

PRÓLOGO

Las viviendas de interés social en la Ciudad de México alojan a más de la cuarta parte de la población capitalina, el preservarla en condiciones aceptables de servicio y seguridad es una tarea social imprescindible, ya que solo así se puede salvaguardar la vida y la integridad física de sus ocupantes y proteger su, a veces único, patrimonio familiar.

Los conjuntos habitacionales ciudadanos están sometidos a múltiples riesgos, sin embargo los efectos de la acción conjunta de los sismos y la desecación del subsuelo, originada ésta por la sobreexplotación del acuífero metropolitano, representan la más grave amenaza para su estabilidad, tal como se vivió durante el desastre capitalino de 1985.

La principal intención de esta tesis es investigar y sistematizar los efectos de la interacción de riesgos sísmico e hídrico. El analizar los efectos de la deshidratación del suelo en las edificaciones ha permitido entender su comportamiento antes y después de presentarse un terremoto; y a partir de dicha investigación se proponen las medidas para mitigar y prevenir la vulnerabilidad de los conjuntos de interés social existentes y a erigirse en el Distrito Federal, respectivamente.

La vivienda de interés social tiene características arquitectónicas, estructurales y constructivas muy diversas que corresponden con el sitio, la época y las condiciones socio-políticas en las que fueron construidas; por ello el estudio de los mismos se torna altamente problemático, ya que cada conjunto representa un caso particular. Se estima en cien mil las viviendas capitalinas dañadas o en riesgo estructural



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Por esa razón esta investigación se ha limitado a las edificaciones de alto riesgo más comunes; esto es, aquellos edificios de cinco niveles alojados en zonas de alta intensidad sísmica y donde los hundimientos y agrietamientos del suelo son más significativos.

Debido a los detallados estudios requeridos en cada uno de los conjuntos dañados, sólo se formula en este trabajo una estrategia que permitirá evaluar comparativamente la interacción de riesgos sísmico e hídrico y determinar el orden en que deben intervenir los conjuntos; así como plantear los procedimientos constructivos idóneos para mitigar los efectos de dicha interacción. Como resultado de la investigación realizada se propone el proyecto de un conjunto habitacional de interés social en la Ciudad de México, que permitirá prevenir la interacción de tales riesgos.

Agradezco al doctor Jesús Aguirre Cárdenas, Maestro Emérito de esta Universidad Nacional Autónoma de México, su valiosísimo apoyo, y sus sabios consejos en el desarrollo de esta tesis; así mismo al doctor Enrique Santoyo Villa por sus inapreciables observaciones formuladas durante el proceso de esta investigación y al doctor Fernando López Carmona, también Maestro Emérito Universitario, por sus acertados comentarios. Así también agradezco a la maestra Perla Santa Ana Lozada y al doctor Juan Gerardo Oliva Salinas las correcciones sugeridas para la culminación de este trabajo.

Extiendo un reconocimiento a todas las maestras y maestros que me han guiado a lo largo de mi camino académico; desde la que me enseñó a empuñar el lápiz, hasta quienes me mostraron la complejidad de la vida; y a las personas que coadyuvaron en la realización de esta tesis, de manera muy especial a la Maestra Alicia Susana Ezeta Genis, asimismo a Alejandro Arvizu Álvarez, al Ingeniero Antonio Silva Tonché y al licenciado Alejandro Carricart Ganivet.

La Interacción de Riesgos Sísmico e Hídrico en los Conjuntos Habitacionales de Interés Social de la Ciudad de México

Introducción	1
Capítulo 1. El riesgo en la Ciudad de México	3
1.1 Desastre.....	5
1.1.2 Definición de Desastre.....	7
1.1.3 Desastre urbano.....	6
1.1.4 Desastres urbanos en México.....	9
1.1.4.1 Sismos.....	10
1.1.4.2 Erupciones.....	11
1.1.4.3 Huracanes.....	11
1.1.4.4 Inundaciones.....	12
1.1.4.5 Emergencia Hídrica.....	13
1.1.4.6 Contingencia Sanitaria.....	13
1.1.4.7 Violencia.....	14
1.1.4.8 Explosiones.....	14
1.1.4.9 Contaminación Ambiental.....	15
1.1.5 Protección Contra Desastres en México.....	15
1.1.5.1 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).....	16
1.1.5.2 Fondo de Desastres Naturales (FONDEN).....	17
1.1.5.3 Ley General de Protección Civil.....	18
1.1.5.4 Declaratorias de Emergencia y de Desastre.....	19

1.2 Riesgo.....	20
1.2.1 Concatenación, interacción y sucesión de riesgos.....	21
1.2.2 Amenaza.....	22
1.2.2.1 Amenazas Naturales.....	24
1.2.2.2 Amenazas Socio-naturales.....	24
1.2.2.3 Amenazas Tecnológicas.....	25
1.2.2.4 Amenazas Sociales.....	25
1.2.2.5 Interacción, Concatenación y Sucesión de Amenazas.....	26
1.2.3 Vulnerabilidad.....	27
1.2.4 Prevención y Mitigación del Riesgo.....	31
1.2.4.1 Prevención.....	31
1.2.4.2 Mitigación.....	32
1.3 Riesgo hídrico en la Ciudad de México.....	34
1.3.1 Construcción del riesgo hídrico en la Ciudad de México.....	37
1.3.1.1 Época Tenochca.....	38
1.3.1.2 Época Colonial.....	40
1.3.1.3 Época Independiente.....	42
1.3.1.4 Época Contemporánea.....	44
1.3.2 Drenaje Profundo.....	47
1.3.3 Suministro hídrico metropolitano.....	48
1.3.4 Sobreexplotación del acuífero metropolitano.....	49
1.3.5 Balance hidrológico de la Cuenca de México.....	51
1.3.6 Deshidratación del subsuelo metropolitano.....	52
1.3.7 Hundimiento metropolitano.....	53
1.3.7.1 Velocidad de subsidencia del suelo de la Ciudad de México.....	56
1.3.8 Agrietamiento del suelo de la Ciudad de México.....	58
1.3.9 Modificación de las propiedades del suelo de la Ciudad de México.....	60
1.4 El riesgo sísmico en la Ciudad de México.....	60
1.4.1 México en el entorno de la sismicidad mundial.....	63
1.4.2 Magnitud e intensidad sísmica.....	63
1.4.3 Zonificación sísmica de la Ciudad de México.....	64
1.4.5 Resonancia sísmica.....	67
1.5 Interacción de riesgos hídrico y sísmico en la Ciudad de México.....	68
1.5.1 Sitio de interacción extrema.....	70

1.5.2 Franjas críticas capitalinas.....	71
---	----

Capitulo 2. El riesgo en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México..... 72

2.1 Conjuntos habitacionales en México.....	72
2.2 Conjuntos habitacionales de interés social en México.....	73
2.3 Conjuntos habitacionales de interés social en la Ciudad de México.....	74
2.3.1 Localización de los conjuntos.....	77
2.3.2 Características de los conjuntos habitacionales.....	78
2.3.3 Sembrado de edificaciones en los conjuntos.....	80
2.3.4 Tipología arquitectónica de las edificaciones.....	81
2.3.5 Prototipos de las viviendas.....	81
2.3.6 Sistemas estructurales de las edificaciones.....	84
2.3.6.1 Edificaciones a base de muros de carga.....	85
2.3.7 Sistemas de cimentación de las edificaciones.....	86
2.4 El riesgo hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México.....	85
2.4.1 Amenaza hídrica.....	86
2.4.1.1 Carencia de agua potable, inundaciones y fugas ácueas.....	86
2.4.1.2 Deshidratación del subsuelo.....	87
2.4.1.3 Subsistencia del suelo.....	88
2.4.1.4 Agrietamiento del suelo.....	88
2.4.1.5 Modificación de la interacción suelo-estructura.....	90
2.4.1.6 Hundimiento y desplomo de las edificaciones.....	91
2.4.2 Vulnerabilidad hídrica.....	94
2.4.3 Prevención y mitigación del riesgo hídrico.....	95
2.5 El riesgo sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México.....	96
2.5.1 Amenaza sísmica.....	97
2.5.1.1 Coeficiente Sísmico “c”.....	100
2.5.1.2 Factor de Comportamiento Sísmico “Q”.....	101
2.5.1.3 Carga (W).....	102

2.5.1.4 Métodos de Análisis Sísmico	102
2.5.1.5 Efectos de la Resonancia Sísmica en las edificaciones	105
2.5.2. Vulnerabilidad sísmica	106
2.5.3 Prevención y mitigación del riesgo sísmico	107
2.5.3.1 Sistema de Alerta Sísmica	108
2.6 Interacción de riesgo sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México	109
2.6.1 Interacción de amenazas sísmica e hídrica	110
2.6.2 Vulnerabilidad ante la interacción de amenazas sísmica e hídrica	111
2.6.3 Prevención y mitigación de la interacción de riesgos sísmico e hídrico	111

Capitulo 3. La Mitigación de la Interacción de Riesgos Hídrico y Sísmico en los Conjuntos Habitacionales de Interés Social existentes en la Ciudad de México. 114

3.1 Interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos de interés social existentes en la Ciudad de México.	117
3.2 Procedimientos y mecanismos para mitigar la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos de interés social existentes en la Ciudad de México	118
3.2.1 Subexcavación	119
3.2.2 Pilotes de Control	121
3.2.3 Mecanismos de amortiguamiento	122
3.3 Conjuntos habitacionales de interés social en la Ciudad de México dañados o en riesgo.	123
3.4 Evaluación comparativa de la Interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México severamente dañados o en riesgo de colapsarse.	125
3.4.1 Evaluación Primaria.	127
3.4.2. Evaluación Complementaria	132
3.4.2.1. Indicadores de vulnerabilidad estructural	132
3.4.3 Evaluación Comparativa	135

3.5 Mitigación de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México severamente dañados o en riesgo.....	136
3.5.1 Concordia Zaragoza.....	137
3.5.2 Nueva Tenochtitlán.....	139
3.5.3 Vallejo Patera.....	141
3.5.4 El Rosario.....	143
3.5.5 CTM Culhuacán.....	144
3.5.6 José María Morelos.....	145

Capitulo 4. La prevención de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social a construirse en la Ciudad de México..... 147

4.1 Condiciones del suelo de la Ciudad de México donde se presenta la interacción de riesgos sísmico e hídrico.....	149
4.1.1 Edificaciones a construir en suelos agrietados.....	151
4.1.2 Mejoramiento del suelo.....	152
4.1.2.1 Inclusión rígida y pilotes de fricción.....	153
4.1.2.2 Aislamiento basal.....	154
4.3 Condicionantes a cumplir en los Conjuntos Habitacionales de Interés Social a construirse en la Ciudad de México para de prevenir la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.....	156
4.3.1 Formas arquitectónicas idóneas para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.....	157
4.3.2 Sistemas estructurales más adecuados para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.....	159
4.3.3 Sistemas de cimentación convenientes para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.....	160
4.3.4 Conjuntos Acordes con la legislación vigente.....	163
4.3.5 Conjuntos Habitacionales de Interés Social Económicos.....	164
4.4 Propuesta de un Conjunto Habitacional de Interés Social a construirse en la Ciudad de México capaz de prevenir la interacción de riesgos sísmico e hídrico.....	165

4.4.1 Propuesta Arquitectónica	165
4.4.2 Propuesta de cimentación	166
4.4.3 Propuesta Estructural	167
Conclusiones	169
Referencias	173
Índice de imágenes	175
Apéndice “A”	
Apéndice “B”	

Introducción

La acción simultánea y recíproca de los riesgos hídrico y sísmico es un grave problema que enfrentan los conjuntos habitacionales de interés social ubicados en aquellas regiones de la Ciudad de México donde el hundimiento y los agrietamientos del suelo desestabilizan las edificaciones y favorecen su caída durante un terremoto. Por ello es importante abordar de manera sistemática dicha problemática para así evitar un nuevo desastre urbano como el acontecido en 1985, mismo que fue atribuido a los sismos aunque también debe imputarse a la deshidratación del suelo. En ese tipo de conjuntos se aloja actualmente más de la cuarta parte de la población capitalina y muchos de ellos representan un serio peligro para sus usuarios, mismo que cada día se incrementa, dado que la deshidratación del subsuelo y la intensidad sísmica son hasta ahora crecientes e inevitables en nuestra capital.

La interacción de riesgos sísmico e hídrico se presenta en lo que fue la región lacustre capitalina y es en “sitio de interacción extrema”, localizado en la delegación de Iztapalapa, donde la intensidad sísmica y la velocidad de subsidencia del suelo alcanzan simultáneamente los máximos valores del Distrito Federal. Así también dicha interacción se manifiesta de manera drástica en las denominadas “franjas críticas capitalinas”, que se han formado en Iztapalapa y Tláhuac, donde el coeficiente sísmico adquiere su máximo valor y los hundimientos anuales son muy altos.

Más del setenta y cinco por ciento de los conjuntos habitacionales de interés social existentes en la Ciudad de México fueron erigidos con reglamentos ahora obsoletos y gran número de ellos denotan inestabilidad debido a su escaso o nulo mantenimiento y a las alteraciones del suelo en el que están apoyados. La sobreexplotación del acuífero metropolitano origina el abatimiento del nivel del agua freática del subsuelo y ello modifica las propiedades del suelo ocasionando su subsidencia y agrietamientos; así también cambia el periodo de vibración del suelo. Dichos efectos causan hundimientos diferenciales, fracturas y desplomos en las edificaciones y alteran la interacción suelo-estructura; con ello algunos

edificios se desestabilizan y son más propensos a colapsarse ante la acción de un terremoto.

La mitigación de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos ya construidos es una tarea urgente a realizar para evitar un nuevo desastre como el de 1985, adjudicado a los terremotos, aunque puede afirmarse que éstos sólo anticipan la caída de los edificios dañados por la deshidratación del suelo. Dado el gran número de conjuntos afectados por esta interacción será necesario establecer una prioridad para intervenirlos y evitar su derrumbe, ya que no existen los recursos para demolerlos y reemplazarlos por nuevos. En los conjuntos por erigir, la prevención será un factor primordial para garantizar su estabilidad y es la forma arquitectónica, sin duda, el aspecto más importante en la firmeza de una edificación, su estructuración y cimentación deberán complementar dicha estabilidad; y en su diseño se deberán prever las posibles modificaciones de las propiedades físicas del suelo. Existen actualmente procedimientos y mecanismos capaces de evitar o al menos reducir los efectos no deseados en el suelo y en las edificaciones.

Los ejes principales de esta investigación son la Arquitectura, la Ingeniería Civil y el Riesgo entrelazados por la fenomenología del desastre. Los desastres han existido inmemorialmente, pero los desastres urbanos se han incrementado drásticamente en nuestros días, tanto en frecuencia como en magnitud y mortandad. Una importante herramienta para enfrentar ese flagelo es la Teoría del Riesgo, la cual define al desastre como la manifestación del riesgo y éste, de acuerdo a los científicos sociales, es una construcción social. Los componentes fundamentales del riesgo son la amenaza y la vulnerabilidad, aunque también deben considerarse la prevención y la mitigación.

El presente trabajo consta de introducción, cuatro capítulos y conclusiones. El primer capítulo, se refiere al riesgo en la Ciudad de México; el segundo corresponde al riesgo en los conjuntos habitacionales de interés social capitalinos; el tercero aborda la prevención de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en dichos conjuntos y el último capítulo trata de la prevención de la interacción de los citados riesgos en los conjuntos a edificarse en el Distrito Federal.

Capítulo 1

El riesgo en la Ciudad de México

La Ciudad de México enfrenta enormes problemas, entre otros: inundaciones, escasez de agua potable, acumulación de desechos, epidemias, inseguridad, congestionamiento vial, fallas eléctricas, contaminación ambiental y accidentes industriales; además está expuesta a los sismos y a las erupciones volcánicas. Las causas de esa grave situación son múltiples y tienen su origen en la ubicación geográfica de esta metrópoli y en su inusitado crecimiento poblacional.

Los terremotos de 1985 desencadenaron la más reciente catástrofe capitalina, misma que se conformó de pequeños desastres: derrumbes de edificaciones y averías en la infraestructura urbana; la sumatoria de todo ello tuvo como resultado un desastre urbano. No existen datos precisos de los daños originados por los movimientos telúricos de septiembre de 1985 en la Ciudad de México; se estima “el colapso total de casi 200 edificios y la caída parcial de otros 90”¹, esos percances se presentaron principalmente en hospitales, escuelas y conjuntos habitacionales; “más de 500 edificios sufrieron daños tales que debieron desalojarse y aproximadamente 50 mil viviendas quedaron inhabilitadas para su uso”².



Fig. 1.1. Edificio Nuevo León. 1985

¹ Fundación ICA, A. C. Experiencias derivadas de los sismos de septiembre de 1985. Editorial Limusa, México. 1988

² Idem.

Cifras conservadoras, de acuerdo a la Fundación ICA³, señalan que los sismos de 1985 originaron diez mil muertos, daños que superaron los 4 000 millones de dólares, 250 mil damnificados y la pérdida de 200 mil empleos; así como desabastecimiento de energéticos y agua potable para más de un millón de ciudadanos. También se interrumpieron las telecomunicaciones, los servicios educativos, hospitalarios y el transporte colectivo. Es importante resaltar que aunque el desastre no distinguió clases sociales, fueron los habitantes más precarios los que resultaron mayormente damnificados y quienes tuvieron más decesos.

Esa catástrofe imputada a los sismos, debe ser también atribuida a la desestabilización del subsuelo ciudadano, originada ésta por el abatimiento de su nivel de aguas freáticas a consecuencia de la sobreexplotación de su acuífero.

Esta investigación abordara el estudio de la interacción de los riesgos sísmico e hídrico a la que están expuestos los “Conjuntos Habitacionales de Interés Social de la Ciudad de México” (CHDISCM); mismos que alojan a más de la cuarta parte de la población capitalina⁴, y en un alto porcentaje de ellos hay inestabilidad, hacinamiento y escaso o nulo mantenimiento. Esas pésimas condiciones de habitabilidad son factores muy significativos ante las amenazas geodinámicas que se pronostican.

1.1 Desastres

Los desastres han asolado a la humanidad desde tiempos históricos y la siguen devastando. La erupción del Xitle en el siglo IV antes de nuestra era (ane) que sepultó a Cuicuilco, así como el terremoto que sacudió Puerto Príncipe en enero del 2010, dejando más de 300 mil muertos⁵; son sin duda muestras de lo catastrófico que han sido y son los desastres y de la necesidad de estudiarlos de manera metodológica.

En todo el mundo se han intensificado los desastres, tanto en magnitud como en frecuencia, y en la última década han ocasionado una gran pérdida de vidas y

³ Idem.

⁴ Procuraduría Social del Gobierno del Distrito Federal. El Universal. 29, 11, 2010

⁵ La Jornada. 12, 01, 2010

de recursos económicos. El presente siglo ha sido testigo del tsunami que irrumpió las costas del sudeste asiático, ciclones como el que arrasó Nueva Orleans, la inundación de Villahermosa, la erupción volcánica en Islandia, los terremotos de Haití, Japón y Chile; el derrame petrolero en el Golfo de México, la contaminación nuclear de Japón, las epidemias del sida y cólera, las guerras en el Medio Oriente y otras calamidades; mismas que son cada vez más recurrentes y siniestras especialmente en las grandes urbes.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas “El costo económico de los desastres naturales de 2011 fue el mayor de la historia: 380 000 millones de dólares; en gran medida por los terremotos de Japón y Nueva Zelanda. Cifra dos terceras partes más altas que la de 2005, cuando el huracán Katrina devastó parte del sur de los Estados Unidos⁶.

El impacto que han tenido las catástrofes a nivel mundial originó que la Asamblea General de las Naciones Unidas declarara a la última década del siglo pasado: “Decenio Internacional de Prevención de Desastres Naturales”. Esta declaración tuvo como objetivo "reducir, por medio de una acción internacional concertada, especialmente en los países en vías de desarrollo, la pérdida de vidas, los daños materiales y trastornos sociales y económicos causados por los desastres naturales..."⁷. Es importante señalar que hasta ahora las acciones gubernamentales e internacionales se han enfocado casi exclusivamente a la atenuación de los daños originados por el desastre después de sucedido éste, más que a su prevención. Y es sin duda la prevención una importante tarea que requiere la participación, no solo de autoridades y organizaciones humanitarias o caritativas, sino que debe incluir a las comunidades que pueden ser afectadas.

1.1.2 Definición de desastre

Definir “desastre” es una preocupación muy importante en nuestros días, ya que de esa conceptualización dependerá la manera de enfocar el suceso y de intervenir en la prevención o mitigación del mismo. Existen múltiples y diversas

⁶ ONU. Desastres en 2011, los más costosos. Associated Press. Marzo 5 de 2012.

⁷ Resolución 44/236, 22 de diciembre de 1989 de la Asamblea General, Naciones Unidas.

definiciones de desastre, aunque son básicamente de dos tipos: la de los científicos naturales y la de los científicos sociales. Los primeros ven al desastre como un hecho consumado y los segundos lo conciben como el resultado de un proceso.

Los geofísicos, meteorólogos y epidemiólogos consideran que los desastres son originados por fenómenos de la naturaleza y desde esa perspectiva los analizan. Para ellos lo más importante es y ha sido el estudio de las causas que los ocasionan: ciclones, erupciones, sismos, tsunamis, virus, etc.; y han logrado enormes avances en el conocimiento de su origen, su intensidad, su periodicidad y en algunos casos de su predicción. Los resultados de sus investigaciones han contribuido a la prevención de desastres con la vacunación, el pronóstico de huracanes, la ubicación de zonas de alto riesgo, el monitoreo volcánico y oceánico, la localización de posibles epicentros y en el caso de nuestra capital la Alerta Sísmica además de la actualización del Reglamento de Construcciones.

Los científicos naturales, como se ha señalado, estudian al desastre como un hecho consumado, consecuencia de un fenómeno natural. Es ese el enfoque que en México le da la Ley General de Protección Civil, que define como desastre: *“el estado en que la población de una o más entidades federativas, sufre severos daños por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros, infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento de los sistemas de subsistencia”*⁸. Como se aprecia, esta definición solo difiere con la concepción de los científicos naturales, en que considera que dicha calamidad devastadora puede o no ser originada por un fenómeno natural.

Los científicos sociales tienen otra visión del “desastre”: lo encaran como un hecho consecuencia de un proceso social. Señala Allan Lavell: “Entendemos por desastre aquellas ocasiones o contextos sociales, relacionados con la ocurrencia de eventos físicos peligrosos, donde la magnitud de los daños y pérdidas llega a

⁸ Ley General de Protección Civil publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. El término antropogénico se refiere a los procesos que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales. es.wikipedia.org/wiki.

tal punto que el funcionamiento cotidiano de la sociedad afectada resulta severamente interrumpido; por lo que se requiere apoyo y ayuda externa tanto para lograr una atención adecuada a los afectados como para la recuperación y reconstrucción de las zonas y poblaciones impactadas”⁹. “Siendo un desastre tanto producto como resultado de procesos sociales, histórica y territorialmente circunscritos y conformados”¹⁰. Y afirma Lavell: “Un primer paso en lograr una conceptualización adecuada es establecer firme y convencidamente que un "desastre" es un fenómeno eminentemente social”¹¹.

De esa manera los científicos sociales amplían el panorama de estudio del desastre, lo analizan como el resultado una construcción social. A diferencia de los científicos naturales, que se avocan básicamente a la mitigación del desastre, los humanistas intervienen fundamentalmente en su prevención, intentando mejorar las condiciones de habitabilidad de las ciudades.

En la presente investigación se analizará el desastre desde esos dos conceptos, el de los científicos naturales y el de los científicos sociales; dado que la problemática que se esta abordando tiene implicaciones tanto naturales como sociales. Esto es, la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos de interés social de la Ciudad de México, implica un fenómeno de origen natural: el sismo; y otro ocasionado por el hombre: la deshidratación del subsuelo citadino; así también involucra el perfil de uso de las edificaciones.

1.1.3 Desastre urbano.

En los últimos años los desastres se han manifestado de manera más cruenta en las grandes urbes y parece ser esa una tendencia irreversible. La razón principal de esa situación es que en las metrópolis, sobretudo de los países subdesarrollados, se hacinan grandes núcleos de población en paupérrimas

⁹ Lavell, Allan y Brenes Alonso. (Compiladores). ENOS. Variabilidad Climática y el Riesgo de Desastre en las Américas: Proceso, Patrones, Gestión. El riesgo y el riesgo de desastre: conceptos y características centrales, Editorial Librería Alma Mater. 1ª. Edición. San José, Costa Rica. 2008. P. 11.

¹⁰ Lavell, Allan. Ciencias Sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso. Ponencia para el Foro Desastres Naturales y Protección Civil organizado por el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales en la Ciudad de México en febrero de 1992. p.119.

¹¹ Lavell, Allan. Idem.. p.118.

condiciones de vida. Sin embargo, esa tendencia no puede imputarse sólo a esa causa. Como lo señala la doctora Mansilla: “La ciudad se ha convertido a lo largo del siglo XX en el espacio de producción y reproducción del capital y, por tanto, en el lugar donde se concentran los avances científicos y tecnológicos y donde se manifiestan con mayor fuerza las desigualdades producidas por el tipo de relaciones sociales que tipifica a la sociedad capitalista.

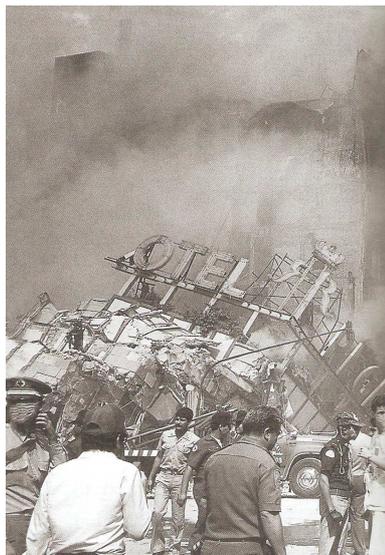


Fig. 1.2 Marquesina del Hotel Regis. Sismo1985

Adicionalmente, la ciudad representa el espacio donde se exagera la contradicción sociedad-naturaleza, no sólo desde el punto de vista de los procesos productivos, sino de su propia conformación. Es aquí donde los ecosistemas sufren un proceso de transformación radical por la construcción masiva, por la sobrepoblación y por la empeñada destrucción ecológica que se impone como condición de su crecimiento. La ocurrencia cada vez más frecuente de desastres de distinta magnitud, está poniendo en cuestionamiento la sostenibilidad de estos asentamientos, al generar destrucción masiva de estructuras físicas, pérdidas económicas incalculables, interrupción de actividades en distintos sectores, etc...”¹². De acuerdo al Reporte Mundial de Desastres compilado por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna: “Los

¹²Mansilla Elizabeth. Riesgo y Ciudad. División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2000

desastres urbanos son exacerbados por la rápida urbanización, gobiernos locales ineficientes, crecimiento poblacional y empeoramiento de los desastres naturales a causa del calentamiento global. Aunado a eso: “El número de residentes urbanos subió este año a 3,500 millones, comparado con 3,400 millones de residentes rurales. Existen mil millones de ciudadanos en barrios miseria. De todos los desastres, la actividad sísmica mató la mayor cantidad de personas, un promedio de 50,184 personas al año, desde el 2000 hasta el 2008; una cifra que será bastante mayor este año a causa del terremoto de Haití, que mató a unas 300,000 personas”¹³. Es sin duda la pobreza la causa principal de las grandes catástrofes urbanas de nuestros días y sí las condiciones no mejoran, más gente será afectada en caso de grandes desastres, como la del sismo de Puerto Príncipe.

1.1.4 Desastres urbanos en México

Nuestro país siempre ha sufrido desastres, los más frecuentes han sido las ocasionadas por los fenómenos hidrometeorológicos y geodinámicos, ya que la República Mexicana esta bordeada por los océanos Pacífico y Atlántico, en la región asediada anualmente por huracanes tropicales; además es atravesada por la Faja Volcánica Mexicana y en su litoral del Pacífico están los límites entre la placa Continental y la de Cocos; eso origina continuas erupciones y movimientos telúricos. Así también los conflictos de orden político, social y sanitario han estado presentes durante toda nuestra historia: epidemias, hambrunas, guerras, intervenciones, violencia, revoluciones, asonadas militares y dictaduras.

Como ya se señaló la erupción del Xitle que soterró Cuicuilco en el siglo IV (a.n.e.) es el desastre urbano más antiguo en México del cual se tienen antecedentes, le prosigue la Caída de la Gran Tenochtitlán en 1521 y continúan éstos con inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos, ciclones, sequías, epidemias, plagas, rebeliones y hambrunas que devastaron a nuestro territorio durante la época colonial, misma que concluye en 1821 al consumarse la Independencia de México. Es en la Capital de la Nueva España y en las ciudades

¹³Conferencia de prensa de Alistair Henley, director de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna para la región de Asia y el Pacífico. Beijing, China, septiembre 21 de 2010. Copyright © 2010 Associated Press.

del centro del virreinato donde se presentan los desastres urbanos, aunque es la población rural, por ser mayoritaria, la que sufre principalmente las consecuencias de tales catástrofes. En el México Independiente siguen devastando a nuestro país ese mismo tipo de desastres, auspiciados éstos por los fenómenos naturales, que siempre han asolado a nuestro territorio, y por los conflictos sociales, políticos y militares; como las intervenciones francesa y estadounidense, la Guerra de Reforma y las múltiples asonadas militares.

La Revolución Mexicana, iniciada en 1910, incrementa los desastres de origen militar en las principales capitales estatales; sin embargo, por seguir siendo México en esta época un país con más población rural que urbana, es el campesinado el que aporta la mayoría del millón de muertos que tuvo ese movimiento armado y es quien conlleva sus más funestas adversidades.

A partir de la segunda mitad del siglo pasado se incrementaron en nuestro territorio los desastres urbanos originados por las causas anteriormente enunciadas y surgen los de otro tipo, los desastres de origen tecnológico: contaminación y accidentes industriales. Se citaran brevemente los desastres urbanos contemporáneos más connotados y que más estragos han causado al país, los cuales han sido provocados por: sismos, erupciones, huracanes, inundaciones, escasez hídrica, amago de epidemia, violencia, polución y explosiones.

1.1.4.1 Sismos

Los sismos siempre han asolado nuestro país, entre los más significativos están el del 28 de julio de 1957 un terremoto, de magnitud 7.9 de la escala de Richter, sacudió al Distrito Federal y causó la caída del Ángel de la Independencia y 30 muertes. El 14 de marzo de 1979, otro sismo de 7.6 grados ocasiono, en nuestra capital, el derrumbe de la sede de la Universidad Iberoamericana. Y los movimientos telúricos de 1985, como ya se mencionó originaron el mayor desastre urbano habido en el México contemporáneo. Los tres sismos tuvieron su epicentro en la Brecha de Guerrero, causando daños en diversas ciudades del litoral del Pacífico.

1.1.4.2. Erupciones

La erupción del volcán Chichonal, el 28 de marzo de 1982 en Chiapas, ocasionó tres mil muertes, el desalojo de las poblaciones aledañas y la contaminación ambiental del sureste de la república. La erupción del Popocatepetl, ocurrida en el Valle de México el 19 de noviembre de 2000, provocó la evacuación de siete mil personas y la contaminación atmosférica del centro del país. Las erupciones, además de los daños directos en las ciudades circunvecinas, también originaron la suspensión del tránsito aéreo, desquiciaron el comercio, las actividades educativas y azolvieron el drenaje en esas urbes.



Fig. 1.3 Terremoto 1957.
Caída del Ángel



Fig. 1. 4 Erupción del volcán Popocatepetl

1.1.4.3. Huracanes

Los huracanes asolan anualmente a nuestro país. El huracán “Gilberto” en 1988 devastó las ciudades de Mérida y Cancún en la península de Yucatán. “Paulina” en 1997 causó daños en Puerto Escondido y Acapulco. “Erika” asoló el noreste de la república en 2003, originando desastres en Tampico y Monterrey. “Wilma” en 2005 volvió a arrasarse Cancún y también en ese mismo año “Stan” provocó graves percances en las ciudades de Tapachula, Tuxtla Gutiérrez, Oaxaca y en el Puerto de Veracruz. “Ismael” en 2005 asoló Los Mochis, Sinaloa y Huatabampo en Sonora. Todos estos ciclones, de categoría 5 con vientos cuya velocidad es mayor

a 250 kilómetros por hora; ocasionaron cuantiosas pérdidas económicas para la población de los municipios y ciudades afectadas y también a la nación.

1.1.4.4. Inundaciones

Las inundaciones siempre han causado estragos, cíclicamente se presentan en algunas de las ciudades de los estados costeros de nuestro territorio y en la Ciudad de México. El estado de Tabasco es generalmente el más afectado, su capital Villahermosa quedo totalmente inundada el 7 de noviembre de 2007 por el desbordamiento del rio Grijalva y el desfogue de las presas Peñita y Malpaso, después de una semana de lluvias torrenciales: "31 municipios de los estados de Tabasco y Chiapas fueron devastados, afectando a un millón y medio de personas.

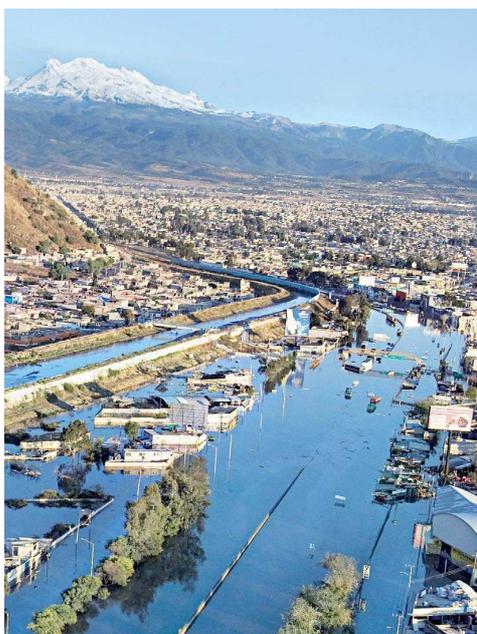


Fig. 1. 5 Inundación en la ZMVM

Cientos de miles de damnificados sufren carencias de comida, agua potable y medicamentos. Los daños causados se estiman en 700 millones de dólares¹⁴. Es ésta la catástrofe más grande sufrida por el estado de Tabasco, durante los últimos 50 años. Antes de cumplirse un año, el 28 de agosto de 2008, Villahermosa vuelve a inundarse. En la Zona Metropolitana del Valle de México

¹⁴ La Jornada. 8, 10, 2007.

(ZMVM), como se verá detalladamente más adelante, en la temporada de lluvias se presentan y se han presentando inmemorialmente inundaciones, ocasionadas por trombas o lluvias torrenciales; algunas de ellas dan origen a desastres en municipios y delegaciones, mismos que repercuten en toda la metrópoli.

La inundación que más estragos ha causado últimamente fue debida al desborde del río de la Compañía, el 6 de febrero de 2010, que anegó Valle de Chalco causando graves perjuicios en toda la región. A consecuencia de dicha inundación la autopista México-Puebla suspendió su tránsito y la basura se acumuló en toda la metrópoli, al obstaculizarse su traslado al bordo de Xoquiapa, mismo que ya se había anegado el 18 de septiembre de 2009. De acuerdo al Centro de Geociencias de la UNAM, esas frecuentes inundaciones se presentan porque: “Emerge nuevo lago en Chalco y Tláhuac”¹⁵; esa es la región con más bajo nivel del Valle de México.

1.1.4.5 Emergencia Hídrica

La escasez de agua en Distrito Federal data de mediados del XX, cuando se inicia su importación de Xochimilco. La discusión de ésta temática se hará más adelante. Sólo mencionaremos la crisis metropolitana ocasionada por el recorte en el abastecimiento de agua, que se dio del 14 al 16 de noviembre de 2009 y el 20 de agosto del 2012 a consecuencia de los daños que sufrió el acueducto de Cutzamala, región de donde se surte una tercera parte del suministro acuero de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Sistemáticamente se dieron en ese año, cortes en el suministro de agua debido a fallas eléctricas en los sistemas de bombeo. Son los habitantes de los conjuntos habitacionales y de las colonias populares los que sufren mayormente las consecuencias de esa escasez, por la baja capacidad de suministro y almacenamiento que tienen.

1.1.4.6 Contingencia Sanitaria

El 24 de abril de 2009 el gobierno mexicano activó el Plan de Contingencia contra el virus de la Influenza AH1N1. Ello implicó la suspensión de actividades escolares en

¹⁵ Periódico Milenio. 16.02. 2010

todo el país durante una semana. Cundió el pánico en la ciudadanía y cesaron casi todas las actividades gubernamentales, así también se redujeron al mínimo los vuelos y las relaciones internacionales.

1.1.4.7 Violencia

La violencia desencadenada a últimas fechas, tanto institucional como delictiva, ha inmovilizado urbes en diversos estados de la república, entre otras Ciudad Juárez, Acapulco, Monterrey y Cuernavaca. El 10 de diciembre de 2010, “Morelia quedó sitiada y paralizada por los enfrentamientos armados, cinco estados cerraron sus fronteras con el de Michoacán”¹⁶. Se estima que en lo que va del sexenio han sido asesinadas más de 60 mil mexicanos.

1.1.4.8 Explosiones

“En la madrugada del 19 de noviembre de 1984 se produce una violentísima explosión en la colonia de San Juan Ixhuatepec, conocido más popularmente como San Juanico. Una planta de almacenamiento y distribución de gases licuados del petróleo (GLP), propiedad de la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), sufrió una serie de deflagraciones en cadena, tras reventar un gaseoducto de sus instalaciones. El saldo de la conflagración fue de 600 muertos, 2 000 quemados y 350 mil desalojados”¹⁷. San Juan Ixhuatepec pertenece al municipio de Tlalnepantla, Estado de México y se ubica en el norte de la ZMVM.



Fig. 1.6 Explosión en San Juanico. 1984.
ZMVM

¹⁶ La Jornada. 11. 12. 2010.

¹⁷ Aparicio Florido José Antonio, La explosión de gases de San Juanico. Documentos: aparicioflorido@proteccioncivil-andalucia.org. @ Junio, 2003.

El 22 de abril de 1992 ocurrieron una serie de explosiones en el alcantarillado de la ciudad de Guadalajara destruyendo 8 kilómetros de calles. “Según cifras oficiales, las explosiones, originadas por una fuga de gasolina proveniente de tanques de almacenamiento de PEMEX mataron a 209 personas, dejaron casi 500 heridos y quince mil personas quedaron sin hogar. El daño económico estimado es entre 700 y 1 000 millones de dólares”¹⁸. “En la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla el 19 de diciembre de 2010 explotó un gaseoducto propiedad de PEMEX causando más de 27 muertos y la destrucción de 32 casa y 25 vehículos”¹⁹.

1.1.4.9 Contaminación ambiental

La contaminación atmosférica ha provocado inversiones térmicas y contingencias ambientales. La Fase II de la Contingencia Ambiental²⁰, que implica la reducción al 30% de la producción de la industria manufacturera y la suspensión de actividades escolares extramuros, se ha presentado en la ZMVM los días: 23 de octubre de 1992, 6 de febrero, del 16 al 20 de marzo y el 31 de diciembre de 2002. En esas fechas el Índice de Calidad del Aire IMECA²¹ superó las 308 unidades.

1.1.5 Protección Contra Desastres en México

El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) es el eje central de la política relacionada con la gestión del riesgo de desastre en México, es una instancia dependiente de la Secretaría de Gobernación creada en 1986, como respuesta gubernamental a los acontecimientos sísmicos de 1985; su logro más importante ha sido la creación de los Sistemas Estatales y Unidades Municipales de Protección Civil en todo el país.

¹⁸ Milenio 23, 04, 92

¹⁹ La Jornada. 20, 12, 2010.

²⁰ Decreto por el que se reforma y adiciona el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en el Distrito Federal”. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. México. 30 de junio de 2008.

²¹ El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) funciona como valor de referencia para la población de grandes ciudades como el Distrito Federal.

“El objetivo del Sistema es el de proteger a la persona y a la sociedad ante la eventualidad de un desastre, provocado por agentes naturales o humanos, a través de acciones que reduzcan o eliminen la pérdida de vidas, la afectación de la planta productiva, la destrucción de bienes materiales, el daño a la naturaleza y la interrupción de las funciones esenciales de la sociedad, así como el de procurar la recuperación de la población y su entorno a las condiciones de vida que tenían antes del desastre”²². De acuerdo a la doctora Mansilla, “La noción predominante del SINAPROC ha sido la de “protección civil”, basada en la idea de preparativos y respuesta frente a desastres, asumiendo, a lo sumo, una visión de prevención de desastres orientada a la aplicación de soluciones técnicas y convencionales como los sistemas de alerta temprana, la construcción de bordos y reforzamiento de obras de contención, etc.”²³.

1.1.5.1 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) se crea en 1988, como órgano técnico-científico del Sistema Nacional de Protección Civil con apoyo financiero del gobierno de Japón y mediante la firma de un convenio con la Universidad Nacional Autónoma de México.

El CENAPRED realiza actividades de investigación, capacitación, instrumentación y difusión acerca de fenómenos naturales y antropogénicos que pueden originar situaciones de desastre, así como acciones para reducir y mitigar los efectos negativos de tales fenómenos, para coadyuvar a una mejor preparación de la población para enfrentarlos. Su objetivo es promover la aplicación de las tecnologías para la prevención y mitigación de desastres; impartir capacitación profesional y técnica sobre la materia, y difundir medidas de preparación y autoprotección entre la sociedad mexicana expuesta a la contingencia de un desastre.

²² Artículo 10 de la Ley de Protección Civil publicada. el 6 de junio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.

²³ Mansilla Elizabeth. Marco general de riesgo en México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Buró Regional para América Latina y el Caribe. Diciembre, 2008. P.31.

Los más importantes acciones que ha tenido el CENAPRED son: la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (ANR); la Integración de la Red Sísmica Mexicana, trabajando en colaboración con los Institutos de Ingeniería y Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México; la Instrumentación para registrar movimientos sísmicos en edificaciones, la puesta en marcha del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT) y el Sistema de Monitoreo de Volcanes Activos en México.

1.1.5.2 Fondo de Desastres Naturales (FONDEN)

El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), creado en 1996, es un mecanismo financiero que tiene como objetivo atender los efectos de los desastres cuya magnitud supere la capacidad financiera de respuesta de las dependencias y entidades paraestatales, así como de las entidades federativas.

Se entiende como un instrumento complementario respecto a las acciones que deben implementar y llevar a cabo las dependencias y las entidades paraestatales, así como las entidades federativas para la atención de desastres, en cumplimiento a lo establecido en la Ley General de Protección Civil.

Actualmente los recursos presupuestarios del FONDEN son federales y dispone de los siguientes mecanismos: Fondo Revolvente a cargo de la Secretaría de Gobernación (SEGOB), Programa FONDEN autorizado en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) y Fideicomiso FONDEN, mismo que se integra con los recursos no ejercidos existentes en el Programa FONDEN.

“Sin duda el FONDEN representa un salto importante como mecanismo de previsión frente a eventuales desembolsos que el gobierno debía hacer por desastres ocurridos, ya que anteriormente la respuesta del Gobierno Federal ante situaciones de desastre consistía en la reorientación del gasto para solventar los daños sufridos.

Esto provocaba que los programas de las dependencias y entidades públicas a las cuales correspondía la atención inmediata del desastre sufrieran importantes alteraciones.

Mediante la creación del FONDEN, el Gobierno Federal ha fortalecido su capacidad para atender los efectos de un desastre, dándole mayor orden al ejercicio presupuestario”²⁴.

1.1.5.3. Ley General de Protección Civil.

La Ley General de Protección Civil tiene un carácter nacional y fue publicada el 6 de junio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación. Esta ley tiene como objetivo dar un respaldo jurídico al SINAPROC, aunque fue promulgada después de la creación de dicho sistema.

Con base en esa ley general han sido aprobadas leyes estatales de protección civil en cada una de las entidades federativas. La crítica fundamental de esas leyes la señala Mansilla: “son de carácter normativo y se sustentan en la noción de preparativos y respuesta, así como en la coordinación interinstitucional para tales fines.

Por tanto, no hay elemento alguno que permita avanzar en la gestión del riesgo vista en forma más imaginativa y amplia y como parte del espectro del tema del desarrollo...México ha sido, muy probablemente, el único país de América Latina que se ha resistido a encarar el debate acerca de las causas de los desastres y los factores que contribuyen a la construcción del riesgo y se ha mantenido muy lejos de asumir el término “gestión de riesgo de desastres” (o alguno equivalente) como una noción integral que asocia el tema del riesgo y los desastres con la problemática del desarrollo.

Así, la idea de “protección” frente a eventos impredecibles e inevitables ha prevalecido tanto en la teoría, como en la práctica; y frente a este tipo de ideas se han aplicado esquemas de intervención también de corte tradicional que se ubican en la esfera del monitoreo de fenómenos, soluciones tecnológicas, regulaciones normativas o acciones de carácter operativo cuando el desastre se produjo”²⁵.

²⁴ Mansilla Elizabeth. Op. Cit.p.35.

²⁵ Mansilla Elizabeth. Op. Cit. P.32.

1.1.5.4. Declaratorias de Emergencia y de Desastre

El artículo 29 de la Ley General de Protección Civil señala: “Cuando la capacidad operativa y financiera de las entidades federativas para la atención de un desastre haya sido superada, éstas podrán solicitar el apoyo del Gobierno Federal para tales efectos”. El apoyo a que se refiere dicho artículo son las Declaratorias de Emergencia y de Desastre, las cuales deberán ser reconocidas por la Secretaría de Gobernación; mediante dichas declaratorias se podrá acceder al Programa FONDEN.

El apoyo federal, de acuerdo al artículo 30 de la citada ley, se destinará a los siguiente rubros: I. Realizar las acciones de emergencia para dar atención a las necesidades prioritarias de la población; II. Consolidar, reestructurar, o en su caso, reconstruir los monumentos arqueológicos y los inmuebles artísticos e históricos; III. Destinar recursos del Fondo de Desastres autorizado para la atención de emergencias y desastres, en la realización de acciones preventivas; y IV. Las demás que determinen las leyes, reglamentos y otras disposiciones administrativas. Es importante resaltar que los recursos del FONDEN, aunque el artículo 30 de la Ley general de Protección Civil señala que pueden usarse en “acciones preventivas”; éstos fondos deben solicitarse, mediante una Declaratoria para la atención de un desastre, “consumado”, según se infiere en el artículo 29 de la citada ley.

1.2 Riesgo.

La teoría del riesgo, aun en construcción, surge a partir del estudio del desastre. Es a mediados del siglo pasado cuando los científicos sociales intervienen en el desarrollo de esos estudios, ya que fueron los científicos naturales los que los iniciaron. La Ley General de Protección Civil de México, define al riesgo como “la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador”²⁶. Y para Lavell: “un desastre es un riesgo manifiesto”²⁷; dicho de otra manera: “el riesgo es la probabilidad de que se manifieste una amenaza...”²⁸.

²⁶ Ley de Protección Civil publicada. el 6 de junio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.

Ampliando esa conceptualización, de acuerdo a la doctora Mansilla, “Los desastres se presentan como resultado de la concreción de los procesos de riesgo; y, en consecuencia, el riesgo se convierte en el elemento sustancial tanto para entender cómo se construyen los desastres, como para determinar los elementos sobre los cuales debemos incidir para evitar o reducir sus efectos”²⁹. Dado que el estudio del desastre debe ir más allá que la investigación del hecho consumado en sí, el análisis del riesgo permitirá comprender, como lo señala la doctora Mansilla: el proceso de construcción social del desastre.

Para Lavell: “El riesgo de desastre, visto como probabilidad de daños y pérdidas al futuro, se genera a través de una relación dinámica y compleja entre, por un lado, determinadas condiciones de vulnerabilidad (la predisposición a sufrir daños) de una población o de ciertos grupos sociales y, por otro, determinado tipo de amenazas físicas, en zonas y áreas concretas”³⁰.

A partir de esa visión, se aprecian dos elementos fundamentales del riesgo: vulnerabilidad y amenaza. La vulnerabilidad es un concepto de orden social y la amenaza tiene un carácter físico; aunque ambas variables tienen componentes físicos y sociales. La relación dinámica y compleja, a la que se refiere Lavell, la expresa Gustavo Wilches-Chaux en su texto La Vulnerabilidad Global como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Analíticamente esa relación se expresa:

$$\mathbf{Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad \quad (1.1)^{31}}$$

A ambas variables se les asignan valores subjetivos: cero cuando son nulas y uno cuando son máximas. El resultado numérico de ésta ecuación es un parámetro que permitirá evaluar diversas condiciones de riesgo.

²⁷ Lavell Allan. ENOS, Patrones de riesgo de desastre y su gestión: elementos conceptuales y bases de la investigación comparativa. En Lavell, Allan y Brenes Alonso. (Compiladores). ENOS Variabilidad Climática y el Riesgo de Desastre en las Américas: Proceso, Patrones, Gestión. Editorial Librería Alma Mater. 1ª. Edición. San José, Costa Rica. 2008. p. 12.

²⁸ Perló Cohen Manuel. Riesgo, vulnerabilidad y prevención de desastres en las grandes ciudades. Lincoln Institute Research Report. 2000..

²⁹ Mansilla Elizabeth. Riesgo y Ciudad. División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2000

³⁰ Lavell Allan. Op. Cit. p. 12

³¹ Maskrey, Andrew (Compilador). Los desastres no son naturales. 1993

De acuerdo a la expresión (1.1) para que haya riesgo es necesario que existan amenaza y vulnerabilidad. Para disminuir el riesgo se tendrá que reducir la amenaza y/o la vulnerabilidad. Para que no haya riesgo, se requiere que la amenaza y/o la vulnerabilidad sean nulas. Esto es, si no hay población vulnerable, aunque haya amenaza no hay riesgo, y si no hay amenaza aunque haya población vulnerable, tampoco habrá riesgo.

Sería el caso de un terremoto de gran magnitud que se presentara en el desierto, dado que no hay población vulnerable, por lo tanto no hay riesgo. Así también, si una ciudad se encuentra en una región asísmica, aunque haya población vulnerable, tampoco habrá riesgo sísmico.

Posteriormente se introducen a la ecuación de riesgo los conceptos: prevención y mitigación.

Para Manuel Perló, “el riesgo a desastre se define como: la probabilidad de que se manifieste una amenaza determinada sobre un sistema de vulnerabilidad dado, descartando de ello las acciones de prevención-mitigación que se implementen; lo anterior se formula de la siguiente manera:

$$\mathbf{Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad - (Prevención + Mitigación) \quad (1.2)^{32}}$$

Con ésta nueva expresión se podrá comparar el riesgo antes y después de tomar medidas de prevención y mitigación. Y corresponde matemáticamente con la ecuación (1,1), ya que si la prevención y la mitigación son nulas, la expresión (1.2) vuelve a ser la originalmente presentada. Los valores de las variables prevención y mitigación también son subjetivos; aunque quien propone dicha ecuación no indica su rango, éste deberá ser el mismo de la amenaza y la vulnerabilidad.

La doctora Mansilla coincide con Manuel Perló en la definición de riesgo y señala: “En términos formales podemos expresar el riesgo de la siguiente manera:

$$\mathbf{Riesgo = (Amenaza \times Prevención) (Vulnerabilidad \times Mitigación)^{33}}$$

³² Perló Cohen Manuel. Op. Cit.

³³ Mansilla Elizabeth. Riesgo y Ciudad. División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2000. P. 19

Sin embargo, se propone, por ser más consistente para el presente estudio, la siguiente ecuación:

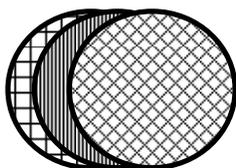
$$\text{Riesgo} = (\text{Amenaza} - \text{Prevención}) \times (\text{Vulnerabilidad} - \text{Mitigación}) \quad (1.3)$$

De tal manera que cuando la prevención sea equivalente a la amenaza o la mitigación a la vulnerabilidad el riesgo será nulo. Y de no existir prevención ni mitigación, se tendría la ecuación (1.1), planteada originalmente. La prevención se refiere básicamente a la amenaza, en tanto que la mitigación esta relacionada con la vulnerabilidad.

1.2.1 Concatenación, interacción y sucesión de riesgos

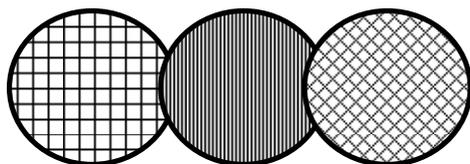
Se ha señalado anteriormente que el desastre es la manifestación de riesgo, sin embargo, el desastre puede ser la manifestación interactiva, consecutiva o sucesiva de dos o más riesgos en una misma población. Para los objetivos de esta investigación definiremos:

- Interacción de riesgos: la acción recíproca y simultánea de dos o más riesgos;



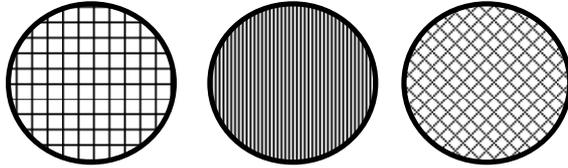
Interacción de riesgos
 $R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n = R_n !$

- Concatenación de riesgos: la acción sucesiva de dos o más riesgos, debiendo ser cada uno de los riesgos consecuencia del anterior, excepto el primero; y



Concatenación de riesgos
 $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow \dots \rightarrow R_n = \int R_n$

- Sucesión de riesgos: la acción sucesiva de dos o más riesgos del mismo o diferente origen.



Sucesión de riesgos
 $R1 + R2 + \dots Rn = \Sigma Rn$

Cuando se manifiesta la interacción de riesgos se tiene un solo desastre, tal como sucedió en la Ciudad de México en 1985, donde se manifestaron simultáneamente el riesgo sísmico y el riesgo hídrico. La desestabilización del subsuelo, originada por su deshidratación, interactuó con el movimiento telúrico y esta interacción de riesgos ocasionó el colapso de múltiples edificaciones ciudadinas.

La concatenación de riesgos ocurrió en Puerto Príncipe, ya que como consecuencia del terremoto de 2010 se presentó el hambre y la rapiña. En Japón en marzo de 2011 se manifestaron la sucesión y concatenación de riesgos, primero un sismo, después se presentó un tsunami a consecuencia del cual se ocasionó el desastre nuclear.

1.2.2 Amenaza

La amenaza, uno de los principales factores del riesgo, tiene múltiples conceptualizaciones. Los científicos de la naturaleza, también llamados duros, limitan el concepto amenaza a los fenómenos de origen natural: terremotos, erupciones, sequias, ciclones, tornados, tsunamis, epidemias, etc. Para los científicos sociales la amenaza puede ser de origen natural y también atribuible a la intervención humana.

Señala Alistair Henley: "Pareciera que son las amenazas de origen natural las que más hecatombes han causado en nuestro planeta, tan solo en la última década los sismos propiciaron el deceso de cerca de 900 mil habitantes"³⁴. Sin embargo han sido otro tipo de amenazas las que mayores daños han originado en

³⁴ Genevalunch.com/.../2010/.../alistair-henley... - Suiza

la historia de la humanidad, como la Segunda Guerra Mundial en la cual aparte de los muertos en combate, tan solo a consecuencia de las bombas atómicas arrojadas en Hiroshima y Nagasaki fallecieron más de 200 mil civiles y se asevera que 6 millones de judíos fueron exterminados por los nazis.

Para Lavell amenaza es: “la probabilidad de ocurrencia de un evento físico potencialmente dañino...”³⁵. Y Perló define como amenazas: “Las condiciones y procesos que tienden a iniciar episodios de daños excepcionales...”³⁶.

Allan Lavell en su texto: Los Desastres no son Naturales; fue el primero en incorporar una visión global sobre la concepción del riesgo al desagregar las amenazas en cuatro diferentes tipos según su fuente de origen (naturales, socio-naturales, antrópicas³⁷ y tecnológicas), demostrando con ello que en el proceso de construcción del riesgo el elemento social no es exclusivo de la vulnerabilidad, sino que también juega un papel decisivo en la conformación y agudización de cierto tipo de amenazas. Posteriormente Lavell en su texto “Los Desastres Urbanos: una Visión Global”; sustituye el término antrópicas por sociales. Finalmente clasifica a la amenaza de acuerdo a su origen en: natural, socio-natural, tecnológico y social.

1.2.2.1. Amenazas Naturales

“Las amenazas naturales son el resultado de procesos naturales, moldeadores de nuestro medio ambiente...”³⁸. Estas amenazas son básicamente las geodinámicas: terremotos y erupciones volcánicas; las hidrometeorológicas: trombas, huracanes y sequias; y las sanitarias: epidemias y peste.

1.2.2.2. Amenazas Socio-naturales

“Las amenazas socio-naturales son la consecuencia de la interacción entre el medio natural y las acciones humanas”³⁹. Un ejemplo de este tipo de amenazas es el modo en que para satisfacer el abastecimiento ácuco de la Ciudad de México

³⁵ Lavell Allan. Op. Cit. p. 12.

³⁶ Perló Cohen Manuel. Op. Cit.p. 12.

³⁷Antrópicas es una referencia a las amenazas en cuyo origen hay intervención humana.

³⁸ Lavell Allan. Op. Cit. p. 12.

³⁹ Idem.

se extrae, excesivamente, agua de su manto freático; la sobreexplotación del mismo origina una amenaza para las construcciones citadinas, ya que ello ocasiona la desestabilización del subsuelo a consecuencia de su deshidratación.

1.2.2.3. Amenazas Tecnológicas

Las amenazas tecnológicas “...son producto de formas potencialmente peligrosas de producción, distribución y consumo de bienes...”⁴⁰. Corresponden con los accidentes originados por la utilización de procesos industriales riesgosos, inadecuados u obsoletos; tanto en el manejo de energéticos, materiales radioactivos y minerales, como en la transformación y distribución de los mismos. En México tenemos trágicos ejemplos de este tipo de desastres: la contaminación ambiental y las inversiones térmicas en zonas metropolitanas, la explosión de gas en San Juanico de 1984 y la de gasolina en el drenaje de Guadalajara en 1992. A nivel mundial se tienen el accidente nuclear de Chernovyl, URSS en 1986 y el envenenamiento por gas en Bhopal, India en 1984.



Fig. 1.7 Explosión de drenaje en de Guadalajara. 22 abril 1992



Fig. 1.8 Mujeres Mazahuas en la Ciudad México

1.2.2.4. Amenazas Sociales

Las amenazas sociales son: “las condiciones y procesos originados por el ser humano, que tienden a iniciar episodios de daños excepcionales”. Están representadas por las guerras, narcotráfico, terrorismo y todo lo relacionado con la

⁴⁰ Idem.

violencia social; así también otro tipo de acciones humanas que aunque no son violentas pueden desencadenar catástrofes: deforestación, destrucción de manglares, sobreexplotación de acuíferos, etc.

Son los casos de la oposición a la exportación del agua del Cutzamala por parte de las integrantes del Frente de Mujeres Mazahuas y la invasión urbana en las áreas de recarga del acuífero de la Cuenca de México, ambas acciones pueden provocar un desastre hídrico en la Zona Metropolitana del Valle de México. A nivel internacional se tienen como trágicos ejemplos de este tipo de amenazas: la hecatombe provocada por la Segunda Guerra Mundial; y las que le han sucedido: Corea, Vietnam y Medio Oriente, entre otras; así también los múltiples atentados como el de las Torres Gemelas.

1.2.2.5. Interacción, Concatenación y Sucesión de Amenazas.

“Muchas veces un territorio está afectado por distintas amenazas que se combinan creando ambientes multi-amenazas.”⁴¹. Cuando dichas amenazas se presenten simultáneamente les llamaremos: interacción de amenazas; y cuando no sean simultáneas les nominaremos: sucesión de amenazas. “Asimismo es frecuente que, al concretarse una amenaza en un evento físico, ésta detone a otras en una serie concatenada de eventos”⁴². A ese efecto le llamaremos: concatenación de amenazas.

Según Perló una concatenación de amenazas es: “La manifestación dos o más amenazas de diferente origen en una misma población”⁴³. En virtud de que en esta noción de concatenación no se especifica si dichas amenazas ocurren o no de manera simultánea, se proponen a continuación las siguientes definiciones, en las cuales el origen de la amenaza puede o no ser el mismo:

- Interacción de amenazas: “la ocurrencia simultáneamente de dos o más amenazas en la misma población”.

⁴¹ Lavell Allan. Op. Cit. p. 12.

⁴² Idem.

⁴³ Perló Cohen Manuel. Op. Cit.

- Concatenación de amenazas: “la ocurrencia sucesiva de dos o más amenazas en la misma población siendo cada una de las amenazas consecuencia de la anterior, excepto la primera”.
- Sucesión de Amenazas: “la ocurrencia sucesiva de amenazas en la misma población”.

Una interacción de amenazas: sísmica e hídrica; se presentó en la Ciudad de México en 1985. La concatenación de amenazas ocurrió en algunas ciudades chilenas éste año: después de un terremoto y a consecuencia de él se presentó un tsunami y también en Haití cuando el desastre sísmico propició el saqueo y posteriormente una epidemia del cólera. La sucesión de amenazas se dio en Islandia con las repetidas erupciones del volcán Eyjafjalla.

1.2.3 Vulnerabilidad

Del estudio del riesgo ha surgido el concepto de vulnerabilidad mismo que tienen múltiples y diversas definiciones, ya que es enfocada desde diferentes perspectivas; su homologación esta aun en proceso de discusión y aceptación por la comunidad científica.

“Históricamente la noción de vulnerabilidad aplicada al tema de los riesgos y desastres comenzó con las ideas de los ingenieros estructurales en torno a la vulnerabilidad de estructuras físicas (edificaciones e infraestructuras); posteriormente, fue acuñada por las ciencias sociales y ampliada como noción para considerar lo que se ha llamado vulnerabilidad de tipo económico, político, cultural, institucional, ecológico, social, etc.”⁴⁴.

Desde la perspectiva de la ingeniería, se entiende por vulnerabilidad: “El grado de exposición a un riesgo, o más específicamente, la condición en la cual los asentamientos humanos o las edificaciones se hallan en peligro debido a su

⁴⁴ Wilches-Chaux Gustavo. Los desastres no son naturales. La Vulnerabilidad Global. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina 1993. <http://www.desenredando.org>

proximidad a una amenaza, ya sea debido a su localización o a la calidad de su construcción”.⁴⁵

En ésta concepción, la vulnerabilidad se limita únicamente al carácter físico de los inmuebles y de la infraestructura urbana. Los científicos sociales entienden a la vulnerabilidad de manera más amplia y le dan un carácter inminentemente social.

Para Perló, vulnerabilidad es: “La condición o las condiciones de la sociedad que la hacen propensa a sufrir los impactos de un evento físico determinado, ya sea pequeño, mediano o grande”⁴⁶. Para Wilches-Chaux la vulnerabilidad es: “la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”⁴⁷. Y Lavell refiere la vulnerabilidad a “las condiciones sociales particulares que hacen propensos a los seres humanos y a sus modos y medios de vida tanto a sufrir daños y pérdidas futuros, como a encontrar dificultades para recuperarse automáticamente de los mismos”⁴⁸.

Los científicos naturales caen en el error de referir la vulnerabilidad exclusivamente al carácter físico de la infraestructura material. Los científicos sociales también erran al considerar a la vulnerabilidad como un proceso exclusivamente social, aun cuando el tiempo y los elementos materiales, así como los ambientales son también componentes imprescindibles de dicho proceso. Wilches-Chaux propone: “...la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el "bloqueo" o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente desastre. A esa interacción de factores y características vamos a darle el nombre de vulnerabilidad global”⁴⁹

Existen aun más definiciones para vulnerabilidad, en esta investigación utilizaremos la Vulnerabilidad Global, ya que ella abarca todos los elementos que

⁴⁵ Paul Oliver y Yasemin Aysanión. *Housing and Culture After Earthquakers*, pág. 66

⁴⁶ Perló Cohen Manuel. *Op. Cit.*

⁴⁷ Wilches-Chaux. *Op. Cit.*

⁴⁸ Lavell Allan y Brenes Alonso. *Op. Cit.*

⁴⁹ Wilches-Chaux. *Op. Cit.*

intervienen en la construcción de la vulnerabilidad. “Únicamente para efectos de estudio, vamos a dividir la vulnerabilidad global en distintas vulnerabilidades: natural, física, económica, social, política, técnica, cultural, educativa, ecológica, ideológica y estructural”⁵⁰. La Vulnerabilidad Global sería la sumatoria o la integral de cada una de las vulnerabilidades con respecto a una amenaza específica.

De acuerdo a Wilches-Chaux: “La Vulnerabilidad Física se refiere especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y a las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos. Frente al riesgo de terremoto, por ejemplo, la vulnerabilidad física se traduce, primero, en la localización de la comunidad en cercanías a fallas geológicas activas y, segundas, en la ausencia de estructuras sismo-resistentes en las edificaciones”⁵¹.

Para comprender mejor la Vulnerabilidad Global con respecto a una amenaza; contrastaremos dos casos de desastre consecuencia ambos, de una amenaza común: el sismo. De acuerdo a diversas informaciones periodísticas; el movimiento telúrico ocurrido en Haití el pasado 12 de enero, fue de 7 grados Richter y ocasionó 300 mil muertos; en cambio “el terremoto acaecido en Chile el 27 de febrero de 2010 que fue de 8.8 grados originó menos de mil decesos, incluyendo a las víctimas del tsunami”⁵². Esa enorme diferencia entre el número de fallecidos corresponde sin duda a la gran contraste entre las vulnerabilidades globales, con respecto al sismo, de los dos países.

El epicentro del sismo de Haití estuvo a 15 kilómetros de su capital, Puerto Príncipe, que contaba con 752 mil habitantes; Concepción, la ciudad más cercana al epicentro chileno dista 55 km. de él y tiene 230 mil habitantes. Las ciudades más afectada por el terremoto de Chile se encuentran en la cordillera andina en suelos rocosos, Puerto Príncipe está en una planicie cercana al mar; seguramente la vulnerabilidad física del suelo respecto al sismo en la región chilena es mucho menor que el de Haití. Esas condiciones muestran que la vulnerabilidad natural de la capital haitiana fue enormemente mayor que la de las ciudades chilenas.

⁵⁰ Wilches-Chaux. Op. Cit.

⁵¹ Idem

⁵² Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM 2010. El terremoto de Chile del 27 de febrero de 2010 Mw 8.8.

El país más pobre de América es Haití, su condición económica le impide disponer de los recursos necesarios para prevenir o mitigar amenazas, en cambio Chile sí invierte en esos reglones; ello implica una mayor vulnerabilidad económica de Haití. La organización social chilena está más capacitada para enfrentar los movimientos telúricos, por la frecuencia con que se presentan, y por ello es menor su vulnerabilidad social que la de los haitianos. Chile se encuentra en un proceso de democratización, después de una cruenta dictadura, ello implica una mayor participación ciudadana en la prevención y mitigación de amenazas, su vulnerabilidad política respecto al sismo es muchísimo menor que la de Haití.



Fig. 1. 9 Sismo 2010. Haití



Fig. 1.10 Sismo 2010. Chile

Chile cuenta con universidades e institutos donde la investigación sísmica se ha desarrollado ampliamente, eso le da una gran ventaja tecnológica respecto a Haití y por ende una menor vulnerabilidad técnica. La infraestructura educativa en Chile es más amplia y su nivel de escolaridad es mayor que la de Haití, eso permite a los chilenos tener más acceso a la información sobre los terremotos y estar mejor preparados ante ellos; la vulnerabilidad educativa chilena es más baja que la haitiana. A pesar de la dictadura pinochetista, la cultura en Chile ha tenido un desarrollo histórico mucho más amplio que la haitiana, lo cual le da una menor vulnerabilidad cultural ante las catástrofes.

La enorme densidad poblacional y el alto nivel de pobreza en Puerto Príncipe han propiciado un gran deterioro ambiental, con su consecuente alta vulnerabilidad ecológica. Una creencia propagada en Haití es que los sismos son

un castigo divino; ello implica una gran vulnerabilidad ideológica. Chile cuenta con un Instituto de Seguridad Estructural y un Reglamento de Construcciones sumamente estrictos, sus requerimientos hace que sus edificaciones sean más cuidadosamente diseñadas y construidas, y por lo tanto con menos vulnerabilidad estructural que las haitianas, las cuales no contaron con materiales ni normas de construcción capaces de soportar los sismos. La sumatoria de todas esas vulnerabilidades con respecto al sismo, en cada uno de esos dos países, permite explicarse porque en Haití un terremoto de menos magnitud que el de Chile causó treinta veces más mortandad. Y en síntesis como la señalara el Doctor Honoris Causa por la UNAM, Vitelmo Bertero Risso: “la pobreza es la mayor de las vulnerabilidades”⁵³.

1.2.4. Prevención y mitigación del riesgo.

La prevención y la mitigación son las otras variables, que intervienen en la ecuación del riesgo. En algunas de sus definiciones se torna difícil diferenciar estos conceptos, ya que tanto la prevención como de la mitigación, tienen como objetivo reducir o eliminar el riesgo.

La Ley General de Protección Civil define como prevención al “Conjunto de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos perturbadores sobre la vida y bienes de la población, la planta productiva, los servicios públicos y el medio ambiente”⁵⁴. Coincide esta definición con la de Wilches-Chaux, quien señala: “todas las acciones encaminadas a evitar o disminuir los efectos de un desastre, reciben el nombre de prevención”⁵⁵. En ninguna de estas definiciones de prevención y de mitigación se diferencian esos términos; pareciera que fueran sinónimos, pero en esta investigación consideraremos que la prevención corresponde con la amenaza y la mitigación con la vulnerabilidad.

⁵³ Conferencia impartida por el Doctor Vitelmo Bertero Risso, ingeniero civil especialista en eventos sísmicos, titulada: “Pobreza y falta de cultura sísmica, factores de riesgo para la construcción”. Torre de Ingeniería de la Ciudad Universitaria. Septiembre 21, 2010. México.

⁵⁴ Ley General de Protección Civil. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. México.

⁵⁵ Wilches-Chaux. Op. Cit.

1.2.4.1. Prevención

Para Omar Darío Cardona prevención es “El conjunto de medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar la ocurrencia de un impacto ambiental desfavorable o de reducir sus consecuencias sobre la población, los bienes, servicios y el medio ambiente”⁵⁶.

Y la United Nations Relief Organizaton (UNRO) señala “prevención es equivalente a decir que mediante la intervención directa del peligro puede evitarse su ocurrencia, es decir impedir la causa primaria del desastre”⁵⁷. Ambos enunciados consideran a la prevención, como las medidas encaminadas a evitar la ocurrencia del impacto de una amenaza. La primera de estas acepciones es la más adecuada para los objetivos de éste trabajo, aunque hay que recalcar que las amenazas naturales hasta ahora son inevitables, surgen ajenas totalmente al control humano; seguramente otro tipo de amenazas sí pueden ser evitadas.

Las acciones realizadas por el Centro Nacional de Prevención del Desastre constituyen avances importantes con respecto a la prevención: el Atlas Nacional de Riesgos (ANR); la Integración de la Red Sísmica Mexicana, la Instrumentación de edificios, el Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT) y el Sistema de Monitoreo de Volcanes. Así también el Sistema de Alerta Sísmica Metropolitana presentado por la Fundación Javier Barros Sierra, en septiembre de 1991.

1.2.4.2. Mitigación

La UNRO en su glosario expresa: “mitigación es la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes”⁵⁸. Y señala: “La mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un riesgo aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio

⁵⁶ Omar Darío Cardona. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo- "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo". ...www.desenredando.org/public/.../1993/.

⁵⁷ Glosario elaborado por la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el socorro en casos de desastre (UNRO).

⁵⁸ Idem

de que dicho riesgo es imposible reducirlo totalmente”⁵⁹. Para Perló, la mitigación corresponde a: “Los planes y acciones pensados directamente para modificar los riesgos o responder a desastres”⁶⁰.

Así como la prevención se refiere fundamentalmente a la amenaza, la mitigación corresponde esencialmente a la vulnerabilidad. Reducir la vulnerabilidad es la función primordial de la mitigación. Para mitigar un riesgo es indispensable conocer los tipos de vulnerabilidad que enfrenta una población ante una amenaza específica. La Ley General de Protección Civil no se menciona el concepto, mitigación, sin embargo tanto esta ley como el Sistema Nacional de Protección Civil y el Fondo Nacional de Desastres Naturales responden básicamente a dicho concepto, ya que tienen como objetivo atenuar los daños originados por la manifestación de un riesgo: un desastre, ya consumado.

Entre los objetivos del “Decenio Internacional de Prevención de Desastres Naturales”, la mitigación es un elemento decisivo, tal como lo señala el Anexo a la Resolución 44/236 del 22 de diciembre de 1989 de Asamblea General, Naciones Unidas, citado anteriormente, mismo que propone: “mejorar la capacidad de cada país para mitigar los efectos de los desastres naturales, inclusive estableciendo sistemas de alerta temprana; fomentar los conocimientos científicos y técnicos a fin de reducir las pérdidas de vidas y de bienes; y formular medidas para evaluar, pronosticar, prevenir y mitigar los desastres naturales mediante la asistencia técnica, la transferencia de tecnología, los proyectos de demostración, la educación y capacitación”⁶¹

Es importante señalar que en la Ciudad de México, un mes después de los sismos de 1985, se emitieron las Normas Técnicas de Emergencia, las cuales exigían demoler o reestructurar las edificaciones afectadas por los terremotos, esto con el fin de evitar mayores daños a la población. Y en 1986 se promulgó un Nuevo Reglamento de Construcciones con sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo; en dicho ordenamiento se incrementaron notoriamente las exigencias antisísmicas para las nuevas

⁵⁹ Idem.

⁶⁰ Perló Cohen Manuel. Op. Cit.

⁶¹ Anexo a la Resolución 44/236, 22 de diciembre de 1989, Asamblea General, Naciones Unidas.

edificaciones. Posteriormente se reforzaron estructuralmente los hospitales y las escuelas y se estableció la obligatoriedad de los simulacros en todos los edificios públicos. Todas esas acciones y disposiciones corresponden a la mitigación del riesgo ante el sismo, mediante la reducción de la vulnerabilidad física y estructural de las edificaciones y la preparación de la ciudadanía ante un evento de ese tipo.

1.3 Riesgo hídrico en la Ciudad de México

Se entenderá en esta investigación como riesgo hídrico: “Al evento que tenga como elemento eje al recurso agua y que impacte directa o indirectamente sobre algún/os o todos los aspectos que conforman el bienestar íntegro de la población”⁶². El riesgo hídrico en la Ciudad de México tiene diversas manifestaciones, como son las inundaciones, la carencia y contaminación del agua; y la que se aborda en la presente investigación: la deshidratación del subsuelo.

Ciudad de México es uno de los dos nombres oficiales de la capital de nuestro país, el otro es: México, Distrito Federal; también se le nomina Distrito Federal o simplemente: D. F. La extensión territorial de la Ciudad de México es de 148,549 hectáreas y esta situada en la latitud N19°26´03” y en la longitud 99°08´19”W, a una altura de 2,240 metros sobre el nivel del mar; colinda con los estados de México y Morelos y forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, la cual esta integrada por las 16 delegaciones capitalinas, 58 municipios mexiquenses y uno hidalguense.

La ubicación geográfica de la Ciudad de México es privilegiada, ya que se encuentra entre el Trópico de Cáncer y el Ecuador, en la altiplanicie de Mesoamericana y esta equidistante de los océanos Pacífico y Atlántico. Ello propicia una abundante lluvia y un excelente clima, mismo que da lugar a una abundante variedad de ecosistemas.

⁶² Herrero, Ana Carolina. Desarrollo metodológico para el análisis del riesgo hídrico poblacional humano en cuencas periurbanas. Caso de estudio: Arroyo las Catonas, Región Metropolitana de Buenos Aires. Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires. Argentina. 2006.

La Ciudad de México está inmersa en la Cuenca de México, originalmente endorreica, sin salida al mar. Con la apertura realizada por los hispanos en el siglo XVII, ésta cuenca se transformó en valle artificial. Por lo tanto, a la Cuenca de México, también se le conoce como Valle de México y Cuenca del Valle de México.

El nombre originario de la Cuenca de México es Anáhuac; y en náhuatl significa: “vida en torno al Agua”. En ésta investigación usaremos todas esas nominaciones indistintamente.



Fig. 1.11 Localización de la Cuenca de México

Hasta el plioceno el Anáhuac fue un valle con dos vertientes hacia el sur; con la erupción del Chichinautzin en el cuaternario, hace 700 mil años, se bloquearon dichos cauces, por lo cual es una cuenca geofísicamente endorreica. La Cuenca de México, “está en el centro de una zona volcánica, cuyas erupciones ocurridas en distintas fases, han formado acumulaciones extraordinarias de lavas, tobas y brechas”⁶³. El desarrollo tectónico de la Cuenca de México compaginado con las etapas volcánicas se aprecia en las siguientes figuras.

⁶³ Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio “El subsuelo y la ingeniería de cimientos en el área urbana del Valle de México. 1978. 9.

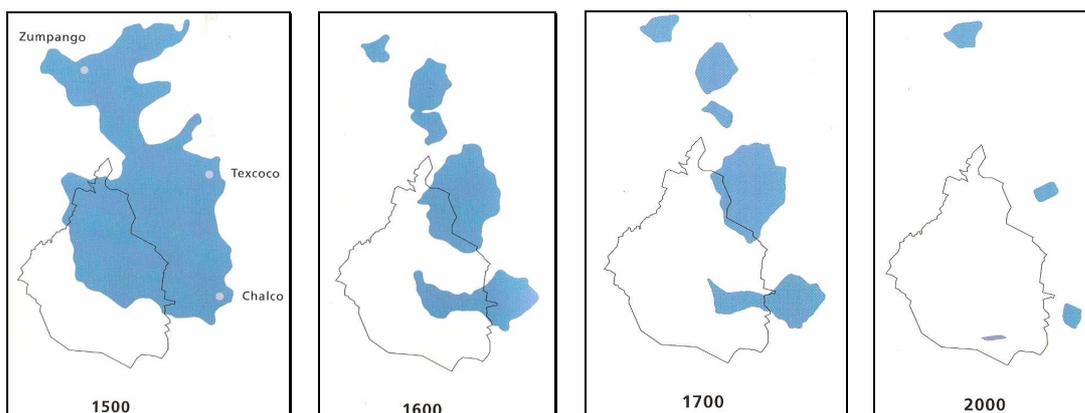


Fig. 1.16 Deseccación de lagos en la Cuenca de México⁶⁴

El Anáhuac está en la Faja Volcánica Mexicana, razón por la cual ha estado y está expuesta a las erupciones volcánicas y su suelo contiene gran cantidad de fosfatos, que resultan nutrientes naturales para la vida vegetal. Seguramente por esta razón y por los recursos hídricos de la cuenca nuestros ancestros eligieron ese sitio para fundar ahí la capital azteca: Tenochtitlán; ciudad emblema de Mesoamérica.

Sin embargo, la proximidad de nuestra capital a la Brecha de Guerrero, que es la conexión entre las placas tectónicas de Norteamérica y de Cocos, hace a la Ciudad de México receptora de los innumerables sismos, que en la brecha tienen su epicentro. Dichos movimientos telúricos se amplifican en la Zona Metropolitana del Valle de México por la conformación geotécnica de su subsuelo.

1.3.1. Construcción del riesgo hídrico en la Ciudad de México

El riesgo al desastre surge con el arribo mismo del hombre a la Cuenca de México; sin embargo a través del tiempo dicho riesgo ha ido acentuándose, y es en particular en las últimas seis décadas cuando las amenazas y la vulnerabilidad de nuestra capital se han acrecentado de manera inusitada.

La deshidratación del subsuelo en la zona lacustre es un riesgo latente en la Ciudad de México, mismo que se manifiesta en el hundimiento y agrietamiento del suelo, así como en el cambio de las propiedades físicas del mismo. Estas

⁶⁴ Laboratorio de la Ciudad de México. ZMVM. CONACULTA. INBA. México. 2000.

manifestaciones a su vez originan la desestabilización de las edificaciones y de las obras de infraestructura urbana.

La construcción del riesgo hídrico en la Ciudad de México se inicia con la elección del sitio de su fundación, un lugar palustre, y se continúa en diversas épocas, históricas, en este trabajo consideraremos cuatro: tenochca, colonial, independiente y contemporánea.

En la época tenochca la capital mexicana enfrentó básicamente los riesgos originados por las amenazas naturales y sociales; en las épocas colonial e independiente además de esos tipos de riesgo surge el de origen socio-natural, y en la época contemporánea aparece el riesgo tecnológico.

1.3.1.1.Época Tenochca

La época tenochca, también conocida como mexicana y prehispánica se inicia cuando en 1325 la última de las tribus aztecas que arriba al Valle del Anáhuac funda en medio de un gran lago su capital: Tenochtitlán; con el desastre ocasionado por la conquista española de esa capital en 1521, concluye ésta etapa. La construcción del riesgo en la Ciudad de México se inicia con la elección del sitio donde se establece su urbe predecesora: Tenochtitlán; en un islote dentro de una cuenca endorreica ubicada en una Faja Volcánica Mexicana a 2200 metros de altura sobre el nivel del mar y en una región altamente sísmica.

Los aztecas, fundadores de Tenochtitlán, en un breve lapso histórico, pasan de ser un pueblo nómada recolector a ser una sociedad capaz de idear un calendario y de plasmar en códices la recreación de su historia; así también de erigir una admirable metrópoli dentro de un gran lago con su majestuoso Templo Mayor. Los mexicanos desarrollaron una cultura que permitió mantener el equilibrio hidroecológico del Anáhuac. Ello limitó la vulnerabilidad de la capital tenochca con respecto a las amenazas hidrometeorológicas.

Las técnicas y formas arquitectónicas y constructivas empleadas por los mexicanos les previnieron contra la amenaza sísmica. No hay evidencias con respecto a la prevención y mitigación de las erupciones, aunque en los códices mexicanos quedó plasmada la destrucción de Cuicuilco por la erupción del volcán Xitle.

La gran Tenochtitlán surgió y floreció en el agua y desde su origen sus fundadores comprendieron que sólo cohabitando con ese medio lacustre podrían subsistir. En menos a dos siglos los tenochcas realizaron grandes obras de infraestructura urbana e ingeniería hidráulica indispensables para la edificación y conservación de una urbe en un ámbito palustre: desviaron ríos, separaron lagos, construyeron acequias, cañerías, puentes, diques, bordos, calzadas, presas, compuertas, caños, canales, acueductos, vías navegables y puertos. Su obra hidroecológica más importante fue el Albaradón de Netzahualcóyotl, que separó los lagos de Texcoco y de México, salobre el primero y de agua dulce el segundo.

Se desconoce la manera en que se eliminaban las aguas negras en la Gran Tenochtitlán, no se descarta la posibilidad de la existencia de un dren natural de la cuenca por Pantitlán, mismo que pudo haberse usado como drenaje sanitario y vertedor de demasías del agua pluvial. Los desastres de origen natural: inundaciones, sismos y erupciones volcánicas estuvieron siempre presentes en la memoria mexicana y quedaron plasmadas en sus códices. La cultura adquirida por los mexicas en torno al agua mitigó la vulnerabilidad con respecto a la amenaza hídrica, así también la forma y tipo de construcción de sus templos hacen ver la prevención que tuvieron ante la amenaza sísmica.

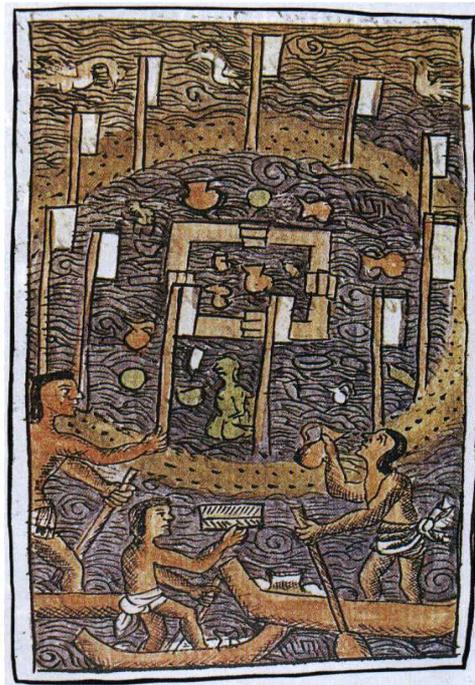


Fig. 1.17 Representación del torbellino de Pantitlán en el Códice Florentino

El logro más importante de esta cultura fue el haber conservado el equilibrio hidroecológico del Valle del Anáhuac, aun cuando la Gran Tenochtitlán llegó a tener una población mayor que cualquiera de las ciudades europeas de esa época, según el cronista hispano Francisco López de Gómora, quien además señala: “Era México cuando Cortés entró, pueblo de sesenta mil casas”⁶⁵. Se estima que al arribo de los europeos, la Gran Tenochtitlán tenía una extensión de 1,200 hectáreas y una población mayor a 150 mil habitantes.

La vulnerabilidad natural y física de esa capital ante las amenazas hidrometeorológicas es evidente. Solo el desarrollo de una cultura en torno al agua previno y mitigó el riesgo a las inundaciones de esa metrópoli y fue la construcción de excepcionales obras de ingeniería hidráulica y de infraestructura urbana lo que permitió mantener el equilibrio hidroecológico en el Anáhuac y así también el florecimiento de la Gran Tenochtitlán. Con la caída de esa capital ante el poderío hispano termina la época tenochca.

1.3.1.2. Época Colonial

Con la caída de la Gran Tenochtitlán en 1521 se inicia la época colonial, también llamada virreinal o novohispana; concluye dicha etapa histórica en con otro desastre originado por la Guerra de Independencia iniciada en 1810 y que culmina en 1821. Son los habitantes originarios quienes conllevan las más funestas consecuencias de esa etapa; se estima que “la población indígena del centro de México pasó de 25 millones en 1518 a poco más de un millón en 1603”⁶⁶. Aun siendo éste dato bastante discutible, resulta muy significativo.

Durante el sitio de Tenochtitlán los hispanos destruyen acueductos y cercenan el Albarradón de Netzahualcóyotl. Los españoles arrasan por razones logísticas la infraestructura hidráulica del Anáhuac, temerosos de ser cercados y ahogados por los mexicas, como estuvo a punto de suceder en la llamada “noche triste”, Ellos ven a los lagos como su más grande obstáculo para mantenerse en la

⁶⁵ López de Gómora Francisco. Historia de la Conquista de México. Editorial Robredo, S. A. México. 1943.

⁶⁶ Rabel Cecilia. Los estudios de demografía histórica novohispánica: una revisión crítica. Comité Mexicano de Ciencias Históricas. Mexico 1990.

capital tenochca y controlar el rico territorio mesoamericano. Además sus armas de conquista: caballería, escudería y artillería; no pueden utilizarse en ese medio lacustre.

De acuerdo al plano de Cortés publicado en el año de 1524, la traza urbana de la Gran Tenochtitlán era radial, idónea y afín a la topohidrografía de la cuenca, con un cuadrado central y calzadas en los ejes cardinales; en noviembre de 1521, Alonso García Bravo, impone una retícula rectangular para la ciudad.

Con la destrucción de la infraestructura hidráulica del Anáhuac, se pierde el control de las lluvias torrenciales y se propicia el desborde de los ríos, dando lugar a las grandes inundaciones como la de 1555. Además, la capital novohispana enfrenta un grave problema sanitario, ya que el desalojo de excretas se hace a cielo abierto, hacia riachuelos y lagunas, tal como se hacía en Europa en esa época; ello originó la peste “matlalzáhuatl” de 1576, que diezmo únicamente a la población originaria, y la epidemia llamada “cocoliste” en 1629. La vulnerabilidad ante las amenazas sanitarias se incrementó notoriamente en ésta época.

Ante el temor a las inundaciones, las autoridades virreinales intentan restaurar la infraestructura hidráulica de la ciudad, sin lograrlo. Ruy González y Francisco Gudiel presentan en 1555 una propuesta para desaguar no solo la capital sino también la Cuenca de México. En 1579 y 1604 severas inundaciones devastan nuevamente a la metrópoli; pero la que se presenta tres años después es más cruenta. Las inundaciones, que nunca son evitadas, son el pretexto hispano para proseguir esa guerra de exterminio contra los lagos en el Anáhuac. Los lechos lacustres al desecarse se convierten en suelos agrícolas muy productivos y codiciados por los hacendados españoles.

En noviembre de 1607, durante el virreinato de Luis de Velazco II, se inician las obras para hacer una salida artificial a la Cuenca de México. El proyecto y la construcción de una galería por Nochistongo están a cargo del germano Enrico Martínez: impresor, geógrafo, ingeniero, arquitecto, médico e intérprete de la Santa Inquisición; además de ser el cosmógrafo del rey. El 16 de mayo de 1608 las aguas del lago de Zumpango drenan por ese túnel hacia océano el Golfo de México. Con esa salida al mar, la cuenca endorreica se transforma en un valle artificial y se rompe el equilibrio hidroecológico del Anáhuac.

A pesar de la oposición, muy bien fundamentada a la salida artificial de la cuenca, esta obra se reanuda y la galería original se transforma en un socavón; 180 años después de haberse iniciado esa salida, en 1788, se inaugura el Tajo de Nochistongo. Por un error topográfico de Enrico Martínez, el lecho del tajo queda arriba de los lagos de Texcoco y el de México, sin embargo por esa hendidura drenaran hacia el Atlántico los lagos de Zumpango y Xaltopan y esto propiciara el inicio de la desecación del Anáhuac. Las consecuencias de dicho desagüe se verán reflejadas dos décadas después con la escasez de agua para riego en la región norte del Valle de México.

Con el pretexto de evitar las inundaciones a la capital virreinal, originadas éstas por la destrucción de la infraestructura hidráulica mexicana, los hispanos incrementan el riesgo capitalino al desastre hidrometeorológico, acentuando la vulnerabilidad citadina ante las inundaciones, mismas que nunca son evitadas, aunque inician así un proceso de deshidratación del subsuelo metropolitano.

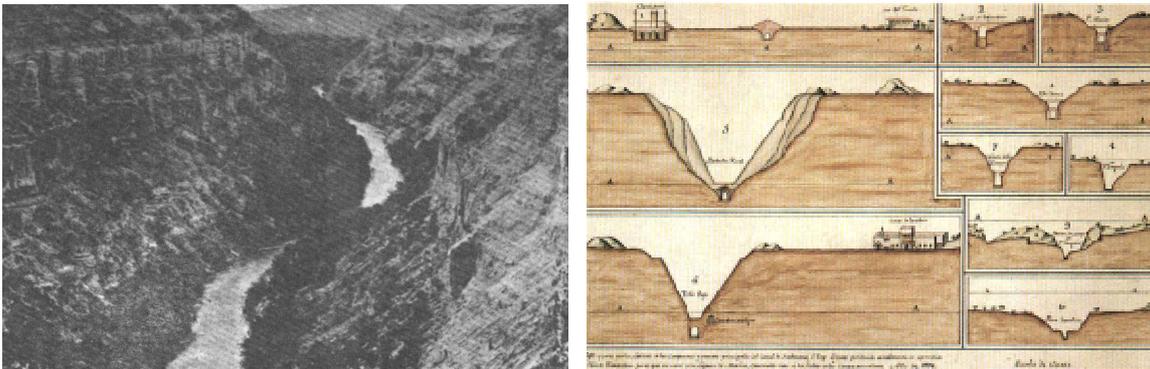


Fig. 1.18 Desagüe por Huehuetoca

En la época colonial, el proceso de construcción de riesgo continúa en la capital novohispana, ya no solo existe el riesgo a desastres naturales y sociales, sino también se crea el riesgo al desastre de origen socio-natural con la transformación de una cuenca natural endorreica en un valle artificial. La época colonial inicia y concluye con dos desastres de origen social: la conquista de la Gran Tenochtitlán y la guerra por nuestra Independencia.

1.3.1.3.Época Independiente

Esta etapa histórica principia con la Consumación de la Independencia de México en 1821 y concluye con el inicio de la Revolución Mexicana en 1910. A pesar de la cruenta lucha por nuestra soberanía, la Ciudad de México rediseñada por los hispanos subsiste, pero la batalla contra los lagos continúa. El 18 de noviembre de 1824 se crea el Distrito Federal.

En ese lapso histórico nuestro país enfrenta todo tipo de convulsiones: asonadas militares, intervenciones extranjeras, luchas intestinas y dictaduras. A la derrota de los españoles aparecen nuevos conquistadores y nuestra patria es despojada en 1847, por los estadounidenses, de más de la mitad del territorio nacional; posteriormente los invasores franceses imponen, fugazmente, un emperador europeo.

Las Leyes de Reforma impulsadas por el Benemérito de las Américas son promulgadas después de una ardua guerra y en la penúltima década del siglo XIX la dictadura porfirista asume el control del país.

La idea de desecar el Valle de México triunfa nuevamente en ésta época, aun cuando hay alternativas, como la propuesta hecha en 1857 por el ingeniero Francisco de Garay, para armonizar en la capital el abastecimiento de agua potable y de riego, la navegación y el desagüe pluvial y sanitario.

Por razones logísticas Maximiliano de Habsburgo decreta, en 1866, el inicio de la construcción de una nueva incisión a la Cuenca de México. Ésta sería mediante túnel en Tequisquiac, un tajo y el Gran Canal del Desagüe, por ahí se drenarían los lagos aun existentes en el valle. Dicho proyecto fue elaborado por el ingeniero en jefe del ejército estadounidense M. L. Smith y aprobado por el coronel Doutrelain jefe del cuerpo de ingenieros de las tropas francesas. Nuevamente el futuro de nuestra capital queda en manos extranjeras.

No es casual la decisión del archiduque, seguramente conoció el inútil intento, hecho por los defensores de la capital, en 1847, para evitar su conquista por parte de las tropas norteamericanas, inundándolas, mediante la voladura de las compuertas de Mexicalcingo; y así también sabía de las tentativas de los tenochcas para ahogar a los hispanos, como ocurrió en la “Noche Triste”.

Comprendía el emperador austriaco, que para mantenerse en la Ciudad de México era indispensable evitar que sorprendieran a su ejército, lo sitiaran y lo sometieran en los lagos.

Al fusilamiento de Maximiliano y la expulsión de los franceses, el país estaba en bancarrota y las obras del desagüe se suspenden. Es hasta 1892 cuando se reanudan los trabajos y en 1895 atestigua la culminación del túnel el ya dictador Díaz, quien en 1900 inaugura el “Sistema del Desagüe del Valle de México”. De ese modo la Ciudad de México pierde para siempre su carácter lacustre y navegable; la deshidratación del valle se acelera, así también la escasez ácuea.

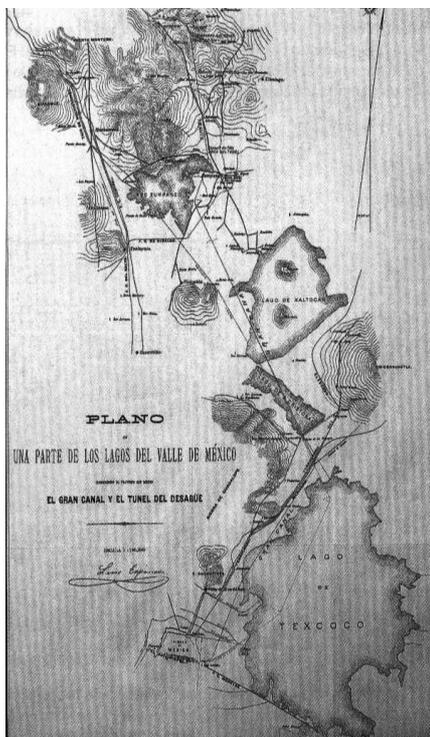


Fig. 1.19 Desagüe por Tequixquiac Fig. 1.20 Intervención Norteamericana 1847

Los desastres capitalinos de origen natural, social y socio-natural en ésta época son innumerables. Continúa el proceso de construcción del riesgo, al incrementarse la vulnerabilidad de la Ciudad de México y al aumentar su número de habitantes; que en 1900 era de 344 mil, de acuerdo al Segundo Censo de Población, y correspondía al 2.52% de la población total del país, que en ese mismo año tenía 13.6 millones de habitantes, la gran mayoría rural.

1.3.1.4. Época Contemporánea

La época contemporánea abarca de 1910, inicio de la Revolución Mexicana, a nuestros días. La construcción del riesgo hídrico en la Ciudad de México se acelera a partir de la segunda mitad del siglo XX; las amenazas de todo tipo y la vulnerabilidad global de la capital se amplifican inconteniblemente; el hacinamiento y miseria urbana son evidentes y salen a relucir durante los desastres que ocurren sistemáticamente en la metrópoli.

El desastre social originado por la lucha revolucionaria ocasiona al país más de un millón de muertos, hambre, epidemias y la bancarrota de las finanzas públicas. A la caída de Porfirio Díaz, en 1911, asume la presidencia del país Francisco I. Madero hasta la “Decena Trágica”, en 1913, cuando él es asesinado; después de ello se suceden múltiples disputas fratricidas por el poder. En 1917 se promulga una nueva Constitución, pasando los recursos naturales a ser propiedad de la nación.

Lázaro Cárdenas impulsa la reforma agraria, la educación pública y expide en 1936 el decreto para la Expropiación Petrolera. La capital sufre un desarrollo social y un inusitado crecimiento industrial estimulados por ese régimen, que también corresponden con el inicio, en 1939, de la Segunda Guerra Mundial; al final de la cual también México participa. En esta época contemporánea surge la Zona Metropolitana del Valle de México y con ello se aceleran los riegos en la Ciudad de México.

A partir de 1950, nuestro país tiene un crecimiento poblacional sin precedentes, dándose una explosión demográfica en la Ciudad de México. “La migración campo-ciudad acrecentó la población metropolitana de 3 a 19 millones entre 1950 y 2000, nueve de los cuales está asentada en el Distrito Federal”⁶⁷; la mancha territorial se extiende en ese mismo lapso de 20 mil hectáreas a 132 mil; se aumentan en más de seis veces ambos rubros. En ese mismo periodo, la población a nivel nacional sólo se cuadruplica, pasando de 25.8 a 97.5 millones de habitantes. En 1968 se dio inicio a la construcción del Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano (Metro). Durante los sismos de 1985, la mayoría de los

⁶⁷ Laboratorio de la Ciudad de México. Op. Cit.

derrumbes de edificaciones se localizaron paralelos a las líneas del Metro, pero sobretodo en las intersecciones de éstas.

En 1972 se reconoce la conurbación del Distrito Federal con 12 municipios del Estado de México, nominándose: Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM); en 1982 se amplía a Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual actualmente tiene más de 20 millones de habitantes y esta conformada por un municipio hidalguense, 58 mexiquenses y las 16 delegaciones capitalinas: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Magdalena Contreras, Venustiano Carranza, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. A partir de 1997 se elige Jefe de Gobierno y Asamblea de Representantes del Distrito Federal, y del 2000 en adelante también Jefes Delegacionales.

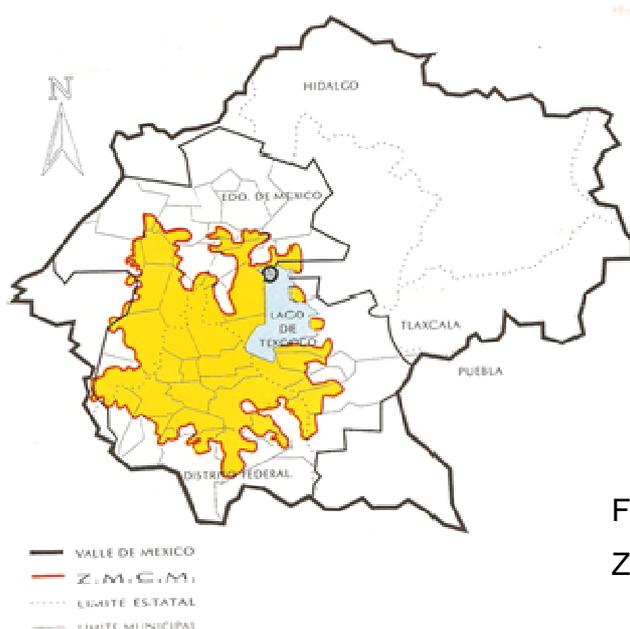


Fig. 1.21
ZMVM en la Cuenca de México

De acuerdo con el II Censo de Población y Vivienda 2005, realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el país tenía 103 263 388 habitantes y la ZMVM contaba con 19 239 910, que corresponde al 18.7%. La Ciudad de México tenía 8 720 916 habitantes; lo cual representó el 8.5% del total de la población del país y generaba cerca del 18% del Producto Interno Bruto (PIB) de la nación. La ZMVM, ocupa el 0.23 % de la superficie del

país, contiene la quinta parte de su población, produce la tercera parte del PIB y consume el 20% de la energía eléctrica nacional. Estas cifras muestran la “macrocefalia” de nuestro país, producida por su centralización económica y política. El incontrolado crecimiento poblacional capitalino a partir de 1950, crea nuevos retos para el suministro y el desalojo ácueo. Estos dos aspectos están íntimamente relacionados, aunque se han manejado de manera independientes; ya que por un lado se sobreexplota el acuífero metropolitano y se acarrea agua de otras cuencas, y por el otro se expulsa, a través del drenaje, la cuantiosa lluvia y el deshielo volcánico del Valle de México.

1.3.2 Drenaje Profundo

A pesar del enorme hundimiento que estaba sufriendo la ciudad, como consecuencia de la explotación del acuífero metropolitano y la expulsión ácuea del valle, el gobierno inaugura en 1954, un nuevo túnel por Tequisquiac, con una capacidad de desfogue de 64 m³/s; se supone así resuelto el problema de las inundaciones capitalinas, lo cual resulta una falacia, además de que el nuevo dren continuará deshidratando el subsuelo metropolitano.

Sin reflexionar en lo que esta sucediendo, en 1960 se construye el “Interceptor Poniente”, para desalojar las aguas del oeste de la cuenca por el Tajo de Nochistongo. La vulnerabilidad hídrica de la Ciudad de México se sigue incrementando.

El desbordamiento poblacional de la capital volvió insuficiente la capacidad de drenaje del Colector Poniente y del Gran Canal. El hundimiento ciudadano era tal que el Lago de Texcoco que en 1910 estaba 1.90 m. por debajo de la Ciudad de México en 1970 resultó 5.5 m. arriba de ella.

Se inicia, en 1967 lo que se consideró la gran aportación de la ingeniería mexicana contra las inundaciones: “el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México”, sin tomar en cuenta los estudios de Nabor Carrillo Flores, quien se opuso rotundamente a ese desagüe y proponía infiltrar las aguas pluviales al subsuelo metropolitano para rehidratarlo, evitando así más inundaciones, además tratar las aguas negras ciudadinas para su reúso. Consideraba el ex rector

universitario, que ningún diámetro de drenaje sería suficiente para darle una solución definitiva al desagüe de una ciudad ilimitada en su crecimiento; su pronóstico se cumple en el verano de 1998.

En 1975 se inaugura la primera etapa del Drenaje Profundo y en 1982 se concluye; dicho desagüe está integrado por un Emisor Central, 7 interceptores y dos colectores. El sistema que drena por gravedad, alcanza 217 metros de profundidad y su longitud subterránea total de 93 km, es mayor que la del eurotúnel. Por ese dren se desalojan de la cuenca 3 000 mil millones de metros cúbicos de agua al año, que corresponden a 420 litros diarios por habitante metropolitano.



Fig. 1.22 Sistema de Drenaje Profundo



Fig. 1.23 Nabor Carrillo

El Drenaje Profundo expulsa no solo las aguas negras, también las pluviales, las del deshielo volcánico, las traídas de otras cuencas y las freáticas que se infiltran en él; con ello se incrementa la deshidratación y desestabilización del suelo y la vulnerabilidad metropolitana. El riesgo al desastre, ocasionado por un terremoto que fracture al Drenaje Profundo o por una erupción volcánica que lo obstruya es cada día más probable; ya se han taponeado, por falta de mantenimiento, tramos de dicho desagüe.

1.3.3 Suministro Hídrico Metropolitano

Para abastecer a la Capital se extrajo agua de Xochimilco a partir de 1930 y en 1951 se inició la importación ácuea del Alto Lerma con 4 m³/s, incrementándose hasta 25 m³/s en 1977; originando esto un profundo deterioro ecológico en esa región.

En 1980 entra un nuevo caudal de 4 m³/s, proveniente de la cuenca de Cutzamala, distante 150 kilómetros del Distrito Federal, y en 1982 aumentó a 6 m³/s. Para manejar mejor los caudales procedentes de Cutzamala en 1988 entró en operación parcial el Túnel Ramal Sur, acueducto perimetral que distribuirá de manera equitativa el agua en el sur y sureste del D. F. Sin embargo la fuerte oposición a la explotación y desecación de esa cuenca ya se ha manifestado con acciones del “Frente Mazahua por la Defensa de la Tierra y el Agua”⁶⁸.

El crecimiento poblacional de la urbe ha implicado un gran incremento en el consumo hídrico, el Distrito Federal con el 43% de la población metropolitana utiliza el 56.4% de la dotación total, o sean 35 m³/s. La dotación media del capitalino es de 350 litros diarios, una de las más elevadas del mundo, la de París y Nueva York es de 200 lts/día.

Del total de la dotación diaria de esta urbe un 70% es obtenida de la sobreexplotación de su manto freático, el restante 30% es importado de las cuencas del Lerma y Cutzamala; paradójicamente este mismo porcentaje es tirado por el inodoro y otro 30% se fuga en el caduco sistema de distribución; finalmente todo este caudal es desalojado fuera de la cuenca a través del Drenaje Profundo, conjuntamente con el agua pluvial, la del deshielo volcánico y la freática.

1.3.4 Sobreexplotación del Acuífero Metropolitano

La sobreexplotación del acuífero provoca la deshidratación, el hundimiento y agrietamiento del suelo ubicado en la zona lacustre metropolitana, sin embargo el gran caudal de extracción no es suficiente para la enorme demanda ácuea capitalina, por lo cual la ciudad se ve obligada a suministrar agua con mayores

⁶⁸ La Jornada.22 de septiembre 2005.

volúmenes de fuentes externas, a cualquier costo. Como es políticamente imposible transferirle a la ciudadanía el nuevo costo del agua, los actuales subsidios, equivalentes a casi dos terceras partes de su costo real, mismos que crecerán significativamente y son absorbidos por las finanzas de la ciudad, restando cuantiosos recursos a la realización de otros proyectos urbanos.

Con el hundimiento del suelo, se fractura la infraestructura hidráulica de la ciudad. Los daños a la red de distribución propician fugas de agua potable calculadas en 30% del caudal conducido, reduciendo el abasto a los hogares. Adicionalmente, al quebrarse los tubos del drenaje, las aguas residuales se infiltran en el subsuelo contaminando progresiva y crecientemente el manto acuífero.

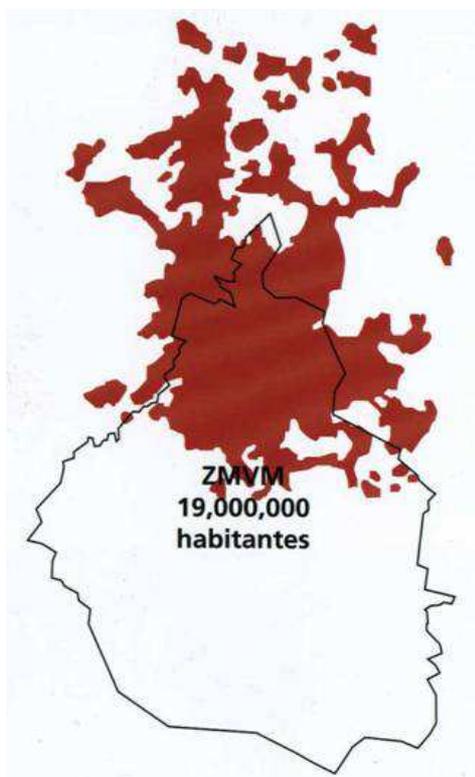


Fig. 1.24 Mancha urbana de la ZMVM

El hundimiento del suelo también ha obligado construir un sistema de drenaje muy profundo para evitar que la ciudad se inunde de aguas negras. En el Distrito Federal, los hundimientos han provocado daños al sistema de drenaje y alcantarillado, esto propicia que en temporada de lluvias las calles se inundan y se pierda un gran volumen de agua por la contaminación.

La sobreexplotación del acuífero trajo consecuencias que se han ido manifestando como las grandes grietas que presentan las casas y edificios en particular en el oriente de la ciudad; así como en el Valle de Lerma, donde la escasez de agua ha redundado en cosechas magras, además de la degradación de la calidad del agua subterránea.

La Ciudad de México requiere preservar su suelo de conservación, evitando que la mancha urbana continúe invadiéndola. Como consecuencia del crecimiento de la mancha urbana, lo que antes eran áreas verdes, ahora se han convertido en edificios y calles pavimentadas, lo que ocasiona que 1100 millones de m³ de lluvia no se infiltren al subsuelo sino que corran hacia el drenaje y se contaminen.

1.3.5 Balance Hidrológico de la Cuenca de México

En el Distrito Federal hay una paradoja difícil de explicar: mientras Tláhuac esta inundada, Iztapalapa carece de agua. La causa de esa paradoja es el erróneo manejo hidráulico de la cuenca, mismo que consiste en acarrear agua de otras regiones y expulsar el agua de lluvia que, inclusive, algunas veces nos inunda. La solución a dicha insensatez es lograr una política hidroecológica de la Cuenca de México, que garantice el abastecimiento ácuero capitalino con su propia precipitación pluvial y a corto plazo propicie nuestra sustentabilidad hídrica; evitando así la pérdida de ese invaluable recurso natural: el agua.

La extensión de la Cuenca de México es 9 650 km² y su precipitación pluvial, según la comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es de 70 centímetros al año, esto implica la captación de 6 692 millones de metros cúbicos de agua, sin considerar el deshielo volcánico. La infiltración y evotranspiración es aproximadamente del 70% de ese total; por lo que cada uno de los 20 millones de habitantes metropolitanos dispondría de 300 litros al día de agua; dotación que corresponde al doble de lo que requiere el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en vigor: 150 lts/día.

Esa riqueza natural, la lluvia, es erradicada de la cuenca a través de las salidas artificiales hechas a la misma en distintas épocas históricas. La ZMVM solo recicla el 7% de su drenaje, pero contamina y tira al Pánuco más de 410 litros de agua

por habitante al día⁶⁹; ello crea la dependencia ácuea y la deshidratación. El balance nos hace ver que la Cuenca de México es autosuficiente hídricamente.

1.3.6 Deshidratación del Subsuelo Metropolitano

La deshidratación del subsuelo, originada por la sobreexplotación del acuífero metropolitano, es la amenaza hídrica más grave a la que está sometida la Ciudad de México, ya que origina el abatimiento del nivel freático, los hundimientos y agrietamientos del suelo, modificando sus propiedades físicas; lo cual a su vez pone en riesgo la seguridad de la infraestructura urbana y de las construcciones capitalinas. Dicha amenaza es de origen socio-natural, ya que como se ha señalado corresponde con acciones humanas que afectan los ciclos naturales. El incontrolado crecimiento de la mancha urbana, que ya ha ocupado amplias zonas de recarga natural acuífera, incrementa la deforestación y la pavimentación; eso da como resultado una menor precipitación pluvial y también una disminución en la infiltración de esta agua al subsuelo.



Fig. 1.25 Extensión territorial del D.F.

⁶⁹ Laboratorio de la Ciudad de México. Op. Cit.

De acuerdo a estimaciones, la recarga anual del acuífero es de 693 000 m³ y la extracción es de 1 300 000 m³, ello origina una acelerada deshidratación del subsuelo y una merma en dos metros al año, en el nivel del manto freático⁷⁰.

La causa fundamental de dicha deshidratación es la sobreexplotación del manto acuífero metropolitano, aunque también intervienen en ese proceso: "...la enorme extracción de agua que se hace para mantener secos los sótanos de cientos de edificios, al bombeo que impera en las líneas del Metro y otras instalaciones municipales"⁷¹, como son los túneles, pasos a desnivel y estacionamientos subterráneos. Otro factor importante que interviene en la deshidratación del subsuelo es la infiltración del agua freática al Drenaje Profundo.

De acuerdo a diversas investigaciones de los institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM, la deshidratación del subsuelo ocasiona el abatimiento del nivel del agua freática, la fragilidad, el agrietamiento y la subsidencia del suelo, además de la alteración de sus propiedades físicas.

1.3.7 Hundimiento Metropolitano

La principal consecuencia de la deshidratación del subsuelo metropolitano es el hundimiento o subsidencia del suelo ciudadano. Desde principios del siglo XX y hasta 1936, las nivelaciones indicaban que la Ciudad de México se hundía a razón de 5 centímetros por año. Al aumentar la demanda ácuea ciudadana, se inicia en 1938 la perforación de pozos profundos en el valle para extraer el agua del manto freático y ese hundimiento del centro del Distrito Federal se incrementa para llegar a 18 y hasta 50 centímetros anuales.

En regiones donde se lleva a cabo la extracción de agua subterránea mediante bombeo profundo, es común observar hundimientos de la superficie natural del terreno. Esto ocurre esencialmente en capas de suelo constituidas por sedimentos compresibles que reducen significativamente su volumen al ser extraída el agua durante periodos largos. Como consecuencia de ese hundimiento, el drenaje proyectado para trabajar por gravedad, requiere de

⁷⁰ La Jornada. 22 septiembre 2004

⁷¹ Santoyo V. Enrique y Santoyo R. E. Retos geotécnicos en edificios ligeros. TGC Geotecnia y TGC Ingeniería. S. F.

bombeo para elevar las aguas negras a la altura del Gran Canal, mismo que en 1950 estaba 5 metros arriba del zócalo capitalino. “Entre 1930 y 2000, el centro de la ciudad se hundió 10.7 metros, con un promedio anual de 15.3 cm”⁷².

El Doctor Nabor Carrillo establece en 1947 la Teoría de la Consolidación, mediante la cual, se demuestra científicamente que la extracción de agua del subsuelo es la causa del hundimiento de la Ciudad de México.

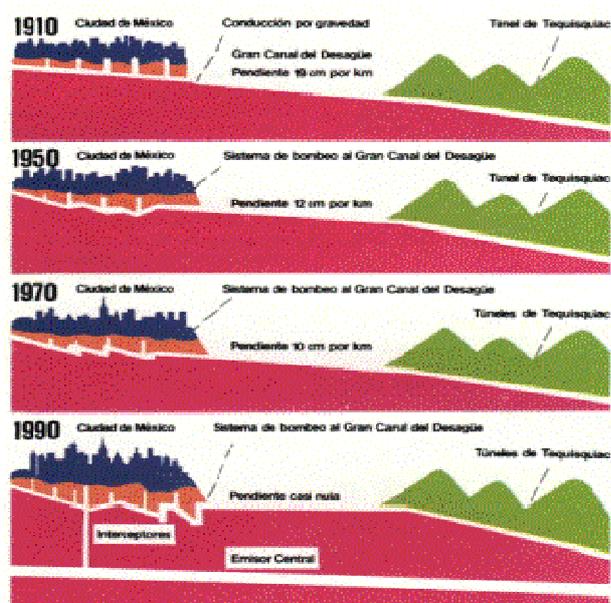


Fig. 1.26 Hundimiento metropolitano entre 1910 y 1990⁷³

El hundimiento del DF —dice Enrique Cabral Cano, responsable del Laboratorio de Cartografía Digital del Instituto de Geofísica— “es causado principalmente por la compactación de suelos con alto contenido de arcillas, los cuales fueron depositados en las antiguas zonas lacustres, así como por la extracción de agua del subsuelo y la baja recarga natural de los mantos acuíferos. Esto trae como consecuencia agrietamientos y fallas que afectan sensiblemente tanto la infraestructura urbana (vialidades, redes de drenaje y de distribución de agua y gas) como casas habitación, edificios históricos y monumentos. En zonas adyacentes a estructuras volcánicas, ya sea preexistentes o contemporáneas al desarrollo de áreas lacustres, como el Peñón del Marqués, el Peñón de los Baños,

⁷² Laboratorio de la Ciudad de México. Op. Cit.

⁷³ Laboratorio de la Ciudad de México. Op. Cit.

las sierras de Guadalupe y Santa Catarina o ciertas zonas de Tláhuac y Chalco, se genera un hundimiento diferencial muy acentuado que puede dañar severamente las construcciones”⁷⁴.

El proceso que ocasiona el hundimiento de la ciudad de México se conoce desde hace cerca de 60 años, pero no fue hasta hace poco tiempo que los avances en tecnología satelital hicieron posible tener un panorama claro y detallado de él, y, por consiguiente, generar mapas de alta resolución que indican dónde hay mayores riesgos de subsidencia y fracturas.

Por lo pronto, es seguro que el hundimiento de la ciudad de México seguirá presentándose en un futuro inmediato, lo cual obligará a las autoridades a establecer mejores mecanismos de monitoreo y desarrollar un marco regulatorio en materia de construcción y uso de suelo en las áreas de mayor peligro⁷⁵. Según los estudios realizados por el Instituto de Geofísica de la UNAM : “La zona del Valle de México con mayor subsidencia o hundimiento acelerado del subsuelo es la oriente (en particular Iztapalapa y Ciudad Nezahualcóyotl), con 37 centímetros por año (es decir, un poco más de un milímetro al día)”⁷⁶.

Los investigadores del Centro de Geociencias de la UNAM, Dalia del Carmen Ortiz y Adrián Ortega, señalan: “Los hundimientos son de hasta 40 centímetro por año en el centro de la planicie de Chalco”⁷⁷; y “El hundimiento del suelo es ocasionado a partir de la entrada en funcionamiento de 14 pozos construidos a principios de 1980. Es la batería de pozos denominada Sistema Mixquic-Santa Catarina, localizada a 400 metros de profundidad”⁷⁸.

La delegación Tláhuac colinda al oeste con la planicie de Chalco. Los acentuados asentamientos del suelo en la región oriente del Distrito Federal se deben fundamentalmente a la extracción ácuea, como lo afirman los investigadores del Centro de Geociencias de la UNAM. René Chávez, investigador

⁷⁴ <http://estadis.eluniversal.com.mx/cultura/54622.html>. El Universal. 15 de noviembre 2007.

⁷⁵ Idem.

⁷⁶ Idem. La subsidencia es: “El hundimiento paulatino”; de acuerdo al Diccionario de la Lengua Española. Real Academia de la Lengua XXII Edición. Editorial Espasa Calpe, S. A. España. 2001.

⁷⁷ Milenio. Febrero 16 de 2010.

⁷⁸ Idem.

del Instituto de Geofísica señala: “La subsidencia se debe a la extracción excesiva de agua”⁷⁹. Y el doctor Santoyo lo confirma: “El hundimiento regional de la ciudad de México se debe a la extracción de agua”⁸⁰. Estos señalamientos corresponden con la Teoría de la Consolidación del Suelo establecida por Nabor Carrillo en 1949.

1.3.7.1 Velocidad de subsidencia del suelo de la Ciudad de México.

La subsidencia del suelo es una manifestación de la deshidratación del subsuelo, misma que se presenta principalmente en la región capitalina del lecho del lago de México; ahí las consecuencias de la extracción acuífera son las más críticas. Los efectos de dicha deshidratación no son uniformes ni en el tiempo ni en el espacio, existen áreas donde éstos aun no se manifiestan y otras en las cuales son muy significativos. La velocidad de hundimiento del suelo es variable de un lugar a otro, ello corresponde con el espesor que tienen los estratos arcillosos en dicho lugar y a su distancia a la que se encuentre de los pozos de extracción ácuea.

La variabilidad de la velocidad de hundimiento, origina asentamientos diferenciales del suelo, mismos que con el paso del tiempo se acrecientan. Las zonas más críticas para la edificación son aquellas en las cuales es mayor la velocidad del hundimiento, ya que es ahí donde se presentan los agrietamientos más significativos y también más drásticamente se modifican sus propiedades físicas del suelo. Dicho hundimiento propicia el desplomo de las construcciones; los agrietamientos del suelo ocasionan la fractura de las cimentaciones y estructuras y la alteración de las propiedades del suelo modifican la interacción suelo-estructura. Todo lo anterior ocasiona la desestabilización de las construcciones. La velocidad de hundimiento anual en el Distrito Federal, varía de cero a un máximo de 40 cm/año (más de un milímetro diariamente).

⁷⁹ Gaceta UNAM. 27, 01, 2011.

⁸⁰ Santoyo Villa, Enrique. Historia y actualidad del hundimiento regional de la Ciudad de México.

Lo anteriormente descrito se aprecia en la Fig. 1.27 del Mapa de la Configuración de los Hundimientos⁸¹.

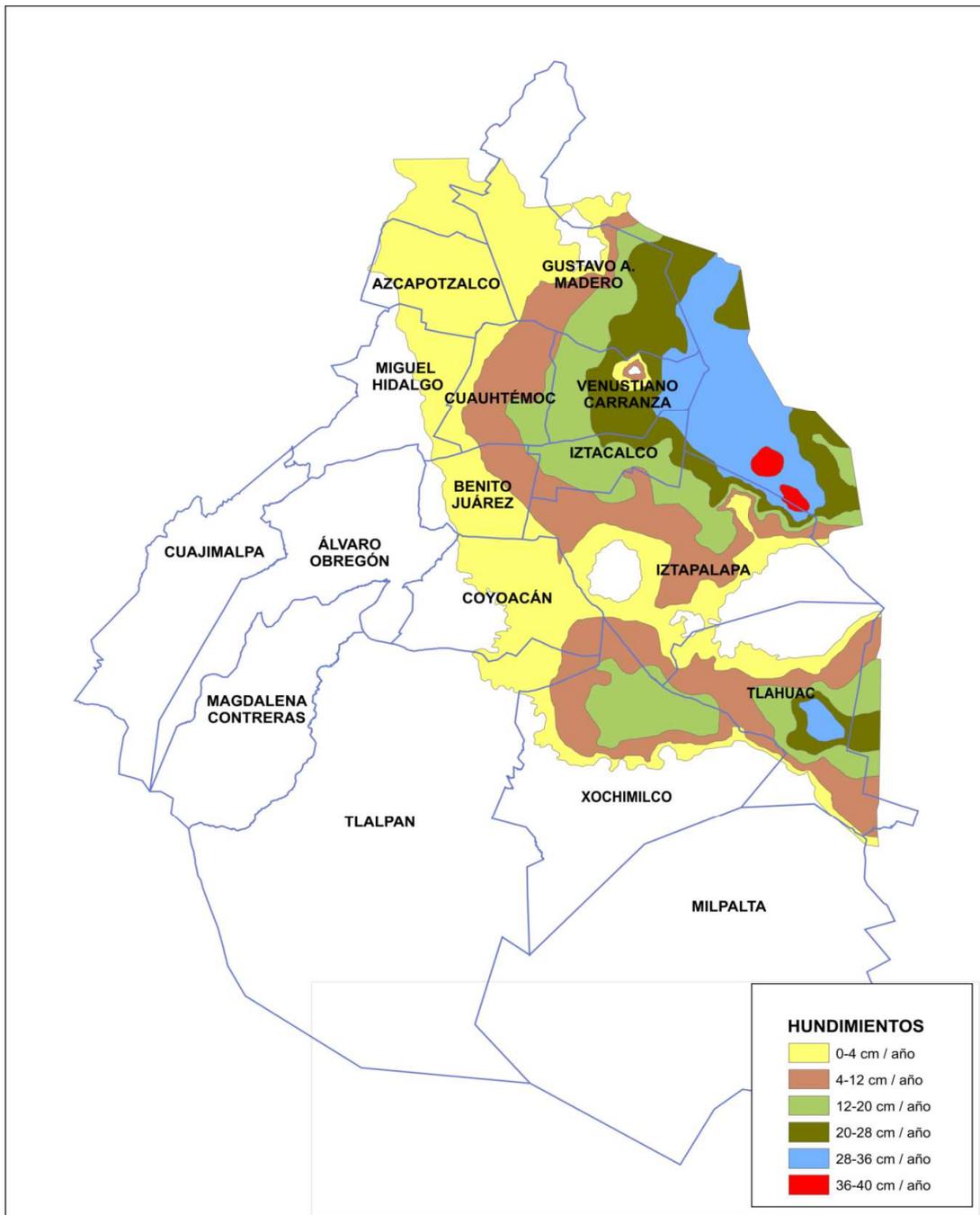


Fig. 1.27 Mapa de configuración de hundimientos

⁸¹ Publicado por P. Pineda y T. Peláez en el artículo: "Procedimientos de medición del hundimiento en la ciudad de México". Ingeniería geotécnica en zonas urbanas afectadas por hundimiento regional. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2009.

En dicho mapa se distinguen varias regiones, mismas que nominaremos de mínima, baja, media, alta y máxima velocidad anual de subsidencia, correspondiendo respectivamente a cada una de ellas un hundimiento de 0 a a 12, de 12 a 20, de 20 a 28, de 28 a 36 y de 36 a 40 cm/año. Como puede apreciarse en el mapa anterior, la velocidad de subsidencia es nula en las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Milpa Alta. Los hundimientos se manifiestan en las delegaciones que abarcan el lecho del exlago de México: Atzacotalco, Miguel Hidalgo, Iztapalapa, Tláhuac, Coyoacán, Tlalpan, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Ixtacalco y Xochimilco.

El lugar donde dicha velocidad es la máxima del Distrito Federal: 40 cm/año; está en el límite de delegación Iztapalapa con el municipio de Netzahualcóyotl, sobre avenida Texcoco; ahí se encuentra el plantel Iztapalapa V del Colegio Nacional de Educación Profesional (CONALEP) y el parque ecológico: El Salado. A lo largo de esa avenida se tiene una franja donde la velocidad de subsidencia es alta: 36 cm/año; dicha región abarca el oeste de las delegaciones Iztapalapa, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero e Iztacalco. Existe también en Tláhuac una región con alta velocidad de subsidencia.

En Iztapalapa, Tláhuac, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero los hundimientos son muy variables y tiene regiones con nula, mínima, baja, media, alta y máxima velocidad de subsidencia. En estas cuatro delegaciones aparecen las grietas más críticas y ahí el riesgo originado por la deshidratación implica una enorme complejidad por la heterogeneidad del comportamiento del suelo, dado que sus propiedades cambian drásticamente entre un lugar y otro muy próximo.

1.3.8 Agrietamiento del suelo de la Ciudad de México.

Como es bien sabido, los agrietamientos del terreno natural y los asentamientos regionales son efectos que se han presentado y documentado desde hace décadas, en diversas ciudades del país y del mundo en las que se practica una extracción excesiva de agua del subsuelo, sobrepasando la capacidad de recarga natural de los acuíferos.

“Ante la extracción acelerada, el nivel de las aguas subterráneas desciende significativamente, y los sedimentos frecuentemente blandos y erráticos que rellenan un valle, sufren compresión y consolidación; ello ocasiona que en la superficie se presenten asentamientos totales y diferenciales que se identifican mediante las grietas en el subsuelo. Otros factores de carácter natural que han inducido estos fenómenos, además de la desecación, son la asociación a fallas geológicas naturales y la heterogeneidad mecánica del material geológico. En todos estos casos, la aparición de grietas y asentamientos regionales, así como la velocidad con la que se desarrollan, han demostrado un claro paralelismo con el aumento de la población...”⁸².

Aquellas regiones de la Ciudad de México donde las grietas del suelo aparecen con más frecuencia y además tienen las mayores aberturas y profundidades están ubicadas al este de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztapalapa y Tláhuac donde la velocidad de subsidencia del suelo alcanza los 36 y 40 cm/año; sobre todo en los alrededores del Volcán Yuhualixqui y de los cerros de La Estrella, Tehualki, del Peñón del Marqués y del Peñón de los Baños.

Afirma Gabriel Auvinet Guichard, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM: “En el suelo de la Ciudad de México y del área metropolitana, cada vez es más frecuente la aparición de grietas que, por sus dimensiones, causan alarma entre la población y llegan a ocasionar daños importantes a las construcciones y servicios públicos.”⁸³ De acuerdo a la Secretaria de Protección Civil del Distrito Federal los factores que dan lugar dichas las grietas son las fallas geológicas y las características del suelo de la Ciudad de México⁸⁴.

Sin embargo los estudios realizados por los investigadores del Servicio Geológico Metropolitano y el Departamento de Geología Regional del Instituto de Geología de la UNAM, señalan que: “La zona urbana está afectada por hundimiento y la formación de grietas. Esos fenómenos se han asociado con el

⁸² www.ptasaambleadf.org.mx/.../vivienda_riesgo/Tlahuac.pdf. . Grietas en Tláhuac. Dirección de Protección Civil. Delegación Tláhuac.

⁸³ OEM en Línea.. “Cada vez es más frecuente la aparición de grietas en el DF: UNAM”. Organización Editorial Mexicana. Marzo 13 de 2012.

⁸⁴ Df.gob.mx. El portal Ciudadano del Distrito Federal. Marzo 12 de 2012. México.

incremento de extracción de agua del subsuelo. Las direcciones de las grietas siguen un patrón norte-sur y en menor medida noreste y presentan una mayor apertura durante la época de lluvias afectando a diversos sectores de la población. La infraestructura civil que tiene mayores riesgos, es aquella que se encuentran cerca del radio de afectación de las grietas; cuyo arreglo generalmente es Echelón y están separadas entre sí por zonas de relevo. Otro arreglo que destaca es el Anastomosado generalmente acompañado de hundimientos”⁸⁵.



Fig. 1.28 Grieta con arreglo Echelón Fig. 1.29 Grieta con arreglo Anastosomado

1.3.9 Modificación de las propiedades del suelo de la Ciudad de México.

La deshidratación del subsuelo altera las propiedades mecánicas del suelo; ya que lo consolida y con ello se reduce su periodo de vibración⁸⁶. La consolidación del suelo no es uniforme y eso origina desplomes en las edificaciones; la modificación del periodo de vibración altera la interacción suelo-estructura con la que fueron diseñadas originalmente las cimentaciones y las edificaciones.

⁸⁵ Hernández G. Berenice. Et al. Análisis de riesgos por hundimiento y agrietamiento en el noreste de la delegación Tláhuac. Instituto de Geología. UNAM.

⁸⁶ Aguilar H. R., Galicia M., Pérez-Rocha L. E., Avilés J., Vieitez L. y Salazar M. Efecto del hundimiento regional en las propiedades dinámicas del suelo. Centro de Investigaciones Sísmicas, A.C. y opinión del arquitecto José Ávila vertida en reunión del 19 de abril de 2011.

1.4 El Riesgo Sísmico en la Ciudad de México

Los movimientos telúricos se han presentado inmemorialmente en la Ciudad de México, sin embargo a partir de la segunda mitad del siglo XX, sus estragos son cada vez más severos. Ello es debido al incremento de la vulnerabilidad capitalina, originada ésta por su insólito crecimiento poblacional y por la desestabilización del suelo a causa de su deshidratación. Lo anterior hace ver que el riesgo sísmico de la Ciudad de México es una construcción social iniciada a partir de la elección del lugar de su fundación y continuada con el inusitado incremento poblacional, la deshidratación del subsuelo y la descomunal ampliación de la mancha urbana.

Nuestra capital está inserta en el Valle de México, una de las regiones del mundo donde existe mayor riesgo telúrico y donde inciden sismos de gran magnitud, mismos que se originan en diversas regiones. La causa de los sismos corresponde básicamente al acomodamiento de las placas de la corteza terrestre, aunque éstos también pueden ser ocasionados por erupciones volcánicas o fallas subterráneas locales, como derrumbe de cavernas o minas.

La Ley de Protección Civil del Distrito Federal define como Riesgo Sísmico: “La probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo y lugar determinados, de un sismo que cause ciertas pérdidas o daños. En el riesgo influyen el peligro sísmico, los posibles efectos locales de amplificación de las ondas sísmicas, la vulnerabilidad de las construcciones, la capacidad de respuesta de Instituciones y Autoridades así como las posibles pérdidas humanas y económicas”⁸⁷. La misma ley señala: El riesgo sísmico varía de una región a otra, dependiendo de la cercanía a las fallas activas, al tipo de suelo, a la edad y diseño de las edificaciones y en gran medida de la cantidad y tipo de asentamientos humanos localizados en el lugar.

El riesgo sísmico en la Ciudad de México varía mucho de una zona geotécnica a otra debido a la heterogeneidad y comportamiento de los suelos así como a la diversidad de los asentamientos humanos: por ejemplo, es alto en el Centro

⁸⁷ Ley de Protección Civil del Distrito Federal publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

Histórico, construido sobre sedimentos lacustres, donde el efecto local de amplificación de ondas de periodos del orden de 2 segundos, derribó gran cantidad de construcciones durante el sismo del 19 de septiembre de 1985, y es bajo en zonas como el Pedregal de San Ángel, donde las construcciones están asentadas sobre roca o sedimentos muy bien compactados.

Los daños sufridos debido a los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, mostraron el grado de vulnerabilidad que tiene la Ciudad de México. La gran concentración de población e infraestructura, la presencia de arcillas lacustres con una peculiar respuesta dinámica, aunado a la cercanía a zonas sismogénicas de importancia, colocan a la Ciudad en un escenario desfavorable ante la ocurrencia de sismos⁸⁸. Y define como: “Amenaza sísmica (también peligro sísmico): a la cuantificación de las acciones sísmicas o de los fenómenos físicos asociados con un sismo que pueden producir efectos adversos al hombre y sus actividades. Parámetro que cuantifica la ocurrencia de futuros eventos sísmicos y las acciones sísmicas asociadas. Es expresada en términos de probabilidad de excedencia de determinado valor, por ejemplo la intensidad o aceleración, en un número de años dado”⁸⁹

Así mismo se define como “Vulnerabilidad Sísmica: el grado de daño o pérdida a que está sujeta determinada obra o elemento a causa de un sismo de una magnitud e intensidad dada, expresada generalmente en una escala que varía de 0 (ningún daño) a 10 (colapso y pérdida total)”⁹⁰. Y prevención o “Acción preventiva: conjunto de medidas y acciones, tanto teóricas como operativas, encaminadas a disminuir los efectos de un potencial desastre”⁹¹.

Aun cuando los reglamentos de construcción se adecuaron y contemplan normas más estrictas, esto aplica para las construcciones actuales, no así para un gran número de inmuebles cuyas características estructurales, de mantenimiento y antigüedad, los coloca en situación de riesgo potencial en caso de que un sismo de magnitud importante afecte a la ciudad. Aunado a esto, el gran núcleo poblacional que representa la ciudad y la presencia de infraestructura estratégica,

⁸⁸ Idem.

⁸⁹ Idem.

⁹⁰ Idem.

⁹¹ Idem.

obligan a contar con sistemas de alertamiento sísmico que ayuden a reducir la vulnerabilidad así como las pérdidas humanas y materiales”⁹² .

1.4.1 México en el entorno de la sismicidad mundial.

La República Mexicana se caracteriza geológicamente por su gran actividad sísmica y volcánica. En el contexto de la Tectónica de Placas, México está ubicado en el llamado Cinturón de Fuego, donde se registra gran parte de los movimientos telúricos a nivel mundial. El país se ubica en la Placa Norteamericana, limitado en su porción sur y oeste, con las placas de Cocos, Rivera y del Pacífico. La región de Mesoamérica, que abarca México y Centroamérica, se caracteriza por su alta actividad tectónica, resultado de la subducción de la placa de Cocos a lo largo de la Trincheras Mesoamericana. En el sur y oeste de México, la tectónica es más compleja debido a que es controlada por la subducción de la placa de Cocos bajo las placas de Norte América y del Caribe en el sureste.

A su vez, las placas de Norte América y el Caribe tienen un límite transcurrente lateral izquierdo a lo largo de la fosa del Caimán y del sistema de fallas Motagua-Polochic. Otro rasgo no menos importante es el arco volcánico centroamericano, el cual resulta de la subducción de la placa de Cocos debajo de la placa Caribe y que corre a lo largo de 1,500 kilómetros desde Guatemala hasta la frontera de Costa Rica- Panamá.

México es uno de los países del mundo con mayor actividad telúrica, ya que según estadísticas, se registran más de 90 sismos por año con magnitud superior a 4 grados en la escala de Richter, lo que equivale a un 60% de todos los movimientos telúricos que se registran en el mundo. Con base en el registro estadístico, los estados con mayor riesgo y donde ocurren sismos de gran magnitud que pueden afectar a la Ciudad de México son: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Estado de México y Veracruz”⁹³ .

⁹² Zona sismogénica: área geográfica donde, por sus características geológicas y estructurales, la ocurrencia de sismos es relativamente frecuente.

⁹³ Idem.

1.4.2 Magnitud e intensidad sísmica.

La escala de Richter mide la magnitud sísmica, que es: “la medida cuantitativa del tamaño de un sismo en su fuente, relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura en la falla. Es un parámetro independiente del sitio de observación y se determina midiendo la máxima amplitud de las ondas en un sismograma. Las medidas más usuales son la magnitud Richter M o magnitud local ML, magnitud de ondas de cuerpo (mb), magnitud de ondas de superficie (Ms), y magnitud momento (Mw)”⁹⁴.

La Intensidad sísmica es: “la medida cualitativa o cuantitativa de la severidad de la sacudida del terreno producida por un sismo en determinado lugar. La acepción generalizada de intensidad es una medida subjetiva, no instrumental, de los efectos aparentes causados por el evento; para ello se emplean escalas, por ejemplo la escala Mercalli Modificada, que asigna diferentes grados a la forma en que el temblor es sentido y según los daños a edificaciones y los cambios geológicos causados por el terremoto”⁹⁵.

Existen también medidas cuantitativas e instrumentales de la intensidad dadas por parámetros tales como la aceleración máxima, la velocidad o el desplazamiento del terreno. La intensidad es un parámetro que depende del sitio de observación y en general decrece en función de la distancia a la fuente sísmica o al epicentro⁹⁶. Otras escalas de medición de la intensidad, además de la Mercalli Modificada⁹⁷ son la MKS usada en Europa y la JAM de la Agencia Meteorológica de Japón.

El Epicentro es el punto sobre la superficie terrestre situado directamente sobre el foco o Hipocentro del sismo.

⁹⁴ Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

⁹⁵ Idem.

⁹⁶ Idem.

⁹⁷ Mercalli Modificada: escala de intensidad que abarca de grado I a grado XII, que sirve para designar la intensidad de un sismo en un sitio dado. La intensidad se asigna en forma subjetiva según el sismo sea percibido por las personas (grados I a VI), según los daños que ocasione a las edificaciones (grados VII a X) y según los cambios geológicos que éste produce (grados XI a XII).

1.4.3 Zonificación sísmica de la Ciudad de México.

"Diversas investigaciones y trabajos científicos en materia de Ingeniería Sísmica, han dado como resultado una zonificación sísmica de la Ciudad de México, que muestra las zonas con mayor impacto y que presentan aceleraciones del terreno desfavorables para la estabilidad de la infraestructura civil. De esta forma las delegaciones con mayor riesgo sísmico de la ciudad son: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa, Xochimilco y Tláhuac. Para los efectos de diseño sísmico de las estructuras, las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, consideran la zonificación estratigráfica del Distrito Federal que fija el Capítulo VIII del artículo 170 del Reglamento⁹⁸. Adicionalmente, la zona III se divide en cuatro subzonas (IIIa, IIIb, IIIc y IIId), según se indica en la figura 1.

El coeficiente sísmico (c) es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo (V_0) entre el peso de la edificación sobre dicho nivel (W_0).

El coeficiente sísmico para las edificaciones clasificadas como del grupo B en el artículo 139 del Reglamento (viviendas, hoteles, comercios e infraestructura no vital) se tomará igual a 0.16 en la zona I, 0.32 en la II, 0.40 en las zonas IIIa y IIIc, 0.45 en la IIIb y 0.30 en la IIId (ver tabla 2). Para efectos de esta investigación nominaremos a las zonas: I, IIIc, II, IIIa-IIIc y IIIb; zonas de mínima, baja, media, alta y máxima intensidad sísmica, respectivamente; con los correspondientes coeficientes sísmicos: 0.16, 0.30, 0.32, 0.40 y 0.45".

Se puede apreciar en la Fig.1.30, que la zona IIIb; donde el coeficiente sísmico es de 0.45 y por lo tanto la intensidad sísmica es la máxima en el Distrito Federal; es una franja continua perimetral que bordea de lo que fue el lago de México en la época prehispánica y que pasa por las delegaciones Tláhuac, Xochimilco, Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa, Iztacalco, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero; prosiguiendo al norte y al este hacia el Estado de México.

⁹⁸ Dicho artículo se refiere a las zonas: I. Lomas; II Transición y III. Lacustre.

Paralelas a ambos lados de ésta zona IIIb, se encuentra las franjas correspondientes a las zonas IIIa y IIIc cuyo coeficiente sísmico es de 0.40; al centro de estas franjas se encuentra la zona IIId donde baja considerablemente el coeficiente sísmico a 0.30 y es aún menor que el de la zona II.

En Iztapalapa y Tláhuac la intensidad sísmica varía entre la mínima y la máxima, esto es, aparecen las cinco regiones antes nominadas; ello implica una mayor complejidad en lo que respecta al riesgo sísmico en estas delegaciones, por la heterogeneidad del comportamiento del suelo ante un movimiento telúrico.

En el reglamento en vigor dicho coeficiente se incrementó a 0.45 en la zona IIIb, por lo cual todas las edificaciones ahí construidas hasta antes de 2004 deben ser revisadas y reestructuradas para garantizar su estabilidad ante un movimiento telúrico. Señala el reglamento vigente: “El sistema de alertamiento sísmico debe ser considerado como prioritario en las zonas de lago y de transición (zonas II y III), ya que en dichas zonas la respuesta de terreno es desfavorable para el comportamiento de las estructuras”¹⁰⁰

1.4.5 Resonancia sísmica

Una de las más graves consecuencias de los movimientos telúricos es la resonancia sísmica, misma que se presentó en Ciudad de México durante los terremotos de 1985. Ello ocurrió debido a que el periodo natural de vibración¹⁰¹ del suelo lacustre, de aproximadamente 2 segundos, coincidió con el de los edificios de entre 7 y 14 pisos; eso y la duración del movimiento telúrico, de cerca de dos minutos, fatigó a los materiales y elementos estructurales de las edificaciones y propició su caída.

“Cuando un sistema vibratorio se pone en movimiento, vibra a su frecuencia natural. Sin embargo, un sistema puede tener aplicada sobre él una fuerza externa que posee su propia frecuencia particular. Entonces se tiene una vibración forzada. Para una vibración forzada, la amplitud de vibración depende de la

¹⁰⁰ Reglamento para Construcciones del Distrito Federal. 2004.

¹⁰¹ Periodo natural de vibración es el tiempo necesario para que un sistema efectúe un ciclo completo de movimiento”. Introducción al análisis de vibraciones Azima DLI Engineering.

diferencia entre frecuencia natural y frecuencia externa, y alcanza su máximo cuando la frecuencia de la fuerza externa es igual a la frecuencia natural del sistema. La amplitud se puede volver grande cuando la frecuencia alimentadora externa está cerca de la frecuencia natural, en tanto el amortiguamiento no sea demasiado grande. Este efecto se conoce como resonancia. Los movimientos, y por lo tanto los esfuerzos a que se ven sometidas las distintas partes, dependen, entre otras, de las características de la onda sísmica, y de las frecuencias naturales de oscilación del edificio. El edificio tenderá a oscilar según sus frecuencias propias de oscilación, que si no coinciden con algún armónico de los principales que forman la onda sísmica no aumentará en cada oscilación, pero en el caso de que coincidan, se produce el fenómeno de resonancia. Cuando el sismo posee un armónico de amplitud considerable que coincide con una frecuencia de oscilación natural de edificio éste entra en resonancia, y la aceleración crece en cada periodo, por lo que irremediablemente será destruido, a menos que el sismo cese rápidamente, o que la ruptura de algunas de las partes del edificio varíen su frecuencia natural de oscilación, o que el rozamiento interno de los materiales sea suficiente como para disipar la energía”¹⁰² .

1.5 Interacción de riesgos sísmico e hídrico en la Ciudad de México.

Para los objetivos de esta investigación definiremos Interacción de riesgos hídrico y sísmico en la Ciudad de México a: “la acción simultanea y reciproca de los riesgos sísmico e hídrico, originado este último por la deshidratación del suelo en el Distrito Federal”. Lo anteriormente señalado lo podemos expresar:

$$IR = IA \times IV \quad (1.4)$$

Donde: **IR** es la interacción de riesgos, **IA** es la interacción de amenazas e **IV** es la interacción de vulnerabilidades con respecto a dichas amenazas. Como se ha señalado, las amenazas hídrica y sísmica no son constantes en la Ciudad de México, cambian considerablemente de un sitio a otro; ya que la velocidad de

¹⁰² Efectos De Resonancia - Documentos - Bichi2707www.buenastareas.com. Ciencia.

subsistencia varía de 0 a 40 cm/año y los coeficientes que corresponden con la intensidad sísmica van de 0.16 a 0.45, para las edificaciones del Grupo B.

Cotejando los mapas de la velocidad de subsidencia y de intensidad sísmica, tendremos las diferentes zonas donde se presenta la interacción de riesgos hídrico y sísmico. La amenaza sísmica se presenta en todo el Distrito Federal, sin embargo en las delegaciones Atzacapotzalco, Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Milpa Alta la velocidad de subsidencia es nula o mínima, por lo cual la interacción de los mencionados riesgos en dichas delegaciones también es nula o mínima. La interacción de riesgos hídrico y sísmico se manifiesta de manera más contundente en las delegaciones donde es significativa la velocidad de hundimiento: Iztapalapa, Tláhuac, Tlalpan, Coyoacán, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Ixtacalco y Xochimilco.

1.5.1 Sitio de interacción extrema

El lugar donde la interacción de riesgos es la máxima maximorum del Distrito Federal, se encuentra, como se aprecia en el mapa de la Fig. 1.31, en el noroeste de la delegación Iztapalapa en su límite con el municipio de Netzahualcóyotl, sobre avenida Texcoco, entre las calles Prolongación Octavo Paz y Castillo de San Diego; ahí se localiza, en un área de propiedad federal, el Parque Ecológico El Salado y el plantel Iztapalapa V del Colegio Nacional de Educación Profesional (CONALEP).

En ese pequeño territorio coinciden los valores máximos de la velocidad de subsidencia: 0.40 cm/año; y del coeficiente sísmico c : 0.45. A ese lugar le nominaremos en esta investigación: “**sitio de interacción extrema**” de riesgos hídrico y sísmico. En dicho lugar la intensidad sísmica y la subsidencia del suelo son las máximas del Distrito Federal y por ende es ahí donde se resienten más los sismos, más rápidamente se reduce el periodo de vibración del suelo, son más veloces sus hundimientos y más frecuentes, amplios y profundos sus agrietamientos.

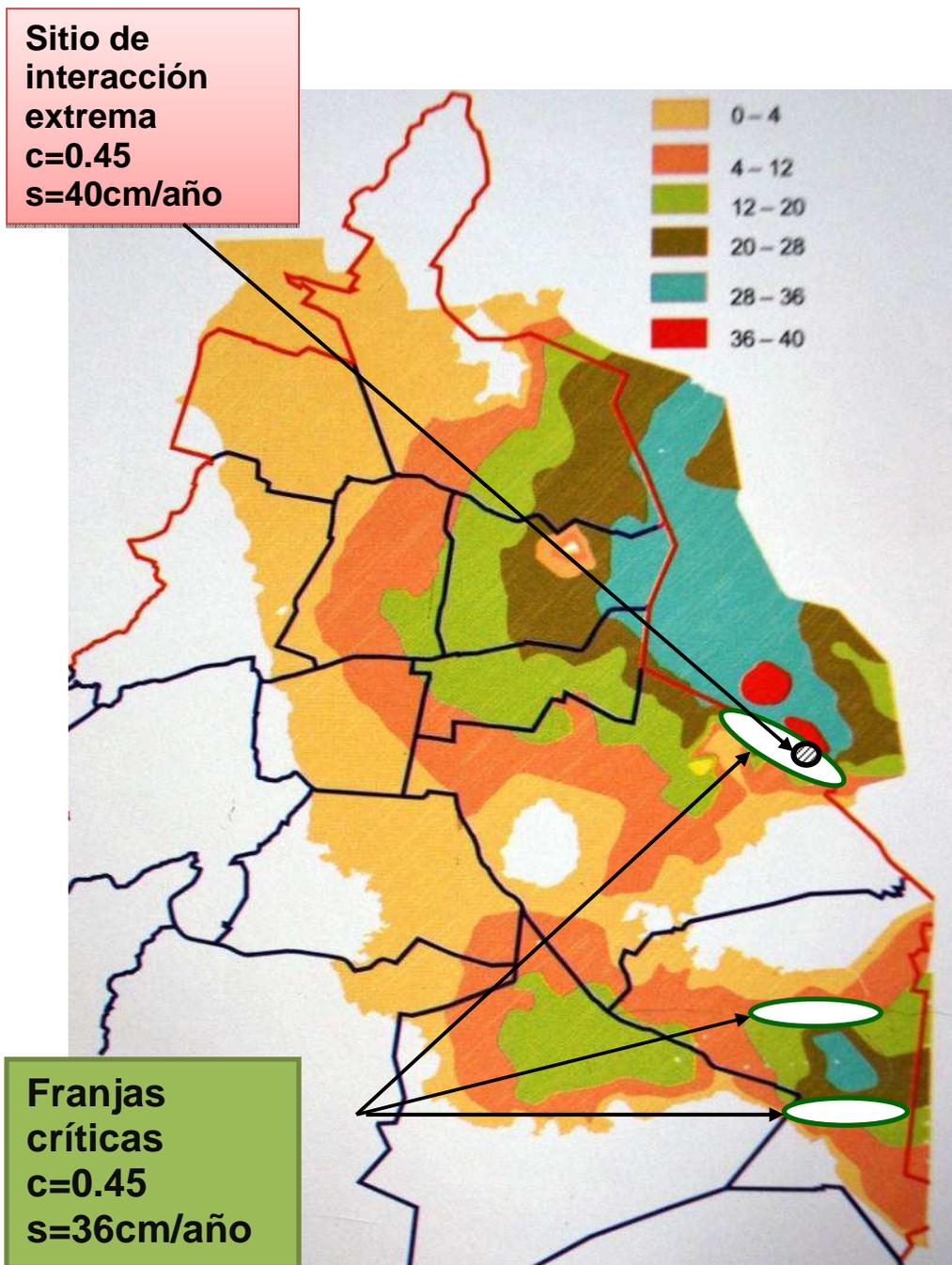


Fig. 1.31 Interacción de riesgos hídrico y sísmico en el D.F.

Los conjuntos habitacionales ubicados en el “sitio de interacción extrema” serían en consecuencia los que presentarían mayor riesgo ante la interacción de las amenazas hídrica y sísmica; sin embargo habrá que revisar las condiciones de vulnerabilidad estructural en las que se encuentran los conjuntos aledaños:

Solidaridad y La Colmena; y en su caso reforzarlas estructuralmente para evitar su colapso; aunque dichos conjuntos no son de “alto riesgo sísmico”¹⁰³ por tener sólo edificaciones de tres niveles. Así también, será conveniente promover una legislación que prohíba la construcción de conjuntos habitacionales en el “sitio de interacción extrema” existente y en otros que con el tiempo pudieran aparecer.

1.5.2 Franjas críticas capitalinas

En la delegación Iztapalapa hay una franja de la zona IIIb con dirección noroeste a sureste, que coincide con una región donde la subsidencia es: 0.36 cm/año; y en Tláhuac existe otras dos franjas con dirección este a oeste con esas mismas característica. En esas tres regiones que se aprecian en la Fig. 1.31 y que nominaremos “**franjas críticas**” el coeficiente sísmico: $c = 0.45$; es el máximo del Distrito Federal y la subsidencia anual es “alta”, hasta 36 centímetros, como se aprecia en los mapas antes mostrados. En esas franjas la intensidad sísmica es la máxima de la Ciudad de México y los efectos de la deshidratación del suelo son ahí críticos.

La “**franja crítica**” de Iztapalapa coincide con avenida Texcoco entre las avenidas Siervo de la Nación y Sor Juana Inés de la Cruz. Otras dos “**franjas críticas**” se encuentran en el norte y en el sur de la delegación Tláhuac; la del norte se inicia en la intersección de las avenidas Tláhuac y Acueducto y continúa al poniente hasta la Unidad Deportiva Tláhuac y la del sur principia en la intersección de la calzada Tláhuac-Chalco y Avenida Rafael Castillo y prosigue al oeste hasta al límite de la delegación Tláhuac con el municipio Valle de Chalco.

Los conjuntos habitacionales de interés social construidos en las “**franjas críticas**” son en consecuencia de los que tienen un más alto riesgo ante la interacción de amenazas sísmica e hídrica; por lo habrá que revisarlos y en su caso reestructurarlos para garantizar su estabilidad, sobre todo aquellos erigidos

¹⁰³ Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

con reglamentos anteriores al vigente. En dichas “franjas críticas” deberá exigirse, para la edificación de nuevos conjuntos habitacionales, que se tome en cuenta la interacción de dichos riesgos, mediante una reglamentación rigurosa que garantice la seguridad de sus usuarios.

Capítulo 2

El riesgo en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México.

Los conjuntos habitacionales contemporáneos se inician después de la Segunda Guerra Mundial. El avance de la tecnología constructiva propició el desarrollo vertical de los edificios, con ello se incrementa la densidad de ocupación del suelo, se concentran servicios y equipamiento urbano y se reducen los costos de edificación. Esa nueva tipología de vivienda es un componente importante de la estructura urbana y está muy relacionada con el concepto de “vivienda social”, misma que se convirtió en una herramienta importante del Estado para mitigar descontentos sociales y para ejercer control en la especulación del suelo en ciudades en expansión o modernización.

2.1 Conjuntos habitacionales en México.

Los conjuntos habitacionales de la época posrevolucionaria en México se inician en 1949 con la edificación de la “Unidad Habitacional Miguel Alemán”¹⁰⁴ y del “Conjunto Urbano Benito Juárez”¹⁰⁵, con ello pretendió el gobierno demostrar su capacidad de Estado Benefactor¹⁰⁶. Actualmente en la Ciudad de México existen “2500 de conjuntos habitacionales, mismos que alojan a más de 2.5 millones de capitalinos”¹⁰⁷. La tipología de los conjuntos es muy diversa y corresponde a la época en que se construyeron y al organismo que los financió.

¹⁰⁴ También es conocido como “Multifamiliar Miguel Alemán”. Fue diseñado por Mario Pani y Asociados, promovido por el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y financiado por el Banco Nacional Hipotecario; cuenta con 1080 viviendas y 168 locales comerciales.

¹⁰⁵ Diseñado por Mario Pani y Asociados, promovido por el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y financiado por el Banco Nacional Hipotecario, originalmente con 19 edificios.

¹⁰⁶ Krieger, Peter. Megalópolis. La Modernización de la Ciudad de México en el siglo XX. Instituto de Investigaciones Estéticas. U. N. A. M. México. 2006. P. 80.

¹⁰⁷ Procuraduría Social del Gobierno del Distrito Federal. El Universal. 29, 11, 2010

En nuestro país se ha llamado: “conjunto habitacional” o “unidad habitacional” a una agrupación de viviendas y de esas indistintas maneras las nominaremos en ésta investigación, ya que no existen diferencias entre dichas denominaciones.

2.2 Conjuntos habitacionales de interés social en México

Los conjuntos habitacionales de interés social en México se crean para dar respuesta a la demanda no satisfecha de vivienda de bajo costo. También han sido considerados instrumentos para efectuar acciones de mejoramiento de áreas urbanas deterioradas, como son los casos del Conjunto Urbano Presidente Adolfo López Mateos en Nonoalco Tlatelolco¹⁰⁸, proyectado para recuperar la céntrica zona llamada “herradura de los tugurios”; y de la Unidad Santa Cruz Meyehualco¹⁰⁹, edificada en Iztapalapa, para poblar lo que fue un basurero. Los conjuntos están integrados por viviendas; de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología (INE)¹¹⁰: “Se entiende por vivienda a un espacio habitable privado con infraestructura básica adecuada, de servicios de abastecimiento de agua, saneamiento, energía, eliminación de desechos y sistemas de comunicaciones”¹¹¹.

El inciso XXVII del artículo 5 de la Ley de Vivienda del Distrito Federal aprobada el 26 de abril de 2012 define: “Vivienda de Interés Social.- La vivienda cuyo precio máximo de venta al público es de 25 salarios mínimos generales anuales vigentes en el Distrito Federal”¹¹². Por lo tanto, las viviendas erigidas a partir de esa fecha y que cumplan con lo establecido en dicho artículo serán de interés social. Sin embargo, el concepto de “interés social” ha variado a través del tiempo en nuestro país, por lo que en esta investigación consideremos como “vivienda de interés social”: aquella vivienda producida con la participación de algún organismo público o que tenga el precio máximo fijado por la Ley de Vivienda. Y entenderemos “conjunto o unidad habitacional de interés social” al

¹⁰⁸ Conocido como “Conjunto Nonoalco Tlatelolco”, fue proyectado por Mario Pani y Asc., construido de 1964 a 1968, promovido por el ISSSTE y financiado por Banobras e iniciativa privada; con 11,916 viviendas en 102 edificios.

¹⁰⁹ Construida por el Departamento del Distrito Federal en 1963.

¹¹⁰ El Instituto Nacional Ecología se creó en junio de 2001 como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

¹¹¹ Vivienda. Jueves, 12 de Noviembre de 2009 12:08 Author: INE

¹¹² www.invi.df.gob.mx/portal/pdf/IniciativaLeyVivienda.pdf

agrupamiento de viviendas de interés social. Dada la explosión demográfica urbana de nuestro país, particularmente la del Distrito Federal en la década de los sesenta, se impulsó la edificación de conjuntos de interés social en las más importantes ciudades de la república, mediante la creación por parte del estado de organismos específicos para dotar de vivienda a los servidores públicos y a los trabajadores: el Fondo de Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de Trabajadores del Estado (FOVISSSTE)¹¹³, el Fondo de Vivienda para los Militares (FOMI)¹¹⁴ y el Instituto para el Fondo Nacional de la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT)¹¹⁵.

La política gubernamental de esa época originó la proliferación de conjuntos habitacionales de interés social de manera inusitada en todo el país; así mismo dio a éstos nuevas características, entre otras, alcanzaron grandes dimensiones y concentraron en edificios gran cantidad de viviendas, incrementando considerablemente la densidad poblacional urbana. Esos nuevos conjuntos contaron con un importante equipamiento y diversas áreas de uso social, incluyendo en ellos viviendas unifamiliares y dúplex¹¹⁶, además de departamentos. Los grandes proyectos se localizaron en las periferias de las principales ciudades del país, con vivienda ofrecida en propiedad en condominio a los beneficiarios. Los antiguos conjuntos concebidos originalmente por las instituciones como vivienda en renta se vendieron a sus usuarios a precios subsidiados.

2.3 Conjuntos habitacionales de interés social en la Ciudad de México.

En ese tipo de conjuntos vivían en la Ciudad de México al menos 1.8 millones de habitantes, en el año 2005, ocupando más de 400 mil viviendas¹¹⁷; y

¹¹³ Organismo desconcentrado del FOVISSSTE, constituido en 1972, encargado de otorgar de créditos para vivienda a los trabajadores al servicio del estado

¹¹⁴ Organismo integrado al Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas de México (ISSFAM), creado en 1972 para dotar de vivienda a los militares.

¹¹⁵ Institución tripartita integrada por el gobierno, el sector obrero y el empresarial. Dedicada a otorgar crédito para la obtención de vivienda a los trabajadores. Fue fundada en mayo de 1972.

¹¹⁶ Los dúplex corresponden a dos viviendas en un solo predio.

¹¹⁷ Banco de Datos del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y la Investigación Urbana OCIM-SIG. Cuadro 4. UAM-A. México. 2009.

se estima que para el año 2012 el Distrito Federal tenga 621 mil¹¹⁸ viviendas de interés social alojando a más 2.54 millones de habitantes.

En la década de los sesenta se estimuló institucionalmente la edificación de grandes unidades habitacionales: Independencia¹¹⁹, Narciso Mendoza¹²⁰, Lomas de Plateros¹²¹; Villa Olímpica¹²², Loma Hermosa¹²³ y Presidente Kennedy¹²⁴. Como se ha señalado, en varios de estos conjuntos con objetivo de diversificar la oferta habitacional, se mezclaron departamentos en edificios con casas unifamiliares y dúplex.

A partir del ese impulso gubernamental, proliferan importantes conjuntos habitacionales de interés social. “Los principales en la Ciudad de México financiados por INFONAVIT fueron: Iztacalco (1973-1978) con 5,200 departamentos, El Rosario (1973-1985) con un total de 15,976 viviendas y Los Culhuacanes (1975-1990) con 19,788 viviendas”¹²⁵. El FOVISSSTE promovió, entre otros, la Unidad Alianza Popular Revolucionaria (1974-1976) con 6,300 viviendas. Las características de los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México (CHISCM) son muy heterogéneas y van desde “los pies de casa”¹²⁶, hasta grandes departamentos en edificaciones de 15 niveles o más; por lo tanto sus características arquitectónicas, sus sistemas constructivos, estructurales y de cimentación son también diversos. Sin embargo, los edificios más comunes y los que alojan el mayor número de habitantes en la capital son los

¹¹⁸ Pronóstico basado en estudio estadístico. Calculado con un promedio para el Distrito Federal de 4.01 personas por vivienda. INEGI.

¹¹⁹ Construida en 1960 con la participación de Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), con 2 234 viviendas.

¹²⁰ Conocida como Villa Coapa, construida para la Prensa Olímpica en 1968, financiada por Banobras, con 12,597 viviendas.

¹²¹ Inaugurada en 1968, con 7,000 viviendas, diseñada por Mario Pani y financiada por Banobras

¹²² Edificada en 1968 para atletas olímpicos, con 29 edificios y 904 departamentos, financiada por Banobras.

¹²³ Edificada en 1964 con 1,648 viviendas. Financiada por Fovi: Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda. Fideicomiso constituido el 10 de abril de 1963, por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, como representante del Gobierno Federal en el Banco de México; para inducir el financiamiento privado a la vivienda de interés social y promover su desarrollo y constante modernización.

¹²⁴ Financiada por Fovi con 3,104 viviendas; construida en 1966.

¹²⁵ Villavicencio, Judith, Op. Cit. P. 27.

¹²⁶ Consta de una habitación con cocineta y cuarto de baño.

de cinco niveles, ya que ese era el número máximo de niveles para un edificio, que de acuerdo a los Reglamentos de Construcciones para el Distrito Federal¹²⁷ (RCDF) en vigor hasta antes del año 2004, no requerían elevador.

Aunque la tipología habitacional de esos conjuntos es muy diversa un gran número de ellos enfrentan problemas comunes, entre otros: hundimientos, daños estructurales, inundaciones, escasez de agua, contaminación ambiental, acumulación de desechos, plagas, epidemias y fallas en el suministro eléctrico; originado todo eso por falta de mantenimiento, modificaciones arquitectónicas, cambios de uso, así como los movimientos sísmicos, la subsidencia y el agrietamientos del suelo; además de estar expuestos los conjuntos a las erupciones volcánicas. En dichos conjuntos se reúne la propiedad privada de la vivienda y la colectiva de las áreas de uso común. Dicha propiedad denominada “condominal” esta legislada en cada entidad federativa y en la capital por la Ley de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Distrito Federal¹²⁸. La primera legislación para este tipo de propiedad se promulgó en nuestro país en la década de los cincuenta.

La crisis económica del inicio de los ochenta, conjuntamente con el agotamiento del suelo ciudadano, originó una disminución en la inversión pública para la vivienda de interés social. Sin embargo partir de 1982, como un paliativo ante tal crisis y con el fin de financiar vivienda para los sectores sociales no amparados por los organismos ya existentes, se crean el Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), Renovación Habitacional Popular (RHP), el Fideicomiso Casa Propia (FICAPRO) y el Fideicomiso de Vivienda y Desarrollo Urbano (FIVIDESU); estos dos fideicomisos fueron reemplazados en el año 2000 por el Instituto de Vivienda del Distrito Federal.

El desastre capitalino de 1985, que mayor número de viviendas ha inhabilitado en nuestro país, propició la organización de los damnificados por los sismos, quienes exigieron una respuesta efectiva al estado. El gobierno crea a través de Renovación Habitacional Popular el “Programa Emergente de Vivienda”,

¹²⁷ Gaceta Oficial del Distrito Federal. Artículo 105 del RCDF. México, 1993.

¹²⁸ Última modificación: V Legislatura de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 27 de enero de 2011.

mediante el cual se construyen o rehabilitan 45 mil viviendas, mismas que son otorgadas en propiedad, a precios subsidiados, a los damnificados¹²⁹.

Actualmente el INVI es la única institución gubernamental que en la Ciudad de México promueve y financia la edificación de viviendas nuevas de interés social mediante el Programa de Vivienda en Conjunto¹³⁰, mismo que se aplica en predios urbanos con propiedad regularizada, libre de gravámenes y con uso habitacional.

2.3.1 Localización de los conjuntos

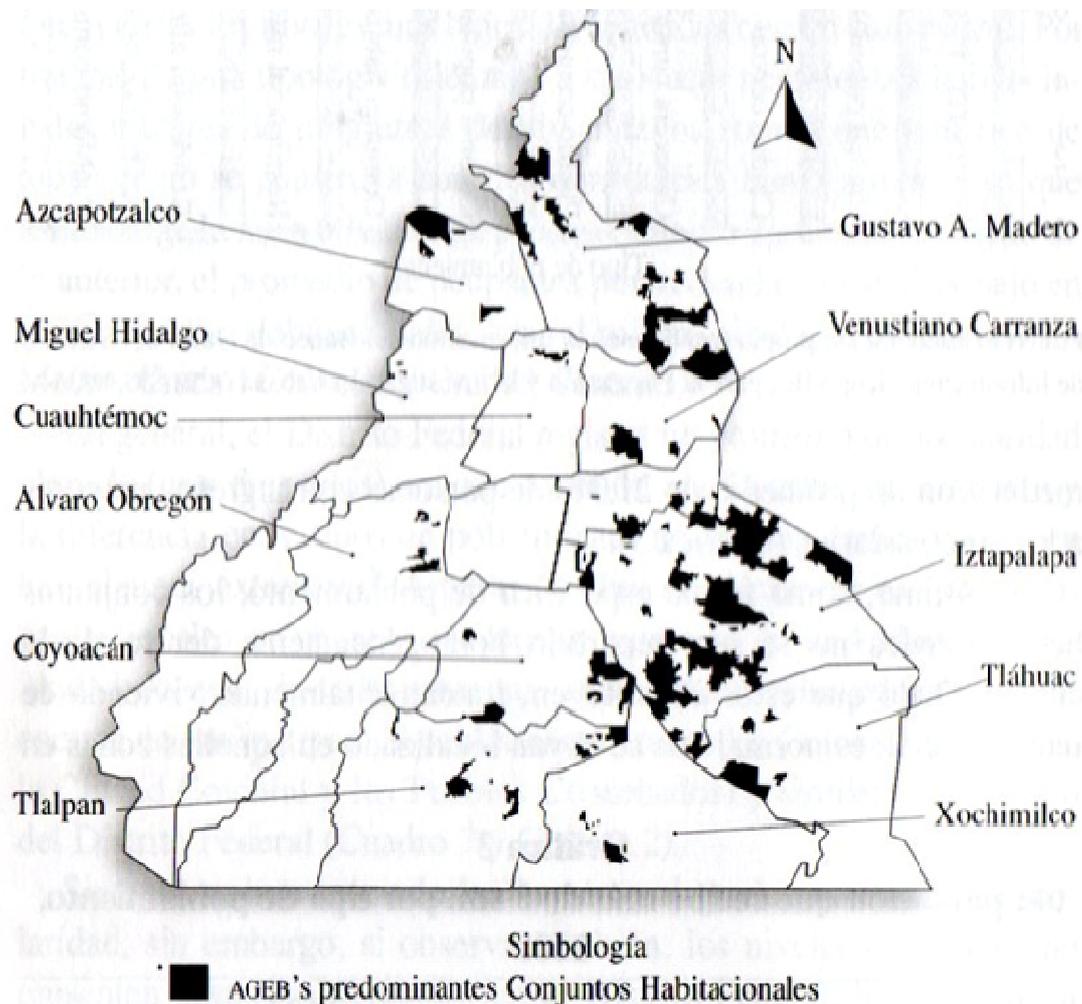


Fig. 2.1 Predominio de conjuntos habitacionales en el año 2000 en el D. F.

¹²⁹ Coulomb, Rene y Monterrubio Anavel. De la reconstrucción postsísmica al programa de vivienda de alto riesgo. VII Encuentro Internacional sobre Manejo y Gestión de Centros Históricos. La Habana, Cuba. Diciembre 3 de 2009.

¹³⁰ www.invi.df.gob.mx/portal/programas.aspx

“Los conjuntos habitacionales no se han distribuido homogéneamente en la ciudad; dado que éstos constituyen, fundamentalmente vivienda de interés social, es normal que se hayan localizado en aquellas zonas donde ha existido una oferta de suelo barato: norte y oriente del D. F.”¹³¹. La delegación de Iztapalapa en el año 2000 contaba con el mayor número conjuntos habitacionales, seguida de la Gustavo A. Madero, como se aprecia en la figura 2.1; se estima que actualmente Iztapalapa tiene más del 20% de los conjuntos de interés social del Distrito Federal.

2.3.2 Características de los conjuntos habitacionales

La tipología de los conjuntos habitacionales existentes en la Ciudad de México tiene un sinnúmero de prototipos, mismos que abarcan, como se ha señalado, desde los edificios altos plurifamiliares hasta pies de casa. Las unidades habitacionales Miguel Alemán y Santa Cruz Meyehualco son los contrapuntos de esa diversidad. El primer conjunto de interés social posrevolucionario, Miguel Alemán, inaugurado en 1948: “Estaba conformada (y aun lo esta) por edificios de 14 niveles que albergan 1 080 departamentos de dos niveles, con superficies que varían entre 60 y 100 m2.”¹³²; y el Santa Cruz Meyehualco, que data de 1960, lo conforman casas unifamiliares de un solo nivel con 50 metros cuadrados construidos.

Posteriormente a ese primer conjunto se erigieron muchos otros como el Benito Juárez y el Nonoalco-Tlatelolco; en los cuales se alternaron edificios plurifamiliares altos con más de 14 niveles y medianos de 5 niveles. En las unidades Independencia y Alianza Revolucionaria a esos tipos de edificaciones se les anexaron casas unifamiliares; en Villa Coapa y Vicente Guerrero se erigieron edificios de cinco niveles, casas y duplex. También hay conjuntos constituidos únicamente por viviendas unifamiliares, como el Popular Ermita Iztapalapa. Esa

¹³¹ Villavicencio Judith. Op. Cit. P. 67.

¹³² Villavicencio Judit (coordinadora). Conjuntos y Unidades Habitacionales en la Ciudad de México. Editorial de la Red Nacional de Investigación Urbana, A, C, Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. México. 2006. Actualmente el término “departamento” o “apartamento” se usa para referirse a una vivienda alojada en un edificio plurifamiliar, también llamado multifamiliar.

gran variedad de alternativas de vivienda de interés social abrió un abanico de posibilidades para los diversos sectores de la población con capacidad crediticia.

Pero a fines de los años setenta, las casas unifamiliares y dúplex fueron saliendo del panorama de la vivienda de interés social de la Ciudad de México, ya que el incremento de costo del suelo urbano hizo prohibitivo desde el punto de vista económico su financiamiento. Así también desaparecieron de ese panorama los edificios altos.

De acuerdo a Guillermo Boils: "...atendiendo a una serie de variables entre las que se haya también la preocupación estructural, los programa de vivienda pública han abandonado los edificios de altura. Las torres habitacionales con diez niveles o más, ya no son contemplados como solución de vivienda pública en México, por lo menos a mediados de la década de los 70"s. Ciertamente que en casi todo el mundo se les dejó de proyectar, por diversas razones...De igual forma, se les relegó en razón que elevan los costos de edificación, mantenimiento y operación;..."¹³³. Además de ello, los trágicos acontecimientos de 1985 pusieron de manifiesto la vulnerabilidad de los edificios altos, al derrumbarse dos de ellos en las unidades Nonoalco-Tlatelolco y Benito Juárez.

Como se ha señalado, a partir de los años setenta en la construcción de viviendas de interés social proliferaron las edificaciones de cinco niveles, ya que éstas proporcionan una densidad poblacional que prorratea y reduce para los adquirentes el costo del suelo; y además para ese número de niveles, hasta antes de 2004, no se demandaba reglamentariamente la instalación de ascensores, mismos que incrementan considerablemente los costos de construcción y de operación de los inmuebles.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 2004 incremento a seis el número máximo de niveles en los cuales no se exige elevador, pero sólo para viviendas de hasta de 64 metros cuadrados de área construida¹³⁴.

¹³³ Boils Guillermo. Diseño y vivienda pública en México. Prototipos habitacionales de cuatro organismos gubernamentales de vivienda. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

¹³⁴ Gaceta Oficial del Distrito Federal. Inciso 4.1.5.1. Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, RCDF. México, 2004.

Actualmente en la Ciudad de México se auspicia la construcción de edificaciones plurifamiliares de interés social de 5 niveles, principalmente por parte del Instituto de Vivienda del Distrito Federal (INVI), aunque también existen conjuntos con edificios de más pisos promovidos por diversas inmobiliarias y financiados por la banca. Las instituciones INFONAVIT, FOVISSSTE y FONHAPO únicamente otorgan créditos en la Ciudad de México para la adquisición de vivienda ya construida.

2.3.3 Sembrado de edificaciones en los conjuntos

Es preciso señalar que no ha existido en los conjuntos un patrón específico de sembrado de edificaciones; ya que los criterios de las instituciones encargadas de promover su construcción difieren, tanto en las características económicas de sus demandantes, como en sus presupuestos y objetivos socio-políticos; y así también la forma y las dimensiones de los predios disponibles han sido muy variables. En la figura 2.2 se muestra la disposición de las edificaciones en la Unidad Independencia erigida en la década de los sesenta. Como puede apreciarse la orientación de los edificios es en las direcciones este-oeste y norte-sur.

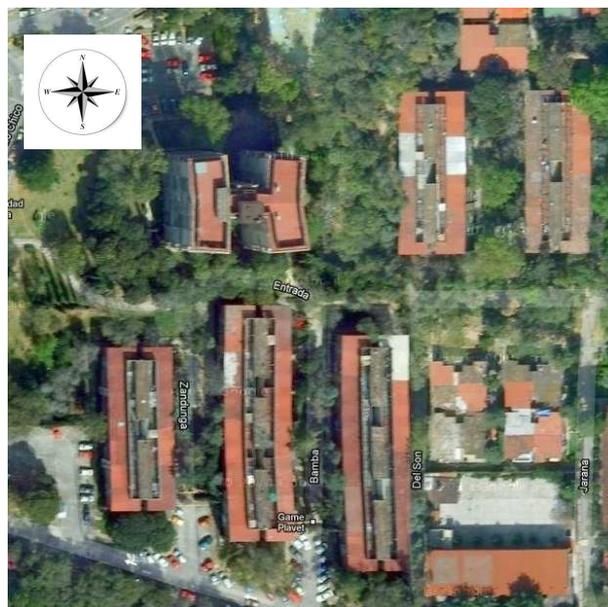


Fig. 2.2 Vista aérea de la Unidad Independencia

2.3.4 Tipología arquitectónica de las edificaciones

Las características formales de los edificios de interés social son diversas, aunque en la mayoría de los casos sus plantas son ortogonales. Dicha geometría corresponde a patrones constructivos tradicionales y a la forma de los predios, originada ésta por la traza urbana. En general las edificaciones son paralelepípedos rectangulares, siendo algunas de las ventajas de esa forma, que en ellas es más eficiente la utilización del espacio edificado, además su trazo es sencillo y muchos de los materiales constructivos corresponden con dicho perfil, así también el amueblado comercial de las viviendas.

En proyectos con plantas rectangulares, como las edificaciones del conjunto Nonoalco-Tlatelolco, es muy difícil diseñar simétricamente con respecto a dos ejes ortogonales, en particular al eje longitudinal; y de no cumplirse con dicha condición, el centro geométrico del edificio no coincidirá con el de gravedad y ello implica una excentricidad, misma que a su vez puede originar inclinaciones y hundimientos diferenciales. Es muy común que las edificaciones con planta rectangular se inclinen lateralmente, como es el caso de la mayoría de los edificios de dicho conjunto. Es más factible diseñar simétricamente con respecto a dos ejes ortogonales en edificios con planta en forma de H, como las torres de la Unidad Independencia; ello permite que coincidan el centro de gravedad con el geométrico, así se evitan las inclinaciones y los hundimientos diferenciales provocados por las excentricidades del proyecto arquitectónico.

2.3.5 Prototipos de las viviendas

Las instituciones encargadas de promover vivienda de interés social en la Ciudad de México tuvieron una gran multiplicidad de prototipos; sin embargo, todos ellos tenían un programa arquitectónico muy similar y semejante al que desarrolla actualmente el Instituto de Vivienda del Distrito Federal. La mayoría de los edificios son de cinco niveles con cuatro viviendas por piso; cada una de ellas consta de dos recamaras, estancia-comedor, baño, cocina o cocineta; y algunas tienen alcoba y/o patio de tendido.

En concordancia con lo señalado por Guillermo Boils: "... ninguno de los 74 prototipos de las 4 instituciones esta destinado para edificios de mayor altura que 5 niveles"¹³⁵. Las instituciones a las que se refiere el autor de la cita son: el Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT), el Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicio Social de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), el Fondo Nacional de la Habitación Popular (FONHAPO) y la desaparecida Renovación Habitacional Popular (RHP); esta ultima institución tuvo proyectos diferentes a los de las otras, por las características emergentes de su programa.

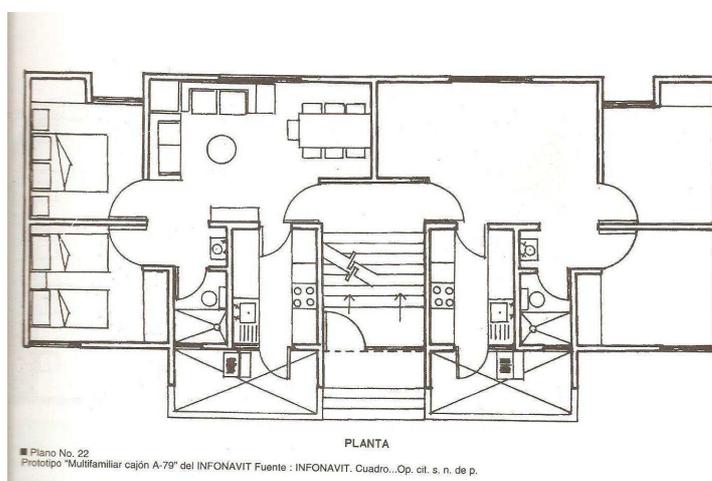


Fig. 2.3 Prototipo "Multifamiliar cajón A-79" del INFONAVIT"

En promedio la superficie construida por vivienda del INFONAVIT es 68.94 m², la del FOVISSSTE es de 57.76 m², la de FONHAPO es de 46.10 m²¹³⁶ y la de INVI es de 56 m²; dicha áreas no incluyen acceso, pasillos, escaleras ni cajón de estacionamiento. En las figuras 2.3 y 2.4, se muestran prototipos de los dos primeros organismos antes mencionados.

El Gobierno del Distrito Federal estimula la sustentabilidad en los conjuntos habitacionales a través del Instituto de Vivienda del Distrito Federal, quien desde 2008 impulsa la instalación de calentadores solares en azoteas, ahorradores de agua y de energía eléctrica, captación y utilización de lluvia, pozos de absorción,

¹³⁵ Boils Guillermo. Op. Cit

¹³⁶ Boils Guillermo. Op. Cit. Cuadro No.2.

niveles¹³⁹, excepcionalmente se han usado en edificios de 5 y 3 niveles, como son los casos de los conjuntos El Rosario y Villa Centroamericana, respectivamente. Los muros de carga de mampostería se han empleados en edificios hasta de 6 pisos¹⁴⁰.

2.3.6.1 Edificaciones a base de muros de carga.

Como se ha ya señalado la gran mayoría de los conjuntos habitacionales existentes en la Ciudad de México son a base de muros de carga. Un muro es una placa vertical de concreto o de diferentes tipos de mampostería unida entre sí por un mortero, aunque también pueden ser de madera o de paneles, siempre y cuando cumplan con las especificaciones establecidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Los muros en las edificaciones tienen básicamente dos objetivos: dividir espacios y soportar cargas. Los muros divisorios sirven sólo para delimitar espacios y los muros de carga cumplen con ambas funciones. Los muros de carga de mampostería utilizados en los conjuntos habitacionales son de diferentes tipos: diafragma, confinados y reforzados internamente.

“Los muros diafragma se encuentran restringidos por columnas y trabes que forman marcos estructurales; los muros confinados son los que están delimitados únicamente por dadas y castillos; los muros reforzados internamente son aquellos en los cuales se introducen varillas corrugadas o mallas horizontales y verticales en los huecos de las piezas y en sus juntas”¹⁴¹.

Los muros de concreto son reforzados con acero, pudiendo ser: prefabricados o colados in situ. Cada tipo de muro tiene su propia función, aunque todos resisten y transmiten cargas, los muros diafragma y los de concreto colados in situ son utilizados para rigidizar las edificaciones ante fuerzas laterales. Los muros de carga más usados en los edificios habitacionales de interés social son

¹³⁹ Los términos “niveles” y “pisos” se usan comúnmente como sinónimos y así se utilizarán en esta investigación.

¹⁴⁰ Como en los edificios de los conjuntos Los Girasoles en la avenida Canal de Miramontes.

¹⁴¹ Velazquez Hernández Alejandro. Reforzamiento y recimentación de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo dentro de la delegación Iztapalapa. Tesis. Instituto Tecnológico de la Construcción. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México. 2003.

los confinados de tabique recocido, tabique hueco, tabicón y blok hueco de concreto. Un sinnúmero de edificaciones con viviendas de interés social estructuradas mediante muros de carga, aun en las “frangas críticas”, han tenido un comportamiento estructural aceptable, pues aunque han sufrido daños ante la interacción de riesgos hídrico y sísmico: desplomos, hundimientos diferenciales y agrietamientos; estas edificaciones no se han precipitado súbitamente, como sí ha sucedido en otras construidas con marcos.

2.3.7 Sistemas de cimentación de las edificaciones

Los conjuntos habitacionales tienen básicamente tres tipos de cimentación: superficiales, profundas e intermedias; las mismas dependen de la zona geotécnica donde se encuentren ubicados los edificios y de su número de niveles.

En zonas II y III las edificaciones de más de seis niveles generalmente están apoyados en un estrato duro del subsuelo mediante pilas o pilotes; los medianos, de cuatro o cinco pisos, están cimentados mediante un cajón de compensación; y los de tres niveles o menos se desplantan sobre losas de cimentación o zapatas.

En la zona de lomas las edificaciones hasta de ocho niveles tienen cimentaciones superficiales: losas o zapatas; y las de más pisos tienen cimentaciones compensadas o profundas. Los conjuntos habitacionales de interés social de cinco niveles con cimentación compensada se han comportado aceptablemente, aunque han tenido diversos problemas: hundimientos diferenciales y emergimientos; no han fallado súbitamente; aun en las regiones donde se conjunta la alta subsidencia y la máxima intensidad sísmica.

2.4 Riesgo hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México.

Como ya se ha mencionado reiteradamente, los conjuntos habitacionales de interés social enfrentan riesgos de muy diversas índoles, sin embargo, los de origen hídrico son muy significativos porque repercuten directamente en la salud, la integridad física, el bienestar y la economía de sus usuarios. El desastre hídrico

se ha manifestado en conjuntos habitacionales inhabitados por carecer de agua potable o drenaje y por haber sido desalojados a consecuencia de la inclinación de sus edificios, debida ésta a los asentamientos diferenciales del suelo. En el primer capítulo de esta investigación se definió “riesgo hídrico”.

2.4.1 Amenaza hídrica

Son diversas las amenazas hídricas que enfrentan los conjuntos habitacionales de interés social en la ciudad de México: carencia de agua potable, inundaciones, fugas en las instalaciones hidrosanitarias y deshidratación del subsuelo que los sustenta¹⁴². La deshidratación del subsuelo origina el abatimiento del nivel de agua freática y ello causa la subsidencia y el agrietamiento del suelo así como el cambio de sus propiedades mecánicas; eso propicia el desplomo, el agrietamiento y la desestabilización de las edificaciones; así también las inundaciones y las fugas de agua pueden llegar a perjudicar la estabilidad de los inmuebles.

2.4.1.1 Carencia de agua potable, inundaciones y fugas ácueas

La carencia de agua y las inundaciones se presentan cíclicamente en nuestra capital en el estiaje y en la época de lluvias respectivamente, y responden a un equivocado manejo hidráulico de la Cuenca de México hecho a partir de la época colonial, como ya se expuso en el anterior capítulo. Evitar la escasez y la contaminación del agua, así como las inundaciones es una ardua tarea que rebasa la capacidad de los usuarios de los conjuntos habitacionales, ya que para ello se requiere de una nueva visión en todos los niveles de gobierno, que procure el manejo hidroecológico de la Cuenca de México.

¹⁴²Como lo señala el Doctor Enrique Santoyo, la expresión más adecuada para el proceso de deshidratación del subsuelo, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos es: abatimiento del nivel del agua freática. En esta investigación se usarán indistintamente ambas expresiones. Aunque desde mi propio punto de vista el abatimiento freático es sólo una de las consecuencias de la deshidratación del suelo.

La insuficiencia y contaminación del agua potable causa deterioro en la salud de la población, crea caos y merma sus recursos económicos de los afectados. La lluvia ácida y las descargas industriales requieren de tratamientos que rebasan la capacidad de los usuarios de los conjuntos habitacionales. Los estragos que a la fecha ocasiona la errada política ácuea deben enfrentarse con fondos públicos.

Las inundaciones provocadas por lluvias torrenciales y la saturación del drenaje, además de los estragos físicos, sanitarios y económicos que causan a la población, invaden las celdas de cimentación de las edificaciones; eso origina una sobrecarga en el suelo y puede ocasionar o incrementar su hundimiento. Es necesario drenar el agua de las celdas, para evitar el desplome de los edificios.

Un inadecuado proceso constructivo, la utilización de materiales de baja calidad y la falta de mantenimiento dan lugar a fallas en las instalaciones hidrosanitarias urbanas y de los conjuntos. Las fugas de agua de las redes municipales originan la socavación del suelo y ponen en riesgo la estabilidad de las edificaciones. Las fugas hídricas en las edificaciones propician el intemperismo de los elementos estructurales y la corrosión de su acero de refuerzo, además inundan las celdas de cimentación y ello ocasiona un incremento de carga en el suelo y en algunos casos causan el hundimiento y desplome de las edificaciones.

2.4.1.2 Deshidratación del subsuelo

La deshidratación del subsuelo de la Ciudad de México es la amenaza de origen hídrico más grave a la que están sometidas las edificaciones en la Ciudad de México y es ocasionada básicamente por la sobreexplotación del manto freático metropolitano, aunque también interviene en ese proceso la extracción ácuea que se hace de los sótanos de edificios, del Metro, de otras instalaciones municipales; y por las infiltraciones del agua freática al Drenaje Profundo.

Como ya se ha señalado, la deshidratación del subsuelo origina el abatimiento del nivel freático y éste los hundimientos y agrietamientos del suelo, así como la modificación de sus propiedades físicas; ello pone en riesgo la seguridad de los inmuebles capitalinos. Para evitar la deshidratación del subsuelo

se requiere un cambio de visión en el manejo hídrico de la Cuenca del Valle de México, mismo que por ahora no se vislumbra. De tal manera que mientras no se logre un manejo hidroecológico de dicha cuenca, esa amenaza latente seguirá existiendo.

2.4.1.3 Subsistencia del suelo

Los conjuntos habitacionales de interés social más afectados por la deshidratación del suelo serían los ubicados en la zona de máxima velocidad de subsidencia: 40 cm/año; misma que se encuentra en el límite de delegación Iztapalapa con el municipio de Netzahualcóyotl, entre la avenida Texcoco y la calzada Ignacio Zaragoza. Así también resultan muy dañados los edificios localizados en las regiones donde la velocidad de subsidencia es alta: 36 cm/año; dicha región abarca el este de las delegaciones Iztapalapa, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero e Iztacalco. Existe también en Tláhuac una región con alta velocidad de subsidencia.

2.4.1.4 Agrietamiento del suelo

Las grietas aparecen con más frecuencia al oriente del Distrito Federal, principalmente en Iztapalapa; el geólogo Raúl Gutiérrez, responsable del Centro de Evaluación de Riesgos de dicha delegación, señala: "Trece colonias y tres unidades habitacionales enfrentan serios problemas por grietas y hundimientos diferenciales, los cuales cada año se extienden y han puesto en alto riesgo a más de 30 mil personas.

De los 117 kilómetros cuadrados que tiene Iztapalapa, en más de 20 existen impactos graves por fallas geológicas, que han dañado en gran medida 14 mil viviendas y en menor escala 20 escuelas primarias, las cuales están catalogadas con riesgo mitigable.

Y agregó que, de las 14 mil viviendas afectadas, más de 200 son inhabitables, deben ser demolidas, el resto de las casas requieren apuntalamientos y reforzamientos. Desafortunadamente, las viviendas que están

siendo reparadas sólo estarán bien por algunos meses, pues el fenómeno de agrietamiento no se detiene y volverá a impactarlas.

La excesiva extracción de agua del acuífero en la región, Iztapalapa tiene 80 pozos, así como el subsuelo arcilloso que tiene debido a que la zona fue un lago hace más de 500 años, está provocando que la Delegación enfrente una situación de muy alto riesgo geológico, lo cual se ha agravado en los últimos 15 años.

El geólogo indicó que tienen mayor riesgo geológico las unidades habitacionales Albarrada, La Concordia y Santa Cruz Meyehualco. Gutiérrez dijo que pedirá a Protección Civil del Distrito Federal ubicar a Iztapalapa como zona de alto riesgo a un sismo fuerte, ya que aún no está catalogada de esta forma debido a que en 1985 el terremoto no provocó daños de alta consideración en esta región, pero ahora sí está en gran riesgo”¹⁴³.

Las grietas siguen apareciendo, como lo señalan cotidianamente las informaciones periodísticas: “10 grietas que ponen en alerta al DF:”¹⁴⁴; sin que esto hasta la fecha se pueda evitar. Iztapalapa enfrenta una situación de muy alto riesgo geológico, lo cual se ha agravado en los últimos 15 años.



Fig.2.5 Agrietamientos en vivienda de Iztapalapa.

¹⁴³ Ramos Alejandro. “Impactan grietas a 14 mil viviendas de Iztapalapa”.

¹⁴⁴ González, Juan Pablo. “10 grietas que ponen en alerta al DF. La ciudad de México padece estragos por hundimientos derivados de las grietas, generados principalmente por la extracción excesiva de agua en el subsuelo”. El Universal. Marzo 28. 2011.

El doctor Santoyo al referirse a los agrietamientos en la superficie, señala: “Este fenómeno inherente a las arcillas es un evento rápido que ocurre cuando se acumula agua en la superficie y bruscamente se abre una fisura por la que penetra ese líquido, fenómeno que amenaza en especial a las construcciones ligeras o pobremente estructuradas”. Los agrietamientos del suelo fracturan las cimentaciones y las estructuras de las edificaciones, incrementando con ello el riesgo de los conjuntos habitacionales ante un terremoto. Además dañan la infraestructura hidráulica urbana, misma que al fallar ocasiona la interrupción de los servicios básicos de abastecimiento y desalojo de agua.



Fig. 2.6 Cada vez es más frecuente la aparición de grietas en el D.F.

2.4.1.5 Modificación de la interacción suelo-estructura

Como se ha señalado en el anterior capítulo, la deshidratación del subsuelo altera las propiedades mecánicas del suelo, ya que origina el abatimiento del nivel del agua freática, así como la subsidencia y consolidación del suelo. Al consolidarse el suelo se reduce su periodo de vibración¹⁴⁵; y al reducirse el periodo de vibración la interacción suelo-estructura se modifica.

¹⁴⁵ Aguilar H. R., Galicia M., Pérez-Rocha L. E., Avilés J., Vieitez L. y Salazar M. Efecto del hundimiento regional en las propiedades dinámicas del suelo. Centro de

Hasta ahora los espectros de diseño sísmico de las edificaciones, de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, se han considerado como invariantes a través del tiempo. Los estudios realizados por el Centro de Investigaciones Sísmicas, A. C. concluyen que: “Se considera necesario incluir dentro del diseño sísmico estructural, la revisión de la seguridad de las construcciones a futuro, tomando en cuenta la evolución de las propiedades dinámicas del suelo con el tiempo.”¹⁴⁶

2.4.1.6 Hundimiento y desplomo de las edificaciones

La velocidad de subsidencia del suelo en el Distrito Federal es variable y en un mismo predio su inmersión puede ser o no uniforme. Cuando el hundimiento del suelo es uniforme, sí las edificaciones no son excéntricas, también se asientan uniformemente; lo cual origina fracturas en sus drenajes y cisternas, con las consecuentes fugas ácueas; ello conlleva la erosión del suelo y la conformación de cavernas, mismas que llegan a desestabilizar las edificaciones.

Los hundimientos del suelo diferenciales, no uniformes, se presentan cuando son variables los espesores de sus estratos arcillosos o debido a la influencia local de pozos de extracción ácuea. Si la subsidencia del suelo sobre el cual están cimentadas las edificaciones no es uniforme, o sí éstas son excéntricas, los edificios se asientan de manera diferencial y se origina la pérdida de verticalidad de la construcción; y a su vez ese desplome ocasiona esfuerzos adicionales en su estructura y en su cimentación.

Los edificios que tienen una cimentación y una estructura rígida se desploman sin deformarse, no así las edificaciones flexibles que al inclinarse se distorsionan. Los edificios de vivienda de cinco o más niveles, estructurados con muros de carga y con cimentación compensada al inclinarse dentro de los límites reglamentarios generalmente no sufren daños estructurales graves.

Los desplomes en las edificaciones hacen aparecer un momento de volteo equivalente al producto de la masa del edificio por la excentricidad del centro de

Investigaciones Sísmicas, A.C. y opinión del arquitecto José Ávila vertida en reunión del 19 de abril de 2011.

¹⁴⁶ Aguilar H.R. Op. Ant. Cit.

gravidad con respecto al centroide de la cimentación. Ese momento se suma al momento de volteo originado por el sismo y esto puede conllevar al edificio al vuelco. Sin embargo, aunque el hundimiento diferencial del suelo es el origen principal de la inclinación de las edificaciones, no es ésta su única causa. De acuerdo al Doctor Santoyo: “El desplomo de un edificio es un problema complejo, consecuente de alguno de los factores que se mencionan a continuación y con frecuencia la suma de varios de ellos”¹⁴⁷.

Nueve son los orígenes de los factores a los que se refiere el Doctor Santoyo, mismos que se enuncian a continuación: I. Errores de diseño. II. Errores de construcción. III. Cambios en los edificios. IV. Efectos de un sismo. V. Instalaciones municipales. VI. Discontinuidades inducidas. VII. Heterogeneidad de sitio. VIII. Secado del suelo. IX. Extracción de agua del suelo.

Los factores, que corresponden con los anteriores orígenes, son: I. Errores arquitectónicos, constructivos y/o estructurales; II. Descuido en la medición de la vertical y alteración del suelo de apoyo de la cimentación; III. Incremento de cargas, inundación de celdas y alteración de la estructura; IV. Desplome brusco por cargas o grietas; V. Rotura de drenajes y fugas en redes de abastecimiento; VI Erosión por flujos de agua y huecos de roedores; VII. Existencia de estructuras enterradas y compresibilidad errática del subsuelo; VIII. Calentamiento solar y áreas arboladas. IX. Achique de sótanos, influencia local de pozos de bombeo, falla local de las grietas superficiales y hundimiento regional”¹⁴⁸.

El hundimiento regional; es sin duda, el que conjuntamente con alguno o varios de los otros factores, origina el mayor número de desplomos de los conjuntos habitacionales de la Ciudad de México; y de acuerdo a la experiencia del Doctor Santoyo: “Los factores originados por el secado del suelo y la extracción ácuea, suelen ser los más importantes porque se mantienen siempre activos”¹⁴⁹.

Un error de diseño muy común, que origina desplomo, es la excentricidad de las edificaciones con respecto a su cimentación, esto es, no hay coincidencia

¹⁴⁷ Santoyo V. y Santoyo R. Retos geotécnicos en edificios ligeros. TGC Geotecnia y TGC Ingeniería. México.

¹⁴⁸ Idem.

¹⁴⁹ Idem.

entre el centro de gravedad del edificio y el de su basamento. También se ocasionan desplomes en las edificaciones, cuando se llevan a cabo modificaciones que desplazan el centro de gravedad del edificio y cuando se inundan sólo algunas de las celdas de su cimentación. Así también la realización de un pozo de absorción, una excavación, una edificación pesada o una demolición en el lindero de un inmueble, sin la debida protección de colindancias, es otra causa de desplomo.

Señala además el Doctor Santoyo: un desplomo del 1%, con respecto a la altura, sería un límite admisible; superado éste porcentaje, se causan molestias a las personas; y un desplome del 1.5% o más es inadmisibles, profundamente incomodo y riesgoso para los usuarios. A la inclinación del 1% se le ha llamado "inclinación visual".

Los edificios desplomados con frecuencia invaden predios contiguos, lo cual implica problemáticas de tipo jurídico difíciles de resolver. Los desplomes conllevan desniveles en los pisos de los edificios y cuando éstos rebasan el estado límite de servicio se afecta el funcionamiento de las viviendas.

De acuerdo al Reglamento de Construcciones en vigor: "Se considera como Estado Límite de Servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas"¹⁵⁰.

Para cumplir con el Estado Límite de Servicio el desplazamiento máximo permisible entre dos niveles será igual a la altura del entrepiso dividido entre 250, equivalente al 0.4% de la altura; y el desnivel máximo admisible será: el doble del claro entre 240 más 5 milímetros"¹⁵¹.

Las Normas Técnicas, Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones (NTCDCC) del RCDF en vigor, en su Tabla 3.1¹⁵² establece los límites máximos para movimientos y deformaciones originados por la cimentación. La inclinación máxima será: $100/100 + (100+3hc)$ por ciento; donde hc es la altura de la construcción en metros; aunque el máximo permisible: "Desplomo Funcional";

¹⁵⁰ Artículo 142 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

¹⁵¹ Inciso 4.1 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del RCDF vigente;

¹⁵² Idem.

es éste valor incrementado en 40%¹⁵³. La emersión o el asentamiento máximo en la zona I serán de 5 cm, y en las zonas II y III serán de 30 cm.

De acuerdo a lo establecido en el inciso 11 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo del Reglamento del Distrito Federal: “En caso de haber en los edificios desplomos iguales o mayores al 1%, de su altura, se incrementaran las fuerzas sísmicas de diseño mínimamente en un 10%”¹⁵⁴

Con base en las mediciones de desplomos en 40 edificios de la Unidad Habitacional Nonoalco Tlatelolco, realizadas por TGC Geotecnia en julio de 2010¹⁵⁵, se puede asegurar que las edificaciones tienen su inclinación principal hacia sus costados laterales.

Esto es, todos los inmuebles tienen una planta rectangular y el mayor desplomo se presenta, independientemente de la orientación del edificio hacia uno de los lados. Ello se debe a que en esa dirección se tiene el menor momento de inercia y a que no existe simetría en el sentido corto.

En cada edificación habrá que medir la inclinación existente y calcular los desplomos máximos permisibles, para comparar ambos resultados, lo cual permitirá saber si el edificio está o no dentro de los límites de servicio permisibles. Así también deberán medirse sus desniveles y emersiones o asentamientos.

2.4.2 Vulnerabilidad hídrica

Los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México son muy vulnerables ante las amenazas hídricas a las que están sometidos. Dichas viviendas, por su mínimo costo, son construidas con materiales y mano de obra de baja calidad.

Las instalaciones hidrosanitarias son rígidas y ante los movimientos de los edificios propiciados éstos por los hundimientos del suelo o por los sismos se desajustan y presentan fugas de agua, mismas que en muchos casos van a dar al cajón de cimentación, acumulándose ahí y originando sobrecargas a la

¹⁵³ Hernández Ch. Julio y Segovia T. José. Delegación Cuauhtémoc. Unidad Tlatelolco.TGC-3740. México. 20010.

¹⁵⁴ Gaceta Oficial del Distrito Federal. México. Octubre 6 de 2004.

¹⁵⁵ Hernández Ch. Julio y Segovia T. José. Delegación Cuauhtémoc. Unidad Tlatelolco.TGC-3740. México. 20010.

cimentación; lo mismo sucede con las inundaciones regionales y la infiltración del agua freática a través de los muros perimetrales del cajón de cimentación. Aunado a lo anterior la falta de mantenimiento originada por los escasos recursos económicos y el poco interés de los habitantes de dichos conjuntos propicia que en corto tiempo las instalaciones de los edificios sufran ese tipo de daños.

Por otro lado, los edificios de interés social no están proyectados para soportar el continuo abatimiento del nivel de aguas freáticas, inevitable hasta ahora, por lo cual sufren hundimientos diferenciales y desplomos, mismos que aumentan su vulnerabilidad ante un evento sísmico, ya que dichas inclinaciones originan un momento de volteo no considerado en el cálculo estructural original. Además los daños de los edificios ocasionados por el agrietamiento del suelo: fractura de la cimentación y de elementos estructurales; crean una alta vulnerabilidad en los conjuntos habitacionales.

2.4.3 Prevención y mitigación del riesgo hídrico

La prevención y mitigación del riesgo hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social deberá ser mediante programas de mantenimiento correctivo de las instalaciones hidrosanitarias, que incluyan reparación de las fugas y el desalojo ácuo de las celdas de cimentación.

Con respecto al hundimiento diferencial y desplomo de los inmuebles originados por el abatimiento del nivel de agua freática deberá procurarse, ya sea mediante la subexcavación o los pilotes de control, que los edificios retomen su verticalidad para reducir su riesgo. Así también las edificaciones fracturadas por lo agrietamientos del suelo deben repararse y reforzarse estructuralmente con el fin de prevenir su colapso.

2.5 El riesgo sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México.

En el capítulo I de esta investigación se definió “riesgo sísmico” y se mencionaron las graves consecuencias con las que se ha manifestado en la Ciudad de México. Por eso es indispensable tomar las medidas que permitan

prevenir y mitigar un nuevo desastre capitalino, mismo que puede ser tan grave como el sucedido en Puerto Príncipe en 2010, ya que estudios recientes señalan la posibilidad de que se presente en México un movimiento telúrico de grado Mw 8.8¹⁵⁶ (escala magnitud momento), similar a los acaecidos recientemente en Chile y Japón.

Aunque el sismo del 19 de septiembre de 1985, con magnitud 8.1 de la escala de Richter, tuvo su epicentro en la Brecha de Guerrero, aproximadamente a 400 km de la Ciudad de México, fue la región lacustre metropolitana la más devastada, debido ello a su alta densidad poblacional, a la precaria condición estructural de gran número de viviendas y a la amplificación de la intensidad sísmica que se dio en esa región capitalina. La conjunción de los derrumbes de las edificaciones y el colapso de elementos vitales de la infraestructura urbana dieron como resultado: el desastre capitalino.

Los daños más graves sufridos por nuestra capital son los atribuidos a los sismos; el desastre de 1985 no distinguió clases sociales, sin embargo fueron los sectores capitalinos más precarios los que sufrieron sus más graves consecuencias, debido eso a su alta vulnerabilidad económica y social.

Las paupérrimas condiciones de muchas vecindades, originada por su antigüedad y falta de mantenimiento, la mala calidad constructiva y su alto índice de hacinamiento dieron lugar a un sinnúmero de muertos y damnificados. En un informe provisional del 2 de octubre de 1985, la Comisión Metropolitana de Emergencia del DF, señaló que: “cerca de 100 mil viviendas capitalinas sufrieron daños, se derruyeron o quedaron inhabitables¹⁵⁷”.

Ese desastre adjudicado a los sismos es también imputable a la desestabilización del suelo originada por el abatimiento de su nivel freático, ocasionado éste por la sobreexplotación del acuífero metropolitano. Puede afirmarse que en la Ciudad de México los sismos solo anticipan el derrumbe de las edificaciones dañadas por la deshidratación del suelo.

Los conjuntos habitacionales tienen un gran riesgo frente a cualquier amenaza, debido a su alta densidad poblacional. Además, en el caso de un gran

¹⁵⁶Krishna Singh Shri y Pérez Campos Xyoli. Reflexiones sobre sismos recientes. Revista Ingeniería Civil No. 505. México. Mayo de 2011.

¹⁵⁷ Coulomb, Rene y Monterrubio Anavel. Antes citado.

número de conjuntos habitacionales de interés social en la Ciudad de México, sus precarias condiciones estructurales los hacen más susceptibles a colapsarse con un movimiento telúrico y esto pone en peligro la vida de muchas personas. El comportamiento de los edificios depende de la amenaza sísmica y de la vulnerabilidad de las edificaciones respecto a la misma. La intensidad y la duración del terremoto son determinantes en el comportamiento del inmueble, así también su forma arquitectónica, uso, edad, sistema estructural y estado de conservación.

2.5.1 Amenaza sísmica

Los sismos inciden en la Ciudad de México sin una periodicidad definida y sus efectos sobre las edificaciones son variables en tiempo, magnitud, dirección y sentido; dichos efectos acciones dependen de la magnitud del movimiento telúrico, del tiempo de duración del mismo y de la intensidad con que se manifieste en las diversas zonas geotécnicas. Las fuerzas que los terremotos ejercen en las edificaciones corresponden fundamentalmente con la intensidad sísmica a la que estén sometidos y a la masa del edificio.

Un gran número de conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México se encuentran ubicados en sitios donde la intensidad sísmica es la máxima. En la figura 2.7 se muestra la superposición de los conjuntos habitacionales en el mapa de zonificación sísmica.

En el Reglamento para Construcciones del Distrito Federal se establecen los criterios para determinar las fuerzas que actúan en los edificios, así como las condicionantes mínimas que deben cumplir las edificaciones para “obtener una seguridad adecuada tal que, bajo el sismo máximo probable, no habrá fallas estructurales mayores ni pérdidas de vidas”.¹⁵⁸

Según Luis Arnal y Max Betancourt: “Las estructuras deben calcularse para poder resistir un sismo de intensidad aproximadamente igual a 8 grados de la escala Richter - para esos 50 segundos que suceden cada 25 años-”¹⁵⁹. Los

¹⁵⁸ Arnal Luis y Betancourt Max. Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México. 2008.

¹⁵⁹ Idem.

movimientos telúricos son tridimensionales, aunque para su estudio se descomponen en dos componentes horizontales y una vertical. La componente vertical origina un movimiento trepidatorio, éste es más significativo en el epicentro o cerca de él. Las componentes horizontales que causan movimientos oscilatorios y desplazamientos laterales en las edificaciones son más significativas en lugares alejados del epicentro.

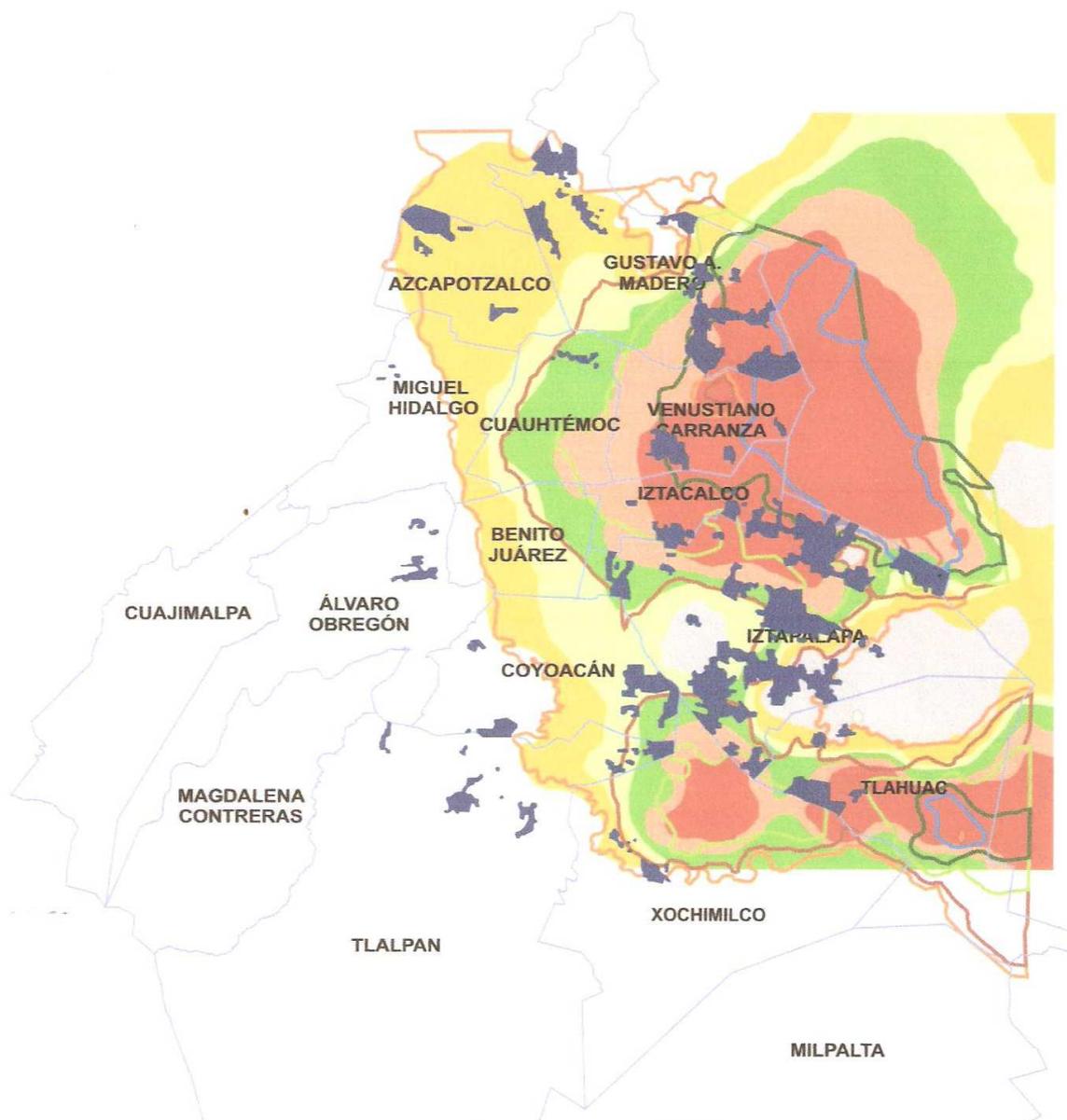


Fig. 2.7 Superposición de los conjuntos habitacionales en el mapa de zonificación sísmica

La mayoría de los sismos que se han presentado en la Ciudad de México han ocasionado básicamente movimientos oscilatorios del suelo y fuerzas horizontales en las edificaciones, quizá por eso “nuestro reglamento no considera las aceleraciones ni las fuerzas verticales en el análisis sísmico”¹⁶⁰. Durante los sismos de 1985 las aceleraciones verticales correspondieron aproximadamente al 10% de las horizontales.

Como lo explica el arquitecto Creixell: “La inercia es una propiedad que tienen los cuerpos para oponerse al movimiento cuando están en reposo...y al desalojarse en cualquier dirección el suelo bajo un edificio, éste, por inercia trata de conservar su sitio y como esta ligado al terreno, aunque solo sea por adherencia, tiende a deformarse”¹⁶¹ y desplazarse. Las fuerzas ejercidas en la edificación son producto de su inercia ante el movimiento del suelo.

Es el cambio de velocidad del suelo, lo que genera esfuerzos y desplazamientos en los edificios, al pasar de un estado de reposo a uno en movimiento; a esto se llama aceleración. “... la aceleración es la causante de la fuerza, pero ésta no sólo se ejerce en proporción a dicha aceleración, sino también a la masa del cuerpo que mueve”¹⁶². De tal forma que la fuerza que actúa sobre la edificación es directamente proporcional a su masa y a la aceleración sísmica. Lo anteriormente enunciado corresponde con la segunda Ley de Newton y puede expresar matemáticamente:

$$\text{Fuerza} = \text{Masa} \times \text{Aceleración} \quad (2.1)$$

Con base en esta ley se podrá obtener la fuerza lateral (F) que actúa en una edificación durante un sismo, la cual es directamente proporcional al coeficiente sísmico (c) y al peso de la edificación e inversamente proporcional al Factor de Comportamiento Sísmico (Q):

$$F = \frac{c}{Q} W \quad (2.2)$$

¹⁶⁰ Versión de la opinión vertida por el ingeniero Antonio Silva Tonché el día 3 de octubre de 2011.

¹⁶¹ Creixell M. José. Estabilidad de las Construcciones. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México. 1984.

¹⁶² Idem.

2.5.1.1 Coeficiente Sísmico “c”.

Como se señaló en el capítulo anterior “El coeficiente sísmico (c) es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo (V_o) entre el peso de la edificación sobre dicho nivel (W_o)”¹⁶³:

$$C = \frac{V_o}{W_o} \quad (2.3)$$

El valor de dicho coeficiente lo establece el reglamento de construcciones y representa de alguna manera la aceleración ejercida en el inmueble por la acción del sismo. El coeficiente sísmico se ha ido incrementando continuamente en la zona lacustre capitalina. El Reglamento de Construcciones y Servicios Urbanos del Distrito Federal de 1942¹⁶⁴, consideraba un Coeficiente Sísmico de 0.025 para todo tipo de edificaciones.

Después del sismo de 1957 ese coeficiente se incrementó y variaba de 0.040, para edificios con estructuración Tipo 1 en la zona geotécnica de baja compresibilidad a un máximo de 0.195 en edificaciones Tipo 3 en zona de alta compresibilidad¹⁶⁵.

En el Reglamento para Construcciones del Distrito Federal de 1976¹⁶⁶ el coeficiente sísmico mínimo era 0.16, para edificios del grupo “B” en la zona geotécnica I y un máximo de 0.36 para edificios del grupo “A” en zona III. Posteriormente a los terremotos de 1985, en los reglamentos de 1987 y 1993 ese coeficiente mínimo no varió, pero el máximo se incrementó a 0.60¹⁶⁷.

¹⁶³ Inciso 1.5 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño por Sismo. Gaceta Oficial del Distrito Federal. México. 29 de octubre de 2004.

¹⁶⁴ Diario Oficial de la Federación. México. 23 de julio de 1942

¹⁶⁵ RCDF 1966. Diario Oficial de la Federación. México. 9 de Febrero de 1966.

¹⁶⁶ Diario Oficial de la Federación. México. 9 de Febrero de 1976.

¹⁶⁷ RCDF 1987. Diario Oficial de la Federación. México. 3 de julio de 1987

En el de 2004¹⁶⁸, el coeficiente mínimo tampoco cambió pero el máximo aumentó a 0.675, para edificios del grupo “A” en la zona IIIb. Los grupos “A” y “B” referidos están establecidos en el artículo 139 del reglamento vigente y corresponden con el uso al cual está destinado el inmueble.

Como puede apreciarse, el coeficiente sísmico en la zona lacustre se incrementó en 87.5% en los últimos 28 años; pero en la zona de lomas ha permanecido constante en ese mismo lapso de tiempo. Dicho incremento está en concordancia con la creciente intensidad de los sismos registrados en nuestra capital, con las cambiantes condiciones del suelo metropolitano y con las más recientes investigaciones geosísmicas.

Una de las causas de tan considerable aumento de dicho coeficiente es, sin duda, el conocimiento geotécnico más detallado que ahora se tiene de la zona lacustre metropolitana y las consecuencias del abatimiento del nivel freático, proceso que modifica continuamente las características mecánicas del suelo.

2.5.1.2 Factor de Comportamiento Sísmico “Q”.

Como ya se ha señalado el comportamiento de un edificio ante movimiento telúrico depende de su estructuración. Es el Factor de Comportamiento Sísmico “Q”, el que evalúa el efecto que tiene el sistema estructural empleado en los movimientos telúricos en las edificaciones.

De acuerdo al inciso 5 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo: “Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para análisis estático y de las obtenidas del análisis sísmico modal, se empleará un: Factor de Comportamiento Sísmico “Q”; mismo que depende del sistema estructural utilizado”¹⁶⁹.

Los valores que asume “Q” son 1.5 y 2 para estructuras a base de muros de carga y para marcos entre 2 y 4. En el Método Simplificado el factor de comportamiento está implícito en los coeficientes sísmicos reducidos.

¹⁶⁸ Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. Gaceta Oficial del Distrito Federal. México. 29 de octubre de 2004.

¹⁶⁹ Inciso 4.1 de las NTCDS del RCDF 2004

2.5.1.3 Carga “W”

Otro factor importante en el comportamiento sísmico de una edificación son las cargas que en ella actúan, éstas de acuerdo al reglamento vigente son de tres tipos: muerta, viva y accidental. La carga muerta depende básicamente del peso propio del edificio, la carga viva corresponde con el uso al cual esta destinado el inmueble y la carga accidental es aquella que ocasionalmente y de manera momentánea actúa sobre el edificio: sismo, viento, oleaje, nieve, etc. En el caso de las edificaciones habitacionales, de acuerdo al reglamento, habrá que considerar las acciones accidentales originadas por el sismo.

La carga muerta habrá de estimarse en función del peso de los materiales que permanecerán aproximadamente constantes durante la vida útil del edificio. Las cargas vivas unitarias están establecidas en la Tabla 6.1 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para Diseño Estructural de las Edificaciones del Reglamento para Construcciones del Distrito Federal. Para habitación corresponden 170 kg/m² y para azotea 100 kg/m²; también habrá que considerar las cargas accidentales para efectos sísmicos que en dicha tabla aparecen.

2.5.1.4 Métodos de Análisis Sísmico

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Sismo según sean las características de la estructura de que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el Método Simplificado, Estático o uno de los dinámicos.

El Método Simplificado sólo es aplicable a edificios que cumplan con las condiciones establecidas en el inciso 2.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, es básicamente para edificaciones con estructuras regulares, según se define en el inciso 6 de las citadas normas; con altura máxima de 13 metros y estructuradas mediante muros de carga.

Un gran número de conjuntos de interés social cuenta con edificios que cumplen dichos requisitos y fueron diseñados por sismo con el Método Simplificado.

El Método Simplificado de Análisis Sísmico, establecido en el inciso 7 de Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, basado en la segunda Ley de Newton, señala que: “la fuerza F_i que actúa en el piso i se obtiene de la formula:

$$F_i = C W \frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i} \quad (2.4)$$

Donde (C) es el Coeficiente Sísmico Reducido, (W) es el peso del edificio, (W_i) es el peso del piso i y (H_i) es la altura del piso i ¹⁷⁰. La fuerza horizontal (F) que actúa en el edificio sería la sumatoria de las fuerzas F_i que actúan en cada nivel y es proporcional con la aceleración ejercida en el inmueble y el peso total del edificio.

$$F = \sum F_i = C W \quad (2.5)$$

El Coeficiente Sísmico Reducido está establecido en la Tabla 7.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y tiene un valor mínimo de 0.07 para edificaciones del grupo B ubicadas en la zona geotécnica I, menores de 4 metros de altura con muros de carga de concreto o de mampostería de piezas macizas; y un valor máximo de 0.345 para edificaciones del grupo A ubicadas en zona III de hasta de 13 metros de altura con muros de carga de mampostería de piezas huecas. En el coeficiente reducido (C) esta implícito el factor de comportamiento Sísmico (Q).

El Método Estático puede usarse para analizar en la zona lacustre estructuras regulares de altura no mayor de 30 metros y estructuras irregulares de no más de 20m. Para edificios ubicados en zona I, los límites se amplían a 40m y 30m, respectivamente.

“Los métodos dinámicos: análisis modal y el análisis paso a paso de respuestas a sismos específicos; pueden utilizarse para el análisis de toda estructura, cualesquiera que sean sus características... para estructuras ubicadas en las zonas II y III, también será admisible emplear los métodos de análisis que

¹⁷⁰ Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Publicado en el Diario Oficial del 9 de febrero de 1966) .

especifica el Apéndice A, en los cuales se tiene en cuenta los periodos dominantes del terreno en el sitio de interés y la interacción suelo-estructura”¹⁷¹.

En el inciso 8.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, con base en la Ley de Newton, se establece la expresión para calcular el valor de la fuerza cortante (F_i) que actúa en el i -ésimo nivel, de una edificación cuando se usan los métodos estático o dinámico:

$$F_i = \frac{c}{Q'} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i}; \quad \frac{c}{Q'} \geq a_o \quad (2,6)$$

Donde, (W_i) es el peso de la i -ésima masa; (h_i) es la altura de la i -ésima masa sobre el desplante; (c) es el coeficiente sísmico (sin reducir); (Q') es un factor de reducción; $Q' = Q$ si se desconoce (T), que es el periodo natural de la estructura; (Q) es el Factor de Comportamiento Sísmico; (a_o) es el valor de (a) que corresponde a $T=0$ y (a) es la ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad. Los valores de las literales antes referidas corresponden con las propiedades geotécnicas del suelo y las características de la edificación.

Al hacerse la revisión por sismo de una edificación existente, se deberán tomar en cuenta todos los aspectos anteriormente señalados; así también deben actualizarse los coeficientes sísmicos empleados en su proyecto estructural, ya que éstos corresponden con el reglamento de construcciones vigente al momento de proyectarse el edificio, y como se mencionó, estos coeficientes han ido acrecentándose. En estructuras con un desplomo mayor al 1% de su altura, las fuerzas sísmicas deberán incrementarse de acuerdo lo establecido en el inciso 11 de las citadas normas.

2.5.1.5 Efectos de la resonancia sísmica en las edificaciones

Cuando el periodo de vibración de la estructura coincide con el del suelo, el edificio entra en resonancia. “Cuando hay sincronización entre los movimientos del

¹⁷¹ Inciso 2.2 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo.

terreno y los del edificio, se dice que éste ha entrado en resonancia...*misma* que hay que tratar de evitar y una buena regla consiste en procurar hacer estructuras flexibles en terrenos duros...y edificios rígidos en suelos suaves”¹⁷².

El periodo predominante del suelo (Ts) depende básicamente de la zona geotécnica; “en la Zona I se tomara (Ts) de 0.5 seg; en la Zona II será entre 0.5 y 1 seg y en la Zona III estará entre 1.0 y 4 seg.” ¹⁷³. Estos últimos valores se van reduciendo en la medida que se consolida el suelo en la zona III, lo cual no se ha considerado en el diseño de los conjuntos ahí construidos.

La reducción del periodo de vibración dominante del suelo en la zona lacustre capitalina hará que entren en resonancia algunas edificaciones que no lo hicieron con terremotos anteriores; como ocurrió en 1985 a los “edificios de entre 7 y 15 niveles, en los cuales coincidieron los periodos de vibración del suelo y de sus estructuras”¹⁷⁴; sería el caso de los edificios de los conjuntos Tlatelolco y Benito Juárez caídos en 1985.

En aquellas zonas lacustres donde el suelo se consolide, serán las edificaciones con de un menor número menor a 7 de niveles, en las cuales coincidan los periodos de vibración del suelo y de la estructura, las que entrarán en resonancia y pudieran ser los edificios habitacionales de 5 o 6 niveles ubicados en la zona III, para evitarlo será necesario modificar el periodo de vibración de los edificios, mediante su rigidización, para evitar que coincida con el del suelo.

2.5.2 Vulnerabilidad sísmica

Eberto E. Anguizola define la vulnerabilidad sísmica estructural a: “La susceptibilidad de una edificación a sufrir daños estructurales frente a una amenaza sísmica”¹⁷⁵. La vulnerabilidad sísmica estructural también se define

¹⁷² Creixell M. José. Estabilidad de las Construcciones. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México 1984. P. 421.

¹⁷³ Figura 4.1. Periodos predominantes del suelo. Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 6 de octubre de 2004.

¹⁷⁴ Fundación ICA, A. C. Experiencias derivadas de los sismos de 1985. Editorial Limusa. México. 1988.

¹⁷⁵ MSc. Ing. Eberto E. Anguizola M. Modelación Probabilista del Riesgo Sísmico para la Ciudad de David. Vulnerabilidad Sísmica Estructural Ciudad de David. Instituto de Geociencias Universidad de Panamá. Octubre 2012. Panamá.

como: "la probabilidad de falla de una estructura bajo diferentes niveles de movimiento del terreno"¹⁷⁶ y como: "la cantidad de daño esperado, causado o inducido por un nivel de intensidad sísmica"¹⁷⁷ Esta vulnerabilidad depende de la duración e intensidad del sismo del sismo y del tipo de elementos estructurales expuestos.

Los inmuebles antiguos son los que han estado sometidos a mayor número de terremotos y por ello sus elementos estructurales están más debilitados, ya que el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, en los conjuntos habitacionales de interés social es mínimo o nulo.

Los edificios desplomados son también muy vulnerables, ya que la inclinación origina una excentricidad y ésta a su vez ocasiona un momento de volteo, que sumado al sísmico pueden ocasionar su colapso. Así mismo son frágiles los conjuntos edificados en sitios donde han aparecido agrietamientos en el suelo, ya que esas grietas fracturan su cimentación y su estructura.

Los conjuntos habitacionales ubicados en la zona geotécnica IIIb son los que enfrentan la máxima intensidad sísmica en la Ciudad de México, en dicha zona se ha incrementado reglamentariamente a partir de 2004 el coeficiente sísmico (c) de 0.40 a 0.45; y un gran número de edificios ahí erigidos fueron proyectados estructuralmente con reglamentos anteriores al vigente y no fueron diseñados para enfrentar las condiciones sísmicas a las que ahora están sometidos.

Todo eso es más significativo en edificios "alto riesgo sísmico" definidos en el Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal, el cual clasifica a los inmuebles en riesgo sísmico simple y en alto riesgo sísmico; de acuerdo a las siguientes definiciones:

- "Inmuebles en riesgo sísmico simple: son todas aquellas edificaciones de la Ciudad destinadas a la vivienda que no excedan de cuatro niveles, así como todas aquellas en las que se realicen actividades de pequeño comercio; e Inmuebles en alto riesgo sísmico: son todas aquellas

¹⁷⁶ Idem.

¹⁷⁷ Idem.

edificaciones cuya falla estructural o colapso represente un número elevado de pérdidas humanas y/o económicas, o las que representen un riesgo probable por contener sustancias tóxicas, inflamables o explosivas. Asimismo se consideran los inmuebles de carácter vital, estratégico y de servicios para la Ciudad”¹⁷⁸

Conforme a esta ley los edificios habitacionales de cinco niveles o más son de “alto riesgo sísmico”.

El Reglamento para Construcciones del Distrito Federal en su artículo 139 clasifica como construcciones del Grupo A: a “las edificaciones cuya falla estructural podría constituir un peligro significativo”¹⁷⁹; sin embargo en dicho grupo no están incluidos los edificios habitacionales.

En resumen, los edificios habitacionales de interés social vulnerables ante la amenaza sísmica son aquellos ubicados en la zona IIIb, los dañados por sismos anteriores, los más antiguos, los inclinados, los edificados en sitios donde hay agrietamientos del suelo y los de cinco niveles o más; y tendrán la máxima vulnerabilidad aquellas edificaciones que conjunten todas estas características.

2.5.3 Prevención y mitigación del riesgo sísmico

En los conjuntos habitacionales de interés social edificados con el reglamento de construcciones vigente seguramente se han considerado las condiciones sísmicas a las que están expuestos y solo habrá que verificar que estén sanos estructuralmente, de no estarlo habrá que reestructurarlos.

La prevención y mitigación del riesgo sísmico en los conjuntos construidos con reglamentos anteriores al actual, deberá realizarse una revisión estructural con los parámetros sísmicos establecidos en el reglamento vigente, a partir de lo cual habrá que reforzarlos estructuralmente, aun aquellos que aparentemente estén sanos, pero sobretodo a los que presenten fisuras o agrietamientos en su estructura o cimentación originados por anteriores sismos o por hundimientos del suelo.

¹⁷⁸ Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

¹⁷⁹ Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 26 de enero de 2004.

En todos los conjuntos será necesario revisar y en su caso corregir su verticalidad, además de procurar la realización de simulacros y de implementar el Sistema de Alerta Sísmica.

2.5.3.1 Sistema de Alerta Sísmica

“Con el propósito de prevenir los eventuales desastres sísmicos que sufre la Ciudad de México, en 1986, la Fundación Javier Barros Sierra auspició la creación del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C. (CIRES), en el que, con el apoyo de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno de la Ciudad de México, se inició en 1990 el desarrollo y la operación del Sistema de Alerta Sísmica (SAS), herramienta que ha permitido avisar a la población del Valle de México, con una anticipación promedio de sesenta segundos, el inicio de algunos sismos importantes que ocurren en Guerrero.

El SAS inició su funcionamiento experimental en agosto de 1991 y su existencia se hizo pública el 14 de mayo de 1993, después de alertar, con avisos anticipados de 65 y 73 segundos, el inicio de sendos sismos de magnitud M5.8 y M6, ocurridos a las 21:10 y 21:12 horas en Guerrero.

El SAS de la Ciudad de México consiste en un Subsistema Sismo-Detector formado por doce Estaciones Sensoras de Campo, implantadas a lo largo de la costa de Guerrero, entre Papanao y Punta Maldonado, capaces de evaluar parámetros sísmicos del evento en desarrollo.

Cada Estación Sensora puede estimar y transmitir su información en forma instantánea, vía los canales de radio del Subsistema de Comunicaciones Guerrero-DF, hasta la Estación Central de Registro del SAS en la Ciudad de México, a más de 300 kilómetros de distancia.

En este sitio un sistema computarizado registra, analiza y confirma la información recibida y, en su caso, emite el aviso de advertencia. El SAS transmite automáticamente avisos de alerta “Preventiva” cuando pronostica que la magnitud

del sismo en desarrollo será moderada, en $5 < M < 6$, y alerta “Pública”, cuando pronostica que el sismo será fuerte, $M > 6$ ”¹⁸⁰.

Según la opinión del Doctor Eduardo Angulo Reinoso: “el riesgo de un sismo fuerte de magnitud 8.2 de la escala de Richter, o mayor, está hoy en la costa de Guerrero a poco más de 300 kilómetros del Distrito Federal”¹⁸¹; razón que permitiría ver al Sistema de Alerta Sísmica como un recurso estratégico de gran valor social para la población.

2.6 Interacción de riesgo sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México

Como ya se ha señalado anteriormente, los conjuntos habitacionales de nuestra ciudad enfrentan todo tipo de riesgos, sin embargo, el desastre capitalino de 1985 reveló lo fatal que resulta la vulnerabilidad de las edificaciones ante los movimientos telúricos; y aunque dicho desastre se atribuyó a la magnitud y duración de los terremotos, sin duda, la inestabilidad de las construcciones originada por la deshidratación del suelo, contribuyó de manera contundente en la hecatombe. Puede afirmarse que los sismos sólo coadyuvaron al colapso de muchos inmuebles.

La deshidratación del suelo origina agrietamientos y hundimientos del suelo. Las grietas que aparecen en el suelo ocasionan fracturas en las cimentaciones y en las estructuras de los edificios, lo cual acrecienta su vulnerabilidad ante un movimiento telúrico y en diversas ocasiones han propiciado su colapso.

La subsidencia del suelo origina hundimientos diferenciales e inclinaciones en las edificaciones y ello ocasiona fisuras en sus estructuras, así también esfuerzos adicionales no considerados en su cálculo original, lo cual incrementa el riesgo de las mismas.

¹⁸⁰ Sistema de Alerta Sísmica para la Ciudad de México. Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM.

<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num01/art03/int03.htm>.

¹⁸¹ Opinión vertida por el Doctor Eduardo Angulo Reinoso, investigador de Instituto de Ingeniería de la UNAM, en su conferencia impartida el 21 de noviembre de 2011 en la Torre de Ingeniería.

Cuando en el suelo aparecen simultáneamente agrietamientos y hundimientos diferenciales los daños en las estructuras llegan a causar su derrumbamiento, aun sin presentarse un sismo.

No existe documentación que relacione directamente la interacción de la amenaza sísmica e hídrica y en los conjuntos habitacionales de la Ciudad de México; sin embargo en la medida en que los efectos de la deshidratación del suelo se han acelerado es indispensable investigar y establecer los mecanismos para enfrentar dicha interacción en los conjuntos habitacionales ya construidos y los que habrá de erigirse en el futuro. Múltiples conjuntos habitacionales quedaron dañados por los sismos ocurridos antes y después de los de 1985; de tal manera que existen en nuestra capital un gran número de viviendas deterioradas estructuralmente.

De acuerdo a la Secretaria de Protección Civil capitalina: “Hay 800 colonias en zonas de riesgo sísmico”¹⁸²; y en 2009 se encontraban en alto grado de riesgo estructural 6,815 viviendas¹⁸³. Desalojar las colonias, demoler esas viviendas y reubicar a sus habitantes en sitios menos riesgosos, sería la solución idónea para proteger a sus moradores; sin embargo por las precarias condiciones económicas de nuestro país no es posible hacerlo; sólo en casos extremos se ha hecho.

2.6.1 Interacción de amenazas sísmica e hídrica

Como ya se ha señalado, en las delegaciones de la Ciudad de México: Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Tlalpan, Iztacalco, Benito Juárez, Iztapalapa, Coyoacán, Xochimilco y Tláhuac; interactúan las amenazas sísmica e hídrica y ello afecta de manera directa a todas las edificaciones ahí construidas y en particular a los conjuntos habitacionales de interés social.

La interacción de dichas amenazas se acrecientan en las “franjas críticas capitalinas”, identificadas en el primer capítulo de esta investigación, existentes en las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac; ahí los conjuntos habitacionales están más expuestos a colapsarse ante la presencia terremoto, ya que la intensidad sísmica

¹⁸² La Jornada. 29 05 2011

¹⁸³ Portal Ciudadano INVI, México. 2010.

es la máxima del Distrito Federal por ser zona geotécnica IIIb con un coeficiente $c=0.45$; y en dichas franjas la subsidencia del suelo llega a 36 centímetros al año.

2.6.2 Vulnerabilidad ante la interacción de las amenazas sísmica e hídrica

Los conjuntos habitacionales ubicados en las regiones donde se presenta la interacción de amenazas sísmica e hídrica resienten los efectos de dichas amenazas y muchos de ellos se encuentran desplomados y/o agrietados debido a los hundimientos y agrietamientos del suelo, originado esto por el abatimiento del nivel de las aguas freáticas. Dada la vulnerabilidad existente en dichos conjuntos son éstos susceptibles al colapso ante la presencia de un terremoto, pero son los conjuntos que se encuentran en las “franjas críticas capitalinas” los aun más vulnerables ante la manifestación de un fuerte sismo.

2.6.3 Prevención y mitigación de la interacción de riesgo sísmico e hídrico

La mitigación la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales existentes en la Ciudad de México es una tarea ineludible, ya que muchos de ellos no fueron edificados para enfrentar la dicha interacción de riesgos. En los nuevos conjuntos a construir la prevención será un factor determinante para la seguridad de los usuarios y la estabilidad de las edificaciones.

Como ya se ha señalado reiteradamente, un gran número de conjuntos habitacionales capitalinos se encuentran dañados a consecuencia de anteriores temblores y de la deshidratación del suelo. Particularmente los conjuntos construidos de acuerdo a reglamentos anteriores al de 1985, en los cuales los coeficientes sísmicos no contemplaban un terremoto de magnitud 8.1 de la escala de Richter, como el que en ese año se presentó. Así también aquellos conjuntos edificados en lugares donde la deshidratación del suelo ha provocado subsidencia y agrietamientos del suelo, ocasionado inclinaciones y fracturas en las edificaciones.

La mitigación ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico debe ser una prioridad, para autoridades y usuarios de los conjuntos habitacionales de interés

social, particularmente para aquellas unidades ubicadas en la zona geotécnica IIIb y en las regiones donde la subsidencia del suelo alcanza hasta 36 centímetros por año. Así también, será sumamente importante hacer una revisión estructural de los edificios, considerando las condicionantes sísmicas del reglamento vigente y los desplomos existentes, para en su caso, renivelarlos, recimentarlos y reestructurarlos y así evitar su colapso.

La renivelación y plomeo de los edificios podrá hacerse mediante la subescavación o utilizando los pilotes de control; las condiciones específicas de cada conjunto determinarán cuál de los dos sistemas es el más apropiado. Para la recimentación podrán usarse los pilotes o algún otro sistema que garantice un soporte adecuado a las edificaciones. La reestructuración de cada edificio dependerá del sistema constructivo-estructural utilizado en su erección y del tipo de daños que presenten.

La cultura de la prevención es una herramienta indispensable para prevenir la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos existentes. Deberá ser mediante el acatamiento de la Ley del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal¹⁸⁴, lo que permitirá reducir al mínimo la pérdida de vidas y aminorar los daños económicos ante la presencia de una amenaza. Esta ley establece obligaciones, tanto para las autoridades como para la población capitalina, para proteger la vida y el patrimonio de la ciudadanía ante cualquier tipo de amenazas que se presenten, y en particular ante los movimientos telúricos requiere la realización de simulacros y la implementación de la Alerta Sísmica, sistema creado para reducir la pérdida de vidas.

En dicha ley se crea el “Fondo de Atención al Desastre y Emergencias (FADE), instrumento operado por el Gobierno del Distrito Federal, activado mediante las declaratorias de emergencia y desastre, en los términos de esta ley y las Reglas de Operación para el otorgamiento de suministros de auxilio y asistencia por la ocurrencia de fenómenos perturbadores y la recuperación de los daños causados por los mismos instrumento para el otorgamiento de suministros

¹⁸⁴ Ley del Sistema de Protección Civil del Distrito Federal, emitida el 11 de mayo de 2011 por la V Legislatura de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal.

de auxilio y asistencia por la ocurrencia de fenómenos perturbadores y la recuperación de los daños causados por los mismos”¹⁸⁵.

Así también se establece en la citada ley el “Fondo de Prevención de Desastres” (FOPDE), instrumento financiero operado por Gobierno del Distrito Federal, a través de la reglamentación expedida, con la finalidad de realizar acciones programadas de carácter preventivo para mitigar los efectos causados por la posible ocurrencia de fenómenos perturbadores”¹⁸⁶.

¹⁸⁵ Idem.

¹⁸⁶ Idem.

Capítulo 3

Mitigación de la Interacción de Riesgos Hídrico y Sísmico en los Conjuntos Habitacionales de Interés Social existentes en la Ciudad de México.

La mitigación de la interacción de los riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de la Ciudad de México es una tarea imprescindible de realizar, ya que un gran número dichos conjuntos presentan daños que ponen en riesgo la integridad física y el patrimonio de sus usuarios.

El Distrito Federal poseía en el año 2010 un parque habitacional estimado en 2.2 millones de viviendas para sus 8,850,000 habitantes¹⁸⁷; y según su Secretaría de Desarrollo Social en ese mismo año la capital contaba con 2500 conjuntos habitacionales con más de 2.5 millones ocupantes¹⁸⁸; lo cual equivale al 28.2% de la población capitalina¹⁸⁹.

De acuerdo al Banco de Datos del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y la Investigación Urbana OCIM-SIG UAM-A: “en 1990 la población que habitaba conjuntos de interés social en la Ciudad de México era de 1 312 242, para el año 2000 ascendía a 1 456 301 habitantes y para 2005 era al menos de 1.8 millones de personas alojadas en 450 mil viviendas de interés social; de esas viviendas el 50.3% tenía más de 20 años de vida”¹⁹⁰.

Con base en dicha información y mediante una proyección estadística, se estima que en el año 2012 en el Distrito Federal contaba con 621 mil viviendas de

¹⁸⁷www.censo2010.org.mx/

¹⁸⁸El Universal. 29, 11, 2010.

¹⁸⁹Calculado con un promedio para el Distrito Federal de 4.03 personas por vivienda, de acuerdo a INEGI 2010.

¹⁹⁰ Villavicencio, Judith (Coordinadora). Conjuntos y Unidades Habitacionales en la Ciudad de México: en busca de espacios sociales y de integración barrial. UAM-A. México. 2006.

interés social de las cuales al menos 246 mil de esas viviendas, equivalente al 39.7%, del total que fueron construidas con reglamentaciones anteriores al de 1986 y otras 228 mil, el 36.18%, con los reglamentos de 1986 y 1993.

De tal manera que solo 150 mil viviendas de interés social, el 24.21% de las existentes, han sido edificadas cumpliendo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal emitido en 2004 y con sus Normas Técnicas Complementarias; el otro 75.89% o sea 471 mil viviendas que alojan a más de 1.9 millones de capitalinos no cumplen con el reglamento vigente y muchas de ellas están en grave riesgo de acuerdo a las autoridades capitalinas.

Lo más adecuado sería demoler las viviendas en riesgo y construir otras, sin embargo los recursos con que cuenta el país son insuficientes para hacerlo; por tal razón es indispensable pensar en estrategias que permitan utilizar de manera óptima los recursos existentes y priorizar la rehabilitación de los conjuntos habitacionales en riesgo, de tal manera que se minimice el desastre que pudiera presentarse en nuestra ciudad.

En el presente capítulo se propone una estrategia para evaluar comparativamente los conjuntos dañados y determinar el orden en el cuál deben de intervenir, esto en función del riesgo que representan. Los estudios específicos requeridos para la rehabilitación de cada uno de dichos conjuntos rebasan los alcances de esta investigación, ya que para ello se requiere una considerable inversión

3.1 Interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social existentes en la Ciudad de México

La vulnerabilidad estructural de las edificaciones de interés social edificadas con reglamentos de construcciones anteriores al de 2004 es crítica, ya que en su edificación se emplearon criterios estructurales y sísmicos cualitativa y cuantitativamente menos rigurosos a los establecidos en el reglamento vigente. Dicha vulnerabilidad también se ha acrecentado por la modificación de las características mecánicas del suelo, originadas éstas por la deshidratación del subsuelo capitalino.

Las viviendas las erigidas con reglamentos anteriores al vigente, en la Zona IIIb requieren urgentemente una revisión estructural y en su caso una rehabilitación para mitigar el riesgo al cual están expuestas, dado que la intensidad sísmica considerada en su diseño es inferior a la establecida por las más recientes investigaciones geotécnicas; y las edificadas en la región con una alta velocidad de subsidencia del suelo, sufren hundimientos diferenciales y agrietamientos. Como ya se expuso en el capítulo 1 de la presente investigación, el desastre es la manifestación del riesgo y los elementos que integran el riesgo son: amenaza, vulnerabilidad, prevención y mitigación; y la relación entre dichos elementos puede expresarse analíticamente de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = (\text{Amenaza} - \text{Prevención}) \times (\text{Vulnerabilidad} - \text{Mitigación}) \quad (1.3)$$

Las amenazas sísmica e hídrica que afrontan los conjuntos habitacionales existentes son por ahora inevitables y la previsión ante tal interacción de esas amenazas no se consideró en el diseño original de dichos conjuntos; por lo cual para evitar otro desastre, como el ocurrido en 1985, deberá implementarse la mitigación de la dicha interacción en los conjuntos ya erigidos, mediante los diversos procedimientos y mecanismos existentes, con lo cual se disminuirá la vulnerabilidad en esas edificaciones. La prevención ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social ya construidos será sólo para evitar la pérdida de vidas mediante la protección civil: Alerta Sísmica, simulacros y todas disposiciones emanadas de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal.

3.2 Procedimientos y mecanismos para la mitigación de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos de interés social existentes en la Ciudad de México.

La reducción de los efectos de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en las construcciones existentes debe ser mediante la mitigación de su vulnerabilidad, ya que como se ha señalado los sismos y la deshidratación del suelo, al menos por ahora son inevitables. Muchos de esos edificios fueron

erigidos en lugares donde la intensidad sísmica considerada en su diseño es inferior a la actual y donde la subsidencia y los agrietamientos del suelo no se manifestaban. Actualmente numerosas edificaciones presentan inclinaciones, emergimientos, subsidencia y hundimientos diferenciales, así también fracturas en sus cimentaciones y estructuras.

La mitigación del riesgo es entonces una tarea fundamental a realizar particularmente en los conjuntos habitacionales existentes en nuestra capital. Las acciones para mitigar la interacción de las amenazas hídrica y sísmica implican amplios estudios de caso, ya que cada edificación corresponde a un contexto determinado: edad, ubicación, reglamentación aplicada, número de niveles y sistema estructural empleado.

Las principales consecuencias de la deshidratación del suelo son la deformabilidad, la subsidencia y los agrietamientos del mismo, dichos efectos crean inestabilidad en las edificaciones por sus hundimientos diferenciales, inclinaciones y fracturas que les ocasionan. Para reducir la deformabilidad del suelo se puede utilizar la Inclusión Rígida y los pilotes de fricción. La subexcavación y los pilotes de fricción se usan para para eliminar las inclinaciones y desnivelaciones de los edificios; y para reducir los desplazamientos sísmicos en los edificios se tienen los mecanismos de amortiguamiento.

3.2.1 Subexcavación

Como señala el doctor Santoyo: “El término subexcavación fue acuñado para describir la primera etapa de los trabajos de Corrección Geométrica de la Catedral Metropolitana de la ciudad de México”¹⁹¹. Dichos trabajos fueron realizados bajo la dirección del Dr. Fernando López Carmona ¹⁹². La subexcavación: “Consiste en hacer descender de manera lenta y controlada las partes más altas en la base del edificio, mediante la extracción de suelo en los

¹⁹¹ Santoyo Villa, Enrique. Cimentaciones de Templos y conventos de los siglos XVI a XVIII. 25 casos de comportamiento problemático. Tesis Doctoral UNAM 2010.

¹⁹² López Carmona Fernando. Estudio de la condición actual de la Catedral Metropolitana. Las condiciones de estructura en función del problema del suelo. Tesis Doctoral. UNAM 1992.

estratos más compresibles debajo de ellas. En el caso de la Catedral el propósito no sólo fue eliminar parte de los hundimientos diferenciales, sino también producir movimientos que favorecieran su estabilidad estructural”¹⁹³.

“La subexcavación es por ahora la mejor alternativa para corregir las muchas estructuras de la ciudad de México apoyadas sobre suelos muy blandos que están inclinadas a causa de: el hundimiento regional, de la magnitud y excentricidad de cargas e incluso de las ondas sísmicas, amén de otros factores...”¹⁹⁴.

Dicha “técnica consiste en hacer un conjunto de pequeñas horadaciones o túneles paralelos, horizontales o con cierta inclinación. La forma de esos túneles es circular, de unos 10 cm de diámetro o rectangular de la misma altura y se ubican en el primer estrato de suelo blando que subyace al edificio. El pequeño hueco se colapsa por los esfuerzos que soporta la masa de suelo, lo cual induce un pequeño hundimiento correctivo en la superficie... Las perforaciones o ventanas se hacen paralelas con separación variable, en planos horizontales o inclinados, para inducir los asentamientos correctivos conforme a la geometría requerida; también se han realizado subexcavaciones radiales desde una lumbrera”¹⁹⁵.

La empresa que ha desarrollado más ampliamente en México las herramientas y los mecanismos para la hacer las horadaciones requeridas para la subexcavación es TGC Construcciones. Dichas perforaciones se pueden realizar manualmente y con rotor, hidrótopo o helicoides; así también pueden hacerse a presión hidroneumática. La descripción y forma de operación de los equipos antes señalados puede consultarse en el documento titulado: “Retos Geotécnicos en Edificios Ligeros”; referido al pie de página.

La subexcavación es utilizable para corregir los desplomes y los hundimientos diferenciales de los conjuntos de interés social existentes y reducir así su vulnerabilidad. Esta técnica será cada día más requerida por el aumento de

¹⁹³ Meli Piralla Roberto y Sánchez Ramírez Abraham. La rehabilitación de la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México. Revista Digital Universitaria. Vol. 2. No 2. México. Junio de 2001.

¹⁹⁴ Enrique Santoyo V. y Enrique Santoyo R. Op. Cit.

¹⁹⁵ Idem.

esos daños a causa de la deshidratación del subsuelo capitalino; una de las condiciones necesarias, aunque no determinantes, para su aplicación en este tipo de edificios es que éstos estén perimetralmente libres, para hacer zanjas exteriores y llegar a los estratos más compresibles; El costo aproximado de una subexcavación corresponde aproximadamente al 25% del valor del inmueble.

3.2.2 Pilotes de Control

Los pilotes de control, inventados por el ingeniero Manuel González Flores, sirven para cimentar o recimentar edificios en suelos tan heterogéneos y deformables como el de la Ciudad de México, además también mediante ellos se pueden eliminar hundimientos diferenciales y desplomos en edificaciones ya construidas.

“El pilote de control, es una modificación básica a los pilotes apoyados en estratos firmes, rígidamente unidos a la cimentación. La modificación consiste: que en lugar de que los pilotes estén rígidamente unidos a la cimentación, la atraviesen libremente y se ligen a ella mediante un mecanismo o marco de carga, que contiene un componente de material compresible entre este marco y la cabeza del pilote. A través del mecanismo se pueden controlar los movimientos verticales del edificio.

Teniendo en cuenta que los pilotes son fijos, el edificio puede bajar o subir con respecto a ellos y es posible hacer descender un edificio al reducir la carga que soportan los pilotes, o subirlo si se pone un gato hidráulico entre el puente y los pilotes”¹⁹⁶ y de esa manera ir adaptando al edificio a la subsidencia regional del suelo. Los pilotes de control también sirven de apoyo para levantar las partes hundidas de los edificios, eliminando así sus desnivelaciones y desplomos y son utilizables en los conjuntos de interés social ya construidos. Al renivelar las edificaciones y devolverles su verticalidad se reduce su vulnerabilidad y su riesgo de colapso.

¹⁹⁶ El pilote de control, un invento orgullosamente mexicano. -Arqhys www.arqhys.com/.../el-pilote-de-control-un-invent..

3.2.3 Mecanismos de amortiguamiento

Este sistema está basado en la idea de colocar en la estructura dispositivos destinados a aumentar la capacidad para perder energía de una estructura durante un terremoto. Toda estructura disipa o elimina la energía de un sismo mediante deformaciones. Al colocar un dispositivo de disipación de energía en una estructura, estos van a experimentar fuertes deformaciones con los movimientos de la estructura durante un sismo.



Fig. 3.1 Amortiguador neumático

Mediante esas fuertes deformaciones se incrementa notablemente la capacidad de disipar energía de la estructura con una reducción de las deformaciones de la estructura. Estos dispositivos se conocen como disipadores de energía o amortiguadores sísmicos y pueden ser de diversas formas y principios de operación. Los más conocidos son en base a un elemento viscoso que se deforma o con un elemento metálico que logra la fluencia fácilmente. En México el uso de estos dispositivos es aún limitado en los conjuntos habitacionales de interés social, debido sobre todo a la inexperiencia y escepticismo acerca de su efectividad.¹⁹⁷; así como a su alto costo y la dificultad de su utilización en edificios a base de muros de carga.

¹⁹⁷ Torres, Marco Aurelio. Sistemas de disipación pasiva de energía sísmica. Revista Construcción y Tecnología en Concreto. www.imcyc.com/revistacyt/en11/ingenieria.htm

3.3 Conjuntos habitacionales de interés social la Ciudad de México dañados o en riesgo.

En el presente trabajo se estudiarán los conjuntos de interés social del Distrito Federal afectados por la interacción de los riesgos hídrico y sísmico. La continua deshidratación de suelo, que origina la subsidencia y el agrietamiento del mismo, está y estará presente en tanto se siga sobreexplotando el manto acuífero capitalino; y hasta ahora es imposible impedir los movimientos telúricos, mismos que infligen esfuerzos a las estructuras de las edificaciones y en muchos casos las colapsan, sobretodo cuando el hundimiento y el agrietamiento del suelo las han inclinado y dañado previamente. Esto es, los efectos de ambas amenazas interactúan recíprocamente. La revisión de las condiciones en las que se encuentra cada una de las edificaciones llevará a una solución específica para mitigar su riesgo. Ello requiere la canalización de recursos económicos y tecnológicos susceptibles de ser utilizados, así también de la anuencia de los usuarios de los conjuntos para llevar a cabo dicha mitigación.

La posibilidad de rescatar a la edificación es una condición indispensable para proseguir con los proyectos de rehabilitación. Para evaluar esa posibilidad se requiere de un diagnóstico basado en una minuciosa inspección de los daños que presente el inmueble; misma que incluye la medición de inclinación, desniveles, subsidencia, hundimientos diferenciales, emergimientos, pandeos y aflechamientos; además del muestreo de materiales, estudio de Mecánica de Suelos y una detallada revisión del comportamiento de muros, columnas, trabes, losas y cimentación. Basado en dichos estudios un Director Responsable de Obra podrá hacer el diagnóstico y determinar si el inmueble es factible de rehabilitarse o requiere demolerse.

En caso de ser posible rescatar a la edificación será necesario realizar los proyectos de apuntalamiento, restitución de verticalidad, recimentación y reestructuración; y con base en esos proyectos se deberán llevar a cabo el análisis de los costos y de los recursos requeridos. A partir de dicho análisis y

mediante un estudio financiero podrá determinarse si la rehabilitación del inmueble es o no es factible económicamente. De no ser posible la rehabilitación física del edificio o de no ser ésta económicamente redituable será imprescindible su inmediata demolición, ya que éste representaría un enorme peligro para la ciudadanía, dado que en cualquier momento el edificio dañado puede precipitarse.

Dada la complejidad de la problemática de cada conjunto habitacional y la carencia de recursos económicos para realizar los estudios necesarios para un diagnóstico: estudio de mecánica de suelos, levantamientos arquitectónico y estructural, sondeos y muestreo de materiales, análisis estructural, proyectos de apuntalamiento, de restitución de verticalidad, de recimentación y de reestructuración, entre otros; los alcances de esta investigación se limitarán a determinar, mediante una evaluación comparativa, la prioridad y el orden en que deben rehabilitarse los conjuntos para mitigar la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.

Para iniciar la investigación de los conjuntos en riesgo se ha recurrido a diversas fuentes documentales básicamente periodísticas, dado que las instituciones involucradas en los diversos casos, difícilmente aceptan proporcionar información. De acuerdo con la Procuraduría Social del Gobierno del Distrito Federal (PROSOC, GDF), “En la Ciudad de México existen 2500 unidades habitacionales, mismas que alojan a más de 2.5 millones de capitalinos, de las cuales ocho de ellas están severamente dañadas: CTM Culhuacán en Coyoacán, El Rosario en Azcapotzalco, Vallejo Patera en Gustavo A. Madero, Villa Centroamericana en Tláhuac; Santa Cruz Meyehualco, Ejército de Oriente (Zona I y Peñón), José María Morelos y Popular Ermita Zaragoza en Iztapalapa”¹⁹⁸.

La Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal señala: “16 edificios del conjunto Concordia Zaragoza en Iztapalapa, están en *riesgo de desplomarse por haber sido construido sobre una grieta*”¹⁹⁹; además: “*la unidad habitacional Nueva Tenochtitlán fue evacuada en definitiva, por las autoridades de Tláhuac, por el alto riesgo que representa para sus habitantes*”²⁰⁰; así también los conjuntos

¹⁹⁸ El Universal. 29, 11, 2010

¹⁹⁹ La Jornada. 5,03, 2010

²⁰⁰ Portal Ciudadano de la delegación Tlhuac. Octubre 30 de 2009

Solidaridad y La Colmena están en riesgo por colindar con el sitio donde la intensidad sísmica y la subsidencia del suelo son los máximos del Distrito Federal.

De los doce conjuntos antes señalados siete se ubican en Iztapalapa: Santa Cruz Meyehualco, Ejército de Oriente (Zona I y Peñón), José María Morelos y Popular Ermita Zaragoza, Concordia Zaragoza, Solidaridad y La Colmena; dos en Tláhuac: Villa Centroamericana y Nueva Tenochtitlán; y uno en cada una de las delegaciones Coyoacán, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero: CTM Culhuacán, El Rosario y Vallejo Patera; respectivamente.

3.4. Evaluación comparativa de la Interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México severamente dañados o en riesgo de colapsarse.

La Evaluación Comparativa de la interacción de riesgos sísmico e hídrico entre los conjuntos habitacionales de interés social, que de acuerdo a las autoridades capitalinas están severamente dañados o en riesgo de colapsarse, consta de dos etapas: Evaluación Primaria y Evaluación Complementaria; y se efectuará mediante una investigación que consta de un reconocimiento preliminar, un estudio documental y una inspección estructural.

El reconocimiento preliminar consistirá en un recorrido de campo por cada uno de los conjuntos, mismo que permitirá localizarlos, delimitarlos y registrar su número máximo de niveles. Mediante la investigación documental se sabrá su fecha de edificación y si han tenido o no desplomos, hundimientos, fisuras o problemas de habitabilidad. La inspección estructural consistirá en registrar los sistemas estructurales empleados, medir los desplomos máximos de las edificaciones a consecuencia de los hundimientos diferenciales y registrar las fisuras existentes. Los resultados de dichos estudios se presentan en el anexo 3.1 de este trabajo. La Evaluación Primaria consistirá en valorar la interacción de las amenazas sísmica e hídrica en cada uno de los conjuntos.

Mediante la inspección preliminar y la investigación documental se delimitarán los conjuntos en estudio y se ubicarán en los mapas de velocidad anual de subsidencia y de zonificación sísmica del Distrito Federal. Así también se

las asignará un valor a cada una de las zonas sísmicas y a las regiones de subsidencia; sumando dichos valores se determinará la magnitud del riesgo de cada conjunto ante la interacción de dichas amenazas.

La Evaluación Complementaria se hará en el edificio del conjunto que se encuentre en las condiciones de vulnerabilidad estructural más críticas y consistirá en valorar la interacción de vulnerabilidades ante las amenazas sísmica e hídrica, mismas que repercuten en su vulnerabilidad estructural. A partir del reconocimiento preliminar, del estudio documental y de la inspección estructural se registrarán los aspectos más significativos de dicha vulnerabilidad: edad, fisuras, desplomos, materiales estructurales y habitabilidad; asignándole valores a estos indicadores y sumándolos se determinará la vulnerabilidad estructural de cada conjunto.

La Evaluación Comparativa de la interacción de riesgo sísmico e hídrico se obtendrá con el producto de los valores obtenidos para la interacción de amenazas en los conjuntos por la interacción de la vulnerabilidad del edificio en condiciones estructurales más críticas. Lo anteriormente expuesto se puede expresar analíticamente a partir de las ecuaciones del riesgo y de la interacción de riesgos propuestas en el capítulo 1 de este estudio:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \quad (1.1)$$

La interacción de riesgos sísmico e hídrico se expresa:

$$\text{IRSH} = \text{IASH} \times \text{IVSH} \quad (3.1)$$

Donde **IRSH** es la interacción de los riesgos sísmico e hídrico, **IASH** representa la interacción de amenazas sísmica e hídrica e **IVSH** es la interacción de la vulnerabilidad de los conjuntos ante dichas amenazas. Las interacciones de las amenazas (**IASH**) y la interacción de vulnerabilidades (**IVSH**) se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\text{IASH} = \sum (\text{Amenaza Sísmica} + \text{Amenaza Hídrica}) \quad (3.2)$$

$$\text{IVSH} = \sum (\text{Vulnerabilidades Sísmica} + \text{Vulnerabilidad Hídrica}) \quad (3.3)$$

Pero como se ha señalado la interacción de las vulnerabilidades corresponde en este estudio con la vulnerabilidad estructural, por lo tanto tendremos:

$$\Sigma (\text{Vulnerabilidades Sísmica} + \text{Vulnerabilidad Hídrica}) = \text{Ve} \quad (3.4)$$

Donde (**Ve**) es la Vulnerabilidad Estructural. A partir de lo cual la ecuación (3.1) queda:

$$\text{IRSH} = \text{IASH} \times \text{Ve} \quad (3.5)$$

3.4.1 Evaluación Primaria.

En la Evaluación Primaria solo se considerará la interacción de amenazas sísmica e hídrica, utilizando como indicadores los coeficientes sísmicos y velocidades de subsidencia del sitio donde se ubican los conjuntos. Mediante el reconocimiento preliminar se ha obtenido la localización geográfica y delimitación de cada uno de los conjuntos a estudiar, así como su número de niveles y sus sistemas de estructuración y cimentación. La información recopilada ha quedado registrada en el Apéndice A de esta investigación.

La localización en el Distrito Federal de cada uno de los doce conjuntos se presenta en la figura 3.2. Todos ellos están ubicados en las delegaciones donde se presenta la interacción de riesgos hídrico y sísmico: Iztapalapa, Tláhuac, Villa Gustavo A. Madero, Atcapozalco y Coyoacán.

En la presente investigación se descartarán los conjuntos que de acuerdo al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal²⁰¹ son de riesgo simple por tener cuatro niveles o menos: La Colmena, Solidaridad, Ejército de Oriente (Zona I y Peñón), Santa Cruz Meyehualco, Popular Ermita Zaragoza y Villa Centroamericana; por lo que en esta evaluación sólo se consideraran los conjuntos alto riesgo sísmico: José María Morelos y Concordia Zaragoza en

²⁰¹ Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

Iztapalapa, Nueva Tenochtitlán en Tláhuac, CTM Culhuacán en Coyoacán, El Rosario en Atzacapotzalco y Vallejo Patera en Gustavo A. Madero.

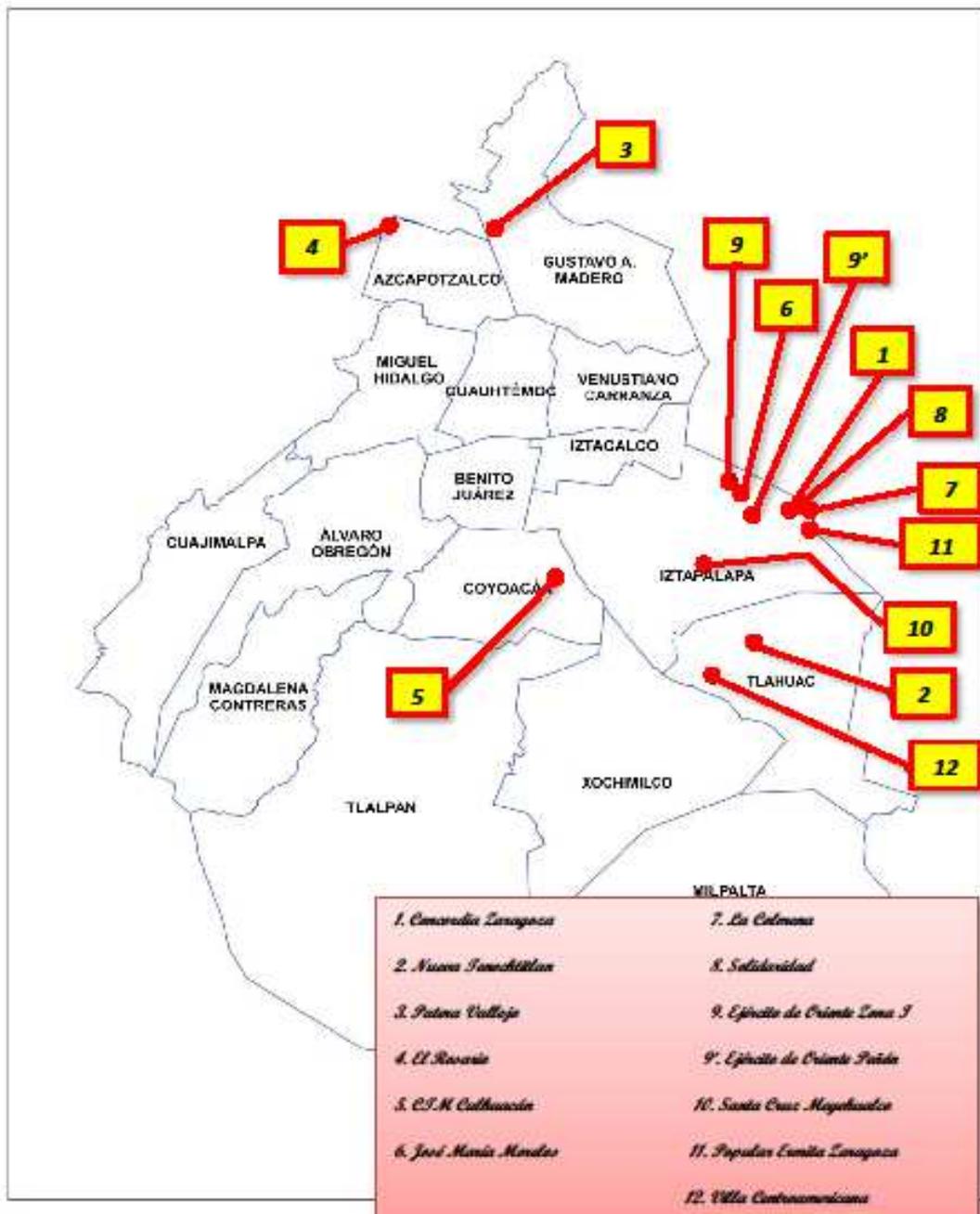


Fig. 3.2 Localización de conjuntos en mapa del DF

La Evaluación Primaria se hará tomando como referencias la intensidad sísmica y la velocidad de subsidencia anual del suelo; para ello los seis conjuntos en estudio se ubicaron en los mapas del Distrito Federal: "Zonificación para fines

de diseño sísmico de estructuras”²⁰² y “Configuración de los Hundimientos”²⁰³; figuras 3.3 y 3.4, respectivamente; ambos documentos presentados en el primer capítulo de esta investigación.

Dado que la evaluación de la interacción de riesgos es cualitativa, se proponen para las zonas sísmicas: I, IIId, II, IIIa-IIIc, y IIIb; que se nominaran de mínima, baja, media, alta y máxima intensidad sísmica y a sus coeficientes sísmicos: 0.16, 0.30, 0.32, 0.40 y 0.45; los valores: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5, respectivamente; y también se proponen dichos indicadores para las regiones designadas de mínima, baja, media, alta y máxima velocidad de subsidencia con: 0 a 12, 12 a 20, 20 a 28, 28 a 36 y 36 a 40 centímetros por año; respectivamente. A cada uno de los conjuntos señalados se le asignará el valor del indicador que les corresponda de acuerdo a su ubicación en los dos mapas antes referidos.

Con respecto a la intensidad sísmica al conjunto José María Morelos por estar en la zona I le corresponde el indicador 0.1; El Rosario, Patera Vallejo y Nueva Tenochtitlán que están en zona II su indicador es 0.3; el CTM Culhuacán ubicado en zona IIIa tendrá como indicador 0.4; y Concordia Zaragoza por estar en la zona IIIb su indicador será 0.5.

Con respecto a la velocidad anual de hundimiento del suelo, los conjuntos El Rosario, Patera Vallejo, José María Morelos, CTM Culhuacán y Nueva Tenochtitlán por estar en una región con mínima subsidencia entre 0 y 12 cm/año les corresponde un indicador de 0.1, el indicador del Concordia Zaragoza será de 0.3 por tener un hundimiento entre 20 y 28 cm/año.

Esos dos indicadores obtenidos en cada conjunto se sumarán para obtener finalmente un solo valor, mismo que señalará cual o cuales conjuntos desde el punto de vista de la interacción de las amenazas sísmica e hídrica tiene el mayor riesgo.

²⁰² Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

²⁰³ Publicado por P. Pineda y T. Peláez en el artículo: “Procedimientos de medición del hundimiento en la ciudad de México”. Ingeniería geotécnica en zonas urbanas afectadas por hundimiento regional. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2009.

Los resultados de esa suma estarán entre 0.2 para aquellos conjuntos cuya interacción de riesgos sea mínima y 1.0 para los cuales dicha interacción sea máxima.

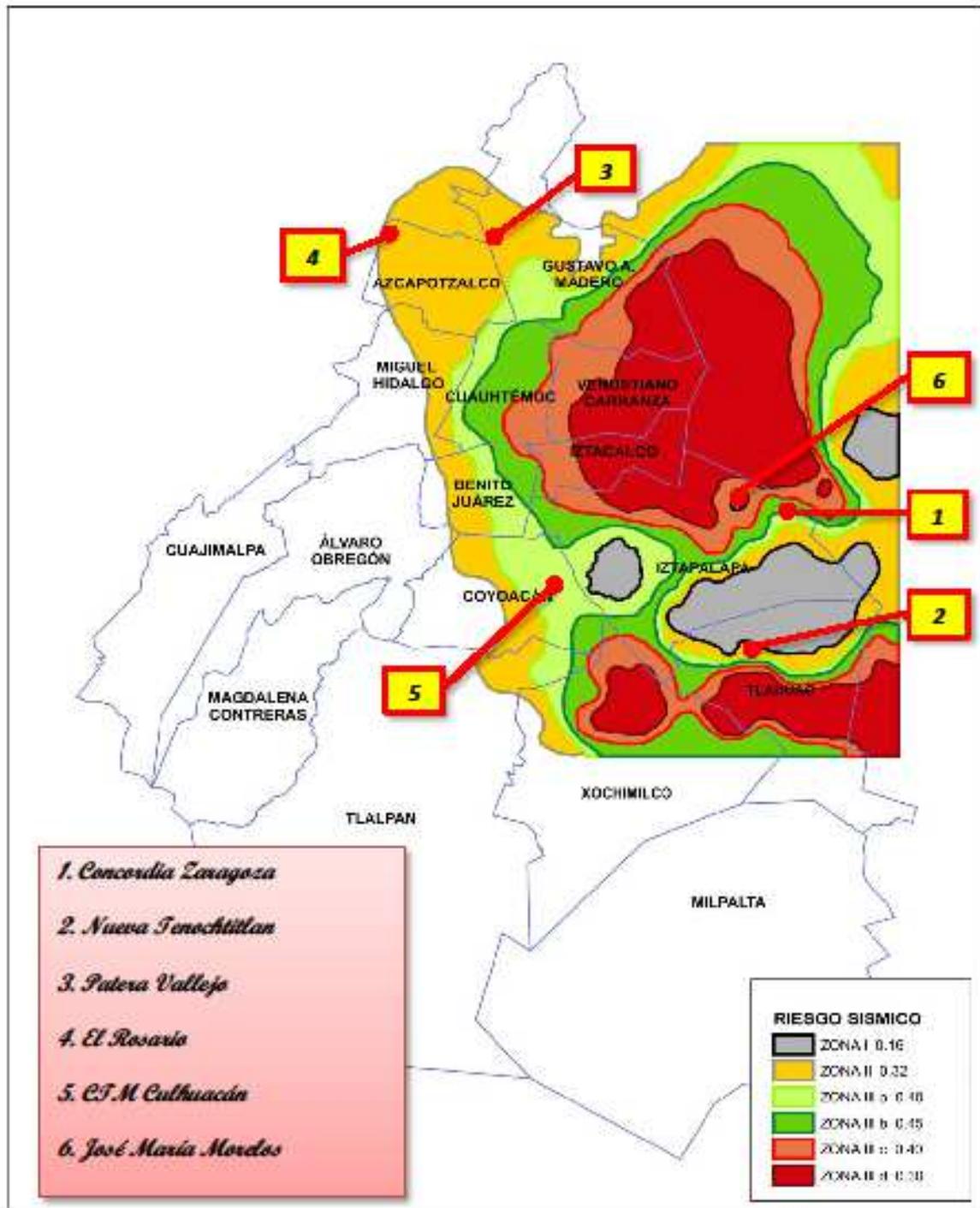


Fig. 3.3 Localización de conjuntos en zonas sísmicas

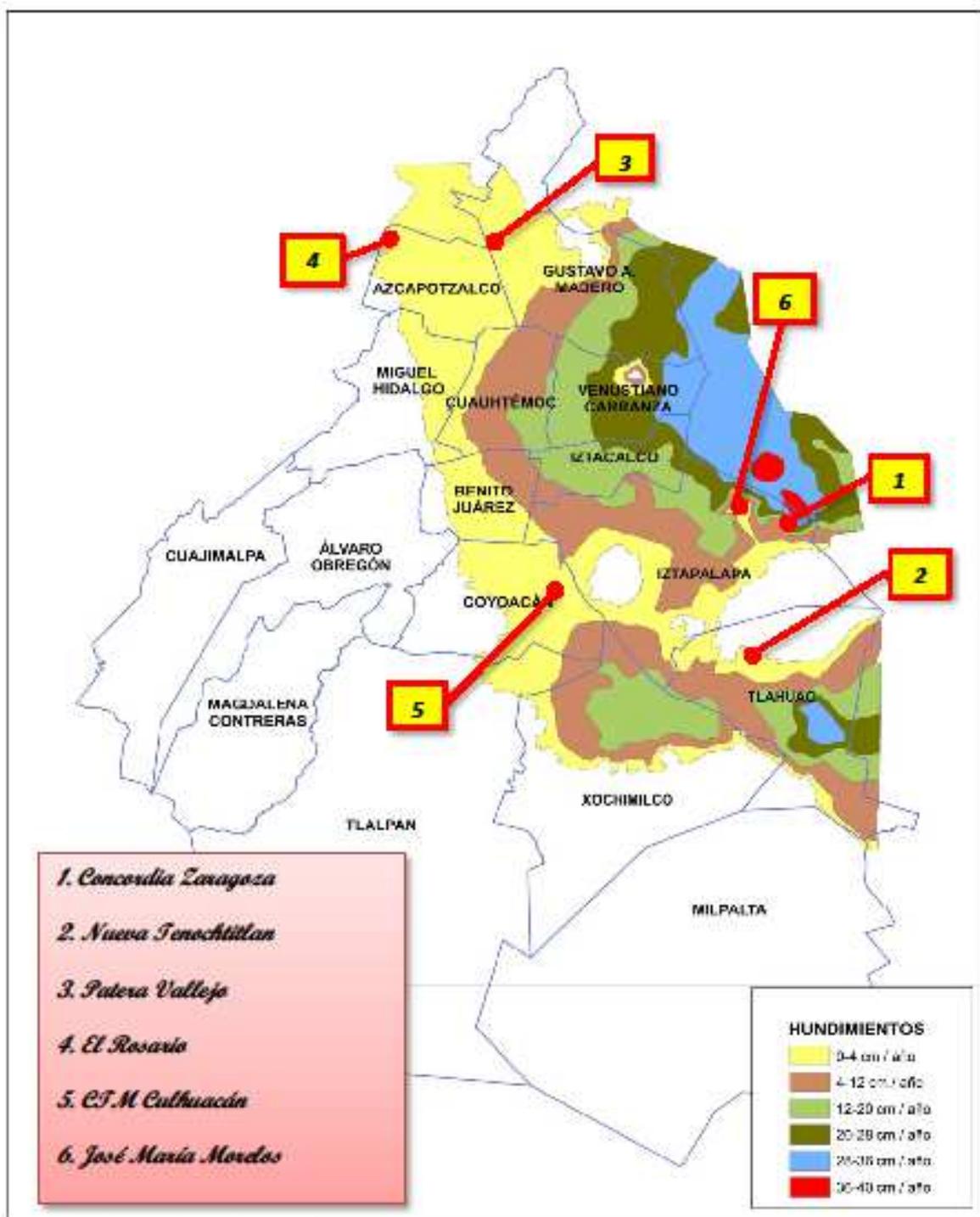


Fig. 3.4 Localización de conjuntos en regiones de subsidencia

En la Tabla A.13 del Apéndice “A”; “Cuadro de Interacción de Amenazas”, se muestran los resultados obtenidos en la Evaluación Primaria.

Como se puede ahí apreciar el conjunto Concordia Zaragoza manifiesta el mayor riesgo ante la interacción de las amenazas sísmica e hídrica, con una evaluación primaria: **IASH = 0.8**, le prosiguen los conjuntos CTM Culhuacán con **IASH = 0.5**; El Rosario, Nueva Tenochtitlán y Vallejo Patera con **IASH = 0.4** y José María Morelos con **IASH = 0.2**.

Cabe señalar que de acuerdo a los criterios de esta evaluación primaria, las edificaciones ubicadas en el “sitio de interacción máxima” tendrían una evaluación **IASH = 1.0** y los conjuntos Solidaridad y La Colmena tienen: **IASH = 0.9**; por estar ubicados ambos en una de las “frangas críticas capitalinas”.

3.4.2 Evaluación Complementaria.

La interacción de vulnerabilidades de los conjuntos habitacionales ante las amenazas sísmica e hídrica se manifiesta fundamentalmente en la vulnerabilidad estructural de los mismos.

La deshidratación del suelo y los sismos ocurridos durante la vida de los edificios han ocasionado en su estructura agrietamientos, hundimientos diferenciales, desplomos y en algunos casos inhabilitación.

Los indicadores principales de la vulnerabilidad estructural serán los estados límites de falla y de servicio establecidos en las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones (NTCCADEE)²⁰⁴ del reglamento en vigor.

De acuerdo al reconocimiento preliminar los conjuntos a evaluar: Concordia Zaragoza, CTM Culhuacán, Nueva Tenochtitlán, Patera Vallejo y El Rosario; tienen cinco niveles y están cimentados mediante un cajón de compensación, debido básicamente a que todos ellos se encuentran en zona geotécnica lacustre o transición y el conjunto José María Morelos por estar en la zona I debe tener una cimentación superficial.

²⁰⁴ Gaceta Oficial del Distrito Federal, t. II. Núm. 103-bis. México, D. F. 6 de octubre de 2004.

3.4.2.1 Indicadores de la vulnerabilidad estructural.

En el anterior capítulo se definió la vulnerabilidad estructural como: "la probabilidad de falla de una estructura bajo diferentes niveles de movimiento del terreno"²⁰⁵; y ésta depende básicamente de su sistema de estructuración, tipo de cimentación, edad y número de niveles de la edificación; dicha vulnerabilidad se denota básicamente en el agrietamiento, hundimiento diferencial y desplomo del edificio; y todo ello repercute en la habitabilidad del inmueble. El hundimiento diferencial del suelo se refleja básicamente en el desplomo de la edificación.

Como ya se mencionó, el número de niveles y el sistema estructural es similar en los conjuntos estudiados, razón por la cual dichos aspectos no se consideraran en esta evaluación comparativa; aunque sí se tomará en cuenta el tipo de materiales utilizados en los muros de carga; por lo cual los determinantes fundamentales de la vulnerabilidad estructural a considerar en esta investigación serán: edad, desplomo, agrietamientos, materiales en muros de carga y habitabilidad.

A cada uno de los cinco indicadores antes establecidos se les fijará un valor entre 0.0 y 0.20, para después mediante la suma de todos ellos, cuyo resultado estará entre 0.0 y 1.0, se podrá saber cual de los conjuntos tiene mayor vulnerabilidad estructural ante la interacción las amenazas hídrica y sísmica.

Con los resultados obtenidos en la investigación documental y la inspección estructural se calificarán esos cinco aspectos que se utilizaran como indicadores de la vulnerabilidad estructural, ya que, como se ha señalado, son estos aspectos los más significativos de la interacción de vulnerabilidades sísmica e hídrica en los conjuntos a estudiar.

- **Edad.** La vida del inmueble es un indicador muy importante para conocer el desgaste que ha tenido una edificación y las condicionantes originales de su diseño, ya que nos señala el reglamento de construcciones empleado en el proyecto y los sismos que ha soportado. Entre menos edad tenga el edificio menor será su vulnerabilidad.

²⁰⁵ Idem.

Los conjuntos con menos de ocho años de existencia fueron erigidos con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal actual y se les asigna un valor de 0.00; Concordia Zaragoza, Nueva Tenochtitlán y José María Morelos con una edad entre 9 y 19 años fueron edificados con el reglamento de 1993 y les corresponde un valor de 0.07; los que tienen entre 20 y 32 años fueron construidos de acuerdo al reglamento de 1986 y su valor será de 0.14; y los de más de 32 años proyectados con reglamentos anteriores al de 1986 su valor será de 0.20: Patera Vallejo, CTM Culhuacán, Vallejo y El Rosario.

- **Desplomo.** La inclinación de la edificación corresponde con los hundimientos diferenciales que ésta ha tenido debido a alguna excentricidad o a un hundimiento diferencial del suelo. El desplomo origina esfuerzos adicionales en la estructura de un edificio y a mayor desplomo también es más grande su vulnerabilidad.

Los edificios cuya inclinación sea nula su indicador será de 0.00; aquellos cuya inclinación sea menor al 1%, con respecto a su altura: José María Morelos; su indicador será de 0.07; para aquellos con desplomo entre 1% y 2%: El Rosario y Concordia Zaragoza y CTM Culhuacán; su indicador será de 0.14 y para conjuntos con desplomos mayores al 2%: Nueva Tenochtitlán y Patera Vallejo; el valor del indicador será de 0.20.

- **Agrietamientos.** Las fisuras que aparecen en un edificio le deterioran estructuralmente. Las grietas horizontales y verticales corresponden con los asentamientos uniformes del suelo y son poco significativas estructuralmente, las fisuras inclinadas señalan mayor vulnerabilidad y han sido ocasionadas por los sismos o por los hundimientos diferenciales del inmueble; y los agrietamientos diagonales más severos implican daños más significativos en la estructura del inmueble.

Los edificios cuyos muros no presenten agrietamientos se les considerará un valor de 0.00; aquellos que tengan grietas horizontales y/o verticales como el José María Morelos su valor será de 0.07, en los que haya fisuras inclinadas: CTM

Culhuacán, Concordia Zaragoza, Patera Vallejo y El Rosario su indicador será de 0.14; y al Nueva Tenochtitlán le corresponde 0.20 por tener grietas diagonales.

- **Material en muros de carga.** Los muros de tabique recocido tienen una mayor capacidad para soportar los efectos sísmicos, hundimientos y desplomes de los inmuebles; en esa capacidad le prosiguen los muros los de block hueco vidriado, los de block hueco de cemento-arena y los prefabricados de concreto.

Los muros de carga de de tabique recocido común como los de la unidad CTM Culhuacán por ser de un material estructuralmente menos vulnerable se les asigna un valor de 0.00; los de tabique hueco vidriado: Concordia Zaragoza y Patera Vallejo; su indicador será de 0.07; los de block hueco de cemento-arena como los de José María Morelos y Nueva Tenochtitlán será de 0.14 y los muros prefabricados de concreto como los de El Rosario: 0.20.

- **Habitabilidad.** Todos los anteriores aspectos repercuten en la habitabilidad del edificio. Sí el conjunto ha sido desalojado ocasional, parcial o totalmente a causa de daños estructurales, su vulnerabilidad ira de menor a mayor.

Para este indicador hay cuatro posibles opciones; la primera que tendrá el valor 0.0 será para cuando los conjuntos siempre haya estado en condiciones normales de uso: José María Morelos; la segunda con valor 0.07 será para cuando haya habido un desalojo ocasional para reparaciones; CTM Culhuacán, El Rosario y Concordia Zaragoza; la tercera opción con valor 0.14 será para cuando el desalojo del conjunto haya sido parcial como Patera Vallejo; y la cuarta con valor de 0.20 para cuando el conjunto sean totalmente inhabitables como Nueva Tenochtitlán.

En la Tabla A.14 del Apéndice “A”; “Cuadro de Vulnerabilidad Estructural”, pueden apreciarse los resultados obtenidos en la Evaluación Complementaria, al sumar los indicadores propuestos. El conjunto Nueva Tenochtitlán es el más vulnerables desde el punto de vista estructural ante la interacción de amenazas hídrica y sísmica, ya que obtuvo la evaluación más alta: **$IVSH = Ve = 0.81$** ; le siguen Patera Vallejo y El Rosario con **$Ve = 0.75$** ; CTM Culhuacán con **$Ve = 0.55$** ; Concordia Zaragoza con **$Ve = 0.49$** , y José María Morelos con **$Ve = 0.35$** .

3.4.3 Evaluación Comparativa

La evaluación comparativa de la interacción de riesgos hídrico y sísmico se obtendrá a partir de los resultados de la evaluación preliminar y secundaria, utilizando la expresión:

$$\text{IRSH} = \text{IASH} \times \text{Ve} \quad (3.6)$$

De tal manera que el conjunto con mayor riesgo relativo es Concordia Zaragoza con **IRSH = 0.392**, le prosiguen Nueva Tenochtitlán con **IRSH = 0.324**; El Rosario y Patera Vallejo con **IRSH = 0.300**; CTM Culhuacán con **IRSH = 0.275** y José María Morelos con **IRSH = 0.070**. Los resultados obtenidos en la Evaluación Comparativa aparecen en la Tabla A.15 del Apéndice "A".

3.5 Mitigación de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social de la Ciudad de México severamente dañados o en riesgo.

La evaluación comparativa antes efectuada servirá únicamente para determinar la prioridad en que debiera llevarse a cabo la mitigación de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos estudiados. La mitigación requiere inicialmente de un minucioso estudio, mismo que permitirá hacer un diagnóstico para determinar si son estructural y económicamente rescatables los conjuntos. En caso de no ser rescatables, convendrá demolerlos de inmediato para evitar un desastre.

De acuerdo a la evaluación comparativa efectuada el conjunto Concordia Zaragoza es el que tienen el mayor riesgo relativo ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico, le siguen Nueva Tenochtitlán, El Rosario, Patera Vallejo, CTM Culhuacán y José María Morelos.

Sí de acuerdo al diagnóstico es factible su rehabilitación estructural, deberán desarrollarse los proyectos de apuntalamiento, renivelación, recimentación y reestructuración correspondientes; para ello se requiere, como ya se ha señalado, muestreo de materiales, análisis estructurales con las nuevos

consideraciones sísmicas, estudios de Mecánica de Suelos y una minuciosa inspección estructural; a partir de lo cual se hará un estudio de factibilidad económica para determinar si el rescate de los edificios del conjunto es o no factible financieramente.

A continuación se describen las condiciones en que se encuentran cada uno de los conjuntos estudiados iniciando por el Concordia Zaragoza ya que le corresponde el mayor riesgo relativo ante la interacción de las amenazas sísmica e hídrica de acuerdo a la Evaluación Comparativa y siguiendo en el orden descendiente de riesgo relativo: Nueva Tenochtitlán, El Rosario, Vallejo Patera, CTM Culhuacán y José María Morelos.

3.5.1 Concordia Zaragoza

La unidad habitacional Concordia Zaragoza se localiza en avenida Ignacio Zaragoza 2980 en la delegación de Iztapalapa, está conformada por 11 edificios principales de 16 departamentos por planta, 11 edificios conocidos como anexos, de ocho departamentos por nivel y 5 edificios que contienen cuatro departamentos por planta; en total existen mil 420 departamentos en el conjunto habitacional. Todos los edificios del conjunto son de cinco niveles y están estructurados a base de muros de carga de tabique hueco vidriado y cimentados mediante un cajón de compensación.

De acuerdo con los informes de Protección Civil: “16 de ellos están en riesgo de desplomarse, porque fueron edificados sobre una grieta de 68 metros de largo, 13.8 de ancho y una profundidad de 2.50 metros, que cruza la Unidad Habitacional Ermita Zaragoza, el conjunto Concordia Zaragoza y la plaza comercial El Salado”²⁰⁶.

El conjunto Concordia Zaragoza fue parcialmente desalojado, por precaución, a la aparición de dicha grieta en el suelo”²⁰⁷. La grieta paralela a la calzada Ignacio Zaragoza, aparecida en 2008, fue sellada por las autoridades

²⁰⁶ Aparece nueva grieta en Iztapalapa; cruza dos colonias y una plaza ...www.jornada.unam.mx › ... › Capital – 17 jun 2008.

²⁰⁷ Milenio en Línea. Nivelaran 17 edificios en unidad habitacional. México. Octubre 1º. de 2009.

delegacionales y no fracturó a ninguno de los edificios del conjunto ya que atraviesa por áreas libres.

El conjunto fue edificado en un sitio donde la subsidencia y los agrietamientos del suelo no eran significativos en la época de su erección; sin embargo “doce años después de que fueron construidos, los 74 edificios de la Unidad Habitacional Concordia Zaragoza, donde habitan mil 420 familias, están fracturados, con inclinaciones que llegan a los 48 centímetros”²⁰⁸. Dicha información periodística es imprecisa aunque significativa, ya que los desplomos fueron sólo apreciaciones visuales, de acuerdo a testimonios de los vecinos. Lo anteriormente expresado muestra que la acelerada extracción ácuea del subsuelo ha originado la modificación de las condiciones originales del subsuelo propiciando la aparición de grietas en el suelo, así como hundimientos diferenciales y desplomos en los edificios.



Fig.3.5 Desplome y agrietamientos en el conjunto La Concordia Zaragoza

Dicho conjunto financiado por el INFONAVIT “comenzó a ser ocupado a principios del año de 1998 y no es sino hasta el año 2001 que se empezaron a presentar problemas de inclinaciones y hundimientos en áreas comunes así como

²⁰⁸ Presentan daños estructurales los 74 edificios de la unidad La ...
ciudadanosenred.com.mx/.../presentan-daños-estru. 5 de marzo 2010

en los edificios C, D, E, F, G y H, los cuales se han visto afectados en diversos grados, algunos muestran hundimientos de hasta 70 centímetros que se traducen en inclinaciones de casi 34 centímetros, situación que pone en grave riesgo la integridad de un gran número de familias que ahí habitan”²⁰⁹. El desplomo señalado corresponde al 2.72 % con respecto a la altura de los edificios y rebasó las condiciones de servicio reglamentarias, además representó un grave riesgo en caso de haberse presentado un fuerte sismo.

Este conjunto habitacional fue construido con base en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993; corresponde al subgrupo B1 y localizado originalmente en la Zona geotécnica III, por lo que debió ser proyectado con el coeficiente sísmico: $c = 0.40$; inferior al establecido en el reglamento en vigor, que es: $c = 0.45$, por estar actualmente en zona IIIb. El conjunto es de alto riesgo sísmico ya que tiene más de cuatro niveles.

En la inspección llevada a cabo el pasado 20 de noviembre se observaron, en algunos de los edificios de dicho conjunto, desplomos menores del 2% y minúsculas fisuras inclinadas; la rigidez del sistema estructural de los edificios ha evitado la deformación de éstos. También se advirtió que diversos departamentos de planta baja los edificios C, D, E, F, G y H están desocupados debido a que se están haciendo trabajos para su renivelación.

Dichos trabajos fueron iniciados en 2008, por la empresa Pilotes de Control, S. A. de C. V.²¹⁰, y aunque no han sido continuos a la fecha han logrado enderezar la mayoría de los edificios del conjunto. Así también se denota que al plomearse los edificios, las fisuras que tenían los muros se minimizaron y desaparecieron o fueron resanadas.

Las acciones para reducir la vulnerabilidad estructural del conjunto Concordia Zaragoza llevadas a cabo, ponen de manifiesto que se han efectuado los estudios necesarios para la rehabilitación del conjunto, así como los proyectos de renivelación y reestructuración; y que ello ha sido factible económicamente. Sin

²⁰⁹ Asamblea Legislativa del Distrito Federal. www.aldf.gob.mx/archivo-ff81c3859f68120b7b... Dic 2 de 2010.

²¹⁰ Asamblea Legislativa del Distrito Federal www.aldf.gob.mx/archivo-1ff81c3859f68120b7b... Dic 2 de 2010.

embargo de continuar la deshidratación del subsuelo podrán volver a presentarse nuevos desplomos y para corregirlos se deberán utilizar los pilotes de control instalados o en proceso de colocación; así también podrán aparecer nuevas grietas en el suelo las cuales habrá que volver a resanar.

3.5.2 Nueva Tenochtitlán.

Como ya se ha señalado el conjunto habitacional Nueva Tenochtitlán ubicado en avenida Tláhuac 6783, colonia Las Puertas de San Francisco Tlaltenco: “fue desalojado por las autoridades de la delegación Tláhuac, el 27 de octubre de 2009, con base en una determinación de “evacuación definitiva” emitida por la Secretaría de Protección Civil del Gobierno del Distrito Federal”²¹¹; y a la fecha está prohibida la entrada al mismo, por esta razón no se pudo acceder a dicho conjunto para realizar la inspección.

El conjunto Nueva Tenochtitlán, inaugurado en 1996 contiene 180 departamentos y esta conformado por edificios de cinco niveles, estructurados mediante muros de carga de block, se desconoce el sistema de cimentación empleado.

Este conjunto se encuentra en una región de la delegación Tláhuac donde la subsidencia anual llega a los 12 centímetros, sus desplomos rebasan el 2% y tiene grietas inclinadas bastante notorias; fue proyectado de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y debió ser diseñado con un coeficiente sísmico correspondiente a la zona geotécnica II: $c = 0.32$ y es un inmueble en alto riesgo sísmico de acuerdo a la Ley de Protección Civil del Distrito Federal, por tener más de cuatro niveles y su “colapso representa un número elevado de pérdidas humanas”²¹².

Se desconocen las causas de los graves daños que presenta el conjunto, aunque seguramente corresponden con un deplorable diseño estructural y de cimentación. Para rehabilitar el conjunto Nueva Tenochtitlán se requiere

²¹¹ www.jornada.unam.mx/2009/10/28/capital/035n1cap

²¹² Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.

inicialmente de un diagnóstico para determinar si es o no rescatable y después continuar con los proyectos de rehabilitación estructural y con los estudios de factibilidad económica. Ello implica la realización de minuciosos estudios in situ; sin embargo como se ha señalado éstos no pueden llevarse a cabo debido a que el acceso a dicho inmueble está prohibido, ya que de acuerdo a las autoridades delegacionales éste “puede en precipitarse en cualquier momento”²¹³.



Fig. 3.6 Desalojo del conjunto Nueva Tenochtitlán

A partir de las condiciones existentes sólo puede concluirse que el conjunto habitacional Nueva Tenochtitlán debe demolerse inmediatamente, ya que representa un grave riesgo para la población ciudadana.

3.5.3 Patera Vallejo

El conjunto Patera Vallejo fue financiado por el FOVISSSTE e inaugurado en 1975, se edificó con base en el reglamento de 1966 en la zona geotécnica II de la delegación Gustavo A. Madero en una región con subsidencia del suelo menor a 12 cm/año; cuenta con 78 edificios de cinco niveles que contienen veinte viviendas cada uno de aproximadamente 75 m².

²¹³ www.jornada.unam.mx/2009/10/28/capital/035n1cap

En general todas las edificaciones del conjunto se aprecian estables, aunque con escaso mantenimiento. Son específicamente los edificios 111 y 112, ubicados en la Av. Miguel Othón de Mendizábal, los que presentan desplomos mayores al 3% con respecto a su altura y fisuras en sus muros de carga de tabique hueco vidriado. La Secretaria de Protección Civil del gobierno capitalino catalogó a estos edificios de alto riesgo por la inclinación que presentan y consideró inviable la rehabilitación de los mismos.



Fig. 3.7 Desplome de edificios del conjunto Patera Vallejo

La inclinación de estos edificios es hacia su costado oriente y no se aprecian excentricidades en su forma arquitectónica, por lo que puede considerarse como causa de dichos desplomos un hundimiento diferencial del suelo. Parece factible el enderezado de dichos edificios mediante la subescavación; sin embargo, de acuerdo a sus condóminos, a la fecha no se ha hecho ningún estudio de mecánica de suelos.

Los dos edificios han sido desalojados en definitiva por las autoridades, aunque algunos usuarios no aceptaron la restitución económica ofrecida por el

FOVISSSTE y continúan habitándolos, accediendo a ellos a través de otros, ya que las entradas principales de dichos edificios están clausuradas.

Dadas esas circunstancias se requiere la inmediata demolición de los edificios 111 y 112 del conjunto Patera Vallejo, ya que representan en grave riesgo ante la eventualidad de un fuerte sismo, tanto para las familias que aun los habitan como para toda la comunidad. Así también es indispensable revisar detalladamente cada uno de los demás edificios y en su caso rehabilitarlos para evitar un desastre, durante un movimiento telúrico.

3.5.4 El Rosario

El conjunto habitacional El Rosario está ubicado en la delegación Atzacpalco y en el municipio de Tlalnepantla del Estado de México, en una región donde la subsidencia anual del suelo es menor a 12 centímetros y dentro de la zona geotécnica II. Consta de nueve secciones con un total de 15,976 viviendas entre las cuales se tienen casas unifamiliares, duplex y 45 edificios de cinco niveles. Su edificación financiada por el INFONAVIT se inició en 1973 y se finalizó en 1985, por lo cual debió ser construido con base en los reglamentos de 1966 y 1976 y fue en ese tiempo el conjunto habitacional más grande de América Latina.

Aunque hay una gran variedad de prototipos en todo el conjunto, los edificios de cinco niveles que han presentado inestabilidad fueron erigidos en 1974 y están estructurados con muros prefabricados de concreto. Dichas edificaciones han sufrido daños principalmente por su proyecto arquitectónico asimétrico, el inadecuado sistema constructivo empleado y la falta de mantenimiento, así como por los movimientos originados por los hundimientos del suelo y los sismos.

A la fecha se denota el desprendimiento de sus patios de servicio, en noviembre de 2010 se precipitó uno del edificio Ramón López Velarde y han continuado cayéndose en diversos edificios, ello se debe básicamente a que dichos cubos sólo tienen apoyo en un muro y eso crea una excentricidad. Así también se observan aberturas entre los muros de carga prefabricados de concreto.

Este conjunto ha tenido desalojos parciales para reparaciones estructurales. Actualmente se lleva a cabo la reparación de los daños con financiamiento del Instituto de Vivienda del Distrito Federal, aunque a la fecha sólo se observa la rehabilitación del edificio Ramón López Velarde, la cual consiste en reforzarlo mediante marcos de concreto integrados por columnas desplantadas en la cimentación y una trabe en el último nivel. En dicha estructuración no se evitó la excentricidad existente en los patios de servicio, por lo cual éstos podrán volver a desprenderse.

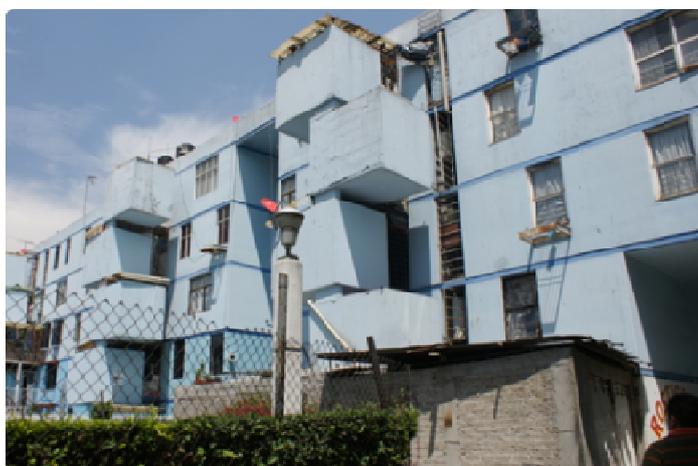


Fig. 3.8 Inestabilidad en los patios de servicio en edificios del conjunto El Rosario

Los daños existentes en los edificios del conjunto ponen en riesgo las condiciones de servicio de los edificios, sin embargo la intervención por parte de las autoridades permite apreciar que el conjunto está en proceso de rehabilitación.

3.5.5 CTM Culhuacán

El conjunto nominado Unidad Obrero Habitacional CTM Culhuacán, también conocido como “Los Culhuacanes”, fue financiado por el INFONAVIT entre 1975 y 1990 y contiene 19,788 viviendas²¹⁴ unifamiliares, duplex y departamentos en edificios de cinco niveles. Fue construido con base en los reglamentos de 1966, 1976 y 1986 en la zona geotécnica II de la delegación Coyoacán, en una región donde la subsidencia del suelo es baja: 12 cm/año.

²¹⁴ Villavicencio Judith. Op. Cit. P. 27.

Según un informe elaborado por la Comisión de Protección Civil de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, las unidades habitacionales CTM Culhuacán, El Rosario, Patera Vallejo, Santa Cruz Meyehualco, Ejército de Oriente y Ermita Zaragoza, son las que sufren mayores daños estructurales de las 3 mil 200 que alberga el Distrito Federal.

Dichos daños se presentan en los edificios de cinco niveles de la sección “CTM 3000 de trabajadores del STUNAM”, y consisten en desplomos menores al 1% con respecto a la altura, fisuras en sus muros de carga de tabique recocado y fugas en sus sistemas hidrosanitarios, mismas que están deteriorando sus elementos estructurales. Es recomendable vigilar que los desplomos no rebasen el 1%, para evitar daños mayores a la estructura de los edificios y darle mantenimiento a las instalaciones para evitar mayores daños.



Fig. 3.9 Edificio del conjunto CTM Culhuacán

La revisión de inclinaciones efectuadas por las autoridades en este conjunto hace ver que se están llevando a cabo las acciones para mitigar el riesgo ante la interacción de las amenazas sísmica e hídrica, con lo cual se evitará un desastre.

3.5.6 José María Morelos

El conjunto José María Morelos está ubicado en la calle Reyna Xochitl en la ladera suroeste del Peñón del Marqués (también conocido como Peñón Viejo) en la zona geotécnica I de la delegación Iztapalapa, contigua a la zona de transición e

influenciada por ésta. La región donde se localiza es de baja subsidencia del suelo menor a 5 centímetros por año. Sin embargo el conjunto está muy próximo a una zona donde se presentan frecuentes deslizamientos, agrietamientos y asentamientos del suelo.

Dicho conjunto financiado por el INFONAVIT fue construido de acuerdo al reglamento de 1993 y está conformado por 38 edificios de cinco niveles, cada uno de ellos aloja cuatro departamentos por piso. Los edificios están estructurados con muros de carga de block hueco de cemento y cimentados a base de zapatas corridas. Sus paredes muestran ligeras fisuras y desplomes menores del 0.5% con respecto a su altura.



Fig. 3.10 Edificios del conjunto José María Morelos

La interacción de riesgos sísmico e hídrico se presenta al piedemonte del Peñón del Marqués, muy cercano al conjunto, debido a la alta subsidencia y agrietamiento del suelo en esta zona, tal como lo señala el doctor Santoyo: “La información puesta a disposición por la Gerencia de Aguas del Valle de México (GAVM) en 1995 demuestra que las zonas con mayor velocidad de hundimiento

anual se encuentran en los alrededores del Peñón del Marqués, con alarmantes valores de 40 cm/año.”²¹⁵

El riesgo relativo de este conjunto, ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico, es el menor de los estudiados y corresponde, más que a las condiciones intrínsecas del inmueble, a su cercanía a la base del peñón, donde los efectos de la deshidratación del subsuelo son muy críticos; por lo que será necesario evitar que los movimientos del suelo que continuamente se presentan al pie del Peñón del Marqués lleguen a afectarlo.

²¹⁵ Santoyo Villa Enrique. La sobreexplotación de los acuíferos genera dos alarmantes amenazas. El caso del acuífero del Valle de México. IC Ingeniería Civil. Num. 526/Año LXIII/Febrero 2013. México.

Capítulo 4

La prevención de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social a construirse en la Ciudad de México.

La prevención de la interacción de riesgos hídrico y sísmico en los conjuntos habitacionales de interés social a construirse en la Ciudad de México es una exigencia ineludible de cumplir, ya que éstos deben salvaguardar la vida, la integridad física y el patrimonio de sus futuros usuarios. La demanda de este tipo de conjuntos es cada vez más creciente, dada la carencia de vivienda digna que tiene una gran parte de la población capitalina. De acuerdo a declaraciones del Jefe de Gobierno del Distrito Federal: “La Ciudad de México requiere más de 35 mil viviendas nuevas anualmente, de ellas sólo se construyen entre 5 000 y 7 000 al año; lo cual implica una inversión cercana a los 40 mil millones de pesos”²¹⁵. Sin embargo, a pesar de esa enorme erogación anual el enorme déficit del parque habitacional capitalino sigue incrementándose.

El gobierno capitalino señaló que en el año 2012: “Se promoverá la edificación de 5000 viviendas con el menor riesgo sísmico posible”²¹⁶. Una parte importante de dichas viviendas se erigirá en “...el predio La Montada, ubicado en Iztapalapa, que será convertido en el Centro-oriente Juárez, en el que se pretende levantar 10 mil viviendas, un centro comercial, edificios de oficinas, áreas verdes y estacionamientos, para revitalizar esta zona de la ciudad”²¹⁷.

²¹⁵ CNN Expansión. Agosto 3, 2010.

<http://www.cnnexpansion.com/obras/2010/08/03/vivienda-distrito-federal-ebrard>

²¹⁶ La Jornada. Enero 6, 2012

²¹⁷ La Jornada. Mayo 27, 2012

Así también existe un megaproyecto urbano promovido por la inmobiliaria Casas Geo que incluye 1100 viviendas en Santa Catarina, Tlahuac.²¹⁸

Para garantizar la seguridad de los futuros conjuntos habitacionales, ante un movimiento telúrico, es indispensable tomar en cuenta la interacción de los riesgos que se presenta en diversos lugares de la capital, donde la amenaza sísmica interactúa con la hídrica; originada ésta última por deshidratación del subsuelo capitalino. La prevención será la herramienta primordial para enfrentar la interacción de dichas amenazas en los nuevos conjuntos habitacionales.

La interacción de dichos riesgos se presenta en las delegaciones del oriente del Distrito Federal y se acentúa en Iztapalapa y Tláhuac. Coincidentemente en Iztapalapa es donde más han proliferado los conjuntos de interés social y recientemente Tláhuac ha tenido un gran incremento en la construcción de ese tipo de viviendas. Las causas de dicha expansión han sido, sin duda, el costo del suelo y la extensión hacia esas dos delegaciones de las líneas del Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano (Metro).

Como ya se ha señalado, el desastre es la manifestación del riesgo y los elementos fundamentales del riesgo son la amenaza y la vulnerabilidad. A esas variables se les han asociado la “prevención” y la “mitigación”; analíticamente estas cuatro variables se han relacionado, tal como aparecen en la ecuación (1.3) propuesta en el primer capítulo de esta investigación:

$$\mathbf{Riesgo = (Amenaza - Prevención) \times (Vulnerabilidad - Mitigación) \quad (1.3)}$$

De acuerdo a esta expresión, para reducir el riesgo y evitar el desastre en los conjuntos habitacionales a construir será la prevención de la amenaza el aspecto más significativo a considerar, dado que la mitigación de la vulnerabilidad aun no se puede realizar. Dicha prevención debe visualizarse desde dos perspectivas, la primera corresponde con la cultura de la Protección Civil y la otra con el ámbito proyectual de los conjuntos.

El Sistema de Protección Civil del Distrito Federal, enunciado en el primer capítulo de este trabajo, es un poderoso instrumento de la sociedad para la

²¹⁸ zapateando.wordpress.com/2012/08/20/alistan-megadesarrollo-en-tlahuac

salvaguarda de la vida humana y son el Sistema de Alerta Sísmica y los simulacros sus principales herramientas para proteger la integridad física de la población capitalina.

En el diseño de los nuevos edificios de interés social deberán tomarse en cuenta las cambiantes condiciones del subsuelo de la Ciudad de México, sobretodo en aquellas regiones donde surgen agrietamientos y hundimientos del suelo y se modifican sus propiedades mecánicas. Así también deberán considerarse en los proyectos arquitectónicos y estructurales los mecanismos sismo-resistentes capaces de reducir la interacción de riesgos sísmico e hídrico y las condicionantes económicas y legales a las que están sujetas este tipo de conjuntos.

4.1 Condicionantes del suelo de la Ciudad de México donde se presenta la interacción de riesgos sísmico e hídrico.

La Zona Metropolitana del Valle de México se amplió de manera inusitada a partir de mediados del pasado siglo; su población y su mancha urbana se sextuplicaron entre los años de 1950 y 2000, pasando de 3.1 a 19 millones de habitantes y de 229 a 1325 kilómetros cuadrados de área urbana.

Actualmente el suelo para uso habitacional en la Ciudad de México tiene una enorme demanda y sus precios son cada vez más altos, sobre todo en aquellas zonas que cuentan con una apropiada infraestructura urbana. Por tal razón una enorme población de escasos recursos se ha acercado en municipios mexiquenses de la periferia capitalina y otra gran parte ha invadido de manera irregular amplias regiones de infiltración hídrica del subsuelo, sobretodo en el sur de la capital. Así también, sectores de alto poder económico ocuparon otra importante zona de recarga ácuea al oeste de la capital: Santa Fe.

La vivienda de interés social por su propio carácter, requiere de costos bajos y el precio del suelo impacta de manera directa en ellos; como consecuencia de eso gran número de estos conjuntos se construyen muy frecuentemente en predios baratos pero inadecuados, ya sea por lo precario de los servicios urbanos, por lo accidentado de su topografía o por las fallas en su suelo. Esto es, muchos conjuntos de interés social se erigen en colonias inundables, con escasez de agua

y con deficiencias en alcantarillado, suministro de energía eléctrica y medios de transportación; en otros casos los conjuntos se ubican en laderas de cerros, cañadas y en zonas minadas o con agrietamientos y grandes hundimientos del suelo.

En la presente investigación se analiza la interacción de riesgos hídrico y sísmico, por lo que la misma se avocará a las regiones donde exista dicha interacción. Los sismos se resienten en toda la Ciudad de México y su interacción con el riesgo hídrico se presenta en aquellos lugares en los cuales, a consecuencia de la sobreexplotación del acuífero, la velocidad de subsidencia y los agrietamientos del suelo son más significativos.

La interacción de riesgos de riesgos sísmico e hídrico se presenta en regiones de las delegaciones: Iztapalapa, Tláhuac, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Tlalpan, Coyoacán, Iztacalco y Xochimilco; donde coincide la alta intensidad sísmica y la subsidencia del suelo, dicha interacción se incrementará en la medida en que continúe la extracción ácuea del subsuelo metropolitano. De acuerdo a la superposición de los mapas de riesgo sísmico y hundimientos, presentados en la figura 1.3 del capítulo 1, es en el “sitio de interacción extrema” y en las “franjas críticas” donde se acentúa dicha interacción.

Es en el denominado “**sitio de interacción extrema**”, en Iztapalapa, donde es más riesgosa la interacción de amenazas hídrica y sísmica y no deben edificarse ahí nuevos conjuntos habitacionales, ya que la subsidencia del suelo alcanza 40 cm/año y el coeficiente sísmico es de 0.45, que son los máximos valores de estas amenazas en el Distrito Federal.

En las tres “**franjas críticas**” existentes en la Ciudad de México, una de ellas en Iztapalapa y las otras dos en Tláhuac, además de cumplirse con el Reglamento de Construcciones en vigor, deberán tomarse medidas aun más estricta para garantizar “viviendas con el menor riesgo sísmico posible”, como lo señala el Jefe de Gobierno capitalino.

Dichas medidas implican la realización de detallados estudios geológicos y geohidrológicos, además de los exigidos por el reglamento; así como proyectos arquitectónicos y estructurales en los cuales se tomen cuenta las modificaciones a

futuro de las propiedades físicas, generadas estas por el acelerado proceso de deshidratación al que está sometido el subsuelo ciudadano.

Con los resultados de dichos estudios se podrán detectar, en cada predio, grietas existentes o zonas de posibles agrietamientos y estimar la subsidencia del suelo a corto, mediano y largo plazo; y así también prever posibles hundimientos diferenciales del suelo y pronosticar los efectos que se pudieran presentar en las edificaciones a construir, durante la ocurrencia de un terremoto.

Asimismo esa información permitirá en caso de existir grietas en los predios donde se pretenda edificar, proponer un tratamiento para rellenarlas y de ser necesario, proyectar un “mejoramiento del suelo”, cuyo objetivo será optimizar las características de apoyo del suelo.

La “franja crítica” de Iztapalapa esta casi en su totalidad construida y son escasos los predios donde se pueden edificar nuevos conjuntos habitacionales. En las dos “franjas críticas” de Tláhuac la demanda de terrenos para erigir vivienda de interés social es creciente, debido a los bajos costos del suelo, ya que existen ahí aun áreas ejidales y comunales sin urbanizar; además por la entrada en operación de la Línea 12 del Metro.

4.1.1 Edificaciones a construir en suelos agrietados

Como ya se ha señalado, los agrietamientos del suelo se presentan con mayor asiduidad en las regiones donde existe profusa extracción ácuea y en las fronteras entre la zona geotécnica lacustre y la de lomas. Ambas condicionantes se cumplen en las delegaciones del este de la Ciudad de México, donde las grietas son cada vez más frecuentes y hasta ahora inevitables.

Las grietas que aparecen en el suelo son retacadas por las autoridades o por particulares; sin embargo, no existe una solución definitiva para sellarlas, ya que éstas incrementan continuamente su longitud, abertura y profundidad. Los atiborrados que se les hacen son sólo para paliar los daños que pudieran provocar: accidentes, acumulación de inmundicia o infiltración de aguas negras al subsuelo.

Dichos rellenos fueron hechos inicialmente con el mismo suelo o con arena sobre la cual se colocaba grava; posteriormente se hicieron con tepetate simple o

mezclado con cemento. El coordinador del Centro de Monitoreo de Fracturas del Subsuelo de la delegación Iztapalapa, Jaime Ocaranza Maldonado, comentó: “que por el momento la delegación ha ocupado la mezcla de bentonita, tepetate y cemento para hacer los rellenos de grietas, pero esto -sólo mitiga los efectos-”²¹⁹.

Con los estudios geotécnicos y la inspección directa del predio, donde se pretenda construir, se podrán detectar las grietas del suelo, las cuales deberán ser retacadas antes de iniciar el “mejoramiento del suelo” o cualquier proceso constructivo.

4.1.2 Mejoramiento del suelo

En la zona geotécnica lacustre de la Ciudad de México es conveniente, sobretodo cuando se trata de cimentar edificaciones de cuatro niveles o más, llevar a cabo un “mejoramiento del suelo” con objeto de reducir o evitar deformaciones o efectos no deseables, como son: hundimientos, abufamientos y agrietamientos. La manera más común de hacer dicho mejoramiento consiste en sustituir el suelo superficial existente por capas de tepetate compactadas; este procedimiento se usó en las viviendas erigidas por Renovación Popular Habitacional, después de los sismos de 1985.

Existen procedimientos y dispositivos ya probados, que pueden coadyuvar a la prevención de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos habitacionales a construirse y éstos deben ser considerados en la planeación y en la edificación de la vivienda de interés social.

Entre los sistemas constructivos para disminuir la deformabilidad del suelo se tiene la inclusión rígida y los pilotes de fricción. También hay mecanismos sismo-resistentes como la aislación de base y los amortiguadores, descritos en el capítulo anterior de esta investigación, que permiten reducir los efectos sísmicos en los edificios.

²¹⁹ SDP noticias.com. Podrían aparecer grietas en otras zonas del DF y estado de México.* Destinan 119 mdp a atender fisuras y deslaves en Iztapalapa. <http://sdpnoticias.com/sdp/contenido/2008/08/31/29489>.

4.1.2.1 Inclusión rígida y pilotes de fricción

De acuerdo al doctor Santoyo, “Conceptualmente cualquier elemento vertical rígido dentro de la masa de un suelo blando es una inclusión que refuerza al suelo, para reducir su deformabilidad”²²⁰. Dicho elemento puede ser un pilote de fricción o una Inclusión Rígida. El mejoramiento del suelo con pilotes de concreto armado, que trabajan por fricción es la técnica más usada y conocida actualmente, y “en suelos blandos se usa comúnmente como complemento de un sistema de cimentación parcialmente compensada, para reducir asentamientos, transfiriendo parte de la carga a los estratos más profundos...Los pilotes (*de fricción*) no tienen generalmente la capacidad para soportar por sí solos el peso de la construcción”²²¹

La Inclusión Rígida consiste en introducir al suelo columnas de cal, piedra o arena, pilotes sin acero y núcleos o laminas de mortero. “La ingeniería sueca introdujo en 1967 la técnica de las columnas de cal, para reforzar un suelo blando...En México un caso de reforzamiento del suelo fue el de la Catedral, donde a partir de 1998 se injertó una estructura de mortero en la masa del suelo para uniformizar su hundimiento”²²².

La inclusión se lleva a cabo con una horadación en el suelo, misma que se hace con un taladro; posteriormente se inyecta concreto y simultáneamente se saca la broca; en algunas ocasiones el suelo producto de la perforación es remoldeado y en otras es extraído. La inclusión puede hacerse mediante hélice continua, hélice con desplazamiento o hélice de doble helicoides; la manera de perforar, depositar el mortero, extraer o reacomodar el suelo y retirar la broca, dependerá del diseño de la inclusión y del equipo disponible. “La técnica de fabricación de inclusiones debe ser peculiar a cada tipo de subsuelo, esta aseveración tiene especial importancia en las arcillas blandas del valle de México, por su susceptibilidad a perder resistencia por remoldeo”²²³.

²²⁰ Enrique Santoyo V. y Enrique Santoyo R. TGC Geotecnia y TGC Ingeniería. Retos Geotécnicos en Edificios Ligeros. México. Sf.

²²¹ Inciso 3.5 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal 2004.

²²² Enrique Santoyo V. y Enrique Santoyo R. Op. Cit.

²²³ Idem.

El diseño de la inclusión dependerá de las condiciones geotécnicas del predio donde se vaya a construir y de las características arquitectónicas y estructurales del proyecto a edificar. Los diámetros de las perforaciones, su separación y profundidad; así como los equipos a utilizar corresponderán con el sistema de cimentación que se pretenda complementar. La Inclusión Rígida aun no esta normada en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, sin embargo sus sistemas y equipos en nuestro país tienen un alto grado de desarrollo debido a la investigación y a los trabajos realizados por expertos y especialistas, entre ellos, el doctor Enrique Santoyo.

En los conjuntos habitacionales de interés social a construirse en la Ciudad de México, la Inclusión Rígida será más conveniente que los pilotes de fricción por ser una alternativa más económica; pero, como ya se señaló, ninguna de esas dos opciones debe usarse para apoyar la cimentación ni considerar que con ellas se incrementa la capacidad de carga del suelo.

4.1.2.2 Aislamiento Basal

Un modo de evitar o reducir los efectos sísmicos en las edificaciones por construirse es aislarlas del suelo, de tal modo que sus estructuras no resientan el movimiento oscilatorio a la que éste es sometido durante un terremoto. Esa forma de prevenir el colapso de las edificaciones ya ha se ha aplicado en México, aunque existen diversos mecanismos en proceso de experimentación.

El aislamiento sísmico permite construir estructuras económicas con altos niveles de seguridad durante sismos severos, ya que separa la estructura del suelo. Así también, los agrietamientos del suelo se reducen con su mejoramiento, sin embargo no se pueden evitar; por ello será conveniente aislar la cimentación del suelo para evitar que dichas grietas fracturen a la futura edificación.

Existen diversos sistemas para lograr el aislamiento basal, aunque su principio mecánico es el mismo. “El diseño sismorresistente con aislamiento sísmico modifica las características dinámicas de una estructura, reduciendo así la demanda sísmica. En este caso se reducen las aceleraciones y deformaciones de la superestructura, eliminando el daño en ella y sus contenidos”²²⁴.

²²⁴ www.slideshare.net/.../ponencia1-7242391

El aislamiento sísmico basal ya fue empleado en la Ciudad de México por el Ingeniero Manuel González Flores, quien ideó lo que él llamó “sistema antisísmico”, o “sistema a salvo de sismos”, por el cual el Banco Nacional de México le otorgó el Premio Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

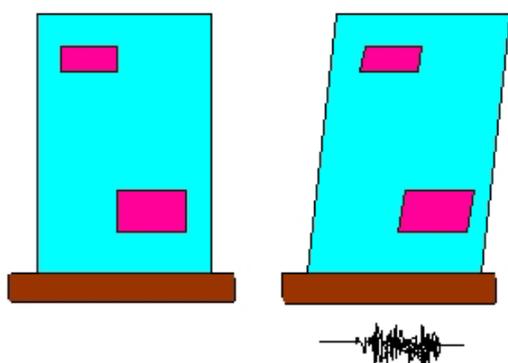


Fig. 4.1 Efecto de un sismo en un edificio

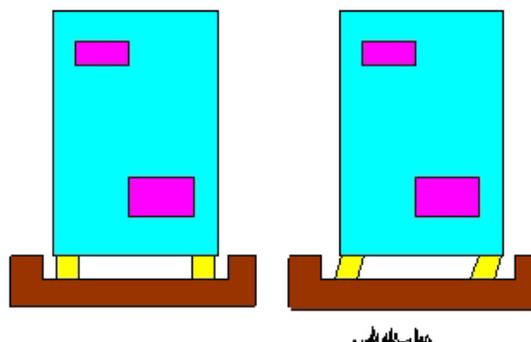


Fig. 4.2 Efecto de un sismo en un edificio con aislamiento de base

“Este dispositivo está formado fundamentalmente por dos placas metálicas, de 19 milímetros de espesor cada una, con superficie terminada a espejo. La placa inferior está sujeta a la cimentación, con su cara lisa y dura perfectamente horizontal y hacia arriba; sobre dicha superficie se encuentra un cierto número de balines, esferas de acero, libres para moverse, manteniéndolos juntos por un anillo de acero que los rodea, también libre para moverse sobre la placa; pero de ninguna manera susceptible de moverse más allá de la orilla de dicha placa; sobre los balines está colocada la segunda placa, similar en todas sus características a la primera, con la superficie pulida hacia abajo, esta segunda placa a su vez está fija a la estructura del edificio.

Gracias a la inercia del edificio, el dispositivo aísla efectivamente de sus movimientos horizontales a la cimentación de la superestructura. Este sistema efectivo y eficaz, ideal para la Ciudad de México, fue patentado e instalado en un edificio de departamentos ubicado en la calle de Repúblicas 74, colonia Portales y en la escuela ubicada en la calle de Ximilpa en la colonia Nueva Argentina; hasta

la fecha después de innumerables sismos, éstos no han causado el más mínimo daño ni el frecuente fenómeno de rotura de vidrios”²²⁵.

En los conjuntos habitacionales de interés social a construirse no es factible utilizar, por razones económicas, el sistema ideado por el ingeniero González Flores y lograr así una aislación total, sin embargo es posible, a partir de dicha idea, proponer otro mecanismo menos costoso para alcanzar la aislación de los nuevos edificios.

4.3 Condicionantes a cumplir en los Conjuntos Habitacionales de Interés Social a construirse en la Ciudad de México para de prevenir la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.

Para proyectar los nuevos conjunto habitacionales a construirse en la Ciudad de México, será indispensable conocer las condiciones cambiantes del suelo en donde se erigirán y pensar en formas arquitectónicas y en sistemas estructurales resistentes ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico.

Lo anterior implica proyectar y construir edificaciones capaces de soportar simultáneamente los efectos de la deshidratación del suelo y los movimientos telúricos, con ello se garantizará la seguridad de sus usuarios; además debe cumplirse con los otros dos principios básicos de la arquitectura: funcionalidad y belleza. Los conjuntos también deben ser acordes con la legislación vigente, económicos y de preferencia sustentables²²⁶.

Sin duda un buen proyecto arquitectónico será aquél que procure y garantice la integridad física, la comodidad y el agrado de sus usuarios; y así también que sea amigable con su entorno, viable financieramente y que cumpla con los ordenamientos legales en vigor.

La inversión inicial en una construcción con las características antes señaladas será mayor a otra que no las contenga, pero con los ahorros obtenidos

²²⁵ Tenoch. Block Mexicano de Tecnología. Inventores mexicanos: Manuel González Flores. México. Agosto 27 de 2009.

²²⁶ Sustentable: concepto definido en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro, Brasil del 3 al 14 de junio de 1992.

durante la vida útil del inmueble, dichas edificaciones resultarán más económicas, tanto para el propietario como para el país.

4.3.1 Formas arquitectónicas idóneas para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.

La forma arquitectónica es indudablemente el elemento más importante en la estabilidad de una edificación; su sistema estructural debe complementar su firmeza ante las acciones a las que ésta esté expuesta.

“Las formas arquitectónicas se han definido tradicionalmente por su extensión y por el perfil de sus aristas, que asumen una condición homogénea de la materia con trazados regulares y repetitivos para facilidad del diseño y ejecución. Así mismo, las condiciones de los espacios se sustentan más en las capacidades de la envolvente, que en su configuración, de modo que el desempeño de los recintos depende tanto su disposición formal como de sus propiedades materiales”²²⁷.

“La forma arquitectónica de las edificaciones obedecen fundamentalmente a la función para la cual son proyectadas, más que a su estabilidad y la ortogonalidad de las mismas permite un mejor aprovechamiento del espacio construido”²²⁸.

Sin embargo la semiesfera, el cono y la pirámide son las formas más estables de la naturaleza independientemente del material que los conforme, y tienen la menor superficie envolvente para un mismo volumen que cualquier otro cuerpo. Dichos cuerpos truncados, son aun más estables.

Las razones de la estabilidad del cono, la semiesfera y la pirámide son varias; la masa de esos volúmenes disminuye con la altura y eso reduce su tendencia al volteo ante fuerzas horizontales; además, por tener esos volúmenes planta circular o poligonal y ser simétricos con respecto a un eje vertical central tienen un momento de inercia y un módulo de sección invariables en cualquier

²²⁷Lyon Gottlieb, Arturo y García Alvarado Rodrigo. Variaciones intensivas: diseño paramétrico de edificios en altura basado en análisis topológico. Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad del Bío-Bío de Chile.alyon@uc.cl y rgarcia@ubiobio.cl.

²²⁸ Opinión de la Maestra en Arquitectura Susana Ezeta Genis, emitida en conversación con el suscrito el 26 de julio de 2012.

dirección; y de ser homogéneos dichos cuerpos, sus centros geométrico y de gravedad coincidirían.

Las montañas y los cerros obedecen a esos patrones, debido a que el ángulo de reposo de los materiales granulares, como el suelo, corresponde con dicha forma, así también la lava volcánica. Nuestros ancestros, imitando su entorno orográfico, construyeron la plataforma circular, conocida como la Pirámide de Cuicuilco, misma que ha prevalecido por más de veinte siglos.

Los edificios para ser más estables deberían tener una forma similar a la del cono, la pirámide o la semiesfera, sin embargo estas volumetrías no son acordes con la forma arquitectónica requerida para un edificio de vivienda de interés social, dado que para esa tipología se requiere, de preferencia, plantas similares en todos los niveles.

Los cilindros y los prismas con base de polígonos regulares tienen algunas de esas cualidades y es más factible de aplicar compositivamente a edificaciones de interés social, debido a que sus secciones horizontales son constantes en forma y área.

La ventaja del cilindro es que su momento de inercia y su modulo de sección son invariables en cualquier dirección; y estas cualidades permitirán a una edificación cilíndrica enfrentar de igual manera los empujes laterales, como el sismo y el viento, independientemente de la orientación en que se presenten. Además, sí la distribución arquitectónica es simétrica respecto a su eje central, los centros de gravedad y geométrico del edificio coincidirán y con ello se evitara los desplomos originados por la excentricidad. También los prismas con planta regular comparten esas características.

Habrá que conciliar esas cualidades con la desventaja originada por las diversas orientaciones que tendrían las habitaciones, en caso de las viviendas, para poder cumplir con los asoleamientos adecuados y todos los requerimientos exigidos por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico²²⁹.

²²⁹ Gaceta Oficial del Distrito Federal. Julio 29 de 2004.

De acuerdo a lo señalado por el Dr. Aguirre Cárdenas “ en resumen, la arquitectura en lugares de problemas suelo-sismo deben tener las siguientes características: simplicidad, simetría, regularidad y continuidad...”²³⁰

4.3.2 Sistemas estructurales más adecuados para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.

Como ya se ha señalado, para reducir la incertidumbre ante un movimiento telúrico en las viviendas a construir es indispensable tomar en cuenta la interacción de los riesgos sísmico e hídrico, originado éste último por la deshidratación del suelo; misma que se presenta en las delegaciones del oriente del Distrito Federal.

Las viviendas edificadas con muros de carga de mampostería son las más usuales en nuestro país por la multiplicidad de materiales con las que pueden realizarse, entre otros: tabique recocido, tabicón, block hueco vidriado y block de cemento-arena; además el procedimiento constructivo es muy conocido por los trabajadores de la construcción y no requieren de mano de obra especializada. Los muros de concreto también han sido utilizados, aunque con menos frecuencia, seguramente por su mayor costo. Las edificaciones habitacionales a base de muros de carga son más económicas que las de marcos, ya que los muros cumplen una doble función: soportan cargas y limitan espacios.

Los edificios de interés social construidos con muros de tabique recocido común son los que más satisfactoriamente se han comportado ante la interacción de riesgos hídrico y sísmico; sin embargo, este material es cada vez más escaso en el mercado debido, entre otras causas, a las limitaciones ambientales que enfrenta su producción por la excesiva contaminación ambiental que genera su fabricación.

Los nuevos conjuntos habitacionales de interés social, con un máximo de seis niveles, podrán edificarse a base de muros de carga de diversos materiales, siempre y cuando éstos cumplan con las exigencias reglamentarias, mismas que

²³⁰ Aguirre Cárdenas Jesús. Arquitectura y subsuelo. Centro histórico de la Ciudad de México. Caso: 15 edificaciones en la calle de Guatemala, tramos entre Brasil y Argentina. Tesis Doctoral UNAM, 1996.

garantizan su cabal comportamiento. Es recomendable tener muros rigidizantes de concreto al menos en dos direcciones ortogonales, esto es con objeto de lograr un mejor desempeño del sistema estructural, ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico.

Sería mejor aún colocar mecanismos sismo-resistentes como contraventeos con algún tipo de amortiguamiento para superar más adecuadamente dicha interacción de riesgos.

El comportamiento de azoteas y entrepisos utilizados en los edificios antes descritos también ha sido satisfactorio, dichas cubiertas fueron construidas de concreto: macizas, aligeradas y prefabricadas; estas últimas de diversos sistemas, aunque principalmente del tipo vigueta y bovedilla.

Existen métodos numéricos y diversos programas computacionales que permiten analizar y diseñar exhaustivamente las estructuras de los edificios para las diversas combinaciones de cargas muertas, vivas y accidentales que inciden en ellos; así también para los distintos materiales que suelen emplearse en su construcción. Las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal²³¹ establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los proyectos, materiales y sistemas constructivos, así también los métodos de análisis y diseño estructural para las distintas condiciones de cargas a las que estarán sometidos los edificios.

Es recomendable que los conjuntos habitacionales de interés social a construirse en el Distrito Federal tengan un máximo de seis niveles y estén estructurados a base de muros de carga; ya que el comportamiento de este tipo de edificios ante los movimientos telúricos ha sido en general satisfactorio, pues aunque han sufrido daño; este tipo de edificaciones no han colapsado súbitamente, aun en la “franja crítica capitalina” donde inciden una alta subsidencia del suelo y la máxima intensidad sísmica. Será conveniente aprovechar dichos muros de carga también como elementos rigidizantes, ante los

²³¹ Gaceta Oficial del Distrito Federal. 6 de octubre de 2004. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, de Concreto, de Cimentaciones. Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de Edificaciones. Y Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y para Proyecto Arquitectónico.

movimientos telúricos y además dotar a la estructura de las edificaciones de mecanismos sismo-resistentes tales como contraventeos con amortiguamiento.

4.3.3 Sistemas de cimentación convenientes para prever la interacción de los riesgos sísmico e hídrico.

La excesiva deshidratación del subsuelo ocasiona inmersión y agrietamientos del suelo. Tal inmersión propicia en las edificaciones desplomos y hundimientos, algunos de ellos diferenciales; así también rupturas y fugas en sus cisternas y desagües, esto último a su vez crea cavernas u oquedades en el suelo, mismas que pueden llegar a desestabilizar los inmuebles.

Los agrietamientos del suelo fracturan las cimentaciones y las estructuras de los edificios. Los daños citados en algunas ocasiones han propiciado el colapso de las edificaciones y en general incrementan la vulnerabilidad estructural ante un evento sísmico. Para minimizar los hundimientos diferenciales y la inclinación de los edificios a construir será conveniente cumplir con las Condiciones de Regularidad²³² y con las Normas Técnicas para la el Diseño y Construcción de Cimentaciones²³³ del Reglamento vigente; además dichos edificios no deberán tener ningún tipo de excentricidades y su centro de gravedad deberá coincidir con el de la cimentación.

Aun cumpliendo con estas exigencias, en las zonas lacustre y de transición capitalinas, pueden presentarse agrietamientos, hundimientos diferenciales e inclinaciones, debido esto a las desiguales profundidades del estrato arcilloso. Los hundimientos diferenciales del suelo suelen presentarse cuando los estratos arcillosos son de diferente espesor y ocasionan en las edificaciones desplomos y desniveles; lo cual se puede corregir dejando preparaciones en la cimentación; mismas que podrán ser dados para hincar pilotes de control, celdas para relleno o dejar áreas libres perimetrales para efectuar subescavaciones.

Cuando las edificaciones se inclinan, generalmente lo hacen en la dirección en la cual el momento de inercia de su planta es menor. Será conveniente que los edificios habitacionales a construir sean proyectados con una planta tal, que su

²³² Establecidas en el inciso 6.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo; publicadas en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 6 de octubre de 2004

²³³ Publicadas en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 6 de octubre de 2004.

momento de inercia en cualquier dirección sea la misma; y además se deberán dotar de mecanismos o sistemas que permitan compensar los hundimientos diferenciales y así corregir los desplomos.

Las cimentaciones usadas en los conjuntos habitacionales han sido profundas y compensadas o superficiales. Las cimentaciones profundas, usadas en edificios altos, son mediante pilas o pilotes que se apoyan de punta en un estrato duro del subsuelo. Estas cimentaciones se han usado en unidades habitacionales con edificios altos de más de seis niveles, entre otras: Nonoalco-Tlaltelolco, Villa Olímpica y Alianza Revolucionaria.

En los conjuntos habitacionales a construir pueden emplearse las cimentaciones profundas; sin embargo, su alto costo es un impedimento para su uso en vivienda de interés social. Uno de los inconvenientes de las cimentaciones profundas estriba en que al hundirse el suelo la edificación permanece en su nivel original, apoyada únicamente en los pilotes o las pilas y presentando un aparente emergimiento. En esas condiciones y ante un movimiento telúrico, las pilas o los pilotes del edificio pueden fallar como columnas cortas. Los pilotes de control han sido utilizados para evitar y corregir ese efecto.

La cimentación compensada consiste en extraer un volumen de suelo equivalente en peso al excedente de la capacidad de carga de la superficie de desplante del edificio y construir la edificación sobre un cajón hueco de concreto armado. De ese modo el suelo sólo recibe, por contacto directo, las descargas correspondientes a su capacidad de carga; ello propicia que de haber hundimiento del suelo, éste sea simultáneo con el de la edificación. En muchos casos ese hundimiento es diferencial a causa de las excentricidades de los edificios o por las condiciones del subsuelo.

La desventaja principal de este sistema radica en que las celdas del cajón de cimentación se inundan frecuentemente, ya sea por la infiltración del agua freática o por las fugas en las instalaciones hidrosanitarias de los edificios; y esa es una carga no considerada en el cálculo de la cimentación. Para evitar esa sobrecarga es necesario impedir la entrada de agua a dichas celdas o vaciarlas sistemáticamente.

La profundidad de desplante del cajón de cimentación para edificios de vivienda de cinco y seis niveles es entre 2.5 y 3 metros, respectivamente; y su

costo es menor a cualquier otro tipo de cimentación utilizable en estas edificaciones en la zona lacustre capitalina. Cabe la posibilidad de proponer este tipo de cimentación con celdas perimetrales, a las cuales se pueda introducir arena u otro material para hundir al edificio donde sea necesario, para así renivelarlo y eliminar su desplome. Para ello será necesario colocar registros por donde pueda introducirse dicho material.

Las cimentaciones compensadas se han usado reiteradamente en edificaciones ubicadas en la zona lacustre de hasta seis niveles, esto es debido a que su comportamiento ha sido adecuado. Por esta razón es recomendable emplearlas en los nuevos conjuntos habitacionales de interés social a construirse en la Ciudad de México, adicionándoles mecanismos de control de desplomos y de aislamiento sísmico.

4.3.4 Conjuntos habitacionales acordes con la legislación vigente.

Para erigir conjuntos habitacionales de interés social en la Ciudad de México se deberá cumplir con la Ley de Vivienda aprobada el 26 de abril de 2012 por las Comisiones Unidas de Vivienda y Desarrollo e Infraestructura Urbana de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal²³⁴.

Dicha ley señala en su “Artículo 2: Son de aplicación supletoria a lo dispuesto en este ordenamiento, la Ley General de Asentamientos Humanos, la Ley de Vivienda, la Ley Ambiental del Distrito Federal, la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, la Ley de Desarrollo Social del Distrito Federal, los programas de Desarrollo Urbano, el Reglamento de Construcciones, el Reglamento en materia de Impacto Ambiental y Riesgo, el Reglamento para el Ordenamiento del Paisaje Urbano y demás ordenamientos legales relacionados con la materia vigentes en el Distrito Federal.”²³⁵. Entre los cuales se encuentra la Ley de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Distrito Federal²³⁶.

Por lo tanto el diseño y la edificación de los nuevos conjuntos habitacionales de la Ciudad de México se regirán por el Reglamento de Construcciones para el

²³⁴ www.elarsenal.net › Asamblea Legislativa. 27 Abril 2012

²³⁵ **Idem**

²³⁶ Ley modificada por el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal 3 de Abril de 2012.

Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias²³⁷, reglamentación vigente desde el 16 de febrero y 6 de octubre de 2004, respectivamente; así como de la Ley de Desarrollo Urbano²³⁸ en vigor.

4.3.5 Conjuntos Habitacionales de Interés Social Económicos.

Una vivienda acorde a la legislación vigente, bella, funcional, segura y capaz de soportar la interacción de riesgos hídrico y sísmico es sin duda una vivienda económica, aunque su inversión inicial sea un poco mayor a otra que no cuente con estos atributos, ya que a mediano plazo amortizará esa diferencia de costos y a largo plazo representará un ahorro tanto para el usuario como para el país.

El proyecto arquitectónico de un conjunto habitacional acorde con las condiciones climáticas del sitio, bien orientada y con una adecuada iluminación y ventilación disminuirá el consumo de energía eléctrica. Los ahorros que se obtengan en los costos de esos energéticos repercutirán en la economía del futuro usuario.

Una edificación sin excentricidades, que cuente con mecanismos sismo-resistentes y que esté asentada en un suelo con una inclusión rígida, reducirá o evitará los hundimientos diferenciales, desplomos, desniveles, agrietamientos y deterioros sísmicos.

Esto repercutirá en un considerable ahorro para el propietario de la vivienda a corto, mediano y largo plazo, ya que el seguro contra daños de la vivienda será menos costoso, no requerirá reparaciones mayores por desperfectos originados por los movimientos telúricos y no habrá que gastar en renivelar, recimentar o reestructurar la edificación.

Sólo el costo de una renivelación llega a sobrepasar el 25% de valor del inmueble. Sin embargo, el precio de una vivienda de interés social está limitado por el inciso XXVII del artículo 5 de la Ley de Vivienda del Distrito Federal, que señala: "el precio máximo de venta al público es de 25 salarios mínimos

²³⁷ Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, de Mampostería, de Madera, de Concreto, de Cimentaciones y de Obras e Instalaciones Hidráulicas; sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de Edificaciones, por Viento, por Sismo y para Proyecto Arquitectónico. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 6 de octubre de 2004.

²³⁸ Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 15 de julio de 2010.

generales anuales vigentes en el Distrito Federal”²³⁹. Dicho importe corresponde para el año 2013 a \$ 590,935.00 (quinientos noventa mil novecientos treinta y cinco pesos, 00/100, m. n.)²⁴⁰, monto que incluye el áreas privativa, las comunes y el costo del suelo. Cabe señalar que la enajenación vivienda está exenta del Impuesto al Valor Agregado (IVA)²⁴¹.

4.4 Propuesta de un Conjunto Habitacional de Interés Social a construirse en la Ciudad de México capaz de prevenir la interacción de riesgos sísmico e hídrico.

El conjunto de interés social proyectado se ha diseñado cumpliendo con la Ley de Vivienda del Distrito Federal y los ordenamientos legales relacionados, mismos que incluyen al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, sus Normas Técnicas Complementarias y la Ley de Desarrollo Urbano en vigor.

El proyecto podrá ubicarse en alguna de las delegaciones donde se presenta la interacción de riesgos sísmico e hídrico e inclusive en alguna de las “franjas críticas capitalinas” de Iztapalapa o Tláhuac, en un predio de una hectárea. El conjunto está integrado por ocho edificios de cinco niveles cada uno, con cuatro departamentos por planta; teniendo un total de ciento sesenta viviendas, mismas que alojaran a ochocientos usuarios. Las escaleras de cada edificio estarán integradas estructuralmente a ellos.

La disposición de los edificios en el sitio dependerá de la forma y dimensiones del predio. En el Apéndice “B” se muestra una propuesta de sembrado de los edificios del conjunto, el cual por sus características requerirá de un Director Responsable de Obra y corresponsables en Seguridad Estructural, Instalaciones y en Diseño Urbano y Arquitectónico, además de un Perito en Desarrollo Urbano.

²³⁹ Ley de Vivienda. www.invi.df.gob.mx/portal/pdf/IniciativaLeyVivienda.pdf

²⁴⁰ www.invi.df.gob.mx/portal/pdf/IniciativaLeyVivienda.pdf. Ese precio corresponde a un Salario Mínimo capitalino de \$ 64.76 para el año 2013; establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos mediante resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación del 19 de diciembre de 2012

²⁴¹ Artículo 9 de la Ley del Valor Agregado. (IVA). losimpuestos.com.mx/exencion-de-iva/

4.4.1 Propuesta Arquitectónica

El proyecto cumple con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño Arquitectónico. La planta de los edificios es octagonal con un patio interior también de esa forma. El edificio es simétrico con respecto a su centro geométrico y éste coincide con su centro de gravedad.

Cada planta contiene los cuatro departamentos y esta proyectados para cinco personas. Éstos constan de estancia-comedor, dos recamaras, cocina, baño y área de servicio, con una superficie construida por vivienda de aproximadamente 60 m², que no incluye: escaleras ni estacionamiento.

En la azotea se ubican los tanques de almacenamiento hídrico y en el patio interior la cisterna. Por tener cinco niveles los edificios no requieren de ascensor. En el Apéndice “B” se presentan los planos del proyecto arquitectónico, elaborado conjuntamente con la Maestra en Arquitectura Alicia Susana Ezeta Genis.

4.4.2 Propuesta de Cimentación

La cimentación de los edificios del conjunto ha sido proyectada de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones. En caso de desarrollarse el proyecto en alguna de las regiones donde la subsidencia anual del suelo llega a 36 centímetros o donde lo solicite el Director Responsable, será necesario efectuar los estudios de Mecánica de Suelos para hacer una Inclusión Rígida en el sitio de desplante del conjunto, esto se hará con el objetivo de reducir la deformabilidad del suelo, pero no para incrementar la capacidad de carga del suelo.

El edificio será cimentado mediante un cajón de compensación integrado por muros y losas de concreto. Dicha cimentación tiene una ampliación perimetral de su base con respecto a la planta arquitectónica del edificio; las celdas perimetrales tienen registros para introducir una sobrecarga en la zona donde los hundimientos diferenciales del edificio sean menores, para renivelar la edificación. Perimetralmente el edificio está libre para en caso dado poder realizar una subexcavación. En el centro del cajón de cimentación se tiene la cisterna del inmueble.

Se ha proyectado un aislamiento basal del edificio, separando el cajón de cimentación del suelo mediante una lámina de acero desplantada sobre un plantilla de concreto nivelada y pulida. Además se tiene una separación perimetral entre el cajón de cimentación y el suelo para permitir el desplazamiento lateral del suelo con respecto al edificio, dicho hueco se rellenará de tezontle para evitar una falla del talud.

Se propone de esa manera aislar parcialmente a la edificación del suelo sustentante con dos objetivos. El primero es evitar que las grietas del suelo, que pudieran presentarse, fracturen la cimentación y la estructura de la edificación. El segundo objetivo es evitar o reducir los efectos sísmicos en el edificio, ya que éste tratara de permanecer inmóvil ante dichos movimientos.

El aislamiento basal no es total, ya que existe fricción entre la plantilla de concreto y la lámina de acero del desplante de la cimentación. El coeficiente de fricción entre el concreto pulido y la lámina de acero varía entre 0.20 y 0.30²⁴².

Lo anterior implica que el edificio sólo tomará como máximo el 30% de la energía sísmica, misma que desplazará al edificio lateralmente, hasta impactarlo con el tezontle colocado lateralmente, con lo cual una parte de la energía sísmica que toma el edificio se amortiguará y la parte restante será tomada por los muros del edificio. En los planos del Apéndice “B” se presenta la propuesta de cimentación.

En el Apéndice “B” de esta tesis se muestra la propuesta de un conjunto habitacional de interés social cuyos edificios cumplen con las características anteriormente enunciadas; ahí se presentan los planos arquitectónicos, estructurales y de cimentación con sus respectivos detalles constructivos, así como sus memorias descriptivas y de cálculo correspondientes.

4.4.3 Propuesta Estructural.

El análisis y el diseño estructural han sido realizados de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras

²⁴² Creixell M. José. Estabilidad de las Construcciones. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. Tercera edición. México. 1984.

de Mampostería y de Concreto, así como las relativas al Diseño por Sismo y sobre Criterios y Acciones para Diseño Estructural de las Edificaciones.

La estructura de los edificios está preparada para soportar cargas gravitacionales y las acciones sísmicas que se presenten en cualquier dirección. La estructura es a base de muros de carga confinados de tabique recocido, mismos que soportan losas macizas de concreto. Se tienen cuatro muros radiales de concreto armado para rigidizar la edificación ante fuerzas laterales, los cuales van desde la cimentación hasta el último nivel.

El edificio cumple con las Condiciones de Regularidad establecidas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, excepto en lo referente a la abertura central, misma que excede al 20% del área de la planta; por dicha razón no es aplicable el Método Simplificado de Análisis Sísmico y ha sido calculado empleando el Método Estático, considerando un Factor de Comportamiento: $Q = 2$ y un Coeficiente Sísmico: $c = 0.45$; por estar en la zona geotécnica IIIb. En los planos E-1 y E-2 del Apéndice "B" se presentan las plantas estructurales con sus respectivos armados, especificaciones y detalles.

CONCLUSIONES

La Ciudad de México enfrenta la acción simultánea y recíproca de los riesgos sísmico e hídrico, originado este último por la deshidratación del subsuelo. Puede afirmarse que a consecuencia de esta interacción de riesgos se presentó la catástrofe capitalina de septiembre de 1985, ya que la sobreexplotación del acuífero citadino ha originado la modificación de las propiedades mecánicas del suelo, entre otras, la subsidencia y el agrietamiento del mismo. Dichos efectos desestabilizan las edificaciones, situación que conjuntamente con los movimientos telúricos ocasionan su colapso.

Los desastres han existido inmemorialmente, sin embargo en la actualidad se presentan con más frecuencia e intensidad en las grandes metrópolis, debido entre otras causas a que hoy en día la población mundial es mayormente urbana. El desastre es la manifestación del riesgo y el riesgo está constituido básicamente por la amenaza y la vulnerabilidad, aunque también habrá que considerar como sus componentes la prevención y la mitigación.

Las amenazas por su origen se clasifican en naturales, socio-naturales, tecnológicas y sociales; y la vulnerabilidad con respecto a una amenaza específica es considerada global. La prevención corresponde con la amenaza y la mitigación con la vulnerabilidad.

La teoría del riesgo está aun en construcción y la definición de cada uno de los conceptos que la integran varía según los enfoques que se les den desde las ciencias naturales o las sociales. Puede aseverarse que los riesgos sísmico e hídrico de la Ciudad de México son construcciones sociales iniciadas a partir de la elección del lugar de su fundación y continuadas con su inusitado incremento poblacional y la deshidratación del subsuelo.

El Valle de México se caracteriza por su gran actividad sísmica y está ubicado en el llamado Cinturón de Fuego, donde se registran gran parte de los movimientos telúricos a nivel mundial. La deshidratación es básicamente consecuencia de las salidas artificiales hechas al Anáhuac: el Tajo de Nochistongo, el Gran Canal y el Drenaje Profundo; a causa de ellas la Ciudad de

México perdió su carácter lacustre y actualmente para su abasto hídrico importa agua y sobreexplota su acuífero. Como resultado de ese proceso en la región lacustre capitalina se amplifica la intensidad sísmica.

La interacción de riesgos sísmico e hídrico se manifiesta en la zona geotécnica lacustre de la capital, donde son significativas la velocidad de subsidencia del suelo y la intensidad sísmica. En el noreste de la delegación Iztapalapa se ha identificado el “sitio de interacción extrema”, ahí los hundimientos y agrietamientos del suelo son los máximos de la Ciudad de México y también lo es la intensidad sísmica. Existen otras dos regiones en Tláhuac e Iztapalapa nominadas “franjas críticas capitalinas” en las cuales la intensidad telúrica es máxima y la subsidencia del suelo llega anualmente a 36 centímetros.

El concepto “interés social” ha ido variando a través del tiempo y se considera así a la agrupación de vivienda edificada mediante la participación de un organismo público. En México los conjuntos de interés social se inician en 1949 con la edificación de la “Unidad Habitacional Miguel Alemán” y actualmente el Instituto de Vivienda del Distrito Federal es quien los financia.

Aunque la tipología de dichos conjuntos es muy diversa, los programas arquitectónicos de las viviendas son muy similares, éstas constan de estancia-comedor, dos recamaras, baño y cocina con patio de tendido con un área construida de 60 a 65 metros cuadrados. La mayoría de dichas viviendas están alojadas en edificios de cinco niveles, ya que a partir de los años setenta se dejó de financiar vivienda de interés social en edificios altos, así como casas unifamiliares y dúplex.

El riesgo hídrico en los conjuntos tiene múltiples aspectos pero el más significativo es el ocasionado por la sobreexplotación del acuífero metropolitano, lo cual origina hundimientos diferenciales y desplomos en los edificios, así también fracturas en sus estructuras.

En el desastre urbano atribuido por los sismos de 1985, cerca de cien mil viviendas capitalinas sufrieron daños, se derruyeron o quedaron inhabitables; ello hace ver lo grave que puede ser la interacción de riesgos sísmico e hídrico a que están sometidos este tipo de conjuntos. Puede afirmarse que los sismos sólo anticipan la caída de los edificios dañados por la deshidratación del suelo.

La mitigación de la interacción de riesgos sísmico e hídrico en los conjuntos existentes en el Distrito Federal es una tarea insoslayable de realizar, ya que aproximadamente 471 mil viviendas que alojan a más de 1,9 millones de capitalinos no cumplen con la reglamentación vigente y muchas de ellas están en grave riesgo. Lo ideal sería demoler esas viviendas en riesgo y construir otras, sin embargo los recursos con que cuenta el país son insuficientes para hacerlo.

Por eso es indispensable pensar en estrategias que permitan utilizar de manera óptima los recursos existentes y priorizar la rehabilitación de los conjuntos habitacionales dañados o en riesgo, de tal manera que se evite otra catástrofe en nuestra ciudad. Son especialmente vulnerables las viviendas construidas en las “franjas críticas capitalinas”, dado que la intensidad sísmica considerada en su diseño es inferior a la establecida por las más recientes investigaciones geotécnicas y los agrietamientos y hundimientos del suelo no fueron considerados en el proyecto original.

De acuerdo a las autoridades capitalinas doce conjuntos habitacionales están severamente dañados o en riesgo de desplomarse; pero sólo seis son de alto riesgo sísmico, por tener más de cuatro niveles: Nueva Tenochtitlán en Tláhuac, CTM Culhuacán en Coyoacán, El Rosario en Azcapotzalco, Vallejo Patera en Gustavo A. Madero; José María Morelos y Concordia Zaragoza en Iztapalapa. En una inspección preliminar se constató que todos ellos son de cinco niveles, están estructurados con muros de carga y se encuentran en sitios donde se presenta la interacción de riesgos hídrico y sísmico.

Mediante una Evaluación Comparativa de la interacción de riesgos sísmico e hídrico, misma que constó de dos etapas, se ha determinado la prioridad y el orden en que deben rehabilitarse dichos conjuntos. En la evaluación primaria se valoró la interacción de las amenazas sísmica e hídrica en cada conjunto, considerando como indicadores los coeficientes sísmicos y la velocidad de subsidencia del suelo capitalino. En la evaluación secundaria se determinó la vulnerabilidad estructural de dichos conjuntos utilizando como indicadores: habitabilidad, edad, número de niveles, agrietamientos y desplomo.

Los resultados de la Evaluación Comparativa señalan que el conjunto Concordia Zaragoza es el que requiere con mayor prioridad las acciones para

mitigar la interacción de riesgos sísmico e hídrico, aunque dichas acciones ya se están llevando a cabo. El conjunto Nueva Tenochtitlán habrá de demolerse, ya que no es factible su rehabilitación por las condiciones estructurales en las que se encuentra y por representar un enorme riesgo para la ciudadanía, así también como dos edificios del conjunto Patera Vallejo. Los demás conjuntos están siendo renivelados y reparados y con ello se evitará su desastre.

Existen diversos procedimientos para reducir la deformabilidad del suelo como son la inclusión rígida y los pilotes de fricción; así también hay mecanismos que aminoran los efectos sísmicos: la aislación de base y los amortiguadores. Aunado a esto, los simulacros y la alerta sísmica, son partes importantes de la cultura de la protección civil y deberán implementarse en los nuevos conjuntos.

Al menos las viviendas de interés social que financia el gobierno capitalino deberán garantizar la seguridad de sus usuarios y cumplir con los otros dos principios básicos de la arquitectura: funcionalidad y belleza; además dichos conjuntos deben ser económicos y acordes con la legislación vigente y de preferencia sustentables.

El diseño arquitectónico es indudablemente el elemento más importante en la estabilidad de un edificio, el cual debe ser estable por sí mismo; la planta idónea es cilíndrica o poligonal, ya que así se podrá tener las mismas propiedades geométricas en cualquier dirección.

Es conveniente que los edificios habitacionales de interés social tengan un número máximo de seis niveles, estructura a base de muros de carga y cimentación rígida compensada; ya que el comportamiento de este tipo de edificios ante la interacción de riesgos sísmico e hídrico ha sido en general satisfactorio, pues aunque han sufrido daños no han colapsado súbitamente, ni aun en la “franja crítica capitalina”. Será conveniente garantizar que el centro de gravedad del edificio coincida con el de su cimentación; así también habrá que adicionarles mecanismos de control de desplomos, de amortiguamiento y de aislamiento sísmico.

En el Apéndice “B” de esta investigación se presenta la propuesta de un conjunto habitacional de interés social ubicado en una de las franjas capitalinas que cumple con las características anteriormente enunciadas.

Referencias

- Aguilar H. R., Galicia M., Pérez-Rocha L. E., Avilés J., Vieitez L. y Salazar M. Efecto del hundimiento regional en las propiedades dinámicas del suelo. Centro de Investigaciones Sísmicas, A.C.
- Anexo a la Resolución 44/236, 22 de diciembre de 1989, Asamblea General, Naciones Unidas.
- Anguizola M. Eberto MSc. Ing. Modelación Probabilista del Riesgo Sísmico para la Ciudad de David. Vulnerabilidad Sísmica Estructural Ciudad de David. Instituto de Geociencias Universidad de Panamá. Octubre 2012. Panamá.
- Aparicio Florido José Antonio, La explosión de gases de San Juanico. Documentos: aparicioflorido@proteccioncivil-andalucia.org. @ Junio, 2003.
- Arnal Luis y Betancourt Max. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias. Editorial Trillas, México 2008.
- Banco de Datos del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y la Investigación Urbana OCIM-SIG. Cuadro 4. UAM-A. México. 2009.
- Boils Guillermo. Diseño y vivienda pública en México. Prototipos habitacionales de cuatro organismos gubernamentales de vivienda. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Conferencia de prensa de Alistair Henley, director de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna para la región de Asia y el Pacífico. Beijing, China, septiembre 21 de 2010. Associated Press.
- Coulomb, Rene y Monterrubio Anavel. De la reconstrucción postsísmica al programa de vivienda de alto riesgo. VII Encuentro Internacional sobre Manejo y Gestión de Centros Históricos. La Habana, Cuba. Diciembre 3 de 2009.
- Creixell M. José. Estabilidad de las Construcciones. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México. 1984.
- Diccionario de la Lengua Española. Real Academia de la Lengua XXII Edición. Editorial Espasa Calpe, S. A. España. 2001.
- Fundación ICA, A. C. Experiencias derivadas de los sismos de septiembre de 1985. Editorial Limusa, México. 1988
- Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM 2010. El terremoto de Chile del 27 de febrero de 2010 Mw 8.8.
- Hernández G. Berenice. Et al. Análisis de riesgos por hundimiento y agrietamiento en el noreste de la delegación Tláhuac. Instituto de Geología. UNAM.
- Hernández Ch. Julio y Segovia T. José. Delegación Cuauhtémoc. Unidad Tlatelolco.TGC-3740. México. 20010.
- Herrero, Ana Carolina. Desarrollo metodológico para el análisis del riesgo hídrico poblacional humano en cuencas periurbanas. Caso de estudio: Arroyo las Catonas, Región Metropolitana de Buenos Aires. Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires. Argentina. 2006.
- Huerta Parra, José Mario. Exterminio del Anáhuac. Tesis de Maestría. UNAM. México 2007.
- Krieger, Peter. Megalópolis. La Modernización de la Ciudad de México en el siglo XX. Instituto de Investigaciones Estéticas. U. N. A. M. México. 2006. P. 80.

- Krisha Singh Shri y Pérez Campos Xyoli. Reflexiones sobre sismos recientes. Revista Ingeniería Civil No. 505. México. Mayo de 2011.
- Laboratorio de la Ciudad de México. ZMVM. CONACULTA. INBA. México. 2000.
- Lavell, Allan. Ciencias Sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso. Ponencia para el Foro Desastres Naturales y Protección Civil organizado por el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales en la Ciudad de México en febrero de 1992.
- Lavell, Allan y Brenes Alonso. (Compiladores). ENOS. Variabilidad Climática y el Riesgo de Desastre en las Américas: Proceso, Patrones, Gestión. El riesgo y el riesgo de desastre: conceptos y características centrales, Editorial Librería Alma Mater. 1ª. Edición. San José, Costa Rica. 2008.
- Ley de Protección Civil publicada el 6 de junio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.
- Ley de Protección Civil del Distrito Federal publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.
- Ley de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal 3 de Abril de 2012.
- López Carmona, Fernando. Estudios de la condición actual de la Catedral Metropolitana, las condiciones de la estructura en función del programa del suelo Tesis Doctoral. UNAM. México, 1993.
- López Carmona, Fernando. Estudio de la condición actual de la Catedral Metropolitana. Las condiciones de estructura en función del problema del suelo. Tesis Doctoral. UNAM 1992.
- López de Gómora Francisco. Historia de la Conquista de México. Editorial Robredo, S. A. México. 1943.
- Mansilla Elizabeth. Riesgo y Ciudad. División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2000
- Mansilla Elizabeth. Marco general de riesgo en México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Buró Regional para América Latina y el Caribe. Diciembre, 2008.
- Maskrey, Andrew (Compilador). Los desastres no son naturales. 1993
- Omar Darío Cardona. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo-"Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo". ...www.desenredando.org/public/.../1993/.
- Meli Piralla Roberto y Sánchez Ramírez Abraham. La rehabilitación de la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México. Revista Digital Universitaria. Vol. 2. No 2. México. Junio de 2001.
- Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.
- Paul Oliver y Yasemin Aysanión. Housing and Culture After Earthquakers.
- Perló Cohen Manuel. Riesgo, vulnerabilidad y prevención de desastres en las grandes ciudades. Lincoln Institute Research Report. 2000.
- Pineda P. y Peláez T. Artículo:" Procedimientos de medición del hundimiento en la ciudad de México". Ingeniería geotécnica en zonas urbanas afectadas por hundimiento regional. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2009.
- Portal Ciudadano INVI, México. 2010.

- Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en el Distrito Federal". Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. México. 30 de junio de 2008.
- Rabel Cecilia. Los estudios de demografía histórica novohispánica: una revisión crítica. Comité Mexicano de Ciencias Históricas. Mexico 1990.
- Santoyo Villa, Enrique. Historia y actualidad del hundimiento regional de la Ciudad de México.
- Santoyo V. Enrique y Santoyo R. E. Retos geotécnicos en edificios ligeros. TGC Geotecnia y TGC Ingeniería. S. F.
- Santoyo Villa Enrique. La sobreexplotación de los acuíferos genera dos alarmantes amenazas. El caso del acuífero del Valle de México. IC Ingeniería Civil. Num. 526/Año LXIII/Febrero 2013. México.
- Santoyo Villa, Enrique. Cimentaciones de Templos y conventos de los siglos XVI a XVIII. 25 casos de comportamiento problemático. Tesis Doctoral UNAM 2010.
- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio "El subsuelo y la ingeniería de cimientos en el área urbana del Valle de México. 1978.
- Tenoch. Block Mexicano de Tecnología. Inventores mexicanos: Manuel González Flores. México. Agosto 27 de 2009.
- Torres, Marco Aurelio. Sistemas de disipación pasiva de energía sísmica. Revista Construcción y Tecnología en Concreto. www.imcyc.com/revistacyt/en11/ingenieria.htm
- ONU. Desastres en 2011, los más costosos. Associated Press. Marzo 5 de 2012.
- Wilches-Chaux Gustavo. Los desastres no son naturales. La Vulnerabilidad Global. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina 1993. <http://www.desenredando.org>
- Velazquez Hernández Alejandro. Reforzamiento y recimentación de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo dentro de la delegación Iztapalapa. Tesis. Instituto Tecnológico de la Construcción. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. México. 2003.
- Villavicencio Judit (coordinadora). Conjuntos y Unidades Habitacionales en la Ciudad de México. Editorial de la Red Nacional de Investigación Urbana, A, C, Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. México. 2006.

Índice de imágenes

Fig. 1.1 Edificio Nuevo León. 1985. http://reformacom.typepad.com/espacio_e_elector/2011/09/el-sismo-en-la-memoria.html

Fig. 1.2 Marquesina del Hotel Regis. Sismo1985. Salcido, Iván. El terremoto de 1985: 25 Años en nuestra memoria. México, 2010 .P. 347.

Fig. 1.3 Terremoto 1957. Caída del Ángel. www.mexicomaxico.org/parismex/resumenhtm.agosto2010

Fig. 1.4 Erupción del volcán Popocatepetl. <http://www.edy.com.mx/2012/04/que-hacer-ante-una-erupcion-del-volcan-popocatepetl/>

Fig. 1.5 Inundación en la ZMVM. <http://www.google.com.mx/url>.

Fig.1.6 Explosión en San Juanico. 1984. ZMVM. apariciofloridoroteccioncivil-andalucia.org.Junio,2003.

Fig. 1.7 Explosión de drenaje en Guadalajara. 22 abril 1992. [alvarolopez50.wordpress](http://alvarolopez50.wordpress.com).

- Fig. 1.8 Mujeres Mazahuas en la Ciudad de México. www.jornada.unam.mx
- Fig. 1.9 Sismo 2010 Haití. http://www.diarioimagen.net/?attachment_id=699
- Fig. 1.0 Sismo 2010 Chile. <http://trabajosvoluntarios2010.blogspot.mx/>
- Fig. 1.11 Localización de la Cuenca de México. Departamento del Distrito Federal. Evolución de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Secretaría General de Obras. México. 1994. P. 35.
- Fig. 1.12 La Cuenca en el Mioceno. Idem. P. 29
- Fig. 1.13 La Cuenca en el Plioceno- Pleistoceno Idem. P. 31.
- Fig. 1.14 La Cuenca en el Plioceno. Idem. P. 33.
- Fig. 1.15 La Cuenca en el Cuaternario. Idem. P. 36.
- Fig. 1.16 Desecación de lagos en la Cuenca de México. Laboratorio de la Ciudad de México. ZMVM. CONACULTA. INBA. México. 2000. P. 103.
- Fig. 1.17 Representación del torbellino de Pantitlán en el Códice Florentino. Cruickshank García, Carlos. Proyecto Lago de Texcoco. Sistemas Gráficos, E. S.A. de C. V. México. 1998. P. 54.
- Fig. 1.18 Desagüe por Huehuetoca. Departamento del Distrito Federal. Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo II. Talleres Gráficos de la Nación. México. 1976. P. 101.
- Fig. 1.19 Desagüe por Tequixquiac. Idem. P. 101
- Fig. 1.20 Intervención Norteamericana 1847. [Circuloestudios-centro_historico.blogspot.com](http://circuloestudios-centro_historico.blogspot.com).
- Fig. 1.21 ZMVM en la Cuenca de México. Revista Arqueología Mexicana. Lagos del Valle de México. Vol. XII - Núm. 68. Julio –Agosto 2004. P. 45.
- Fig. 1.22 Sistema de Drenaje Profundo. Legorreta, Jorge. El Agua y la Ciudad de México. De Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI. UAM-Azcapotzalco. México 2006. P. 51.
- Fig. 1.23 Nabor Carrillo. <http://www.smig.org.mx/archivos/paginas/historia.html>.
- Fig. 1.24 Mancha urbana de la ZMVM. Laboratorio de la Ciudad de México. ZMVM. CONACULTA. INBA. México. 2000. P. 14.
- Fig. 1.25 Expansión de la mancha urbana metropolitana. Idem P. 17.
- Fig. 1.26 Hundimiento metropolitano entre 1910 y 1990. Descripción del acuífero y su explotación. www.atl.org.mx.
- Fig. 1.27. Mapa de configuración de hundimientos. Publicado por P. Pineda y T. Peláez en el artículo: "Procedimientos de medición del hundimiento en la ciudad de México". Ingeniería geotécnica en zonas urbanas afectadas por hundimiento regional. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2009.
- Fig. 1.28 Grieta con arreglo Echelón. Hernández G. Berenice. Et al. Análisis de riesgos por hundimiento y agrietamiento en el noreste de la delegación Tláhuac. Instituto de Geología. UNAM..
- Fig. 1.29 Grieta con arreglo Anastosomado. Hernández G. Berenice. Et al. Análisis de riesgos por hundimiento y agrietamiento en el noreste de la delegación Tláhuac. Instituto de Geología. UNAM.
- Fig. 1.30 Zonificación para fines de diseño sísmico de estructuras. Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Protección Civil del Distrito Federal NTC-002-SPCDF-PV-2010. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 4 de agosto de 2010.
- Fig. 1.31 Interacción de riesgos en el D.F. Mapa elaborado por Mario Huerta Parra.

Fig. 2.1 Predominio de conjuntos habitacionales en el año 2000 en el D. F. Villavicencio Judit (coordinadora). Conjuntos y Unidades Habitacionales en la Ciudad de México. Editorial de la Red Nacional de Investigación Urbana, A, C, Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. México. 2006

Fig. 2.2 Vista aérea de la Unidad Independencia. www.gogglmaps.

Fig. 2.3 Prototipo "Multifamiliar cajón A-79" del INFONAVIT. Boils Guillermo. Diseño y vivienda pública en México. Prototipos habitacionales de cuatro organismos gubernamentales de vivienda. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. P.

Fig. 2.4 Prototipo "M-1 de vivienda multifamiliar del FOVISSSTE. Idem. P.

Fig.2.5 Agrietamientos en vivienda de Iztapalapa. Ramos Alejandro. "Impactan grietas a 14 mil viviendas de Iztapalapa". www.terra.com.mx/noticias. 20 julio 2011.

Fig. 2.6 Cada vez es más frecuente la aparición de grietas en el D.F. El Universal. Marzo/28/2011.

Fig. 2.7 Superposición de los conjuntos habitacionales en el mapa de zonificación sísmica

Fig. 3.1 Amortiguador neumático. www.imcyc.com/revistacyt/en11/ingenieria.htm

Fig. 3.2 Localización de conjuntos en mapa del DF. Mapa elaborado por Mario Huerta Parra.

Fig. 3.3 Localización de conjuntos en zonas sísmicas. Mapa elaborado por Mario Huerta Parra.

Fig. 3.4 Localización de conjuntos en regiones de subsidencia. Mapa elaborado por Mario Huerta Parra.

Fig.3.5 Desplome y agrietamientos en el conjunto La Concordia Zaragoza. ciudadanosenred.com.mx/.../presentan-daños-estru. 5 de marzo 2010

Fig.3.6 Desalojo del conjunto Nueva Tenochtitlán. www.jornada.unam.mx/2009/10/28/capital/035n1cap

Fig. 3.7 Desplome de edificios del conjunto Patera Vallejo. <http://gustavoamadero.olx.com.mx/vallejo-unidad-patera-departamento>

Fig.3.8 Inestabilidad en los patios de servicio en edificios del conjunto El Rosario. <http://azcapot.wordpress.com/author/azcapot/>

Fig.3.9 Edificio del conjunto CTM Culhuacán. <http://www.eluniversaldf.mx/coyoacan/nota17122.html>

Fig. 3.10 Edificios del conjunto José María Morelos. Fotografía personal de Mario huerta Parra.

Fig. 4.1 Efecto de un sismo en un edificio. www.construaprende.com/foro/ailamientobasal-ut3436htm/

Fig.4.2 Efecto de un sismo en un edificio con aislación de base. www.construaprende.com/foro/ailamientobasal-ut3436htm/

APÉNDICE “A”

A.1 CONCORDIA ZARAGOZA

A.2 NUEVA TENOCHTITLÁN

A.3 PATERA VALLEJO

A.4 EL ROSARIO

A.5 CTM CULHUACÁN

A. 6 JOSÉ MARÍA MORELOS

A.7 LA COLMENA

A.8 SOLIDARIDAD

A.9 EJERCITO DE ORIENTE ZONA I

A.9ª. EJERCITO DE ORIENTE PEÑÓN

A.10 SANTA CRUZ MEYEHUALCO

A.11 POPULAR ERMITA ZARAGOZA

A.12 VILLA CENTROAMERICANA

A.13 CUADRO DE INTERACCIÓN DE AMENAZAS

A.14 CUADRO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

A.15 CUADRO DE INTERACCIÓN DE RIESGOS

A.1 CONCORDIA ZARAGOZA



Delegación: Iztapalapa

Delimitaciones: Al norte con Francisco Cesar M; al sur con Calle Ignacio Zaragoza; al oriente con Octavio Paz y al poniente con Pinos.

Zona Geotécnica: IIIb
Velocidad de subsidencia: 20 a 28 cm/año
Número de niveles: 5

Edad: 15 años
Desplome máximo: 1-2%
Agrietamiento: fisuras inclinadas
Material en muros de carga: tabique hueco vidriado
Habitabilidad: desalojo ocasional

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.2 NUEVA TENOCHTITLAN



Delegación: Tlhuac

Delimitaciones: Al norte con la avenida Tlhuac; al sur con Canal Acalote; al oriente con la Unidad Habitacional Zacatenco y al poniente con La Nueva Merced, Almacén de Abarrotes

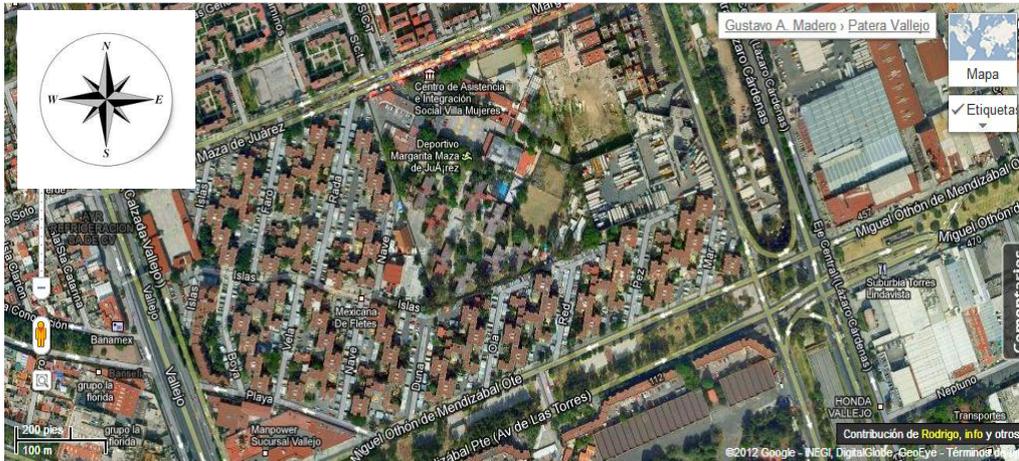
Zona Geotécnica: II
Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
Número de niveles: 5

Edad: 17 años
Desplome máximo: >2%
Agrietamiento: grietas diagonales
Material en muros de carga: block hueco de cemento-arena
Habitabilidad: desalojo definitivo

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.3 PATERA VALLEJO

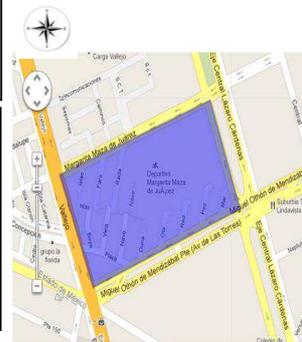


Delegación: Gustavo A. Madero
Delimitaciones: Al norte con la calle y el deportivo Margarita Maza de Juárez; al sur con la calle Miguel Othón de Mendizábal Oriente; al oriente con el Eje Central (Lázaro Cárdenas) y al poniente con el Eje 1 Poniente (Calzada Vallejo).

Zona Geotécnica: II
Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
Número de niveles: 5

Edad: 38 años
Desplome máximo: >2%
Agrietamiento: fisuras inclinadas
Material en muros de carga: tabique hueco vidriado
Habitabilidad: desalojo parcial

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.5 CTM CULHUACÁN



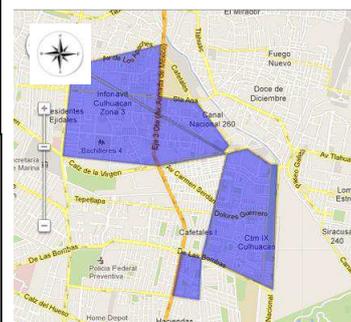
Delegación: Coyoacán

Delimitaciones: Al norte con avenida de los Apaches; al sur con calzada de la Virgen-calzada de las Bombas-Rancho Vista Hermosa; al oriente con Canal Nacional y al poniente con Eje 2 Oriente (Heroica Escuela Naval Militar)-Eje 3 Oriente (avenida Armada de México)

Zona Geotécnica: II
Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
Número de niveles: 5

Edad: 38 años
Desplome máximo: 1-2%
Agrietamiento: fisuras inclinadas
Material en muros de carga: tabique recocido
Habitabilidad: desalojo ocasional

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.6 JOSÉ MARÍA MORELOS



Delegación: Iztapalapa

Delimitaciones: Al norte con Reyna Xochitl (Unidad Habitacional Peñón Viejo); al sur con terreno baldío; al oriente con terreno baldío y al poniente con Chimalpopoca.

Zona Geotécnica: I
Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
Número de niveles: 5

Edad: 18 años
Desplome máximo: <1%
Agrietamiento: fisuras horizontales y verticales
Material en muros de carga: block hueco de cemento-arena
Habitabilidad: sin desaloio

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.7 LA COLMENA



Delegación: Iztapalapa
Delimitaciones: Al norte con Miguel Ángel; al sur con Logino Maya; al oriente con Sentimientos de la Nación y al poniente con José María Gutiérrez.

Zona Geotécnica: IIIb
Velocidad de subsidencia: 36 a 40 cm/año
Número de niveles: 3

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.9 EJÉRCITO DE ORIENTE ZONA I



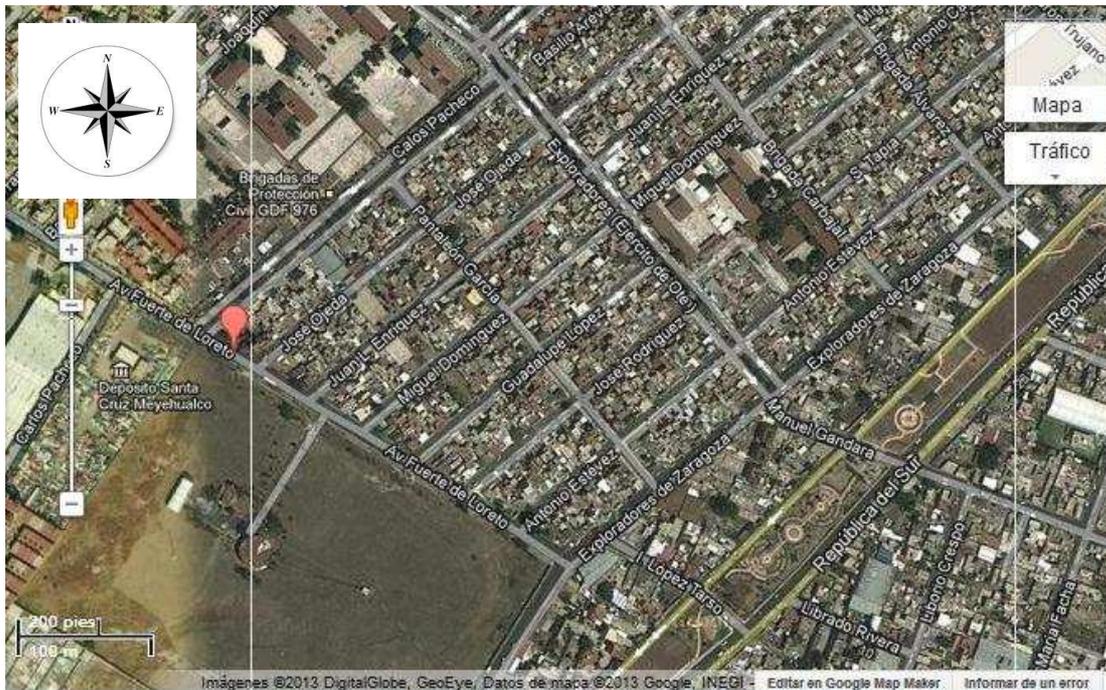
Delegación: Iztapalapa
Delimitaciones: Al norte con avenida Ignacio Zaragoza; al sur con Batallón Fijo de Veracruz; al oriente con Batallón Ligero de Toluca y al poniente con la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza).

Zona Geotécnica: IIIc
Velocidad de subsidencia: 20 a 28 cm/año
Número de niveles: 3

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.9ª EJÉRCITO DE ORIENTE PEÑÓN



Delegación: Iztapalapa
 Delimitaciones: Al norte con Exploradores; al sur con Av. Fuerte de Loreto; al oriente con Exploradores de Zaragoza y al poniente con Carlos Pacheco.

Zona Geotécnica: IIIc
 Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
 Número de niveles: 2

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



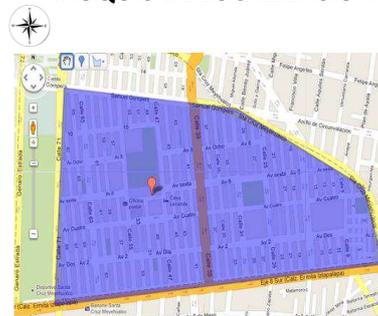
A.10 SANTA CRUZ MEYEHUALCO



Delegación: Iztapalapa
Delimitaciones: Al norte con la calle Santa Cruz Meyehualco; al sur con el Eje 8 Sur (calzada Ermita Iztapalapa); al oriente con la calle Santa Cruz Meyehualco y al poniente con la calle 71 y la calle 73.

Zona Geotécnica: IIIb
Velocidad de subsidencia: 0 a 12 cm/año
Número de niveles: 2

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



A.11 POPULAR ERMITA ZARAGOZA



Delegación: Iztapalapa

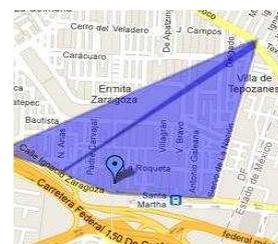
Delimitaciones: Al norte con Exploradores; al sur con Av. Fuerte de Loreto; al oriente con Exploradores de Zaragoza y al poniente con Carlos Pacheco.

Zona Geotécnica: IIIa

Velocidad de subsidencia: 12 a 20 cm/año

Número de niveles: 2

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

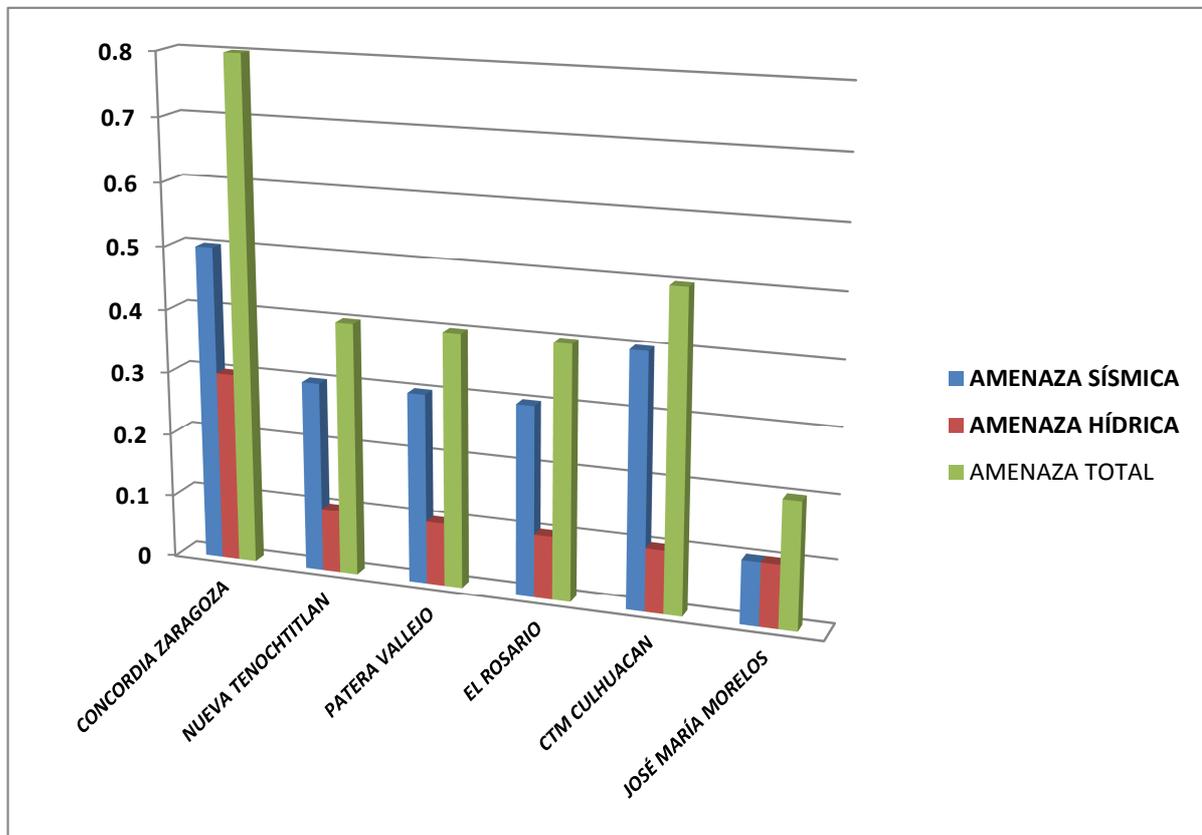


EVALUACIÓN PRIMARIA

A.13 CUADRO DE INTERACCIÓN DE AMENAZAS

No	NOMBRE DEL CONJUNTO	AMENAZA SÍSMICA	INDICADOR	AMENAZA HÍDRICA	INDICADOR	AMENAZA TOTAL
1	CONCORDIA ZARAGOZA	MÁXIMO	0.5	MEDIO	0.3	0.8
2	NUEVA TENOCHTITLAN	MEDIO	0.3	MINIMO	0.1	0.4
3	PATERA VALLEJO	MEDIO	0.3	MINIMO	0.1	0.4
4	EL ROSARIO	MEDIO	0.3	MINIMO	0.1	0.4
5	CTM CULHUACAN	ALTO	0.4	MINIMO	0.1	0.5
6	JOSÉ MARÍA MORELOS	MINIMO	0.1	MINIMO	0.1	0.2

GRÁFICA DE INTERACCIÓN DE AMENAZAS

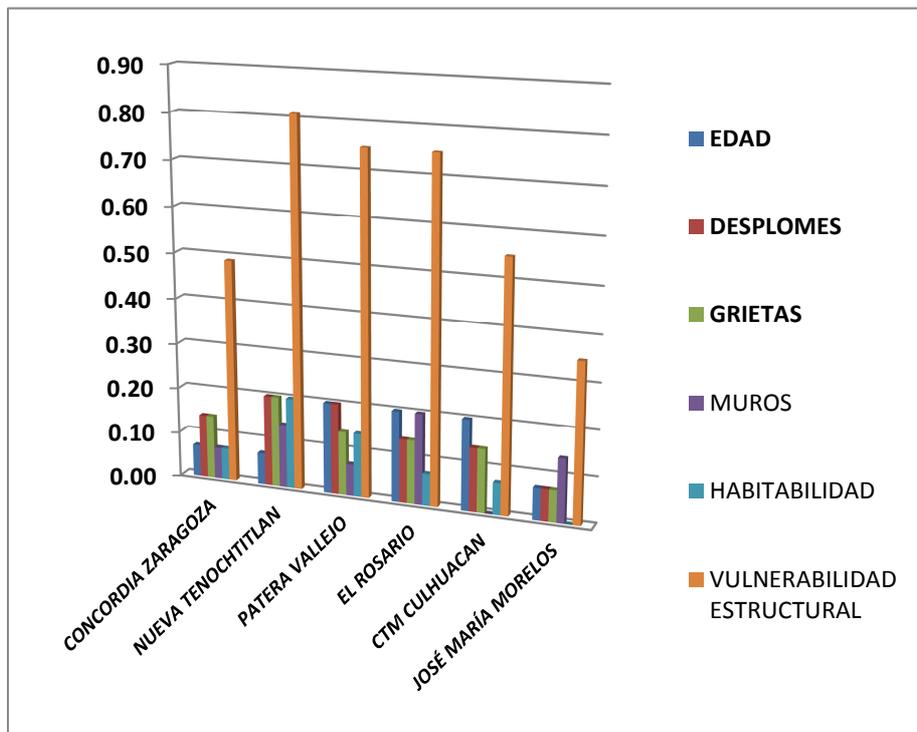


EVALUACIÓN COMPLEMENTARIA

A.14 CUADRO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

No	CONJUNTO HABITACIONAL	EDAD	DESPLOMES	GRIETAS	MUROS	HABITABILIDAD	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
1	CONCORDIA ZARAGOZA	0.07	0.14	0.14	0.07	0.07	0.49
2	NUEVA TENOCHTITLAN	0.07	0.20	0.20	0.14	0.20	0.81
3	PATERA VALLEJO	0.20	0.20	0.14	0.07	0.14	0.75
4	EL ROSARIO	0.20	0.14	0.14	0.20	0.07	0.75
5	CTM CULHUACAN	0.20	0.14	0.14	0.00	0.07	0.55
6	JOSÉ MARÍA MORELOS	0.07	0.07	0.07	0.14	0.00	0.35

GRÁFICA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

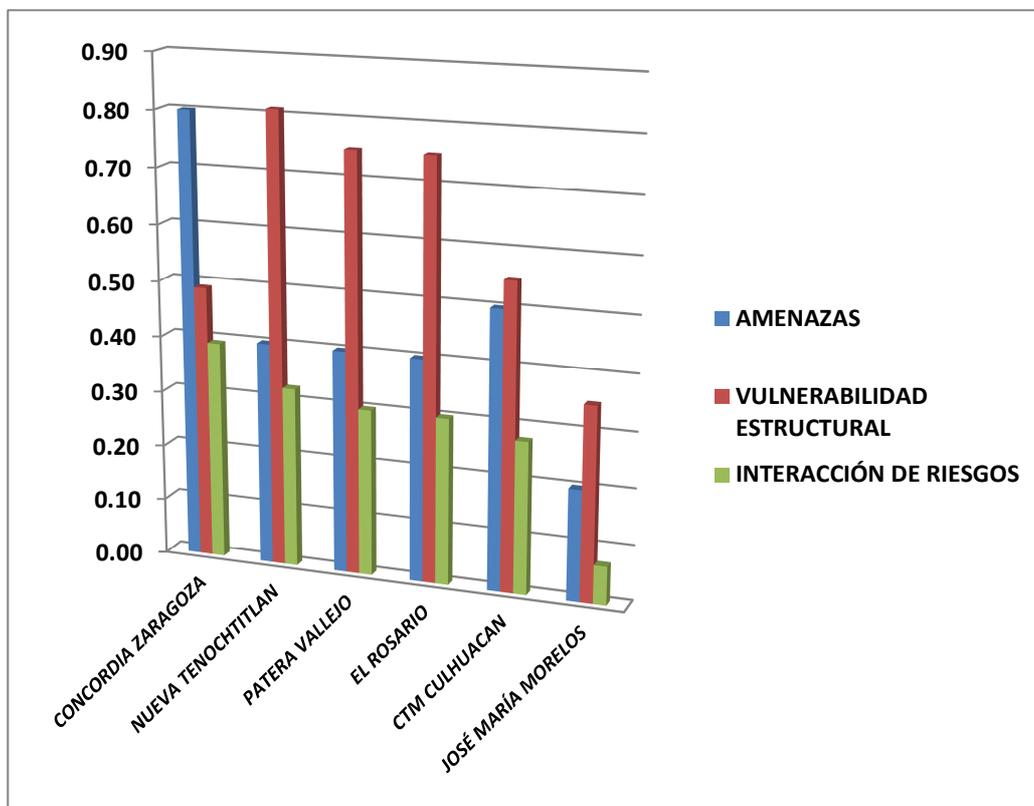


EVALUACIÓN COMPARATIVA

A.15 CUADRO DE INTERACCIÓN DE RIESGOS

No.	NOMBRE CONJUNTO	AMENAZAS	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	INTERACCIÓN DE RIESGOS
1	CONCORDIA ZARAGOZA	0.80	0.49	0.392
2	NUEVA TENOCHTITLAN	0.40	0.81	0.324
3	PATERA VALLEJO	0.40	0.75	0.300
4	EL ROSARIO	0.40	0.75	0.300
5	CTM CULHUACAN	0.50	0.55	0.275
6	JOSÉ MARÍA MORELOS	0.20	0.35	0.070

GRÁFICA DE INTERACCIÓN DE RIESGOS



APÉNDICE “B”

B.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE UN CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL UBICADO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

- **PLANOS ARQUITECTÓNICOS**

B.2 MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE UN CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL UBICADO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

- **PLANOS ESTRUCTURALES**

B.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE UN CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL UBICADO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

1. UBICACIÓN.

El conjunto habitacional de Interés social se propone en un predio de forma cuadrangular de una hectárea ubicado en la zona geosísmica IIIb, con subsidencia anual de 36 centímetros en la Ciudad de México.

2. NORMATIVIDAD.

El proyecto se desarrolló cumpliendo con la Ley de Vivienda del Distrito Federal y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias en vigor. La edificación se clasifica en el Subgrupo B1 por tener más de 3,000.00 m² de construcción y estar localizada en la Zona Geotécnica III.

3. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

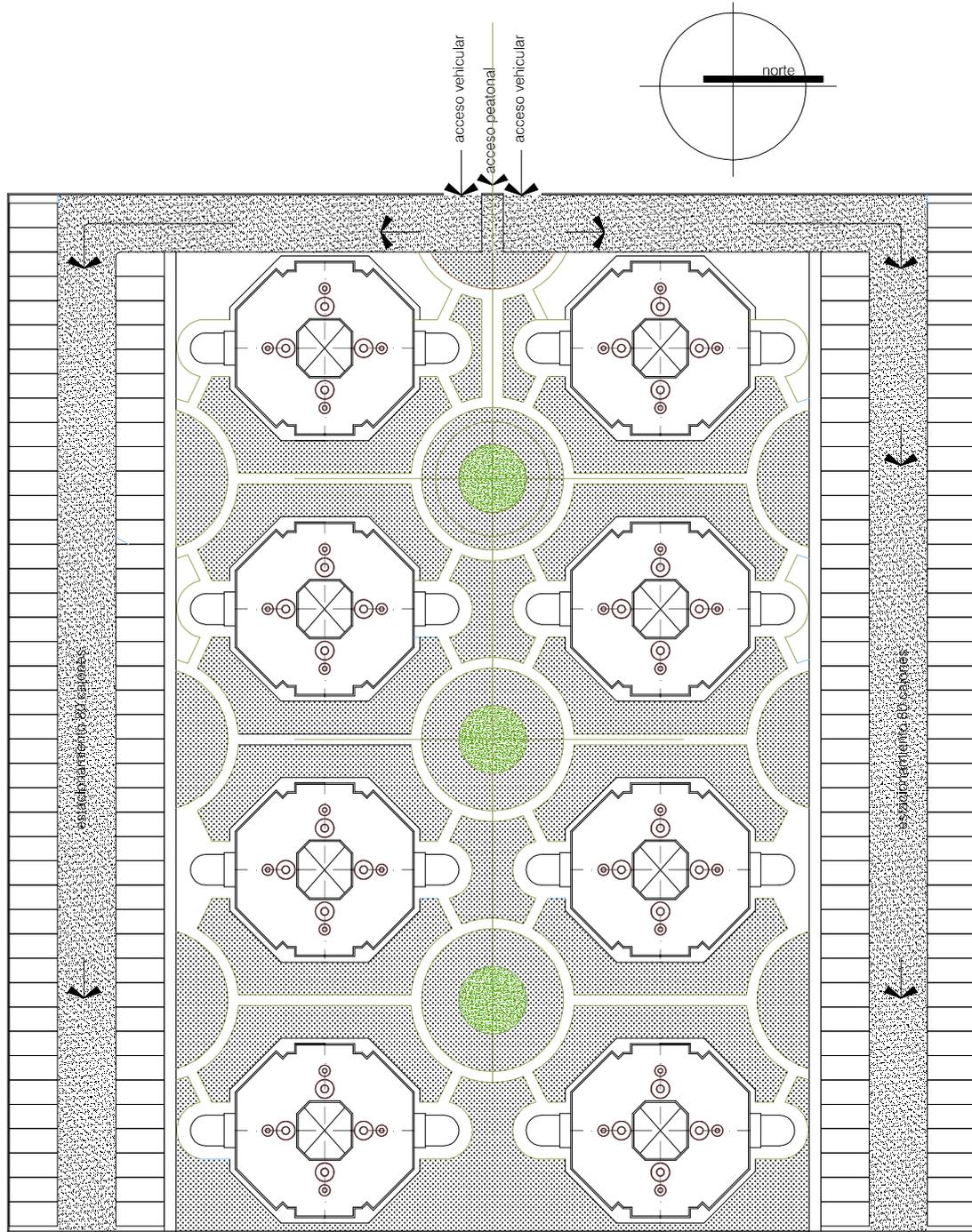
El Conjunto Habitacional consta de ocho edificios con planta octagonal; cada uno de ellos tiene Planta Baja y cuatro niveles. Se accede a los departamentos mediante un cubo de escaleras que está separado del edificio mediante una junta constructiva.

Cada nivel contiene cuatro departamentos dispuestos alrededor de un cubo de iluminación y ventilación natural. Cada departamento tiene 60.00 m² de construcción y consta de estancia-comedor, dos recamaras, cocina, baño y área de servicio. En la azotea se ubican los tanques de almacenamiento de agua y en la base del cubo de iluminación se encuentra la cisterna.

Cada departamento cuenta con un cajón de estacionamiento y por cada veinte se propone uno especial para personas con capacidades diferentes.

RESUMEN GENERAL

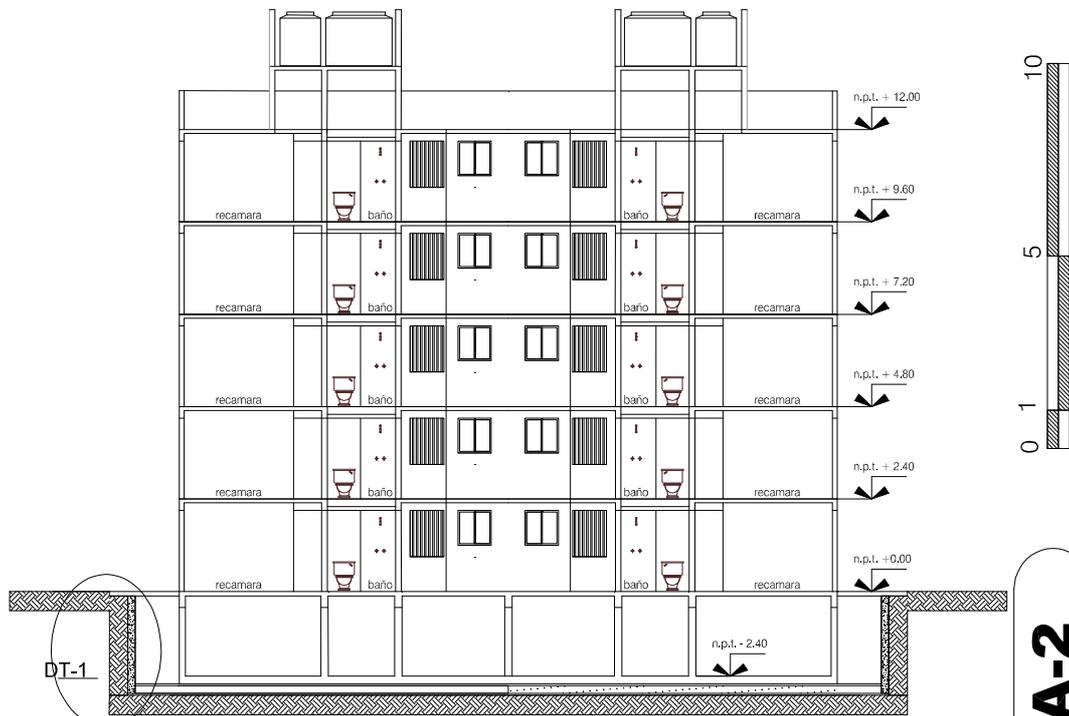
CUADRO DE AREAS	m²
Superficie total del predio	10,000.00 m2
Área ocupada del terreno	2,160.00 m2
Área libre	7,840.00 m2
Área construida en planta baja por edificio	240.00 m2
Área total construida	9,840.00 m2
Número total de cajones de estacionamiento	160
Número total de departamentos	160
Número de departamentos por edificio	20
Número de edificios	8



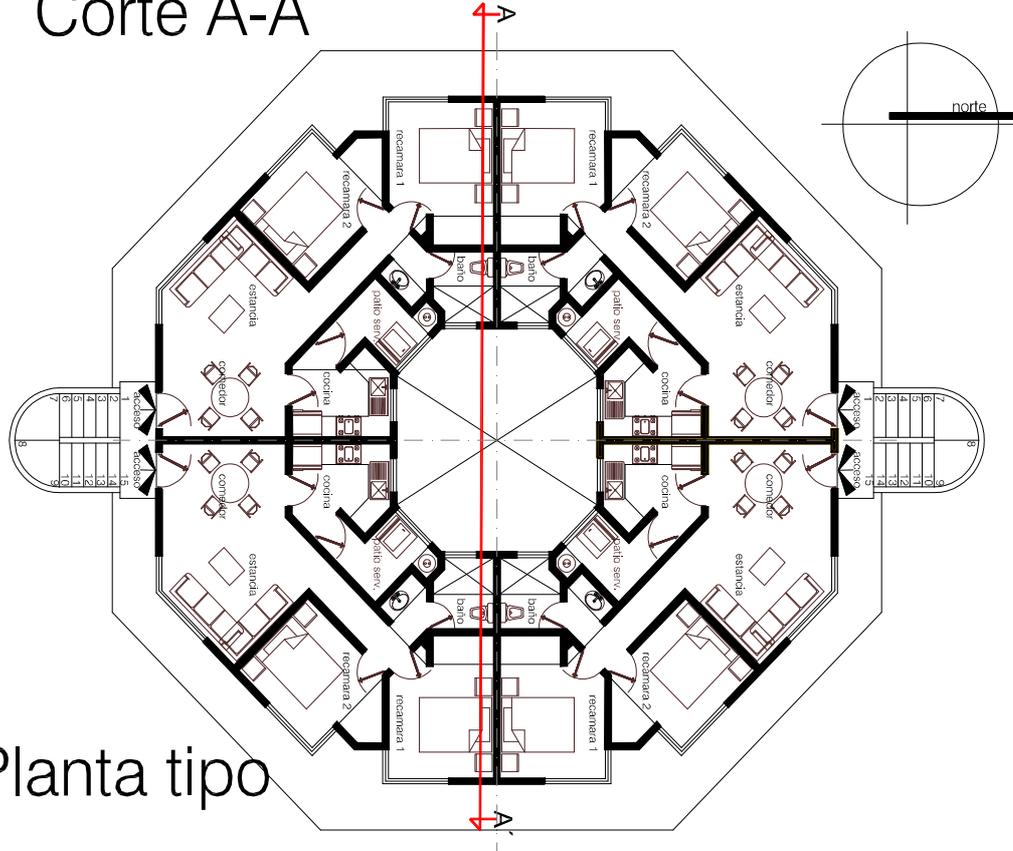
Planta de conjunto

A-1

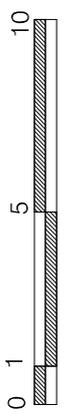
PLANO: **ARQUITECTÓNICO**



Corte A-A'

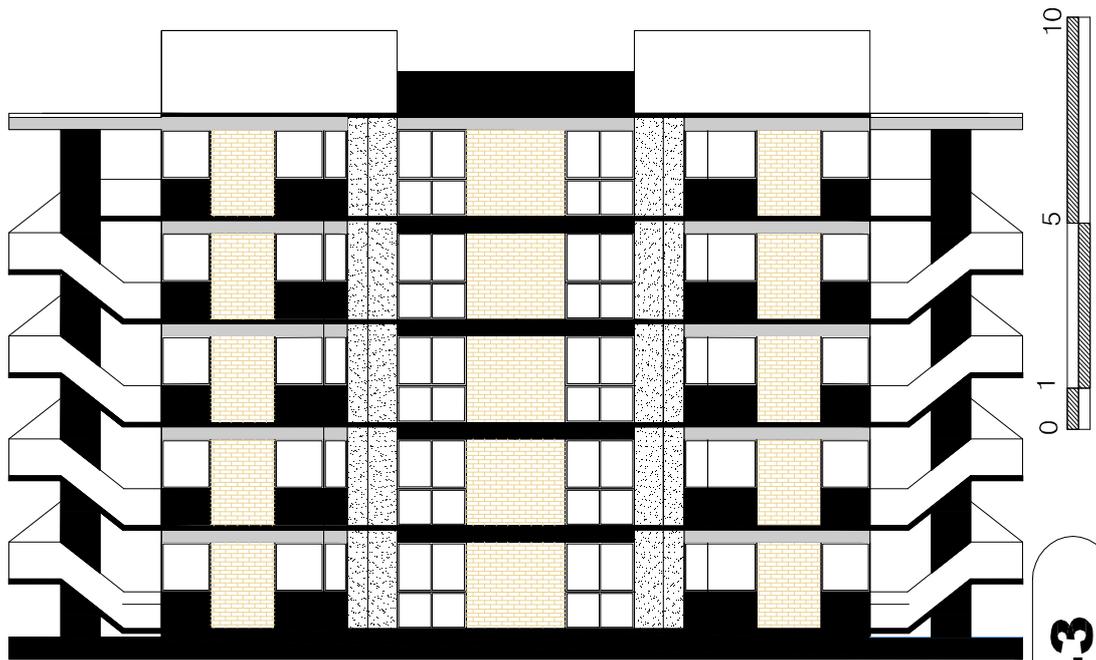


Planta tipo

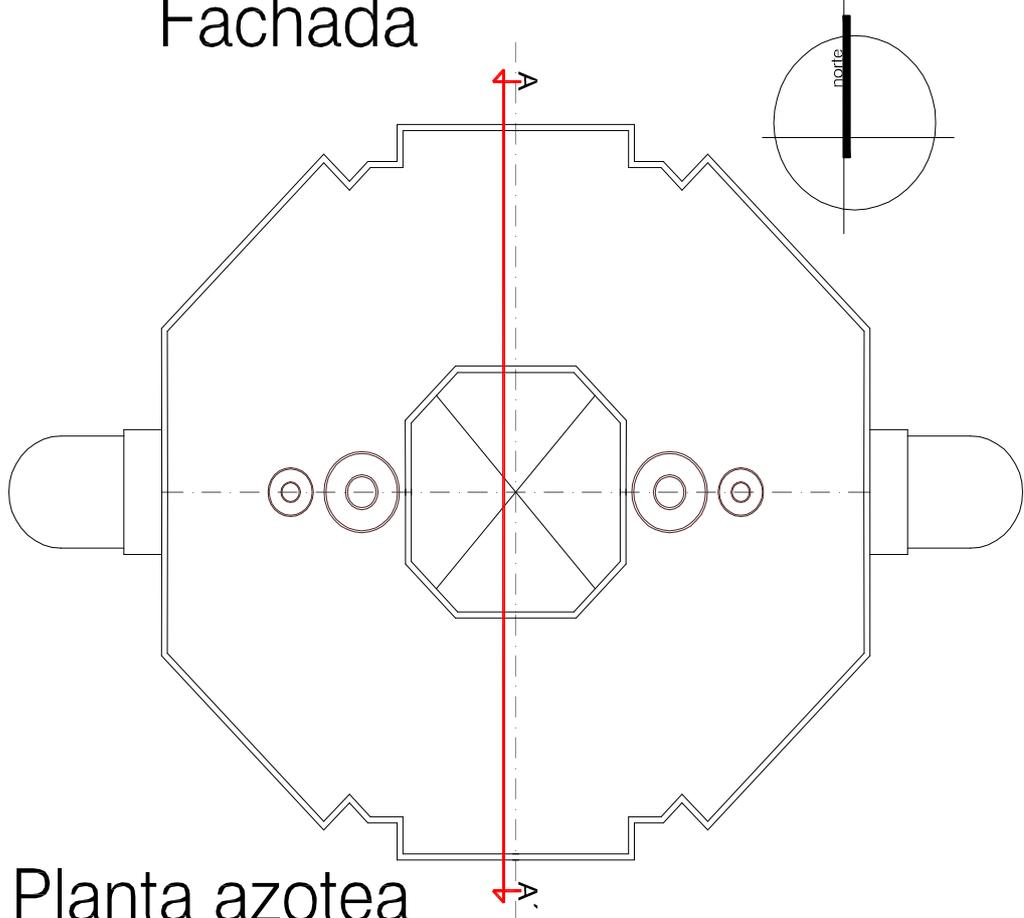


A-2

PLANO : ARQUITECTÓNICO



Fachada



Planta azotea

A-3

PLANO : ARQUITECTÓNICO

B.2 MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE UN CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL UBICADO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto ha sido desarrollado cumpliendo las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en vigor y consiste en la construcción de un conjunto habitacional conformado por ocho edificios los cuales presenta una planta arquitectónica octagonal de cinco niveles cada uno, con cuatro departamentos por piso, se cuenta con dos escaleras de acceso por edificio. La distribución arquitectónica de los edificios aparece en los planos correspondientes.

1.1 Estructuración

Se trata de una edificación para uso habitacional que consta de cajón de cimentación de concreto reforzado y cinco niveles de muros de carga de mampostería de tabique rojo recocido confinada por elementos de concreto reforzado, la altura de los entrepisos es de 2.50 m, los sistemas de piso son a base de losas macizas de concreto reforzado.

Debido a la zonificación sísmica, se propone el uso de muros de concreto reforzado, para garantizar el cumplimiento del estado límite de falla ante la sollicitación de fuerzas horizontales.

2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

2.1. Zonificación Sísmica

Por tratarse de una edificación del grupo B y localizarse en la zona geosísmica III_b, le corresponde un coeficiente para diseño sísmico de $c=0.45$ y una capacidad de carga del suelo de 1.5 t/m^2

2.2. Elección del tipo de Análisis Sísmico

Dadas las características geométricas de la estructura en planta, no es posible analizarla por un método simplificado, ya que no se cumple con las condiciones requeridas para la aplicación de dicho método. Por lo tanto será

necesario realizar el análisis sísmico aplicando el método estático, para lo cual es necesario el cálculo de la rigidez de los muros (para este cálculo, se emplearon las expresiones del libro del Arq. Rafael Farías Arce, Muros de Carga - Sismo)¹.

La distribución de las fuerzas sísmicas en cada elemento resistente, se realizó con el procedimiento indicado en el libro de Bazán/Melli, Diseño Sísmico de Edificios².

Para el factor de comportamiento sísmico, se propuso un valor de $Q=2$, y una reducción del mismo afectándolo por 0.9, ya que no se cumplen algunas de las condiciones de regularidad, aún cuando la estructura en planta tiene una forma muy regular.

Para el análisis estructural del edificio, se elaboró un modelo completo para análisis por medio de computadora, las cargas verticales se determinaron por medio de las áreas tributarias, y los momentos de volteo se calcularon proporcionalmente a las áreas de los muros.

2.3. Revisión de la resistencia de los muros

Para fines de revisión de la resistencia de los muros, se les consideró como muros confinados, para lo cual se emplearon las expresiones que se indican en el capítulo 5 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. El diseño por durabilidad, se realizó conforme a lo indicado en el capítulo 3 de las Normas ya mencionadas.

3. CARGAS

Las cargas muertas han sido consideradas de acuerdo al proyecto arquitectónico y las vivas empleando las recomendadas en el Reglamento para el uso al cual estará destinada la edificación, obteniendo las siguientes cargas de servicio.

¹ Farías Arce, Rafael. Muros de carga – sismo.: UNAM/Facultad de Arquitectura. Limusa/Noriega. México 1990

² Enrique Bazán y Meli Roberto. Diseño Sísmico de Edificios. Limusa. México 2004

3.1. Carga en muros de tabique rojo recocido

ELEMENTO	PESO VOLUMÉTRICO (t/m ³)			ESPESOR (Metros)	PESO UNITARIO (t / m ²)
	Mín.	Máx.	Prom.		
Mortero (cem- arena)	1.9	2.1	2.0	0.01	0.02
Tabique rojo recocido	1.7	1.9	1.8	0.14	0.25
				Total	0.27 (t/m²)

3.2. Carga en muros de concreto

ELEMENTO	PESO VOLUMÉTRICO (t/m ³)			ESPESOR (Metros)	PESO UNITARIO (t / m ²)
	Mín.	Máx.	Prom.		
Mortero (cem- arena)	1.9	2.1	2.0	0.01	0.02
Muro de concreto	2.1	2.3	2.2	0.15	0.33
				Total	0.35 (t/m²)

3.3. Carga en azotea

ELEMENTO	PESO VOLUMÉTRICO (t/m ³)			ESPESOR (Metros)	PESO UNITARIO (t / m ²)
	Mín.	Máx.	Prom.		
Firme	1.9	2.1	2.0	0.04	0.080
Relleno	0.6	0.8	0.7	0.08	0.056
Losa de concreto	2.2	2.4	2.3	0.10	0.23
Plafón	1.1	1.5	1.3	0.015	0.0195
				Más 20 kg, por cada mezcla hecha en obra	0.040
				Total	0.43 t/m²)

3.4. Carga en entrepiso

ELEMENTO	PESO VOLUMÉTRICO (t/m ³)			ESPESOR (Metros)	PESO UNITARIO (t / m ²)
	Mín.	Máx.	Prom.		
Firme	1.9	2.1	2.0	0.04	0.080
Piso cerámico	2.2	2.6	2.4	0.020	0.046
Losa de concreto	2.2	2.4	2.3	0.10	0.23
Plafón	1.1	1.5	1.3	0.015	0.0195
				Más 20 kg, por cada mezcla hecha en obra	0.040
				Total	0.42 t/m²

3.5. Resumen de cargas de servicio en entrepisos y azotea

AZOTEA

CARGAS	GRAVITACIONAL	SISMO
Muertas	430 kg/m ²	430 kg/m ²
Vivas	100 kg/m ²	70kg/m ²
Servicio	530 kg/m ²	500kg/m ²

ENTREPISO

CARGAS	GRAVITACIONAL	SISMO
Muertas	420 kg/m ²	420 kg/m ²
Vivas	170 kg/m ²	100kg/m ²
Servicio	590 kg/m ²	520kg/m ²

4. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se obtuvieron los elementos mecánicos de la estructura utilizando los factores de resistencia de cada uno de los materiales y se efectuó el diseño estructural de los elementos que integran la edificación con base a las Recomendaciones del Reglamento de Construcciones en vigor y sus Normas Técnicas Complementarias. Los resultados obtenidos se plasmaron en los planos estructurales E-01 y E-02.

5. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación propuesta como se mencionó anteriormente, será mediante un cajón de cimentación de concreto reforzado; la capacidad de carga del suelo considerada es de 1.5 t/m². La cimentación se aislará del suelo mediante una lámina de acero calibre 22 para reducir los efectos sísmicos y evitar que los agrietamientos del suelo afecten la edificación.

5.1. Hundimiento Regional

El conjunto se propuso en una zona con subsidencia anual máxima de 36cm y ha sido proyectado con una ampliación en la cimentación registrable para lastrar aquellas áreas del edificio con menor hundimiento.

5.2 Comentarios Adicionales

“Debido a que se trata de un ejercicio académico, y por lo tanto no se cuenta con parámetros específicos del terreno en el sitio, no se realizará un análisis de interacción suelo-estructura, aceptándose de entrada que la cimentación es lo suficientemente rígida para garantizar el buen comportamiento de la estructura.”³

6. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Los materiales deberán tener mínimamente las siguientes calidades:

Concreto Clase 2	$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Refuerzo	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Estribos No. 2	$F_y = 2520 \text{ kg/cm}^2$

6.1 DATOS GENERALES

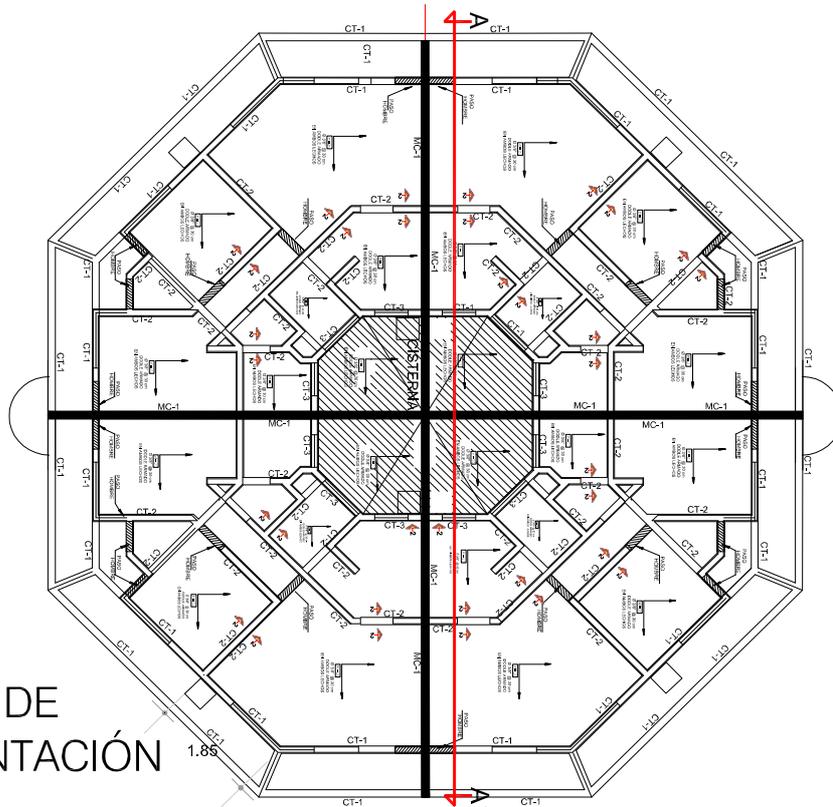
Carga de servicio en azotea (C_a)	=	530 kg / m ²
Carga de servicio en entrepiso (C_e)	=	590 kg / m ²
Carga en muros de tabique rojo recocido	=	270 kg / m ²
Carga en muros de concreto	=	350 kg / m ²
Peso específico del concreto	=	2.40 t/ m ³
Capacidad de carga del suelo	=	1.5 t/ m ²

7. CUADRO DE DATOS GENERALES

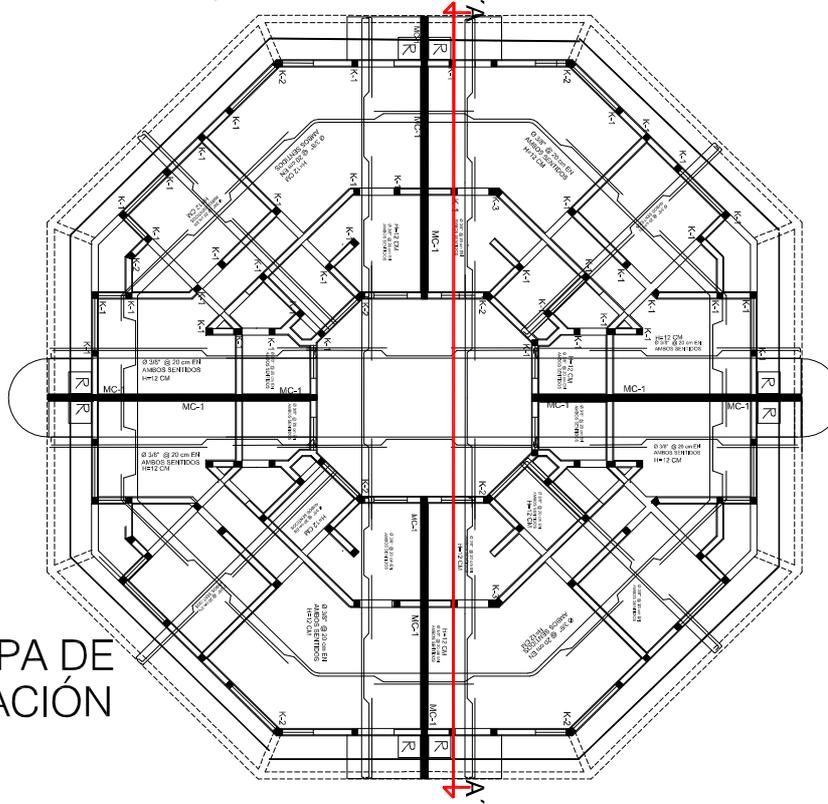
NUMERO DE NIVELES: 5 GRUPO: B	ZONA IIIb
CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO 1.5t/m²	ALTURA: 12.5 m
ENTREPISOS Y AZOTEA: LOSA MACIZA	ALTURA DE ENTREPISO: 2.5 m
FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO Q = 2	COEFICIENTE SÍSMICO c = 0.45

³ Opinión del Ingeniero Antonio Silva Tonché.

LOSA DE
CIMENTACIÓN 1.85



LOSA TAPA DE
CIMENTACIÓN



E-1

PLANO: **ESTRUCTURAL**

