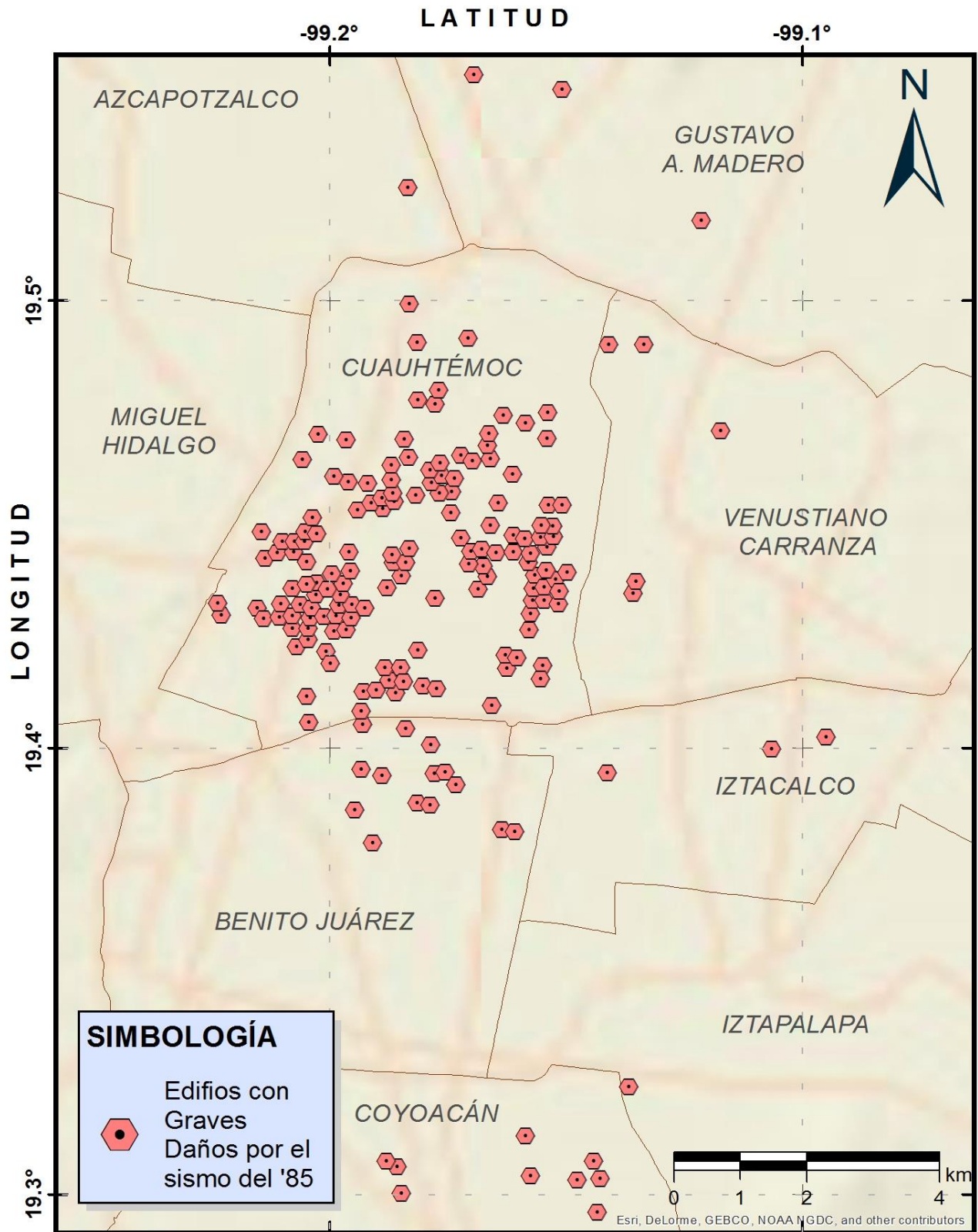


Figura 4.2 Mapa de daños estructurales graves provocados a inmuebles del Distrito Federal por el sismo del 19/09/1985 (Fundación ICA, 1992)

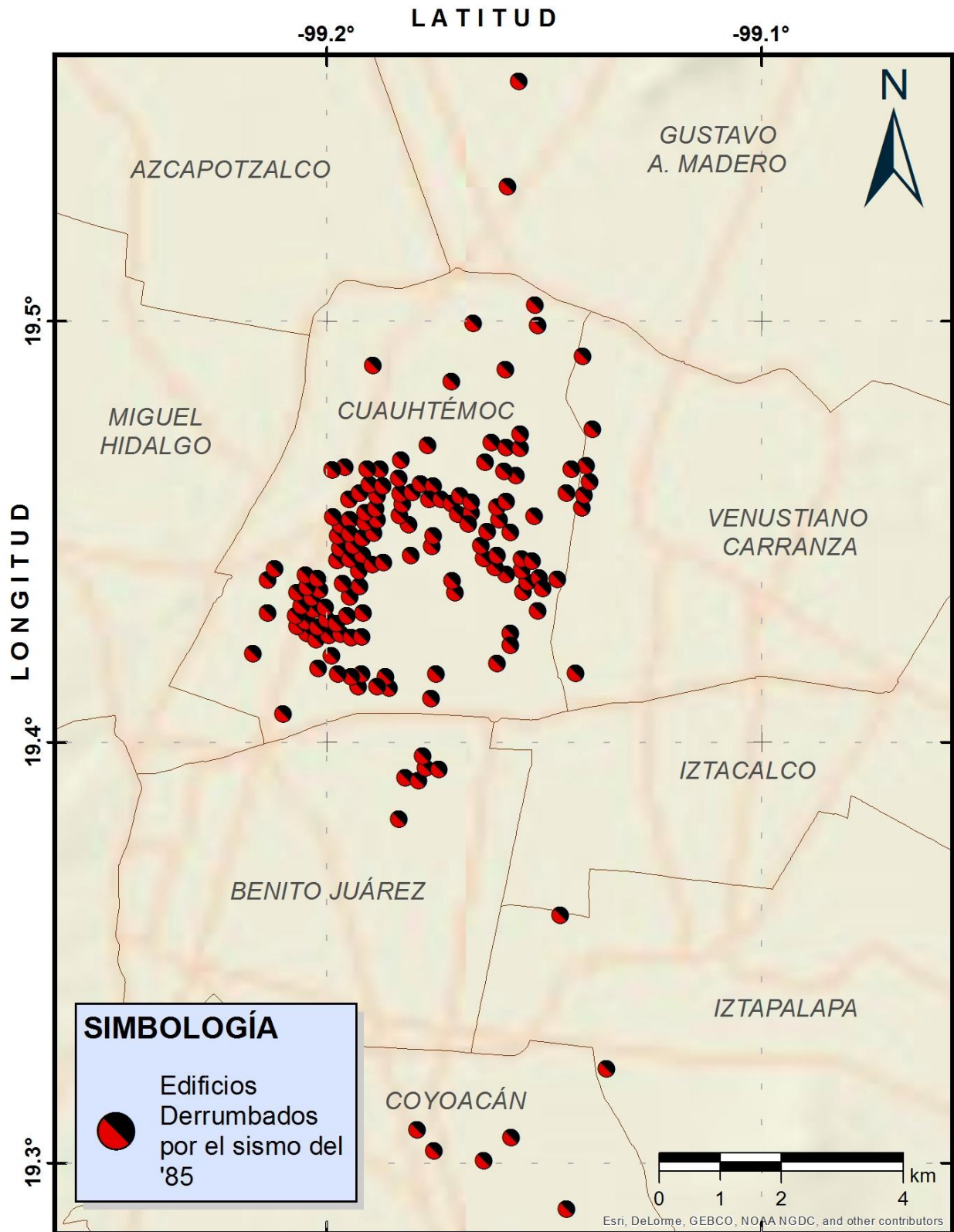


Figura 4.3 Mapa de inmuebles derrumbados por los daños ocasionados por el sismo del 19/09/1985 en el Distrito Federal (Fundación ICA, 1992)

4.3 Análisis de estructuras dañadas

A pesar de la gran distancia focal a la ciudad, con un promedio de 420 km en el evento del terremoto y de 335 km en su réplica, que pudo haber atenuado las ondas sísmicas que atraviesan un largo camino por roca, los efectos fueron dramáticamente amplificados dada la estratigrafía profunda del Valle de México, las ondas llegaron con un contenido excepcionalmente alto de energía en un intervalo de frecuencias que abarca justamente aquellas que más amplifican las arcillas debajo de la ciudad de México. Por lo que las construcciones entre 7 y 15 pisos sufrieron los máximos daños, al experimentar grandes oscilaciones que vibraron naturalmente en el mismo intervalo de frecuencias entrando en resonancia.

Las aceleraciones del suelo en el Distrito Federal tuvieron características inusitadas en varios sentidos. En el centro SCOP se alcanzaron aceleraciones del 18% de la gravedad, contra 6% en el sismo de 1957, es decir, el triple en Ciudad Universitaria, de 4% de la gravedad, mientras que en 1957 fue de sólo 2.5%, en ambos casos se presentó un movimiento prácticamente armónico de 2 segundos de período y una duración aproximada de 2 minutos. Algunas causas de su gran destructividad fueron la forma en que se radió la energía desde la fuente sísmica y la peculiar estructura y composición del valle de México; el patrón de radiación fue en dirección sudeste con rumbo a la ciudad de México lo que provocó que llegaran al valle de México ondas elásticas con una cantidad de energía mayor a lo que se acostumbraba, causando aceleraciones casi tres veces mayores a las observadas para sismos anteriores de magnitudes similares. A su vez la amplificación de ondas en el terreno blando y su similitud con un movimiento armónico, propició que las estructuras entraran en resonancia. (Instituto de Geofísica de la UNAM, 1985)

Del mismo modo que en los capítulos anteriores, se sintetizó la vasta información recopilada para poder obtener algunos datos estadísticos de mayor importancia, dejando la posibilidad de expandir dicha información en los apéndices respectivos. Así que representando en una gráfica los inmuebles citados en los mapas anteriores, en la Figura 4.4 se enumeran las estructuras con su daño respectivo para dar un índice del total de edificios dañados gravemente y aquellos que su demolición fue necesaria así como los que colapsaron en el evento.

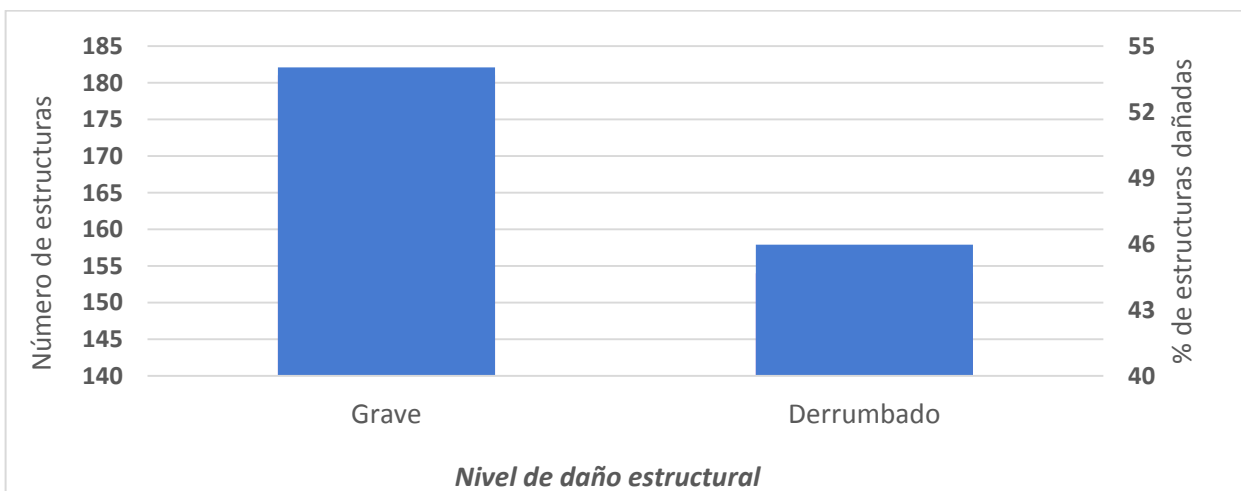


Figura 4.4 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 19/09/1985 considerando la magnitud del daño (Fundación ICA, 1992)

En la Figura 4.4 solo se citan los inmuebles estudiados e investigados por Fundación ICA (1992), dejando un gran margen abierto ante los 30 mil afectados de los datos extraoficiales, de los cuales se llegaron a estimar hasta 12 mil 747 inmuebles con daños en la ciudad de México, de los cuales el 65.4% corresponden a viviendas de la capital, un 14% al uso comercial, el 13% a escuelas y menos del 8% fueron servicios públicos; y de los 70 mil edificios públicos existentes cerca de mil 500 se afectaron, lo que corresponde al 2.14%

Solamente para recalcar la importancia del suelo que se encuentra debajo de las estructuras dañadas en la ciudad de México se graficó en la Figura 4.5 los daños graves y los edificios derrumbados contra el periodo de suelo aproximado sobre el que se encontraban, demostrando nuevamente que más del 92% de las estructuras que se mencionaron con daños y que fueron derrumbados se encontraban en la zona del lago.

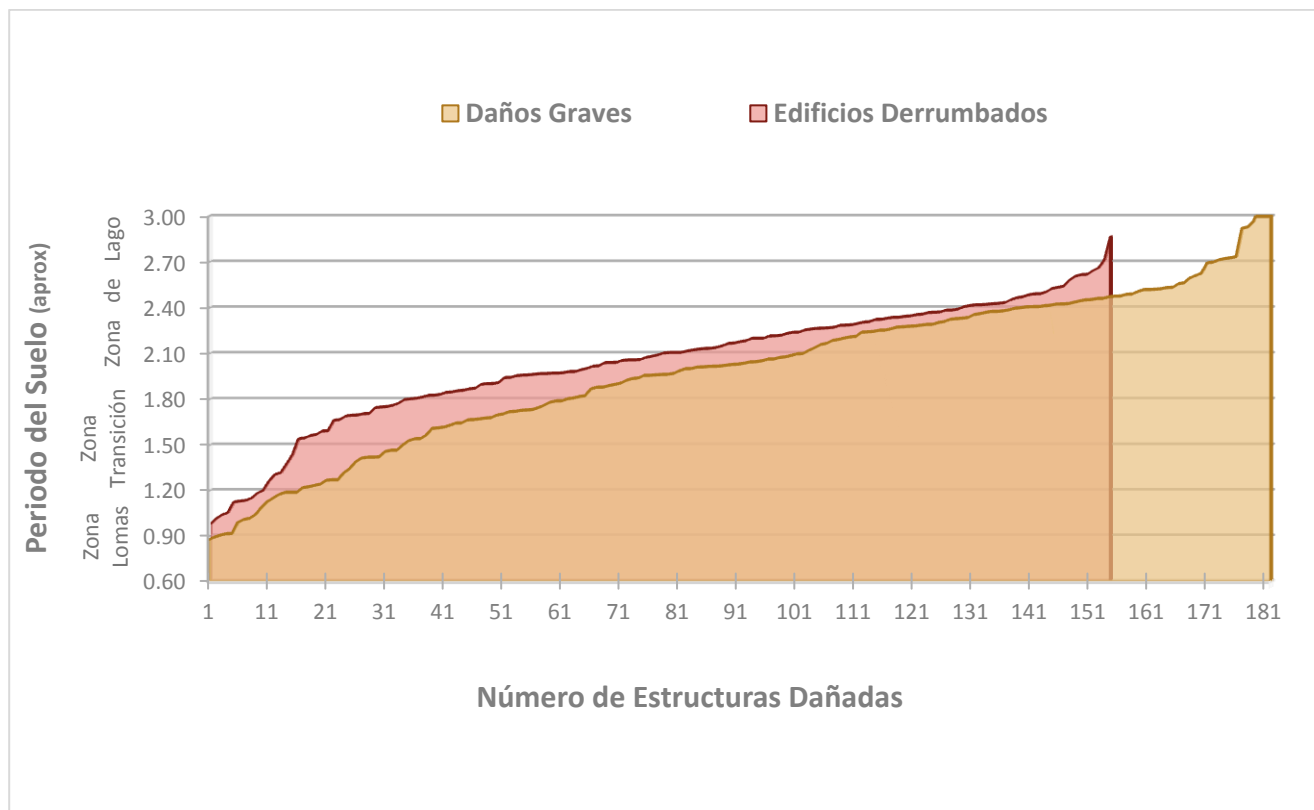


Figura 4.5 Número de estructuras dañadas durante el sismo del 19/09/1985 relacionadas mediante la magnitud del daño y su periodo de suelo.

Un importante cambio que se logró tiempo después de la gran catástrofe que sucedió en la madrugada del 19 de septiembre de 1985, fue que en el año 2000 que la capital mexicana instauró la figura del DRO, director responsable de obra, que es la persona encargada y responsable de garantizar que el inmueble bajo su supervisión estará garantizado sobre su debida construcción conforme lo estipule el reglamento de construcción de la ciudad, que en la actualidad es uno de los más estrictos en el mundo.

SISMO DEL 20 DE MARZO DE 2012

5.1 Descripción del sismo

Durante 27 años la ciudad de México pasó por un periodo de calma con temblores de poca magnitud desde el terremoto de 1985, pero la quietud se interrumpió al mediodía del 20 de marzo de 2012 debido al sismo más fuerte registrado en el siglo XXI para el valle de México. El sismo pudo sentirse en toda la zona metropolitana del Valle de México, Oaxaca, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Chiapas, Guatemala, Honduras y hasta en Arizona que se localiza a 2,300 km del epicentro.

TABLA 5.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL TEMBLOR DEL 20/03/12

FECHA	20 de marzo de 2012
HORA LOCAL	12:02:50 pm
EPICENTRO	Ometepec, Guerrero
-PROFUNDIDAD	15 km
-DISTANCIA AL DF	320 km (<i>promedio</i>)
MAGNITUD	$M_w = 7.4$ (<i>Richter</i>)
DURACIÓN	1 minutos y 55 segundos
INTENSIDAD	IX (<i>Mercalli modificada, en la Cd. De México</i>)
VÍCTIMAS	± 31 (± 2 muertos, ± 29 edificaciones)

(ERN, 2012)

5.2 Reporte de los daños en la Ciudad de México

La región de la costa de Oaxaca donde ocurrió el sismo es dominada por la subducción de las placas de Cocos y Norteamérica que se mueve a una velocidad de ± 6.5 cm/año, y es precisamente por lo que en esta zona se han originado sismos desde 7.3 hasta 7.7 grados con tiempos de recurrencia de 40 años, considerados cortos. Los informes preliminares anunciaron para este sismo una magnitud de 7.8 en la escala de Richter, pero horas más tarde fue modificada y establecida en 7.4 por el Servicio Sismológico Nacional (SSN, 2012) e indica que el epicentro fue localizado al sureste de las costas mexicanas en las cercanías de Ometepec, Guerrero y Pinotepa Nacional, Oaxaca, con una profundidad de 15 km. En la Figura 5.1 se puede observar el epicentro ubicado justo entre los estados de Guerrero y Oaxaca y a una distancia promedio de 320 km de la ciudad de México, que en cuestión de distancia focal resulta casi 100 km menor que la del terremoto del 85, pero su dirección proveniente del sureste de la ciudad y también su duración fue mucho menor.

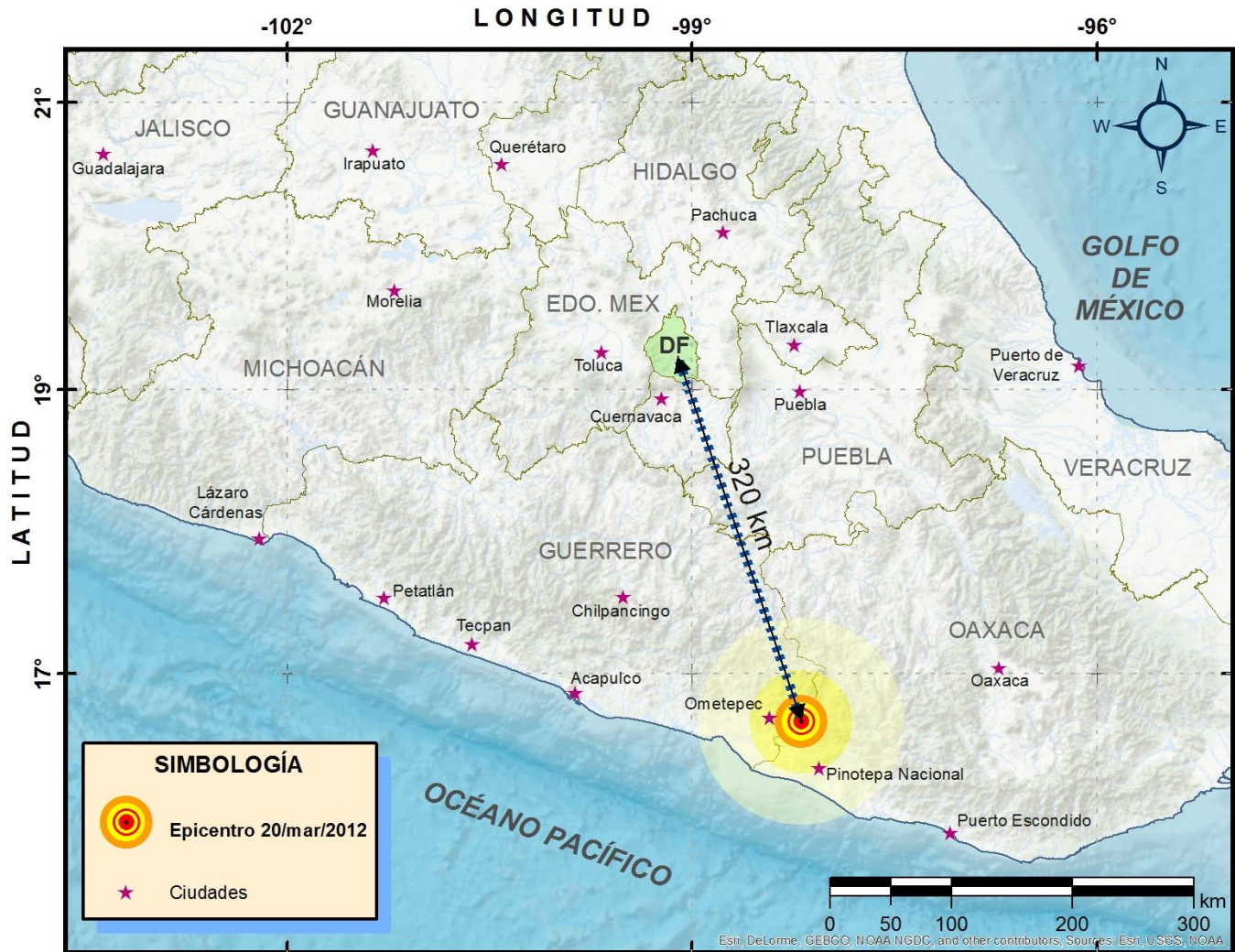


Figura 5.1 Epicentro del sismo ocurrido el 20 de marzo de 2012

Era de suponerse que después de las tres grandes lecciones sufridas por la Ciudad de México en 1957, 1979 y en especial la de 1985, todas con sus respectivas modificaciones al Reglamento de Construcción del Distrito Federal, el número de daños y víctimas no fuera del todo alarmante; pero aun así se presentaron daños en viviendas, escuelas, hospitales y carreteras; hasta la muerte de dos personas, una por el derrumbe de una barda mientras que la otra sufrió un paro cardíaco. La mayoría de los daños se concentraron en la zona centro de la ciudad, en donde previamente han sido reportados los daños durante los temblores de 1957, 1979 y 1985, y una pequeña pero importante minoría de daños se ubicó al norte en la delegación Azcapotzalco y al sur de la ciudad en la delegación Tláhuac, misma que puede ser apreciada en la Figura 5.2 en donde se representan con puntos los principales daños registrados; también se puede notar que a excepción de dos estructuras dañadas en zona de transición el resto de los daños se ubicaron en la zona del lago.

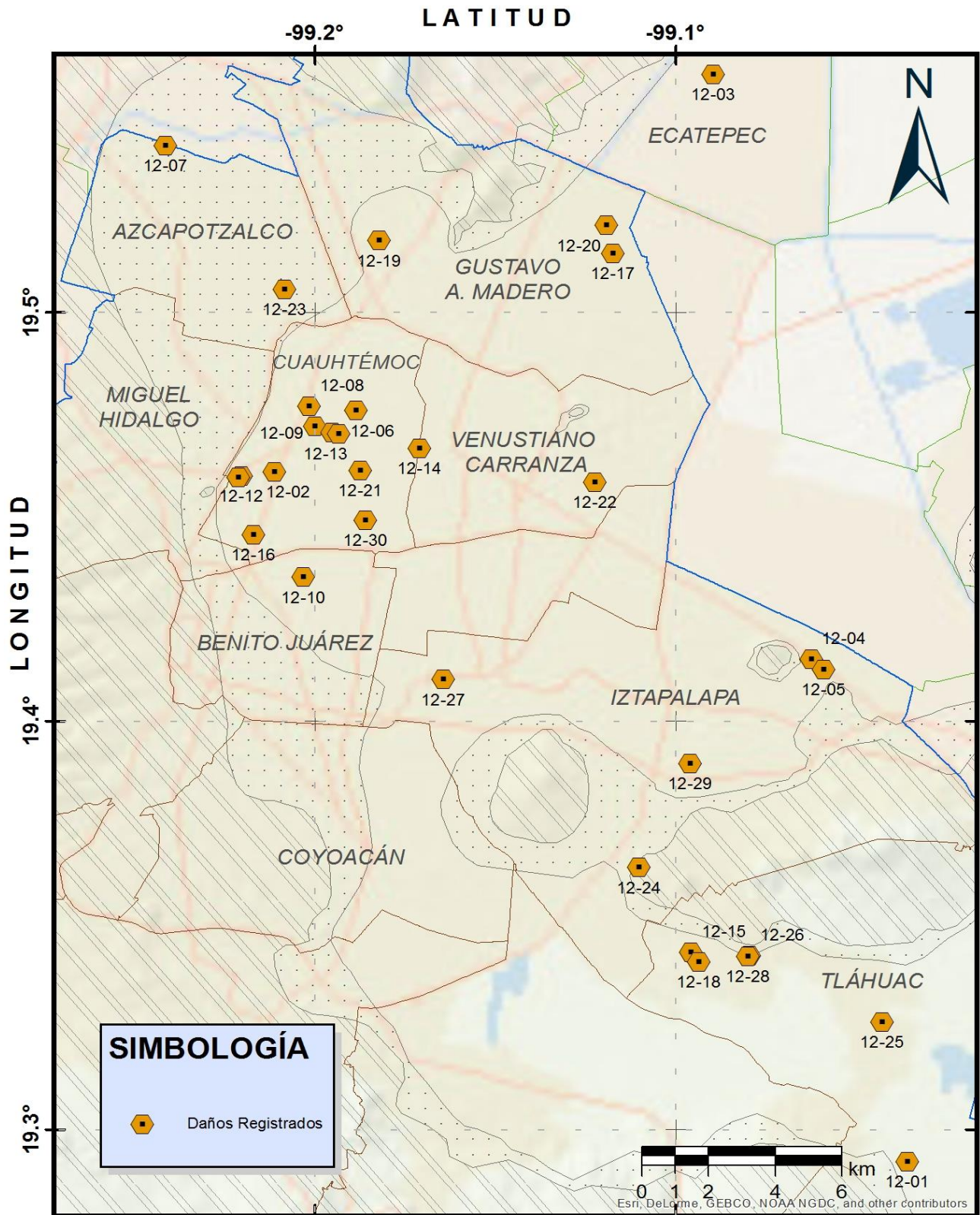


Figura 5.2 Mapa de inmuebles derrumbados por los daños ocasionados por el sismo del 20/03/2012 en el Distrito Federal (Fundación ICA, 1992)

5.3 Análisis de estructuras dañadas

Una lección importante que nos deja este sismo, es la de que se pueden esperar temblores provenientes de la costa de Oaxaca con magnitudes importantes que pueden llegar hasta los 7.6 grados Richter y también como se mencionó anteriormente se ubicaron daños al noreste y sudeste de la ciudad, así que no todos los daños reportados se concentraron en la zona centro de la ciudad completamente. A diferencia de los sismos pasados en los que los daños predominaron el corazón de la ciudad de México en esta ocasión bastante daños fueron localizados lejos del centro de la ciudad, como al norte de la ciudad con un puente peatonal colapsado y al sur de la ciudad, en la delegación Tláhuac, se reportaron tres escuelas que tendrían que ser demolidas por la magnitud de los daños, mientras que dos acueductos que suministran agua a Iztapalapa y a Tláhuac también sufrieron los estragos del temblor.

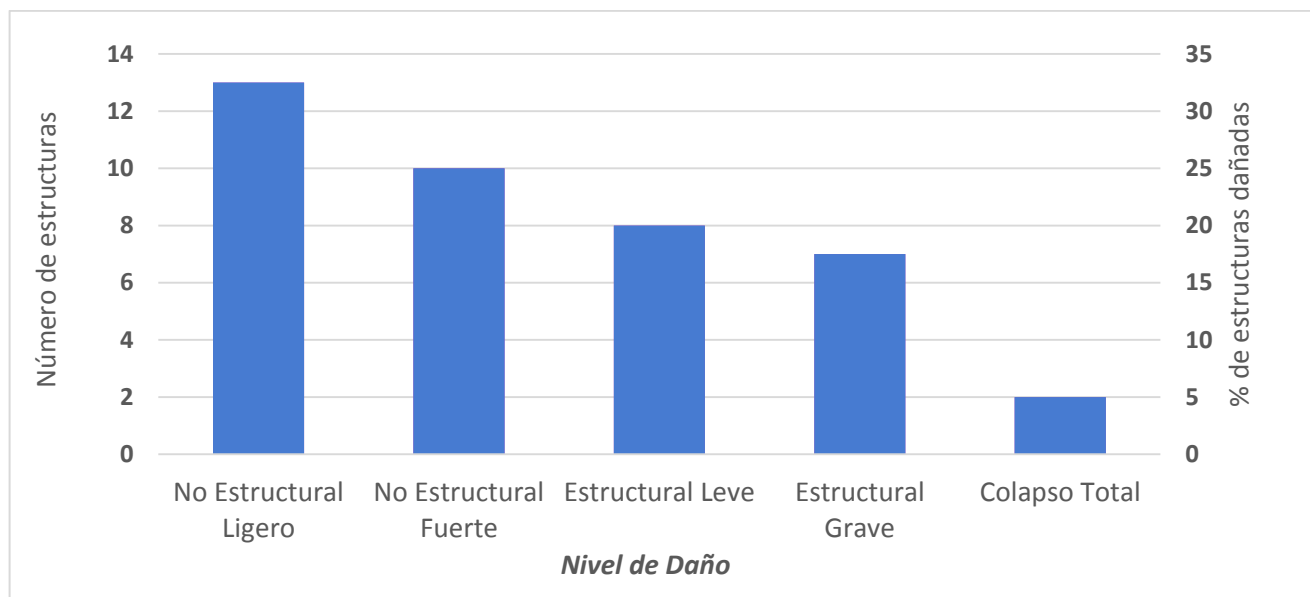


Figura 5.3 Número y porcentaje de estructuras dañadas durante el sismo del 20/03/2012 considerando la magnitud del daño de acuerdo a la Tabla E.1

Este no se caracterizó por haber afectado grandes y altos edificios, eso se puede notar en la Figura 5.4, en la que se demuestra que realmente el sismo no fue tan devastador e impactante ya que los principales daños que ocasionó a la ciudad fueron en estructuras bajas y alguno detalles en los servicios públicos, pero dejó en evidencia las estructuras bajas y resentidas por sismos previos o defectos en su construcción. O siendo más específicos los cinco casos particulares de las escuelas con menos de 3 niveles que tuvieron que ser reconstruidas ya que la mayoría eran escuelas muy viejas y los daños no fueron impresionantes, pero el sismo las dejó resentidas y no aptas para resistir un sismo de igual o mayor categoría.

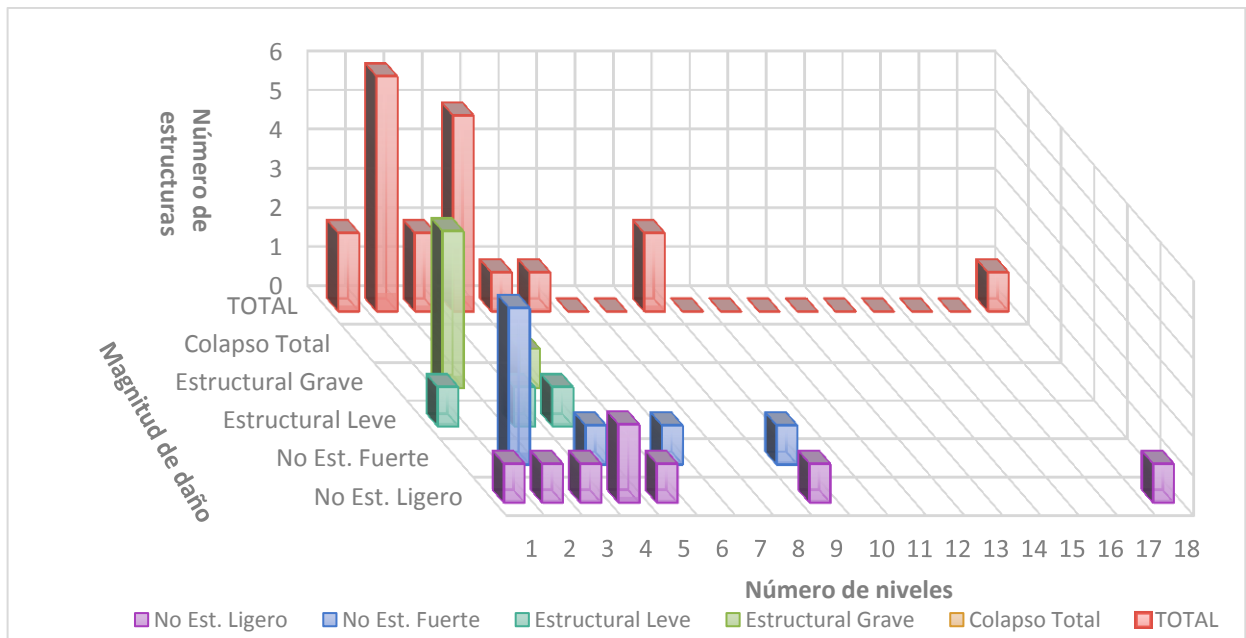


Figura 5.4 Comportamiento de las estructuras dañadas durante el sismo del 20/03/2012 clasificadas por el número de niveles y la magnitud del daño de acuerdo a la Tabla E.1

Por último, pero como dato muy importante en todos los sismos pero especialmente en este sismo, una comparación gráfica de los daños ocurridos con su periodo de suelo aproximado, es decir, en la Figura 5.5 se clasifican las estructuras dañadas por el sismo ocurrido el 20 de marzo del 2012 respecto a su tipo de suelo; todo esto para poder confirmar que la mayoría de las estructuras que sufren daños en la ciudad de México, se encuentran posicionadas dentro de los límites de la zona del lago en su gran mayoría. Y eso ya se sabía desde hace más de medio siglo, pero lo nuevo que trajo consigo este temblor es que las zonas noreste y sureste de la ciudad, que también se encuentran dentro de la zona del antiguo lago desecado artificialmente, habían pasado inadvertidas y posiblemente muchas edificaciones de esas zonas fueron diseñadas y construidas sin los debidos cuidados y limitaciones que se deben de adjudicar a inmuebles que se van a construir sobre un suelo arcilloso compresible.

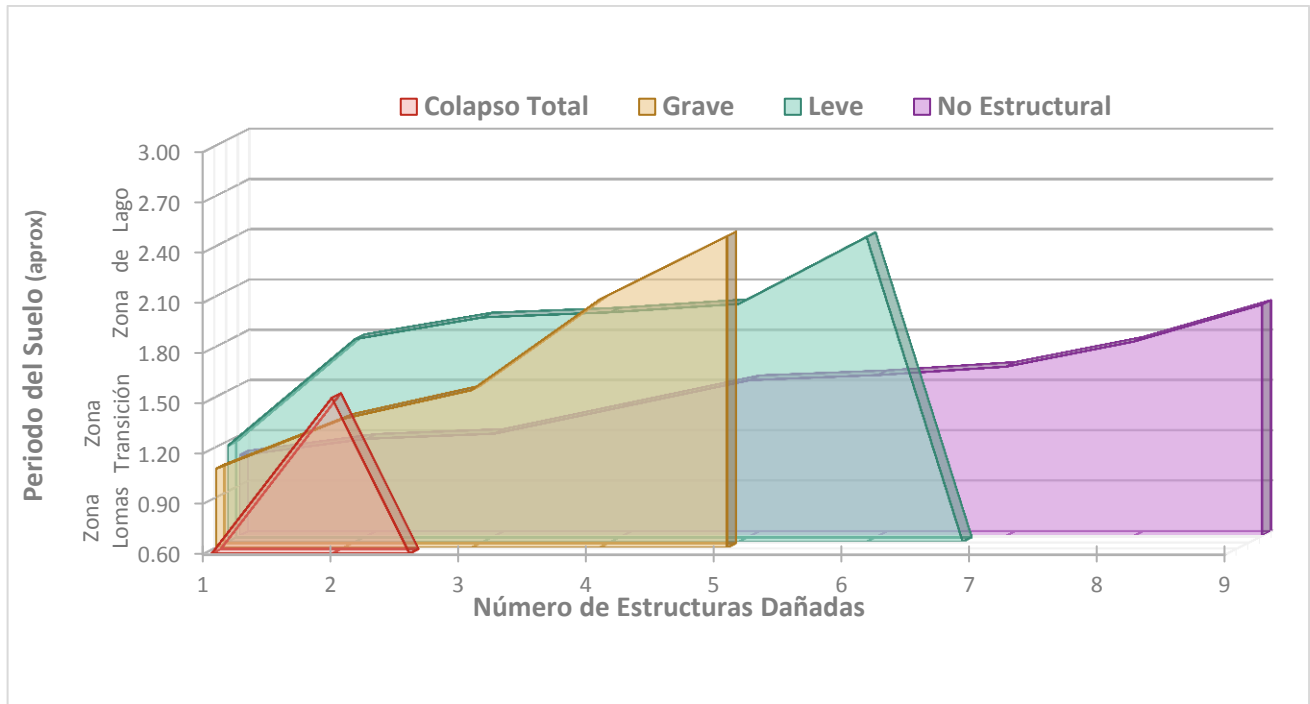


Figura 5.5 Número de estructuras dañadas durante el sismo del 20/03/2012 clasificadas por la magnitud del daño y su periodo de suelo de acuerdo a la Tabla E.1

CONCLUSIONES

Se ha presentado en el presente trabajo un resumen que pone en manifiesto la sismicidad que ha sufrido la ciudad de México en un periodo de 100 años, tratando de destacar los sucesos más importantes que pudieran ejemplificar posibles consecuencias a nuevos sismos, a sabiendas que los sismos en México son de muchos tipos e intensidades y nunca se sabrá con certeza cuándo y cómo será el siguiente suceso. Por eso es sumamente importante estudiar, analizar e investigar más de los sismos para que se reduzcan el gran número de incertidumbres que se tienen hasta el día de hoy. Afortunadamente la red acelerométrica de la ciudad actualmente está preparada para aportar información valiosa y de calidad, lamentablemente hace 40 años no era lo suficiente, pero ahora los datos que se obtienen permiten mejorar criterios de diseño sísmico en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y predecir mejor las características de futuros sismos que pudieran ser destructivos.

Se debe hacer énfasis que los mapas presentados con anterioridad no son mapas de riesgo, solamente son mapas en donde se reportan los daños registrados a estructuras debido a sismo, todos fundamentados con bases fidedignas y reales; por lo que puede existir el caso de omisión de alguna estructura en la que se presentaron daños pero las investigaciones realizadas no pudieron demostrar sus daños o en el peor de los casos, en el que ni si quiera exista registro alguno de algún desperfecto.

La zona de Acambay es una mina de información que si no se explota sabiamente se pudiera convertir en una tumba para la gran ciudad de México, a pesar de tener como testigo un evento de gran magnitud, la información es escasa por lo que pone a la población en riesgo, ya que no está preparada para un suceso similar, así no hay que confiarse que la frecuencia con la que suceden estos fenómenos extraordinarios es poca, ya que en cualquier momento podemos recibir una trágica sorpresa.

Los sismos de 1957 y 1979 pusieron en tela de juicio la capacidad del suelo de la ciudad para amplificar las ondas sísmicas y coadyuvar a que el movimiento de las estructuras fuera largo y armonico; y en el terremoto de 1985 quedaron demostradas dichas teorías, lamentablemente se tenían muy pocos instrumentos sismográficos instalados para realizar un análisis de tipo rayos x para desnudar al sismo, pero la información recabada fue suficiente para demostrar que el suelo arcilloso de la ciudad de México es extremadamente compresible en las zonas de el ex lago de Texcoco; aunado a que se encuentra desecada artificialmente, por lo que incluso sin la acción de un sismo se pueden presentar asentamientos diferenciales con facilidad, imaginemos ahora la vulnerabilidad de muchas estructuras durante un evento sísmico. Es por eso que se debe poner demasiada atención a construcciones dentro de esta zona e incluso en los perímetros circundantes, los reglamentos de construcción se mejoraron demasiado debido a esas investigaciones y pudieran quedar mucho mejor detallados. Así que mientras algunas personas tienen como tarea las mejoras y actualizaciones al reglamento, el resto de la población, en especialmente los constructores tienen la gran tarea de cumplir perfectamente con las normas.

Y por último el sismo del 20 de marzo de 2012, que se podría considerar como el primo del temblor de 1979, dejó bastante claro que al parecer en la mayoría de la zona céntrica de la ciudad las construcciones

y estructuras sea han elaborado tal y como se espera según los reglamentos y las normas, pero dejó en evidencia que existen otras zonas en las que podríamos considerar que las construcciones son ligeramente más vulnerables, dichas zonas distan del centro histórico y del centro del ex lago de Texcoco ubicadas al norte, en la delegación Azcapotzalco; y especialmente al sur, en Iztapalapa y Tláhuac. Ya que ahí se ubicaron daños que no habían sido mencionados en sismos anteriores. Recordemos que la mancha urbana se va expandiendo a nuevas zonas y seguramente poco a poco habrán nuevas y más grandes construcciones en dichas zonas, entonces se debe actuar de la misma forma preventiva en dichas zonas que en las del centro de la ciudad, para poder evitar acciones correctivas o hasta fatales en la zona.

Gracias a las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica se pudieron elaborar los mapas de daños mostrados, pero lamentablemente los alcances de un SIG son bastante minimizados en un papel, por ello los invito a utilizar las herramientas que dejé plasmadas en el presente documento y utilizarlas para poder encontrar nuevas relaciones y mejores resultados, virtualmente se pueden realizar demasiadas operaciones en el software, aquí se tuvo que seleccionar solamente un número limitado porque la interacción es imposible de plasmar en una carátula. Un gran resultado de la manipulación de dichos datos, mapas y registros fue la Figura 6.1, en la que se muestran las zonas más dañadas conforme lo descrito a lo largo del presente, a cada sismo se le asignó el área de mayor influencia de daños en la ciudad; se puede ver que conforme el crecimiento poblacional de la ciudad fue mayor, el área de los daños fue creciendo proporcionalmente, hasta llegar a las nuevas zonas de daños del sismo de 2012 en las que se debe vigilar que las construcciones sean construidas conforme al reglamento y en caso de estructuras viejas, estudiar si cumplen con los requisitos.

En la Figura 6.1 también se visualiza que las zonas de daños se concentran dentro del suelo blando de la ciudad, por lo que queda demostrado la vulnerabilidad de la zona y que las arcillas compresibles favorecen la amplificación de las ondas sísmicas provenientes de epicentros localizados en el sureste y suroeste de la República Mexicana.

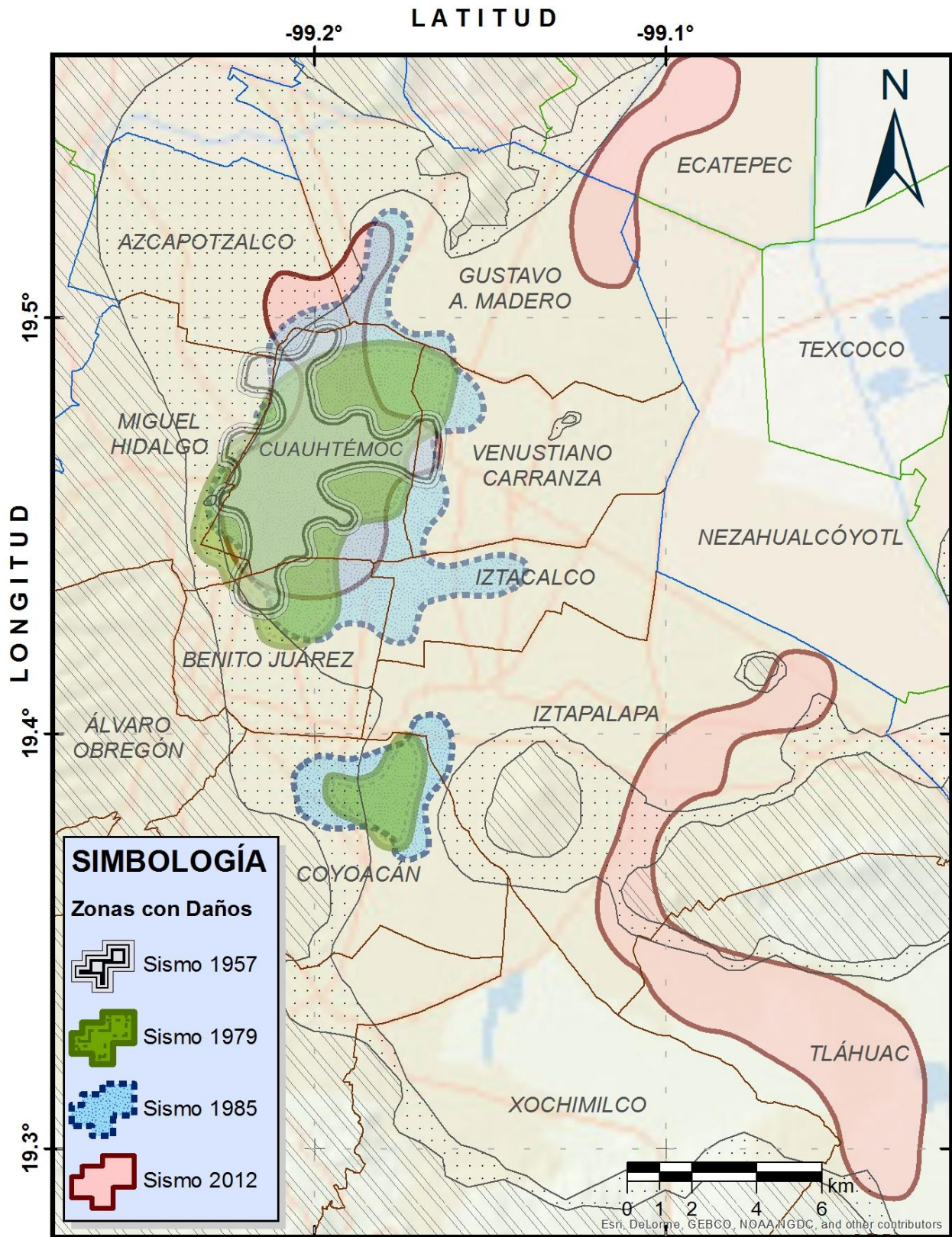


Figura 6.1 Zonas de la ciudad en donde se registraron los principales daños para cada sismo

A 25 años del terremoto del 19 de septiembre y más devastador de norteamérica: ¿se podría afirmar que México aprendió la lección y ha desarrollado una cultura de la prevención? Todo parece indicar que no. Es verdad que cada cierto tiempo hay simulacros de evacuación, los cuales, dicho sea de paso, no son tomados muy en serio por la sociedad, ni están debidamente organizados. Por cuanto hace a las construcciones, si bien existen reglamentos de construcción y restricciones en zonas de suelos “blandos”, nuevamente es posible encontrar edificaciones donde las normas no son respetadas. En los lugares en que se colapsaron viviendas u oficinas, es posible observar construcciones nuevas, que, presumiblemente, debieron apegarse a las estrictas normas, si bien la corrupción y la posibilidad de sobornar a inspectores u otras autoridades, generan dudas sobre la seguridad que pueden proveer de cara a un sismo de gran magnitud.

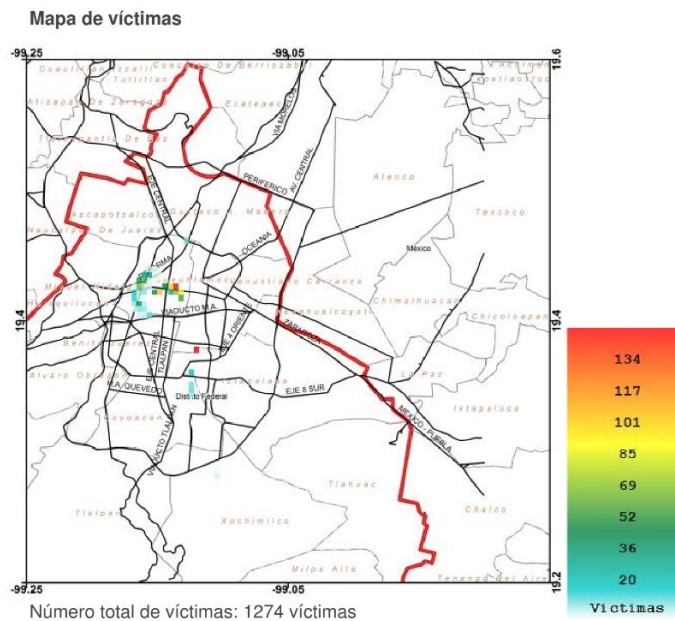
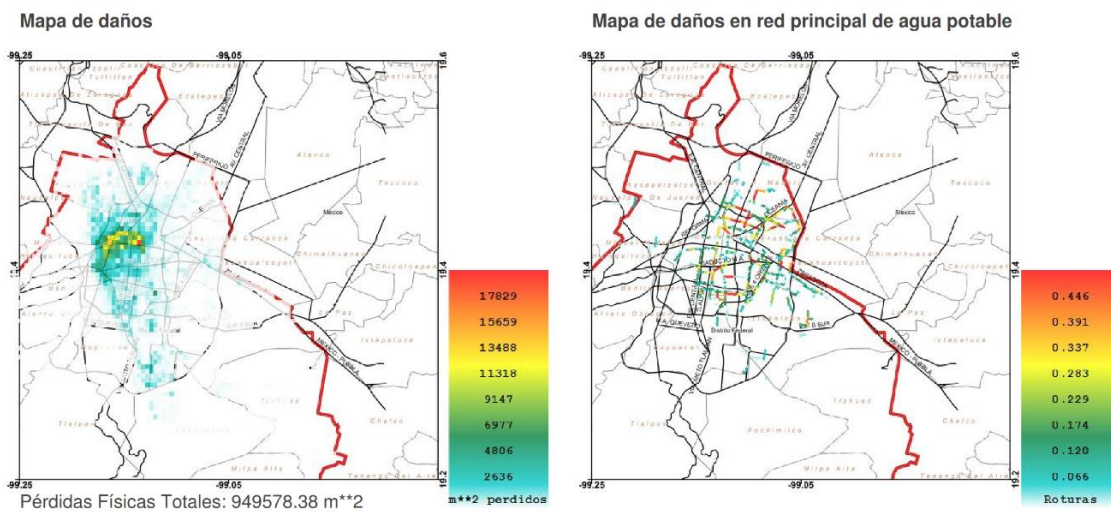
La cultura de la prevención en la sociedad, no es muy amplia., en el terreno de los seguros, sólo el 4. 2 por ciento de los propietarios de casas o departamentos, poseen una póliza que protege su patrimonio. Es verdad que cuando las familias solicitan un crédito hipotecario, hay un seguro que obligatoriamente deben adquirir, pero una vez que liquidan su adeudo, no lo renuevan. De hecho es en los estados con costas de la República Mexicana, donde más se adquieren seguros, hecho explicable por la recurrencia de huracanes e inundaciones, pero incluso en estos casos son los gobiernos y los magnates del sector turístico quienes compran pólizas. En las grandes ciudades ocurre algo parecido. En lugares como la ciudad de México, pese a que se experimenta con frecuencia movimientos telúricos de distintas magnitudes que provocan daños a los inmuebles y a sus contenidos, los propietarios no adquieren seguros, y esto puede obedecer a razones como simple flojera, los costos, y la ignorancia, dado que además de un sismo, el patrimonio de una familia puede perderse por una erupción volcánica, un incendio y/o una inundación, y existen pólizas que cubren cada una y/o todas estas catástrofes.

Existen grandes cantidades de medidas que podrían implementarse o en su defecto que ya se implementaron y tristemente son ignoradas y no se cumplen; y si lo que se desea es evitar en la medida de lo posible las pérdidas económicas y salvaguardar a la población, no se deben tomar a la ligera los lineamientos y reglamentos existentes. Entonces resulta evidente que el impacto de las catástrofes, en este caso debido a sismos, no sería del grado devastador para una sociedad responsable, prudente y lo más importante, previsor.

APÉNDICES

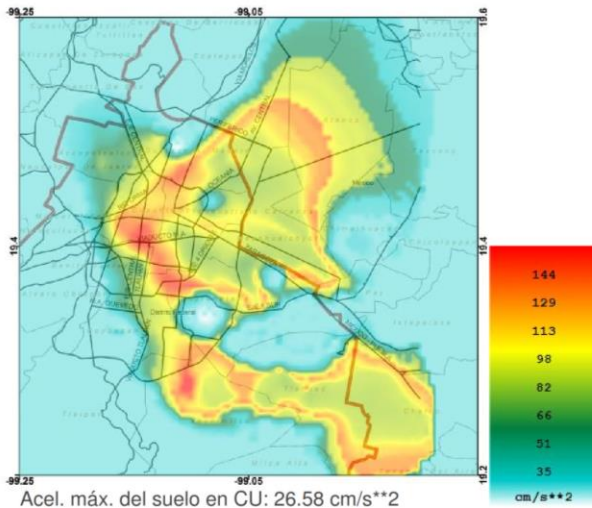
A – SISMO DE 1912

Fecha	19 de noviembre de 1912
Hora (GMT) de registro en CU	13:19:00
Aceleración máxima del suelo registrada en CU	26.58 (cm/s²)
Velocidad máxima del suelo registrada en CU	10.59 (cm/s)
Aceleración espectral máxima a T=1 segundo	73.84 (cm/s²)
Pérdidas físicas totales	949,578.38 (m²)
Estimación total de víctimas	1,274 (víctimas)
Fecha de generación de reporte	28/10/2014

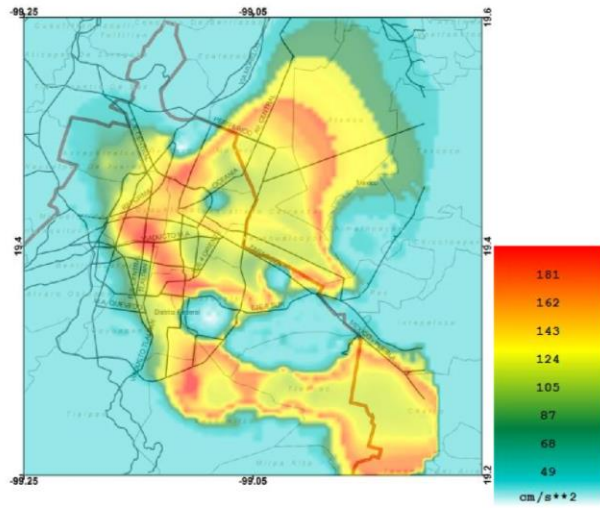


GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR EFECTOS DE SISMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

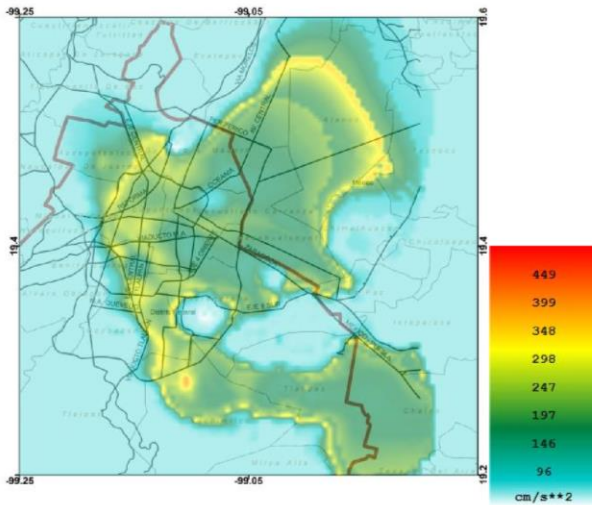
Mapa de aceleraciones máximas del terreno



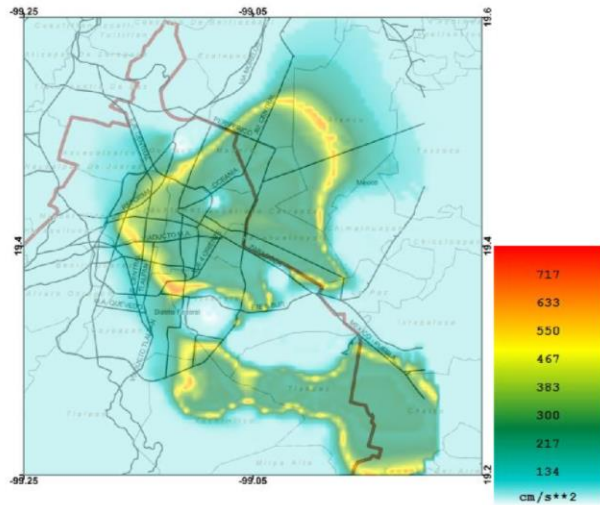
Mapa de aceleración espectral T=0.3s



Mapa de aceleración espectral T=1.0s



Mapa de aceleración espectral T=2.0s



B – SISMO DE 1957

Tabla B.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 28/Julio/1957

Clave estructura	Dirección		Año de construcción	# Niveles	Uso	Tipo estructural	Cimentación	En esquina	Período del suelo aprox.	Daño 1957	Daño estructural			Daño no estructural			
	Calle	#									Descripción del daño en elementos	Ubicación (# de piso)	Asentamiento	Cristales rotos %	Caida de aplanchados	Destrucción parcial %	Destrucción total %
57-05	Aquiles Serdán	29	1950	13	Oficinas	MC	PM	Si	2.21	L	Flexión en columnas, tensión diagonal en traves y tensión simple en losas del cubo de escaleras	2 al 4	Si	60	Si	70	10
57-06	Insurgentes	37	1947	16	Oficinas	MC	PM	Si	2.23	L	Tensión diagonal en traves	4 y 5	Si	5	Si	50	---
57-07	Balderas	44	1941	6	Oficinas y Escuela	MC	S	No	2.18	L	Tensión diagonal en traves	3	Si	10	Si	10	---
57-12	Chapultepec	540	1953	8	Oficinas	MC	S	No	1.14	L	Falla por flexión en columnas	4	No	15	---	30	40
57-25	Gutenberg	47	1949	11	Vivienda	MC	PM	No	1.11	L	Flexión en traves. Daños en losa de escalera, hubo necesidad de apuntalar	2 al 4	No	10	Si	40	40
57-26	Havre	7	1952	9	Oficinas	MC	CC	No	1.91	L	Tensión diagonal en traves	1, 3	Si	---	---	100	---
57-41	Insurgentes	428	1947	5	Vivienda	MC	S	No	1.17	L	Pandeo en columnas	3	No	---	---	10	---
57-44	Insurgentes	473	1942	8	Oficinas	MC	PM	No	1.1	L	Falla moderada en traves por tensión diagonal	2	No	80	Si	20	40
57-45	Insurgentes	576	1950	13	Vivienda	MC	PM	No	1.06	L	Tensión diagonal en traves	1 al 7	No	5	Si	60	---
57-53	La Fragua	4	---	7	Oficinas	MC	CC	No	2.03	L	Flexión en columnas, tensión diagonal en traves de lindero norte, hubo golpeteo	2 al 4	No	5	Si	20	20
57-57	M. Ocampo	257	1944	11	Vivienda	MC	---	Si	1.15	L	Tensión, tensión diagonal y esfuerzo cortante en traves	2 al 4	No	10	Si	50	50
57-70	Reforma	45	1950	19	Oficinas	CC	CC	Si	2.08	L	Flexión en traves de cubo de elevadores	6 al 9	Si	5	Si	60	---
57-75	Reforma	104	1952	9	Oficinas	MC	PCP	No	2.17	L	Tensión diagonal en traves, tensión simple en losas de cubo de escaleras	2 al 5	Si	50	---	30	---
57-80	Reforma	336	1948	7	Oficinas	MC	S	No	1.87	L	Tensión diagonal en traves	1 al 3	No	30	Si	30	10
57-92	Sullivan	199	1955	11	Vivienda	MC	CC	Si	1.28	L	Grietas de tensión diagonal en traves cortas del techo del sótano	P.B.	No	10	Si	20	---
57-15	Dr. Barragán	538	1940	3	Vivienda	MmC	S	No	2.92	M	Esfuerzo cortante en muros y tensión simple en losas por golpeteo	P.B. y 1	Si	5	Si	60	10
57-50	Juárez	76	1938	11	Oficinas	MC	PM	Si	2.17	M	Tensión diagonal y esfuerzo cortante en traves, tensión simple en losas	P.B. 2 al 4	Si	30	Si	10	---
57-60	Morelos	110	1945	13	Oficinas	MC	PM	Si	2.16	M	Flexión y tensión diagonal en columnas y traves respectivamente	6 al 12	Si	10	Si	30	30
57-65	Oaxaca	50	1955	11	Oficinas	MC	PCP	No	1.75	M	Falla total de pilotes de control, el asentamiento diferencial fue de 1m	P.B.	Si	---	---	10	---
57-76	Reforma	122	1951	14	Oficinas	MC	PCP	No	2.19	M	Flexión en columnas y tensión en traves de cubo de escalera. Tensión diagonal en traves por golpeteo	3 al 8 y 2 al 6	No	5	Si	5	---
57-83	Río Rhin	82	1935	3	Vivienda	MmC	S	No	1.69	M	Derrumbe parcial losas de balcones de la zona posterior	3	No	---	No	---	---
57-86	San Juan de Letrán	23	1936	7	Cine	MC	S	No	2.36	M	Flexión en columnas por golpeteo	2 al 6	No	40	Si	10	90
57-90	Soledad	90	1930	3	Comercio	MmC	S	Si	2.54	M	Tensión simple en muros y losas. Peligro de derrumbe en voladizos	P.B. al 2	Si	---	Si	10	---
57-93	Topógrafos	7	1952	14	Vivienda	MC	PC	Si	0.93	M	Flexión en columnas, tensión en losas y esfuerzo cortante en traves	3 al 11	No	5	Si	70	---
57-C5	---	---	---	15	Oficinas	CC	PM	No	--	M	Grietas en recubrimientos de estructura	---	No	10	Si	30	40
57-C7	---	---	1956	9	Vivienda	MC	PCP	Si	--	M	Falla de un contraviento en P.B., agritamiento columna que lo recibe	P.B.	No	---	Si	30	---
57-C10	---	---	---	11	Oficinas	MC	CC	No	--	M	Traves de colindancia se agrietaron, varios elementos del cubo de elevadores tuvieron daños severos. Daños en fachada por golpeteo	---	No	---	Si	---	---
57-03	Abraham González	3	1947	10	Oficinas	MC	PM	Si	2.16	G	Flexión columnas, tensión diagonal en traves y pandeo en losas	2 al 4	No	20	Si	10	80

Tabla B.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 28/Julio/1957 (continuación)

Clave estructura	Dirección		Año de construcción	# Niveles	Uso	Tipo estructural	Cimentación	En esquina	Periodo del suelo aprox.	Daño 1957	Daño estructural		Asentamientos	Daño no estructural			
	Calle	#									Descripción del daño en elementos	Ubicación		Cristales rotos %	Caída de aplastados	Destrucción de muros	parcial %
57-22	Casco de Sto. Tomas	---	1950	4	Escuela	MC	S	No	0.7	G	Flexión en columnas y tensión diagonal en traves en crujeas alejadas de zona esquina	P.B.	No	---	No	30	---
57-33	Aquiles Serdán	29	1951	9	Oficinas	MC	PC	Si	2.04	G	Tensión diagonal en traves. Falla de control de pilotes	2 y 3	Si	25	Si	40	20
57-37	Insurgentes	263	1946	9	Oficinas	MC	PM	Si	1.78	G	Tensión diagonal en traves, flexión en columnas	5 al 8	Si	5	Si	30	---
57-38	Insurgentes	368	1948	5	Banco	MC	S	Si	1.44	G	Flexión en columnas	P.B.	No	---	No	---	---
57-55	Lecumberri	63	1946	2	Cine	NI	S	No	2.62	G	Volcamiento de armaduras de techo	2	No	---	No	10	50
57-69	Reforma	35	1956	14	Oficinas	MC	CC	No	2.06	G	Compresión y tensión diagonal en traves, flexión en columnas	2 al 5	Si	5	Si	10	---
57-74	Reforma	77	1943	14	Oficinas	MA	PM	Si	2.06	G	Flexión en columnas	1 al 3	No	15	Si	30	50
57-98	Villalongin	---	---	5	Oficinas	MC	PM	No	1.28	G	Tensión diagonal en traves	P.B. al 4	Si	30	Si	20	25
57-Corcu	Reforma	1	1934	16	Oficinas	MC	---	Si	2.05	G	Sin datos exactos. El edificio fue demolido después del sismo	---	No	10	Si	10	10
57-C4	---	---	1957	8	Comercio y oficina	MC	CC	No	--	G	Fractura en parte superior de varias columnas, tensión diagonal y corte en vigas y falla total en algunas	P.B. al 8	No	50	Si	---	20
57-C6	---	---	---	16	---	MC	PM	No	--	G	6 columnas fallaron casi totalmente y las restantes están agrietadas. Traves con tensión diagonal	5,8 y 9	Si	50	Si	60	---
57-C9	---	---	---	7	---	MC	CC	Si	--	G	Grietas en unión de columnas perimetrales con traves. Tensión diagonal en vigas principales y escaleras a punto de derrumbe	1 al 4	No	40	Si	40	---
57-46	Insurgentes	1338	1955	1	Bodegas Oficinas	NI	S	No	1.42	CP	Colapso de oficinas. Flexión grave en columnas, daño en mensulas	1	Si	100	Si	---	100
57-Gera	Geranio	-	---	5	Oficinas	---	---	Si	1.46	CP	Colapso parcial de pisos superiores	5	---	20	Si	15	30
57-Enca	Serapio Rendon	-	---	1	Cine	NI	---	No	1.63	CP	Derrumbe total del techo	1	No	---	Si	100	---
57-Merce	Santa Escuela	-	1957	1	Comercio	NI	CC	No	2.96	CP	6 cascarones colapsaron y los 88 restantes fallaron por flexión en el arranque de las columnas	1	No	---	No	---	---
57-Cant	Insurgentes	337	---	5	Oficina	MC	---	No	1.42	CP	Colapso pisos superiores	2 al 5	---	85	Si	5	80
57-Fron	Frontera esq. Alvaro Obregón	---	1957	5	Oficina	MC	---	Si	2.27	CT	Colapso total	todos	---	100	Si	---	100
57-IPN	Casco de Sto. Tomas	---	1950	4	Escuela	MC	S	No	0.97	CT	Colapso total	todos	---	100	Si	---	100
57-S/Mu	C. Romero de Terreros	52	1957	2	Vivienda	MmC	S	No	1.25	CT	Colapso total. No tenía muros en sentido NS	todos	---	100	Si	---	100

— **Nivel de Daño:** L=Leve, M=Moderado, G=Grave, CP=Colapso Parcial, CT=Colapso Total

— **Tipo de Cimentación:** S=Superficial, CC=Cajón de Cimentación, PCP=Parcialmente Compensada con cajón y Pilotes, PC=Pilotes de Concreto (de Fricción), PM=Pilotes de Madera (de Punta)

— **Sistemas Estructurales:** MC=Marcos de Concreto, MA=Marcos de Acero, CC=Construcción Compuesta, MmC=Mampostería Confinada, NI=Naves Industriales

A continuación se describen brevemente los casos principales de los colapsos totales y parciales mostrados en la Tabla B.1:

“Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN” – 57-IPN (Tabla B.1) – COLAPSO TOTAL

Con 4 pisos de altura y planta baja sin ningún muro, estaba estructurada con marcos de concreto reforzado. No se registraron pérdidas humanas porque afortunadamente el sismo no ocurrió en horario de clases. (Figura B.1a)

“Edificio en la esquina de las calles Frontera y Álvaro Obregón” – 57-Fron (Tabla B.1) – COLAPSO TOTAL

Fue el caso más trágico, destinado a vivienda, la estructura de marcos de concreto reforzado de 5 pisos de altura lamentó la pérdida de 31 personas muertas. (Figura B.1b). “La construcción se desplomó sobre sus propios cimientos, como un gigantesco acordeón que se cierra verticalmente, de tal manera que los escombros no alcanzaron a rebasar la banquetta” (Excelsior, 1957)



a)

b)

Figura B.1 Colapsos totales ocurridos en el sismo de 1957: a) Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN y b) Edificio en esquina de las calles Frontera y Álvaro Obregón

“Casa en la cerrada de Romero de Terreros #52” – 57-S/M (Tabla B.1) – COLAPSO TOTAL

Estructura que estaba en construcción con muros de mampostería unidos con dalas y castillos de concreto reforzado de 2 pisos de altura. El reporte de Marsal (1958) demostró que la casa presentaba una deficiencia de muros ya que en el sentido Norte-Sur solo tenía un muro de 2.5m; recordando que en esa época el RCDF no exigía la revisión de estructuras con altura menor de 16m.

“Mercado de la Merced” – 57-Merce (Tabla B.1) – COLAPSO PARCIAL

Estructura con cubierta forma por 94 cascarones de concreto reforzado, apoyados cada uno en pares de columnas de concreto reforzado empotradas en cajones, también de concreto reforzado con dimensiones de excavación que compensaban el peso propio de la estructura; seis cascarones se precipitaron.

“Edificio en la calle de Geranio esquina con Abedules” – 57-Gera (Tabla B.1) – COLAPSO PARCIAL

Dentro de la colonia Atlampa, las oficinas de “Elevadores Schindler” sufrieron el derrumbe de los pisos superiores de los cinco pisos de la estructura.

“Edificio en Insurgentes #337 esquina con Coahuila” – 57-Cant (Tabla B.1) – COLAPSO PARCIAL

Quedando solamente de pie la planta baja los 5 pisos superiores de concreto reforzado se vinieron abajo; la propiedad era del actor mexicano Mario Moreno “Cantinflas” (Figura B.2a)

“Cine Encanto en la calle de Serapio Rendón” – 57-Enca (Tabla B.1) – COLAPSO PARCIAL

Ubicado en la colonia San Rafael, la nave industrial estructurada con columnas de concreto reforzado y armaduras de acero; el techo y parte de los muros se vinieron abajo (Figura B.2b). Alrededor de 32 salas de diversión con sistemas estructurales similares fueron cerrados por seguridad.



a)



b)

Figura B.2 Colapsos parciales ocurridos en el sismo de 1957, a) Edificio Insurgentes #377 y b) Cine Encanto

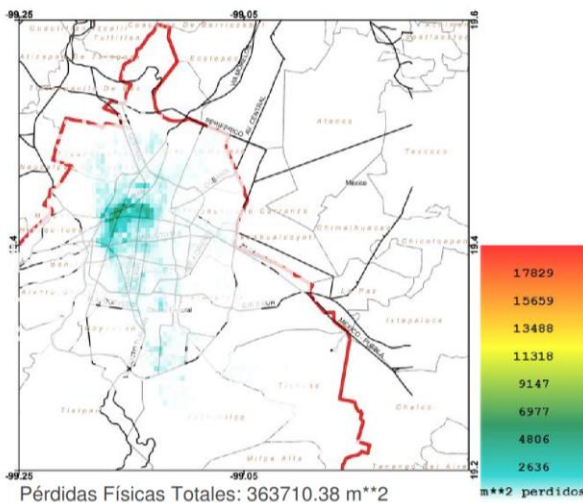
“Inmueble de Muebles y Mudanzas” y el vecino “Canada Dry” – 57-46 (Tabla B.1) – COLAPSO PARCIAL

Sobre la avenida Insurgentes en el #1338, se encontraban las oficinas y la embotelladora de Canada Dry; la estructura formada por 2 cuerpos, al frente por oficinas de un piso con muros de concreto reforzado y en la parte superior por bodegas de muros de tabique con castillos de concreto reforzado y armaduras de acero; el cuerpo de oficinas fue el que se derrumbó.

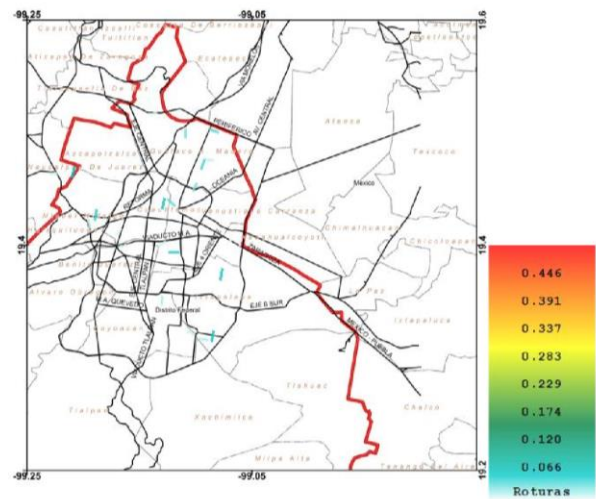
C – SISMO DE 1979

Fecha	14 de marzo de 1979
Hora (GMT) de registro en CU	11:07:58
Aceleración máxima del suelo registrada en CU	19.44 (cm/s²)
Velocidad máxima del suelo registrada en CU	3.62 (cm/s)
Aceleración espectral máxima a T=1 segundo	38.22 (cm/s²)
Pérdidas físicas totales	363,710.38 (m²)
Estimación total de víctimas	1 (víctimas)
Fecha de generación de reporte	11/10/2012

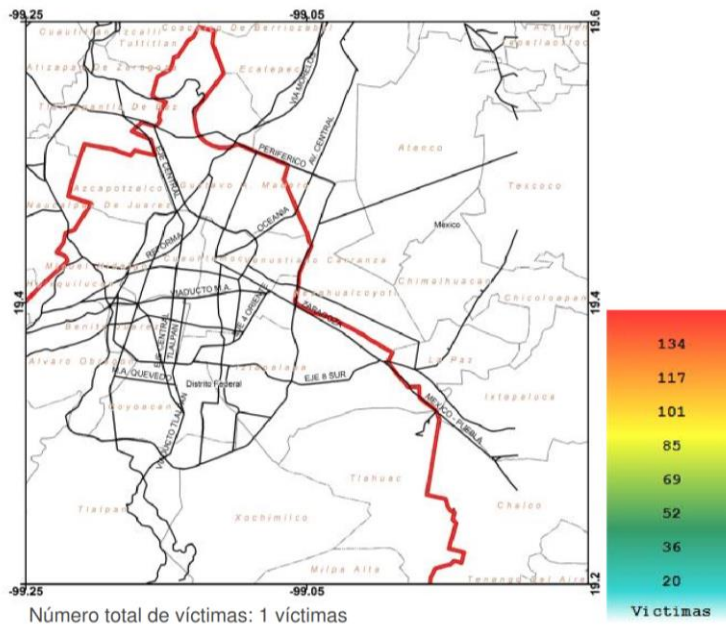
Mapa de daños



Mapa de daños en red principal de agua potable

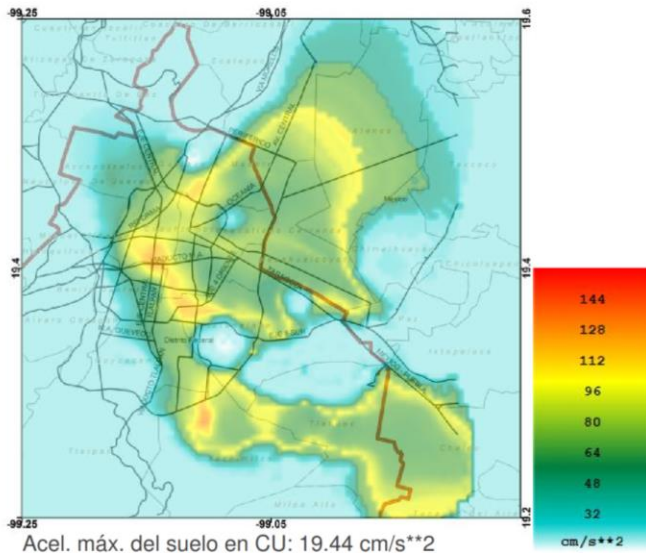


Mapa de víctimas

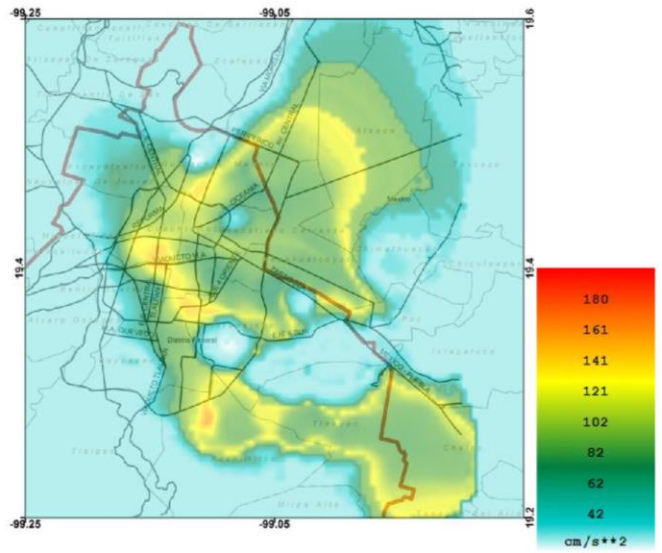


GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR EFECTOS DE SISMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

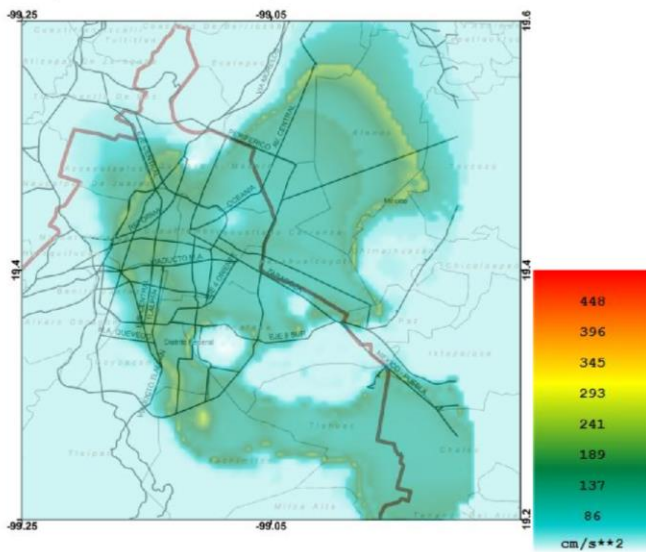
Mapa de aceleraciones máximas del terreno



Mapa de aceleración espectral T=0.3s



Mapa de aceleración espectral T=1.0s



Mapa de aceleración espectral T=2.0s

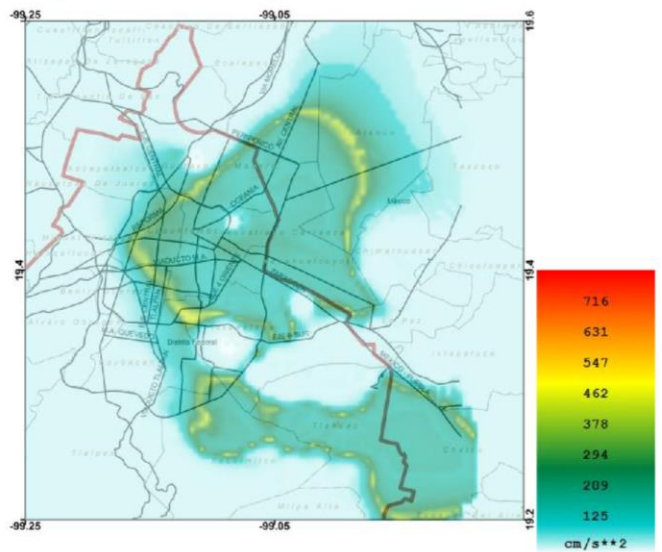


Tabla C.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 14/Marzo/1979

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Ubicado Esquina	Periodo del Suelo (aprox.)	Daño Estructural			Daño No Estructural				
		Calle	#						Observaciones y descripción del daño en elementos	Ubicación # de Piso	Asentamientos	Cristales Rotos (%)	Caída de Aplamados	Caída de Muros		
		Colonia	Delegación											Parcial %	Total %	
79-01	IBERO Anexo "E"	Cerro de las Torres	395	1961	3	Escuela	Sí	1.37	CT	Inadecuado empalme de la cimentación con los refuerzos, falla de columnas en la parte superior e inferior, taller de arquitectura destruido. Del edificio principal se vinieron abajo dos segmentos, el resto de las columnas en otros edificios con graves daños.	Todos	---	100	Sí	---	100
79-02	Vecindad	Manuel Doblado esq. Eje 1 Norte	146	1950s	3	Vivienda	Sí	2.41	CT	El viejo edificio de la vecindad no resistió el sismo y se derrumbó completamente, sin heridos afortunadamente.	Todos	---	100	Sí	---	100
79-03		Caridad	13	---	2	Casa	---	2.39	CT	Falla la estructura en su totalidad, con derrumbes de losas completas, muere joven de 17 años.	Todos	---	100	Sí	---	100
79-04	Ed. De la Tesorería	Dr. Lucio y Dr. Lavista Doctores		1963	8	Oficinas	Sí	2.35	G	Daños estructurales de consideración, grandes grietas en traves y columnas, flexiones de traves; reparaciones urgentes y posible demolición del edificio	1-5	---	---	Sí	60	20
79-05	Conjunto Pino Suárez Ed. "C"	Av. Pino Suárez Centro		1970	23	Oficinas y Vivienda	Sí	2.41	M	Se levantó el piso, grandes cuarteaduras en traves y columnas.	---	---	70	Sí	40	15
79-06	Conjunto Pino Suárez Ed. "B" SCT	Av. Pino Suárez Centro		1970	23	Oficinas	Sí	2.42	L	Grandes cuarteaduras diagonales en muros	---	---	20	Sí	20	5
79-07	Centro Postal Mecanizado	Aldama Guerrero	118	1958	---	Oficinas	No	1.42	M	Se durrambaron muros, posibles tensiones en traves	---	---	30	Sí	35	15
79-08		Amores Del Valle Norte		---	12	Viviendas y Oficinas	---	1.26	M	El edificio sufre asentamiento e inclinaciones, lo que causa contacto con la escuela vecina	---	Sí	---	---	---	---
79-09	Primaria "José Ma Mata"	Amores Del Valle Norte	34	---	---	Escuela	---	1.25	L	Edificio contiguo qued recargado sobre la estructura de la escuela primaria	Todos	---	5	Sí	10	---
79-10	Secretaría de Comercio	Alfonso Reyes Condesa	30	1971	27	Oficinas	No	0.74	M	Grietas en la estructura, así como posibles tensiones en traves	---	---	35	Sí	20	---
79-11		República de Cuba	20	---	1	Barda	No	2.12	CP	La barda ubicada en un estacionamiento entre Allende y San Juan de Letrán colapsó totalmente sobre vehículo	---	---	---	---	---	100
79-12	Tubería Agua Potable	Norte 62-A y Norte 94 Río Blanco		---	---	Tubería	---	2.42	CP	Fractura de la red de abastecimiento de agua potable, por lo que se que suspendieron el servicio en varias zonas aledañas	---	---	---	---	---	---
79-13		Bucareli	20	---	6	Viviendas	---	2.01	M	Grandes cuarteaduras en la fachada y posible inclinación del edificio	Todos	---	50	Sí	20	5
79-14		Bucareli	22	---	---	Viviendas	No	2.01	M	El edificio tiene grietas y la fachada con cuarteaduras	Todos	---	40	Sí	15	1
79-15	Transformador eléctrico	Doctor Vertiz y Dr. Arce Doctores		---	---	Línea Eléctrica	---	2.61	CP	Líneas de conducción eléctrica y telefónica con daños, debido a la caída del transformador	---	---	---	---	---	---
79-16				---	13	Viviendas	No	1.59	L	La pluma mecánica del edificio en construcción, cayó y golpeó la estructura	9-13	---	---	---	---	---
79-17		Río Lerma y Neva	19	---	---	---	Sí	1.72	G	Edificio señalado con grandes deficiencias en su construcción, queda seriamente inclinado y dañado	Todos	Sí	60	Sí	40	25
79-18	Congreso del Trabajo	Flores Magón Guerrero	144	1977	7	Oficinas	No	2.40	G	Grandes cuarteaduras en todo el edificio, apuntalamiento de las escaleras, 2 elevadores rotos, suspensión de actividades	2-7	---	20	Sí	70	35
79-19	Cine "Internacional"	Av. Álvaro Obregón esq. Av. Cuauhtémoc		---	---	Cine	---	2.30	G	Clausurados por grandes cuarteaduras en el interior y en la fachada	---	---	---	---	---	---

Tabla C.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 14/Marzo/1979 (continuación)

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Ubicado Esquina	Período del Suelo (aprox.)	Daño Estructural				Daño No Estructural			
		Calle	#						Valoración	Observaciones y descripción del daño en elementos	Ubicación # de Piso	Asentamientos	Cristales Rotos (%)	Caída de Aplanados	Caída de Muros	
		Colonia	Delegación												Parcial %	Total %
79-20	Cine "Acapulco"	Joaquín Herrera	9	---	---	Cine	---	1.89	G	Suspende actividades, fachada intacta, pero grandes deformaciones en el interior	---	---	---	---	---	---
79-21	Cine "Roble"	Paseo de la Reforma	135	1950	14	Cine y Oficinas	---	1.81	G	El cine clausurado por grandes deformaciones en trabes, situación crítica casi colapsa. Oficinas abiertas hasta 1985	Todos	---	---	---	---	---
79-22	Banco Obrero	Av. De la República	26	---	---	Banco	---	1.44	G	Se presentaron grietas en la fachada así como en algunas trabes, inclinación hacia el otro edificio, se sujetó con cadenas	---	Sí	35	Sí	30	10
79-23	Departamento de Pesca	Álvaro Obregón y Valladolid		---	---	Oficinas	No	1.90	G	Cuarateaduras que se presentaron bajo el estuco del inmueble, 2 elevadores rotos y escaleras apuntaladas	---	---	50	Sí	40	15
79-24	Chihuahua Unidad Tlatelolco	Paseo de la Reforma	818	1962	24	Residencial y Hotel	No	2.39	G	Grandes deformaciones y tensiones en trabes; columnas depostilladas. Inclinación de varios centímetros. Posible demolición del edificio por sus daños.	Todos	Sí	---	---	---	---
79-25	Hilaturas Lourdes	Agustín Delgado	275	---	---	Vivienda	---	2.27	G	El edificio presentó grandes daños, por lo que está clausurado y en tentativa de demolición	---	---	---	---	---	---
79-26	INDETEL	Arcos de Belén	58	---	15	Oficinas	No	2.01	M	Edificio clausurado por los daños, posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-27	Aztlán	Av. Juárez	76	---	13	Oficinas	---	2.66	G	El edificio sufrió grandes asentamientos por lo que se separó demasiado de su vecino y quedó inclinado; desalojado y puede ser demolido.	---	Sí	---	---	---	---
79-28	Ed. SAHOP	Doctor Barragán	779	---	---	Oficinas	No	2.04	G	Sufrió derrumbe en las escaleras y grietas en elementos. Posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-29	Ed. SAHOP	Xola	1775	---	---	Oficinas	Sí	1.44	G	Sufrió derrumbe en las escaleras y grietas en elementos. Posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-30		Ámsterdam	322	---	---	---	---	1.75	G	Señalado con grandes daños y posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-31		Álvaro Obregón	223	---	---	---	---	1.83	G	Señalado con grandes daños y posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-32	ISSSTE	Vallarta	21	---	9	Oficinas	---	1.43	L	Desplazamientos de muros que no son de carga	2-9	---	5	Sí	30	3
79-33	Sheraton Ma. Isabel	Paseo de la Reforma	325	1962	19	Hotel	Sí	2.32	L	Se rompió la cañería y desprendimientos de mármol y ornamentos	---	---	---	Sí	15	1
79-34		Dr. Valenzuela		---	---	Vivienda	Sí	3.67	CP	La vivienda sufrió derrumbes de muros y losas, colapso parcial de la casa.	Todos	---	80	70	90	60
79-35	Aeropuerto Ciudad de México	Av Capitán Carlos León		1958	---	Terminal Aeropuerto	---	1.23	L	Cuarateaduras en las paredes de la sala #5	---	No	0	10	5	0
79-36	Hospital 1ro Octubre	Av.Politénico Nacional	1669	---	8	Hospital	---	1.12	L	-----	---	---	---	---	---	---
79-37	SEARS Lindavista	Av.Politénico Nacional		---	---	Centro Comercial	No	1.00	M	Daños graves en la fachada, clausurado	---	---	---	---	---	---
79-38		Heriberto Frías		---	---	Vivienda	Sí	1.97	M	-----	---	---	---	---	---	---

Tabla C.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 14/Marzo/1979 (continuación)

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Ubicado Esquina	Periodo del Suelo (aprox.)	Daño Estructural				Daño No Estructural			
		Calle	#						Observaciones y descripción del daño en elementos	Ubicación # de Piso	Asentamientos	Cristales Rotos (%)	Caída de Aplanados	Caída de Muros		
		Colonia	Delegación											Parcial %	Total %	
79-39	Edificio #11 Unidad Esperanza	Esperanza esq. Icacos		1949	5	Vivienda	Sí	0.99	G	-----	---	---	---	---	---	---
79-40		Nicolas San Juan esq. San Borja		---	---	Vivienda	Sí	1.35	M	-----	---	---	---	---	---	---
79-41		Alfonso Herrera esq. Miguel E. Schultz		---	---	Vivienda	Sí	2.04	G	Edificio sumamente dañado, posible demolición	---	---	---	---	---	---
79-42	La Mariscal	Av. Hidalgo Centro	1	1949	21	Residencial y Oficinas	---	1.90	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-43	Ed. Recursos Hidráulicos	Paseo de la Reforma Tabacalera	69	1942	21	Oficinas y Comercial	Sí	1.97	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-44	Reforma 76	Paseo de la Reforma Tabacalera	76	---	19	Oficinas	---	2.01	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-45	Banco de la Industria y Comercio	Balderas Centro	40	1947	19	Oficinas	Sí	1.87	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-46	Hotel Continental Hilton	Paseo de la Reforma esq. Insurgentes		---	16	Hotel	Sí	0.93	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-47	Edificio Jena	Lieja Juárez	8	1952	15	Oficinas	---	2.06	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-48	Edificio San Santiago	San Juan de Letrán Centro Histórico		---	14	Oficinas y Vivienda	---	1.90	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-49	Reforma 45	Paseo de la Reforma Tabacalera	45	1948	12	Oficinas	---	1.97	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-50	Hotel Regis	Av. Juárez esquina Balderas		1914	8	Hotel	Sí	2.42	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-51	Unidad Morelos	Dr. Lucio Doctores	102	---	---	Vivienda	---	2.66	---	-----	---	---	---	---	---	---
79-52	Secretaría de Marina	Independencia esquina con Maya		---	11	Oficinas	Sí	2.54	L	El edificio de la Secretaría de Marina se inclinó bastante hacia su vecino estando casi en contacto a causa del temblor	---	Sí	---	---	---	---

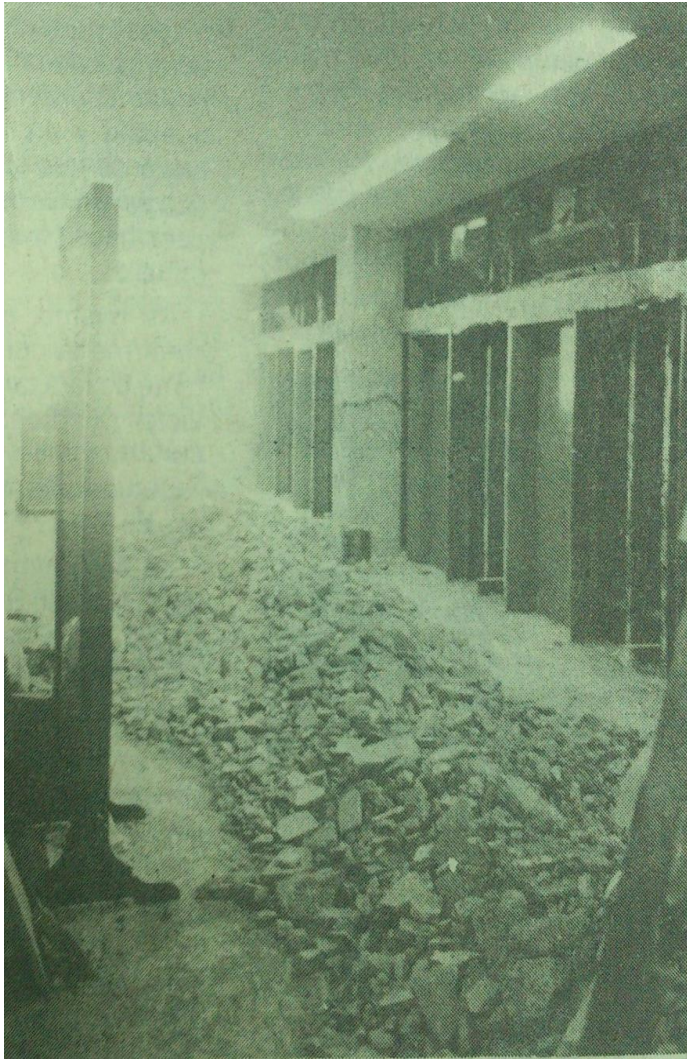
— Nivel de Daño: L=Leve, M=Moderado, G=Grave, CP=Colapso Parcial, CT=Colapso Total



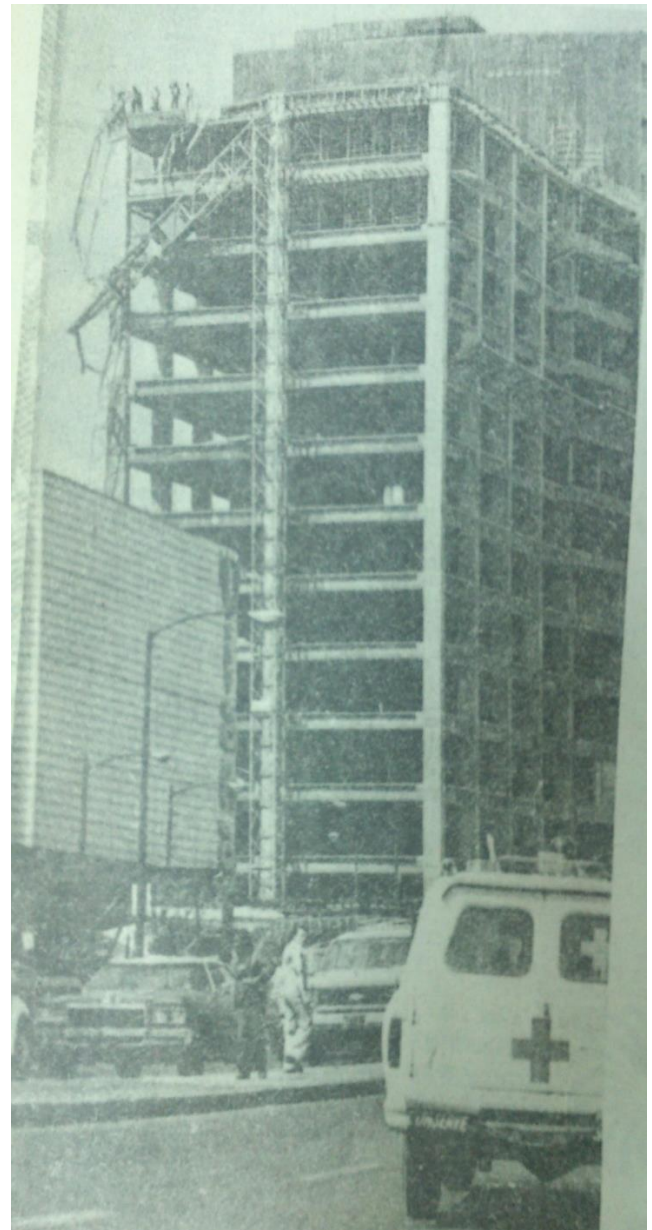
Figura C.1 "79-13" y "79-14" - Bucareli #20 y #22 (El Universal, 1979)



Figura C.2 "79-01" - IBERO, Anexo "E" al frente y atrás edificio principal (El Nacional, 1979)



a)



b)

Figura C.3 a) "79-04" - Edificio de la Tesorería del Distrito Federal y b) "79-16" – Edificio de viviendas en construcción sufre daños porque se cayó la pluma metálica. (El Universal, 1979)

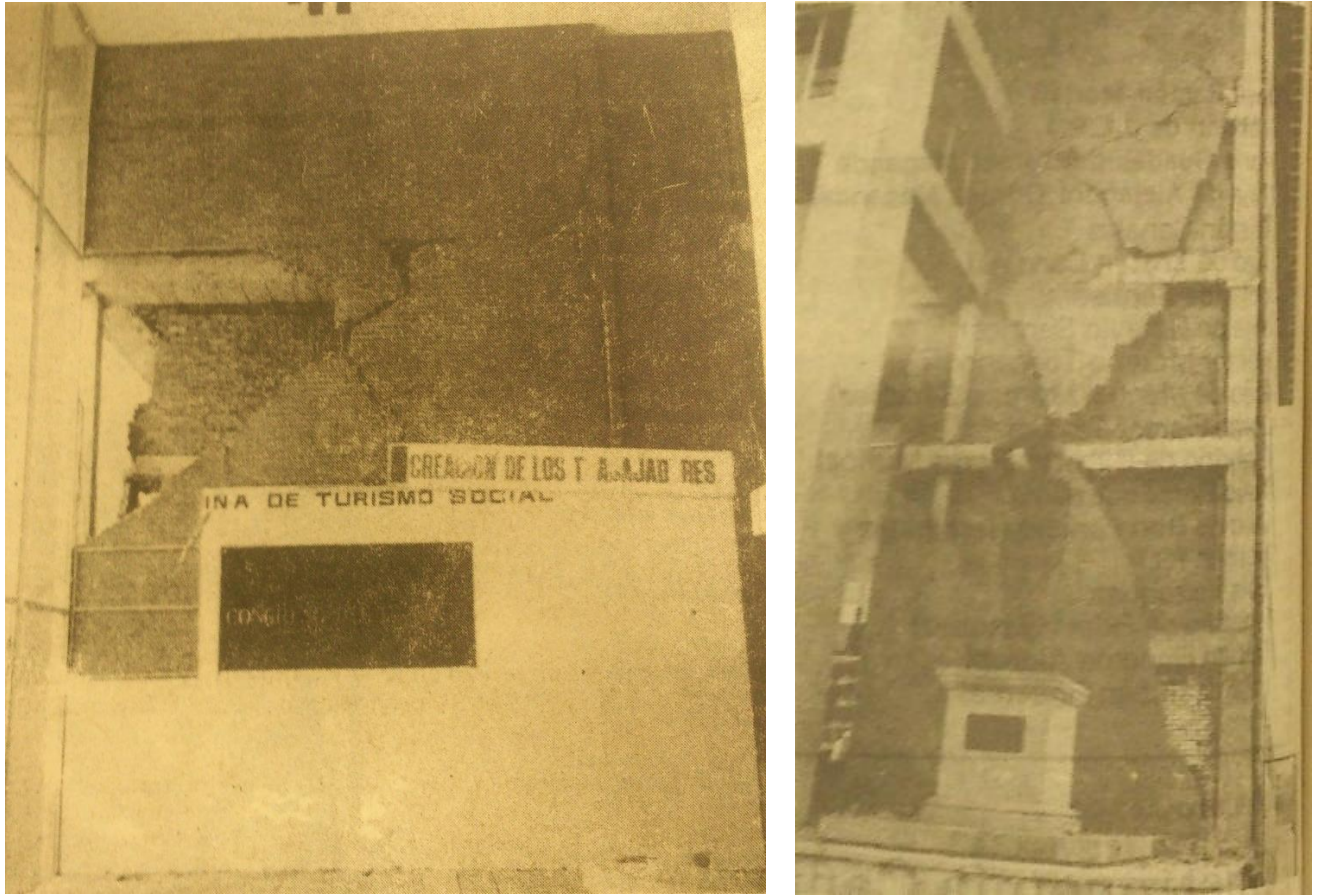


Figura C.4 "79-18" - El nuevo edificio del Congreso del Trabajo con graves daños. (El Universal, 1979)

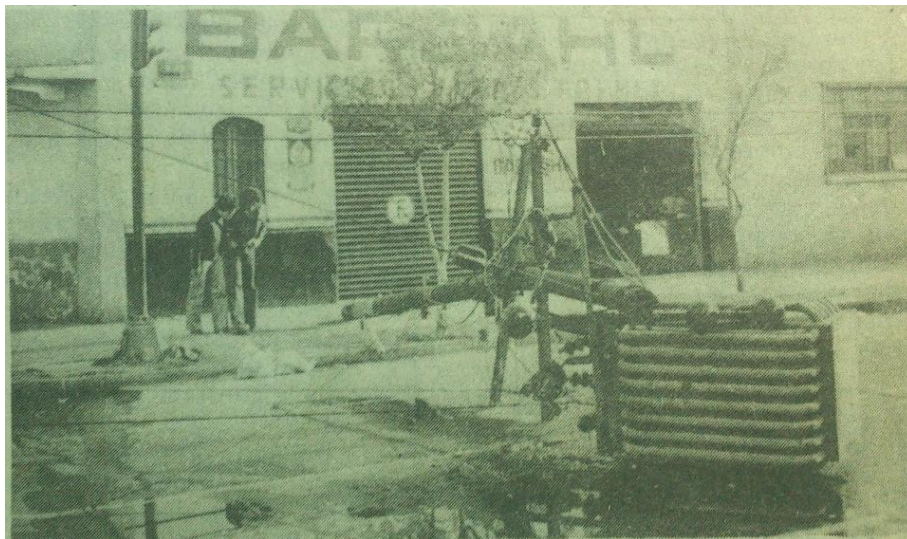


Figura C.5 "79-15" - Un transformador eléctrico se viene abajo y daña red eléctrica. (El Universal, 1979)

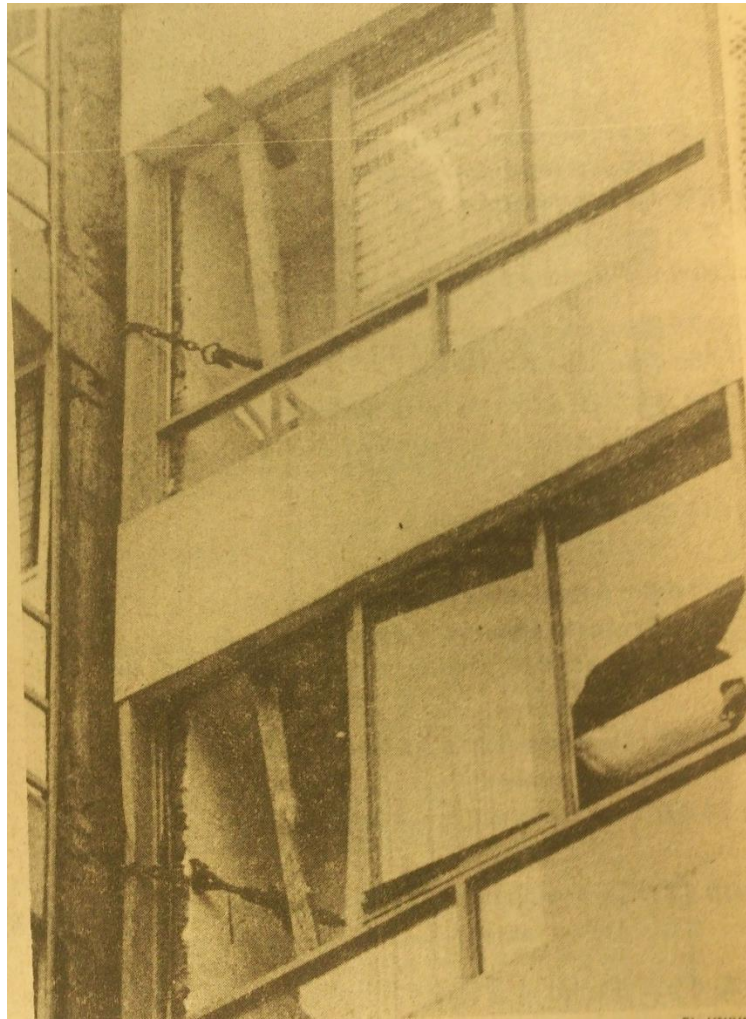
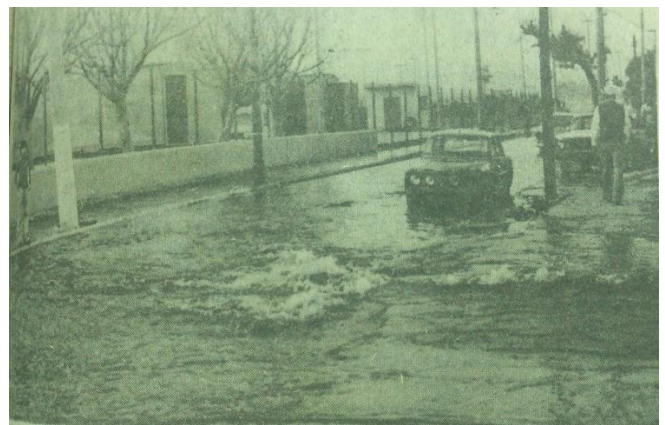


Figura C.6 “79-22” - Banco Obrero sujetado con cadenas para evitar más inclinación. (El Universal, 1979)

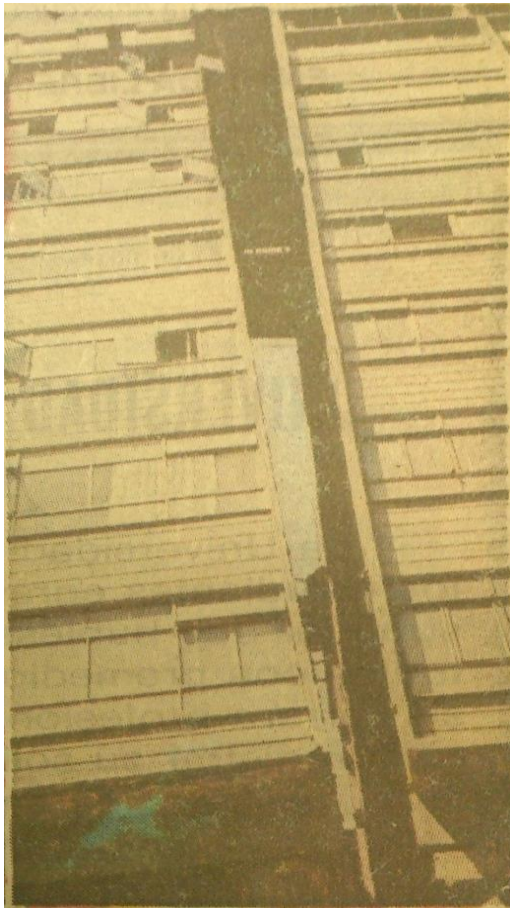


a)



b)

Figura C.7 a) “79-11” – Barda de estacionamiento en el centro colapsa y b) “79-12” – Fractura en la tubería de agua potable deja sin agua por días a varias colonias. (El Universal, 1979)



a)

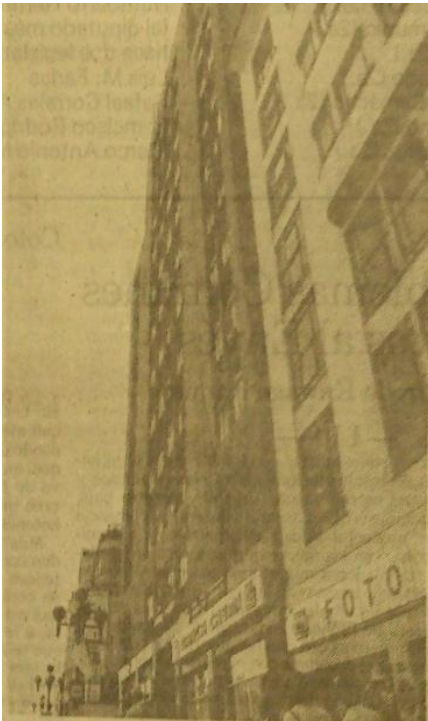


b)

Figura C.8 a) "79-52" - Edificio de la Secretaría de Marina se inclina hacia su vecino y b) "79-27" - Edificio Aztlán separado y el Hotel Regis es visible. (Excelsior, 1979)



Figura C.9 "79-03" - Casa en Caridad #13, se colapsa y muere joven de 17 años (Excelsior, 1979)



a)

b)

Figura C.12 a) El edificio Banca Cremi sufrió asentamiento grande que la abertura entre el edificio adjunto es muy notoria; b) Escuela que sufrió derrumbe en uno de sus costados (Excelsior, 1979)

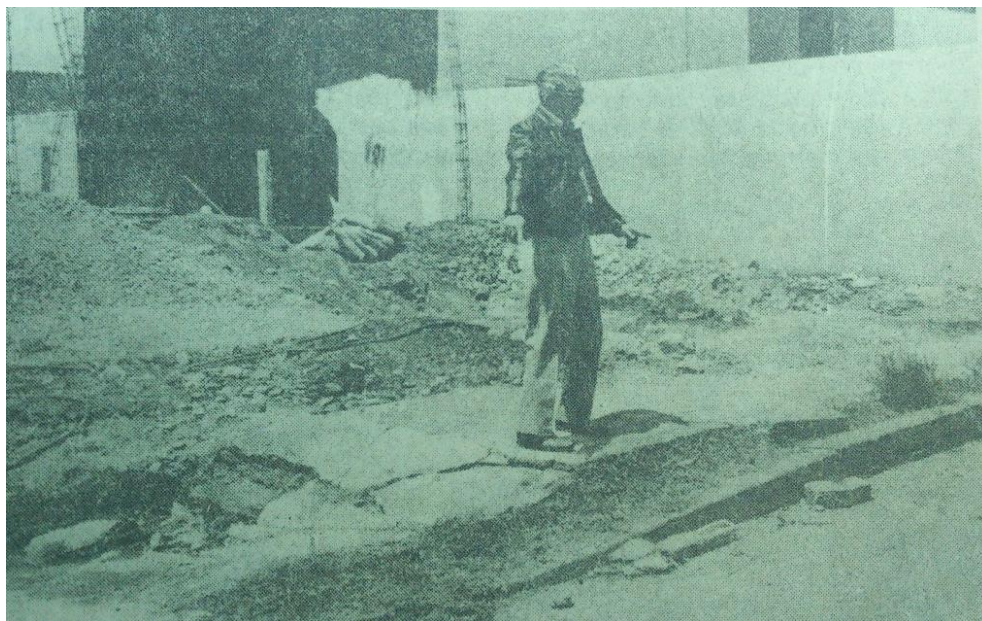


Figura C.13 En el predio de una futura construcción se rompió la banquetta (El Nacional, 1979)

GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR EFECTOS DE SISMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Tabla C.2 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 14/Marzo/1979 (Meli, 1979)

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Sistema Estructural	Cimentación	Ubicado en escuela	Periodo del Suelo (aprox.)	Pisos más dañados	Asentamientos	Daño No Estructural	Daño Estructural	Observaciones
		Calle	#												
		Colonia													
		Delegación													
79m-A1		Frente al actual WTC (antiguo Hotel de México Cuauhtémoc		---	14	Oficinas	Losa Reticular	---			4	---	Ligero	---	Daños ligeros en los muros de relleno, agrietamientos en aplanados
79m-A2		Quintana Roo esquina con Tuxpan Cuauhtémoc		---	9 y 11	Oficinas	Losa Reticular	---	Sí		PB	---	Ligero	---	Separación de pavimento
79m-A3		---		---	13	Oficinas	Marcos de Concreto	---	Sí		4-9	---	Fuerte	---	Daños en los muros de relleno en el cubo de las escaleras, algunas grietas en columnas
79m-A4		Insurgentes esquina con Medellín Cuauhtémoc		---	8	Oficinas	Marcos de Concreto	---	Sí		---	Sí	Intermedio	---	Planta triangular. Problemas de cimentación anteriores
79m-A5		---		---	8	Cine y Oficinas	Marcos Acero y Concreto	---			---	---	Ligero	---	3 bloques en forma de C con daños en muros no estructurales
79m-A6		Oaxaca Cuauhtémoc		---	12	Oficinas	Marcos de Concreto	---	Sí		---	---	Fuerte	---	Cubo de elevadores inclinado. Duda sobre daño estructural
79m-A7		---		---	6	Oficinas	Marcos de Concreto	---			2-3	Sí	Ligero	---	Choque sobre edificio 79-A6
79m-A8		---		1971	13	Oficinas	Marcos de Concreto	---			PB y 4	---	Fuerte	Leve	Muros sumamente dañados, desprendimientos importantes de la fachada
79m-A9		---		---	13	Oficinas	Marcos de Concreto	PC			1-2	---	Fuerte	Leve	Daños en las uniones viga-columna y agrietamiento en vigas con dirección vertical
79m-A10	S.H.C.P	---		---	11	Oficinas	Marcos de Concreto	---	Sí		---	---	Fuerte	Leve	Choque con edificio contiguo y muros de relleno con grietas diagonales así como en traves
79m-A11	Edificio Teléfonos	Monterrey Cuauhtémoc		---	2x3 y 8	Oficinas	Marcos y Muros de Concreto	---			1-4	---	Fuerte	Leve	Golpes entre cuerpos bajos y el alto, grietas en columnas por efecto de torsión
79m-B1		La Fragua Cuauhtémoc		---	9	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	Sí	Intermedio	---	Desplome con golpe a edificio contiguo. Duda sobre daño estructural
79m-B2	Edificio Aztlán	Juárez Cuauhtémoc		1953	12	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	Sí	Intermedio	Sustancial	Desplome grave hacia la avenida Juárez y daños graves en las escaleras
79m-B3		Plaza Aquiles Serdán Cuauhtémoc		1956	11	Oficinas	Marcos y Muros de Concreto	PM			3 y 4	Sí	Intermedio	Sustancial	Reforzado después del sismo de 1957. Sufre desplome
79m-B4	Banco Obrero	---		1949	12	Oficinas	Marcos de Acero	PC			1-7	Sí	Fuerte	---	Recimentado con golpes y desplome
79m-B5		Reforma Cuauhtémoc		1968	10	Oficinas	Marcos de Concreto	PC			5-9	Sí	Ligero	Leve	Concentración de los daños en columnas en los pisos superiores. Desplome
79m-B6	Teatro	---		---	14	Teatro y Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	Sí	Fuerte	---	Daños importantes en la fachada. Duda sobre daño estructural
79m-B7		Río de la Plata esquina con Reforma Cuauhtémoc		1953	6	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	Sí	Fuerte	Leve	Desplome considerable hacia Río de la Plata. Duda sobre daño estructural
79m-B8	DEPTOS	---		1975	18	Vivienda	Marcos y Muros de Concreto	PC	Sí		---	No	Ligero	---	Grietas en escaleras y pasillos, y grietas diagonales en muros dentro de departamentos
79m-C1	DEPTOS	---		1956	11	Vivienda	Marcos de Concreto	---			1-5	---	Fuerte	Sustancial	Fracturas en muros divisorios. Grietas por cortante en vigas. Desalojado totalmente
79m-C2		---		---	8	Oficinas	Marcos de Concreto	---			1-3	No	Fuerte	Sustancial	Demasiada rigidez en escaleras y se formaron grietas en las columnas por torsión en planta
79m-C3		---		---	13	Teatro y Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	---	Fuerte	---	Castillos fracturados, grietas diagonales en muros. Duda sobre daño estructural
79m-C4		---		1979	6	Oficinas	Marcos de Concreto	---	Sí		---	---	Ligero	---	En construcción. Fisuras verticales en diversas vigas por el colado
79m-C5	CASA	---		1935	2	Vivienda	Muros Carga/Mam postería	---			---	---	Fuerte	Grave	Daño debido al edificio cercano de 13 niveles
79m-C6	Tesorería	---		---	8	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	---	Fuerte	---	Los muros de block con grietas y desprendimiento de varios cristales
79m-C7		---		1961	11	Oficinas y Vivienda	Marcos de Acero	PM			---	Sí	Ligero	---	El terreno circundante se asentó por lo que presenta una inclinación

Tabla C.2 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 14/Marzo/1979 (continuación)

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Sistema Estructural	Cimentación	Ubicado en esquina	Periodo del Suelo (aprox.)	Pisos más dañados	Asentamientos	Daño No Estructural	Daño Estructural	Observaciones	
		Calle	#													
		Colonia														
		Delegación														
79m-C8	DEPTOS	---		---	8	Vivienda	Marcos de Acero	---			1-3	---	Intermedio	----	Los muros presentan grietas diagonales de cortante	
		Benito Juárez														
79m-C9		---		---	7	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	---	Intermedio	----	Grietas diagonales por cortante en muros en ambos sentido	
		Cuauhtémoc														
79m-C10		---		---	9	Oficinas	Marcos de Concreto	PC			---	---	Fuerte	----	Sólo una columna en el sótano presenta una varilla expuesta	
		Coyoacán														
79m-C11	DEPTOS	---		---	13	Vivienda	Marcos de Concreto	---			1-4	---	Fuerte	Sustancial	Edificio desalojado por las particiones entre los departamentos.	
		Cuauhtémoc														
79m-C12	Holiday Inn	---		---	17	Hotel	Marcos de Concreto	---	Sí		1-7	---	Fuerte	----	El edificio se encuentra actualmente en reparaciones menores	
		Cuauhtémoc														
79m-C13		---		---	14	Oficinas	Losa Aligerada y Tridilosa	---	Sí		---	---	Fuerte	Grave	Edificio desalojado por daños ocasionados en sismos anteriores	
		Cuauhtémoc														
79m-C14	Hilton	Reforma		---	14	Hotel	Marcos de Concreto	PC			---	---	Fuerte	----	Edificio con 3 cuerpos que se golpearon entre sí. Duda por daño estructural	
		Cuauhtémoc														
79m-C15	U.H. Tlatelolco	Guerrero y Flores Magón		---	14	Vivienda	Marcos de Concreto	---	Sí		---	---	Fuerte	----	Muros divisorios con grietas. Diversos edificios similares	
		Cuauhtémoc														
79m-C16	Unidad Habitacional I	Flores Magón Por Eje 1 y Eje 2		---	14	Vivienda	Marcos de Concreto	---			---	Sí	Fuerte	Leve	Muros divisorios con daños y demolidos. Una columna del 2 nivel con fisuras	
		Cuauhtémoc														
79m-C17	Telmex/P. Deportes	Mixhiuca/ESEF		---	14	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	---	Intermedio	Leve	Muros de colindancia con grietas horizontales y columnas centrales en el sótano con	
		Iztacalco														
79m-C18		---		---	9	Oficinas	Marcos de Concreto	---			---	---	Fuerte	Sustancial	Graves daños en cubo de escaleras y elevadores. Grietas diagonales en vigas	
		Cuauhtémoc														
79m-D1	Telmex/P. Deportes	Mixhiuca/ESEF		---	8	---	Losa Plana	---			---	---	Intermedio	Leve	-----	
		Iztacalco														
79m-D2		---		---	6	---	Marcos de Concreto	---			---	---	Fuerte	Leve	-----	
		Cuauhtémoc														
79m-D4	Unidad Habitacional I	---		---	16	---	Muros de Carga de Concreto	---			---	---	Ligero	----	Grietas verticales y pequeñas en muros divisorios. Conjunto de edificios iguales.	
		Cuauhtémoc														
79m-D5		---		1974	7	Oficinas	Losa Reticular	---	Sí		1-2	Sí	Fuerte	Grave	Columnas presentan agrietamientos en sus bases. En peligro de colapso	
		Cuauhtémoc														
79m-D6	Hotel	---		1949	11	Hotel	Marcos de Acero Remachados	---			---	---	Fuerte	----	Desalojado desde 1957 por sus graves daños	
		Cuauhtémoc														
79m-D7	DEPTOS	---		---	13	Vivienda	Losa Reticular	---			---	---	Intermedio	----	El suelo ha sufrido asentamientos y grietas en los muros.	
		Cuauhtémoc														
79m-D8		---		---	11	Hospital	Marcos de Concreto	---			---	---	---	Grave	Colapsos de varios cuerpos en los consultorios médicos	
		Cuauhtémoc														
79m-D9		---		1974	7	Oficinas	Marcos de Concreto	---			2-6	---	Fuerte	Grave	Agrietamiento generalizado en traves. Desalojado por daños graves	
		Cuauhtémoc														
79m-D10		Chapultepec esquina con Dinamarca		---	7	---	Marcos y Muros de Concreto	---	Sí		---	---	Ligero	Sustancial		
		Cuauhtémoc														

— **Tipo de Cimentación:** S=Superficial, CC=Cajón de Cimentación, PCP=Parcialmente Compensada con cajón y Pilotes, PC=Pilotes de Control de Concreto (de Fricción), PM=Pilotes de Madera (de Punta)



Figura C.14 "79m-A4" – Oficinas en insurgentes con problemas en la cimentación. (Meli, 1979)



Figura C.15 "79m-A8" – Edificio de 13 niveles con daños en muros. (Meli, 1979)



Figura C.16 "79m-C1" – Departamentos desalojados, fracturas de gravedad. (Meli, 1979)



Figura C.17 "79m-C3" – Muros destruidos y castillos fracturados en el teatro y oficinas. (Meli, 1979)

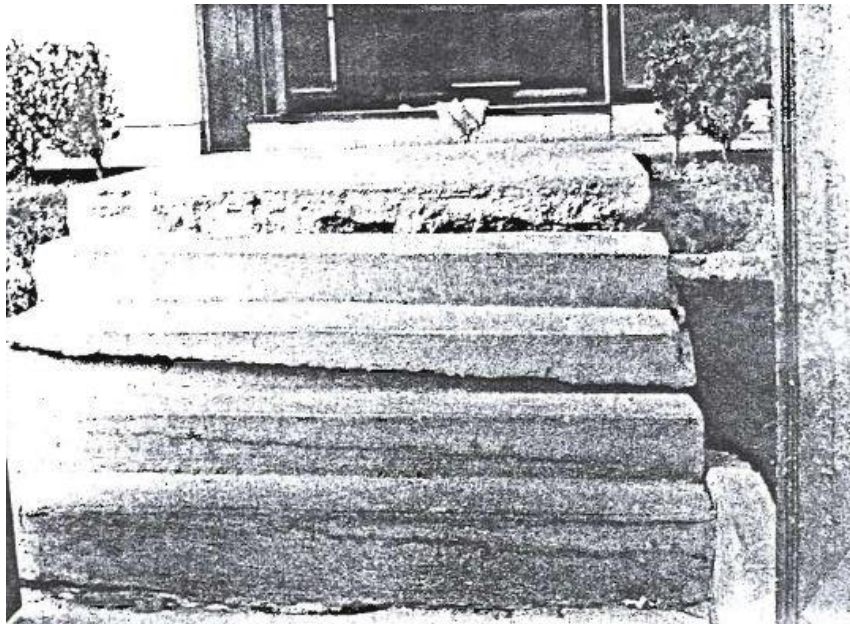


Figura C.18 "79m-C7" – El terreno circundante se asentó y se fractura escalera. (Meli, 1979)



Figura C.19 “79m-C12” – Hotel Holiday Inn con daños no estructurales fuertes. (Meli, 1979)



Figura C.20 "79m-C13" – Edificio desalojado por daños actuales y de sismos previos. (Meli, 1979)



Figura C.21 "79m-C14" – El hotel Hilton, en Reforma, sufre pequeño asentamiento. (Meli, 1979)



Figura C.22 "79m-C14" – Habitación del hotel Hilton, con daño en muro no estructural. (Meli, 1979)

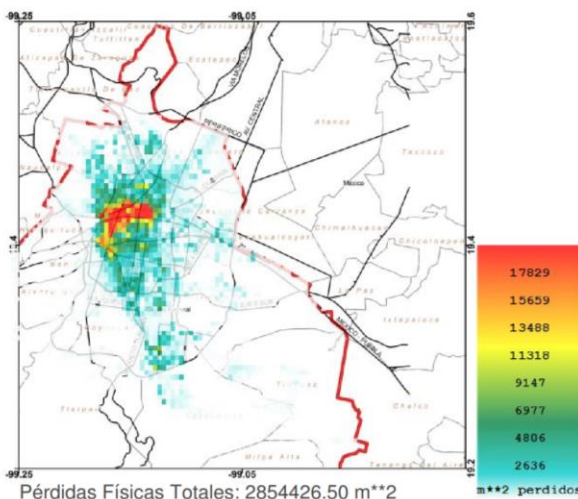


Figura C.23 "79m-D5" – Edificio de oficinas en esquina con daños en fachada y acero de refuerzo visible en una columna de los pisos inferiores. (Meli, 1979)

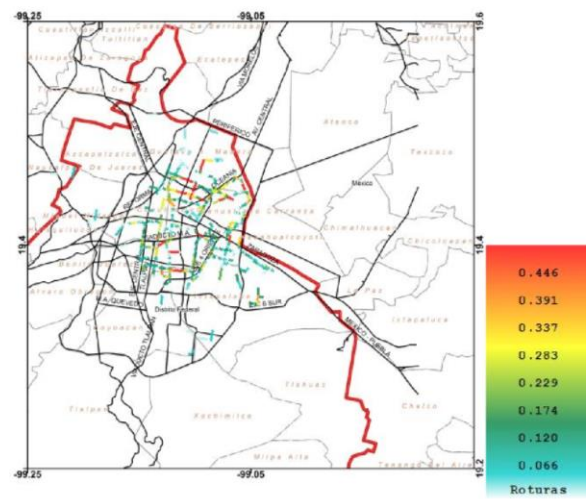
D – SISMO DE 1985

Fecha	19 de septiembre de 1985
Hora (GMT) de registro en CU	13:19:00
Aceleración máxima del suelo registrada en CU	32.58 (cm/s²)
Velocidad máxima del suelo registrada en CU	10.59 (cm/s)
Aceleración espectral máxima a T=1 segundo	96.36 (cm/s²)
Pérdidas físicas totales	2'854,426.50 (m²)
Estimación total de víctimas	9,886 (víctimas)
Fecha de generación de reporte	20/08/2014

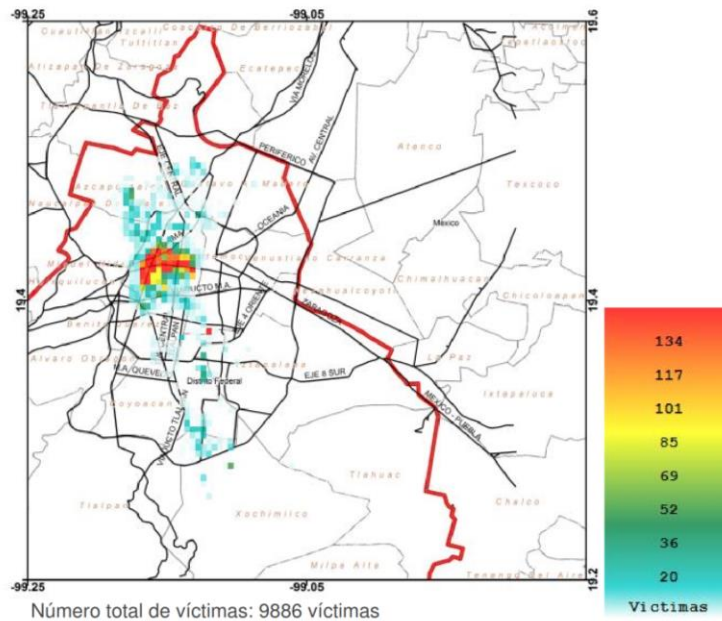
Mapa de daños



Mapa de daños en red principal de agua potable

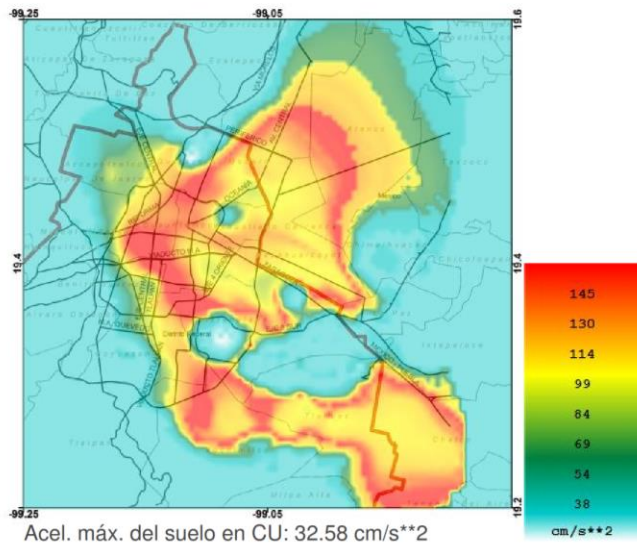


Mapa de víctimas

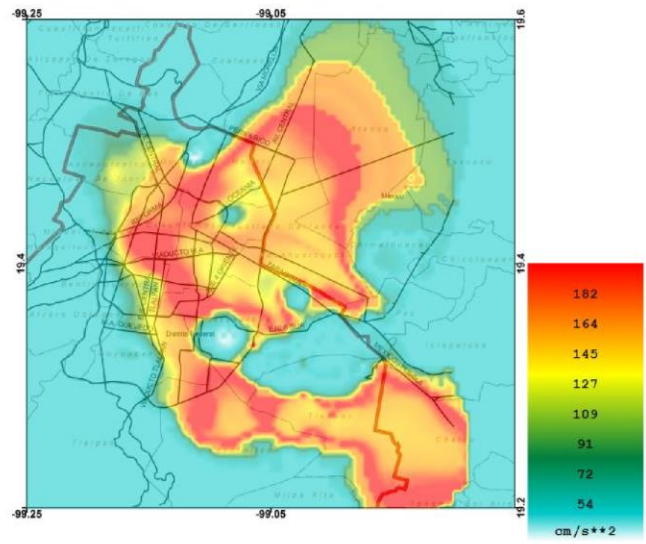


GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR EFECTOS DE SISMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

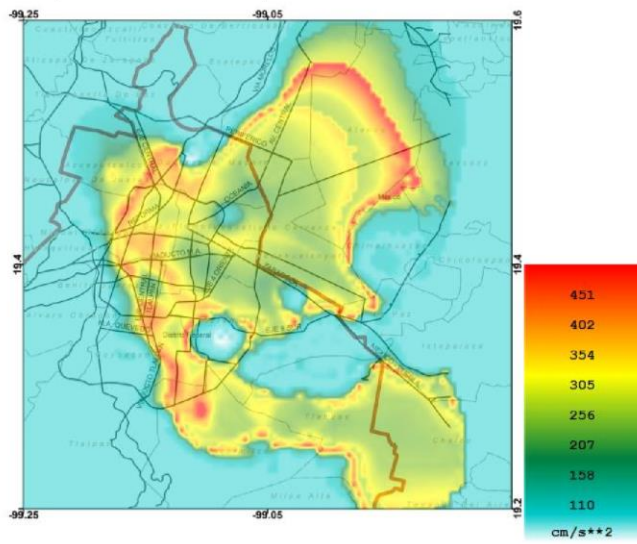
Mapa de aceleraciones máximas del terreno



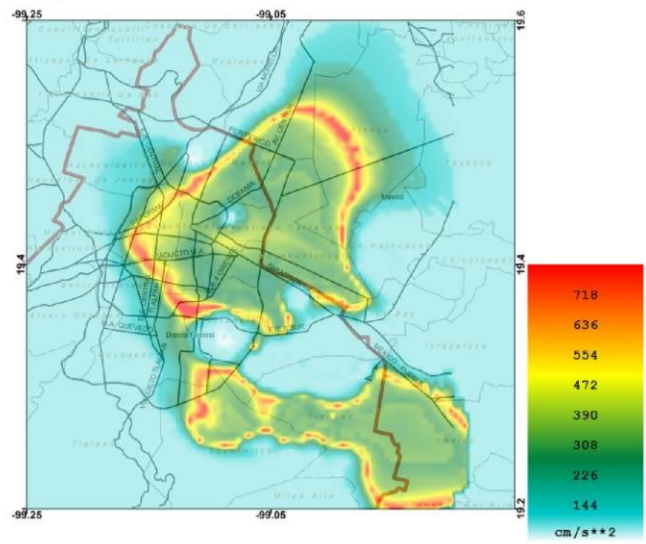
Mapa de aceleración espectral T=0.3s



Mapa de aceleración espectral T=1.0s



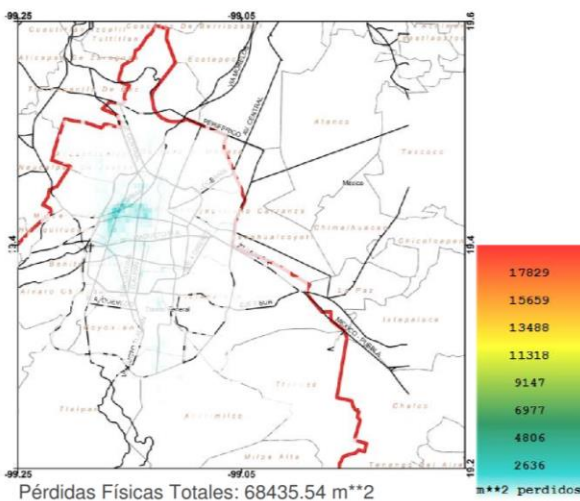
Mapa de aceleración espectral T=2.0s



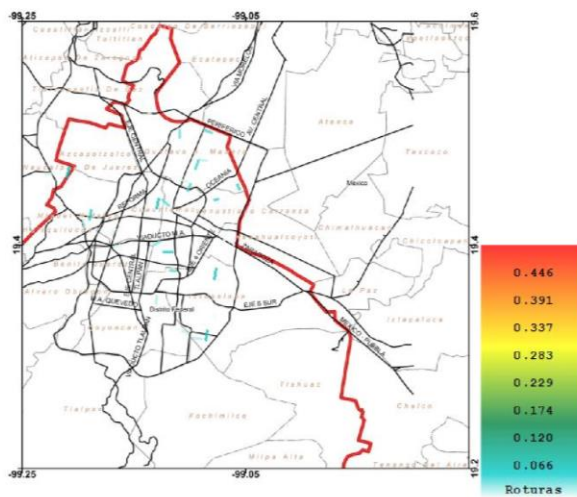
E – SISMO DE 2012

Fecha	20 de marzo de 2012
Hora (GMT) de registro en CU	18:02:58
Aceleración máxima del suelo registrada en CU	13.97 (cm/s²)
Velocidad máxima del suelo registrada en CU	3.82 (cm/s)
Aceleración espectral máxima a T=1 segundo	33.00 (cm/s²)
Pérdidas físicas totales	68,435.54 (m²)
Estimación total de víctimas	0 (víctimas)
Fecha de generación de reporte	11/10/2012

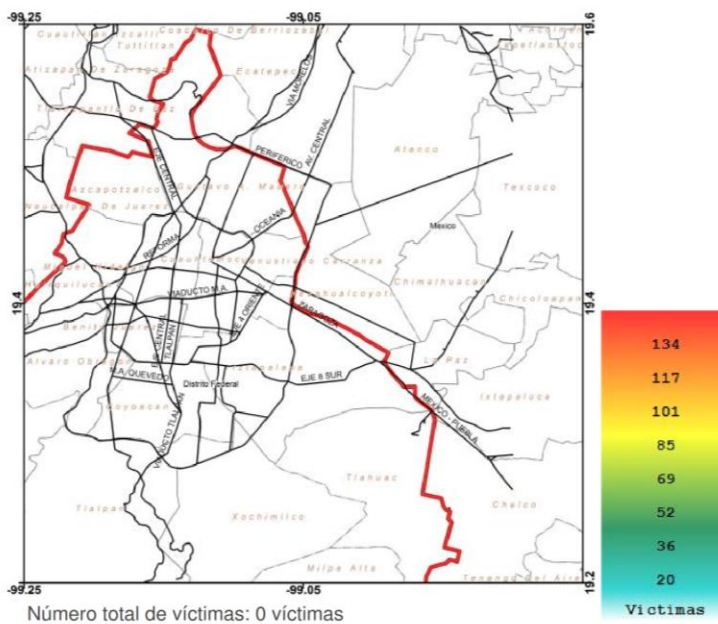
Mapa de daños



Mapa de daños en red principal de agua potable

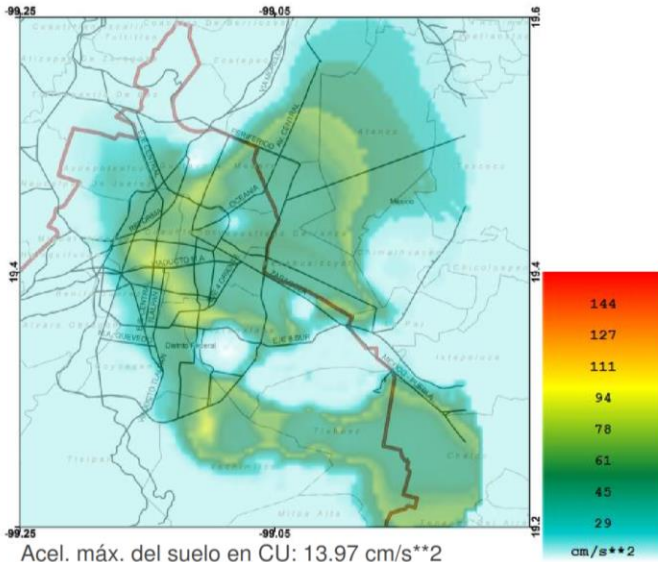


Mapa de víctimas

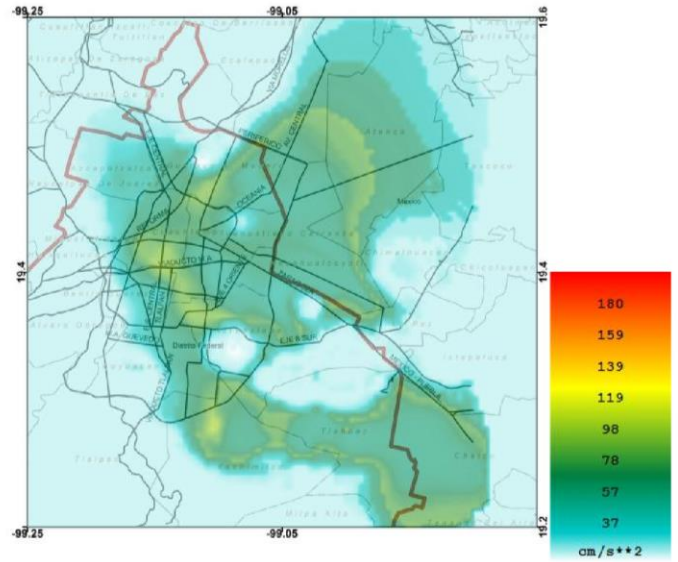


GENERACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LOS DAÑOS REGISTRADOS EN CONSTRUCCIONES POR EFECTOS DE SISMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INTEGRADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

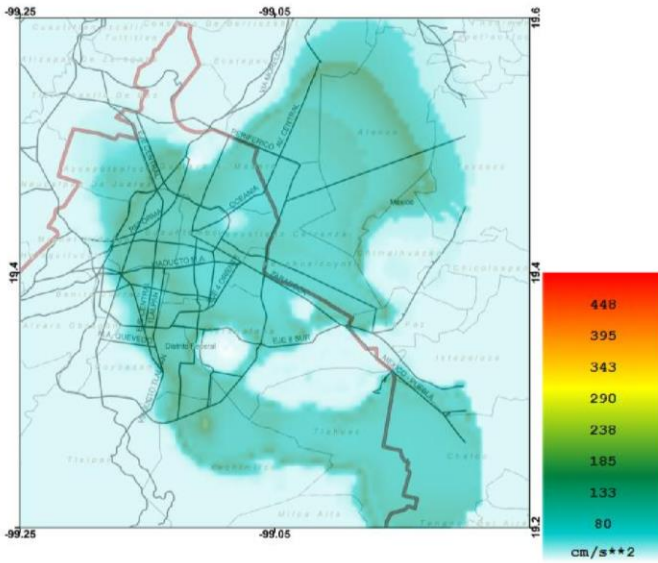
Mapa de aceleraciones máximas del terreno



Mapa de aceleración espectral T=0.3s



Mapa de aceleración espectral T=1.0s



Mapa de aceleración espectral T=2.0s

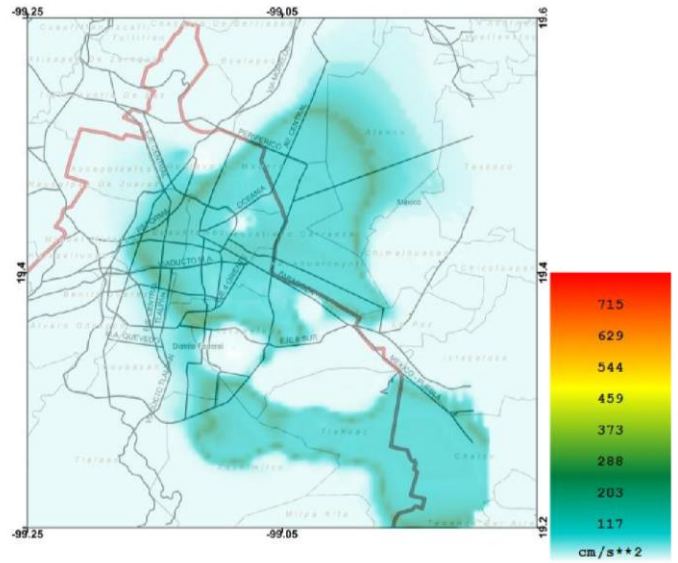


Tabla E.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 20/Marzo/2012

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Sistema Estructural	Ubicado en esquina	Período del Suelo (aprox.)	Asentamientos	Daño No Estructural	Daño Estructural	Observaciones
		Calle	#										
		Colonia											
		Delegación											
12-01	Sec. No. 162 Fco. Monterde	Juan Escutia		---	4	Escuela	Marcos de Concreto	Sí	1.07	---	Fuerte	Grave	Serios daños estructurales, por lo que la escuela será demolida y reconstruida.
12-02	Edificio SSP	Liverpool	136	---	18	Oficinas	Marcos de Acero y Concreto	---	1.76	No	Ligero	---	Posibles daños estructurales
12-03	Primaria Constitución Apatzingán	Puerto Ensenada		---	1	Escuela	Muros de Carga de Concreto	Sí	1.97	---	Ligero	Leve	Se derrumbó una barda muy larga, aplastando varios automóviles
12-04	SCT Vías METRO	Línea A - Estaciones: Acatitla y Santa Martha Iztapalapa		1991	---	Vialidad	Vías Férreas	---	1.37	Sí	---	Grave	Se deforman las vías perdiendo la línea recta original
12-05		República Federal esq. Av. Zaragoza Iztapalapa		---	n/a	Vialidad	Carpeta Asfáltica	n/a	1.17	Sí	---	Leve	El puente sufre daños en la unión, posiblemente por asentamientos.
12-06		Pedro Moreno Guerrero	34	---		Vivienda	---	No	1.94	---	Ligero	Leve	Se derrumbó una bóveda Catalana, hiriendo a una persona
12-07	Puente Peatonal	Av. De las Culturas y Eje 5 Norte Azcapotzalco		---		Vialidad	Concreto Reforzado	n/a	0.54	---	n/a	Colapso Total	Falla la trabe del puente, se desprende y cae a la vialidad sobre un camión, chofer herido
12-08	Sede Nacional del PRI	Av. Insurgentes Norte Buenavista	59	---	9	Oficinas	Marcos de Concreto	Sí	1.56	---	Ligero	---	Supuestos daños estructurales, por lo que el edificio fue desalojado (CEN PRI)
12-09	CEDART Frida Khalo	Plaza de la República Tabacalera	7	---	4	Escuela	---	Sí	1.81	Sí	Ligero	Leve	Fisuras en muros e inclinaciones por posibles asentamientos
12-10	Dirección Gral. Ed. Indígena	Xola y Av. Cuauhtémoc		---		Oficinas	---	---	1.53	---	Ligero	---	Varias cuarteaduras en muros y caída de varios plafones.
12-11	CFE	Juárez Centro		---		Oficinas	---	---	1.98	---	Ligero	---	Tentativa de haber sufrido daños estructurales, en revisión y desalojo momentáneo.
12-12	IMSS	Paseo de la Reforma Juárez	476	---	9	Oficinas	Marcos de Concreto	Sí	1.08	Sí	Fuerte	---	Se presentaron fisuras en muros, plafones rotos, fugas de agua y desplazamientos del
12-13	TSJ DF	Dr. Navarro Doctores	180	---		Oficinas	---	---	2.02	No	Fuerte	Leve	Se derrumbaron las escaleras del edificio del Tribunal Superior de Justicia del DF
12-14	IMSS No.6	Corregidora Centro Venustiano Carranza		---	5	Hospital	Marcos de Concreto	Sí	2.48	---	Ligero	---	No se especificaron los daños, pero fue desalojado y revisado por protección civil.
12-15	Instituto Francés IMKA	Muzio Clementi La Nopalera	17	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	---	1.37	No	Ligero	---	Daños no estructurales, pero fue desalojado y se suspendieron las clases
12-16	Hospital General No.26	Chilpancingo Hipódromo Condesa	288	---		Hospital	---	Sí	1.18	---	---	---	Se desalojó por bastante tiempo para una evaluación estructural. No se describieron los daños.
12-17	Secundaria No. 147	Constitución de la Rep. Providencia Gustavo A. Madero		---	2	Escuela	---	Sí	3.58	---	---	---	La escuela permaneció cerrada después del sismo, no se detallaron los daños.
12-18	Esc. Primaria Urbano Lavín Roman	Nicolas Champion Miguel Hidalgo		---		Escuela	---	Sí	1.61	No	Ligero	---	Posiblemente solo daños no estructurales, pero las clases fueron suspendidas

Tabla E.1 Descripción de estructuras dañadas por el sismo del 20/Marzo/2012 (continuación)

Clave Estructura	Nombre	Dirección		Año de Construcción	No. Niveles	Uso	Sistema Estructural	Ubicado en esquina	Periodo del Suelo (aprox.)	Asentamientos	Daño No Estructural	Daño Estructural	Observaciones
		Calle	#										
		Colonia											
		Delegación											
12-19	Hospital de Ginecopediatría	Chosica Lindavista		---	6	Hospital	Marcos de Concreto	Sí	1.21	---	Fuerte	---	Fuertes daños no estructurales, vidrios rotos, grandes cuarteaduras en muros y daños
12-20	Secundaria No. 185	Edo. De Veracruz	185	---	3	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	3.16	---	---	---	Fue desalojada debido a los daños por el sismo, aunque no se identificaron los daños.
12-21	TSJ DF	C. Aragón	Fray Servando	---		Oficinas	---	---	2.42	---	Ligero	Leve	Posibles daños estructurales, por lo que trabajadores exigen revisión del inmueble.
12-22	Terminal 2 del Aeropuerto	Blvd. Puerto Aéreo	s/n	---	4	Aeropuerto	Concreto Reforzado	Sí	4.42	---	Ligero	---	Daños no estructurales que se concentraron en vidrios rotos y ligeros agrietamientos
12-23	Primaria 15 de Septiembre	Peñón de los Baños	Venustiano Carranza	---	3	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	0.84	---	Ligero	Leve	Evaluada para posible reconstrucción, pero solamente será reparada sin parar clases
12-24	Primaria José Romero y Fuentes	Eje 3 Norte Cuitláhuac	Azcapotzalco	---		Escuela	---	Sí	0.91	---	Fuerte	Leve	Ligeros daños estructurales, con reparaciones menores sin parar las clases.
12-25	Primaria Otilio Montaña	Las Flores	37	---		Escuela	---	Sí	0.91	---	Fuerte	Leve	Ligeros daños estructurales, con reparaciones menores sin parar las clases.
12-26	Primaria R. Flores Magón	Lomas San Lorenzo	Iztapalapa	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	3.63	---	Fuerte	Grave	Daños estructurales severos, deberá ser reconstruida y clases en aulas provisionales
12-27	Transformador	Nicolás Bravo	San José	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	3.63	---	Fuerte	Grave	Daños estructurales severos, deberá ser reconstruida y clases en aulas provisionales
12-28	Jardín de Niños Citlalli	Av. Tláhuac km. 23	Tláhuac	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	1.54	---	Fuerte	Grave	Graves daños estructurales, se determinó su reconstrucción e instalar aulas provisionales
12-29	Primaria República de Madagascar	Río Churubusco y Sur 103		---	---	Servicio Luz	n/a	n/a	1.53	n/a	---	Colapso Total	El transformador eléctrico cae a consecuencia del sismo y aplasta un automóvil
12-30	Primaria Fco. Giner de los Ríos	---	Tláhuac	---	---	Escuela	---		2.46	---	Fuerte	Grave	Con daños estructurales serios, se debe demoler y reconstruir, clases en aulas provisionales
12-29	Primaria República de Madagascar	Guillermo Glez C	120	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	2.08	Sí	Fuerte	Grave	La primaria debe ser reconstruida totalmente y dar clases en aulas provisionales
12-30	Primaria Fco. Giner de los Ríos	Jacarandas	Iztapalapa	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	2.08	Sí	Fuerte	Grave	La primaria debe ser reconstruida totalmente y dar clases en aulas provisionales
12-30	Primaria Fco. Giner de los Ríos	Isabel la Católica	370	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	2.74	---	Fuerte	Grave	Importantes daños estructurales, será demolida y reconstruida. Alumnos reubicados
		Obrera	Cuauhtémoc	---	2	Escuela	Mampostería y Concreto	Sí	2.74	---	Fuerte	Grave	Importantes daños estructurales, será demolida y reconstruida. Alumnos reubicados

REFERENCIAS

- 1º. Aguirre Botello, M., (2011). "**Mexico Máxico**". [En línea] Available at: www.mexicomaxico.org/ParisMex/resumen.htm [Último acceso: 19 Noviembre 2014].
- 2º. Chang, K., (2007). "**Introduction to Geographic Information System**". 4th Edition editorial. s.l.: McGraw Hill.
- 3º. El Nacional, Periódico, (1979). **Publicaciones del jueves 15 de marzo al domingo 18 de marzo de 1979**. Año: L; Tomo: X; Número: 17,979.
- 4º. El Universal, Periódico, (1979). *Publicaciones del jueves 15 de marzo al lunes 19 de marzo de 1979*. Año: LXIII; Tomo: CCL; Número:22,529.
- 5º. ERN, (2012). "**Cien años del sismo de Acambay**". *ERNtérate*, pp. 1-2.
- 6º. ERN, (2012). "**Daños del temblor de Ometepepec, Oaxaca, del 20 de marzo de 2012 [Mw=7.4]**". *ERNtérate*, Volumen 2, pp. 1-3.
- 7º. Excélsior, Periódico, (1957). *Publicaciones de 29 de julio al 5 de agosto de 1957. El periódico de la vida nacional*, Año XLI, Tomo IV.
- 8º. Excélsior, Periódico, (1979). *Publicaciones del jueves 15 de marzo al lunes 19 de marzo de 1979*. Año: LXII; Tomo: II; Número: 22,603.
- 9º. Figueroa, J., (1957). "**El macrosismo del 28 de julio de 1957**". *Anales del Instituto de Geofísica UNAM*, Volumen III, pp. 55-88.
- 10º. Figueroa, J., (1970). "**Catálogo de sismos ocurridos en la república mexicana**". *Instituto de Ingeniería de la UNAM*, Issue 272, p. 89.
- 11º. Filsinger, T. J. & González Cuesta, A., (2005). "**Mapas y Vistas del Anáhuac Espacio y Tiempo en la Cuenca y la Ciudad de México**", Mexico, DF: s.n.
- 12º. Fundación ICA, (1992). "**Catálogo de temblores que han afectado al valle de México. Siglo XIV al XX**". México: Ed. Limusa.
- 13º. Instituto de Geofísica de la UNAM, (1985). "**Informe y Evaluación preliminar: El Sismo del 19 de Septiembre de 1985**", Distrito Federal: Instituto de Geofísica con la colaboración del Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- 14º. Kostoglodov, V. & Pacheco, J. F., (1999). "**Cien años de sismicidad en México**". *Instituto de Geofísica UNAM*.

159. Legislatura LIII, (1986). **"ENCABEZADO LIII LEGISLATURA DIARIO de los DEBATES DE LA CÁMARA DE DIPUTADOS DEL CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS"**, México, DF: s.n.
169. Luzanía Valerio, M. S., (2005). **"¿Qué son los sistemas de información geográfica?"**. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, XVIII(3).
179. Marsal, R., (1958). **"Los efectos del terremoto del 28 de julio y la consiguiente revisión de los criterios para el diseño sísmico de estructuras"**. *Revista de Ingeniería, Instituto de Ingeniería, UNAM*, 28(1), pp. 10-23.
189. Meli, R., (1979). **"Evaluación de los efectos del Sismo del 14 de Marzo de 1979 en las edificaciones del Distrito Federal. Informe Preliminar."**, Distrito Federal: Instituto de Ingeniería de la UNAM.
199. Meli, R., López, O. & Miranda, E., (1985). **"Evaluación de los efectos de los sismos de septiembre de 1985 en los edificios de la ciudad de México Parte III. Comportamiento de edificios dañados. Anexo 1. Edificios dañados en 1957"**, Ciudad de México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
209. Merino, J., (1958). **"El temblor del 28 de julio de 1957"**, s.l.: Anales del Instituto de Geofísica, UNAM, Volumen III, pp. 89-125.
219. Muñoz Lumbier, M., (1918). **"La seismología en México hasta 1917"**. *Boletín del Instituto Geológico de México*, p. 36.
229. Novedades, Periódico, (1979). *Publicaciones del jueves 15 de marzo al martes 20 de marzo de 1979*. Año: XXXIX; Número: 13,715, pp. 16-21.
239. Orozco Narváez, V. & Reinoso Angulo, E., (2007). **"Revisión a 50 años de los daños ocasionados en la Ciudad de México por el sismo del 28 de julio de 1957 con ayuda de investigaciones recientes y sistemas de información geográfica"**. *Revista de Ingeniería Sísmica*, Issue 76, pp. 61-87.
249. Prince, J. y otros, (1979). **"Informe preliminar sobre el sismo del 14 de marzo de 1979 cerca de la costa de Guerrero. Parte A"**, Distrito Federal: Informe IPS-5.
259. Marsal, R., (1958). **"Los efectos del terremoto del 28 de julio y la consiguiente revisión de los criterios para el diseño sísmico de estructuras. Parte II Efectos del macrosismo registrado el 28 de julio en las construcciones de la ciudad"**. *Revista de Ingeniería*, 28(1), pp. 10-23.
269. Rosenblueth, E., (1958). **"Los efectos del terremoto del 28 de julio y la consiguiente revisión de los criterios para el diseño sísmico de estructuras. Parte I Características de los sismos"**. *Revista de Ingeniería, Instituto de Ingeniería de la UNAM*, Vol. 28, No. 1, pp 1-9.

- ^{27º}. Rosenblueth, E., Sánchez-Sesma, F., Ordaz, M. & Singh, S., (1987). ***"Espectros de diseño en el reglamento para las construcciones del Distrito Federal"***. Querétaro, México: VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.
- ^{28º}. Servicio Sismológico Nacional, (2012). ***"Reporte de Sismo del día 20 de Marzo de 2012, Oaxaca"***, México, DF: Instituto de Geofísica.
- ^{29º}. Zeevart, L., (1960). ***"Base Shear on tall buildings during earthquake July 28th, 1957 in Mexico City"***. Tokio, Japón: 2WCEE.