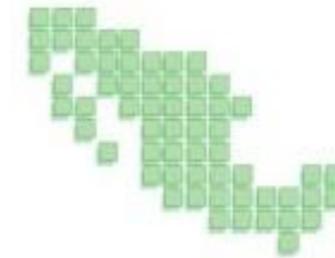




**SEDATU**

SECRETARÍA DE  
DESARROLLO AGRARIO,  
TERRITORIAL Y URBANO



**PPR**  
PROGRAMA DE PREVENCIÓN  
DE RIESGOS

## Atlas de Riesgos de la Delegación Iztacalco, Ciudad de México, 2016.



Delegación y Nombre del Estado: **Iztacalco, Ciudad de México**

Fecha: **Diciembre 2016**

Entrega: **Final**

No. de Obra: **109006PR000036**

No. de expediente: **SOT/DGOTAZR/PR/PP/02\_A/109006PR000036/16**

Nombre, dirección y teléfono del consultor (e-mail):

**EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.**

**Av. Insurgentes Sur No. 267, int. 201, Colonia Roma Norte**

**Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06700, Ciudad de México.**

**Tel: (55) 55 32 04 81**

**www.emcapital.com.mx**



## CRÉDITOS

### Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano

#### SEDATU

Lic. Rosario Robles Berlanga

Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano

Mtro. Enrique González Tiburcio.

Subsecretario de Ordenamiento Territorial

Lic. Armando Saldaña Flores

Director General de Ordenamiento Territorial y de Atención a Zonas de Riesgo

#### Funcionarios Públicos Delegacionales

Lic. Carlos Estrada Meráz

Delegado

Aurelio Alfredo Reyes García

Dirección General Jurídica de Gobierno y Protección Civil

Eduardo Vázquez Ledesma

Subdirección de Protección Civil

Ing. Juan Martin Nava Dávila

J.U.D. de Prevención Protección Civil

Filiberto Rojas Ubaldo

Dirección General de Obras y Desarrollo Urbano

Juan José Campos Mayola

Subdirección de Seguimiento y Evaluación de Programas de Obras y Desarrollo Urbano

David Efrén Figueroa Serrano

Subdirección de Obras

Leonardo Muñoz Romero

Dirección General de Servicios Urbanos

Raúl Jiménez Fernández

J.U.D. de Ecología

#### Empresa / Especialistas

EM CAPITAL Soluciones Integrales S.A. de C.V.

Lic. Edith Berenice Contla Sandoval

Directora General

Dr. Víctor Carlos Valerio

Director de Proyectos

Equipo de especialistas: M. en C. Carlos Guillermo García Vargas, Dra. Alicia Martínez Bringas, Ing. Leo Mijail Castañeda Robles, M. en C. Nohemi Mejía Cisneros, Lic. en Geografía Sandra Itzel López Zepeda, Ing. Arturo Sánchez Téllez, Ing. Leticia H. García Maraver.

## Tabla de contenido

FASE I. 5	
MARCO TEÓRICO.....	5
Introducción.....	5
Antecedentes y objetivos.....	5
1.1. Antecedentes (Antecedentes históricos de peligro o riesgos).....	5
1.2 Objetivos.....	7
2. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....	7
2.1. Mapa Base.....	8
3. Caracterización de los elementos del medio natural.....	9
3.1. Fisiografía.....	9
3.2. Geomorfología.....	10
3.3. Geología.....	10
3.4. Edafología.....	12
3.5. Hidrología.....	13
3.6. Cuencas y Sub-cuencas.....	14
3.7. Clima.....	16
3.8. Uso de suelo y vegetación.....	16
3.9. Áreas naturales protegidas.....	18
4. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.....	18
4.1. Dinámica demográfica.....	18
4.2 Características sociales.....	23
4.2.5 Pobreza.....	29
4.3 Características de la Vivienda.....	32
4.4 Empleos e ingresos.....	37
4.5 Equipamiento e infraestructura.....	39
4.6 Identificación de reserva territorial.....	43
4.7 Expansión de la ciudad 1980-2010.....	43
FASE II. 44	

5	Identificación de amenazas y peligros, ante fenómenos perturbadores de origen natural.	44
5.1	Fenómenos Geológicos.....	44
5.1.1	Vulcanismo.....	44
5.1.2	Sismos.....	54
5.1.4	Inestabilidad de laderas.....	68
5.1.5	Flujos.....	69
5.1.6.	Caídos o derrumbes.....	70
5.1.7.	Hundimientos.....	70
5.1.8.	Subsidencia.....	78
5.1.9.	Agrietamientos.....	83
5.2	Fenómenos Hidrometeorológicos.....	93
5.2.1	Ondas cálidas y gélidas.....	94
5.2.2	Sequías.....	97
5.2.3.	Heladas.....	98
5.2.4	Tormentas de granizo.....	99
5.2.5	Tormentas de nieve.....	101
5.2.6	Ciclones tropicales.....	101
5.2.7	Tornados.....	103
	Tormentas polvo.....	103
5.2.8	Tormentas eléctricas.....	104
5.2.9	Lluvias extremas.....	107
5.2.10	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.....	109
	FASE III.....	114
6	Vulnerabilidad.....	114
6.1	Vulnerabilidad Social.....	115
6.1.1	Características sociales y económicas.....	116
6.1.2	Capacidad de respuesta.....	118
6.1.3	Percepción local del Riesgo.....	120
6.2	Vulnerabilidad física.....	122
	FASE IV.....	124



Riesgo/Exposición.....	124
7.1. Estimación de pérdidas económicas.....	125
7.2. Estimación de infraestructura dañada.....	126
7.3. Estimación del costo mínimo, máximo y probable.....	127
FASE V. Propuesta de estudios, obras y acciones.....	128
8. Propuesta de estudios, obras y acciones.....	128
8.2 Evaluación de propuestas.....	131
8.3. Conciliación de propuestas y priorización con Autoridades Locales.....	131
8.4. Plan de obras y acciones.....	132
8.6. Cuadro de estudios, obras y acciones.....	132
GLOSARIO.....	136
BIBLIOGRAFÍA.....	137

**FASE I.**

**MARCO TEÓRICO**

**Introducción.**

El Atlas de Riesgos de la Delegación Iztacalco, Ciudad de México, se conforma como una herramienta que proporciona información de los peligros y riesgos (tal como ubicación, intensidad, afectaciones posibles), que pueden causar desastres a nivel Delegacional. La administración en turno logra el objetivo de desarrollar este estudio, tomando como referencia el Programa de Prevención de Riesgos, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU).

El Atlas de Peligros y Riesgos Naturales de la Delegación Iztacalco, Ciudad de México, está conformado para ser manejado en un Sistema de Información Geográfica, por lo que permitirá establecer mejores políticas, planes y programas de planeación y gestión urbana.

Asimismo, este estudio involucra a diversos temas de interés para los niveles de gobierno, medios de comunicación, y a los habitantes de la Delegación, con el fin de que el manejo y la difusión de la información con respecto a los peligros y riesgos en el territorio, permita reducir significativamente su impacto y optimizar la respuesta ante la ocurrencia de un desastre.

Para la generación del presente documento, se analizaron a detalle los fenómenos naturales que inciden al interior del territorio Delegación Iztacalco, en estricto apego y seguimiento a los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, documento editado y publicado por la SEDATU. La información se integró teniendo como plataforma el software "Arc Gis Desktop versión 10.0", con el fin de manipular, modificar, editar, actualizar la información correspondiente a los riesgos involucrados en este estudio.

Los análisis correspondientes a cada uno de los peligros serán dirigidos y desarrollados por especialistas en la materia, que cuentan con gran prestigio a nivel nacional e internacional dentro de la comunidad científica.

**Antecedentes y objetivos**

**1.1. Antecedentes (Antecedentes históricos de peligro o riesgos).**

La frecuencia e intensidad de los desastres provocados por fenómenos naturales y los accidentes de origen humano, impactan de manera directa sobre la población, economía y los ecosistemas. Tradicionalmente la respuesta es sobre el control del daño y se ha limitado a responder a las calamidades, tomándose pocas medidas preventivas. Hoy en día se reconoce que la manera más eficiente y económica de manejar los desastres es la prevención y planificación de las respuestas ante una emergencia.

En la Delegación Iztacalco, es recurrente la presencia de fenómenos hidrometeorológicos (inundaciones, temperaturas extremas, lluvias extremas, tormentas eléctricas y tormentas de granizo) y fenómenos geológicos (hundimientos, agrietamientos, vulcanismo y sismos), que a lo largo del tiempo han afectado la actividad económica de la demarcación.

**Tabla 1. Antecedentes de peligros naturales de la Delegación Iztacalco.**

Inundaciones		
Fuente	Fecha	Descripción
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2002/06/28/044n1cap.php?origen=capital.html">http://www.jornada.unam.mx/2002/06/28/044n1cap.php?origen=capital.html</a>	2002-07-14	Caos vial por inundación de avenidas principales y cierre en varias estaciones del metro.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2008/07/03/index.php?section=capital&amp;article=044n3cap">http://www.jornada.unam.mx/2008/07/03/index.php?section=capital&amp;article=044n3cap</a>	2008-07-04	Intensas lluvias provocan inundaciones en vías principales y producen caos vial, generadas debido a la Tormenta Tropical Douglas
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2009/09/07/capital/035n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2009/09/07/capital/035n1cap</a>	2009-09-07	Viviendas y vialidades inundadas y cortes de luz. Hubo inundaciones en varias estaciones del Metro.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2010/07/22/capital/037n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2010/07/22/capital/037n1cap</a>	2010-07-26	3 días continuos de lluvias provocaron severas inundaciones en calles y avenidas principales desquiciando el tránsito vehicular en amplias zonas de la capital.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2013/09/07/capital/027n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2013/09/07/capital/027n1cap</a>	2013-07-18	Severos problemas viales por inundación de calles y avenidas principales.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/06/02/llueve-en-varias-delegaciones-de-la-cdmx">http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/06/02/llueve-en-varias-delegaciones-de-la-cdmx</a>	2016-06-02	Se reportaron 500 viviendas afectadas en Iztapalapa y otras más en Iztacalco por inundaciones.
EL UNIVERSAL <a href="http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/95515.html">http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/95515.html</a>	2009-05-23	Algunas viviendas y edificios con cuarteaduras. Varios edificios y escuelas evacuadas y hubo pánico entre la población. Se reportó la caída de un poste de electricidad.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2011/12/11/capital/027n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2011/12/11/capital/027n1cap</a>	2011-12-11	Interrupción del servicio eléctrico y de comunicación telefónica, fija y celular. Problemas de tránsito por fallas en los semáforos y decenas de personas evacuadas de varios centros comerciales y cines. Una barda se derrumbó.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2013/08/22/opinion/033n3cap">http://www.jornada.unam.mx/2013/08/22/opinion/033n3cap</a>	2013-08-22	Caída de una barda de una unidad habitacional, cortes de luz y suspensión del servicio del metro en algunas estaciones.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/06/27/sismo-de-6-grados-remueve-la-ciudad-de-mexico">http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/06/27/sismo-de-6-grados-remueve-la-ciudad-de-mexico</a>	2016-06-27	Personas salieron de sus oficinas ante el intenso ruido de la alerta sísmica.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2010/06/17/capital/033n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2010/06/17/capital/033n1cap</a>	2010-06-17	Líneas del metro que circulan por Iztacalco sufren hundimientos diferenciales que han ocasionado colapsos de estructuras, fracturas, grietas, deformaciones del sistema de vías, así

		como desplazamientos horizontales y verticales del cajón.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2011/07/07/capital/038n3cap">http://www.jornada.unam.mx/2011/07/07/capital/038n3cap</a>	2011-07-07	Se abre un socavón por reblandecimiento del terreno, produciendo el cierre de la calle y daños en el pavimento.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2012/01/03/capital/028n2cap">http://www.jornada.unam.mx/2012/01/03/capital/028n2cap</a>	2012-01-03	Se abre socavón de 3 metros de profundidad por 6 metros de diámetro en carril confinado de la Estación la Viga del Metrobús.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2010/02/05/capital/032n1cap">http://www.jornada.unam.mx/2010/02/05/capital/032n1cap</a>	2010-02-04	Al menos 50 árboles derribados y apagones en 16 colonias. El tránsito vehicular, se colapsó.
<a href="https://online.desinventar.org/desinventar/#MEX-1250695136-mexico_inventario_historico_de_de_sastres">https://online.desinventar.org/desinventar/#MEX-1250695136-mexico_inventario_historico_de_de_sastres</a>	2011-05-26	Se incrementan 5% las enfermedades gastrointestinales por las altas temperaturas que en las estaciones del Metro han alcanzado los 37° Centígrados.
LA JORNADA <a href="http://www.jornada.unam.mx/2012/06/12/capital/038n3cap">http://www.jornada.unam.mx/2012/06/12/capital/038n3cap</a>	2012-06-12	Inundaciones en calles y avenidas principales provocan severas afectaciones viales.
EL UNIVERSAL <a href="http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/lluvia-granizo-iztacalco-953376.html">http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/lluvia-granizo-iztacalco-953376.html</a>	2013-11-19	Graves problemas de tráfico por acumulación de granizo en avenidas principales y calles. Caída de árboles y reducción de la velocidad en las líneas del Metro.
EL UNIVERSAL <a href="http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/07/23/cae-granizo-en-iztapalapa-e-iztacalco">http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/07/23/cae-granizo-en-iztapalapa-e-iztacalco</a>	2016-07-23	Caída de ramas de árboles y pequeñas afectaciones en vehículos.

UPC Iztacalco	07-06-2016	Sismo	Tlazintla.
UPC Iztacalco	07-06-2016	Lluvias	Tlazintla.
UPC Iztacalco	13-06-2016	Hundimiento	Juventino Rosas
UPC Iztacalco	24-06-2016	Lluvias	Granjas México.
UPC Iztacalco	05-07-2016	Hundimiento	Gabriel Ramos Millán.
UPC Iztacalco	08-07-2016	Hundimiento	Pantitlán.
UPC Iztacalco	14-07-2016	Agrietamiento	Campamento 2 de Octubre.
UPC Iztacalco	14-07-2016	Hundimiento	Pantitlán Poniente.
UPC Iztacalco	15-07-2016	Hundimiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	18-07-2016	Agrietamiento	Pantitlán Centro.
UPC Iztacalco	20-07-2016	Hundimiento	Pantitlán Centro.
UPC Iztacalco	20-07-2016	Hundimiento	Granjas México.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Ampliación Ramos Millán.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Reforma Iztaccíhuatl.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Pantitlán Centro.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Militar Marte.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Cuchilla Ramos Millán
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Barrio Los Reyes.
UPC Iztacalco	22-07-2016	Hundimiento	Viaducto Piedad.
UPC Iztacalco	25-07-2016	Agrietamiento	Agrícola Oriental Poniente.
UPC Iztacalco	30-08-2016	Agrietamiento	Pantitlán.
UPC Iztacalco	30-08-2016	Lluvias	Santa Anita
UPC Iztacalco	31-08-2016	Lluvias	La Cruz.
UPC Iztacalco	05-09-2016	Sismos	Granjas México.

Tabla 2. Antecedentes de peligros naturales de la Delegación Iztacalco.

Fuente	Fecha	Fenómeno perturbador	Colonia
UPC Iztacalco	03-10-2015	Hundimiento	Santa Anita.
UPC Iztacalco	01-04-2016	Agrietamiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	01-04-2016	Agrietamiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	01-04-2016	Agrietamiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	01-04-2016	Agrietamiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	01-04-2016	Hundimiento	Agrícola Oriental.
UPC Iztacalco	14-04-2016	Agrietamiento	Unidad Habitacional INFONAVIT Iztacalco.
UPC Iztacalco	24-04-2016	Hundimiento	La Asunción
UPC Iztacalco	06-05-2016	Agrietamiento	Pantitlán Centro.
UPC Iztacalco	20-05-2016	Hundimiento	Pantitlán.
UPC Iztacalco	20-05-2016	Lluvias	Campamento 2 de Octubre.
UPC Iztacalco	24-05-2016	Hundimiento	Barrio de Santiago Norte.
UPC Iztacalco	07-06-2016	Hundimiento	Colonia Campamento 2 de Octubre.
UPC Iztacalco	07-06-2016	Socavón	U.H. Picos Iztacalco.

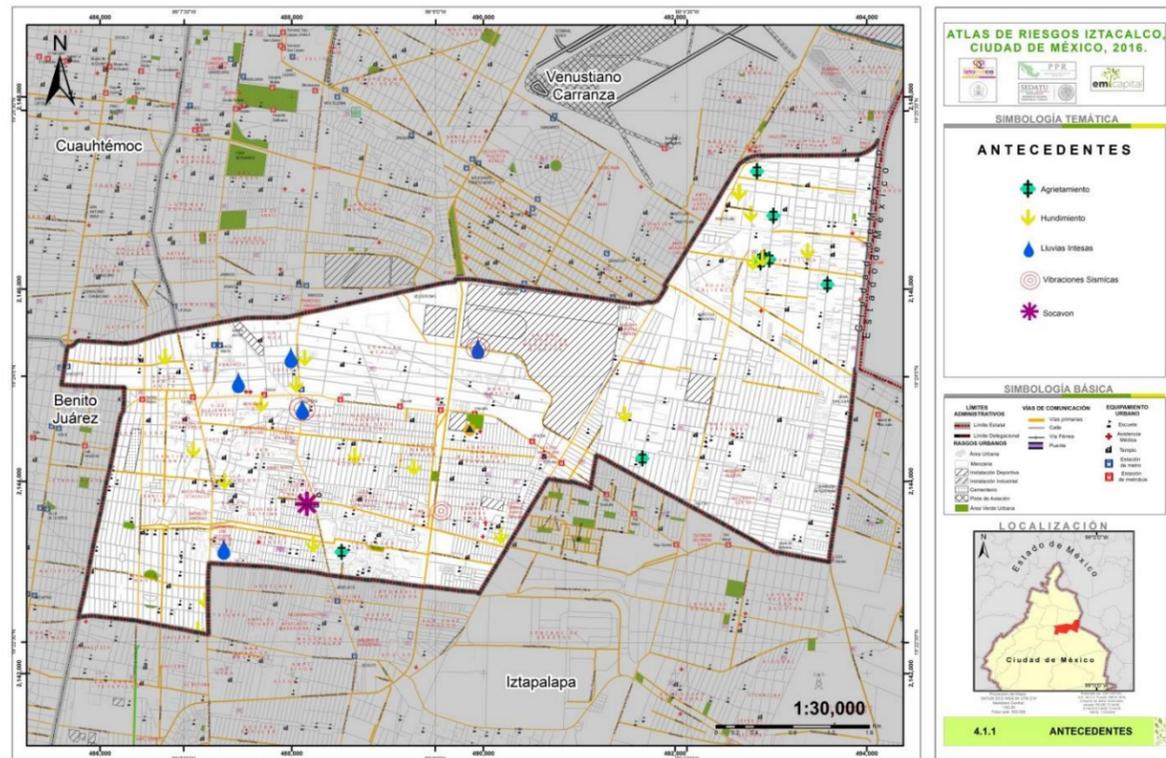


Figura 1. Mapa de antecedentes por peligros naturales de la Delegación Iztacalco.

**1.2 Objetivos.**

Elaborar el Atlas de Riesgos de la Delegación de Iztacalco, a fin de identificar, delimitar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural y antrópico, que impacten al territorio iztalquense, por lo que en el desarrollo de este estudio se analizarán los peligros, plasmados en mapas de peligro, riesgo y vulnerabilidad con el fin de que las autoridades tengan herramientas para la toma de decisiones ante un desastre.

**Objetivos Específicos.**

- Integrar, homologar y estandarizar la información existente (Delegacional, Estatal y Federal) relativa a cada uno de los fenómenos perturbadores: hidrometeorológicos y geológicos, que afectan a la Delegación.
- Elaborar mapas de zonificación y escenarios de peligro, conjuntado con la exposición y vulnerabilidad para conformar el nivel de riesgo por Delegación y por fenómeno perturbador,

mediante metodologías que permitan utilizar los criterios que, a nivel nacional, han definido las instancias con atribuciones en materia de riesgo.

- Instituir un documento fundamental en la prevención, para futuros desarrollos urbanos.
- Hacer recomendaciones de obras para tomar medidas de mitigación.

**2. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.**

Los niveles de análisis de los diferentes peligros y riesgos, según los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, se determinaron a partir del tipo de fenómeno perturbador, su extensión, nivel de afectación y nivel de detalle de la información disponible. Las tablas 3 y 4 muestran las diferentes escalas y niveles de análisis de acuerdo a cada tipo de peligro considerado.

Tabla 3. Nivel de análisis para fenómenos perturbadores de origen geológico.

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
1.- Erupciones volcánicas	Nivel 1	Delegacional	1:850,000
2.- Sismos	Nivel 2	Delegacional	1:30,000
3.- Tsunamis	No aplica.	-	-
4.- Inestabilidad de laderas	No aplica.	-	-
5.- Flujos	No aplica.	-	-
6.- Caídos o derrumbes	No aplica.	-	-
7.- Hundimientos	Nivel 1	Delegacional	1:30,000
8.- Subsistencia	Nivel 1	Delegacional	1:30,000
9.- Agrietamientos	Nivel 1	Delegacional	1:30,000

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016.

Tabla 4. Nivel de análisis para fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológico.

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
10. Ondas cálidas y gélidas	Nivel 1. Ondas cálidas Nivel 2. Ondas gélidas	Delegacional	1:30,000
11. Sequías	Nivel 2.	Delegacional	1:30,000
12. Heladas	Nivel 1.	Delegacional	1:30,000
13. Tormentas de granizo	Nivel 2.	Delegacional	1:30,000
14. Tormentas de nieve	No aplica.	-	-
15. Ciclones tropicales	No aplica.	-	-
16. Tornados	No aplica.	-	-

17. Tormentas polvo	No aplica.	-	-
18. Tormentas eléctricas.	Nivel 2.	Delegacional	1:30,000
19. Lluvias extremas	Nivel 2.	Delegacional	1:30,000
20. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Nivel 2.	Delegacional, localidad	1:30,000

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016.

Se generó un mapa base para representar en él todos los temas, en el que incluye: colonias (toponimia), vialidades principales, curvas de nivel, hidrografía, principales obras de infraestructura y líneas de comunicación.

### 2.1. Mapa Base.

La Delegación de Iztacalco se localiza a  $19^{\circ} 25' 45''$ ,  $19^{\circ} 22' 30''$  N y los meridianos  $99^{\circ} 04' 45''$  y  $99^{\circ} 08' 25''$  W.

La Delegación Iztacalco colinda al norte con la Delegación Venustiano Carranza; al este con el Estado de México y con la Delegación Iztapalapa; al sur con la Delegación Iztapalapa; al oeste con las Delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc.

Tabla 5. Extensión territorial y porcentaje con respecto a la Ciudad de México y al país.

EXTENSIÓN TERRITORIAL		
TERRITORIO	km <sup>2</sup>	Porcentaje %
DISTRITAL	1.485	-
DELEGACIONAL	23.21	6.43

Fuente: CENSO de Población y Vivienda, INEGI 2010.

La escala de representación de los mapas base es de 1:30,000 para el Mapa Base Delegacional (MBD) y aun a escalas mayores para hacer acercamientos a zonas de interés desde el punto de vista del riesgo.

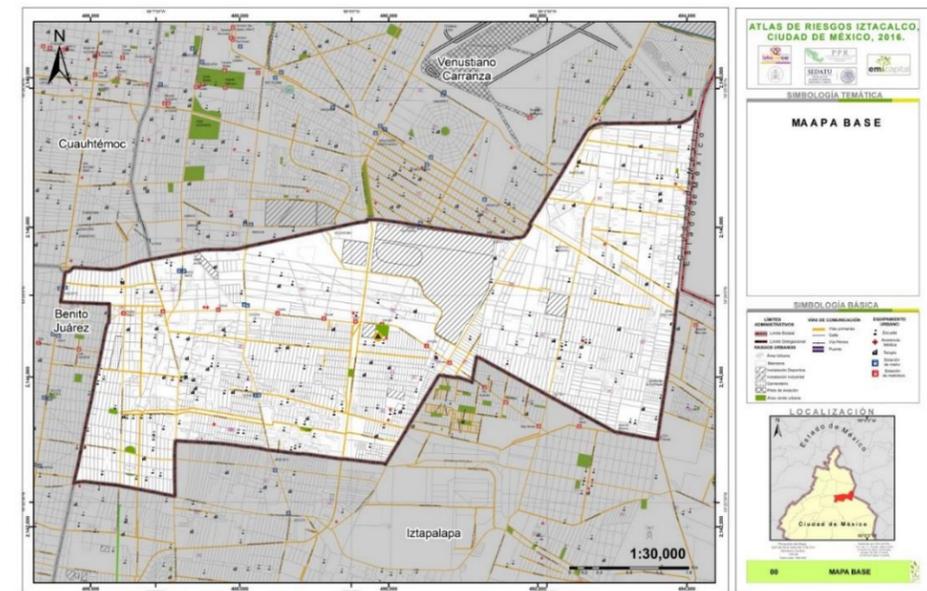


Figura 2. Mapa base de la Delegación Iztacalco.

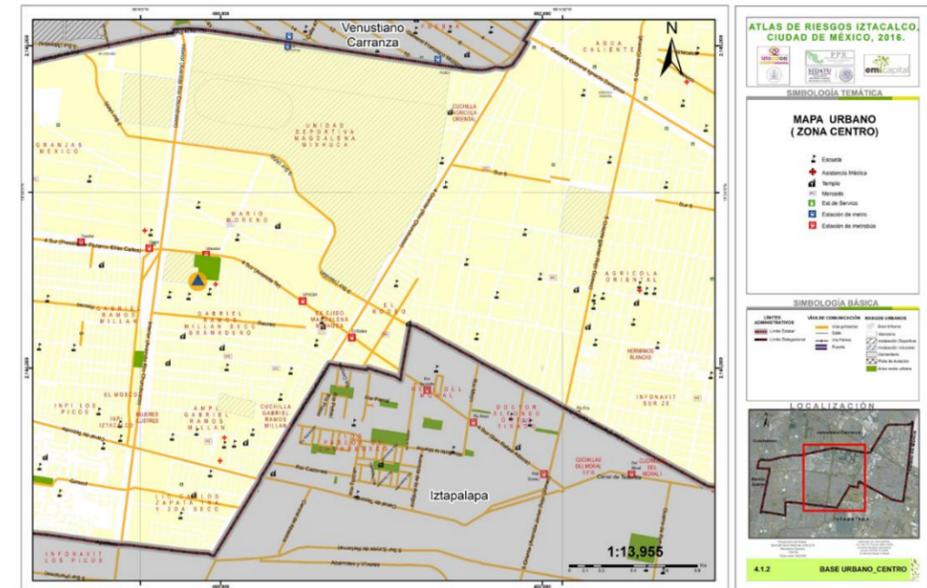


Figura 3. Mapa base de la Delegación Iztacalco zona centro

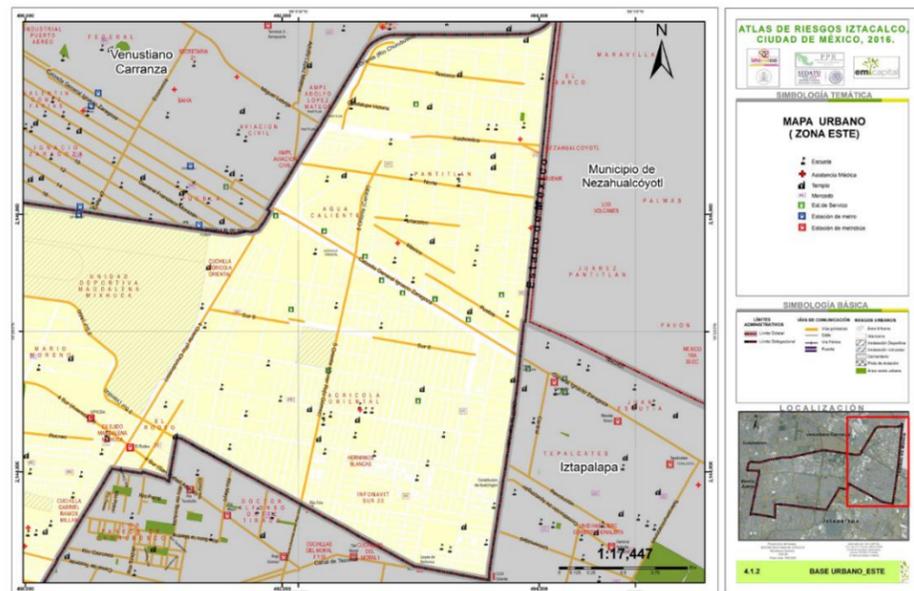


Figura 4. Mapa base de la Delegación Iztacalco zona este

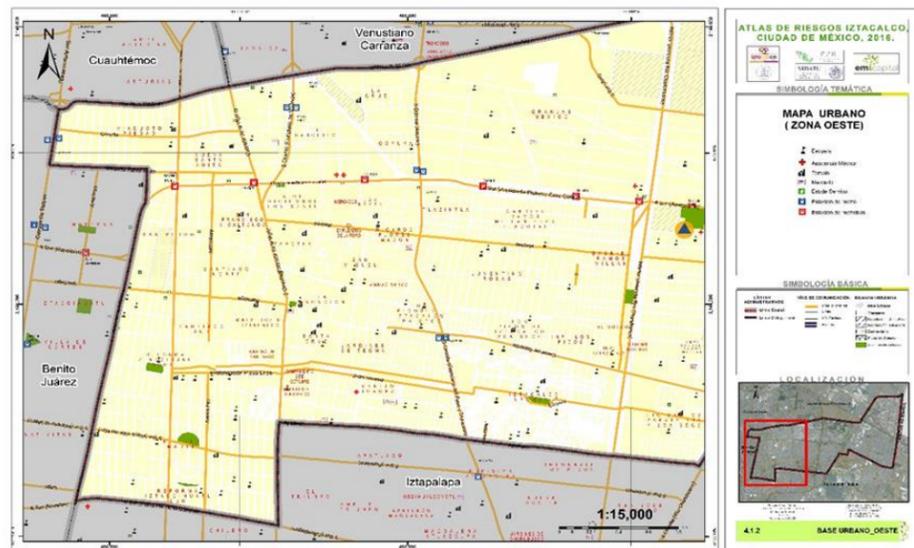


Figura 5. Mapa base de la Delegación Iztacalco zona oeste

### 3. Caracterización de los elementos del medio natural.

#### 3.1. Fisiografía.

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas propuesta por Raisz E. (1964), la Delegación de Iztacalco se localiza dentro de la provincia del Eje Neovolcánico Transmexicano, donde predominan materiales volcánicos y depósitos sedimentarios del cuaternario, en una planicie muy amplia de 3,341 ha, constituida generalmente por depósitos lacustres (INEGI, 2010), de igual forma la Delegación se localiza dentro de la Subprovincia fisiográfica Lagos y Volcanes de Anáhuac constituida de elevaciones volcánicas así como de amplias llanuras. La distribución de las topofomas en la Delegación está en función de la topografía; *en ésta predomina una extensión de llanura lacustre seguida por la llanura lacustre salina.*

Tabla 6. Provincias y subprovincias a las que pertenece la Delegación Iztacalco.

Extensión en el territorio Delegacional		
Provincia Fisiográfica	Superficie total Km <sup>2</sup>	Porcentaje Delegacional %
Eje Neovolcánico Transmexicano	-	100
Subprovincia Fisiográfica	Superficie total Km <sup>2</sup>	Porcentaje Delegacional %
Lagos y Volcanes de Anáhuac	2,204.132	100

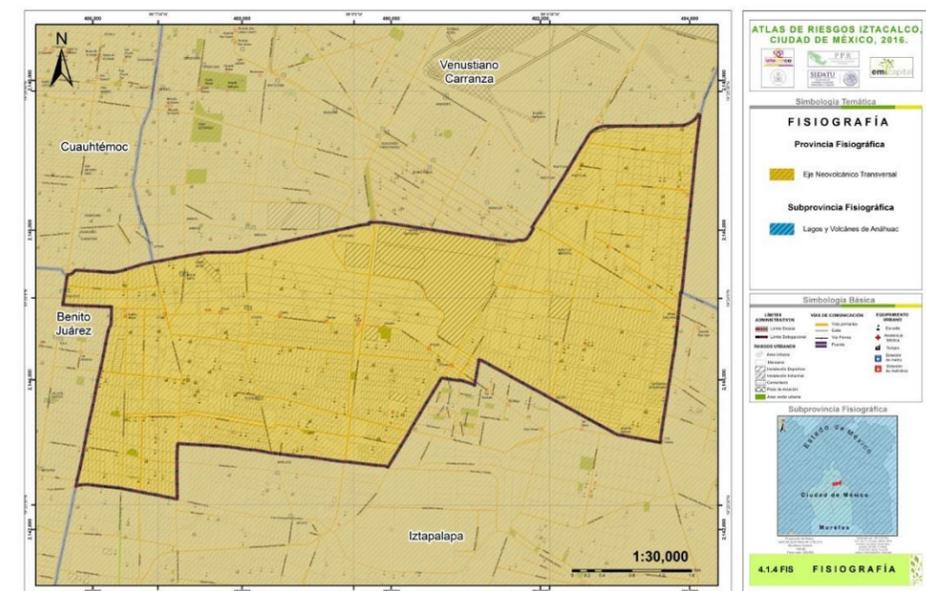


Figura 6. Mapa Fisiográfico.

### 3.2. Geomorfología.

La Delegación Iztacalco se ubica en la zona geográfica del altiplano mexicano donde la superficie es predominantemente plana con una configuración de pendientes de  $5^0$  y con una altitud mínima de 2,200 así como una altitud máxima de 2,300 metros sobre el nivel del mar, en la que no existe ninguna elevación abrupta. Esta zona lo conforma el vaso desecado de lo que fue el Lago de Texcoco.

El Ex lago se compone de una región relativamente muy joven que se formó durante el período cuaternario, donde sus suelos tienen un alto grado de salinidad. El lago se encontraba rodeado por cadenas montañosas, compuestas en su mayor parte por rocas ígneas extrusivas, resultado del vulcanismo de la provincia del Eje Neovolcánico Transmexicano, actualmente en proceso de desecación.

Llanura Lacustre: Es caracterizada por ser el fondo de un antiguo lago, actualmente desecado en la que esta región ha sido rellenada por materiales transportados por los ríos o cauces que desembocaban en él y por los sedimentos finos propios del lago.

Tabla 7. Geomorfología de la Delegación de Iztacalco.

Geomorfología	Porcentaje Delegacional %	Superficie Delegacional km <sup>2</sup>
Vaso Lacustre	91.77	11.85
Vaso Lacustre Salino	8.23	11.22

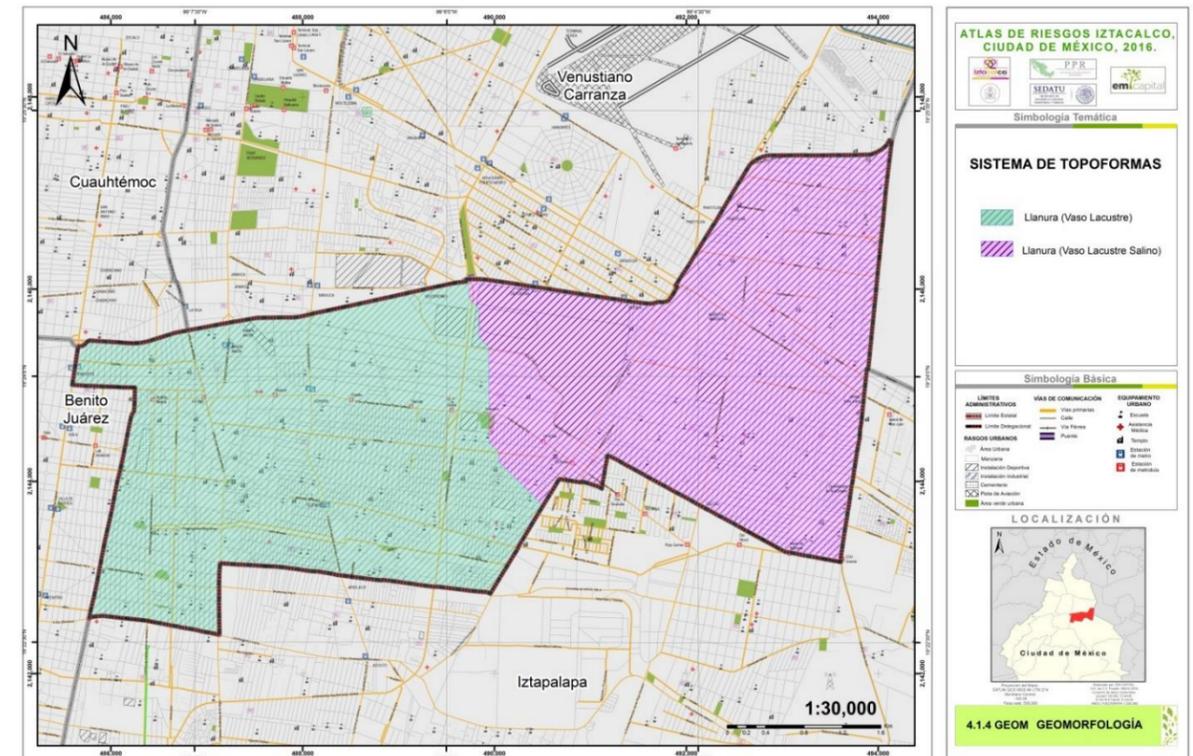


Figura 7. Mapa Geomorfológico.

### 3.3. Geología.

La geología de la Delegación Iztacalco se forma en su totalidad como un suelo lacustre del Cuaternario que comprende a la Cuenca de México, que se extiende sobre una de las zonas tectónicas más complejas, en la que corresponde a la porción oriental de la Faja Volcánica.

La cuenca está dividida en pequeñas subcuencas, reconocidas como planicies originadas por levantamientos del Pleistoceno tardío en los que se identifican fallas y se relaciona con volcanes de diversa magnitud.

Una aproximación geológica permite reconocer ocho unidades estratigráficas cuaternarias que incluyen sedimentos clásticos, tefra, suelo, caliche, material aluvial constituido por gravas y arenas de espesores finos y depósitos lacustres compuestos por arcillas generadas de tobas y cenizas volcánicas que se sedimentaron en las tranquilas aguas del lago.

En consecuencia, al origen geológico de la cuenca, inciden barrancas y serranías tales como la Sierra de Guadalupe al norte, Sierra de Santa Catarina al oriente, Sierra de Chichinautzin al sur y la Sierra De Las

Cruces al poniente de la Ciudad de México y elevaciones volcánicas menores como el Cerro de Chapultepec en Miguel Hidalgo, Peñón de los Baños en Venustiano Carranza y el Peñón del Marques en la Delegación Iztapalapa.

### Depósito Aluvial (Pleistoceno)

Son los sedimentos depositados por los lagos dispuestos horizontalmente sobre la cuenca en las zonas de abanico, las zonas altas o sistemas volcánicos de la cuenca, entre los materiales que los conforman son fragmentos de roca de lava, material piroclástico de composición muy variable, debido a la forma en cómo se depositaron los clastos.

### Depósito Lacustre (Pleistoceno-Holoceno)

En las partes más bajas, entre las sierras y principalmente en la región central de la cuenca se depositaron sedimento lacustre somero, constituidos por ceniza volcánica con intercalaciones de pómez, arenas finas y limos, con espesor variable. Entre estos depósitos se encuentran intercalados estratos de origen aluvial, o bien, se encuentran en contacto con las formaciones de las zonas altas.

Tabla 8. Geología de la zona de estudio.

Tipo de Roca	Porcentaje Delegacional %	Superficie Delegacional km <sup>2</sup>
Depósito Lacustre	100	23.07

### Fallamiento en la Delegación

Una falla es una fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual los bloques separados tienen un desplazamiento relativo (Bates y Jackson, 1980), las fallas se forman debido a la fractura grandes bloques de rocas profundas, cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas.

La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de un desplazamiento tangencial de las rocas respecto a ese plano:

#### Falla Normal

Se generan por tensión horizontal, las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares al acimut de la falla (línea de ruptura superficial), y el movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla. El bloque que se encuentra por encima del plano de la falla se denomina techo, y se desliza hacia abajo; mientras que el bloque que se encuentra por debajo del plano de la falla se denomina piso, y asciende.

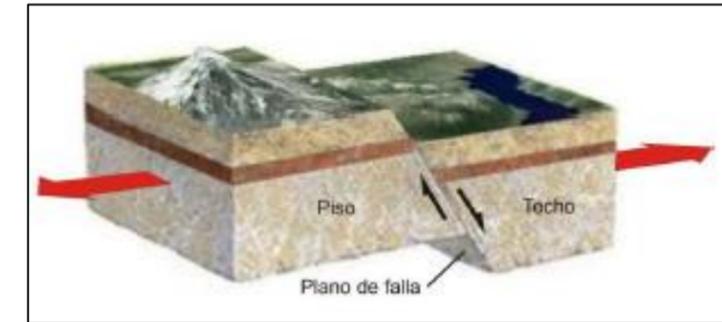


Figura 8. Esquema de falla tipo normal

#### Falla Inversa

Se generan por compresión horizontal. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene generalmente un ángulo de 30°, el bloque de techo se encuentra sobre el bloque de piso. Cuando estas este tipo de fallas presentan un buzamiento (inclinación) inferior a 45°, éstas también toman el nombre de cabalgamiento.

#### Falla de Cizalla

Se desarrollan a lo largo de planos verticales y el movimiento de los bloques es horizontal, son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos: laterales derechas y laterales izquierdas. Las fallas Laterales derechas o dextrales, son aquellas en donde el movimiento relativo de los bloques es hacia la derecha; mientras que en las fallas laterales izquierdas o sinestrales, el movimiento es opuesto a las anteriores. También se las conoce como fallas transversales.

Se considera que una falla es activa cuando ha tenido movimientos históricos, en los últimos 10.000 años, o bien en su pasado geológico reciente, considerando los últimos 500.000 años. Las fallas activas que sufren desplazamientos pueden ocasionar el origen de un sismo, sin embargo no todas las fallas activas generan sismos de gran magnitud, algunas son capaces de moverse asísmicamente, es decir sin que esté asociada a ninguna actividad sísmica (ALI, Keiiti, LEE, William H. K.).

Falla activa del Holoceno: Una falla que se ha movido en los últimos 10.000 años.

Falla activa del Cuaternario tardío: Una falla que se ha movido en los últimos 130.000 años.

Falla activa del Cuaternario: Una falla que se ha movido en los últimos 1.600.000 años.

El deslizamiento puede ser repentino en forma de saltos lo que da lugar a sismos, seguido de periodos de inactividad.

El deslizamiento también puede darse de manera lenta y continua, solo perceptible después de varios años de mediciones, este tipo de fallas son del tipo asísmicas o reptantes, mientras que las de liberación repentina de energía se caracterizan como fallas sísmicas.

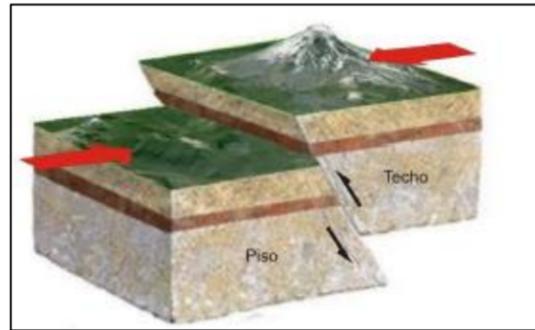


Figura 9. Esquema de tipo inversa.

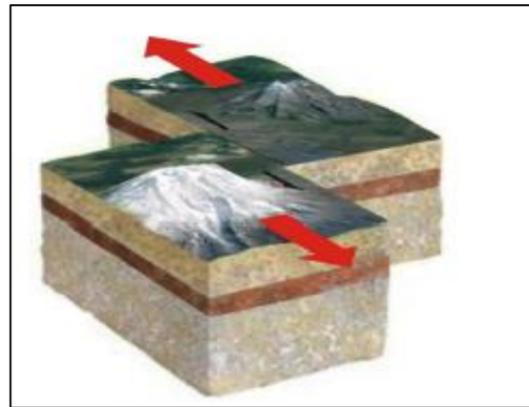


Figura 10. Esquema de tipo de cizalla

La Delegación de Iztacalco se ubica dentro la Cuenca de México de la porción centro-oriental del Eje Volcánico Transmexicano (Gómez-Tuena et al., 2005; Ferrari et al., 2012), originada por el resultado a la actividad volcánica y tectónica de la región y, que los materiales que la rellanan son predominantemente volcánicos (Siebe et al., 2004a; García-Palomo et al., 2008) y depósitos lacustres en la parte superior, y derrames de lava, materiales epiclásticos y depósitos piroclásticos en la parte inferior (Pérez-Cruz, 1988; Lozano-García y Ortega-Guerrero, 1998; García-Palomo et al., 2008; Arce et al., 2013a).

Resultado de los procesos tectónicos, se identifican dos fallas de tipo normal la primera, con dirección NW-SE cruza por la Delegación Iztacalco, denominada Falla Mixhuca, cuyo bloque caído corresponde al poniente (Pérez-Cruz, 1998), de la que forma parte el graben de Santa Catarina (Arce et al., 2013a) y la segunda con dirección NE-SW que atraviesa a la Delegación de noreste a suroeste, esta falla tiene su origen en la Sierra de Las Cruces al poniente de la ciudad y, cuatro fallas inferidas (PDDU, 2008) con orientación preferencial NE-SW.

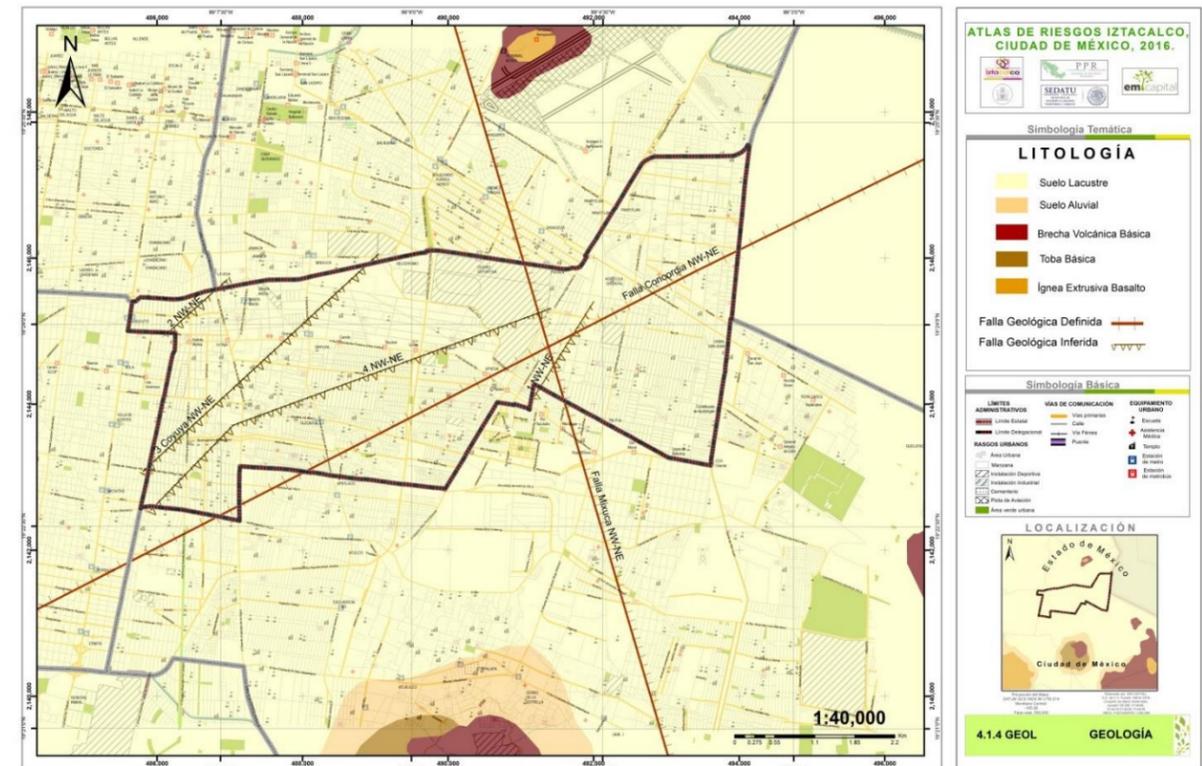


Figura 11. Mapa de Geología. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V., Modificado de Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989.

### 3.4. Edafología.

Los suelos predominantes en Iztacalco son del tipo Feozem y Solonchak donde las principales características de estas unidades edafológicas es que son desarrollados en climas cálidos tropicales.

En general los suelos de la delegación se clasifican como sigue:

**Feozem.** Se asocian a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado, pero con una estación seca; el clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación de matorral tipo estepa o de bosque.

Este tipo de suelo de la Delegación Iztacalco es de color pardo rojizo con buenas condiciones de almacenamiento de agua, debido a que son porosos y, en la que el contenido promedio de materia orgánica oscila del 5%.

**Solonchak.** Son suelos con un malto contenido en sales solubles, en la que estas sales pueden acumularse a cierta profundidad o en áreas con un nivel freático cercano a la superficie del terreno.

Las sales solubles contenidas en el suelo de la Delegación consisten en varias proporciones de cationes de sodio, calcio y magnesio y de los aniones de cloruro y sulfato, de los minerales secundarios arcillosos por el intemperismo de las rocas (Ortega, 1983), *actualmente la mayor parte de los suelos se encuentran cubiertos por la mancha urbana.*

Tabla 9. Edafología de la zona de estudio.

Tipo de Suelo	Porcentaje Delegacional %	Superficie Delegacional km <sup>2</sup>
Feozem	54	13.28
Solonchak	46	9.79
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>23.07</b>

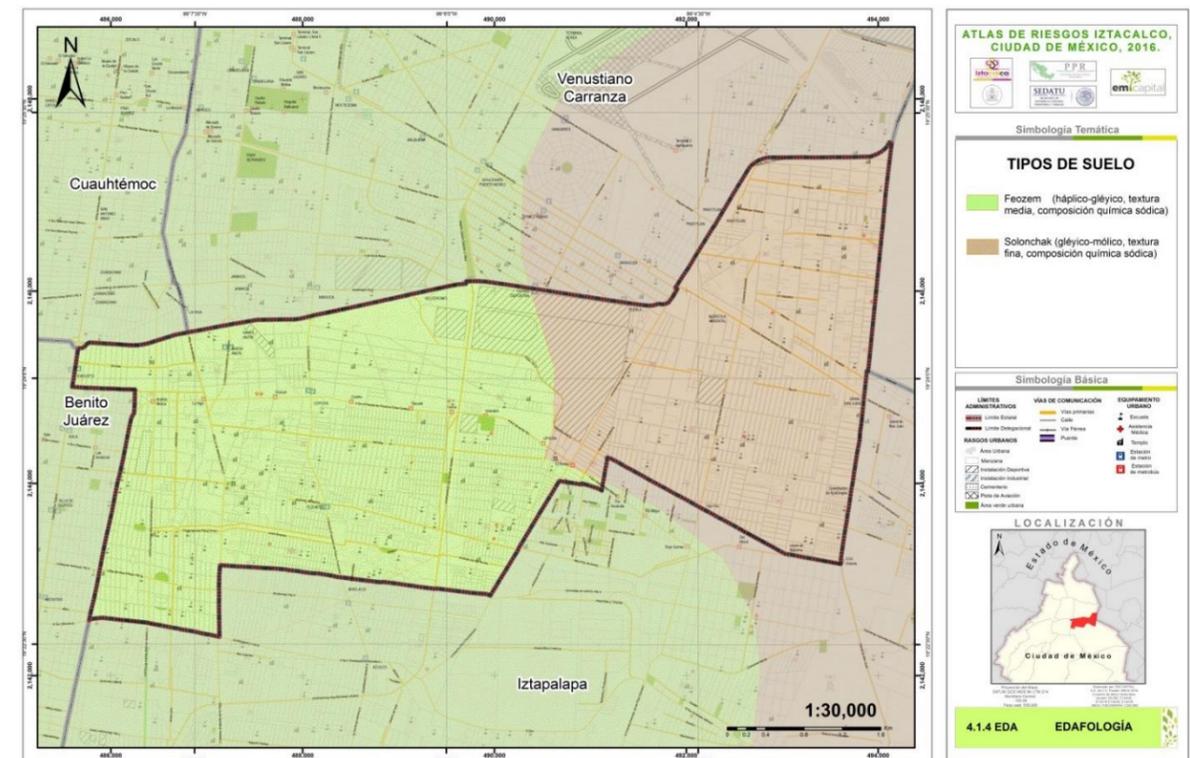


Figura 12. Mapa de Edafología de la zona de estudio.

### 3.5. Hidrología.

Dentro de las corrientes hidrológicas superficiales más importantes de la Delegación Iztacalco se encuentra el Río Churubusco de orden uno que atraviesa la delegación de norte a sur, en el que su cauce provenía de la Sierra de Las Cruces del Río Mixcoac y el Río Magdalena, desembocaba en el Lago de Texcoco. Este río se entubó entre 1950 y 1975 en una longitud de 21 kilómetros, en la que este año continuaron las obras en la que representó el drenaje del suroriente de la ciudad y, en la actualidad lleva aguas residuales que desembocan en el Gran Canal de Desagüe.

El Río La Piedad se localiza en el límite noreste y noreste de la delegación, su cauce de orden uno forma que el Río Churubusco provenía de la Sierra de Las Cruces, al poniente de la ciudad, naturalmente era paralelo al Río Churubusco, sin embargo éste fue entubado entre 1945 y 1960 en una extensión de 11.3 kilómetros, en la que el desarrollo urbano aprovechó su cauce como límites de barrios y colonias, así como arterias viales, para formar el Viaducto Miguel Alemán, en la que actualmente sus aguas residuales desembocan en el Gran Canal del Desagüe.

Estos ríos pertenecen al sistema del acuífero de la Cuenca de México, integrado principalmente de escurrimientos efímeros e intermitentes de carácter torrencial, principales corrientes aportadoras (CONAGUA, 2015).

Tabla 10. Principales Ríos dentro del territorio delegacional.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS RÍOS EN LA DELEGACIÓN IZTACALCO				
Nombre	Dirección de cauce	Corriente alimentadora	Longitud (km)	Condiciones físicas actuales
Río Churubusco	N-S	Río Mixcoac	3.19	Entubado
Río La Piedad	NE-NW	Río La Piedad	9.39	Entubado

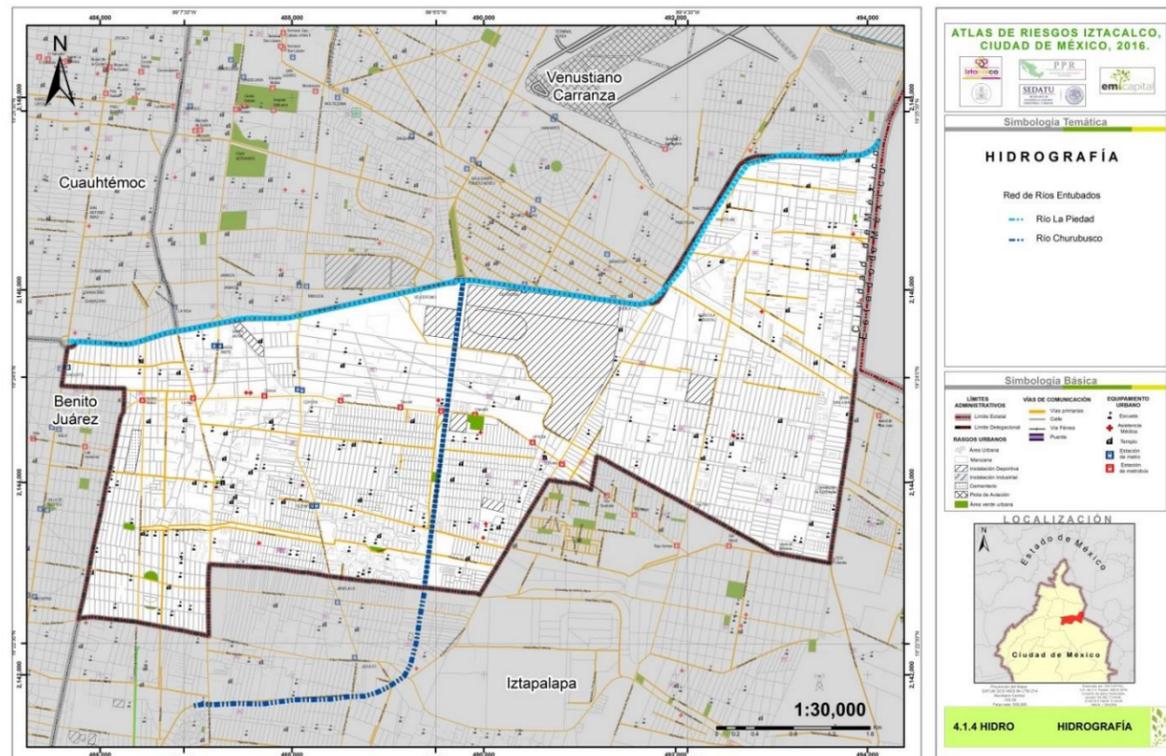


Figura 13. Mapa Hidrológico (ríos entubados) de la zona de estudio.

### 3.6. Cuencas y Sub-cuencas.

#### Cuenca Río Moctezuma RH26D

La cuenca se localiza dentro de la región hidrológica número 26, ocupando la subcuenca denominada con la letra D de esta región, se encuentra delimitada por las cuencas hidrológicas al sur con la del Río Balsas, al oriente con la de los ríos Tuxpan, Cazones y Tecolutla, al poniente con la del río Lerma y al norte con la de los ríos Tempoal y Pánuco, esta cuenca es considerada como el dren general del río Pánuco, recibe el nombre de Moctezuma a partir de la confluencia de los ríos Tula y San Juan del Río, donde el rumbo del Río Moctezuma es de norte-noreste, el cual conserva hasta la confluencia con el Río *Estorax* en donde este tramo inicia su penetración hacia la Sierra Madre Oriental siguiendo su rumbo hasta confluencia con el Río Tampoan, cambiando su nombre a Río Pánuco.

La cuenca Río Moctezuma al norte se extiende por el interior de los Estados de Querétaro e Hidalgo, al poniente colinda con el Estado de Puebla, Hidalgo y Tlaxcala y al sur con la Ciudad de México.

El drenaje es de tipo dendrítico subparalelo, conformado por corrientes perennes y subcolectores intermitentes de segundo y tercer orden, la cuenca cuenta con otras corrientes principales como son los ríos Cuautitlán, El Saldo, El Órgano, Nadó, San Juan, San Bernardino y Zarco. Dentro del Estado de México se encuentran las siguientes subcuencas: R. Prieto; A. Zarco; R. Tecozutla; R. Tula; R. Rosas; R. Tlautla; L. *Texcoco* y *Zumpango*; R. El Salado; R. Tezontpec y L. Tuchac y Tecocomulco. El 26% del agua almacenada en las obras hidráulicas que se ubican dentro de la cuenca del Río Moctezuma se destina principalmente al riego. Se localizan obras de ingeniería como el canal de la Compañía, que sirve de desagüe para los escurrimientos de la Sierra Nevada y, da origen en su curso a cuerpos de agua como: Cola de Pato, La Regalata, El Tesorito, Zumpango y Nabor Carrillo y a presas como: Huapango y Danxhó.

#### Sub Cuenca Lago de Texcoco y Zumpango RH26Dp

La Delegación Iztacalco se encuentra al sureste de esta cuenca, originada posteriormente a una intensa actividad volcánica en la que aparecieron un conjunto de sierras formando entre sí un vaso de almacenamiento natural donde se depositaron rellenos cuaternarios, entre ellas son las sierras de Las Cruces al Poniente de la cuenca y de Río Frío al oriente de Edad Pleistocénica y el cierre de la cuenca al Sur durante el Cuaternario Superior, correspondiente a la Sierra de Chichinautzin. Dentro de la cuenca se ubicaban dos valles que drenaban hacia el sur en el Río Amacuzac.

El valle más grande corría paralelo a la Sierra de las Cruces y pasaba por lo que ahora es Xochimilco, mientras que el menor corría paralelo a las faldas de la Sierra Nevada hasta llegar a Cuautla. Durante la formación de estos valles se formaron acarros aluviales que llegaron a un espesor de hasta mil metros. Con el cierre de la cuenca comenzaron a formarse depósitos lacustres que descansan sobre los aluviones, depósitos provenientes de actividad volcánica, como cenizas, transportados por acción del aire o del agua. Es así como se formaron los lagos de la parte sur de la cuenca.

Los basaltos de la Sierra de Chichinautzin impidieron el paso de las corrientes de agua convirtiéndose en el vaso de almacenamiento en la zona de Xochimilco. El azolve paulatino dio lugar a los primeros rellenos aluviales en el valle, estos azolves están formados por material volcánico rebajado, interstratificados con tobas que se mezclan con depósitos netamente lacustres hacia las partes centrales de la cuenca. *Al mismo*

tiempo se formó el Chichinautzin, surgió la Sierra de Santa Catarina; el último afloramiento de la Sierra de Santa Catarina corresponde al Cerro de la Estrella, durante este mismo periodo geológico se emplaza el cuerpo norte del Cerro del Peñón del Marqués el que a su vez había iniciado su periodo formativo 700 mil años atrás al levantarse el cuerpo sur.

A lo largo del cuaternario finalmente, tras erupciones volcánicas, se desarrolló la formación de los depósitos provenientes de la sedimentación de cenizas arrojadas por esas erupciones en medios lacustres y que dio origen a los potentes depósitos arcillosos blandos, formación que se alternó eventualmente con suelos aluviales y emisiones de arenas también de origen volcánico en toda la zona Ex Lago de Texcoco.

### Lago de Texcoco

La subcuenca formaba parte de un sistema de lagos, actualmente en proceso de desaparición localizados al suroeste del valle de México. La subcuenta del Lago de Texcoco abarca más de 46,200 hectáreas, en temporada de lluvia, el lago se unía con los otros cuatro, que se localizaban entre las cadenas montañosas que rodean el valle, al Norte del Lago de Texcoco se localizaban dos pequeñas lagunas de agua salada (Xaltocan y Zumpango).

Las aguas alimentadoras del lago de Texcoco, provenían de dos cadenas montañosas. Al poniente, se localiza la Sierra de Las Cruces, en el Oriente desembocaban numerosos arroyos, agua de la nieve Sierra Nevada, sus límites Sur y Norte estaban señalados por la Sierra de Guadalupe y la de Santa Catarina, cuyas aguas sólo contribuían al lago en temporada de lluvia, puesto que no alojaban el nacimiento de ninguna corriente permanente.

Tabla 11. Cuencas y Subcuencas de la zona de estudio.

Unidad	Superficie Total km <sup>2</sup>	Porcentaje %
Cuenca Río Moctezuma	6,712.89	-
Subcuenca del Lago de Texcoco	2,000	29.79

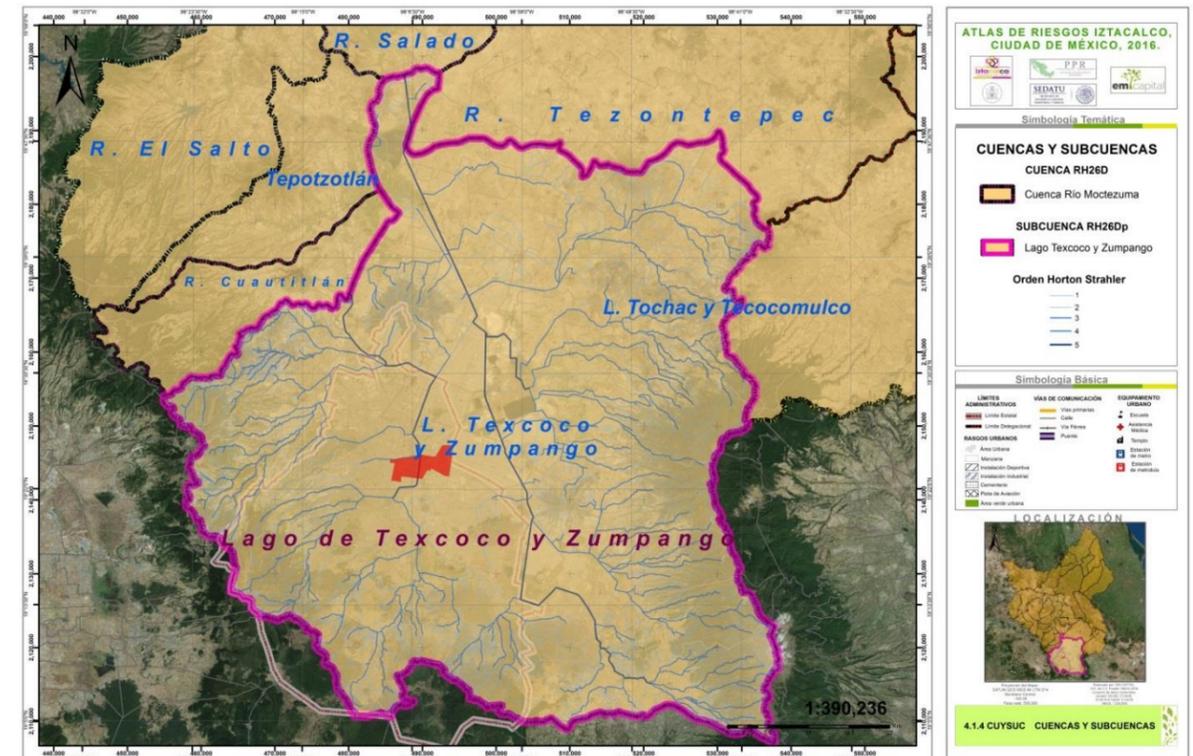


Figura 14. Mapa de Cuencas y subcuencas de la zona de estudio.

### Los Canales

Los canales de Iztacalco, además de la importancia para la actividad humana, jugaban un papel importante en el sistema fluvial del Valle de México, pues por ellos se descargaban tanto las aguas excedentes de los lagos del sur Chalco y Xochimilco, como la mayoría de los ríos y manantiales del suroeste del valle.

El canal de la Viga tenía varios canales secundarios, que desviaban parte de su caudal hacia el lago de Texcoco. De sur a norte se ubicaban los canales: Axoloacan, San Juan, Apatlaco o Tezontle Chico, del Moral o Tezontle Grande, Santa Anita, Churubusco y de la Magdalena., en los que atraviesan las colonias Agrícola Pantitlán, Granjas México, Santa Anita, Agrícola Oriental, Ramos Millán y Reforma Iztaccíhuatl.

### 3.7. Clima.

Por su ubicación geográfica, la Delegación de Iztacalco prevalecen dos tipos de climas el templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y el semiseco templado. La temperatura media anual es de 17.4 °C con una máxima media anual de 25 °C y una mínima de 9.7°C. La precipitación pluvial promedio es de 546.5 milímetros de los cuales los números promedio de días con lluvia al año fueron 85.8, durante el periodo de 1971 al 2000.

#### Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad.

Este clima, generalmente cuenta con una temperatura media anual de entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente de 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 milímetros, cuenta con inviernos secos y moderados.

#### Semiseco templado.

Se caracteriza por ser un clima muy inestable, la temperatura promedio anual de 27 °C y 10 °C, debido a que está influenciado por la baja presión ecuatorial ligada a la zona de convergencia intertropical, las temperaturas medias anuales se encuentran entre 12 °C y 18 °C, la temperatura del mes más frío oscila entre -3 °C y 18 °C, la temperatura del mes más caliente menor de 22 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Tabla 12. Climas de la Delegación Iztacalco.

Tipo	Km <sup>2</sup>	Porcentaje Delegacional
Templado subhúmedo C(w0)(w)	4.91	21.28
Semiseco templado BS1kw	18.16	78.72
Total	23.07	100

Tabla 13. Temperaturas de la Delegación Iztacalco.

Temp. Máx.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Normal	21.9	24.1	26.6	27.9	27.8	26.2	24.9	25.5	24.8	24.5	23.9	22.4
Mensual	26	30.8	31.8	33.2	31.3	30.7	30	31	31.2	29.4	27.1	26.9
Temp. Min.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Normal	5.2	6.4	8.7	10.5	11.5	12.6	12.2	12.2	12.3	11.1	8.3	5.9
Mensual	3.6	2.9	5.9	8.3	10	10.9	10.1	11.2	11.1	9.1	5.8	3.8
Temp. Media	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Normal	13.6	15.3	17.7	19.2	19.7	19.4	18.5	18.9	18.5	17.8	16.1	14.1

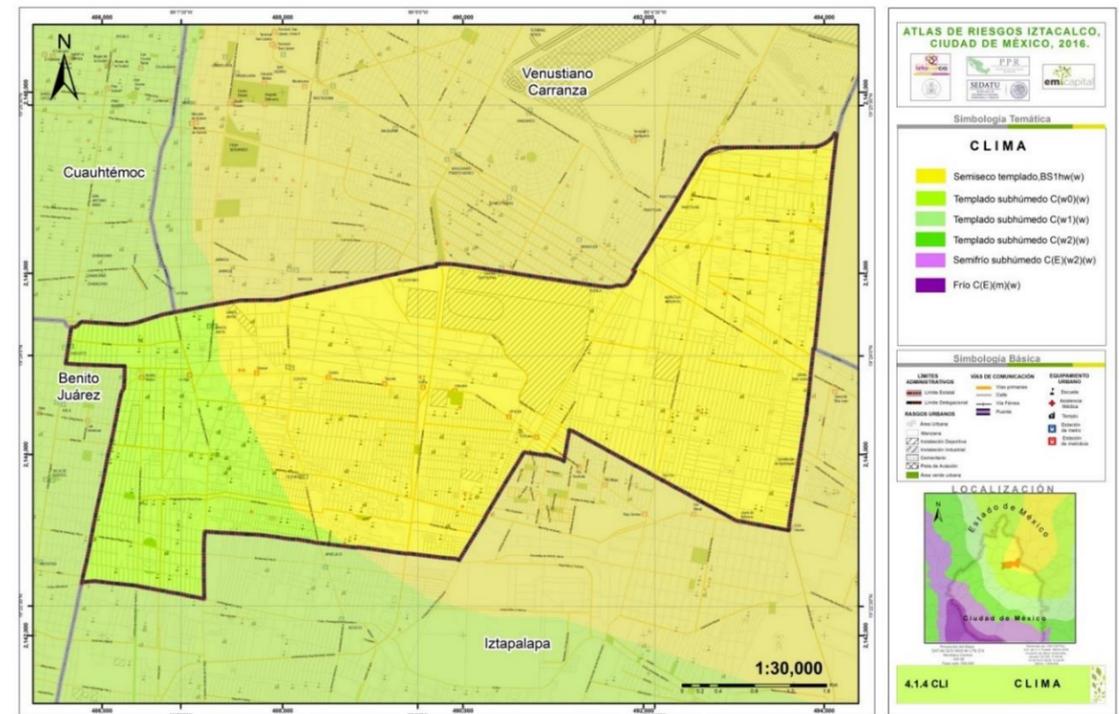


Figura 15. Mapa de climas de la zona de estudio.

### 3.8. Uso de suelo y vegetación.

La delegación tiene en promedio, una población según datos de INEGI 2015 de 390, 348 habitantes, resultado del gran conjunto de unidades habitacionales y de la lotificación reducida en sus colonias., por lo que en la demarcación la mayoría es de tipo Urbano.

Tabla 14. Distribución del Uso de Suelo.

Uso de Suelo	Porción 1978 %	Porción 1996 %
Habitacional	60	54
Habitacional, Comercio y Servicios	8	17
Equipamiento	18	16
Áreas verdes	3	2
Industria	11	11
Total	100	100

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de INEGI y Programa de Desarrollo Urbano, Iztacalco, 2008.

Los datos se refieren a un incremento del 9% en la participación territorial del uso mixto, a una disminución del 6% en el territorio ocupado por el uso de suelo habitacional y a una ligera disminución en la participación territorial del equipamiento y las áreas verdes (3% en conjunto). La industria aparece ocupando la misma proporción de territorio.

El 13.15% del equipamiento urbano se distribuye en: 9.8% de equipamiento deportivo, el 3.01% de equipamiento de servicios y el 0.34% equipamiento mortuorio, el 2.34% corresponde a áreas verdes, rescatando camellones.

**Tabla 15. Características físicas de las colonias de la Delación.**

No.	Colonia	Área km <sup>2</sup>	% Delegación	Uso de suelo predominante
1	Viaducto Piedad	0.5503	2.56	Mixto
2	Nueva Santa Anita	0.1225	0.65	Unifamiliar
3	Barrio de San Pedro	0.3862	1.65	Unifamiliar
4	Barrio San Francisco Xicaltongo	0.1873	0.62	Unifamiliar
5	Barrio Santiago	0.6058	2.7	Unifamiliar
6	Reforma Iztaccihualt Norte	0.2244	2.06	Unifamiliar
7	Militar Marte	0.9271	3.07	Unifamiliar
8	Reforma Iztaccihualt Sur	0.2983	1.14	Unifamiliar - Mixto
9	Santa Anita Zacatlamanco	0.6196	2.59	Plurifamiliar
10	La Cruz Coyuya	0.2405	1.12	Unifamiliar
11	Fraccionamiento Coyuya	0.0902	0.41	Plurifamiliar
12	Barrio de Zapotla	0.259	1.18	Unifamiliar
13	Barrio Los Reyes	0.2428	1.31	Unifamiliar
14	Barrio San Miguel	0.3608	0.90	Unifamiliar
15	Barrio de La Asunción	0.0995	0.67	Unifamiliar
16	Barrio de La Cruz	0.0647	0.39	Unifamiliar
17	Jardines Tecma	0.067	0.32	Unifamiliar
18	Campamento 2 de octubre	0.7307	3.02	Unifamiliar
19	Los Picos Iztacalco	0.215	0.54	Plurifamiliar
20	Granjas México	2.4417	17.93	Unifamiliar - Industrial
21	Tlazintla	0.1225	0.57	Unifamiliar
22	Gabriel Ramos Millán	0.2543	1.69	Unifamiliar
23	Juventino Rosas	0.3237	2.50	Unifamiliar
24	IMPI Los Picos	0.0486	0.59	Plurifamiliar
25	Unidad INFONAVIT Iztacalco	0.1295	3.12	Plurifamiliar
26	Ciudad Deportiva	1.7734	4.28	Ciudad Deportiva
27	Ex – Ejido Magdalena Mixhuca	0.1063	0.52	Unifamiliar
28	Ramos Millán Bramadero	0.6821	3.40	Unifamiliar
29	Ramos Millán Tlacotal	0.3376	1.27	Unifamiliar
30	Ramos Millán Cuchilla	0.2244	1.05	Unifamiliar

31	Carlos Zapata Vela	0.47	1.71	Unifamiliar
32	Cuchilla Agrícola Oriental	0.1177	0.62	Unifamiliar
33	El Rodeo	0.2151	1.00	Mixto
34	Agrícola Pantitlán	3.5792	14.84	Unifamiliar
35	Agrícola Oriental	4.7885	21.03	Unifamiliar

**Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de INEGI con datos del Programa de Desarrollo Urbano, Iztacalco, 2008.**

Existen cuatro centros de barrio, que ocupan el 2.75% del área total de la delegación, dos de ellos ya consolidados en el Circuito Interior y Avenida Té, continuación de Plutarco Elías Calles y el Canal de Tezontle, el tercer centro de barrio en Calzada Ignacio Zaragoza y el cuarto, se usa como un tianguis de autos.

Iztacalco ocupa el segundo lugar en cuanto al porcentaje de uso industrial, mezclado con habitación y servicios, con respecto al total de la Ciudad de México (11%), en donde se realizan actividades primordiales como la manufactura y el comercio. Sin embargo, existe carencia de oficinas.

### Identidad Urbana

Se reconocen los sitios como el Palacio de los Deportes y el Autódromo Hermanos Rodríguez (Foro Sol) como sitios de identidad. Cada barrio o colonia posee edificios o espacios que dan identidad a sus habitantes, como los templos, plazas, mercados o equipamientos deportivos.

Con un mayor grado de detalle sobresalen los barrios históricos de carácter patrimonial, en este existe la regulación de los colores de las fachadas en los barrios de la Asunción y la Santa Cruz, y el uso de adocroto y empedrado como pavimentos de plazas y calles peatonales. La tipología de las construcciones y el predominio del uso habitacional completa la unidad de este conjunto.

En las colonias de estratos medios y altos situadas al poniente de la delegación, predominan los usos habitacionales con vivienda terminada y consolidada. En las colonias populares ubicadas al oriente de la delegación, abundan las edificaciones en proceso de construcción, lo que le confiere una imagen inacabada. Además, la mezcla de usos comerciales, servicios e industriales dan lugar a una imagen poco homogénea.

Además de las zonas en donde predomina la vivienda, se reconocen también corredores comerciales ubicados a lo largo de las principales arterias que cruzan la delegación, en los casos de Viaducto Río Piedad, Andrés Molina Enríquez (Eje 1 Oriente), Francisco del Paso y Troncoso (Eje 3 Oriente) y Calzada Ignacio Zaragoza prevalece una imagen dominada por las actividades comerciales, las construcciones superan los dos niveles y la vivienda se mezcla con talleres, bodegas y equipamientos.

**Tabla 16. Monumentos históricos catalogados por la INHA.**

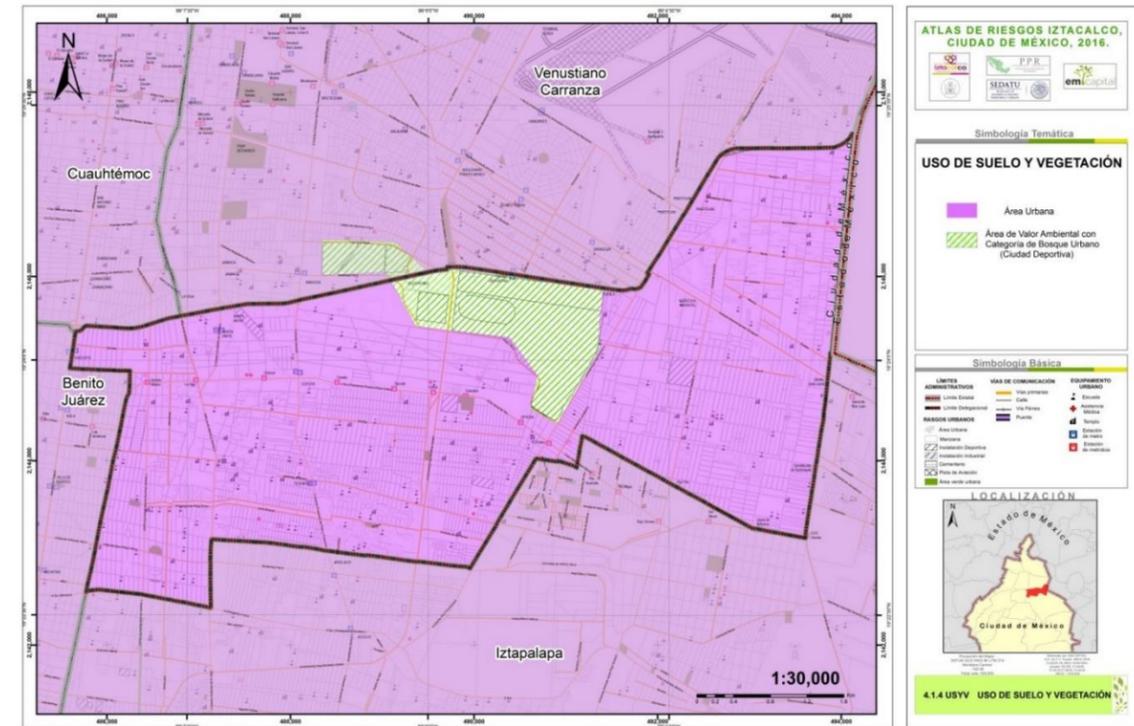
No.	Inmueble	Ubicación
1	Capilla de la Asunción	Barrio de la Asunción
2	Monumento conmemorativo al Cura Hidalgo	Barrio de la Asunción
3	Templo se Dan Matías	Barrio de la Asunción
4	Ermita de la Asunción	Barrio de la Asunción
5	Capilla de la Santa Cruz	Barrio de la Santa Cruz
6	Ermita de la Santa Cruz	Barrio de la Santa Cruz
7	Capilla de San Miguel Arcángel	Barrio de San Miguel
8	Parroquia de los Santos Reyes	Barrio de los Reyes
9	Parroquia de San Francisco de Asís Xicaltongo	Barrio de San Francisco Xicaltongo
10	Capilla de Santiago	Barrio de Santiago
11	Capilla de San Sebastián	Barrio Zapotla
12	Parroquia de Santa Anita Zacatlalmanco Huehuetl	Colonia Santa Anita Zacatlalmanco Huehuetl
13	Quinta Pachuca	Barrio Zapotla
14	Casas habitación del siglo XIX	Barrio la Asunción, Barrio la Cruz
15	Mojonera (basamento prehispánico con cruz atrial)	Barrio San Francisco Xicaltongo

**3.9. Áreas naturales protegidas.**

En la Delegación Iztacalco no existen áreas naturales protegidas, sin embargo, el área verde más importante es la Ciudad Deportiva de la Magdalena Mixhuca ubicada en la Colonia Granjas México con una superficie de 1.25 km<sup>2</sup>. Adicionalmente existen 0.46 km<sup>2</sup> de espacios abiertos, entre las que destacan: el parque Leandro Valle con 0.06 km<sup>2</sup>, la Plaza Benito Juárez con 0.017 km<sup>2</sup>, el Parque de las Rosas con 0.011 km<sup>2</sup> y el Parque Central con 0.017 km<sup>2</sup>, la delegación cuenta con 1,256.806 m<sup>2</sup> de áreas verdes, las cuales distribuidas entre su población (390, 348 habitantes para el 2015), resulta una proporción de 0.0032 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. Esta cifra se encuentra muy por debajo de las recomendaciones internacionales.

**Tabla 17. Porcentajes de Usos de suelo.**

TIPO DE SUELO	Km <sup>2</sup>	Porcentaje Delegacional
Área de valor ambiental con categoría de bosque urbano.	2	8.66
Suelo Urbano (área urbana)	21.07	91.34
<b>Total</b>	<b>23.07</b>	<b>100</b>



**Figura 16. Mapa de Uso de Suelos de la zona de estudio.**

**4. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.**

**4.1. Dinámica demográfica.**

De acuerdo a INEGI, dentro de la delegación en el año 2010 la población total era de 384,326 habitantes, de los cuales eran 182,534 hombres y 201,792 mujeres y en el 2015 la población total era 390,348 habitantes de los cuales 183,949 son hombres y 206,399 mujeres (INEGI, 2015).

**Tabla 18. Generalidades de la Delegación.**

Nombre de la Localidad	Población Total 2010	Grado de marginación 2010	Ambiente
Iztacalco	384,326	Muy bajo	Urbano
	Población Total 2015	Grado de marginación 2015	
	390,348	Muy bajo	

Fuente: INEGI, 2010.

**Tabla 19. Generalidades de la población total de la Delegación.**

Delegación Iztacalco 2010		
Hombres	182,534	47.49%
Mujeres	201,792	52.51%
Total	384,326	100 %

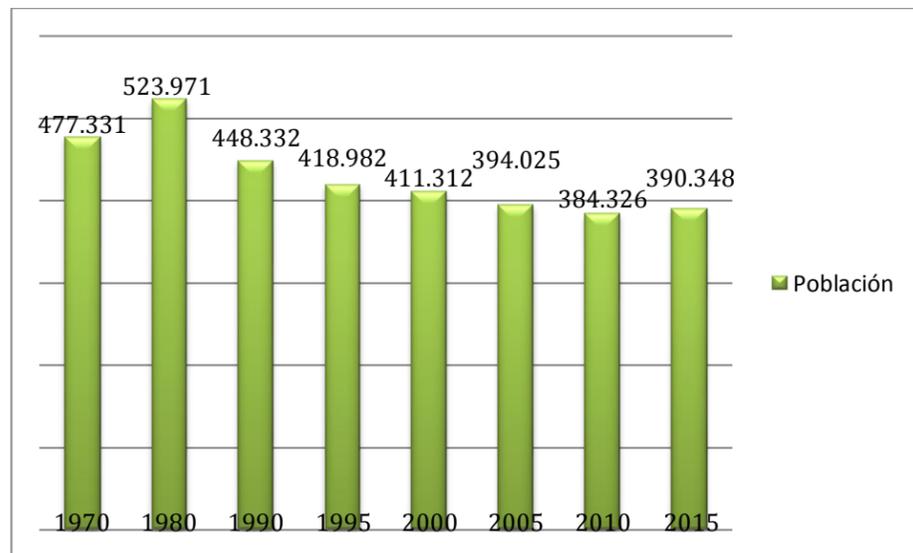
Fuente: INEGI, 2010.

**Tabla 20. Generalidades de la población total de la Delegación.**

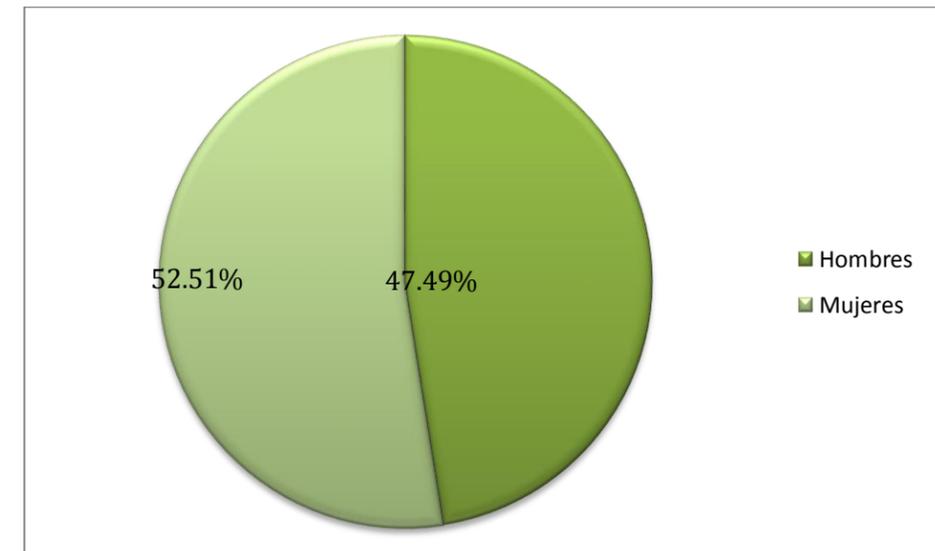
Delegación Iztacalco 2015		
Hombres	183,949	47.12%
Mujeres	206,399	52.88%
Total	390,348	100 %

Fuente: INEGI, 2015.

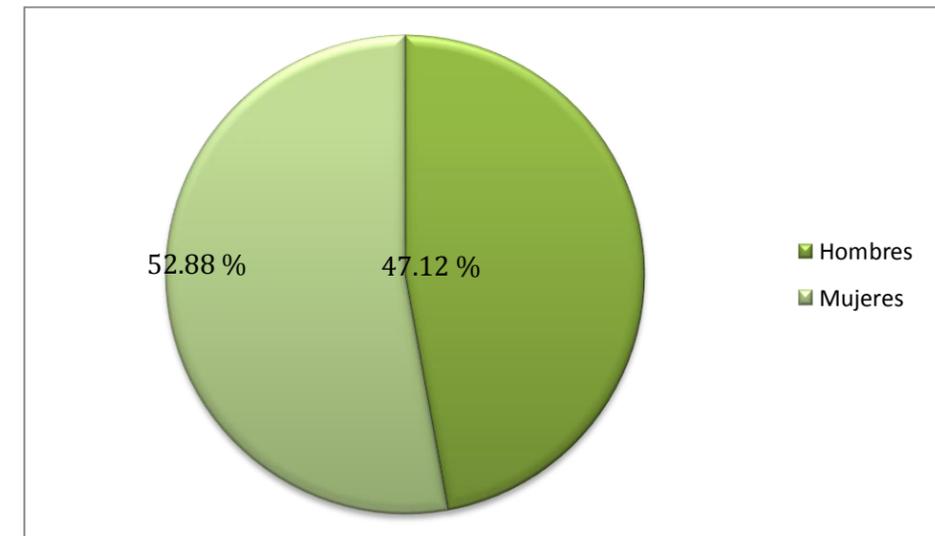
**Gráfica 1. Dinámica de población 1970-2015.**



**Grafica 2. Porcentaje de la población total de la Delegación Iztacalco. 2010.**



**Grafica 3. Porcentaje de la población total de la Delegación Iztacalco 2015.**



La población de la Delegación Iztacalco muestra cambios que han afectado su crecimiento. La disminución en la mortalidad infantil, los nuevos patrones de causa de muerte, la mayor esperanza de vida al nacer, el aumento del uso de métodos anticonceptivos modernos y la intensificación de las migraciones, son

responsables directos de estos cambios, entre otros factores. Para el año 1980 el promedio de la población anual se incrementó a 523,971 habitantes y de sentido negativo, es decir, se registró el mayor descenso de 384,326 (2010), con una diferencia de -139,645 habitantes.

El desarrollo, tal como se acepta hoy en día, es concebible siempre que éste se traduzca en una mejoría del nivel de vida de las personas, el incremento de la renta per cápita de la familia, unido a mayores posibilidades de acceso a la salud, la educación y al bienestar en general, acompañado también por la autoestima, el respeto, la dignidad y la libertad de elección de los individuos.

**4.1.1. Análisis comparativo de la población de la Delegación Iztacalco con respecto a la Ciudad de México.**

Con base a la información concentrada en el Tabulador básico intercensal 2015 de INEGI, en México existe un total de 119,530.573 millones de habitantes; en la Ciudad de México habitan 8,918.653 millones de personas, de las cuales en la Delegación Iztacalco habitan un total de 390,348 de personas, lo que representa el 4.37% de la población total de la Ciudad de México y el 0.326% a nivel nacional, de los cuales el 2.06 % son hombres (en cifras corresponde a 183,949) y el 2.31% corresponde a población femenina (es decir 206,399), con respecto a la Ciudad de México.

**Tabla 21. Análisis comparativo de la población municipal respecto al país y al estado**

POBLACION TOTAL		
TERRITORIO	MILLONES DE HABITANTES	%
NACIONAL	119,530.753	-
ESTATAL	8,918.653	7.46
DELEGCIONAL	390,348	4.37

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de INEGI 2015.

**Tabla 22. Análisis comparativo de la extensión territorial de la Delegación Iztacalco respecto al país y a la Ciudad de México.**

EXTENSION TERRITORIAL		
TERRITORIO	km <sup>2</sup>	%
NACIONAL	1,973,000	
ESTATAL	1,485	0.073
DELAGACIONAL	21.07	1.41

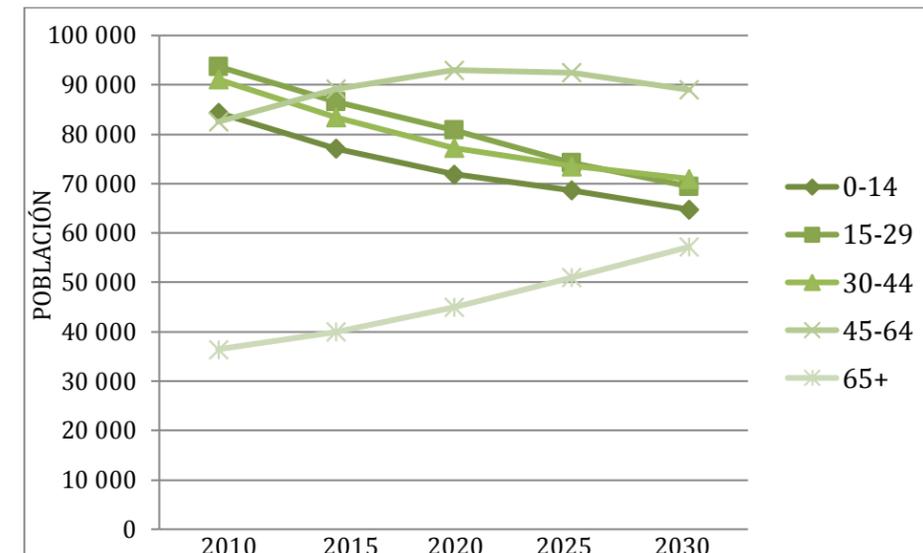
Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de INEGI.

**4.1.2. Proyección de la población del 2010 - 2030 (CONAPO).**

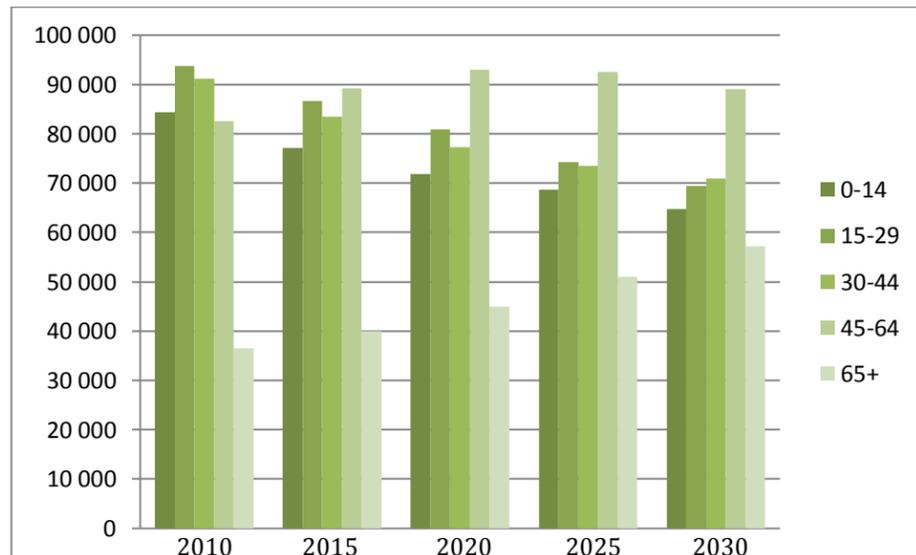
En la Ciudad de México se prevé que la población continúe aumentando en las décadas futuras, alcanzará en 2020 un número de 367,989 personas con una tasa de crecimiento de 4.71 por ciento anual; en 2030 llegará a 351,418 habitantes con un ritmo de crecimiento menor, 2.81 por ciento anual.

Se puede apreciar en las gráficas 4 y 5 que la estructura por edad y sexo aún mostrará una estructura piramidal con base amplia, pero irá acumulando una mayor proporción de población en edades adultas y avanzadas. Este comportamiento estará asociado a que el descenso de nacimientos será significativo, pasará de 137,748 nacimientos en 2010 a 118,809 en 2020 y a 104,841 en 2030 con respecto a la Ciudad de México.

**Gráfica 4. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO).**



**Grafica 5. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO).**



La Delegación tendrá un aumento de la mortalidad entre las personas del grupo de los 65+ y una reducción en la natalidad, por ende, de la población joven futura, siendo que las personas menores de 15 años pasarán de 24 por ciento en el 2010 a 22.17 por ciento en 2015 a 20.70 en 2020 y a 17.79 en 2030. Asimismo, Iztacalco contará con un porcentaje importante de personas en edad productiva (15 a 64 años) que durante el periodo seguirá en aumento, pasará de 68.48 por ciento en 2010 a 66.40 en 2015 a 64.33 en 2020 y a 58.78 en 2030. Por último, las personas de 65+ aumentarán lo que comience a tener mayor peso relativo, en 2020 se prevé que represente el 11.52 por ciento del total y en 2030 el 14.65 por ciento.

**Tabla 23. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO).**

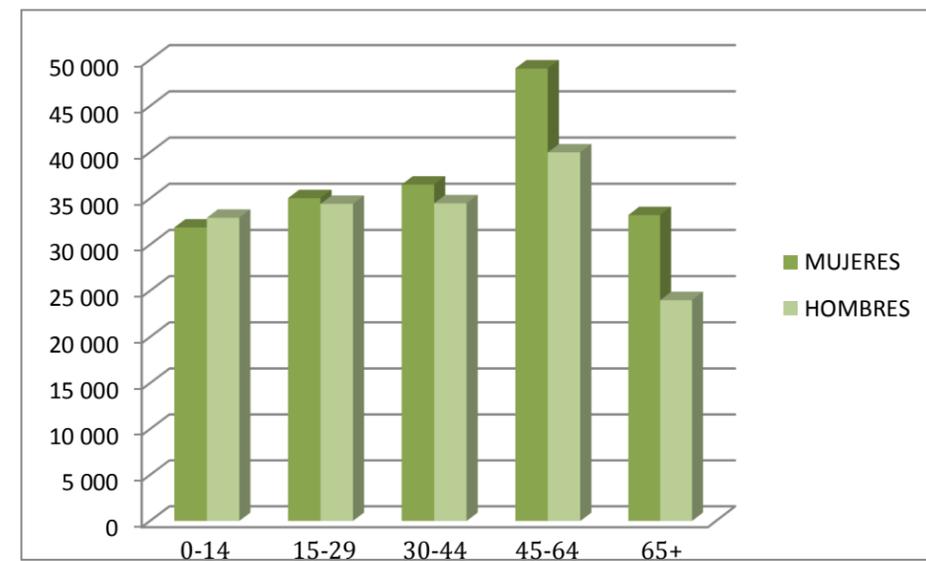
Grupos de edad	2010			2030		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
0-14	84,345	42,773	41,572	64,764	32,908	31,856
15-29	93,711	46,236	47,475	69,445	34,410	35,035
30-44	91,105	42,809	48,297	70,973	34,474	36,499
45-64	82,520	37,460	45,060	89,048	39,982	49,065
65 años y más	36,463	15,026	21,437	57,189	23,991	33,198

De acuerdo con estimaciones de la CONAPO, la población de la Delegación Iztacalco crecerá según estimaciones, de la siguiente forma:

**Tabla 24. Estimación del crecimiento poblacional por género (CONAPO).**

Delegación	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Iztacalco	Ambos	0-14	64,756
		15-29	69,445
		30-44	70,973
		45-64	89,048
		65+	57,189

**Gráfica 6. Estimación del crecimiento poblacional por género y grupo de edad para el año 2030 (CONAPO).**



#### 4.1.3. Distribución de la población (por localidad).

La Delegación de Iztacalco cuenta con 384, 326 de personas que habitan el 100 por ciento de un territorio urbano a su vez, esta delegación cuenta con 1 Sede Delegacional y 38 colonias urbanas.

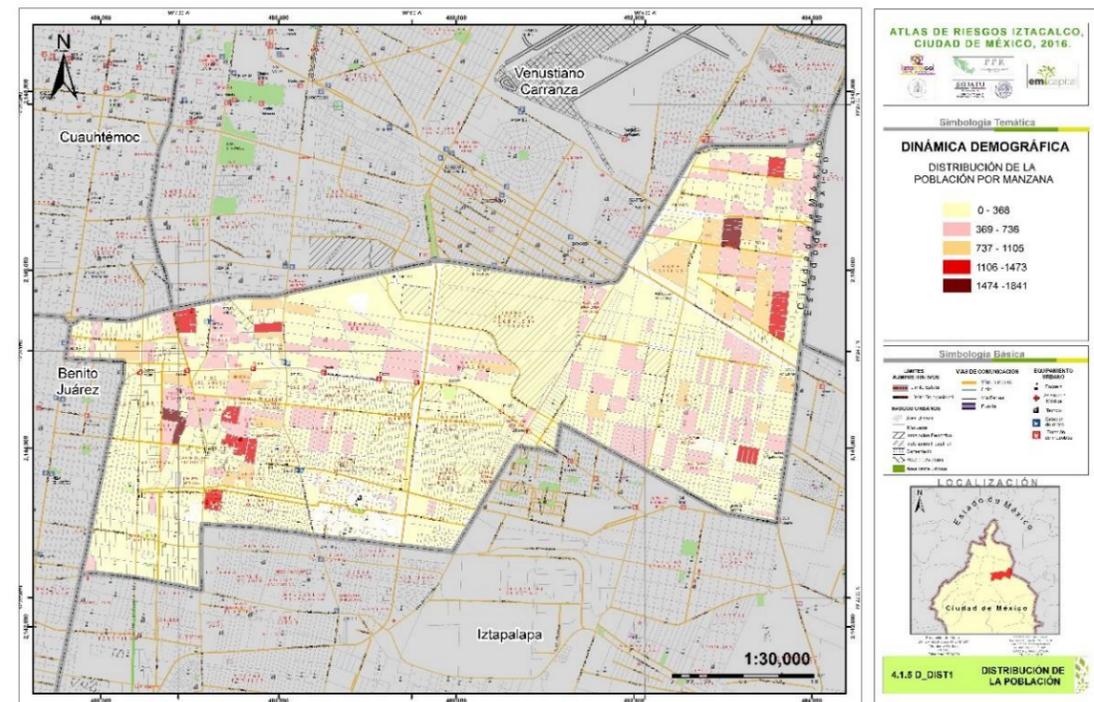
**Tabla 25. Colonias pertenecientes a la Delegación Iztacalco.**

Ámbito	Nombre de la localidad	Superficie Km <sup>2</sup>	% Delegacional
Urbano	Agrícola Oriental	4.9	21.03
	Agrícola Pantitlán	3.4577	14.85
	Ampliación Gabriel Ramos Millán	0.212	0.91
	Barrio La asunción	0.1561	0.67
	Barrio Los Reyes	0.3052	1.3
	Barrio San Francisco Xicaltongo	0.1445	0.62
	Barrio San Miguel	0.2097	0.9
	Barrio San Pedro	0.3845	1.65
	Barrio Santa La Cruz	0.0909	0.39
	Barrio Santiago Norte	0.1817	0.78
	Barrio Santiago Sur	0.4474	1.92
	Barrio Zapotla	0.2749	1.18
	Campamento 2 de Octubre	0.7037	3.02
	Carlos Zapata Vela	0.3984	1.71
	Cuchilla Agrícola Oriental	0.1445	0.62
	El Rodeo	0.233	1
	Ex Ejido La Magdalena Mixiuhca	0.1212	0.52
	Fraccionamiento Coyuya	0.0955	0.41
	Gabriel Ramos Millán	0.3938	1.69
	Gabriel Ramos Millán Sección Bramadero	0.7922	3.4
	Gabriel Ramos Millán Sección Cuchilla	0.2447	1.05
	Gabriel Ramos Millán Sección Tlacotal	0.2959	1.27
	Granjas México	3.9472	17.93
	Infonavit Iztacalco	0.727	3.12
	IMPI Picos	0.1375	0.59
	Jardines Tecma	0.0746	0.32
	Juventino Rosas	0.5825	2.5
	La Cruz	0.261	1.12
	Los Picos Iztacalco 1a	0.0816	0.35
	Los Picos Iztacalco 1b	0.0583	0.25
	Los Picos Iztacalco 2a	0.0676	0.29
	Militar Marte	0.7153	3.07
	Nueva Santa Anita	0.1515	0.65
	Reforma Iztaccihuatl Norte	0.48	2.06
Reforma Iztaccihuatl Sur	0.2656	1.14	
Santa Anita	0.6035	2.59	
Tlazintla	0.1328	0.57	
Viaducto Piedad	0.5965	2.56	
<b>Total</b>	<b>23.07</b>	<b>100</b>	

El rango de personas de 0 a 368 personas que habitan por manzana están distribuidos por todo el territorio; el rango de la distribución de 369 a 736 personas por manzana se concentra en el noreste, sureste, norte

y oriente de la Delegación; los valores de 737 a 1105 principalmente se distribuye al noreste- sureste, centro y oeste del territorio; la distribución de 1106 a 1473 personas abaracan dos manzanas de la colonia Agrícola Pantitlán, una manzana ubicada al sureste de la colonia Agrícola Oriental, una manzana al este de la colonia Santa Anita, una perteneciente a Nueva Santa Anita, así como una manzana de las colonias San Miguel, Zapotla, La Asunción, Santa Cruz, Jardines de Tecma y Campamento 2 de Octubre.

La distribución de la población por manzana de 1 474 a 1 841, habitan en una manzana de la colonia Agrícola Pantitlán y dos manzanas pertenecientes a Santiago Norte.



**Figura 17. Distribución de la población.**

**4.1.4. Densidad de la población (por manzana en zonas urbanas).**

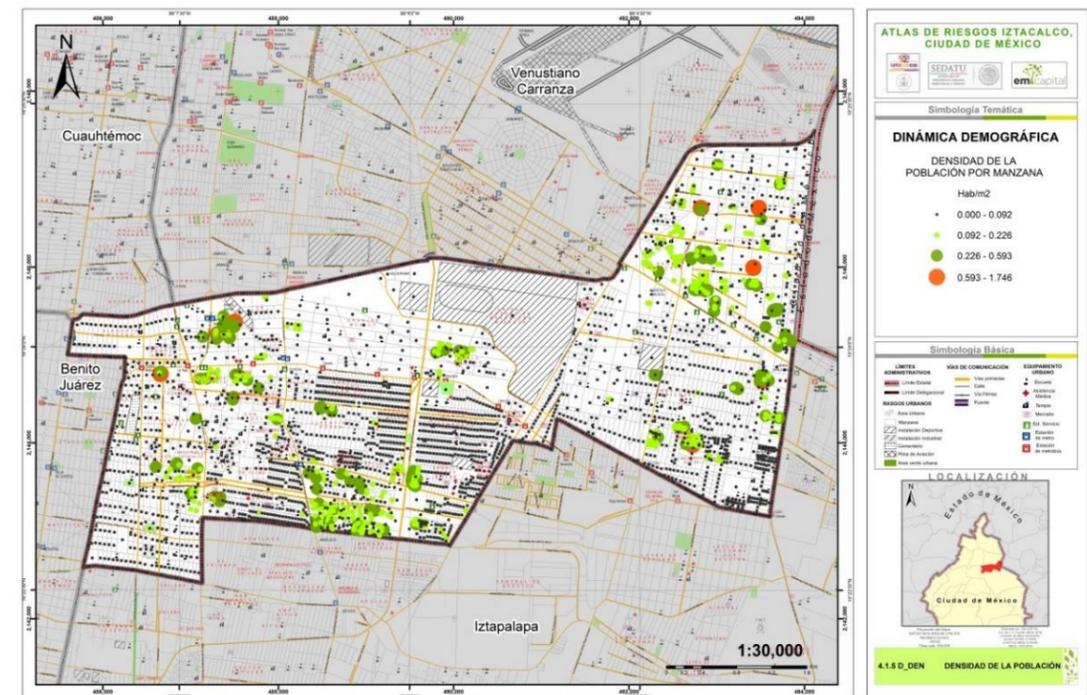
Se determina la densidad poblacional para la Delegación Iztacalco en un promedio general de 1 8.24 habitantes por km<sup>2</sup>, lo cual ubica a la delegación en una densidad *baja*.

El hacinamiento de la delegación se considera *bajo*, es decir que la densidad de la población iztalquense se ubica en cuatro rangos con valores numéricos de habitantes por km<sup>2</sup> de 0-92, de 92-226, de 22-593 y 593-1,746 habitantes.

La mayor distribución de la densidad de población de 0-92 hab/km<sup>2</sup> se ubica por toda la extensión territorial es decir, en las zonas donde generalmente las viviendas tienen la característica de unifamiliar a plurifamiliar; la densidad de población con valores de 94-226 hab/km<sup>2</sup> se concentran en zonas más puntuales dentro de la delegación es decir, en las zonas noroeste, suroeste, sur, noreste y sureste abarcando las colonias de Agrícola Pantitlán, Agrícola Oriental, Granjas México, Infonavit Iztacalco, Impi Picos, Carlos Zapata Vela, Santa Anita, Reforma Iztaccihuatl Norte, San Miguel, Santiago Sur, Campamento 2 de Octubre, Gabriel Ramos Millán aquí la población se ubica en inmuebles con características de plurifamiliar a unidades habitacionales; los valores de población con 226-593 hab/km<sup>2</sup> de igual forma se ubican en las zonas noroeste, suroeste, sur, noreste y sureste abarcando las colonias de Agrícola Pantitlán, Agrícola Oriental, Granjas México, Infonavit Iztacalco, Impi Picos, Carlos Zapata Vela, Santa Anita, Reforma Iztaccihuatl Norte, San Miguel, Santiago Sur, Campamento 2 de Octubre, Gabriel Ramos Millán; mientras la densidad de población de 593-1,746 hab/km<sup>2</sup> se ubica en las colonias Agrícola Pantitlán y al noreste y sureste de la Delegación y, al noroeste de la Delegación, dentro de las colonias Santa Anita y Santiago Norte.

**Tabla 26. Densidad de la población en localidades Urbanas.**

Ámbito	Nombre	Superficie Km <sup>2</sup>	Densidad de Población 2010
Urbano	Iztacalco	23.07	384,326



**Figura 18. Mapa de la densidad de población en la zona de estudio.**

## 4.2 Características sociales.

### 4.2.1 Porcentaje de analfabetismo, población de 14 años y más que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.

Debido al incremento registrado en la cobertura de la educación básica, la tasa de analfabetismo en la población de 15 años y más disminuyó entre 1990 y el 2010 conforme a los datos de INEGI en 1990 había 11,956 personas analfabetas mientras que en el 2010 había 5,239 personas con esta categoría lo que corresponde que en 1990 había un índice de 2.66 por ciento mientras que en el 2010 el porcentaje de alfabetismo se redujo en 1.36.

En el 2010, la tasa de analfabetismo de la población femenina se ubica en 1.91 por ciento, mientras que el por ciento masculino es de 0.75.

**Tabla 27. Población de 15 años y más analfabeta según sexo.**

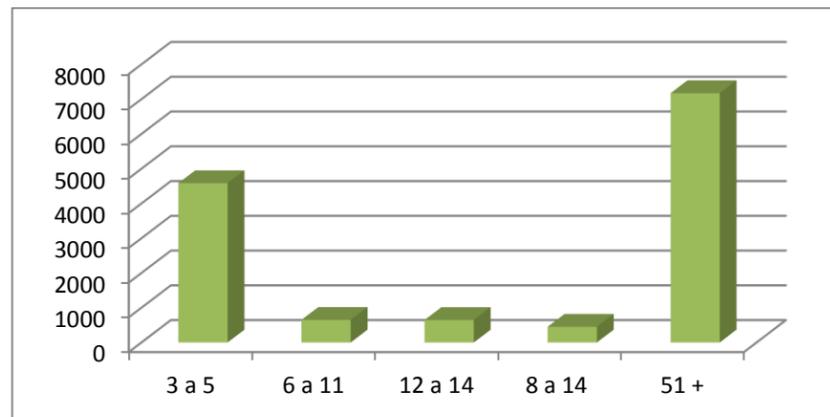
Población de 15 años y más, analfabeta según sexo, 2010			
	Total	Analfabeta	%
Hombres	182,534	1,371	0.75

Mujeres	201,792	3,868	1.91
Total	384,326	5239	2.66

Desde una óptica generacional, la tasa de analfabetismo disminuye conforme menor es la edad de los individuos, lo que da cuenta de las diferentes oportunidades educativas y los avances entre las generaciones.

La tasa de analfabetismo para los hombres y las mujeres jóvenes (15-29 años) es de 1.86 por ciento; sin embargo, conforme aumenta la edad, la tasa de analfabetismo tiene un componente mayor de mujeres y esta brecha entre los hombres y las mujeres se incrementa a medida que aumenta la edad.

**Gráfica 7. Analfabetismo entre los grupos de edades.**

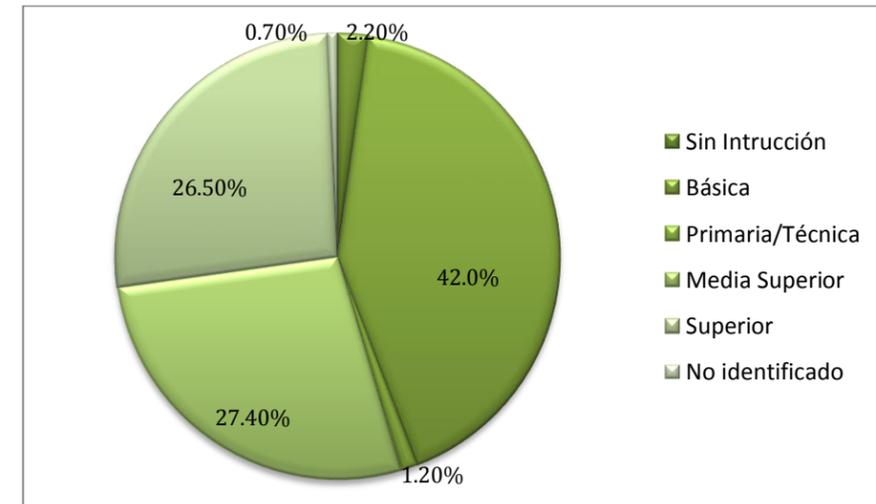


**Población que asiste a la escuela**

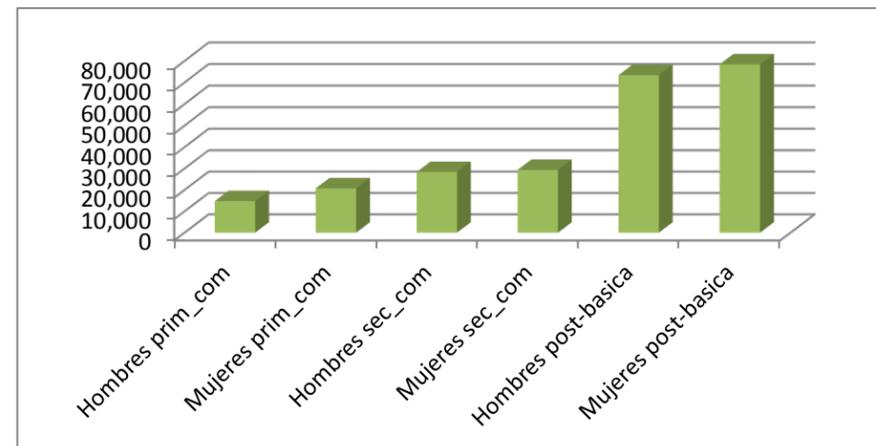
La distribución de la población de 15 y más con base en su nivel de escolaridad se observa que el 4.2 por ciento tiene un nivel básico, siguiendo del nivel medio superior con 27.4 por ciento y superior con 26.5 por ciento de 185,827 habitantes escolarizados.

Para los rangos de escolaridad de Iztacalco se obtuvo que la mayor parte de la población sólo llega a terminar la primaria dentro del período de 6 a 11 años de edad, le sigue la secundaria con el 95.90%, presentándose una deserción del 54.70% a nivel media superior y superior.

**Gráfica 8. Nivel de escolaridad para la población de la Delegación Iztacalco de una edad de 15 y más.**



**Gráfica 9. Nivel de escolaridad por género de una edad de 15 y más.**



Para Iztacalco el nivel de alfabetismo por manzana dentro de un ámbito en general corresponde del 0%, sin embargo para la colonia Agrícola Pantitlán este porcentaje se eleva del 1 al 3% en cinco de las manzanas que corresponden al área de las calles entre Texcoco, Xochimilco y Guadalupe Victoria, ubicadas al norte de dicha colonia y al noreste de la Delegación; en la colonia Viaducto Piedad el mayor porcentaje lo ocupa el 2% ubicado en las manzanas ubicadas al norte, mientras el 1% se ubica para las manzanas norte y sur de esta colonia y; para la colonia Nueva Santa Anita lo representa el 1% para las manzanas noreste, ambas colonias ubicadas en el noroeste de la Delegación.

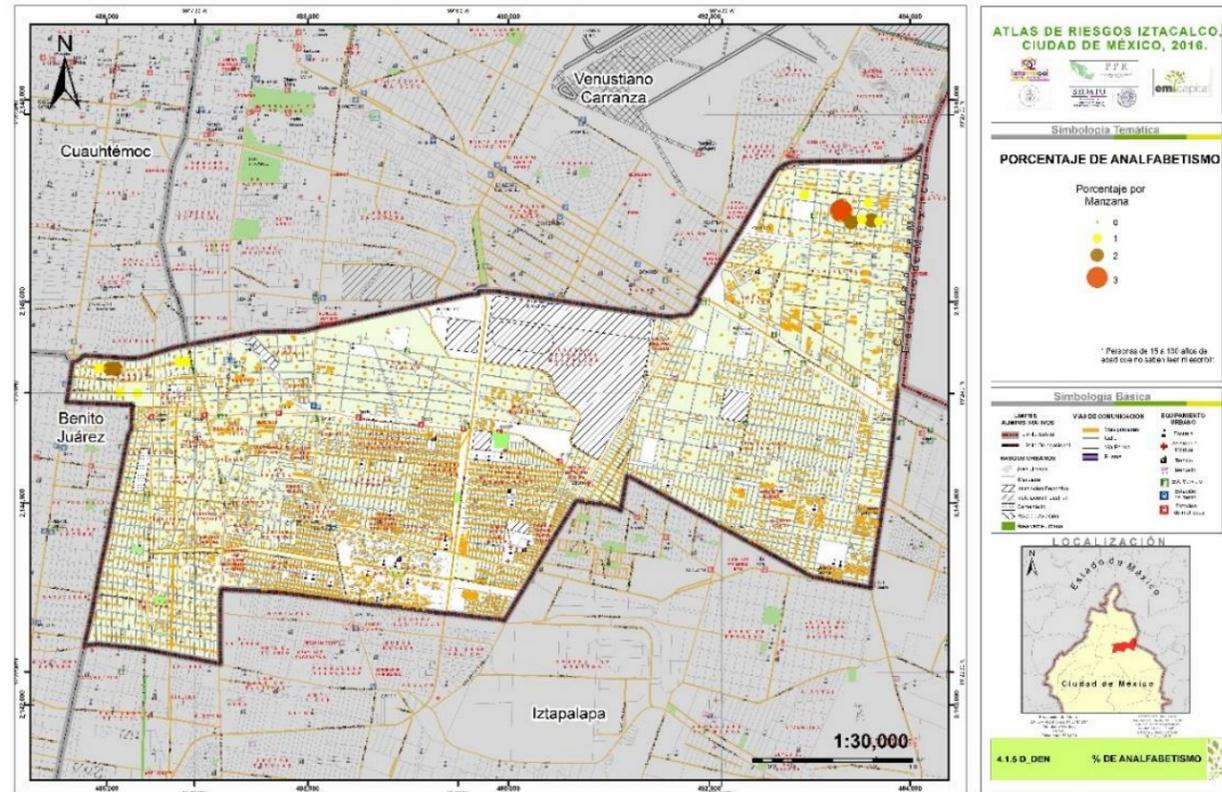


Figura 19. Mapa de analfabetismo en la zona de estudio.

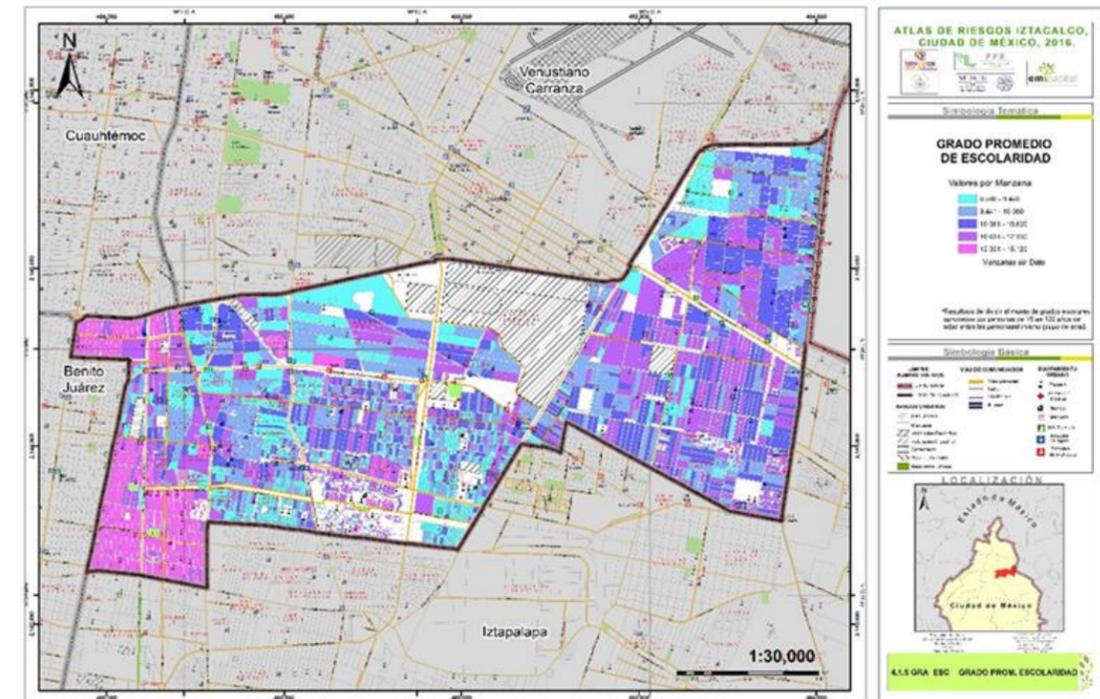


Figura 20. Mapa del grado promedio de escolaridad en la zona de estudio.

Los valores de los grados de escolaridad de Iztacalco de entre de 6 a 12 por manzana, se encuentran distribuidos homogéneamente dentro del territorio más sin embargo, los mayores valores de entre 12 a 15 de grado de escolaridad son de entre 1 a 15 manzanas que se ubican de una manera menos recurrente en las colonias Agrícola Pantitlán, Agrícola Oriental, Gabriel Ramos Millán, Impi Los Picos, Infonavit Iztacalco, Gabriel Ramos Millán, Granjas México, Coyuya y; para la zona noroeste y suroeste de la Delegación este grado de escolaridad se acentúan, indicando que la población con mayor grado de escolaridad tienen mejores oportunidades de desarrollo.

#### 4.2.2. Población con discapacidad (población con limitación en la actividad) por colonia y manzana.

Uno de los grupos más vulnerables de la sociedad es el que presenta algún tipo de discapacidad. Dadas las dificultades que conlleva la captación de este segmento de la población, para el Censo 2010 se adoptó la metodología del grupo de Washington, del cual México forma parte. Este censo, con base en el cuestionario ampliado, identificó un porcentaje de 1.90% de la población total de iztalquenses alguna dificultad física o mental para realizar las actividades en su vida diaria, siendo ligeramente mayor la proporción de hombres que de mujeres.

**Tabla 28. Población con discapacidad.**

Condición de limitación en la actividad								
	Con Discapacidad	Sin Discapacidad	Total	Motriz	Auditiva	Lenguaje	Visual	Mental
<b>Total</b>	20,592	363,734	384,326	10,670	2,389	1,268	7,337	1,863

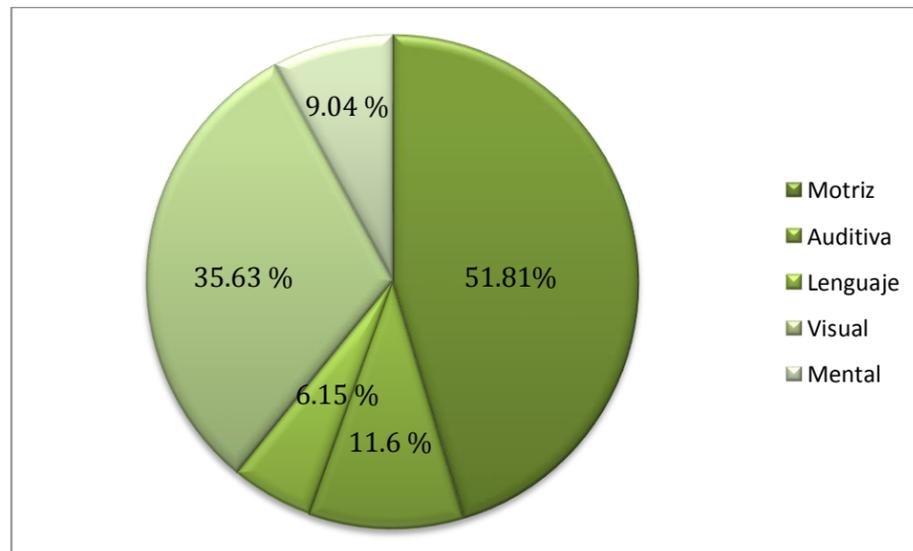
Fuente: INEGI. Síntesis metodológica y conceptual del CENSO de Población y Vivienda 2010.

De acuerdo con la información publicada en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, en la Delegación Iztacalco hay 20,592 personas con algún tipo de limitación, representando un 5.35% del total de la población delegacional.

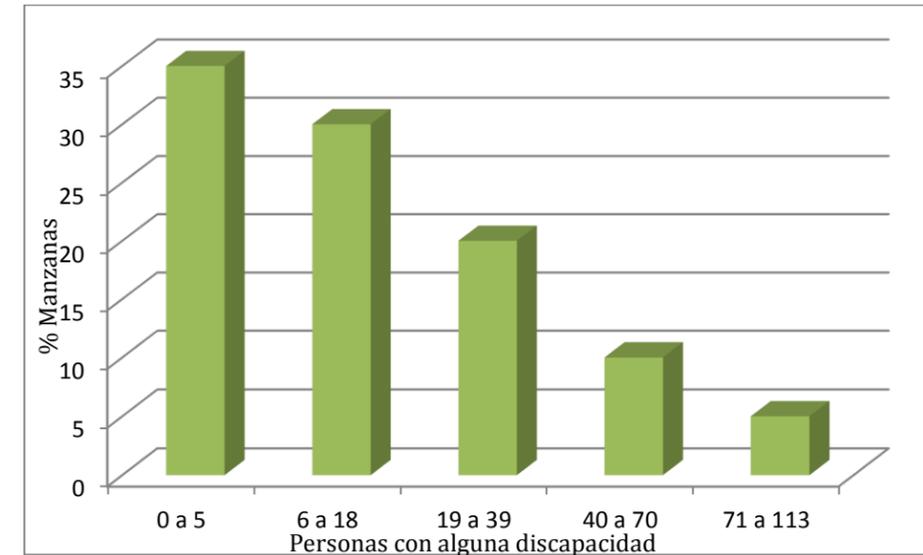
Entre las principales limitaciones que presenta la población está la dificultad motriz, se indica que hay 10,670 con esa limitación, 7,337 personas indicaron tener limitación para ver, 2,389 están limitadas para en su audición, 1,268 personas tienen dificultad de comunicarse o al hablar, 1,863 personas tienen problemas con algún tipo de discapacidad mental.

En la siguiente gráfica se presenta las cifras de población con discapacidad, donde se puede encontrar la población total con algún tipo de limitación, así como las cifras por tipo de limitación.

**Gráfica 10. Porcentaje de personas con alguna discapacidad.**



**Gráfica 11. Número de personas con discapacidad por manzana urbana.**



En una región cualesquiera existe población con alguna discapacidad, la región de Iztacalco no es lo contrario, por toda su extensión existen habitantes que radican con alguna discapacidad el ejemplo de ello, el siguiente mapa muestra la concentración de personas en las manzanas bien, de 0 a 18 personas con alguna discapacidad se encuentran distribuidas por todo el territorio delegacional, la concentración de personas de 19 a 39 que habitan en las manzanas es mayor en las zonas este, centro y oeste de la Delegación; de 40 a 70 personas se encuentran de manera más puntual en las manzanas localizadas en el este dentro de la colonia Agrícola Pantitlán, Agua Caliente, Agrícola Oriental y al oeste de la misma colonia.

Al norte de la Delegación en la colonia Granjas México, al oriente de la colonia Gabriel Ramos Milán representada por una manzana y de igual forma en la U.H. Infonavit Iztacalco y; al Oriente de la Delegación con 3 manzanas de la Jardines de Tecma, La Asunción, Zapotla, una manzana en Militar Marte, Santiago Sur, Santiago Norte y; al noroeste la Delegación en las colonias de San Francisco Xicaltongo, y con dos manzanas en colonias de Viaducto Piedad y una manzana en Nueva Santa Anita. Para la población de a 113 habitantes que cuenta con alguna discapacidad, son tres manzanas ubicadas al sureste de la colonia Agrícola Pantitlán, tres manzanas al este de la colonia Agrícola Oriental y una al sur; así como una manzana en las colonias Santiago Norte, San Francisco Xicaltongo, San Miguel, Santa Anita y Coyuya.

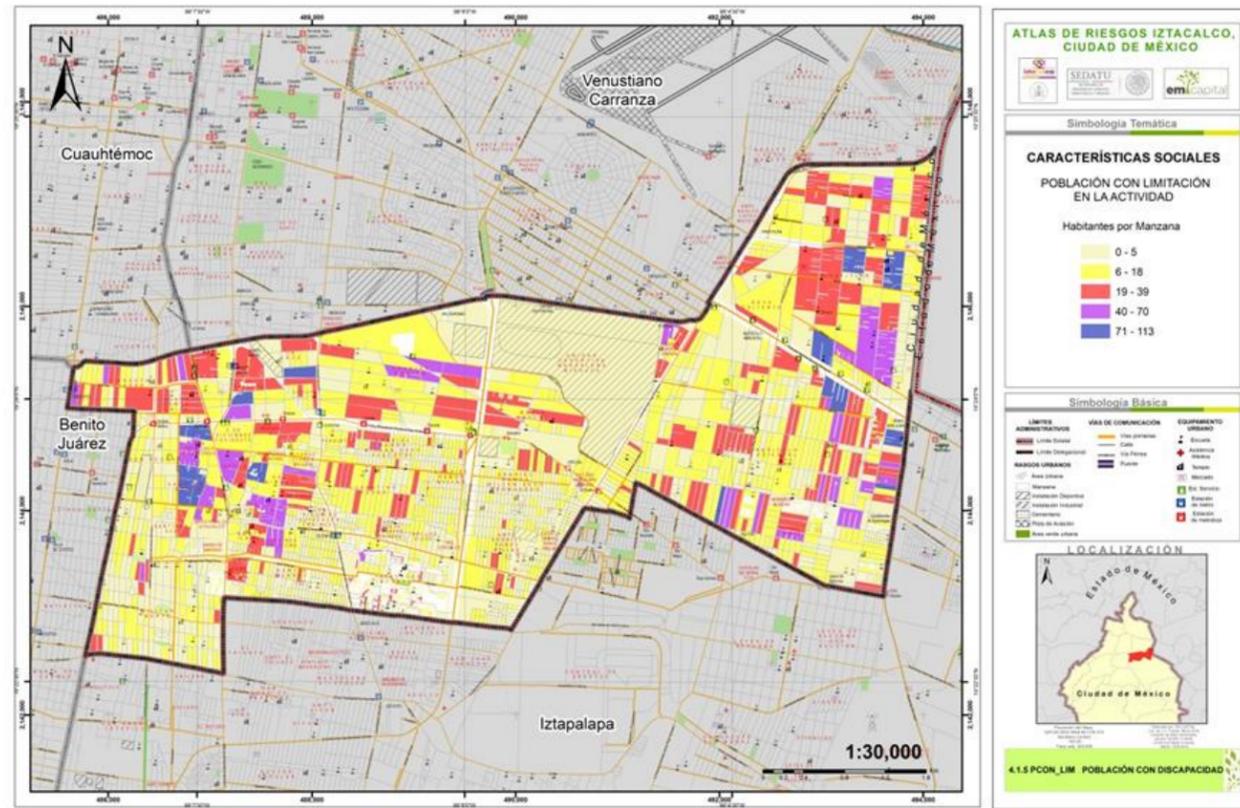


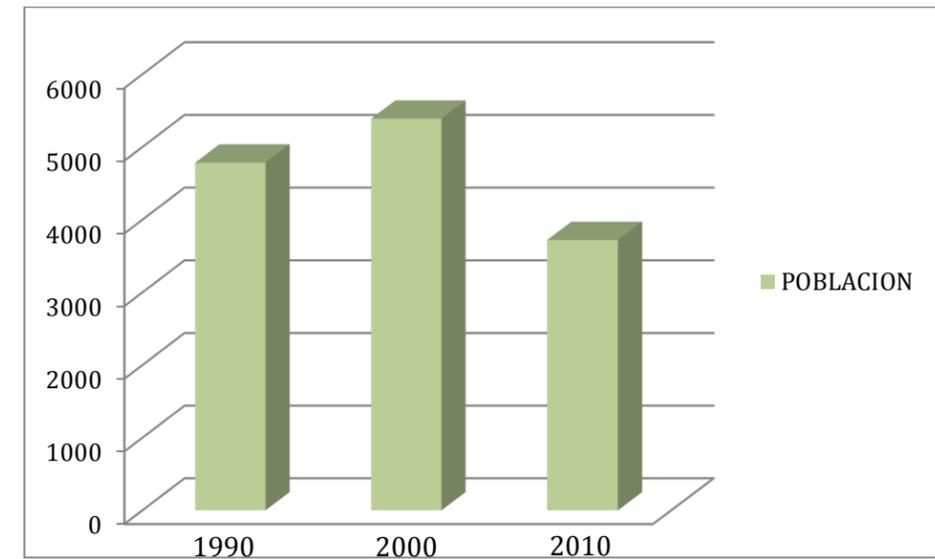
Figura 21. Mapa de discapacidad entre la población iztalque por manzanas.

#### 4.2.3. Población que habla alguna lengua indígena y no habla español.

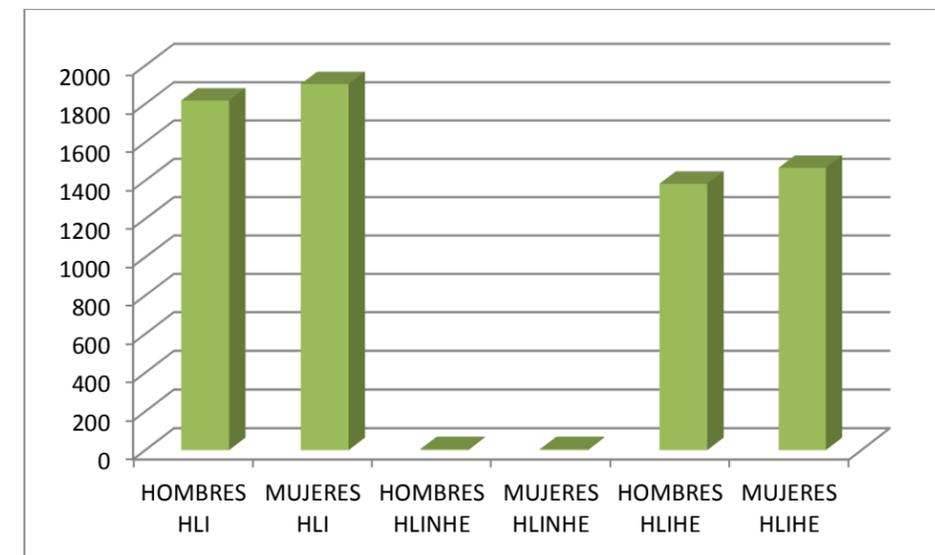
Aunque en Iztacalco se considera una región 100 por ciento una localidad urbana, existen pequeños grupos de personas en donde hablan alguna lengua indígena, el registro oficial que arroja la INEGI para el 2010 es de 3720 personas de 3 años de edad y más que hablan alguna lengua indígena.

En su mayoría, la población que habla lengua indígena también habla español; sin embargo, todavía hay quienes son monolingües. En 1990 se registraron 7 personas de 5 años y más que hablaban una lengua indígena pero no hablaban español, en el 2000 este número ascendió a 33 personas, y en el 2010 sólo fueron 10 personas.

Gráfica 12. Población de 3 años y más hablante de alguna lengua indígena 1990-2010.



Gráfica 13. Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena en el año de 2010.



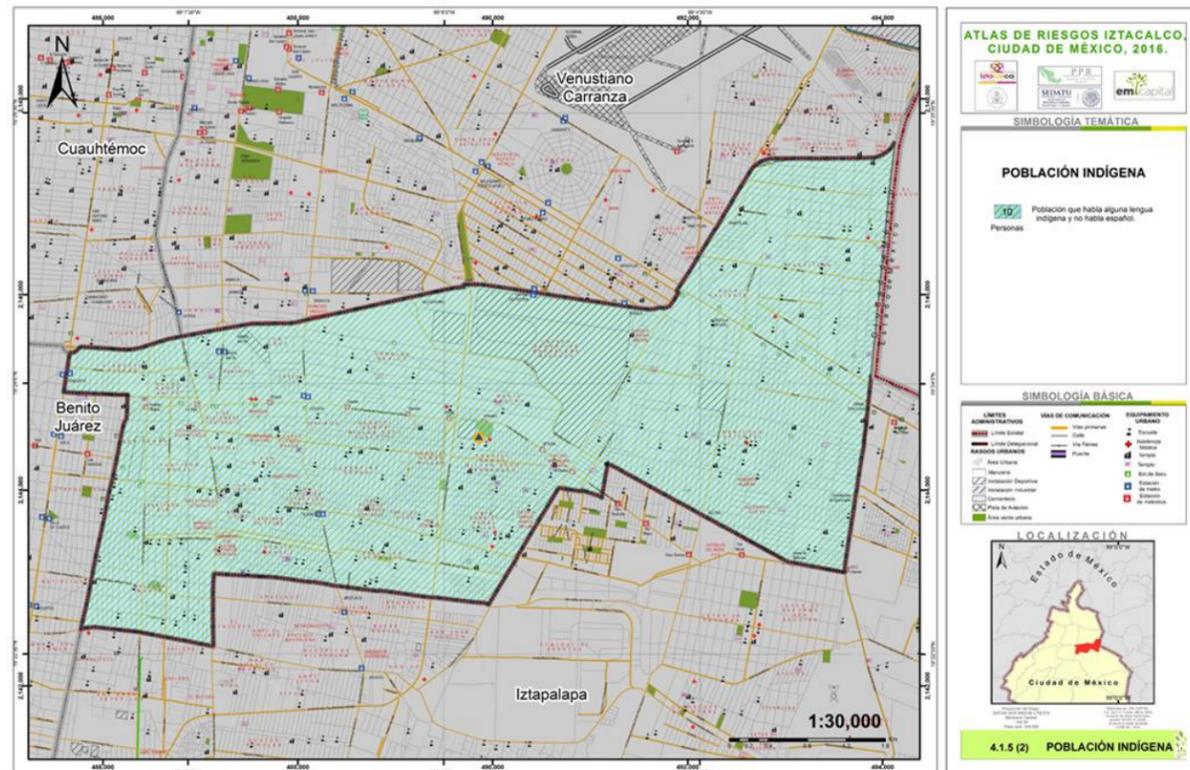


Figura 22. Población Indígena

Tabla 29. Distribución de la población que habla alguna lengua indígena.

Distribución de la población de 3 años y más, según condición de habla indígena y español, 2010			
Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población que habla alguna lengua indígena	3,720	1,817	1,903
Población que habla alguna lengua indígena y habla español	2,849	1,383	1,466
Población que habla alguna lengua indígena y no habla español	10	5	5
Población que no habla lengua indígena	361,307	171,243	190,564

#### 4.2.4. Salud (población sin derechohabiencia, médicos por cada mil habitantes y tasa de mortalidad).

La información que proporciona el censo 2010 en materia de servicios de salud es indispensable para la planeación y toma de decisiones que permitan mejorar las condiciones de bienestar de la población.

La condición de derechohabiencia permite identificar a la población con acceso al servicio médico en instituciones de salud pública o privada, así como a la población que no tiene esta prestación.

**De acuerdo al INEGI en el 2010, se tiene un registro general de mortalidad de 725.2 personas: infantil 16.5, Preescolar 79.4, escolar 23.7, productiva 355.3, pos productiva 4, 869.7 <de 5 años 425.9 y materna 56.6.**

En la Delegación Iztacalco la población con derechohabiencia son el 65%, de ahí, la mayoría es atendida por el Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS), 37.90%. El segundo porcentaje no permanece a ninguno de estos institutos, lo que indica que 32 personas de cada 100 no son derechohabientes (INEGI, 2010).

Mientras la mayor población iztalqueña sin derechohabiencia consiste en 323 a 531 personas por manzana son las colonias Agrícola Oriental, San Miguel, La Asunción y Santa Anita, mientras que las colonias Agrícola Pantitlán, Santiago Norte, Campamento 2 de Octubre, la Asunción y Coyuya tienen los mayores valores (431 a 521) personas sin derechohabiencia.

Población sin derechohabiencia a servicios de salud (32.4% del total), población de 15 años y más con educación básica incompleta (24.8%), viviendas que no disponen de lavadora (20.4%), viviendas que no disponen de refrigerador (7.1%), población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela (2.6%), población de 15 años o más analfabeta (1.8%) y viviendas sin excusado/sanitario (0.9%).

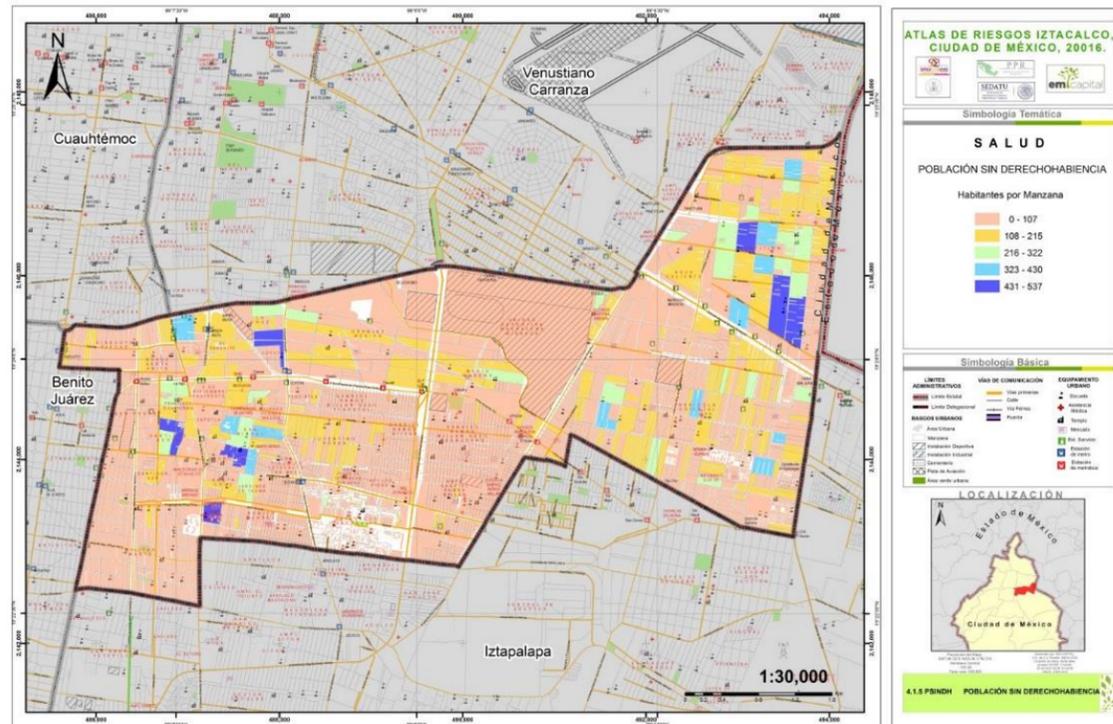


Figura 23. Mapa de población sin derechohabencia.

#### 4.2.5 Pobreza.

La población total de la Delegación en 2010 fue de 384 326 personas, de los cuales se registró que un número de 103 550 individuos (25.5 del total de la población) se encontraban en pobreza, 97 787 (24.1%) presentaban pobreza moderada y 5 762 (1.4%) estaban en pobreza extrema.

Otros índices representativos de la pobreza son los siguientes:

La incidencia de la carencia al acceso a la alimentación que fue de 13.9%, es decir una población de 56 243 personas.

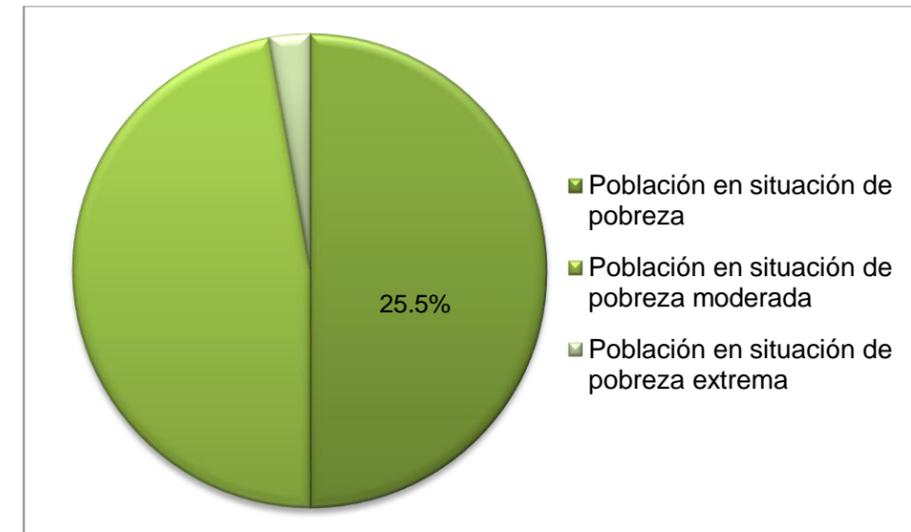
La carencia por acceso a la seguridad social afectó a 49.3% de la población, es decir 199 837 personas se encontraban bajo esta condición.

En el mismo año, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 37.7%, equivalente a 152 964 personas.

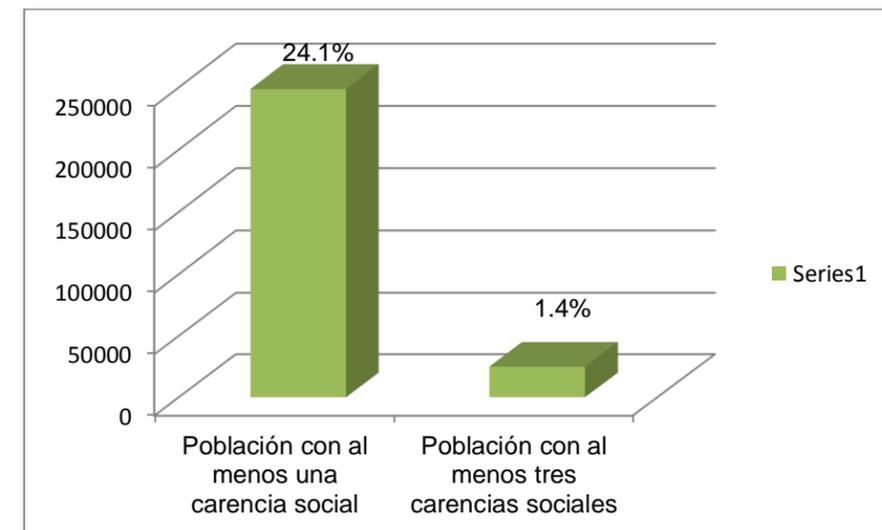
En 2010, la condición de rezago educativo afectó a 8.4% de la población, lo que significa que 34 011 individuos presentaron esta carencia social.

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 5.2% (20 391 personas).

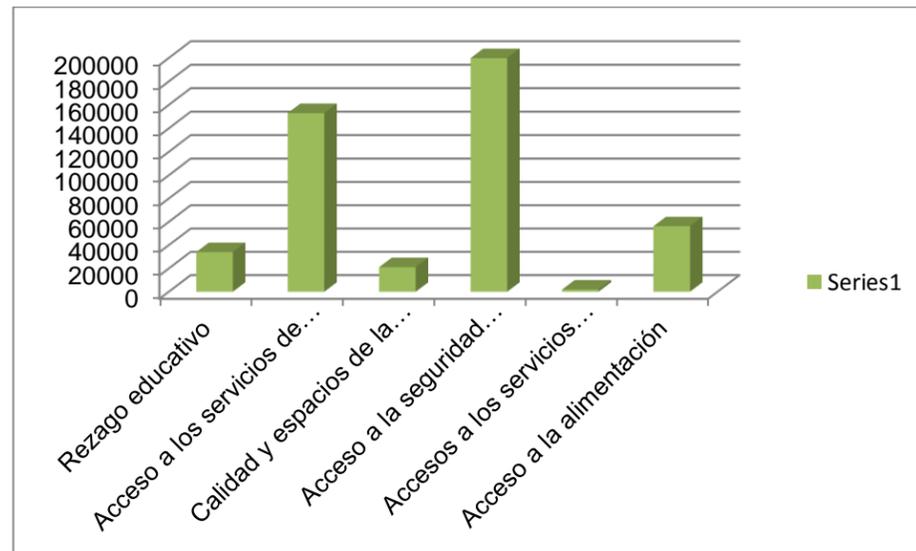
Gráfica 14. Indicadores de pobreza 2010 CONEVAL.



Gráfica 15. Indicadores de la privación social 2010 CONEVAL.



Gráfica 16. Indicadores de la carencia social 2010 CONEVAL.



#### 4.2.5 Porcentaje de población de habla indígena.

Iztacalco habitan 384 326 personas de las cuales la población de habla indígena es de 8 788 habitantes los cuales representa el 2.28 % de la población total (CDI), por lo que representa una cifra de *Muy Baja*.

Grafica 17. Población habla indígena 2010.

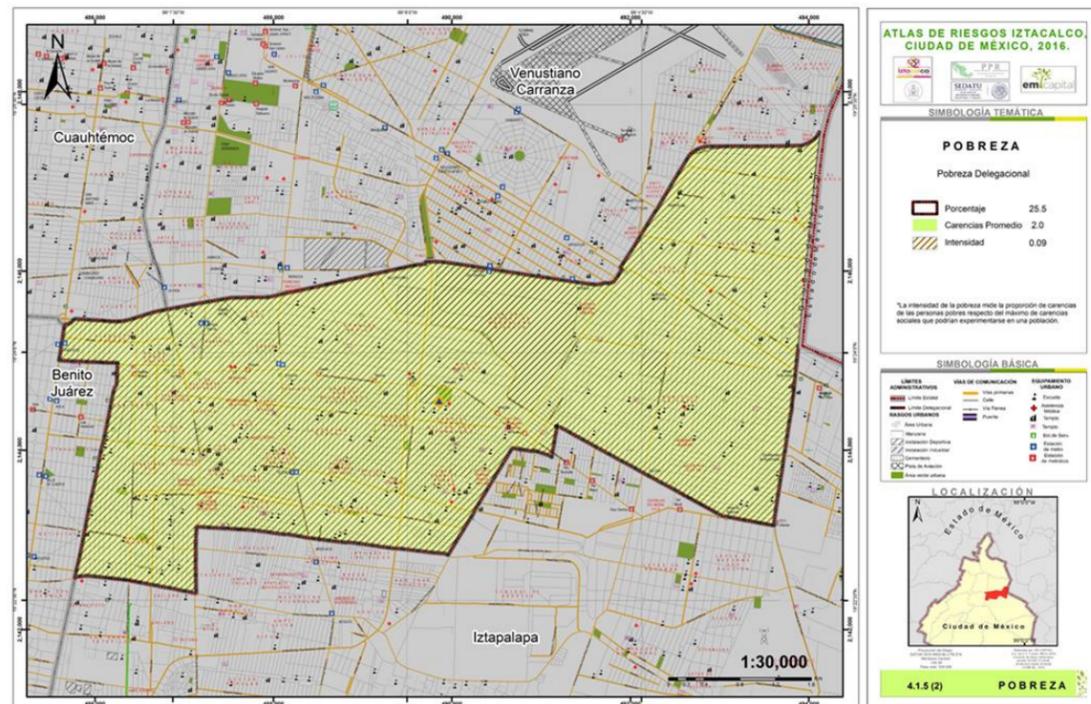
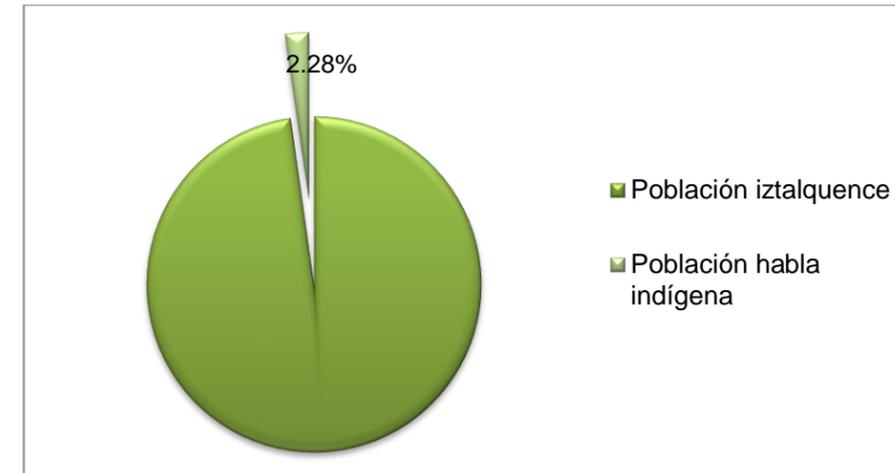


Figura 24. Grado de pobreza delegacional

#### 4.2.6 Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto) por manzana.

El hacinamiento tiene efectos en la dinámica y salud familiar, así como sobre la calidad de vida y la vulnerabilidad económica y social de los hogares. Según Goux y Maurin, existe una relación de causa y efecto entre el hacinamiento y el retraso de los niños en la escuela. Se ha encontrado también una relación entre hacinamiento y maltrato infantil (Salles, Vania y María de la Paz López, 2004, p: 316), así como tensión familiar y falta de privacidad para el desarrollo de diferentes actividades por parte de los miembros de la familia.

El hecho de que más de dos personas duerman en un mismo cuarto es una condición que no sólo compromete la privacidad de los residentes en la vivienda, sino que propicia espacios inadecuados para el desarrollo de distintas actividades esenciales para las personas.

Iztacalco registra un promedio de ocupantes por cuarto de 1 a 2 ocupantes por cuarto, por lo que en general representa que las condiciones de hacinamiento son estables, las cuales la población tiene un nivel de comodidad aceptable.

La totalidad de las Unidades habitacionales que se asientan sobre territorio delegacional tiene un grado de hacinamiento de 3 a 4 ocupantes por cuarto, si se supone una familia típica mexicana de cuatro integrantes y las dimensiones de los complejos multifamiliares de interés social.

Finalmente demos destacar que el mayor grado de hacinamiento es el que se presenta en 10 polígonos referidos por Protección Civil Delegacional como irregulares, mismos que se ubican en:

1. Avenida del Recreo entre la Viga, Congreso de la Unión, Calle Álvaro Abrego, y Calle Emiliano Zapata
2. Oriente 257 entre Sur 18B y norte 259
3. Playa Villa Rica esquina Playa Bonanza
4. Cerrada Tizoc entre Cerrada de Andrés Molina y Manuel Acuña
5. Calzada la Viga entre Congreso de la unión Plutarco Elías Calles y Santa Anita
6. La Viga entre río Piedad y Avenida Hidalgo (Paso de la Muerte)
7. Avenida Hidalgo y Primera Cerrada de Canal Nacional. Colonia Santa Anita
8. Privada Hidalgo y Calle Hidalgo
9. Oriente 100-A entre Orquídea, Tezontle y Galicia
10. Chicle, entre Avena y Añil.

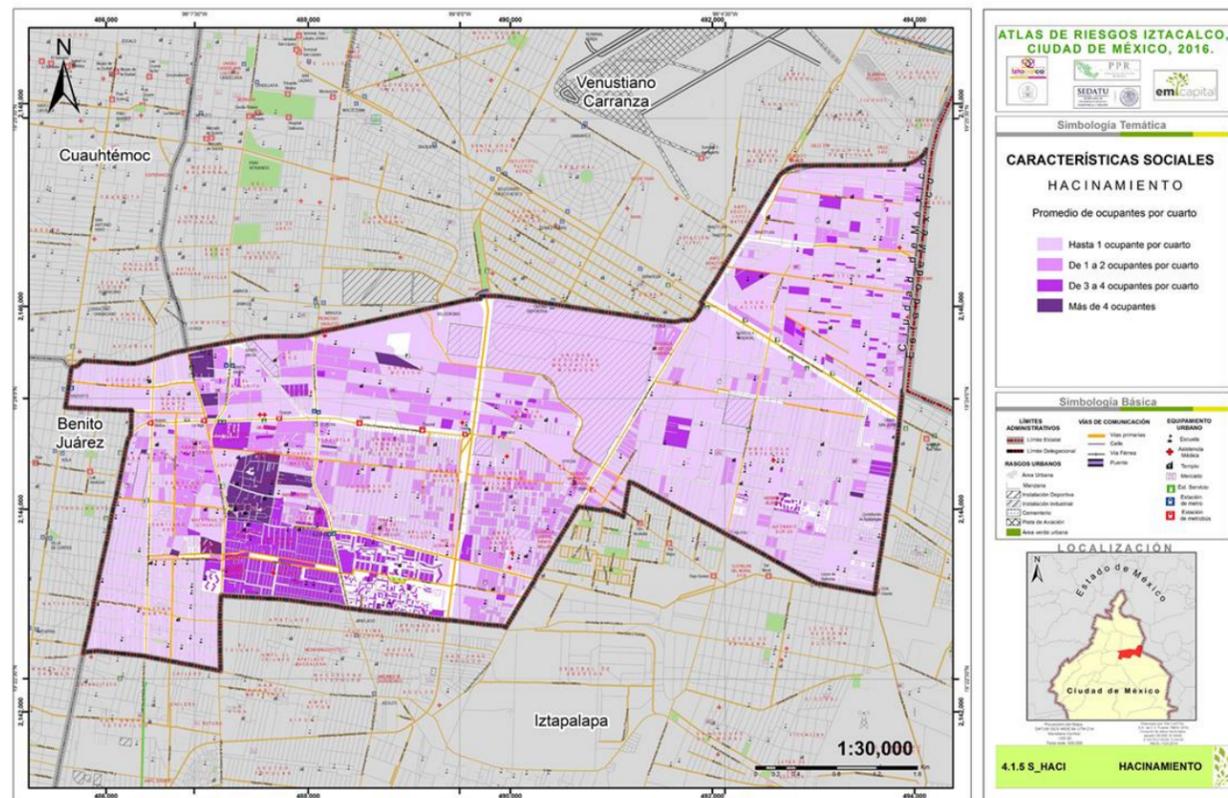


Figura 25. Mapa de Hacinamiento.

#### 4.2.7 Marginación por localidad y AGEB (en manzanas urbanas).

De acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO), la marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigualdad distribución de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de beneficios (CONAPO, 2010).

Con los estándares establecidos por la CONAPO, la Delegación Iztacalco es considerada dentro de la categoría de Muy Bajo grado de marginación.

Para el año 2010 el INEGI estimo que, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 37.7%, equivalente a 152,964 personas.

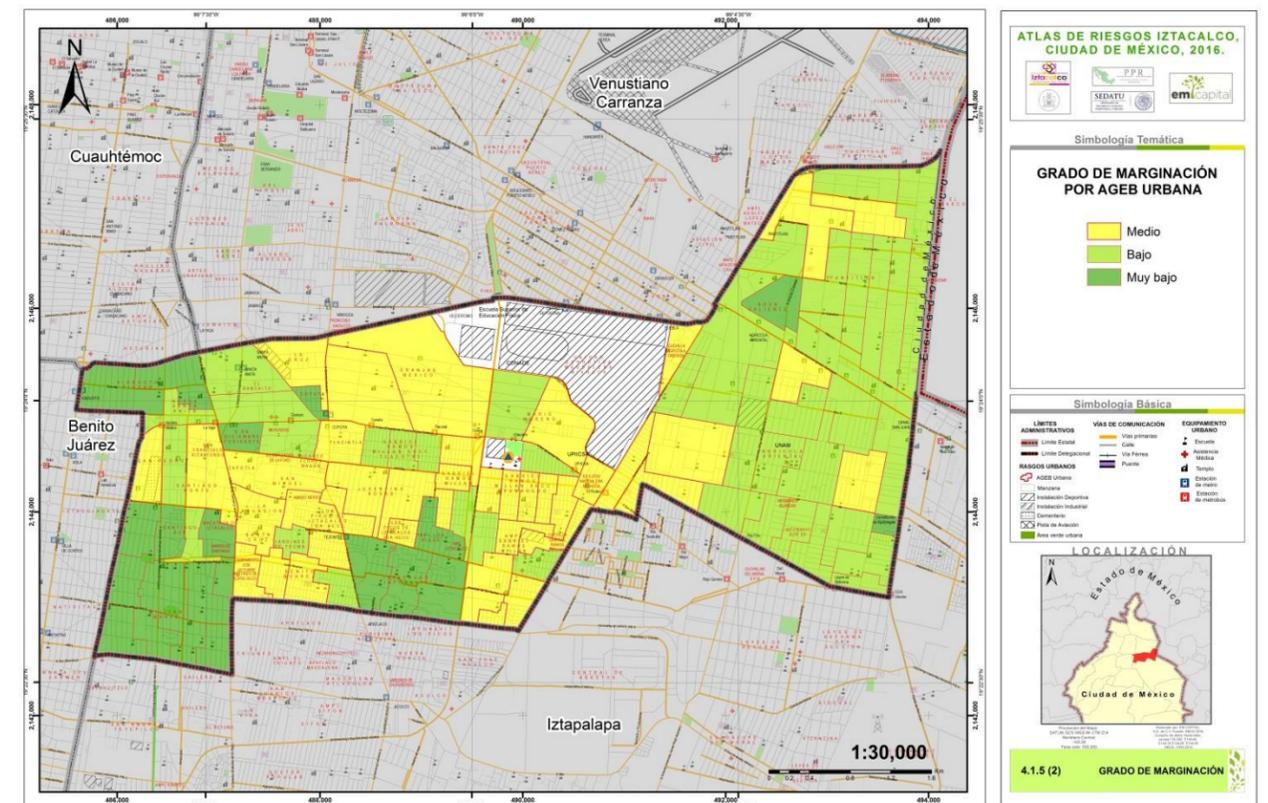


Figura 26. Mapa de Marginación por AGEB Urbana

### 4.3 Características de la Vivienda.

Con base en los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, por primera vez se publica información de todas las viviendas existentes en el país.

En la Delegación Iztacalco el parque habitacional en su conjunto se compone de 114 867 viviendas particulares, de las cuales existen 110 174 viviendas habitadas particulares representando el 95.91 por ciento. En cambio, las viviendas deshabitadas representan 6.67 por ciento y el resto se utiliza de manera temporal (2.43 por ciento).

Este Censo muestra un total de 101 619 viviendas particulares habitadas. En términos absolutos se incrementaron 104 392 en los últimos 10 años. Esta cifra refleja los avances de la Delegación en materia de política habitacional, entre el año 2000 y 2010 se incrementaron 4 791 viviendas particulares, lo que significa que el parque habitacional continúa creciendo.

En Iztacalco, durante los últimos 20 años, el promedio de ocupantes por vivienda muestra un descenso gradual que implica que de 5 ocupantes en 1990 pasa a 4 en 2010. Este hecho es el resultado de la disminución en el tamaño medio de las familias.

**Tabla 30. Ocupantes en viviendas particulares 2010.**

Tipos de vivienda	Ocupantes	%
Viviendas habitadas	110 174	100
Viviendas particulares	104 392	95.91
Casa	61 543	55.98
Departamento	42 516	38.59
Vivienda o cuarto en vecindad	4 032	3.66
Otro	154	0.14
No especificado	1796	1.63

Fuente Censo de población y vivienda INEGI 2010.

#### 4.3.1 Pisos de tierra.

En el 2010 menos de la mitad de las viviendas de la Delegación Iztacalco, 23.27 por ciento tiene pisos de cemento o firme. El 74.16 por ciento tienen pisos de madera, mosaico u otro recubrimiento. De las cifras anteriores se desprende que el porcentaje de viviendas con piso de tierra es una minoría que equivale el 0.10 por ciento.

**Tabla 31. Características del tipo de suelo.**

Tipo de suelo	Total	Porcentajes %
Viviendas particulares	104 392	100
Tierra	105	0.10
Cemento	24 292	23.27
Mosaico, madera u otro recubrimiento	78 471	74.16
No especificado	1 524	1.46

Fuente Censo de población y vivienda INEGI 2010.

Las viviendas particulares con pisos de tierra corresponden a diez pequeños polígonos que albergan asentamientos irregulares y que tienen en promedio entre 18 y hasta 50 viviendas cajo esta situación por manzana, como se muestra en el mapa correspondiente.

Los polígonos que contienen las viviendas bajo esta condición son:

11. Avenida del Recreo entre la Viga, Congreso de la Unión, Calle Álvaro Abrego, y Calle Emiliano Zapata
12. Oriente 257 entre Sur 18B y norte 259
13. Playa Villa Rica esquina Playa Bonanza
14. Cerrada Tizoc entre Cerrada de Andrés Molina y Manuel Acuña
15. Calzada la Viga entre Congreso de la unión Plutarco Elías Calles y Santa Anita
16. La Viga entre río Piedad y Avenida Hidalgo (Paso de la Muerte)
17. Avenida Hidalgo y Primera Cerrada de Canal Nacional. Colonia Santa Anita
18. Privada Hidalgo y Calle Hidalgo
19. Oriente 100-A entre Orquídea, Tezontle y Galicia
20. Chicle, entre Avena y Añil.

De manera particular estos polígonos no cuentan con una regularización en la prestación de los servicios básicos.

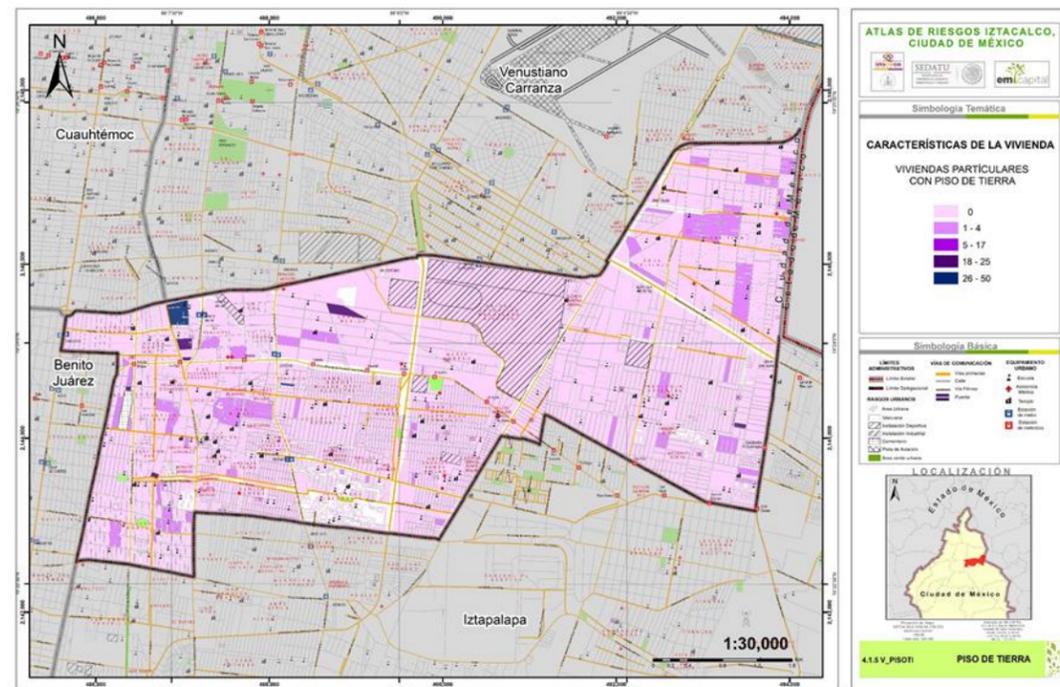


Figura 27. Viviendas con piso de tierra.

#### 4.3.2 Servicios (agua, luz, drenaje).

Los servicios básicos (agua potable, luz, drenaje) que cubren las necesidades de la población iztalquense obedecen a satisfacer los elementos fundamentales para llevar a cabo las actividades cotidianas.

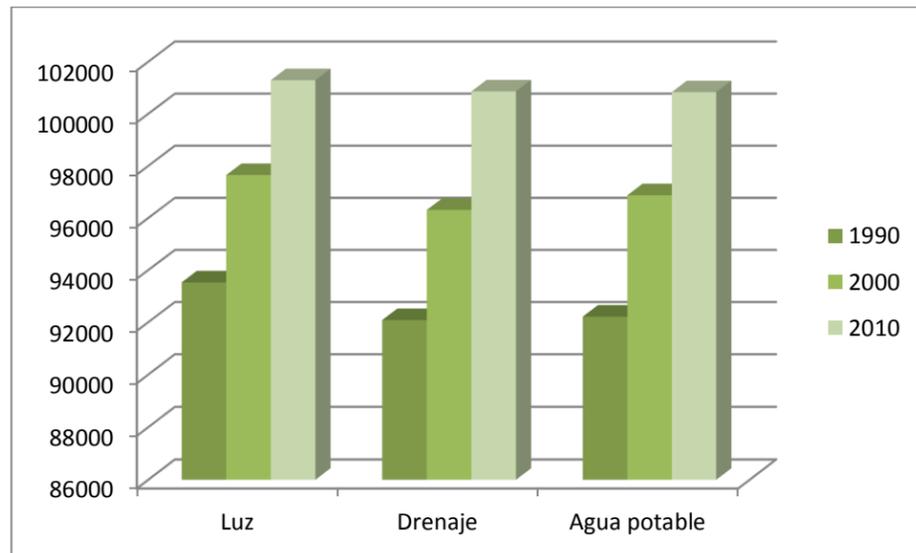
**Agua potable:** El agua es un elemento esencial para desarrollar cualquier actividad de la Delegación, esta agua es extraída de forma subterránea, para el año 2000 el nivel de cobertura de agua potable fue del 98.6 por ciento en la Delegación. Las aportaciones de este vital líquido son proporcionadas por tres sistemas: Norte, Sur y Oeste, mediante los tanques de almacenamiento: El Peñón, Cerro de la Estrella y Dolores, ubicados en las delegaciones Venustiano Carranza, Iztapalapa y Miguel Hidalgo. La distribución por Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) integra una red primaria de 38.9 km de tubería de 51 cm de diámetro, la cual posteriormente es distribuida por una red secundaria de 524.9 km para alimentar a las tomas domiciliarias.

En el 2010 las viviendas particulares habitadas que disponen de agua potable es de 100 831 y 190 viviendas habitadas no cuentan con este servicio, mientras que en año 2000 96 873 contaban con este servicio, lo que representa un incremento del 3.92 por ciento.

**Luz eléctrica:** Este servicio se ha incrementado proporcionalmente según el crecimiento de las viviendas, esto es que para el año 1990 había 93 528 viviendas que contaban con este servicio, mientras que para el 2000 se habían 97 651 viviendas y para el 2010 este número se incrementó a 101 290 lo que equivale el 7.66 por ciento.

**Drenaje:** La cobertura de drenaje corresponde el 98.9 por ciento, las aguas negras que se generan en la delegación son drenadas a través del Sistema General de Drenaje al norte por el Río de la Piedad y al este por el Río Churubusco. Existen tres plantas de bombeo para enviar las aguas negras a los colectores al Río Churubusco, siete equipos de bombeos en pasos de desnivel que desalojan el agua que escurre en ellos en temporada de lluvias, 5.3 km de drenaje profundo con un diámetro de 5 metros (interceptores este y este-sur).

Grafica 18. Incremento de los servicios de Luz, Drenaje y Agua potable de 1990-2010.



La red primaria está compuesta por 75.3 km mientras que la red secundaria de drenaje la conforma por 473 km de tubería, con lo que respecta a este servicio en 1990 había 92 083 viviendas que contaban con este servicio en el año 2000 se incrementó a 96 312 y en el 2010 este número fue de 100 861.

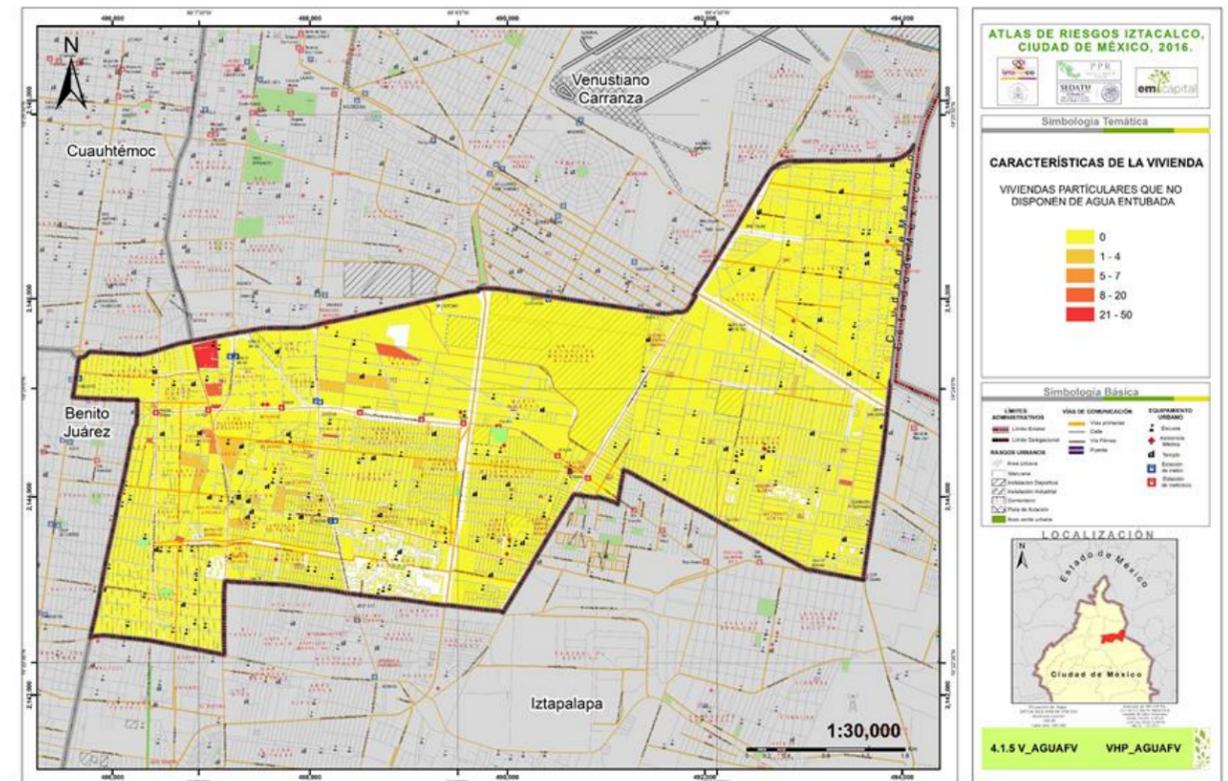


Figura 28. Mapa de Viviendas que disponen agua potable (entubada).

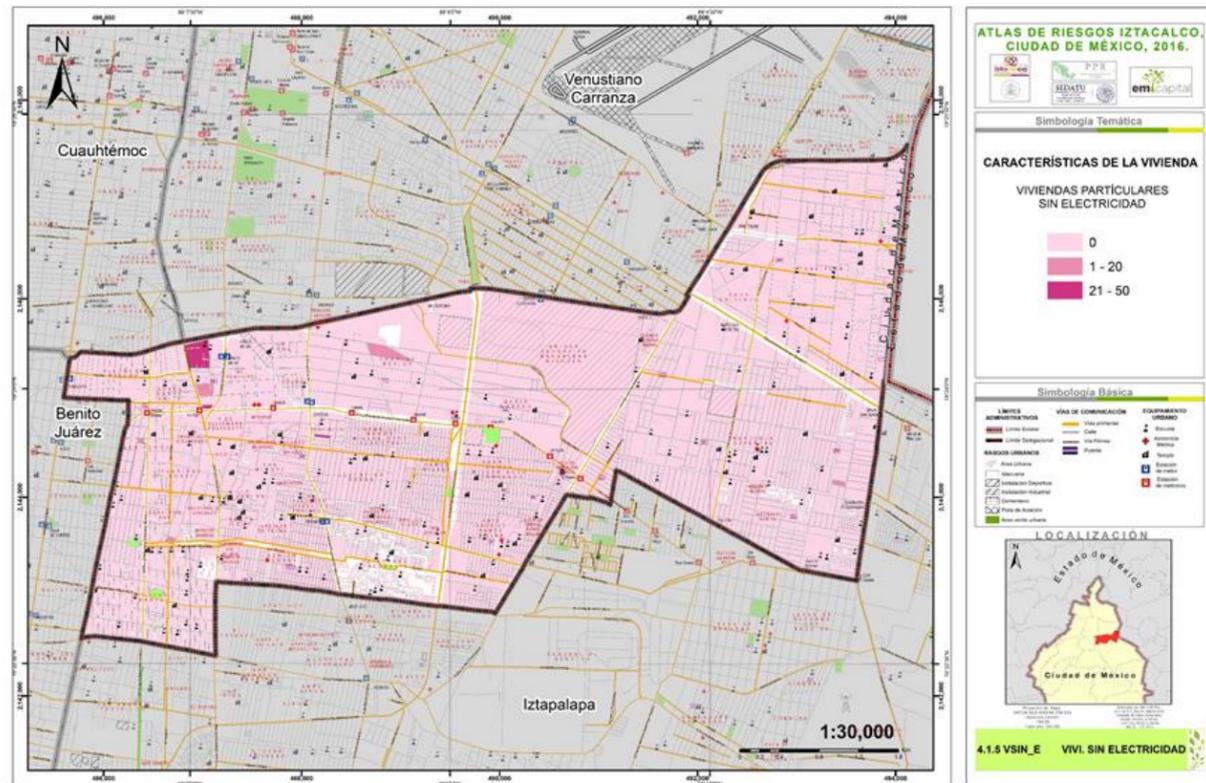


Figura 29. Mapa de Viviendas que no disponen de energía eléctrica.

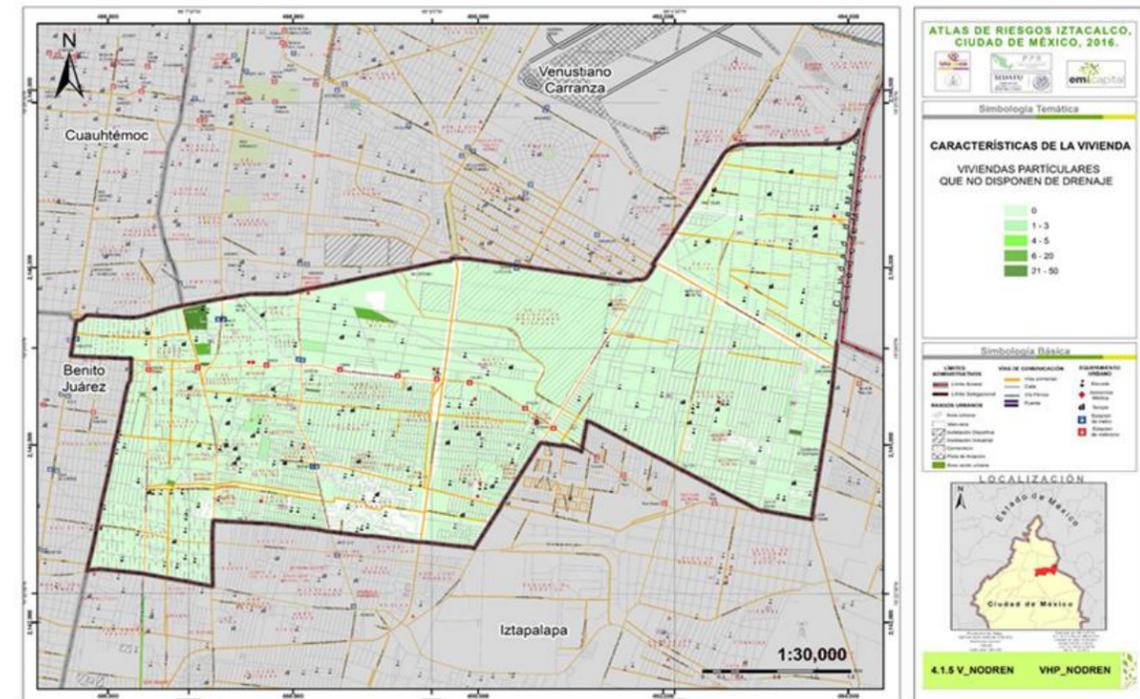


Figura 30. Mapa de Viviendas que no disponen de drenaje.

#### 4.3.3. Déficit de vivienda.

Desequilibrio resultante entre el número total de viviendas aceptables disponibles (parque habitacional aceptable) y el número total de hogares que requieren satisfacer la necesidad de habitar en alguna vivienda, aunado a las viviendas cuyos componentes principales o son de materiales no duraderos o se encuentra(n) en un estado de deterioro.

El porcentaje de las viviendas que reportó que no cuentan con la disponibilidad de ningún servicio básico es del 2.12, lo que significa que las condiciones de vivienda corresponden en una minoría y que sin embargo las condiciones para vivir son adecuadas para 384 326 personas.

Las viviendas que no disponen con los siguientes servicios básicos son las siguientes: de drenaje (0.07% del total), viviendas con piso de tierra (8.70%), viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública (0.16%), viviendas con un solo cuarto (7.4%), viviendas sin ningún bien (4.4%) y viviendas que no disponen de energía eléctrica (4.03%).

En la Delegación el porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales de construcción es el 8.18%) y espacio insuficiente tales como vecindades fue de 3.66%.

Algunos otros porcentajes son los siguientes:

Viviendas que no disponen de lavadora (44.40%), viviendas que no disponen de refrigerador (28.31%) y viviendas sin excusado/sanitario (27.19%).

**Tabla 32. Déficit en las viviendas.**

Aspectos de caracterización para el déficit	No. Viviendas	Porcentaje %
Piso de tierra	782	0.69
Sin Drenaje	80	0.070
Sin Agua potable	190	0.16
Viviendas _1 cuarto	4632	4.03
Viviendas sin ningún bien	142	0.12
Sin Energía Eléctrica	36	0.031

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. Fuente Censo de población y vivienda INEGI 2010.

El déficit de vivienda se obtiene de la diferencia del total de hogares y el total de viviendas, éste resultado representa el número de viviendas faltantes para satisfacer la demanda de hogares. A este resultado se le suman las viviendas construidas con material de desecho y lámina de cartón, así como las viviendas con piso de tierra.

El resultado representa tanto las viviendas nuevas que se requieren, sumados a las viviendas que necesitan mejoramiento. Para efectos de esta metodología el resultado deberá ser un porcentaje.

El cálculo de este déficit se realiza mediante la siguiente expresión algebraica:

Fórmula	$DV = \frac{TH - TVPH + TVPMD + TVPT}{TVPH} \times 100$ <p>Donde:            DV = Déficit de Vivienda            TH = Total de Hogares            TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas            TVPMD = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Paredes de Material de desecho y lámina de cartón            TVPT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Tierra</p>
---------	--

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. CENAPRED 2016.

El déficit de vivienda es el resultado de un explosivo crecimiento demográfico, la inequitativa distribución de la riqueza, la falta de financiamiento de algunos sectores de la población para poder adquirir una vivienda. Además, el problema no sólo se remite a la insuficiencia de la vivienda sino también a las condiciones de la misma:

**Tabla 33. Resultado de variables del Déficit de vivienda**

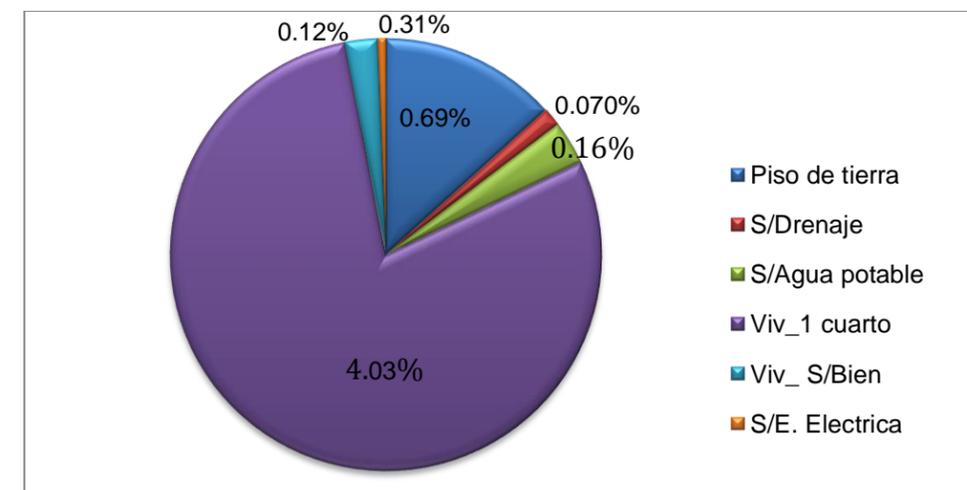
TH	TVPH	TVPHPT	TVPHPMD
101,619	101,571	782	121
48		903.00	
951			
0.01			
<b>0.94%</b>			

Para el caso del déficit de vivienda para la delegación Iztacalco fue de 0.94% colocando a la demarcación en una condición de vulnerabilidad de Muy baja, conforme a la siguiente clasificación:

**Tabla 34. Ponderación de Déficit de vivienda**

DEFICIT DE VIVIENDA	CONDICION DE VULNERABILIDAD	VALOR ASIGNADO
1.63 a 13.72	Muy Baja	0
13.73 a 25.81	Baja	0.25
25.82 a 37.90	Media	0.5
37.91 a 49.99	Alta	0.75
50.0 o mas	Muy Alta	1

**Gráfica. 19. Déficit en las viviendas.**



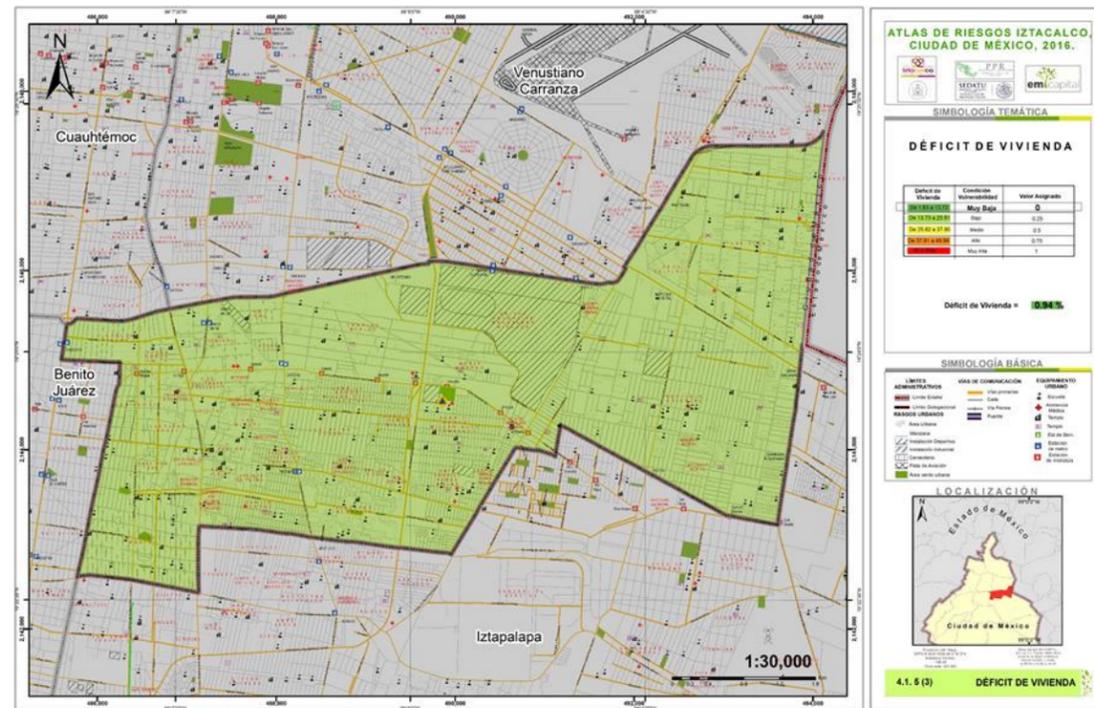
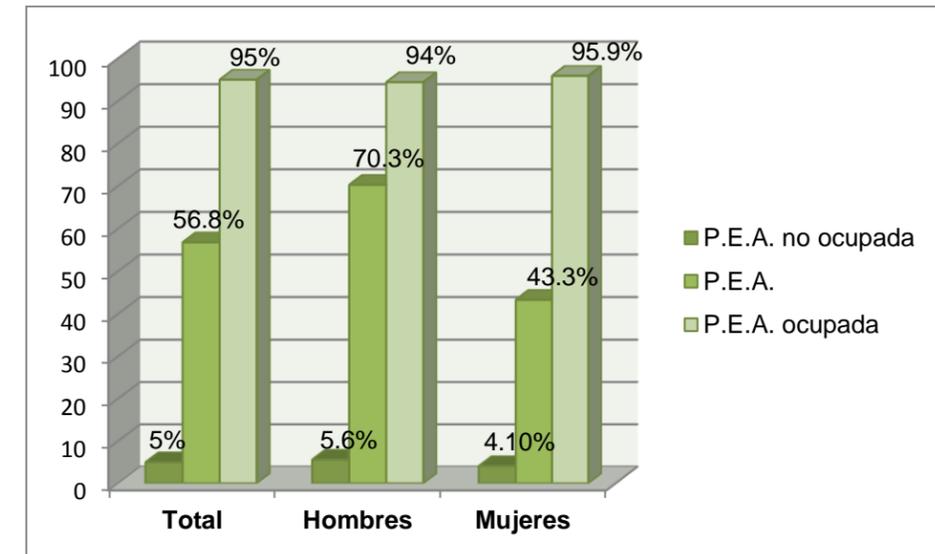
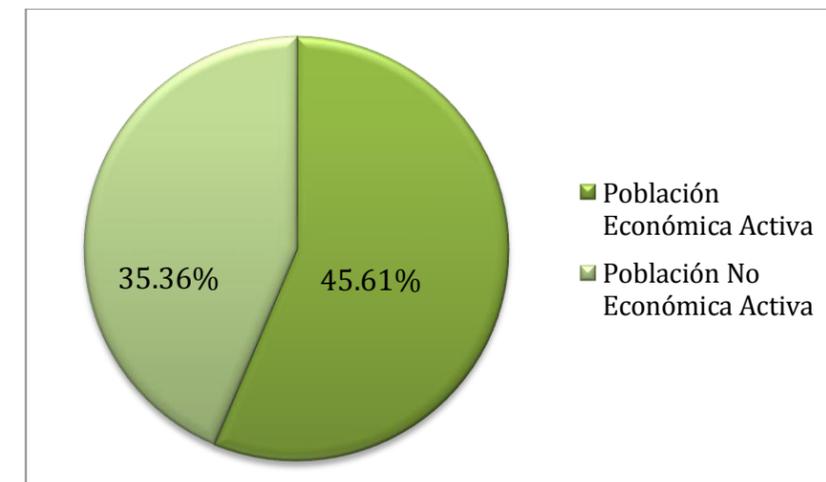


Figura 31. Mapa de déficit de la vivienda.

Grafica 20. P.E.A. de 12 años a más.



Grafica 21. Población Económicamente Activa y Población No Económicamente Activa Con respecto a la población total de la Delegación.



#### 4.4 Empleos e ingresos.

En base al INEGI 2010, en la Delegación Iztacalco se tienen del 58.80 por ciento de la población de 12 años o más económicamente ocupada, de los cuales los hombres ocupan el 70.30%, el 94.40% de ellos tienen alguna ocupación. Sin embargo el 43.30% del total de la población femenina de esa edad es económicamente activa y el 4.10% no tienen alguna ocupación.

**4.4.1 Sectores de ocupación, porcentaje de ingresos de la PEA, razón de dependencia y tasa de desempleo abierto.**

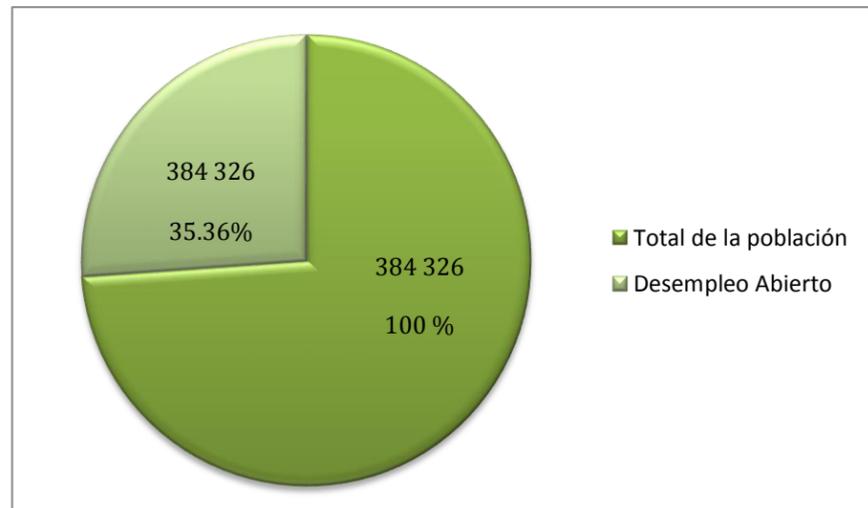
**Sector Primario:** Este sector se considera como un mínimo de 3.22% de la población, debido a la casi inexistencia de actividades englobadas en dicho sector, esto es que en la Delegación se encuentra en su totalidad urbanizada, excluyendo el desarrollo de las actividades para la obtención de los recursos naturales.

**Sector Secundario:** Los datos arrojan que el 20.94 por ciento de la población se dedica a realizar actividades secundarias, tales como la industria.

**Sector Terciario:** La mayor parte de la población se ocupa en actividades del este sector, contando con un 75.72%, aquí es mayor la cantidad de recursos se invierte, esto se ve reflejado en la alta concentración de transporte, así como el desarrollo de diversas actividades culturales, los servicios de la Delegación engloban: hotelería, comercios y restaurantes principalmente.

Mientras que el 2.27 por ciento de la población de 12 años a más de edad se encuentra en la posición de desocupada.

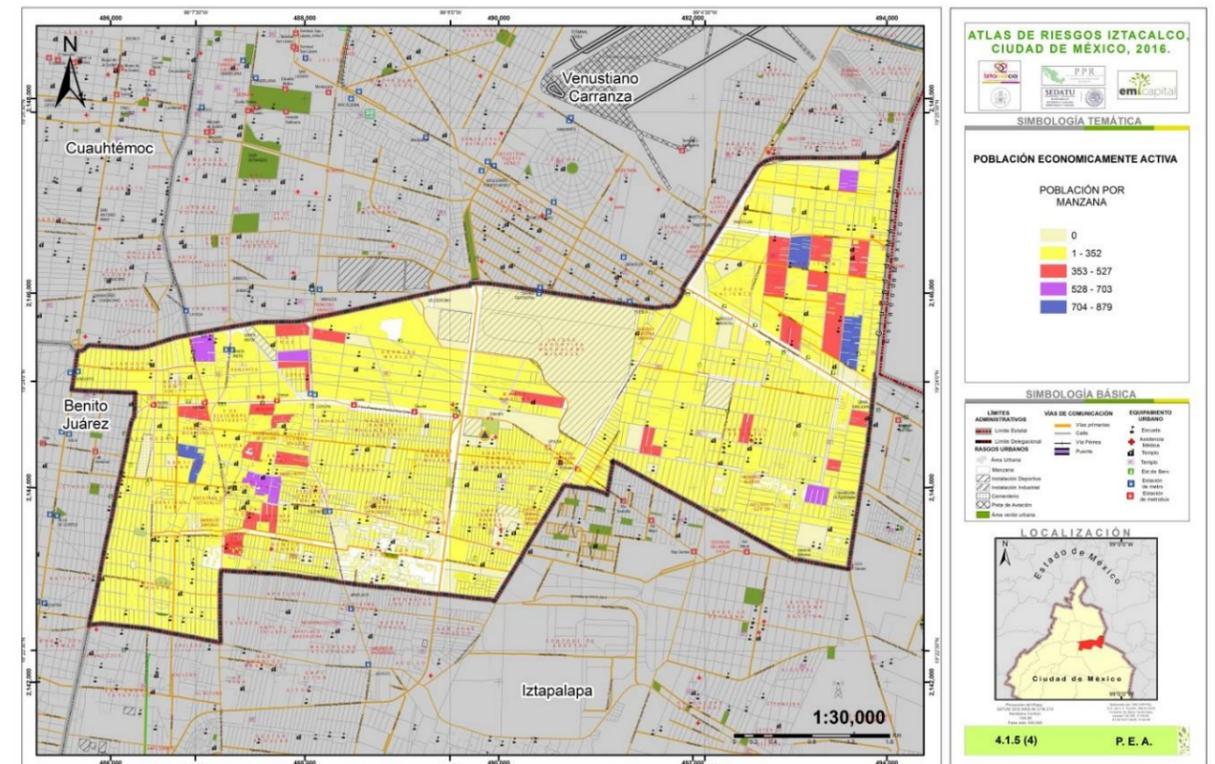
**Grafica 22. Desempleo abierto con respecto a la población total de la Delegación.**



Con respecto a la población Económicamente Activa habitante de la Delegación Iztacalco, se tienen datos favorables, esto es que las personas que no trabajan son pensionadas o jubiladas, estudiantes, amas de casa o personas que tienen alguna limitación física o mental que le impide trabajar, ya que las personas excluidas en ese grupo tienen algún trabajo o realizan un oficio.

**Tabla 35. Distribución de la población por condición de actividad económica, 2010.**

Indicadores de participación económica	Total	%
Población económicamente activa (PEA)	175316	42.61
Ocupada	172568	35.90
Desocupada	8702	2.26
Población no económicamente activa	135909	19.36



**Figura 32. Población Económicamente Activa.**

#### 4.5 Equipamiento e infraestructura.

La Delegación Iztacalco cuenta con una serie de equipamientos los cuales hacen que este territorio tenga un desarrollo óptimo y que, debido a la presencia de una emergencia, tenga en sus recursos/instalaciones la capacidad de atender a la población.

En materia de comunicaciones y transportes cuenta con 10 sucursales para el servicio postal y telégrafo, el cual atiende satisfactoriamente a la población. Las modalidades de transporte público urbano que atienden las necesidades de servicio son: el Sistema de Transporte Colectivo Metro, el Sistema de Autotransporte Urbano de Pasajeros RTP y el Sistema de Transporte Eléctrico. Todo este sistema se complementa con diversas rutas concesionadas de microbuses, además existe un servicio de transporte foráneo o suburbano hacia el Estado de México ubicado en la colonia Agrícola Pantitlán.

Dentro de la Delegación se ubican 10 estaciones del metro de 5 líneas diferentes, con respecto al Sistema de Transporte Eléctrico existen 4 rutas (15.31 km), la RTP opera 15 rutas, existen 23 bases autorizadas de transporte de carga.

**Vialidad:** La superficie vial de la Delegación es de 3, 816 195 metros cuadrados de carpeta asfáltica, 1, 304 618 metros de banquetas y 705 197 metros de guarniciones.

**Vialidad Primaria:** Estas vías satisfacen la movilidad continua de grandes volúmenes de tránsito, estas cuentan accesos y salidas a los carriles centrales, cuentan con distribuidores viales o pasos a desnivel: Viaducto Río de la Piedad al norte que entronca con la Calzada Ignacio Zaragoza, hacia el oeste se ubica Viaducto Tlalpan; con respecto a las vías anulares se cuentan con el Circuito Interior Río Churubusco, Anillo Periférico Canal de San Juan.



Figura 33. Avenida Río Churubusco.

**Ejes viales:** Son vías semaforizadas diseñados con carriles exclusivos para el transporte público (sentido preferencial y contra flujo). En sentido este-oeste con el Eje 3 Sur Añil-FFCC de Río Frío, el Eje 4 Sur

Plutarco Elías Calles que limita a la Delegación al oeste y posteriormente la cruza se este-oeste, el Eje 5 Sur Playa Villa del Mar y el Eje 6 Sur Playa Pie de la Cuesta.

**Vialidad Secundaria:** Son vías colectoras que alcanzan a los diferentes centros urbanos con la red vial en la que se destacan Canal de Tezontle y Canal Apatlaco.

**Vialidad Terciaria:** Son vías no continuas que facilitan la movilidad dentro de las zonas habitacionales o predios particulares, entre ellas se tiene la Avenida Girasol entre la Calzada de la Viga y el Eje 3 Sur Francisco del Paso y Troncoso.

**Alumbrado Público:** El territorio de Iztacalco se compone por 13 924 luminarias que cubren a 35 colonias, estas están instaladas en postes de concreto y metálicos. Su mantenimiento consta de su rehabilitación: cambiar balastos, pintura de postes, sustitución de postes en malas condiciones, limpieza, reposición de fotoceldas e instalación de nuevas luminarias tipo O.V. 15.

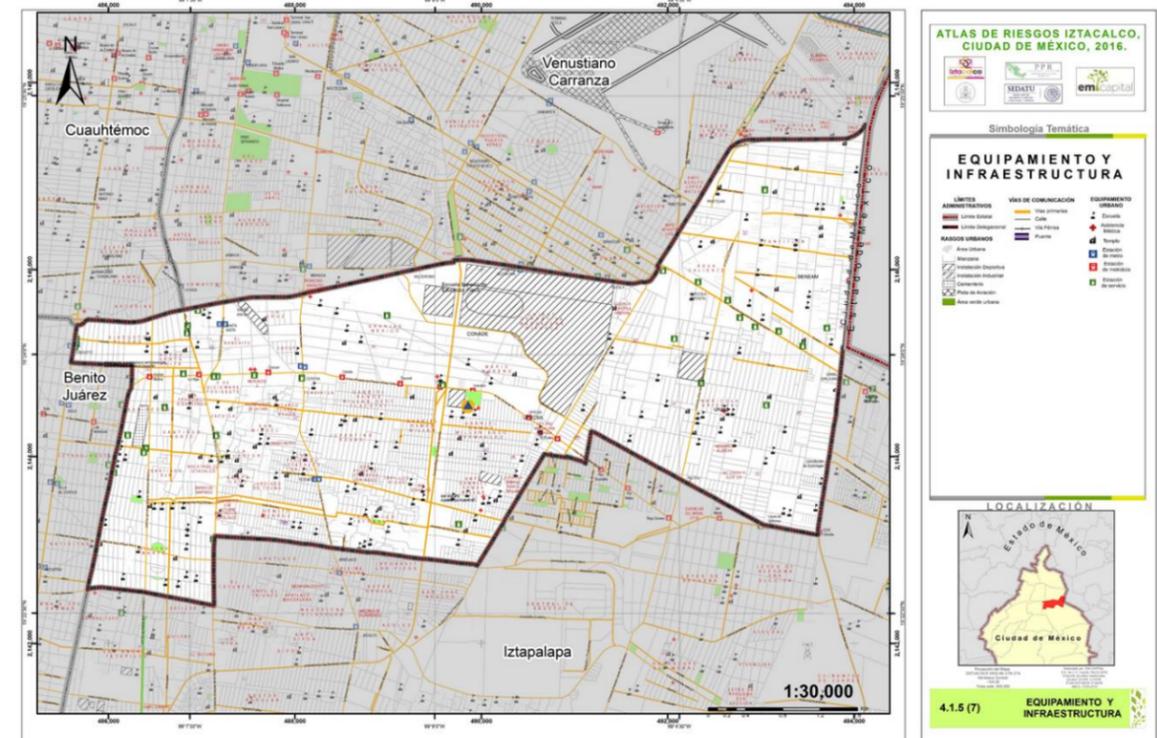


Figura 34. Equipamiento e Infraestructura.

#### 4.5.1 Salud.

La Delegación cuenta con la siguiente infraestructura en el rubro de salud.

**Tabla 36. Instalaciones de unidades médicas.**

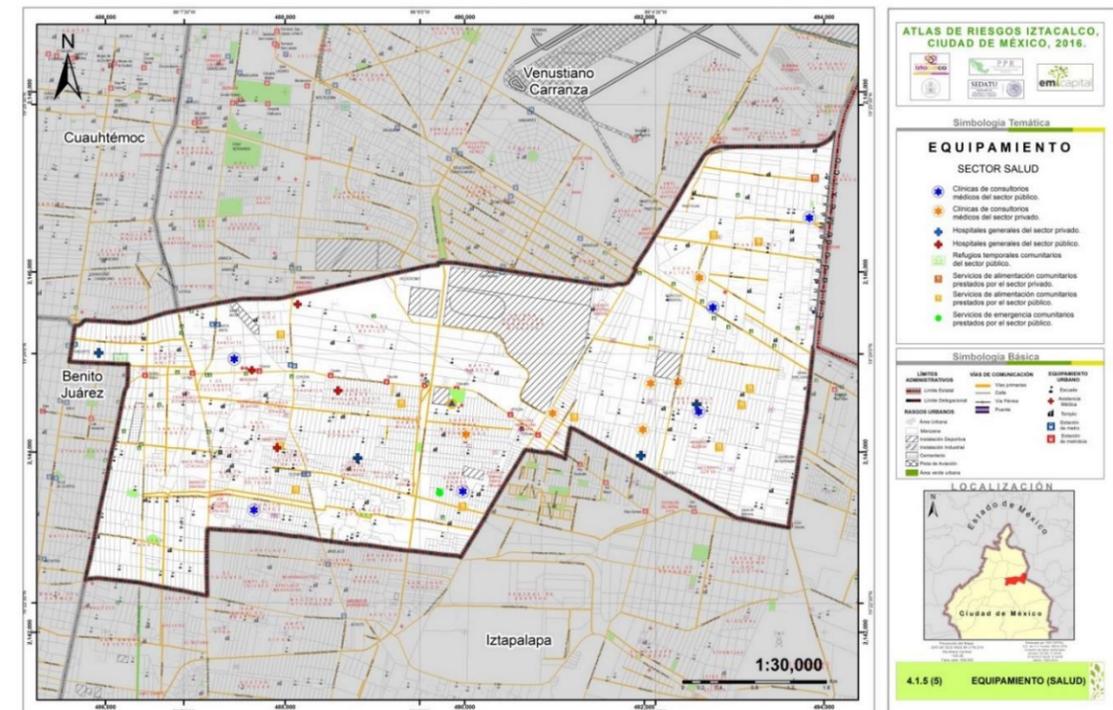
Tipo de Unidad medica	Número
Clínicas	11
Hospitales Generales del IMSS	2
Hospital Pediátrico	1
Unidad de Emergencia	1
Centro de adicciones	1

Fuente: Censo de población y vivienda INEGI 2010 y Banco Mundial 2010.

Por lo anterior la Delegación cuenta con un nivel de atención estable y la ubicación de estas instalaciones se encuentran de manera casi homogénea, ubicadas en o cercanas a vías de comunicación primarias: Eje 4 Avenida Te-Plutarco Elías Calles, Canal de Tezontle, Eje 3 Oriente Francisco del Paso Troncoso, Canal Río Churubusco, Río Churubusco, Eje 5 Oriente Javier Rojo Gómez y Calzada General Ignacio Zaragoza.

Para el 2010 con base en los datos de INEGI, las unidades médicas en la delegación eran diez (1.5% del total de unidades médicas en la entidad federativa).

El personal médico era de 228 personas (1.5% del total de médicos en la entidad federativa) y la razón de médicos por unidad médica era de 22.8, frente a la razón de 38.4 en toda la entidad federativa.



**Figura 35. Equipamiento en el rubro de salud.**

#### 4.5.2. Educativo.

La Delegación cuenta con los siguientes subsistemas de educación:

**Tabla 37. Instalaciones de escuelas públicas.**

Nivel Educativo	Escuelas	Tipo
Guarderías	15	Asistencia Social
Preescolar y primarias	83	Públicas y privadas
Primaria	120	Públicas y privadas
Escuela Secundaria Diurna	33	Diurna
Escuela Secundaria Tecina	8	Técnicas
Escuelas de Educación Especial	3	T/C y T/V
Media superior	9	CETIS, Preparatorias y CONALEP
Superior	4	UPIICSA, Escuela Superior de Educación Física, Universidad Insurgentes y ENED

Fuente Sistema de Equipamiento Urbano SEDESOL 2004.

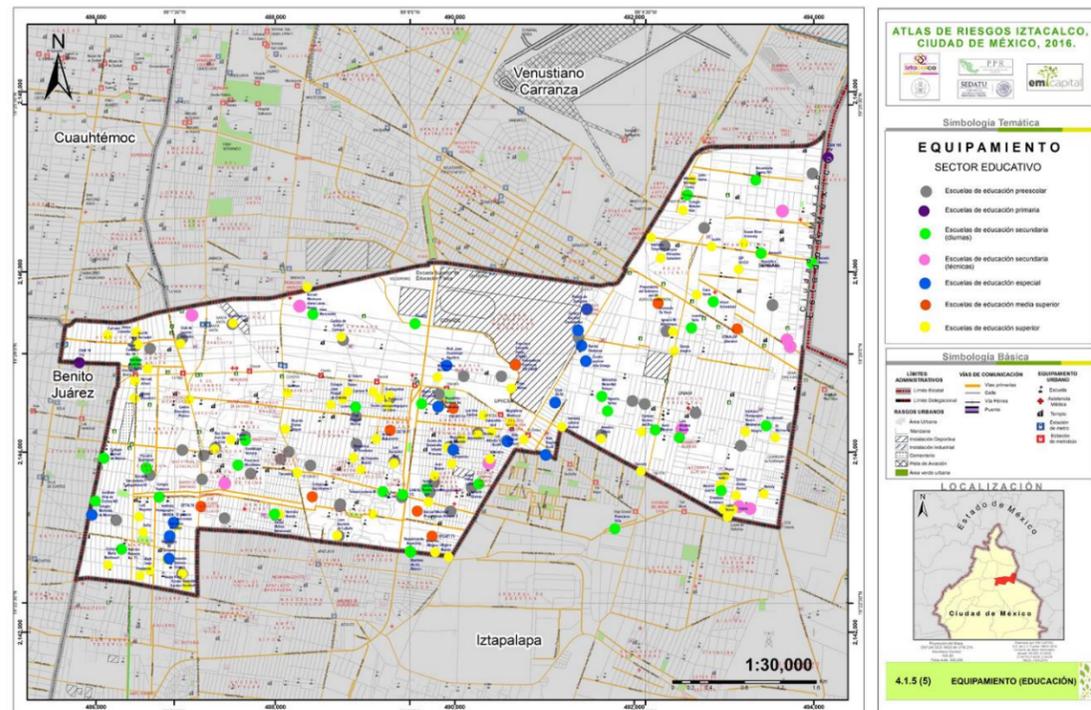


Figura 36. Equipamiento sector educación

#### 4.5.3. Recreativo y/o de esparcimiento (plazas, centros, comerciales, teatros, cines, auditorios, etc.).

En cuestión de cultura, la Delegación se integra por 15 centros sociales, 11 bibliotecas, 11 foros y auditorios y 9 casas de cultura, cubriendo satisfactoriamente la demanda conforme a la normatividad, sin embargo, estas instalaciones no se ocupan específicamente para estas actividades si no que son utilizadas para diferentes dinámicas (según sea el aforo de personas y tipo de función).

En la recreación se encuentra la Ciudad Deportiva que representa el área más importante en cuanto actividades deportivas, esta se encuentran áreas jardinadas y canchas deportivas. Asimismo, existen deportivos delegacionales tales como: Centro Santa Anita, Centro Social y Deportivo Leandro Valle y el Parque Escuela Urbano-Ecológico Iztacalco, se cuenta con 7 centros deportivos, 35 módulos deportivos, 18 áreas deportivas y 6 plazas comerciales en las que cuentan con cine.



Figura 37. Parque céntrico en la Delegación Iztacalco.

Los auditorios de gran importancia son: el Palacio de los Deportes, el Foro Sol y el Auditorio Hermanos Rodríguez, donde se realiza la mayor parte de los eventos musicales masivos nacionales e internacionales.

El abasto y el comercio cuenta, con 17 mercados públicos, con un total de 2 160 locatarios.

Iztacalco tiene 16 unidades de Administración Delegacional y 15 de Administración Estatal; 5 unidades de Administración Federal que no alcanzan a cubrir la dotación requerida, ya que se detecta un déficit de 726 metros cuadrados. En cuanto a Servicios Urbanos existen 8 comandancias de policía y 1 cementerio.

#### 4.5.4. Estaciones de bomberos, seguridad pública, albergues, rutas de evacuación.

La delegación Iztacalco cuenta para caso de desastre con cuatro rutas de evacuación que corresponden a las cuatro principales vialidades que cruzan el territorio delegacional a lo largo y ancho. La primera de ellas es la Av. Río Churubusco que cruza la delegación en su porción central, y que cruza a escasos metros de la central de Protección Civil y Seguridad Pública.

La segunda ruta de evacuación es la que comunica a la delegación con la delegación Benito Juárez en su porción oeste y el Estado de México en su porción este, además esta vialidad intersecta con las avenidas Zaragoza, río Piedad y río Churubusco.

En la porción más próxima a la colonia Agrícola Pantitlán la calzada Ignacio Zaragoza es considerada como la principal ruta de evacuación permitiendo una movilización hacia el estado de México y/o la delegación Venustiano Carranza donde se ubica el Aeropuerto Internacional de la ciudad de México.

Finalmente, la avenida Francisco del Paso y Troncoso es la vialidad que funge como ruta de evacuación el a porción poniente de la delegación, en las proximidades de la delegación Benito Juárez.

En materia de albergues la delegación cuenta con dos centros de atención en caso de desastre el primero de ellos denominado Refugio temporal comunitario del Sector Público que se encuentra en los límites de

la delegación con Benito Juárez y un segundo punto denominado Centro de Servicio de emergencias comunitarios DIF.

Sin embargo, la delegación cuenta con una infraestructura educativa importante que en caso de emergencia puede ser acondicionado como albergue temporal, la distribución de estos centros educativos es más homogénea por lo que se cuentan con espacios suficientes. En términos de la ubicación y presencia de Unidades y/o subunidades de Protección Civil, se cuenta con una sola unidad de Protección Civil, misma que se ubica entre las calles de Benito Juárez esquina Av. Río Churubusco y Av. Té a escasos metros de la estación de metrobús Iztacalco de la línea 2. No se cuenta con unidad de bomberos y la distribución de unidades de Seguridad Pública es extensa.

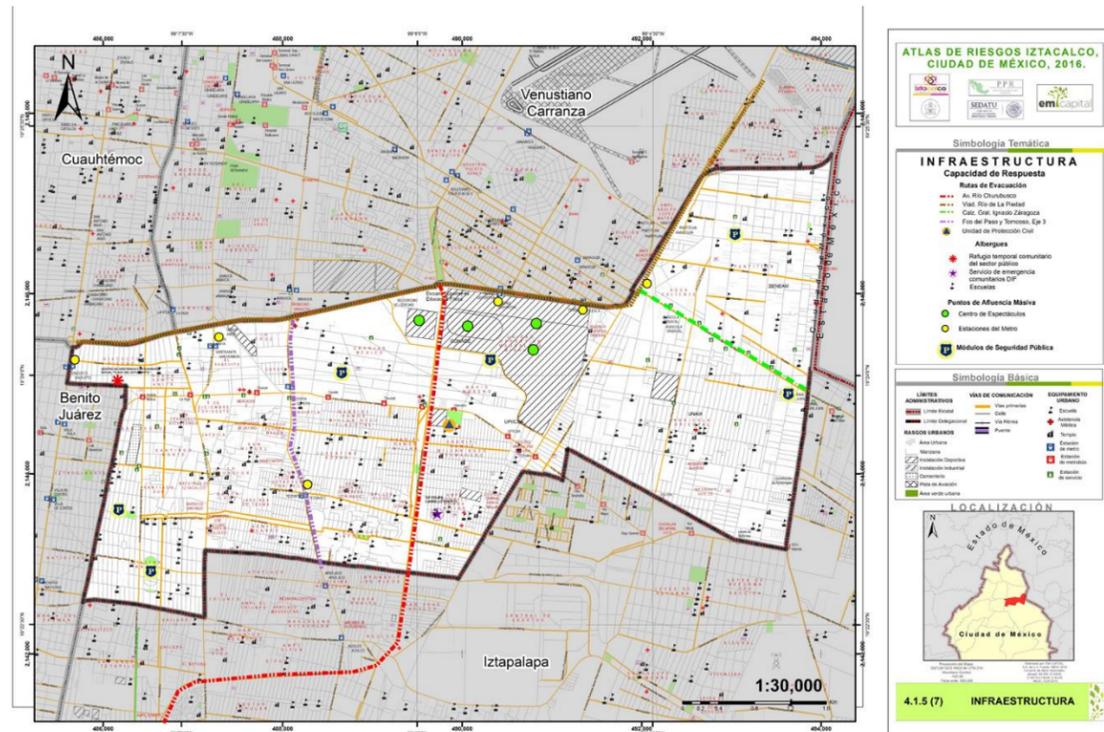


Figura 38. Estaciones de bomberos, seguridad pública, albergues, rutas de evacuación.

#### 4.5.4 Presas, líneas de conducción de gas y combustible, plantas de tratamiento, estaciones eléctricas, etc.

El abastecimiento de agua potable es proporcionado por tres sistemas (norte, sur y poniente) mediante los tres tanques de almacenamiento (El Peñón, Cerro de la Estrella, y Dolores). Adicionalmente el abastecimiento de agua lo refuerza la presencia de 13 pozos particulares y 9 operados por el sistema de

aguas de la ciudad de México con una aportación de 279 l/s a la red de distribución. Parte del caudal de los pozos es conducido a la planta potabilizadora Ing. Manuel Marroqui y Rivera, localizada fuera de los límites de la delegación Iztacalco, cuenta con una capacidad de 140 l/s. el suministro de agua es básicamente para las colonias del sur oriente de la delegación.

Dentro de la unidad INFONAVIT existe una planta de bombeo que reabastece la propia unidad, así como dos estaciones medidoras de presión.

Las aguas negras generadas en la delegación son desalojadas a través de dos drenes principales del Sistema General de Drenaje: al norte por el río de la piedad y al oriente por medio de río Churubusco, en conjunto con siete equipos de bombeo en pasos a desnivel.

La delegación cuenta con 5.3 km aproximadamente de drenaje profundo. La red secundaria de drenaje está compuesta por 473 km aproximadamente.

Al interior del territorio delegacional existen dos plantas de tratamiento de agua con capacidad de 245 l/s, las plantas están ubicadas en Ciudad deportiva y Unidad Iztacalco respectivamente.

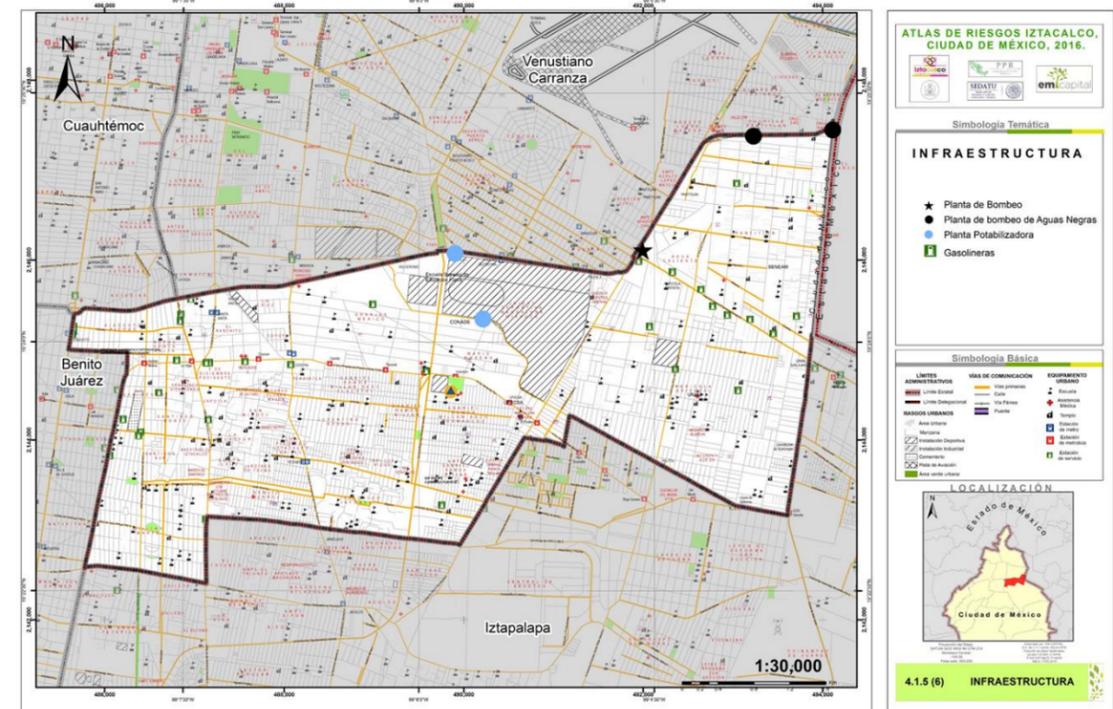


Figura 39. Presas, líneas de conducción de gas y combustible, plantas de tratamiento, estaciones eléctricas

#### 4.6 Identificación de reserva territorial.

La dinámica de crecimiento, tanto de la población como de las actividades económicas, ha llevado a algunas ciudades a rebasar los límites municipales, surgiendo las Zonas metropolitanas (ZM), las cuales se encuentran en la mayoría de las entidades federativas.

Los dos principales criterios para delimitar una ZM, son:

1. La Zona metropolitana: El conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica; en esta definición se incluye además a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbanas”.
2. Adicionalmente, se definen como Zonas metropolitanas todos aquellos municipios que contienen una ciudad de un millón o más habitantes, así como aquellos con ciudades de 250 mil o más habitantes que comparten procesos de conurbación con ciudades de Estados Unidos de América”.

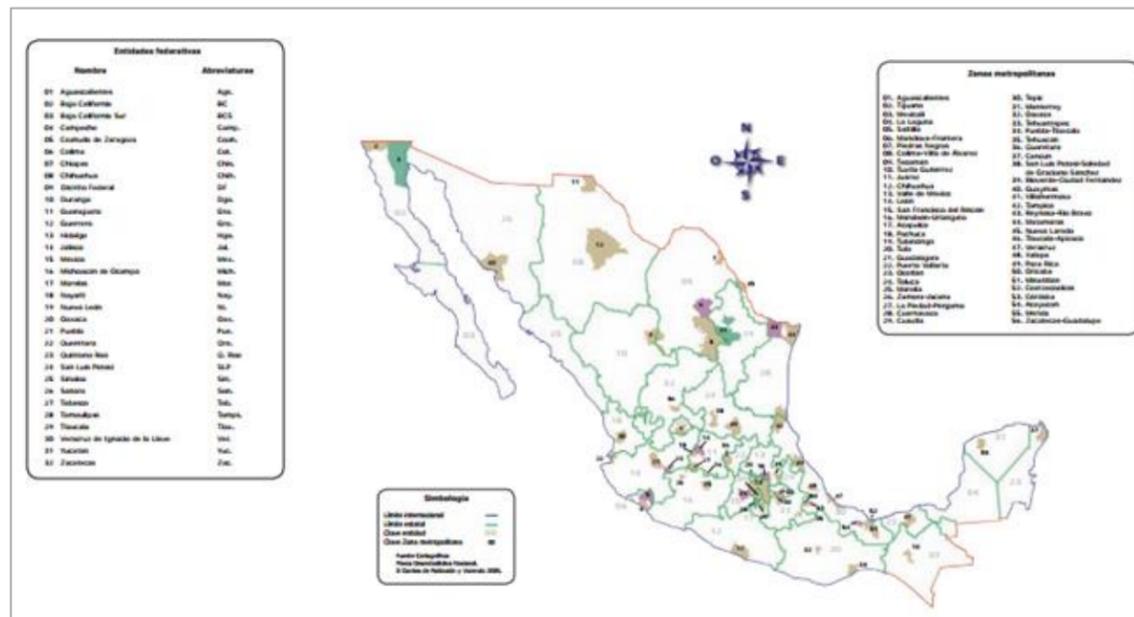


Figura 40. Mapa Zonas Metropolitanas. Fuente. Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010. SEDESOL, SEGOB.

Respectivamente al tratarse de una Delegación 100 por ciento urbanizada como tal es el caso de la Delegación Iztacalco, no se identifican superficies de terrenos baldíos que puedan considerarse como reserva territorial, sin embargo, hay la existencia de terrenos o lotes baldío privados en los que se encuentran de una manera dispersos dentro de sus colonias.

Mediante la información del 2001 por la Dirección General de Reserva Territorial (DGRT), reporta que las de Barrio de Zapotla, La Cruz, Granjas México, Santa Anita, Santiago Sur, Santiago Norte, Barrio de San Francisco Xicaltongo, Barrio Los Reyes, Barrio de San Miguel, Barrio La Asunción, Los Picos 1ra. Sección, Jardines Tecma, Barrio Santa Cruz, Juventino Rosas, Tlazintla, Agrícolas Pantitlán y Agrícola Oriental son decretos de Expropiación de la DGRT de 1990 a 2000.

Mientras que las colonias Jardines Tecma, Barrio Santiago Sur, Campamento 2 de Octubre y Barrio Santa Cruz, cuentan con Decretas de Expropiación de la DGRT desde el 3 de octubre de 1962 y 03 de marzo de 1972 (PDDU 2008).

#### 4.7 Expansión de la ciudad 1980-2010.

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda 2010, Iztacalco tiene una población total de 384 326 habitantes, de los cuales 171 243 son hombres y 190 564 mujeres, observando una composición demográfica por sexo del 44.55% y 49.58% respectivamente.

Esta población se encuentra distribuida en un territorio de 21.7 kilómetros cuadrados.

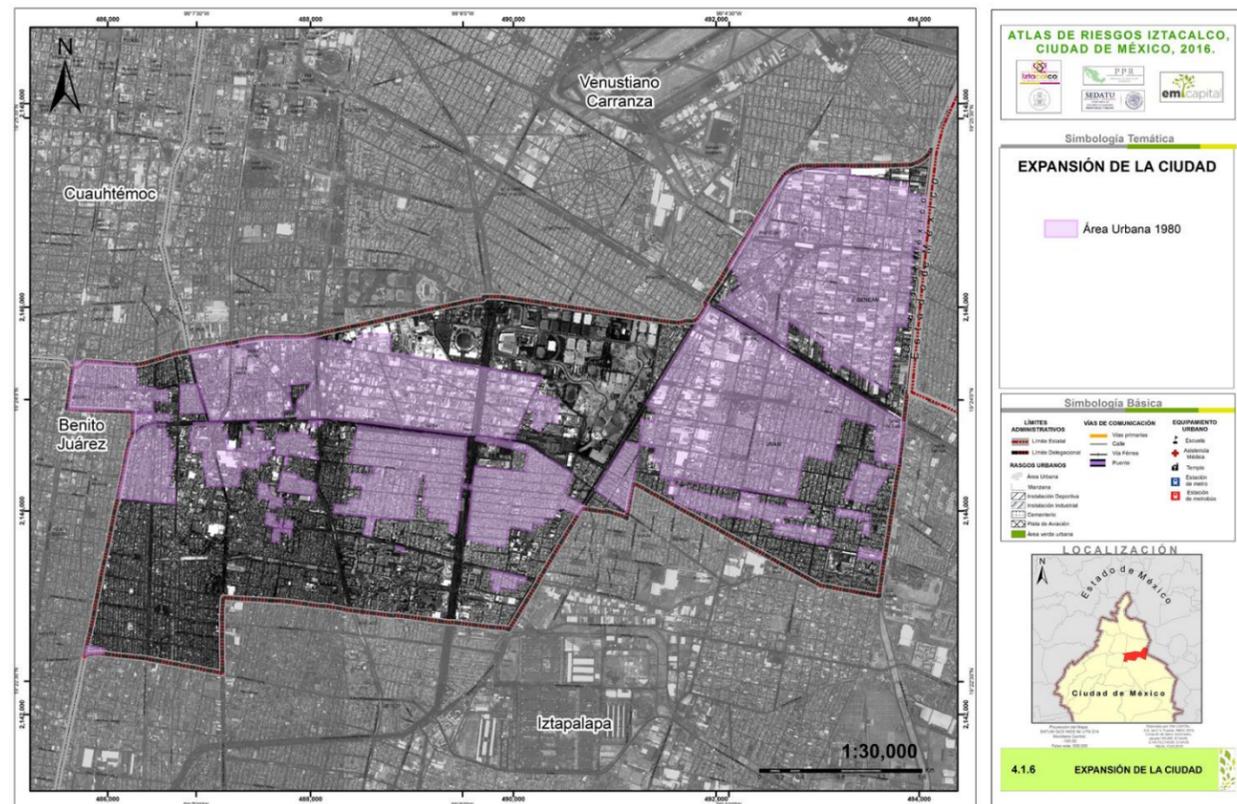


Figura 41. Expansión de la ciudad 1980-2010

## FASE II.

### 5 Identificación de amenazas y peligros, ante fenómenos perturbadores de origen natural.

#### 5.1 Fenómenos Geológicos.

##### 5.1.1 Vulcanismo.

Para la evaluación del peligro volcánico es necesario identificar la presencia de formaciones volcánicas ubicadas dentro de un radio de 100 km alrededor de la Delegación de Iztacalco y determinar si alguno de estos volcanes representa alguna amenaza, a corto, mediano o largo plazo. Para lo que es necesario hacer el análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas al área, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro. Lo que se realiza es estudiar los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas, ya que esto es un indicador del nivel de peligro que un volcán ha sido

capaz de generar en el pasado en el entorno del volcán, y definir con base en estos análisis si las formaciones volcánicas son activas.

La peligrosidad que representa una formación volcánica se basa en el principio de que, un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Se considera que un volcán es activo o peligroso, es decir que todavía tiene el potencial de producir nuevas erupciones, cuando ha mostrado algún tipo de actividad en aproximadamente los últimos 10,000 años (Martínez-Bringas, et al., 2006).

Los resultados de los estudios geológicos se representan en mapas, los que muestran las dimensiones y los alcances más probables de las mayores erupciones volcánicas, ya que de las pequeñas es muy probable que no existan vestigios. El daño causado por una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia y vulnerabilidad del elemento en riesgo, de la fuente generadora, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas (Martínez-Bringas, et al., 2006a).

Es el un conjunto de procesos para la ascendencia y la salida del magma que se concentra en el interior de la corteza hacia la superficie, de forma violenta o no, según la cantidad de presión que se llega a concentrar debido al tipo de magma. Entre otros materiales que generan los volcanes son derrames de lava, bombas volcánicas, ceniza y gases.

La Ciudad de México se encuentra en la parte centro-oriental del Eje Neovolcánico Transmexicano, que es una cadena montañosa volcánica donde su formación se origina de la convección de la Placa del Pacífico por debajo de la Placa Norteamericana, por lo anterior, el volcán activo más cercano al territorio es el Popocatepetl.

Cuando ocurre una erupción y se generan cenizas, las mismas se dispersan por ciertas zonas, que dependen principalmente de la dirección de viento predominante.

De una posible erupción del volcán, la caída de ceniza se encuentra considerada entre el territorio de la Delegación Iztacalco, donde la cantidad y la distribución se relaciona con la magnitud de la erupción.

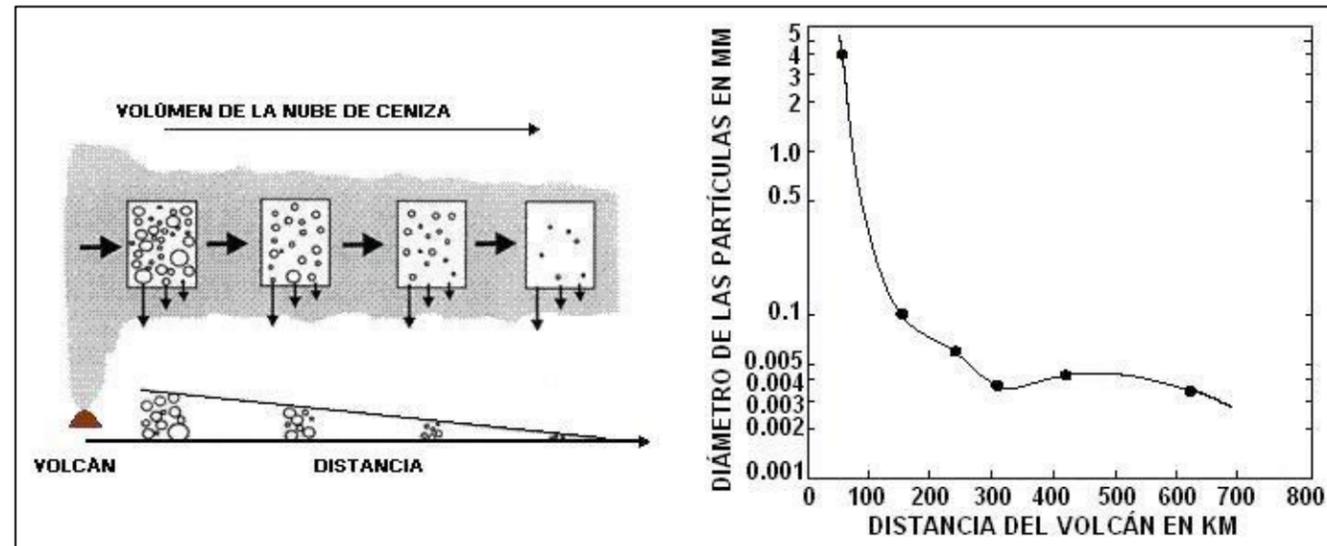


Figura 42. Distribución de la ceniza en función del tamaño de las partículas y la distancia al centro de emisión (Martínez-Bringas y Gómez, 2006a).

**Nivel de análisis y metodología.**

Los análisis que integran este documento, se apegan a los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, emitidos por la SEDATU. Asimismo, se toman en cuenta los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus “Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

Las actividades principales que conforman la metodología son:

**NIVEL 1.**

- Ubicación de la delegación dentro del contexto geológico de México e investigación bibliográfica
- Aplicación:
- Ubicación la Delegación en estudio, en la cartografía geológica de la República Mexicana, a fin de determinar si ésta se encuentra cercana a un campo volcánico o cerca de un volcán considerado activo o peligroso.
- Adquirir información bibliográfica, cartográfica y digital relativa a la historia eruptiva del campo volcánico en cuestión, Con el fin de determinar el tipo de erupciones que ha tenido, la cantidad de material que ha expulsado, las características y distribución de sus depósitos, la frecuencia y si se han desencadenado fenómenos asociados al vulcanismo.
- Elaborar un análisis de todos los cuerpos volcánicos ubicados en un radio de 100 kilómetros a partir de la Delegación Iztacalco.

**Parámetros de Intensidad de Peligro.**

Ubicación del sitio en estudio a menos de 100 km de un volcán considerado como peligroso con base en las categorías 1 a 5, clasificadas por el peligro estimado a partir de las tasas eruptivas ( $\lambda(VEI)$ ) y la magnitud de sus erupciones de acuerdo a información del CENAPRED. Variando en función del relieve propio de la zona de estudio, vientos, pendientes, tipo de erupción volcánica, ubicación de reservorios y otras fuentes principales de agua que pueden causar inundaciones o contribuir al movimiento de los lahares, etc. Asumiendo que en general las mismas áreas que fueron afectadas en el pasado, son susceptibles de ser afectadas por eventos eruptivos similares en el futuro.

Si se determina que el volcán o campo volcánico se incluye en la categoría 1, 2, y 3, se deberá consultar, el mapa de peligros del volcán, si este ya fue elaborado, de no ser así se debe realizar una evaluación del nivel de la actividad y probabilidad (peligro) asociada al volcán en cuestión. La tabla correspondiente a los Índices de Explosividad Volcánica (VEI), se presenta anexa a este primer nivel de análisis, a fin de determinar el tamaño de las erupciones ocurridas en el volcán de interés en tiempos pasados.

Ubicación de viviendas en el mapa de peligros del volcán, y dentro de, o en el curso de las barrancas-cauces de corrientes en las laderas de una estructura volcánica; asentamiento sobre materiales volcánicos en valles o zonas planas; asentamiento en laderas de un volcán. Caída de material piroclástico.

Indagar acerca de la preparación con que cuenta la población ante la presencia del sistema perturbador.

**Tabla 38. Índice de Explosividad Volcánica (VEI).**

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada o grande	Grande	Muy grande	—	—	—
Volumen emitido (m <sup>3</sup> )	Menos a 10.000	10.000 a 1,000.000	1 a 10 millones	10 a 100 millones	100 a 1,1,000 millones	1 a 10 km <sup>3</sup>	10 a 100 km <sup>3</sup>	100 a 1,000 km <sup>3</sup>	Más de 1,000 km <sup>3</sup>
Altura de la columna	1.0	0.1 a 1	1 a 5	3 a 15	10 a 25	Más de 25	—	—	—
Duración en horas	-1	-1	1 a 6	1 a 6	1 a 12	6 a 12	Más de 12	—	—
Inyección a la tropósfera	Mínima	Leve	Moderada	Sustancial	Grande	—	—	—	—
Inyección a la estratósfera	Nula	Nula	Nula	Posible	Definida	Significativa	Grande	—	—

Como se mencionó con anterioridad, el vulcanismo es una manifestación superficial de los procesos energéticos endógenos que han venido actuando desde el origen de la Tierra que comparados con otros desastres naturales los causados por actividad volcánica ocurren con menos frecuencia y afectan a menos

personas. Sin embargo, las erupciones volcánicas afectan de manera negativa a la sociedad si estas ocurren en regiones (Tilling, 1993).

El peligro volcánico para la Delegación lo representan las formaciones volcánicas, que se localizan dentro de un radio de 100 km (Martínez-Bringas, et al., 2006a) y son: la Sierra Santa Catarina, la Sierra de Guadalupe, la Sierra de las Cruces, la Sierra Chichinautzin, y los volcanes Popocatépetl, Nevado de Toluca y Jocotitlán (Figura 43). Estas formaciones se localizan a distancias de entre 12 y 80 kilómetros de la delegación, por lo que pudieran representar algún tipo de amenaza, a corto o largo plazo.

Con base en lo anterior, a continuación, se presenta un análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas a Iztacalco, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro.

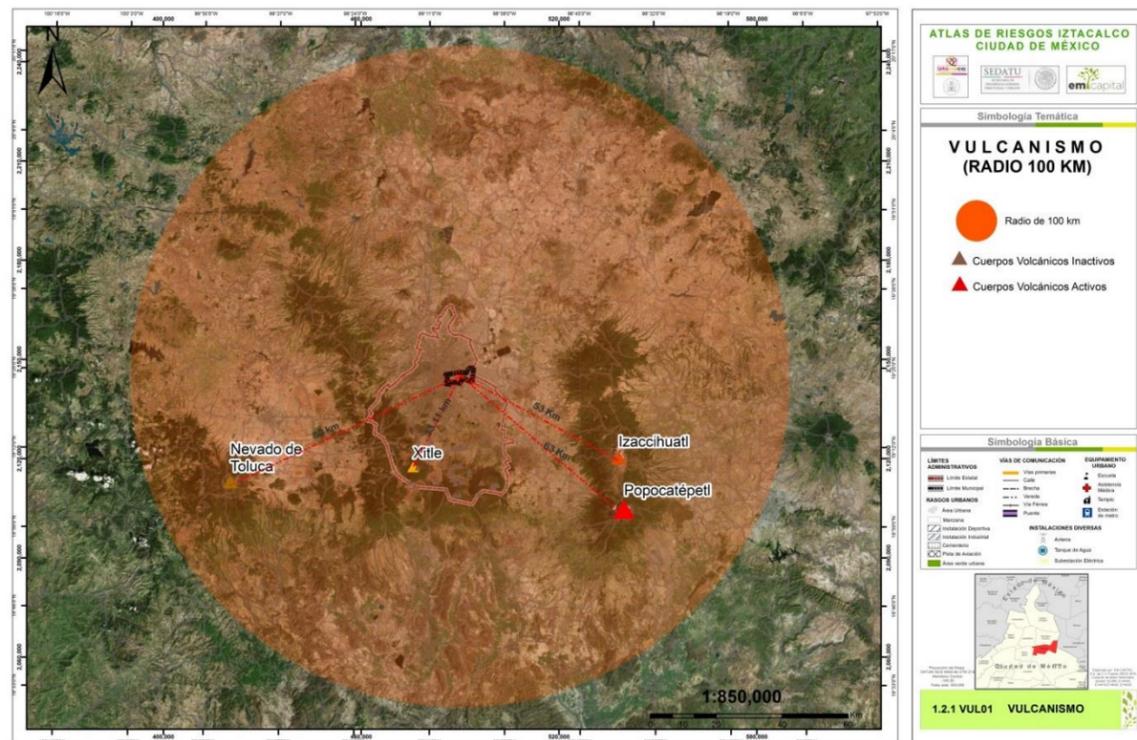


Figura 43. Mapa de la ubicación de las formaciones volcánicas activas.

### Sierra Santa Catarina

La Sierra Santa Catarina, es la más cercana, se encuentra a aproximadamente 12 kilómetros al Sureste de la Delegación Iztacalco, tiene una extensión de 12 kilómetros y una orientación de SE-NE, su elevación es de 2750 metros sobre el nivel del mar, la cima está a 510 metros sobre la planicie.

Está constituida por rocas basálticas que se alternan con material piroclástico (escoria, tezontle). Presenta una serie de once conos cineríticos bien conservados, de los cuales tres han sido intensamente explotados como banco de material. Existen siete volcanes principales, Yuhualixqui, Xaltepec, Tetecón, Mazatepec, Tecuatzi, Guadalupe y La Caldera (Huizar, 1998). La topografía de la Sierra Santa Catarina es muy irregular, pero de suaves pendientes, está constituida por rocas volcánicas que consisten en derrames de lava que se alternan con material piroclástico (escoria, tezontle). Por su composición y posición se ha considerado contemporánea con la Sierra Chichinautzin (Mooser, 1975), que es considerada la etapa de actividad volcánica más joven de la Cuenca de México. Con base en su morfología se le ha estimado una edad de 13,000 a 15,000 años, y se considera que probablemente su actividad aún no ha terminado (Lugo et al., 1994).

Mooser (1990) atribuyó el origen de la sierra, a la presencia de un sistema de fallas con dirección ENE, y en particular a una falla principal inclinada al Sur, y a una secundaria casi paralela a la anterior, inclinada al Norte. La primera se relaciona con el volcán Yuhualixqui y a una serie de conos, que corresponden a los elementos más antiguos de la Sierra, mientras que la segunda más joven corresponde a los volcanes actuales. La Sierra surgió en una zona de debilidad e inició su formación en el occidente con el volcán Yuhualixqui, y culminó en el oriente con el domo Tecuatzi, aparentemente en un periodo breve (Lugo et al., 1994).

En las cercanías de la Sierra Santa Catarina y contemporáneos a este, se encuentran los conos volcánicos aislados del Peñón del Marques y el Cerro de la Estrella (Lugo et al., 1994).

El cerro Peñón del Marqués es un volcán cinerítico con una elevación máxima de 2,370 metros sobre el nivel del mar, su cima tiene 132 metros sobre el nivel de la planicie. Litológicamente está constituido por lavas y piroclastos ambos de composición básica, los piroclastos se observan afectados por numerosas grietas originadas por la combinación de movimientos tectónicos y explotación del agua subterránea. Su topografía es de laderas cortas y muy inclinadas típicas de un cono cinerítico (Huizar, 1998).

El Cerro de la Estrella, con elevación de 2,450 metros sobre el nivel del mar, y cuya cima se encuentra a 214 metros sobre la planicie, está constituido por lavas basálticas cubiertas por piroclastos y tobas. Su diámetro es mayor que el Peñón del Marqués, pero con una topografía relativamente suave, ya que sus laderas son menos inclinadas y están parcialmente cubiertas por una carpeta vegetal de árboles (pirul) y pastos, al igual que el cerro anterior el modelado fluvial en este relieve es incipiente (Huizar, 1998).

Debido a la juventud de esta unidad volcánica, con edades de menos de 15,000 años, no es posible descartar el hecho de que pueda entrar en actividad. Sin embargo, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que no se considera que representen algún tipo de peligro a corto plazo para Iztacalco.

### Sierra de Guadalupe

Aproximadamente a 20 kilómetros al norte de la Delegación se encuentra la Sierra de Guadalupe. La Sierra de Guadalupe se formó esencialmente por dos tipos de actividad volcánica. El primer tipo y más antiguo se caracteriza por procesos explosivos de gran intensidad que culminaron con procesos extrusivos, y el segundo tipo lo representan los derrames de lava (procesos efusivos) siendo escasos y de corta extensión (Lugo y Salinas, 1996).

Los principales volcanes que constituyen a la Sierra son: los estratovolcanes Guerrero, Zacatenco, Jaral, María Auxiliadora, Los Díaz, Tres Padres y Moctezuma, formados por fuertes erupciones explosivas, y los domos resultado de la actividad extrusiva, el Gordo, Chiquihuite, Tepeyac, Tenayo, etc. (Lugo y Salinas, 1996), asociados a estas estructuras se encuentran depósitos de caída, avalanchas, lahares, flujos piroclásticos y de lava.

Las rocas que predominan en esta Sierra son las andesitas y en menor proporción riolitas y dacitas, rocas características de una alta explosividad volcánica y por consecuencia de alta peligrosidad (Ordoñez, 1895; Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968).

La actividad volcánica inició con la formación de la fosa Barrientos, a la que se le ha calculado una edad de 14 a 16 Ma (Mioceno) a través de estudios radiométricos (K-Ar) realizados en las rocas dacíticas, (Lozano-Barraza, 1968; Jacobo-Albarrán, 1985). A esta le siguió la formación de la caldera Cuauhtepc del Plioceno inferior (5 Ma), posteriormente la fosa Cuauhtepc, los estratovolcanes y los domos de la periferia. Siguió a estos la formación del volcán Moctezuma y un grupo de domos volcánicos que constituyen la zona más elevada de la Sierra (2800-3000 msnm), y la que produjo la mayor actividad volcánica (Lugo y Salinas, 1996; Lozano-Barraza, 1968; Mooser et al., 1992).

De acuerdo con diferentes estudios, la última actividad eruptiva de Sierra de Guadalupe tuvo lugar hace aproximadamente 10,000 a 11,500 (Pleistoceno superior), y dio como resultado la formación de un cono de escoria en el poblado de Guadalupe Victoria, (Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968).

La actividad volcánica en la Sierra de Guadalupe inició aproximadamente hace de 16 Ma y aparentemente desde hace 10,000 años no se ha reportado nueva actividad, sin embargo, debido a la edad de las unidades volcánicas más recientes, no se puede descartar que en el futuro pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad. Sin embargo, en la actualidad no se ha registrado ningún tipo de actividad volcánica, por lo que no se considera que represente algún tipo de peligro volcánico a corto plazo para la Delegación Iztacalco.

### Sierra de las Cruces

La Sierra de las Cruces se encuentra a aproximadamente 30 kilómetros al Oeste de la Delegación Iztacalco. Está formada por una serie de estructuras volcánicas y productos asociados a flujos de lava,

piroclásticos y lahares distribuidos a lo largo de la Sierra con dirección Nor-Noroeste y Sur-Sureste, marca el margen poniente de la Cuenca de México, está limitada al sur por la Sierra Chichinautzin (Osete et al., 2000).

Se distinguen tres grandes bloques denominados bloque norte, centro y sur, definidos en base a sus características morfotectónicas, y en las diferencias en patrones de drenaje, vulcanismo, edad y deformación, así como por la presencia de fallas (García-Palomo et al., 2008; Mora Álvarez et al., 1991).

Se ha considerado que la Sierra de Las Cruces fue emplazada en episodios consecutivos de fallamientos con dirección N-S, en donde se emplazaron los estratovolcanes. Estas fallas tuvieron una tasa de deformación menor a las fallas que presentan dirección E-W, por donde se emplazó el vulcanismo monogenético (Alaniz Álvarez et al., 1998, Osete et al., 2000).

La Sierra consta de ocho estratovolcanes traslapados, presentándose de Sur a Norte, el Zempoala (3,690 msnm), La Corona (3,770 msnm); San Miguel (3,870 msnm) con una edad que varía entre 0.68 a 1.79 Ma (millones de años); Salazar (3,660 msnm); Chimalpa (3,420 msnm), con una edad de  $2.8 \pm 0.15$  a  $3.04 \pm 0.25$  Ma; Iturbide (3,620 msnm) con edades entre  $38,590 \pm 3,210$  años y  $2.90 \pm 0.40$  Ma; La Bufo (3,460 msnm); La Catedral (3,780 msnm) que es el más antiguo con  $3.71 \pm 0.40$  Ma, y otros de menor dimensión como el volcán Ajusco (Figura 44). Cada volcán está formado por flujos piroclásticos y depósitos de caída, flujos de lava, y las secuencias gruesas de lahares y depósitos de avalancha asociados en ocasiones con estructuras de colapso (García-Palomo et al., 2008).

El rango de edad de la Sierra de las Cruces es muy amplio de acuerdo a diferentes estudios geocronológicos (Mooser et al., 1974; Nixon, 1987, 1988; Mora-Álvarez et al., 1991; Osete et al., 2000; Romero-Terán, 2001; Mejía et al., 2005), varía de 3.7 Ma a 10,000 años, manifestando una importante actividad eruptiva entre hace 3.6 Ma y 10,000 años. Las edades fueron obtenidas a partir de extensos derrames de lava y domos de composición andesítico-dacítica, y basaltos en menor proporción (Gunn y Mooser, 1970; Lugo, 1984). Estos derrames de lava se alternan con flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída, flujos de detritos y lodo, así como repetidos colapsos que originaron depósitos de avalancha de escombros, así como (García-Palomo et al., 2008).

No se puede descartar que las formaciones volcánicas de la Sierra de las Cruces pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad en el futuro, dado las edades que se reportan, de entre 3.7 Ma y 10,000 años. Sin embargo, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica a lo largo de la Sierra, por lo que, de acuerdo con la información existente hasta la fecha, no se considera que represente algún tipo de peligro a corto plazo para la delegación Iztacalco.

### Sierra Chichinautzin

Aproximadamente 30 kilómetros al Suroeste la Delegación Iztacalco se encuentra la Sierra Chichinautzin. Está formada por alrededor de 221 estructuras volcánicas, de los cuales 201 son conos de escoria (91%), 10 volcanes escudo (4.5%) y 10 flujos de lava (4.5%), y se distribuyen en la Ciudad de México y en los estados de México y Morelos, su superficie es de aproximadamente 2,400 km<sup>2</sup> (Martín del Pozzo, 1982; Márquez, 1998; Márquez et al., 1999). Se trata de un campo de conos cineríticos tipo plataforma, y terrenos volcánicos con una topografía relativamente plana asociados con extensos flujos de lava (Settle, 1979).

Las manifestaciones volcánicas de la Sierra Chichinautzin se dividen en tres etapas: 1) consistente en la emisión de andesitas y dacitas de edad entre 30,000 y 23,000 años; 2) emisión de basaltos a dacitas de 22,000 a 4,000 años de edad; y 3) emisión de basaltos que inició hace aproximadamente 3,000 años y se desconoce si continúa en la actualidad (Kirianov et al., 1990).

Predominan tres tipos de estructuras volcánicas cuyas rocas son predominantemente andesíticas y en menor proporción basáltico-alcalinas y dacíticas (Bloomfield, 1975). El primer y más abundante tipo son los conos de escoria con coladas de lava asociadas, producidos por actividad estromboliana moderadas o violentas (como el Xitle, Chichinautzin). El segundo tipo lo constituyen los volcanes escudo, formados por extensas coladas de lava y en su cima se localiza usualmente un cono de ceniza (como el Teuhtli, Pelado). La tercera estructura la representan los espesos flujos de lava asociados a fisuras, que se consideran producto de un vulcanismo de tipo hawaiano, y llegan a alcanzar longitudes de hasta ~22 km, y espesores de 300 m (Martín del Pozzo, 1982; Velasco-Tapia, 2003; Márquez et al., 1999). Algunos ejemplos típicos de los flujos de lava se observan en el volcán Xitle (Márquez et al., 1999).

También se han identificado alrededor de diez domos de lava, formados por flujos de gran espesor, como es el domo Xicomulco (Cas y Wright, 1996). Asimismo, se ha reportado la presencia de depósitos hidromagmáticos, asociados a varios volcanes tipo escudo y a algunos conos cineríticos. Por lo que se considera que en la región existe la posibilidad de ocurrencia de erupciones hidromagmáticas, lo que aumenta el riesgo potencial (Márquez et al., 1999).

Las manifestaciones volcánicas más recientes en esta Sierra lo constituyen la formación del volcán Chichinautzin hace 1835±55 años (Siebe et al., 2004a) y el Xitle hace 1670±35 años (Siebe, 2000).

La Sierra Chichinautzin ha presentado actividad volcánica en los últimos 10,000 años, por lo que es considerada potencialmente activa, y por ende que puede algún día volver a originar una erupción que forme un nuevo pequeño cono en esta zona.

Sin embargo, al igual que en el caso de las Sierras mencionadas anteriormente, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que no se considera que representen algún tipo de peligro volcánico a corto plazo para la Delegación Iztacalco.

### Volcán Jocotitlán

El volcán Jocotitlán se localiza a 80 km al Noroeste de la delegación Iztacalco. Se trata de un estratovolcán aislado, cuya morfología es intermedia entre un estratovolcán y un domo complejo, su altitud es de 3950 metros sobre el nivel del mar, se formó durante el Pleistoceno (1.8-0.01 Ma) y consiste principalmente de flujos de lava dacítica-andesítica (Siebe et al., 1992).

Se considera que en su origen surgió de una erupción pliniana explosiva, seguida del emplazamiento de un complejo de domos dacíticos, acompañado por la efusión de lava, piedra pómez, y oleadas piroclásticas. La característica más prominente del volcán es el escarpe en forma de herradura abierta al NE que se formó como resultado de un colapso gravitacional de la cumbre, que dio lugar a una avalancha de escombros durante el Holoceno temprano (9,690±85 años) (Siebe et al., 1992; Salinas y López-Blanco, 2005).

El depósito de avalancha, resultado de un catastrófico colapso del flanco NE, cubre un área de 80 km<sup>2</sup>, e incluye 256 montículos con tamaños de 1 a 2.7 km, de forma cónica o alargados, y los más alejados de la fuente son más pequeños y de forma irregular, y consisten de lava dacítica. El cráter resultado de la avalancha, se encuentra casi totalmente relleno de domos dacíticos y flujos de lava (Siebe et al., 1992; Salinas y López-Blanco, 2010).

Se considera que el colapso y la consecuente erupción, pudieron haber estado asociados a algún sismo originado por la actividad tectónica del graven de Acambay, que se localiza a sólo 10 km al norte del volcán (Wells, 1988; Siebe et al., 1992; Dufresne, et al., 2010).

Los vestigios de actividad más reciente se encuentran en los flancos superiores del volcán, consisten de depósitos de flujos piroclásticos, y dan evidencias de actividad en tiempos históricos, se les ha determinado una edad de 680±90 años (Siebe et al., 1992; Dufresne, et al., 2010).

El volcán Jocotitlán por mucho tiempo se le consideró extinto, sin embargo, los estudios han demostrado que tuvo una erupción menor hace unos cuantos siglos (680±90 años), por lo que la percepción del riesgo que representa este volcán ha cambiado, y actualmente se le ha considerado como un volcán activo en estado de quietud, y como consecuencia un volcán potencialmente peligroso para el entorno.

### Volcán Nevado de Toluca

El volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl se localiza a aproximadamente 78 km al suroeste de la Delegación Iztacalco. Se trata de un estratovolcán complejo, con una elevación de 4,680 msnm y es

la cuarta cima más alta del país. Su edad es de 0.1-0.01Ma (Pleistoceno tardío-Holoceno) y está constituido por andesitas y dacitas calcalcalinas (Bloomfield y Valastro, 1974; Cantagrel et al., 1981; García-Palomo et al., 2002a) (Figura 44).

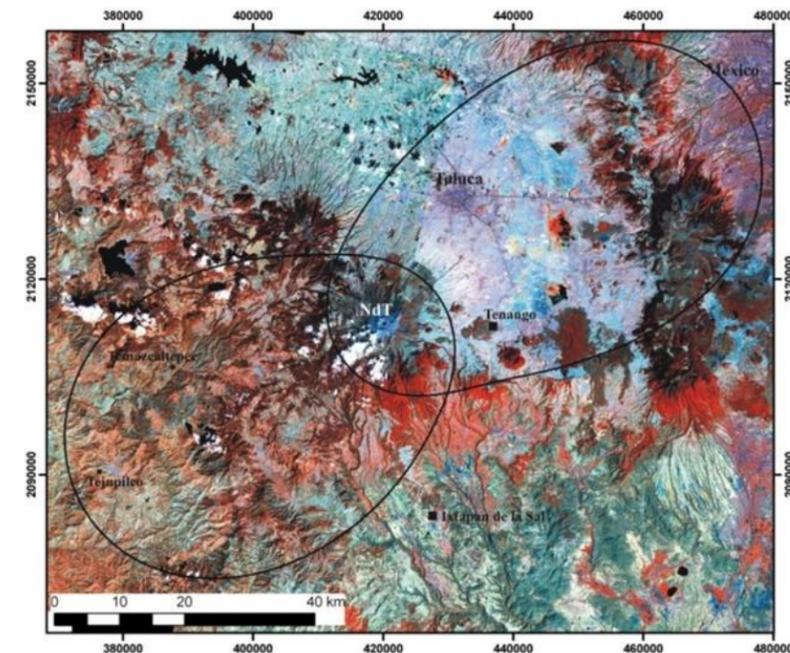
Presenta un cráter truncado de forma es elíptica con un diámetro de 2x1.5 km, con su eje mayor orientado en dirección E-W y una apertura en forma de herradura hacia el este, el que fue destruido por una erupción hace  $10,445 \pm 95$  años. En el interior del cráter existen dos lagos denominados el Sol y la Luna, separados por un domo dacítico central conocido como “El Ombligo” (Macías, 2005). Se localiza en la intersección de tres sistemas de fallas, el de Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE, el San Antonio dirección E-W y el sistema Tenango de dirección NE-SW. Se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso (García Palomo et al. 1996; García Palomo et al., 2000).

La actividad del Nevado de Toluca comenzó hace aproximadamente 2.5 Ma con el emplazamiento de flujos de lava andesítica, sobre un basamento conformado por secuencias metamórficas y sedimentarias, esta actividad finalizó hace alrededor de 1.3 Ma (Cantagrel et al., 1981; Macías et al., 1997a; García-Palomo et al., 2002a). Una nueva actividad inició hace 100,000 años, desde entonces ha presentado varios eventos paroxísmicos de tipo peleano y pliniano, además de algunas erupciones pequeñas de tipo freatomagmático, así como eventos de destrucción de domos y colapsos gravitacionales. Estas erupciones han originado avalanchas, flujos de bloques y ceniza, flujos de pómez, flujos de ceniza, lahares y depósitos de caída (Macías et al., 1997a; Arce et al., 2006).

Durante la actividad iniciada hace 100,000 años, se produjeron dos colapsos parciales en su flanco sur que dieron lugar a avalanchas de escombros (Macías et al., 1997a). Una erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace  $43,000 \pm 2,000$  años, y produjo el Flujo de Pómez Rosado (Macías et al., 1997a). Después de este evento eruptivo, hace de entre 37,000 y 28,925 años, se presentaron dos eventos de destrucción de domos (VEI=4) que produjeron el depósito de flujos de bloques y ceniza (Bloomfield y Valastro, 1977; Macías et al., 1997a) y dio lugar al emplazamiento del domo parásito llamado Cerro Gordo.

Hace  $26,610 \pm 1,208$  años el volcán tuvo una erupción vulcaniana (VEI=3) que depositó el Flujo de Pómez Blanco (Macías et al., 1997a). Le siguió una erupción pliniana (VEI=3), que dio lugar a la Pómez Toluca, fechada en más de 24,000 años (Bloomfield et al., 1977). Le siguieron cinco erupciones vulcanianas (VEI=1-2), de las cuales se han fechado el flujo de pómez La Ciervita de edad  $24,000 \pm 500$  años (Aceves-Quezada et al., 2006); ceniza Las Huertas de edad  $15,340 \pm 150$  años (Newton y Metcalf, 1999) y el flujo de pómez de edad  $13,400 \pm 350$  años (Aceves-Quezada et al., 2006). Una nueva erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace  $12,040 \pm 92$  años y depositó la Pómez Blanca Intermedia (Cervantes de la Cruz, 2001; Arce et al., 2005). Posteriormente se depositaron extensas capas de pómez de caída, la Pómez Toluca Superior, producto de una erupción ultrapliniana (VEI=5) ocurrida hace  $10,445 \pm 95$  (Arce, 1999), la que produjo una columna eruptiva de 35 km de altura. Esta erupción

cubrió con una capa de pómez y ceniza un área aproximada de 2,000 km<sup>2</sup>, en la dirección noreste del volcán, hacia la Cuenca de Lerma, la Sierra de las Cruces y la Cuenca de México (Arce et al., 2006). En épocas recientes se detectó un evento volcánico que probablemente sea el último evento eruptivo del Nevado de Toluca, y está representado por los depósitos de oleada gris y flujo de ceniza café de edad de  $3,140 \pm 195$  años (Macías et al., 1997a). La actividad volcánica concluye con el emplazamiento del domo denominado El Ombligo. Debido a esta última erupción, actualmente se considera al Nevado de Toluca como un volcán activo en estado de quietud. La Tabla 39 es un resumen de la historia eruptiva del Nevado de Toluca.



**Figura 44. Mapa de isopacas de ceniza de 10 cm de espesor, resultado de la simulación de una erupción volcánica VEI 6 en el volcán Nevado de Toluca. Fuente: Tomado de Capra et al., 2008.**

Según estudios estratigráficos, durante los últimos 42,000 años, el Nevado de Toluca ha presentado al menos 12 erupciones importantes, con intervalos de quietud de entre 1,000 y 8,000 años (Capra et al., 2008). Hasta el momento no se cuenta con información suficiente para poder determinar periodos de recurrencia. Algunos investigadores (Capra et al., 2008) consideran que el escenario futuro más probable de actividad del Nevado de Toluca, podría ser una pequeña explosión freatomagmática como la ocurrida hace aproximadamente 3,140 años.

Sin embargo, no se puede descartar la ocurrencia de una erupción como la ocurrida hace aproximadamente 10,445 años, que, de ocurrir nuevamente una erupción como ésta, el territorio de la Delegación se vería fuertemente afectado por material de caída. En la Figura 45 se muestra un mapa

que simula una erupción similar a la de hace 10,445 años, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6, en el que se observan las áreas que resultarían afectadas por la caída de pómez y ceniza, con un espesor de 10 cm (Capra et al., 2008). La Delegación Iztacalco se ubica a menos de 10 km al oriente de esta zona, por lo que podrían esperarse espesores de más de 5 cm en el área de la delegación, lo que acarrearía graves problemas a la infraestructura y a la salud de la población.

Tomando en consideración que el peligro por caída de ceniza durante una erupción volcánica depende, entre otros factores, de la dirección de los vientos, al considerar la dirección preferencial del viento en las diferentes épocas del año para la zona del Nevado de Toluca, se tiene que durante los meses de octubre a marzo, la dirección preferencial de los vientos es hacia el este y noreste del volcán, es decir en dirección a la Delegación Iztacalco y por ende los de mayor probabilidad de afectación. Mientras que de abril a mayo es hacia el norte, y de junio a septiembre es hacia el noroeste del volcán. La Figura 45 es el Mapa de Peligros del Nevado de Toluca, en donde se muestran las áreas afectadas por los diferentes peligros volcánicos en erupciones de todo tipo (Aceves-Quezada et al., 2006).

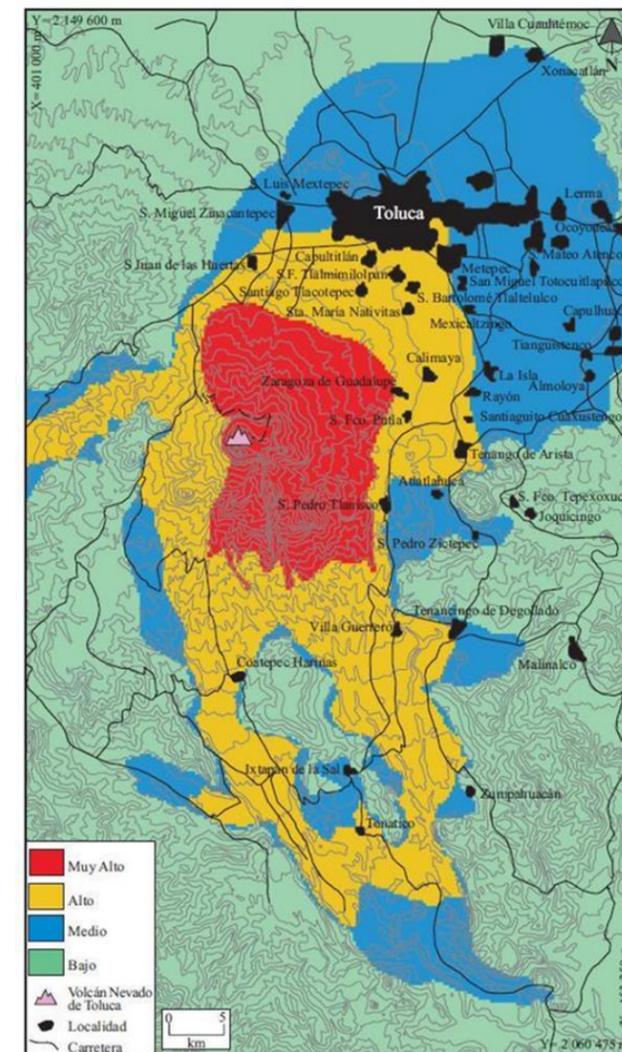
**Tabla 39. Resumen de la historia eruptiva del volcán Nevado de Toluca.**

AÑOS Ma.	TIPO DE ACTIVIDAD
2.5 -1.3	Formación del edificio volcánico.
100,000	Dos colapsos parciales en el flanco sur, que produjeron avalanchas de escombros.
± 43,000	Erupción pliniana. Actividad intensa. La actividad se acompaña de avalanchas e importantes flujos de cenizas.
37,000 - 28,925	Reactivación violenta, dos eventos de destrucción de domos. Flujos de bloques y ceniza. Emplazamiento del domo Cerro Gordo.
± 26,610	Erupción vulcaniana.
>24,000	Erupción pliniana
24,000 – 13,400	Cinco erupciones vulcanianas.
± 12,040	Erupción Pliniana.
± 10,445	Erupción Ultrapliniana. Columna eruptiva de 35 km.
± 3,140	Flujos de ceniza.

**Volcán Popocatépetl.**

La Sierra Nevada está constituida principalmente por el volcán considerado extinto Iztaccihuatl y el volcán activo Popocatépetl (Figura 44). El volcán Popocatépetl se localiza a 52 km al Sureste de la delegación Iztacalco, tiene una altura de 5450 msnm y es la segunda montaña más alta del país, después del Pico de Orizaba. Es uno de los volcanes más activos de México y representa un gran riesgo para las ciudades cercanas.

El volcán Popocatépetl es un volcán maduro, que ha experimentado grandes cambios a lo largo de su existencia. El volcán como se encuentra actualmente inicio su desarrollo hace unos 23,000 años, cuando el edificio volcánico anterior fue destruido por una gran erupción que devastó un área de alrededor de 1,000 km<sup>2</sup> hacia el sur del volcán. Después de ese evento el Popocatépetl ha producido numerosas erupciones de distintos tipos, y la acumulación de los productos emitidos por esas erupciones ha contribuido a la construcción del edificio actual (Mooser et al., 1958; Boudal y Robin, 1989; De la Cruz, 1998).



**Figura 45. Mapa de peligros del volcán Nevado de Toluca. Fuente: Tomado de Aceves-Quezada et al., 2006.**

El primer edificio volcánico y que constituye la base del actual Popocatepetl fue el volcán Nexpayantla (Mooser *et al.*, 1958; Robin, 1984), se formó hace aproximadamente 730,000 años por la emisión de una serie de derrames de lavas andesíticas y dacíticas. Este primer edificio fue destruido hace 200,000 años por una erupción que produjo el colapso de una parte de este volcán y la formación de una caldera. Posteriormente en el interior de esta caldera, se formó un nuevo volcán conocido como El Fraile, estaba formado por derrames andesíticos y dacíticos. Este volcán colapsó entre hace 50 000 y 30 000 años, debido a una erupción tipo Bezymiany, la cual destruyó la parte meridional del volcán, e inició la construcción del Popocatepetl (Boudal y Robin, 1989). Hace aproximadamente 23 000 años, una erupción lateral destruyó el antiguo cono Popocatepetl, e inició la construcción del actual cono, edificado por una serie de depósitos piroclásticos y coladas de lava de composición andesítica-dacítica (Macías, 2005).

Desde su inicio el moderno volcán Popocatepetl ha sido recurrentemente activo, presentando una gran variedad en sus formas de actividad eruptiva. Durante los últimos 20,000 años la actividad explosiva del Popocatepetl ha presentado cuatro eventos mayores, con producción de pómez de caída y flujos de ceniza. El primero fue una erupción freato-pliniana de hace 14,000 años, generó flujos piroclásticos y oleadas (surges) en zonas proximales, y culminó con la formación de una columna pliniana, que fue dispersada por los vientos estratosféricos hacia el noroeste en dirección de la Ciudad de México (Siebe *et al.*, 1997). Los otros tres eventos ocurrieron hace 5,000, 2,150 y 1,100 años, que consistieron de erupciones plinianas hidromagmáticas bastante violentas, las que dispersaron nubes turbulentas húmedas tipo surge a distancias mínimas de 20 km, también produjeron flujos piroclásticos y lahares. Contemporáneamente se generaron flujos de lava, y flujos de lava fisurales de composición andesítica (Schaaf *et al.*, 2005). Posteriormente se presentaron cuatro eventos menores, ocurridos hace 11,000, 9,000, 7,000 y 1,800 años (Siebe *et al.*, 1997; Siebe y Macías, 2004).

El último episodio eruptivo del Popocatepetl inició en diciembre de 1994, después de 67 años de tranquilidad, y continúa hasta la fecha. Las emanaciones del 21 de diciembre de 1994 fueron el inicio de este último episodio, el cual consistió en erupciones freáticas y magmáticas que liberaron grandes cantidades de gases magmáticos y arrastraron partes del conducto volcánico (De la Cruz-Reyna *et al.*, 1995). La Tabla 40 resume la actividad histórica reciente del volcán Popocatepetl.

De marzo de 1996 a la fecha, la actividad del volcán se ha caracterizado por la formación de domos y su posterior destrucción a través de eventos explosivos, que han dado lugar a la formación de grandes columnas eruptivas. Las erupciones más sobresalientes son las desarrolladas durante los eventos de junio 1997, diciembre 2000, y enero de 2001.

El evento del 30 de junio de 1997 generó una columna que alcanzó en pocos minutos 8 km por encima del cráter del volcán. Fue reportada caída de ceniza en muchos poblados alrededor del volcán, incluyendo la Ciudad de México. No se registraron daños o víctimas. La intensidad de la erupción se estima que alcanzó un índice de explosividad volcánica (VEI) de 2 a 3 (BGVN, 1997). En los dos días siguientes, debido a la

precipitación intensa, se originó un lahar que se desplazó por 12 km al Noreste del volcán, en dirección al poblado de Xalitintla, Puebla.

La erupción de diciembre 2000-enero 2001, produjo varias columnas de ceniza que alcanzaron entre 3 y 8 km de altura sobre el nivel del cráter. Durante estas erupciones, el volcán lanzó fragmentos y generó flujos piroclásticos que descendieron por varias cañadas, hasta distancias estimadas entre 4 y 6 km. Asimismo, ocurrieron episodios de tremor (vibración interna del volcán) que fueron sentidos en poblaciones ubicadas hasta 14 km de distancia. También se generaron lahares, que descendieron aproximadamente 15 km, llegando a 2 km de la población de Santiago Xalitintla, Puebla (Capra *et al.*, 2004). A todo el período de actividad iniciado en diciembre de 2000, se le asignó un VEI = 3 (BGVN, 2000).

**Tabla 40. Historia de la actividad reciente del volcán Popocatepetl**

FECHA	ACTIVIDAD
1354	Actividad menor
1363	"
1509	"
1512	"
1519-1530	Grandes erupciones
1539-1540	Grandes emisiones de ceniza
1548	"
1562-1570	"
1571	"
1592-1594	"
1642	Emisiones de ceniza
1663-1665	"
1697	"
1720	Actividad menor
1720-1919	Actividad solfatárica considerable
1920-1927	Actividad explosiva
1992-1993	Actividad fumarólica
1994-a la fecha	Actividad explosiva

**Fuente: De la Cruz-Reyna *et al.*, 1999.**

La Figura 46 muestra el mapa de peligros del volcán Popocatepetl, en el que se puede observar, que el peligro volcánico potencial para la Delegación son los materiales volcánicos de caída (ceniza volcánica). La Delegación Iztacalco se ubica dentro del Área 3, que, de acuerdo con el mapa, corresponde a un área que sería afectada por la caída de arena volcánica y pómez. Durante erupciones pequeñas no se espera una importante caída de ceniza en el área de la Delegación, pero durante erupciones muy grandes podrían acumularse varios centímetros (Macías, *et al.*, 1997b). Los vientos sobre el Popocatepetl (factor importante en la distribución de cenizas durante una erupción), generalmente soplan en dirección Este-Oeste. La dirección dominante de los vientos de octubre a abril es hacia el oriente del volcán, mientras que de mayo

a septiembre es hacia el poniente del volcán, la Ciudad de México, por lo que estos meses representan los de peligro potencial de caída de ceniza para la delegación.

La zona donde existe mayor probabilidad de que se acumule más arena volcánica y pómez, es la región comprendida entre las dos curvas delimitantes que se muestran en el mapa de peligros por caída de materiales volcánicos de la Figura 46 (Macías, *et al.*, 1997b). Por lo que, durante una erupción de magnitud mayor, con columnas de cenizas que rebasen los 10 km de altura, podría esperarse caída de ceniza importante en Iztacalco, particularmente si ocurriera entre los meses de mayo a septiembre.

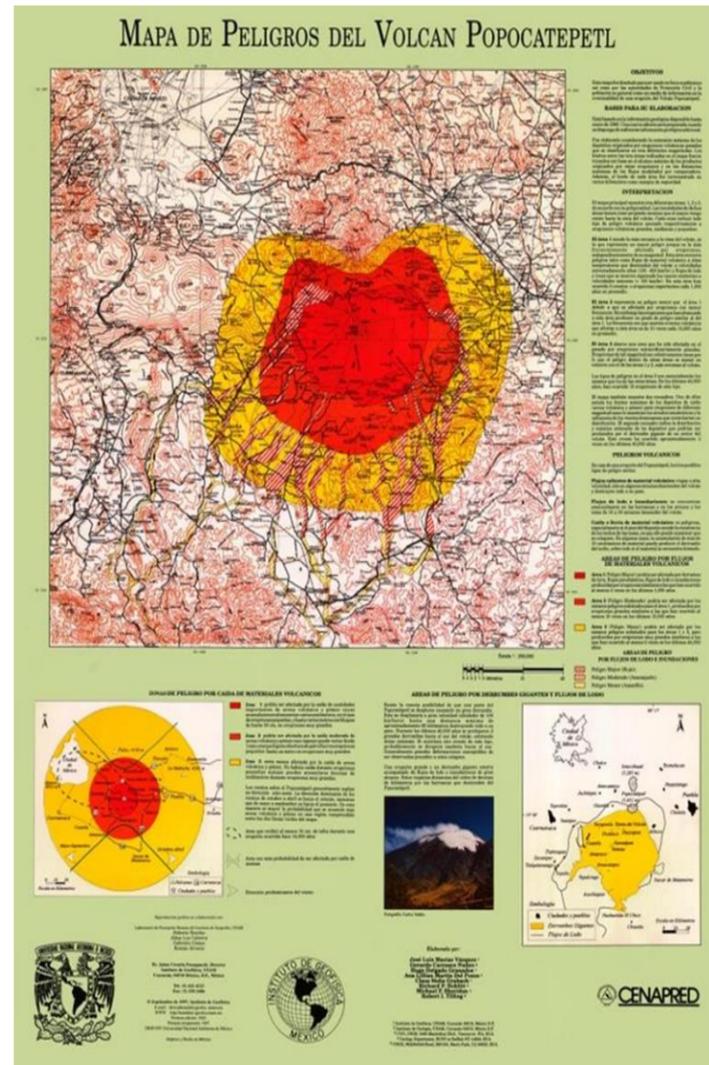


Figura 46. Mapa de peligros del volcán Popocatepetl. Fuente: Macías *et al.*, 1997b.

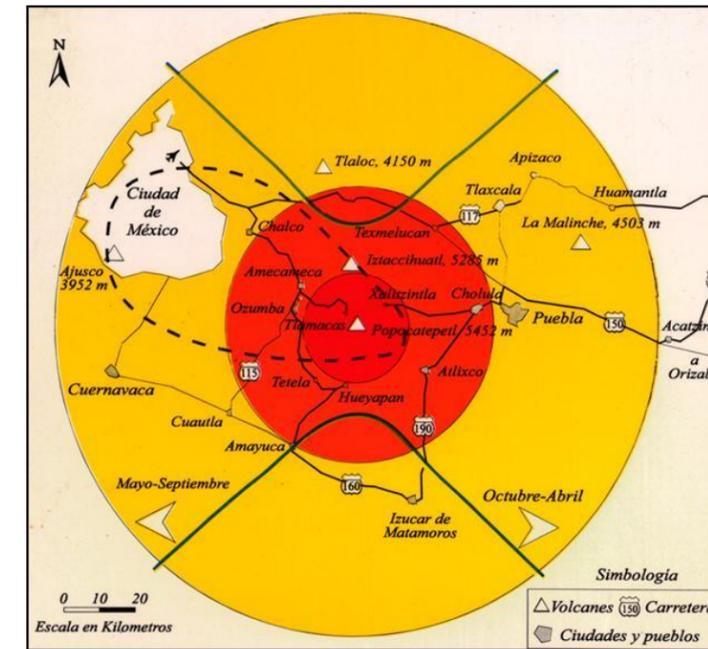


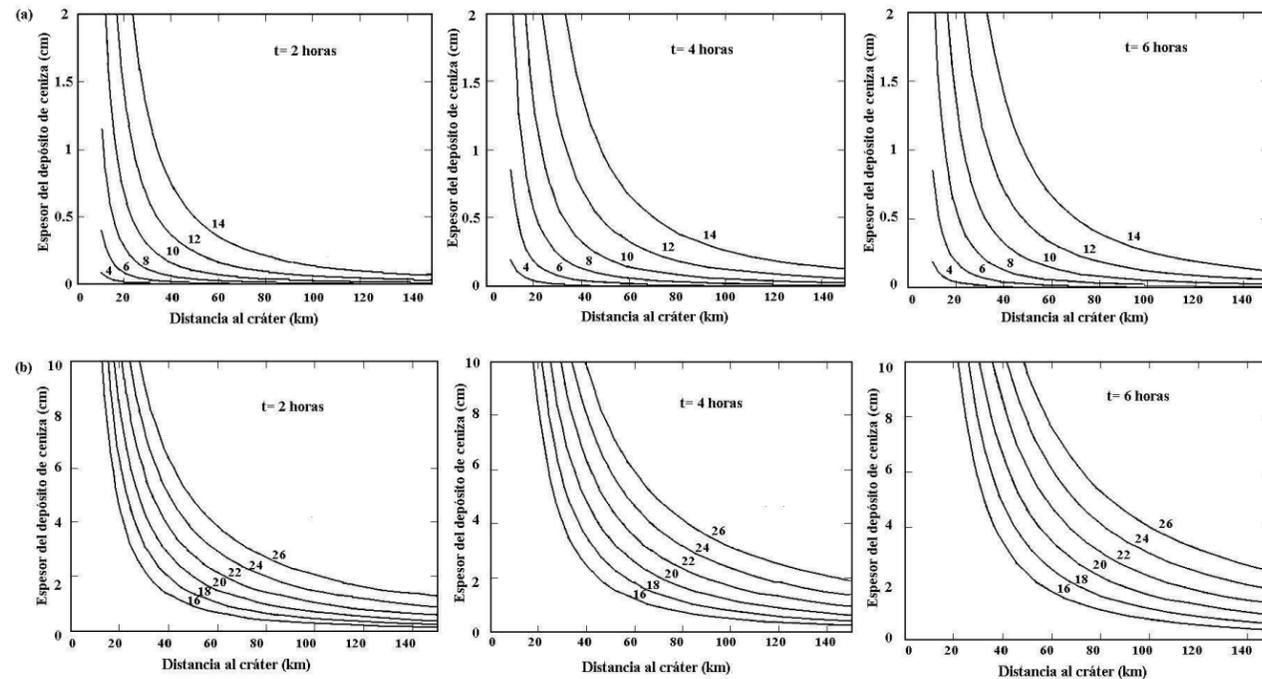
Figura 47. Zonas de peligro por caída de materiales volcánicos del mapa de peligros del volcán Popocatepetl. Fuente: Macías *et al.*, 1997b.

**Peligro por ceniza volcánica.**

Para la Delegación Iztacalco, el peligro volcánico potencial lo representa la caída de cenizas. En las gráficas de la Figura 47 se muestra la estimación de espesores de ceniza volcánica en función de la distancia. Se consideran erupciones del volcán Popocatepetl con duraciones de 2, 4 y 6 horas, velocidad del viento de 50 km/h y dirección directamente hacia la Delegación; con diferentes alturas de columnas eruptivas, para el primer caso (a) erupciones moderadas, con columnas eruptivas en el rango de 4 a 14 km de altura, y una probabilidad de ocurrencia de  $10^{-3}$ ; y (b) para grandes alturas de columnas eruptivas de entre 16 y 26 km con una probabilidad de ocurrencia de  $10^{-4}$ . (De la Cruz, 2002). Se observa que el espesor esperado para la región de la Delegación varía de alrededor de 0.1 cm, para un evento de dos horas de duración y una columna de 4 km de altura, hasta más de 9 cm para el escenario extremo de una erupción con duración de 6 horas y una columna eruptiva de 26 km de altura.

Se debe tomar en consideración que las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas y por lo tanto a un gran número de personas, además que la ceniza más fina puede permanecer en el aire por varios días y hasta por algunas semanas. Asimismo, las cenizas emitidas durante grandes erupciones, pueden alcanzar distancias de hasta varios cientos de kilómetros del volcán que las originó. Provocan algunos efectos nocivos para la salud de personas y animales, afectan el clima, obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria; se amontonan en las carreteras

y vías férreas obstruyendo el paso; puede llegar a ser resbalosa para la gente y vehículos en movimiento cuando se mezcla con agua, además que tiene la propiedad de conducir la electricidad, produciendo cortocircuitos en líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación.



**Figura 48. Estimación de espesores de cenizas volcánicas en función de la distancia, para erupciones del volcán Popocatepetl, para eventos de 2, 4 y 6 horas de duración, con velocidad del viento de 50 km/h y columnas eruptivas de (a) 4, 6, 8, 10, 12 y 14 km y (b) 16, 18, 20, 22, 24, 26 km (De la Cruz, 2002).**

La ceniza también se acumula en los techos de las edificaciones, donde 10 cm de espesor representa una carga extra de 40-70 kg/m<sup>2</sup> si está seca, y de 100-125 kg/m<sup>2</sup> si está húmeda, por lo que puede llegar, en ocasiones, a provocar el colapso de los techos. Asimismo, representa un gran peligro para las aeronaves, sin embargo, en contraste con otros peligros volcánicos, los efectos de la ceniza pueden ser mitigados mediante una adecuada planificación y preparación (Martínez y Gómez, 2006b). En la siguiente se mencionan algunos efectos de la ceniza volcánica.

**Tabla 41. Resumen general de los efectos de las cenizas volcánicas. Fuente: Martínez y Gómez, 2006b.**

Efectos de la caída de cenizas (Varía dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción)
La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre.
Puede provocar también trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) o por la ingestión de alimentos contaminados.
Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.
Colapso de techados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de techados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad.
La ceniza fina puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios farmacéuticos, mecánica de precisión, óptica, en la industria de la alimentación, etc.
Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños tanto por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico, ya que la ceniza humedecida es altamente conductiva pudiendo provocar cortocircuitos. Se debe tener especial cuidado con sistemas de agua, bombas, filtros y válvulas muy susceptibles a sufrir daños por la caída de cenizas.
Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico.
Capas de 1 a 2 cm. de ceniza puede provocar daños de suma importancia en la industria con equipamiento mecánico, eléctrico o químico. La maquinaria expuesta deberá ser sometida a cuidadoso procedimiento de limpieza, para evitar posteriores problemas por efecto de la abrasión. Igualmente, la limpieza debe realizarse con maquinaria especialmente preparada para trabajar en medios muy abrasivos.
La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.
Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo.
Este fenómeno afecta también a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales.

Los gases retenidos en las cenizas se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante. Las personas que padecen de problemas respiratorios o alergias serían las más afectadas.

Las cenizas pueden transportar ciertos elementos que pueden ser contaminantes al ser disueltos en las aguas de los ríos y manantiales. El cloro y los sulfatos, por su alta capacidad de disolución, son los más propensos a generar esta contaminación.

Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin solidificarse, especialmente en zonas áridas, siendo removidos fácilmente por el viento y propagándose a distancias mayores durante un largo periodo después de la erupción.

Pueden ocasionar accidentes de automóviles (carreteras resbaladizas y escasa visibilidad). Accidentes aéreos, por ingreso de ceniza en los motores.

De acuerdo a la baja probabilidad que presentan, cualquiera de las siete fuentes volcánicas cercanas a la delegación, de generar un fenómeno volcánico de tal magnitud que pudiera, en un momento dado, afectar a la zona, esto de acuerdo a las condiciones de actividad (hasta el momento del presente escrito) de la Sierra Santa Catarina, Sierra de Guadalupe, Sierra de las Cruces, Sierra Chichinautzin, y los volcanes Jocotitlán, Nevado de Toluca y Popocatepetl, en forma general se puede considerar que el peligro volcánico en la Delegación Iztacalco es de nivel **BAJO**.

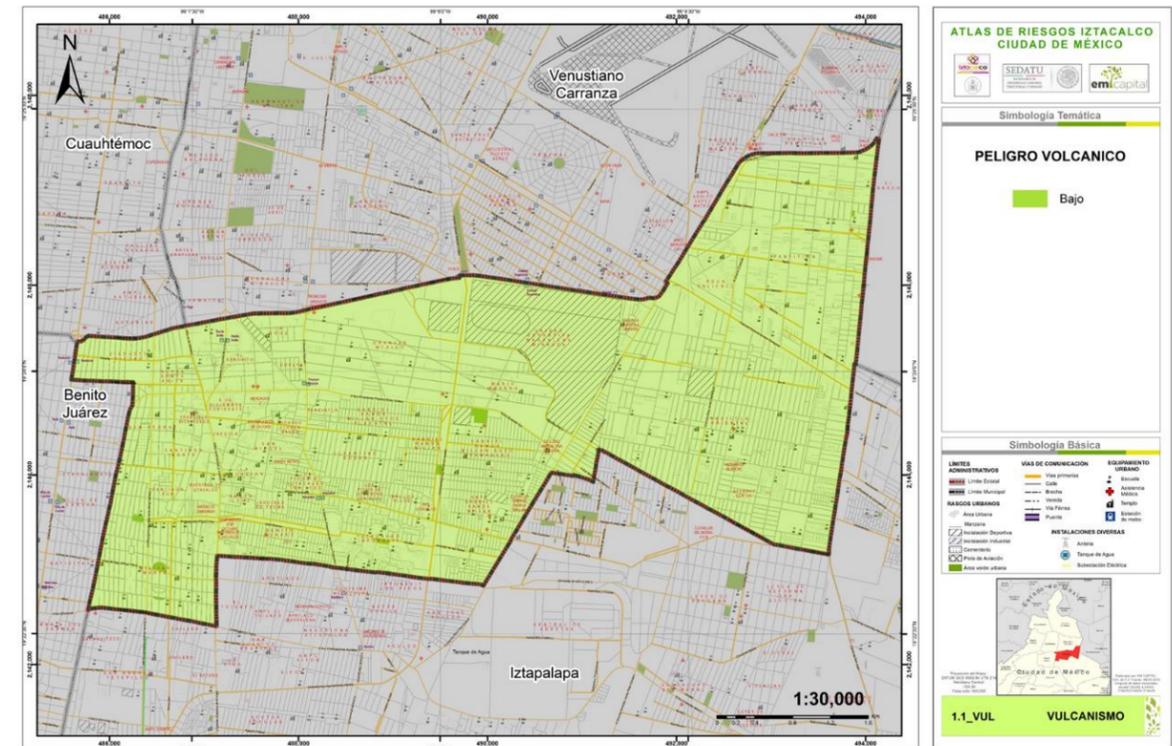


Figura 43BIS. Mapa de grado de peligro por Vulcanismo.

### 5.1.2 Sismos.

#### Nivel de análisis y metodología.

Los análisis que integran este documento, se apegan a los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, emitidos por la SEDATU. Asimismo, se toman en cuenta los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus “Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

Las actividades principales que conforman la metodología son:

NIVEL 2.

Ubicación de la zona, en mapas de Aceleración Máxima del Terreno y Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años publicados por el CENAPRED.

- Con base en los mapas citados, se realizó la clasificación delegacional correspondiente, en donde se reportan los valores de aceleración máxima del terreno.
- Con la utilización de este tipo de mapas, se generan los siguientes resultados:
- Mapa de valores de la intensidad sísmica seleccionada, a un periodo de retorno dado.
- Graficar la curva intensidad vs. tasa de excedencia para el parámetro de intensidad seleccionado.

**Parámetros de Intensidad de Peligro.**

Indagar acerca de la preparación de la población ante la presencia de sismos.

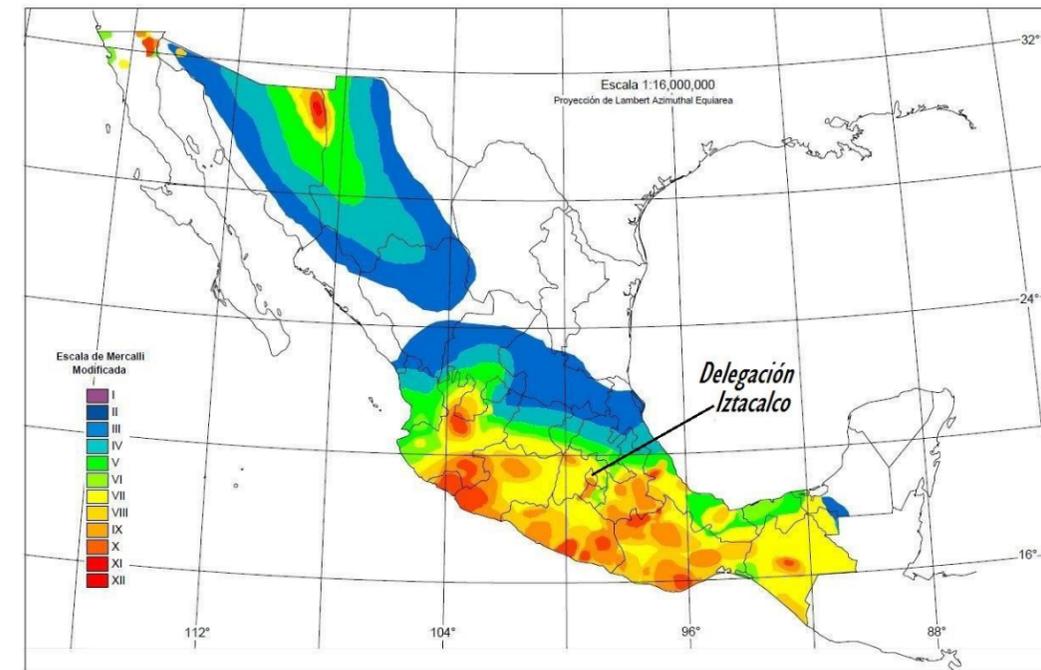
Se obtendrá información general que permita definir criterios básicos para el diseño de obras civiles, planeación de acciones preventivas, etc., logrando de esta manera un diagnóstico global del nivel de peligro sísmico en la región.

La Delegación Iztacalco como la Ciudad de México se encuentra ubicada en la zona B, de acuerdo con la regionalización sísmica de México. La zona B es considerada una zona intermedia en la que los sismos no ocurren tan frecuentemente como en la zona D, que es la zona de mayor sismicidad en México, tanto por su frecuencia de ocurrencia como por las magnitudes que alcanza. La zona B es una zona afectada por altas aceleraciones, pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Servicio Sismológico Nacional, SSN; <http://www.ssn.unam.mx/>). No obstante, lo anterior, debido a las condiciones del subsuelo de la Cuenca de México, puede esperarse altas aceleraciones y ha sido afectada por sismos de muchos tipos y diversas intensidades.



**Figura 49. Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2008). A: no se han reportado sismos en los últimos 80 años; B y C: sismos no tan frecuentes, son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad; D: se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.**

De acuerdo con la distribución de intensidades (MM, Mercalli Modificado) de la República Mexicana (CENAPRED, 2001), realizada con base en sismos ocurridos de 1845 a 1985, la Delegación ha sido afectada, en forma general, con intensidades máximas del orden de VII (MM).



**Figura 50. Intensidades Sísmicas Máximas de México para temblores entre 1845 y 1985 (CENAPRED, 2001).**

Que de acuerdo con la escala de intensidades de Mercalli Modificado (MM 1931), la intensidad VII, es producto de un sismo muy fuerte, y significa que para las personas es difícil ponerse de pie. Los muebles resultan dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. La mampostería se daña. Es perceptible por personas en vehículos en movimiento. Las aceleraciones del suelo varían entre 35 y 60 Gal.

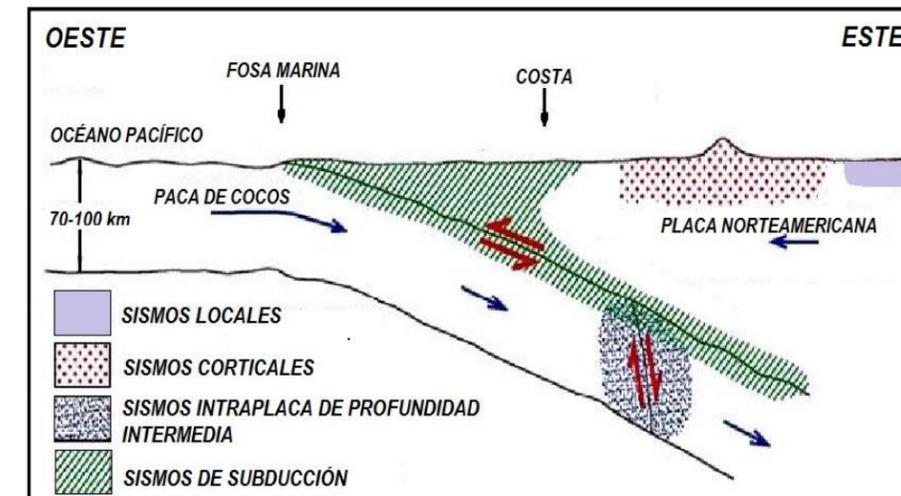
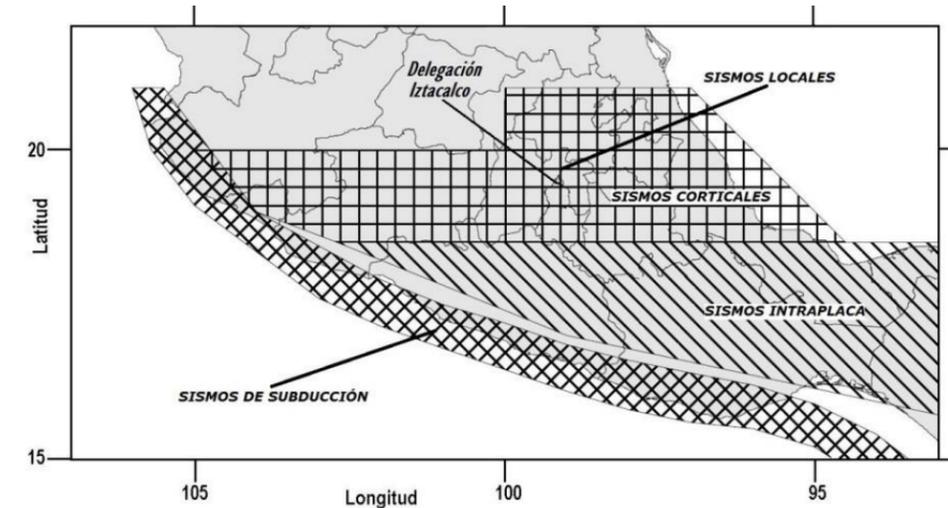
El primer paso en el proceso de análisis de la peligrosidad sísmica que puede afectar a un determinado lugar, consiste en definir, identificar y caracterizar las zonas potenciales en donde se pueden generar los sismos, es decir las llamadas zonas o fuentes sísmicas o sismogénicas (Reiter, 1990).

Se denomina zona sismogénica a la representación en la superficie de la Tierra, de un volumen de litosfera, cuyos terremotos se pueden asociar a un mismo proceso tectónico u origen. Esto quiere decir que el proceso de generación o de recurrencia de sismos en ellas es espacial y temporalmente homogéneo (Piserra y Bobadilla, 1994).

Las principales fuentes sísmogénicas que representan una amenaza para la Delegación Iztacalco pueden clasificarse en cuatro grupos: (1) Sismos locales ( $M \leq 5.5$ ) originados dentro de la cuenca; (2) Sismos corticales, tipo Acambay ( $M \leq 7.0$ ), que se originan en la Faja Volcánica Transmexicana; (3) Sismos intraplaca con profundidad intermedia de falla normal, causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida bajo la placa Norteamericana, presentan magnitudes de hasta  $M=7.0$ ; y (4) Sismos de subducción, que se originan en la costa del Pacífico ( $M > 8.0$ ) (Rosenblueth *et al.*, 1987) (Figura 51).

**Tabla 42. Sismos registrados en la zona de la Delegación Iztacalco de 1998 a 2016 (Servicio Sismológico Nacional, SSN).**

Fecha aa/mm/dd	Hh/mm/ss	Lat N	Lon W	Prof km	Mag	Descripción
08/09/1998	17:19:58	19.37	99.03	5	3.2	A 3 km al SE de Iztacalco
21/04/2002	04:59:58	19.44	99.02	11	3	A 5 km al NE de Iztacalco
13/09/2004	15:58:34	19.37	99.11	10	3.1	A 2 km al SW de Iztacalco
11/07/2009	16:29:33	19.33	99.13	10	2.9	A 5 km al SW de Iztacalco
05/04/2010	15:06:27	19.4	99.1		2.5	Iztacalco
24/06/2010	00:37:20	19.3	99.04	2	3.4	A 8 km al SE de Iztacalco
24/06/2010	10:36:17	19.33	99.09	9	2.9	A 5 km al Sur de Iztacalco
18/01/2013	22:47:44	19.33	99.12	4	2.7	A 5 km al SW de Iztacalco
16/06/2013	12:10:17	19.39	99.12	4	2.9	Iztacalco
17/06/2013	12:20:08	19.37	99.09	1	2.9	A 1.5km al Sur de Iztacalco
25/08/2013	05:23:32	19.36	99.07	5	3.1	A 2.5 km al SE de Iztacalco
25/08/2013	15:43:42	19.44	99.07	5	3.2	A 4 km al NE de Iztacalco
25/08/2013	16:03:45	19.36	99.16	2	2.2	A 5 km al SW de Iztacalco
01/12/2013	12:04:38	19.4	99.16	11	3.1	A 4 km al WNW de Iztacalco
12/09/2015	19:06:27	19.39	99.16	2	1.9	A 4 km al W de Iztacalco



**Figura 51. Fuentes sísmicas que representan una amenaza para la Delegación Iztacalco (Ordaz, 2000).**

En la delimitación de las zonas sismogénicas de México, se tomaron en consideración diversos criterios, como son la geometría de las zonas donde se producen los sismos, similitudes en los patrones de fallamiento y sismicidad, mecanismos de ruptura y tamaño de estas, los datos existentes, las características sísmicas y tectónicas del sitio considerado (Zúñiga, 1997).

**Sismicidad local:**

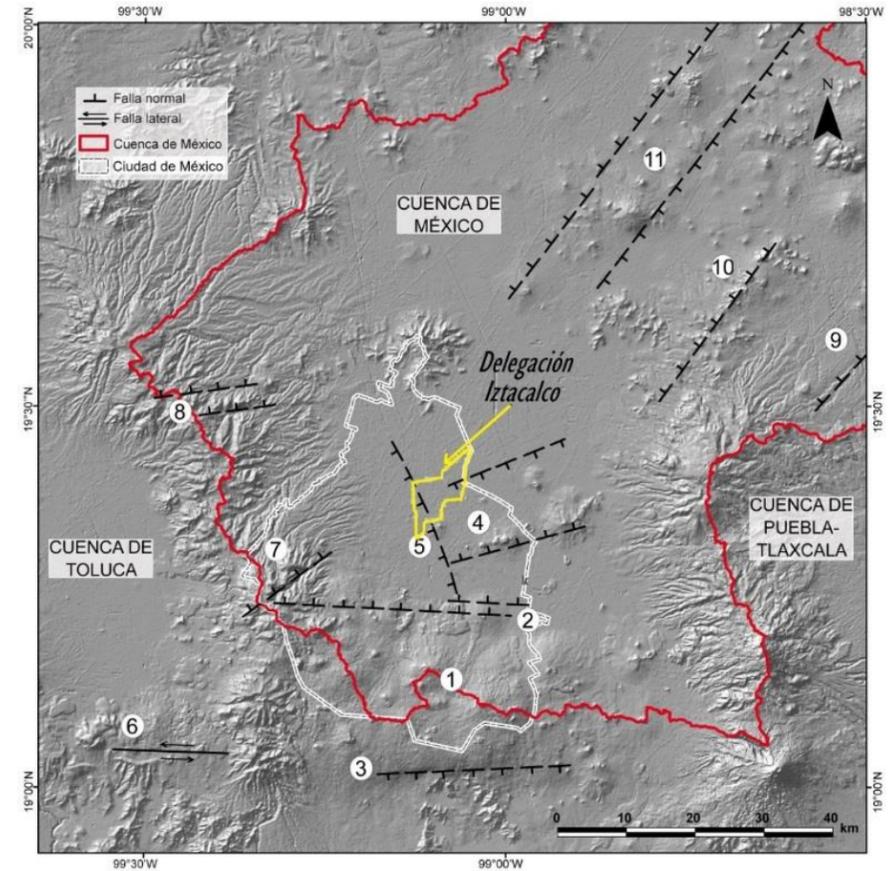
La primera fuente la constituye la sismicidad local, esta presenta magnitudes menores a 5.5 ( $M \leq 5.5$ ) y profundidades menores a 10 km, lo que indica la existencia de fallas de poca profundidad, y se originan dentro del territorio de la Delegación Iztacalco y sus alrededores. Los sismos locales se presentan como una fuerte sacudida vertical casi instantánea, seguida por vibraciones rápidas de muy corta duración. Frecuentemente, estos sismos son acompañados de un fuerte ruido subterráneo, y generalmente se presentan como una secuencia o enjambres de varios eventos en corto tiempo y con posiciones epicentrales cercanas.

En la zona de Iztacalco no es posible conocer con detalle este tipo de sismicidad debido a la carencia de estaciones sísmicas en la zona y como consecuencia la falta de datos de sismos de pequeñas magnitudes. Tampoco se cuenta con documentación o registros históricos de sismos originados dentro de los terrenos de la Delegación.

Por otro lado, de acuerdo a la escasa información con que se cuenta, la sismicidad en la cuenca de México se concentra en cuatro zonas principales ya conocidas por su continua actividad (Rodríguez *et al.*, 1984; CENAPRED, 2001; Lermo *et al.*, 1997). La primera zona es la de Milpa Alta; la segunda se encuentra al sur del Peñón de los Baños; la tercera es la zona de Texcoco, donde con frecuencia se registran sismos provocados por la explotación (con explosivos) de material para la construcción; y la cuarta zona es la ubicada a lo largo de la Sierra de las Cruces, particularmente en Mixcoac.

Aun cuando no se cuenta con reportes de sismos locales sentidos en la zona de la Delegación, la red sísmológica del Servicio Sísmológico Nacional (SSN), ha registrado algunos sismos originados en las zonas circundantes a la zona de Iztacalco.

Hasta el momento se desconoce el origen exacto de la sismicidad local en la Cuenca de México, existen diferentes teorías del posible origen como, que sean generados por la reactivación de antiguas fallas; o como resultado de la acumulación de tensión regional; o debido a que el hundimiento del Valle de México podría originar tensiones que, si bien no generan propiamente a los sismos, sí pudieran dispararlos (Havskov, 1982); o bien, que los grandes sismos generados en la costa pudieran dar lugar a condiciones de desequilibrio y desencadenar sismos locales (Singh *et al.*, 1998).



**Figura 52. Principales fallas geológicas de la Cuenca de México: (1) Pilar (horst) de Chichinautzin (Siebe *et al.*, 2004b), (2) Sistema de fallas de Xochimilco y Xicomulco (García-Palomo *et al.*, 2008), (3) sistema de Fallas de la Pera (Delgado-Granados *et al.*, 1995; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005), (4) Graben de Santa Catarina (Arce *et al.*, 2013) (5) Falla Mixhuca (Pérez-Cruz, 1988), (6) Sistema de Fallas Tenango (Norini *et al.*, 2006), (7) Falla Contreras (Arce *et al.*, 2015), (8) Sistema de Fallas de Ixtlahuaca y Otomí (García-Palomo *et al.*, 2008), (9) Segmento sur del Sistema de Fallas Apan-Tláloc, (10) Falla Texcoco y (11) Sistema de fallas Tizayuca (García-Palomo *et al.*, 2002b). (Tomado de González-Torres *et al.*, 2015).**

En la cuenca de México, han sido detectadas algunas fallas por varios investigadores (Siebe *et al.* 2004; Colín-Rodríguez, 2006), muchas de estas fallas están clasificadas como inactivas, no obstante, en algunas de ellas ha sido detectada actividad sísmica local (Cárdenas-Soto y Reyes, 2008) (Figura 52).

Existen reportes de sismos sentidos en la Ciudad de México, la Tabla 43, es un breve resumen de los más importantes sismos y secuencias sísmicas registradas, y que se generaron en los terrenos de la Ciudad de México.

**Tabla 43. Sismos y secuencias sísmicas locales sentidas en la Ciudad de México (Servicio Sismológico Nacional, SSN, 1987; 2014).**

Fecha	Descripción
29 de junio de 1952	Se sintió con intensidad de V (MM) en las colonias del Capulín, Belén de las Flores, Las Palmas, Observatorio, Tacubaya y San Pedro de los Pinos. Magnitud aproximada 4.0.
12 de agosto de 1959	Sismo en Santa Cruz Ayotuxco, Tlalnepantla, que derribó una casa de adobe y fue sentido con intensidad máxima de IV a V (MM). Mag. 4.2. Se formó una grieta de 600 metros de largo.
22 de enero de 1973	Se sintió un temblor con intensidad de VI (MM) en prácticamente toda la ciudad de México, Texcoco y Tlalnepantla. Magnitud de 3.7.
4 y 5 de febrero de 1981	Enjambre sísmico, los 5 sismos más grandes con magnitudes aproximadas de 3.0. Localizados en el Olivar del Conde. Las intensidades máximas reportadas en colonias aledañas son de grado V (MM).
7 de febrero de 1984	Sentido con una intensidad de V (MM) en los pueblos al sureste del Distrito Federal.
19 de octubre de 1985	Este temblor es parte de una secuencia de sismos locales que ocurrieron en la ciudad de México después del terremoto del 19 de septiembre. Fuertemente sentido en Tlalpan, Contreras y Xochimilco.
3 de agosto de 2014	Ocurrieron dos sismos con magnitud 3.0 y 2.8 localizados en la Delegación Álvaro Obregón. Fueron sentidos en varias colonias de la delegación Álvaro Obregón y zonas aledañas.
1 de diciembre de 2014	Secuencia sísmica (4 sismos) en la que el mayor de los sismos tuvo una magnitud de 3.4 y el menor de 2.1. Localizados en la delegación La Magdalena Contreras. Sentido en varias delegaciones de la Ciudad de México.

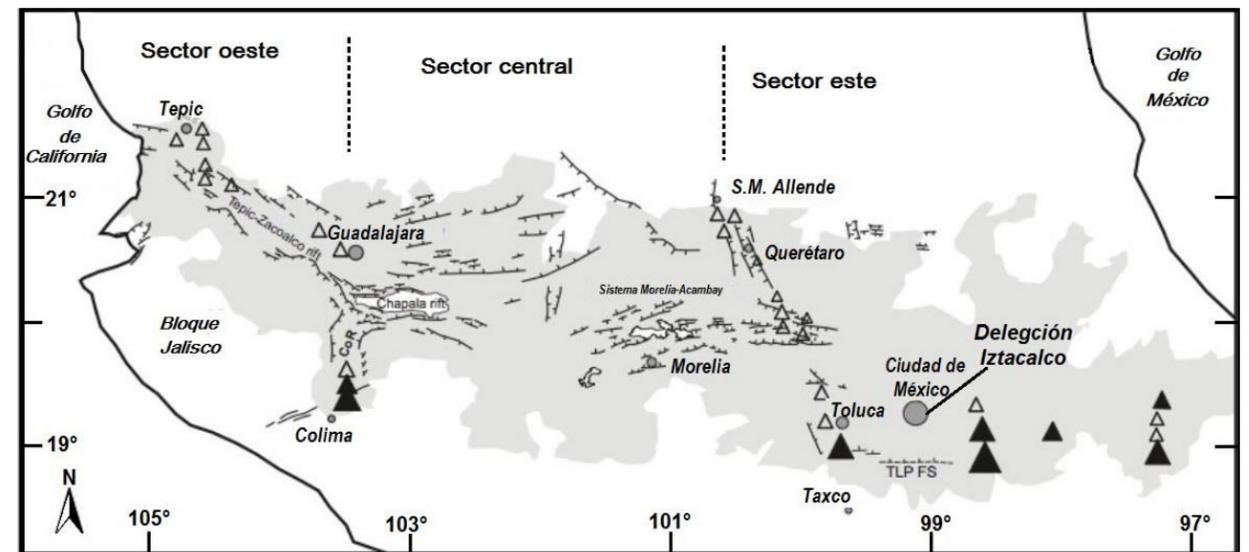
A pesar de que no hay evidencia contundente de que los temblores locales que ocurren en el Valle de México, hayan causado daños de consecuencias a la Ciudad de México, tanto en la época colonial como en la moderna, no deben ser descartados en el análisis del peligro sísmico, dado que como se mencionó anteriormente, hasta el momento no ha sido posible realizar estudios completos de los mismos, por lo tanto, se desconocen los alcances a los que pudieran llegar en un momento dado.

**Sismicidad cortical:**

La segunda fuente es la relacionada con la deformación cortical, debida a los sistemas de fallas presentes en la Faja Volcánica Transmexicana. Estos eventos ocurren dentro de la placa norteamericana, constituyen sismos intracontinentales muy superficiales, sus profundidades no llegan a sobrepasar los 30 kilómetros, y sus magnitudes son de moderadas a pequeñas, es decir menores a 7.0 ( $M \leq 7.0$ ). Las magnitudes que alcanzan son considerablemente menores a las de los sismos de subducción, e incluso menores a la de los sismos profundos. No son muy frecuentes, sin embargo, debido a que son superficiales y ocurren principalmente a lo largo de la Faja Volcánica, donde se concentra la mayoría de la población en el país, pueden llegar a provocar graves daños.

La sismicidad cortical es característica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT). Iztacalco se localiza en el sector este de la Faja (Engdahl, 1988; Mazzarini *et al.*, 2010), y por lo tanto se encuentra expuesto a este tipo de sismos. Esta sismicidad tiene su origen en las numerosas fallas normales con dirección E-W que se encuentran en la Faja, las que se identifican a simple vista por la presencia de pronunciados escarpes, todas estas fallas presentan distintos grados de actividad sísmica (Figura 53) (Suter *et al.*, 1992, 1995a, 1995b).

La sismicidad cortical se origina generalmente a profundidades menores a 20 km, y dependiendo de su ubicación pueden llegar a ser muy destructivos para su entorno, debido a la cercanía con los centros poblacionales. Si bien este tipo de sismos no son muy frecuentes, en comparación con los de subducción, cuando ocurren pueden causar fuertes daños a las poblaciones cercanas. Como ejemplo de este tipo de sismos que han afectado a la zona de Iztacalco, se tiene el de Acambay, Edo. de México, en 1912 y el de Jalapa, Veracruz en 1920. La Figura 54, muestra la distribución de intensidades sísmicas (mapa de isosistas) con que se manifestaron estos dos sismos en la Delegación.



**Figura 53. Principales sistemas fallas y volcanes (triángulos) de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Mazzarini *et al.*, 2010).**

El sismo de la región de Acambay tuvo una magnitud 6.9 (Langridge *et al.*, 2000), en la Delegación se manifestó con una intensidad de VII-VIII (MM) (Suter *et al.*, 1996), y con aceleraciones entre 35 y 100 Gal, debido a las altas aceleraciones fue catalogado como de muy fuerte a destructivo. El grado de intensidad VII-VIII causa que para las personas les sea difícil mantenerse en pie, es perceptible por personas en vehículos en movimiento, produce daños leves en estructuras especializadas, daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, es posible que cause derrumbes. Provoca daño severo en

estructuras pobremente construidas, mampostería seriamente dañada o destruida, los muebles son movidos completamente de su lugar.

El sismo ocurrido en Jalapa, Ver., el 4 de enero de 1920, causó graves daños en Veracruz. En Iztacalco se sintió con una intensidad de V (MM) (Suter *et al.*, 1996), y produjo aceleraciones de entre 10 y 20 Gal. La sacudida fue sentida en toda la zona, algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompieron; algunos casos de agrietamiento de aplanados; se cayeron objetos inestables. También se observaron perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos, y se detuvieron los relojes de péndulo.

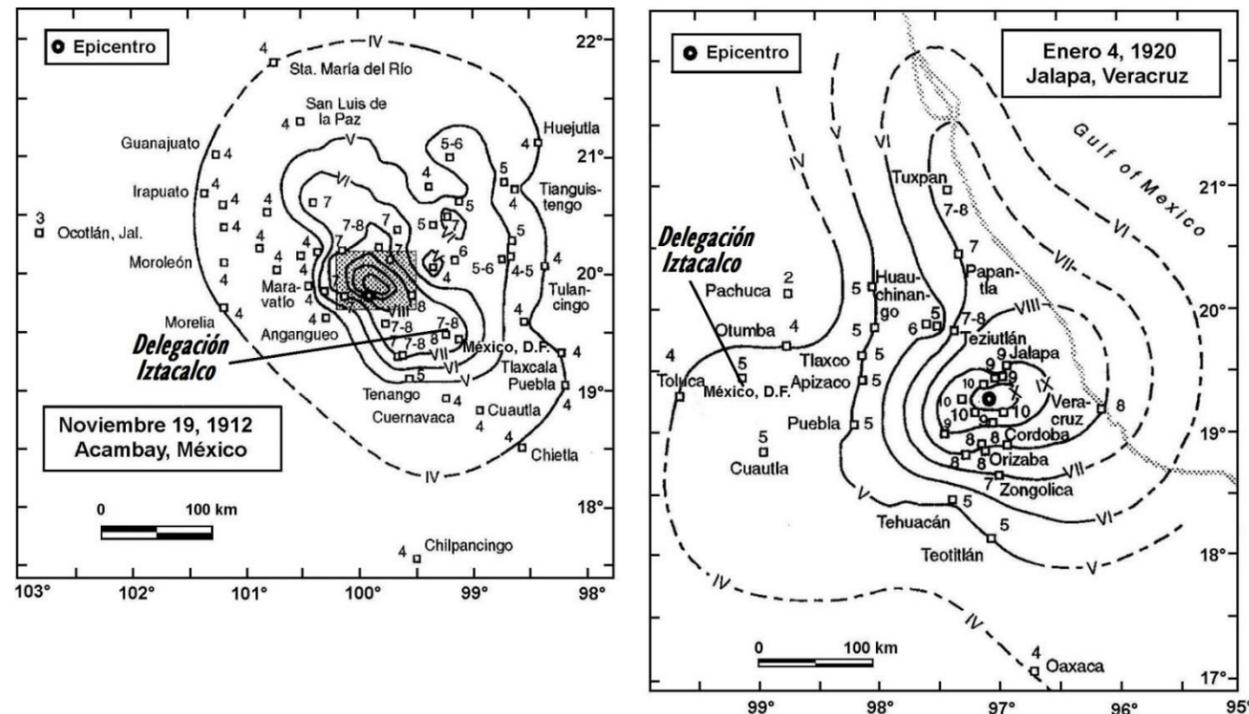


Figura 54. Mapas de isosistas de los sismos de Acambay, Edo de México, el 19 de noviembre de 1912 y del 4 de enero de 1920 en Jalapa, Veracruz (Suter *et al.*, 1996).

**Sismicidad intraplaca de profundidad intermedia:**

La tercera fuente sismogénica es la originada por la deformación interna de la placa subducida, estos sismos presentan un mecanismo de fallamiento normal, que refleja el rompimiento de la placa oceánica (Rivera y Cocos) que se introduce bajo la continental (norteamericana). Las grandes presiones a las que es sometida la placa cuando se introduce a grandes profundidades, hacen que los materiales de esta placa pierdan el contenido de agua y otros líquidos y que se resquebraje.

En esta fuente se producen sismos de profundidad intermedia, entre 40 y 100 km, con magnitudes de alrededor de 7.0 y generan muy pocas réplicas. Estos sismos ocurren con menor frecuencia que los sismos de subducción. Las intensidades con que se han manifestado en la Delegación, son de III-VII (MM) y aceleraciones entre 2.5 y 60 Gal.

Ejemplo de este tipo de sismos son como el registrado en Huajuapán de León, Oaxaca en 1980, con M=7.0, y el más reciente fue el ocurrido el 15 de junio de 1999 en Tehuacán, Puebla, con Mw=7.0, este último produjo intensidades de V (MM) en la Delegación (López *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 1999). Es decir que produjo una sacudida sentida casi por toda la gente, algunos cristales de ventanas se rompieron; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caída de objetos inestables. Se observaron perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos, y produjo aceleraciones de entre 10 y 20 Gal.

Estudios de diferentes autores han confirmado que, si bien los sismos intraplaca pueden ocasionar grandes daños, si se generan al este o sureste del volcán Popocatepetl, es decir al lado opuesto de la Ciudad de México, se presentará una fuerte atenuación de las ondas sísmicas hacia la Ciudad, por lo que este volcán activo sirve como una barrera natural de protección para la Cuenca de México (Montalvo-Arrieta, 2002; Shapiro *et al.*, 2001).

La Tabla 44, contiene algunos de los sismos intraplaca más importantes registrados en el siglo pasado, y que fueron sentidos en Iztacalco. Se observa que la mayoría de estos sismos se han manifestado con intensidades de III a V (MM), y aceleraciones del suelo de 2.5 a 20 Gal., lo que significa que han producido desde daños menores hasta daños significativos.

Tabla 44. Sismos intraplaca sentidos en la Ciudad de México de 1900 a la fecha (Figuroa, 1963; Figuroa, 1975; Yamamoto *et al.*, 1984; Alcocer *et al.*, 1999; López *et al.*, 2001).

Fecha	Lat. N	Lon. W	Prof (km)	Mag.	Intensidad (MM) en Delegación
10-feb-28	18.26	96.89	84	6.5	III
15-ene-31	16.34	96.87	40	7.8	IV
26-jun-37	18.48	96.08	85	7.3	III
11-oct-45	18.32	97.65	95	6.5	III
24-may-59	17.72	97.72	80	6.8	III
28-ago-73	18.3	96.53	82	7	IV
24-oct-80	18.03	98.27	65	7	IV
15-jun-99	18.2	97.47	80	7	V

Los sismos originados por este tipo de fuente, si bien son menos frecuentes que los originados por el proceso de subducción en la costa del Pacífico de México, es particularmente importante, ya que puede alcanzar magnitudes moderadas y grandes, y constituyen más de la cuarta parte de los grandes sismos ocurridos en el país en el siglo XX. Además de que presentan un contenido mayor de altas frecuencias que los de subducción, y se originan generalmente bajo las áreas más densamente pobladas del país, debido a lo cual, estos sismos han causado numerosas muertes y daños materiales a lo largo de los dos últimos siglos en las ciudades y pueblos del altiplano mexicano.

**Sismicidad de subducción:**

Los sismos de subducción de la placa de Cocos y Rivera bajo la norteamericana, constituyen la fuente sísmica más importante. Esta fuente da origen a los sismos de gran magnitud ( $M > 8.0$ ) ocurridos en la República Mexicana (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995). Estos sismos son particularmente importantes debido a su frecuencia de ocurrencia, las magnitudes que alcanzan y las intensidades que son capaces de producir. Con base en análisis estadísticos se les han estimado periodos de recurrencia que varían de 30 a 75 años (Singh y Ordaz, 1990). La mayor parte de los sismos que son sentidos con gran intensidad en la Delegación, se originan en la zona de subducción del Pacífico mexicano. Estos terremotos son relativamente lejanos, sus epicentros se localizan a distancias de entre 280 y 550 km de Iztacalco, y son sentidos como movimientos oscilatorios horizontales de período largo.

Los eventos originados por esta fuente se han manifestado en la delegación Iztacalco con intensidades del orden de II a VIII (MM), y aceleraciones de 0.5 a 100 Gal; causando alarma entre los pobladores, además de fuertes daños a la infraestructura. La Tabla 45, es un resumen de los principales sismos de subducción que han afectado a la Delegación.

**Tabla 45. Sismos de subducción con  $M > 7.0$  sentidos en la Ciudad de México de 1900 a 2014 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>).**

Fecha	Observaciones
14-IV-1907	En la costa de Guerrero, cerca de Acapulco. Magnitud 7.9. Se sintió en el Distrito Federal, Acapulco, Jalisco, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz; Chilpancingo queda reducido a escombros.
30-VII-1909	En la Costa Grande de Guerrero. Magnitud 7.5. Intensidad IX-X en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Gran destrucción en Acapulco, Chilpancingo, Chilapa y otras poblaciones. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos y Estado de México. Réplica de magnitud 6.9 el 31 de julio.
7-VI-1911	En la costa de Michoacán. Magnitud 7.8. Derrumbó el cuartel de San Cosme, el altar de la iglesia de San Pablo y tiró muros en varias partes de la ciudad. Flexionó rieles de tranvía y produjo grietas en las calles. Destruyó 119 casas en el Distrito Federal. Sentido en el Estado de México.

16-XII-1911	Costa de Guerrero Magnitud 7.5. Intensidad IX en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos, Estado de México, Jalisco y Veracruz.
22-III-1928	En la Costa de; Oaxaca. Magnitud 7.7 Sentido en Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Guerrero, Michoacán, Veracruz, Tabasco, Ciudad de México y Estado de México.
17-VI-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 8.0. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
4-VIII-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 7.4. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
9-X-1928	En la costa de Oaxaca de magnitud 7.8. Daños importantes en la región epicentral. Sentido Estado de México y Distrito Federal.
3-VI-1932	En las costas de Jalisco. El sismo más grande que se haya registrado este siglo en México. Magnitud 8.4. En el D.F. numerosas grietas y casas derrumbadas. Gran cantidad de cañerías reventadas. Derrumbó varias casas y tiró muchas bardas. Sentido fuertemente en el Estado de México.
15-IV-1941	En las costas de Colima. Magnitud 7.9. En el D.F. dañó la cúpula del cine Insurgentes. Cuarteó edificios y produjo grietas en las calles. Sentido fuerte en el Estado de México.
28-VII-1957	Cerca de Acapulco. Magnitud 7.7. Destruyó varias casas y edificios en la ciudad de México. Derribó el Ángel de la Independencia. Se levantó el pavimento en varios sitios. Sentido fuertemente en el Estado de México.
14-III-1979	En Petatlán. Magnitud 7.6. Daños en la colonia roma. Destruyó la Universidad Iberoamericana en la colonia Campestre Churubusco. Sentido fuerte en el Estado de México.
19 y 20-IX-1985	En las costas de Michoacán. Derrumbó muchas casas en Ciudad Guzmán y causó daños a edificios en Ixtapa, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas. Magnitud 8.1 Y 7.6. Gran destrucción en el centro de la ciudad de México. Sentido fuertemente en el Estado de México.
14-IX-1995	Costa de Guerrero. Magnitud 7.3. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México. Intensidad IV-V.
21-I-2003	En las costas de Colima Magnitud 7.6. Sentido fuertemente en la Ciudad de México. Sentido fuerte en el Estado de México.
20-III-2012	Al Sur de Ometepec, costa de Gro. Magnitud 7.4. Sentido fuerte en la Ciudad de México y Estado de México.
18-IV-2014	Costa de Guerrero. Magnitud 7.2. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México.

Esta fuente sísmica ha producido los terremotos más grandes que han ocurrido en México, como son el de Jalisco del 3 de junio de 1932 ( $M=8.2$ ), el de Michoacán del 19 de septiembre de 1985 ( $M=8.1$ ) y el de Colima el 9 de octubre de 1995 ( $M=8.0$ ). Se calcula que 85% de la energía sísmica liberada en México corresponde a los temblores de subducción (Lomnitz, 1994), y son los que históricamente han causado los mayores daños.

Uno de los sismos más importantes de este tipo para Iztacalco, es el ocurrido el 19 de septiembre de 1985 ( $M_w=8.1$ ), localizado en la costa de Michoacán, a una distancia aproximada de 400 km de Iztacalco. Se

manifestó con una intensidad variable que alcanzó IX (MM) en algunas partes de la Ciudad. El sismo provocó que muchos edificios sufrieran asentamientos excesivos e inclinaciones importantes, incluso el derrumbe total de algunas estructuras, causó gran pánico y aceleraciones de entre 20 y 250 Gal. Durante el sismo se perdieron más de 20,000 vidas y los daños se estimaron en más de 5,000 millones de dólares.

Existe una fuerte correlación entre la distribución espacial del daño asociado al evento de 1985 y la ubicación de los sedimentos lacustres de la Ciudad de México; por tanto, se tiene la certeza de que las características y propiedades del subsuelo desempeñaron un papel principal en tan desastroso evento (Díaz-Rodríguez, 2006).

**Zonificación sísmica de la Ciudad de México:**

La Ciudad de México, como se mencionó anteriormente, se ubica en una región de peligro sísmico moderado (Zona B, de acuerdo a la regionalización sísmica de México), sin embargo, existen condiciones geológicas particulares, que producen una amplificación generalizada de las ondas sísmicas en toda la región. El efecto de suelo local más importante es debido a que las ondas que llegan al Valle por la roca base, sufren modificaciones y amplificaciones extraordinarias, al transmitirse hacia la superficie a través de los estratos de arcilla compresible que existen en los lechos de los antiguos lagos (Torres, 2011).

Debido a lo cual, los distintos suelos en el Valle de México no responden igual ante un sismo. Existen zonas rocosas que constituyen suelos generalmente firmes, otras zonas presentan suelos blandos, de muy baja resistencia, y otras que son los llamados suelos de transición.

De lo anterior se desprende la necesidad de identificar y caracterizar los suelos cuya respuesta dinámica frente a terremotos son semejantes, que es a lo que se denomina Zonificación Sísmica, a fin de detectar comportamientos diferentes ante la ocurrencia de un sismo fuerte.

La zonificación sísmica es un elemento esencial para la reducción del riesgo sísmico en los centros poblacionales, ya que el efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas, ha sido reconocido como crucial para la estimación de la peligrosidad sísmica. En la zonificación sísmica propuesta por Marsal y Mazari (1959) de acuerdo a los tipos de suelos, en el Valle de México se distinguen tres zonas:

Zona firme o de lomas (I): localizada en las partes más altas de la cuenca del valle. Está formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles. Presenta rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas de arena.

Zona de transición (II): presenta características intermedias entre la Zonas I y III. Está conformada por depósitos profundos alrededor de 20 m, y está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo-arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona de lago (III): localizada en las regiones donde antiguamente se encontraban lagos (lago de Texcoco, lago de Xochimilco). El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas y el fenómeno de licuación de arenas. Se encuentra integrada por grandes depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura, de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

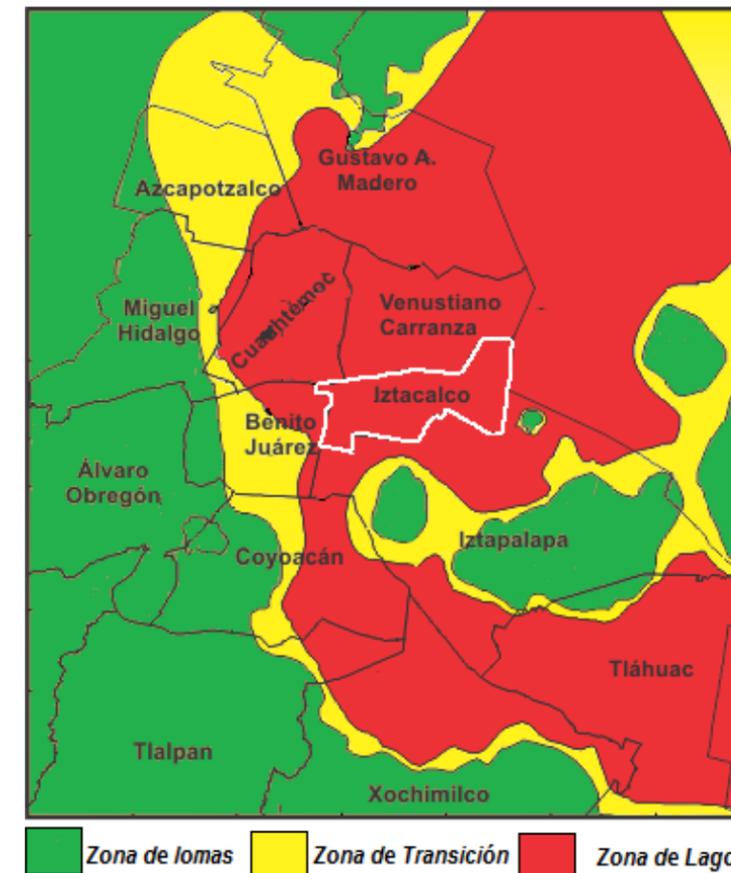


Figura 55. Zonas sísmicas del Valle de México (Marsal y Mazari, 1959).

La delegación Iztacalco, de acuerdo con la zonificación sísmica del Valle de México, se encuentra asentada en su totalidad sobre terrenos que corresponden a la Zona de Lago (III) (Figura 55), en donde se manifiestan de manera dramática los efectos de amplificación dinámica en depósitos lacustres. Esta amplificación se debe al entrampamiento de ondas por el contraste entre las características dinámicas de los depósitos superficiales, cuyo espesor no sobrepasa los 150 m, y de la roca basal (Reinoso-Angulo, 2007).

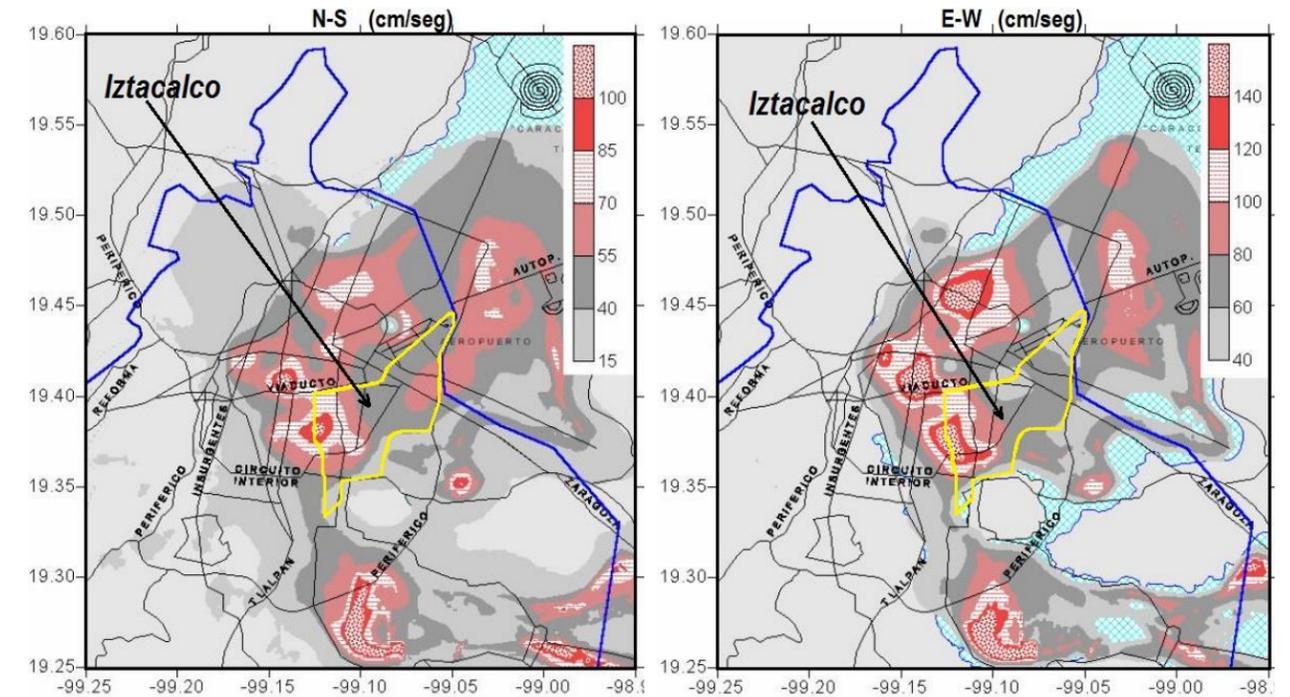
En general la intensidad sísmica aumenta en los sitios en donde el terreno es blando, y se ha observado que los daños producidos por los sismos de gran magnitud han sido más graves que en los sitios de terreno firme.

Esta zona de lago es la de mayor peligro sísmico en el Valle de México, es posible que se pueda presentar el fenómeno de licuación de arenas, ya que este puede ocurrir en aquellos sitios donde el terreno está constituido por depósitos limosos y/o arenosos de espesor considerable, poco consolidados, con nivel freático a pocos metros de profundidad y cercanos a zonas generadoras de sismos someros de magnitud moderada o grande (Reinoso-Angulo, 2007).

Además, se debe tomar en consideración, que los sedimentos lacustres de origen volcánico de la ciudad de México presentan propiedades índices y mecánicas singulares, que no se ajustan a los patrones de comportamiento de la mayoría de los suelos, ya que pueden presentarse altas aceleraciones. Su comportamiento mecánico, tanto estático como dinámico es complejo (Díaz-Rodríguez, 2006). Debido a esto, y a pesar de la gran distancia epicentral a la que ocurren los sismos de subducción (280 a 600 km), la ciudad es particularmente vulnerable, ya que el tipo de ondas que llegan son ricas en periodos largos que sufren menos atenuación, y experimentan gran amplificación al atravesar las arcillas del lago.

La Figura 56 es un mapa de velocidades sísmicas postuladas para un sismo con magnitud 8.4, a 300 km de la Ciudad de México. Estos mapas pueden ser utilizados para la estimación de daños por sismos, ya que se considera que los daños son proporcionales a la velocidad del suelo (Newmark, 1967).

Los valores de velocidad mostrados, son los máximos esperados para un sismo de magnitud 8.4, con los que es factible estimar el daño máximo esperado en las estructuras (Pineda y Ordaz, 2004). Las velocidades esperadas para la zona de Iztacalco se encuentran entre 40 y 140 cm/seg para la componente E-W; y de 15 a 100 cm/seg para la componente N-S.



**Figura 56. Velocidades máximas del suelo para un sismo postulado con M=8.4 y distancia de 300 km, componentes N-S y E-W (Pineda y Ordaz, 2004).**

### Peligro por sismos.

El peligro por sismos al que está expuesta la delegación Iztacalco, lo representa en mayor grado la exposición del área a la ocurrencia de sismos de subducción, máxime que se encuentra ubicada dentro de la Zona de lago, de acuerdo a la zonificación sísmica del Valle de México (Figura 55). Esto es debido a la frecuencia con que ocurren estos sismos, y a que pueden generar movimientos sísmicos energéticos en frecuencias altas. Sobresaliendo los que ocurren en las costas de Guerrero y Michoacán ya que son los que producen los movimientos más violentos para todo el Valle de México (Montalvo-Arrieta, 2002).

Sin embargo, también debe considerarse el peligro que representan las otras tres fuentes sísmicas (locales, corticales e intraplaca) que, aunque menos frecuentes, son muy peligrosos por su origen cercano a los terrenos de la Delegación, y por las altas frecuencias que generan, ya que tienen la capacidad de producir daños importantes.

La Figura 57 muestra las ubicaciones de los sismos corticales, intraplaca y de subducción más importantes, que han ocurrido en México y que han sido sentidos y de alguna forma afectado a Iztacalco.

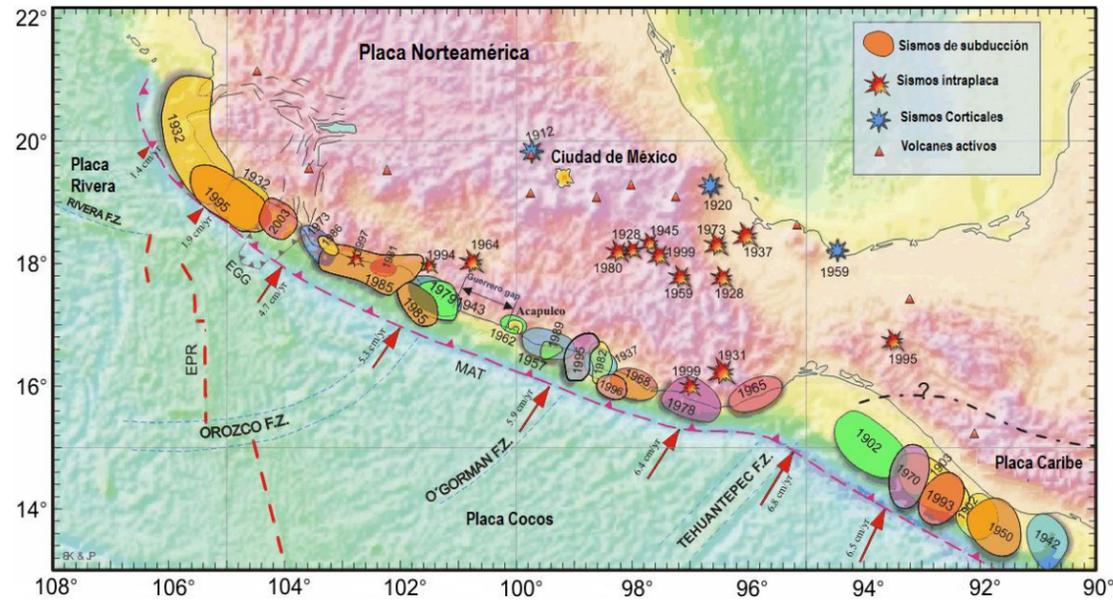


Figura 57. Ubicación de los sismos más importantes de México (Kostoglodov y Pacheco, 1999).

Las intensidades esperadas en la Delegación en función de la aceleración máxima del terreno asociada a periodos de retorno, información que es fundamental para especialistas en el diseño de la construcción y modificación o refuerzo de obras civiles, son de 11, 81 y 135 Gal (cm/seg<sup>2</sup>) para periodos de retorno de 10, 100 y 500 respectivamente (CFE, 2008). Por lo que se considera que, los sismos que son capaces de producir daños importantes a la Delegación, es decir que pueden llegar a generar aceleraciones del terreno por encima de los 150 Gal, se presentan en periodos de retorno que rebasan los 500 años (Gutiérrez *et al.*, 2006).

El sacudimiento del terreno puede causar los daños más generalizados y destructivos, sin embargo, el peligro sísmico es uno de los más difíciles de predecir y cuantificar. El movimiento del terreno, se debe a la amplificación de los efectos del sacudimiento por material no consolidado sobre la roca en el sitio, y a la resistencia diferencial de las estructuras.

En consecuencia, la manera ideal de referirse al sacudimiento del terreno, es en términos de la respuesta probable de los diferentes tipos de construcción. De acuerdo a la clasificación de construcciones según su destino, realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2008), los tipos de construcción que predominan en Iztacalco son del tipo B y A. Es decir se trata de estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional, como son locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales, muros de retención, bodegas ordinarias, bardas y plantas de generación de energía eléctrica; sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros

públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, gasolineras, etc. Los daños en este tipo de construcciones pueden llegar a ser considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 0.15 de g (aceleración de la gravedad terrestre) (CFE, 2008). En el mapa generado por la Comisión Federal de Electricidad de Periodos de Retorno para aceleraciones de 0.15 de g y mayores; para la delegación Iztacalco, el periodo de retorno de sismos capaces de producir excitación del terreno mayores de 0.15 de g es de 688 años (Gutiérrez *et al.*, 2006) (Figura 58).

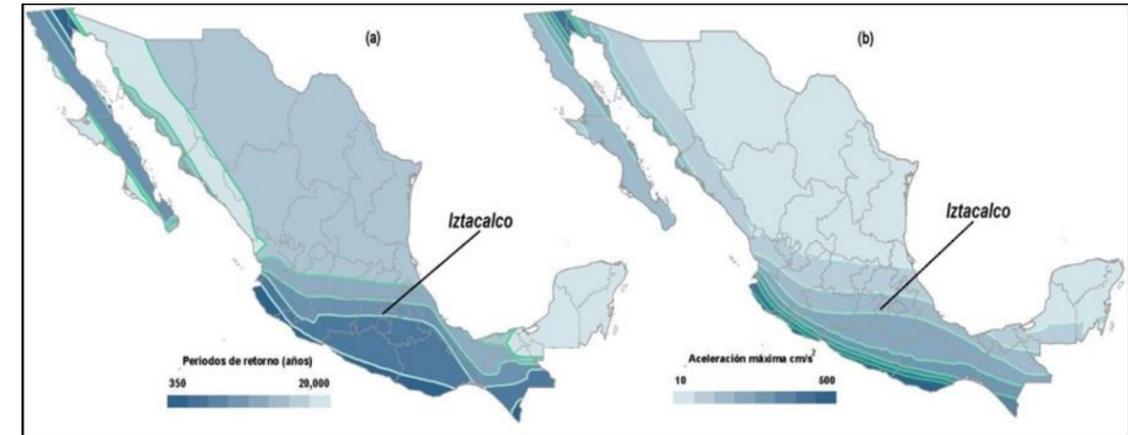


Figura 58. Mapa de periodos de retorno (a) y sus correspondientes aceleraciones máximas del terreno (b) (Comisión Federal de Electricidad, 2008).

Es importante tomar en cuenta que los mapas para estimación de peligro sísmico a nivel regional (regionalización sísmica o mapas de aceleraciones máximas para distintos periodos de retorno), no señalan lugares específicos que tienden a amplificar el movimiento del terreno.

Por lo que, para conocer de manera cuantitativa y puntual la respuesta del terreno ante la excitación sísmica en un sitio determinado, es necesario llevar a cabo estudios específicos, especialmente cuando se trata de valles aluviales (Gutiérrez *et al.*, 2006).

Estudios como el del periodo fundamental del suelo ( $T_s$ ), es uno de los indicadores más usados para estimar los efectos locales de los suelos y es aplicado en los estudios de microzonificación sísmica. En muchas ocasiones se han podido asociar estos efectos a los daños observados en edificaciones, debido principalmente al fenómeno de resonancia.

Por otro lado, si bien es cierto que la forma más común de representar cualquier tipo de peligro natural, es a través de los periodos de retorno (o su inverso, la tasa de excedencia), definida como el número medio de veces, en que, por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Generalmente en el caso del peligro sísmico, como para muchos otros fenómenos, no es posible representar el peligro en

términos de periodos de retorno, ya que no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación (Guevara *et al.*, 2004).

De acuerdo a las Bases Técnicas para la evaluación del peligro sísmico, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 1999), la determinación del peligro sísmico en México en forma directa, es decir a través de los periodos de retorno, rara vez se puede realizar ya que en forma general, en nuestro país no se dispone de catálogos completos de las aceleraciones que se han producido en un sitio dado los sismos pasados, y por lo tanto no es posible realizar la curva de intensidades contra tasa de excedencia, como medio para la evaluación del peligro sísmico.

La Delegación Iztacalco ha sido afectada por sismos de diferentes tipos y magnitudes, así como de diversas intensidades, que han llegado a provocar daños importantes, más aún cuando se combina con otros tipos de fenómenos, como es el caso de las fracturas o agrietamientos del terreno, y hundimientos, cuyo riesgo podría verse incrementado en forma importante ante la ocurrencia de un sismo.

El peligro sísmico al que está expuesta la delegación Iztacalco, como se mencionó anteriormente es el mismo que para todo el Valle de México, se trata principalmente de los sismos de subducción (los cuales pueden generar movimientos sísmicos energéticos en frecuencias altas), pero no se debe dejar de considerar el peligro que representan las otras tres fuentes generadoras, las locales, corticales y de profundidad intermedia, que aunque menos frecuentes, por su origen cercano a la zona de la Delegación Iztacalco pueden producir daños importantes.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, y considerando en forma global al territorio de Iztacalco, se le asignó un nivel de peligrosidad **MEDIO-ALTO**.

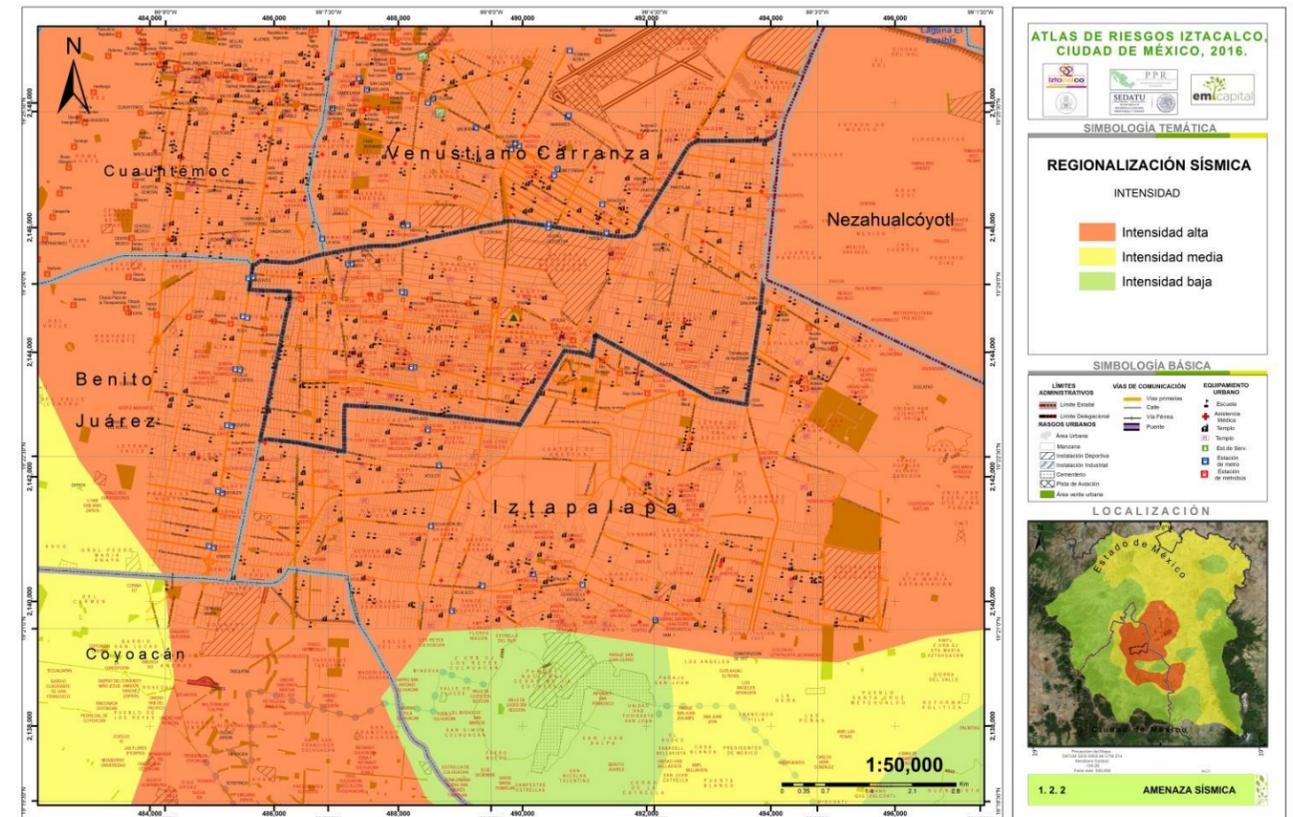


Figura 59. Regionalización Sísmica.

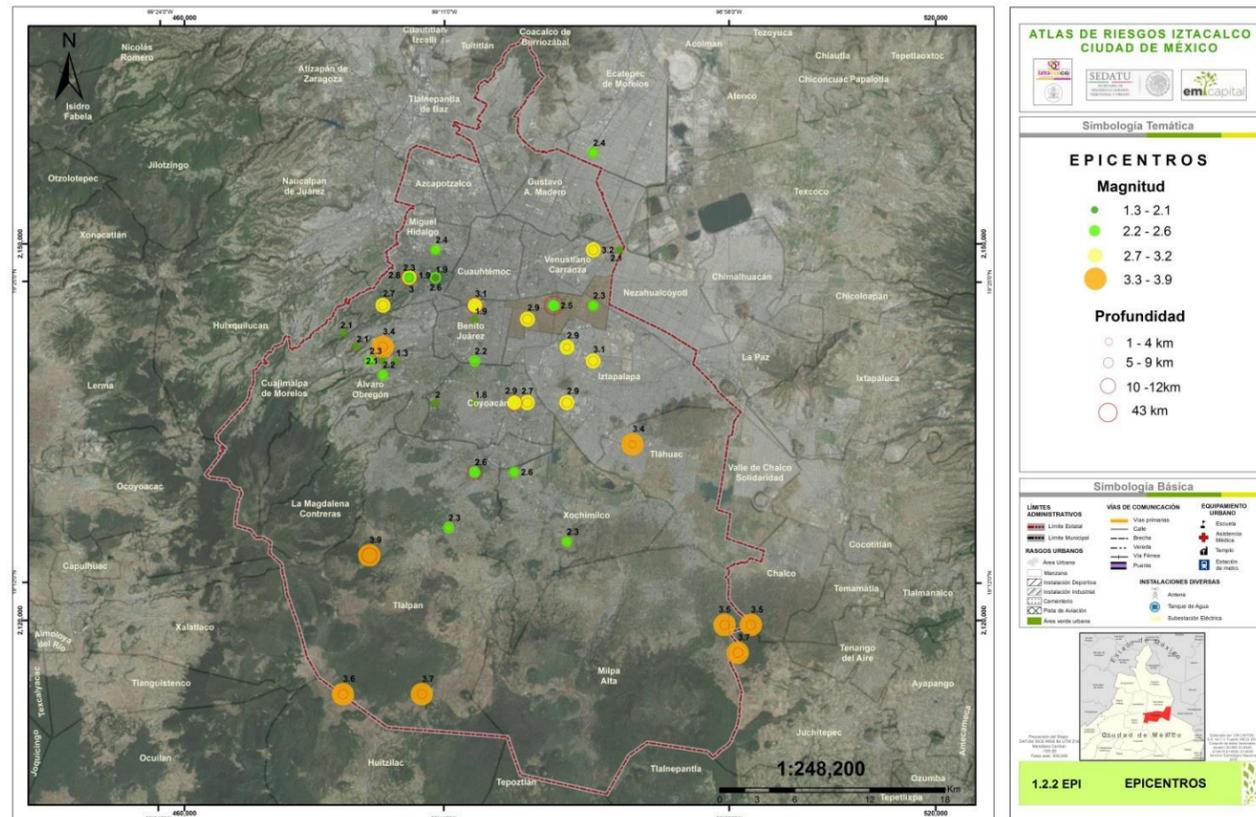


Figura 60. Mapa de Epicentros 2005-2016.

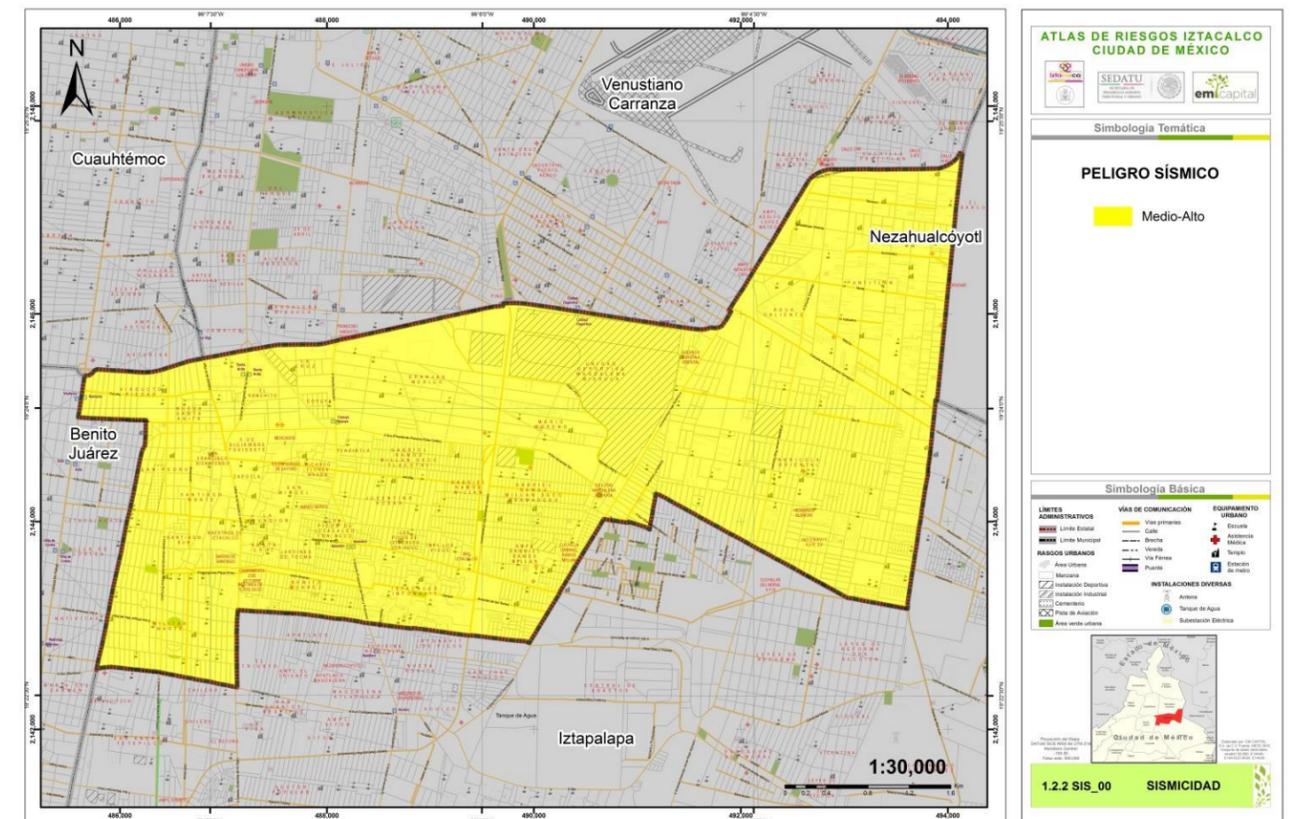


Figura 61. Peligro Sísmico.

El mapa de sismicidad de la Delegación Iztacalco (Figura 61) otorga una idea más o menos clara del impacto que un sismo tendría, Sin embargo, los siguientes mapas describen la distribución espacial de los efectos del terreno asociados a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años (Figuras 62, 63, 64).

En ellos se muestran las aceleraciones máximas para terreno firme para un periodo de retorno dado (tiempo medio, medido en años que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada).

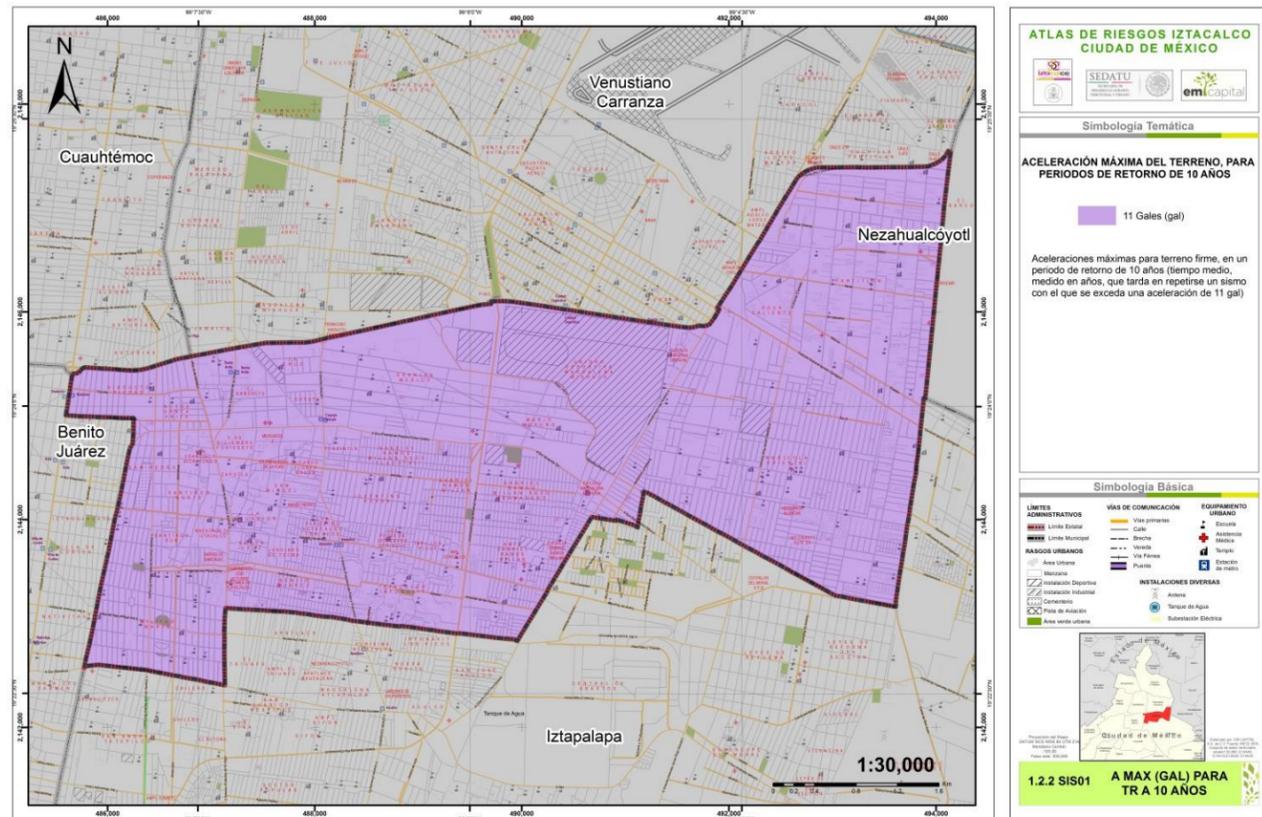


Figura 62. Aceleración máxima del terreno para  $Tr = 10$  años

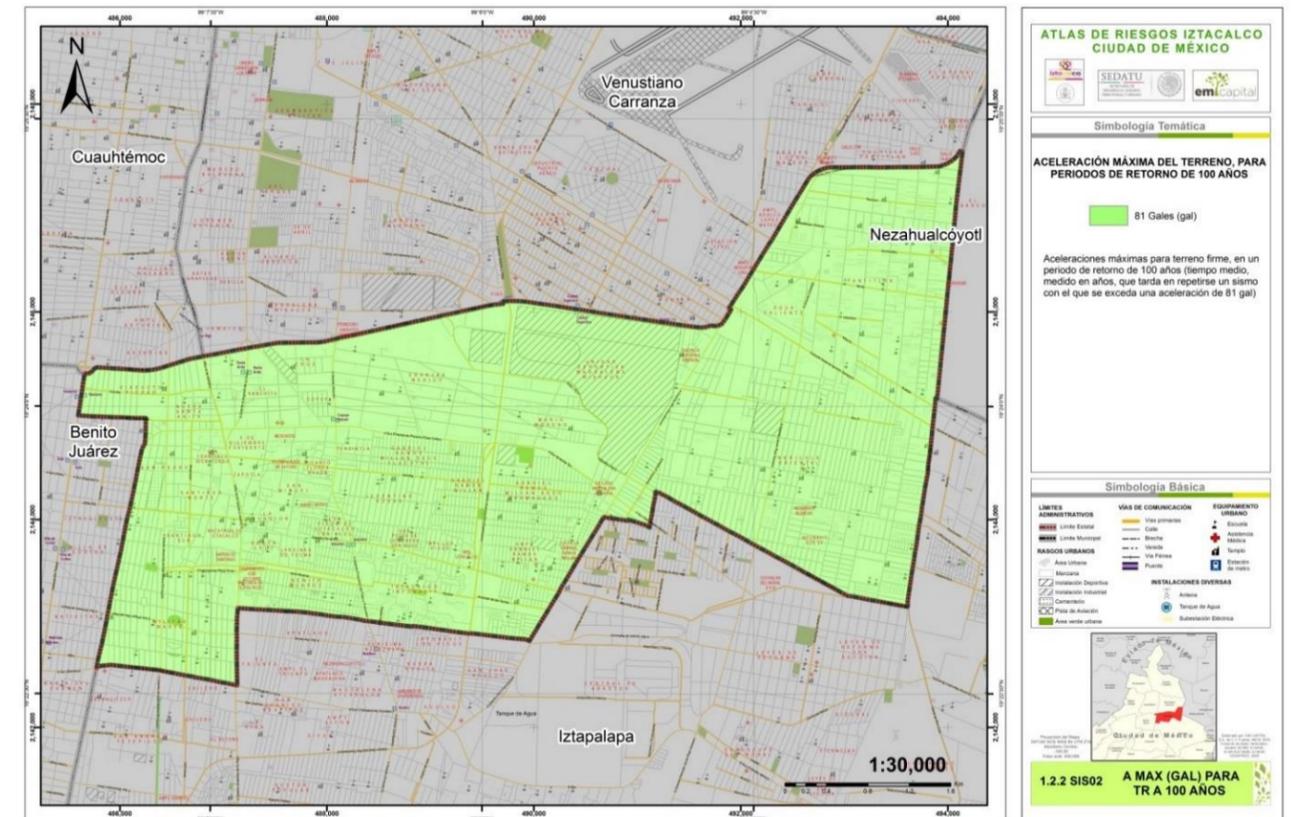


Figura 63. Aceleración máxima del terreno para  $Tr = 100$  años

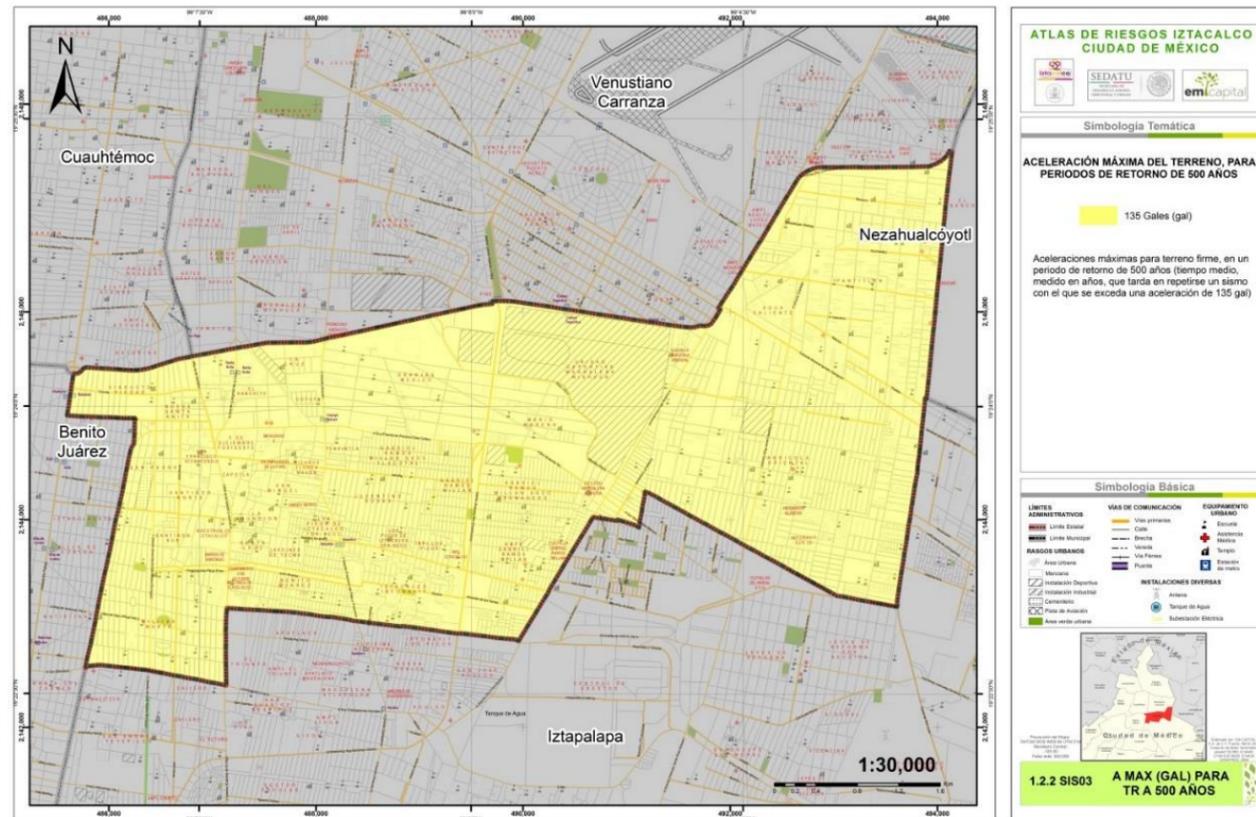


Figura 64. Aceleración máxima del terreno para Tr = 500 años

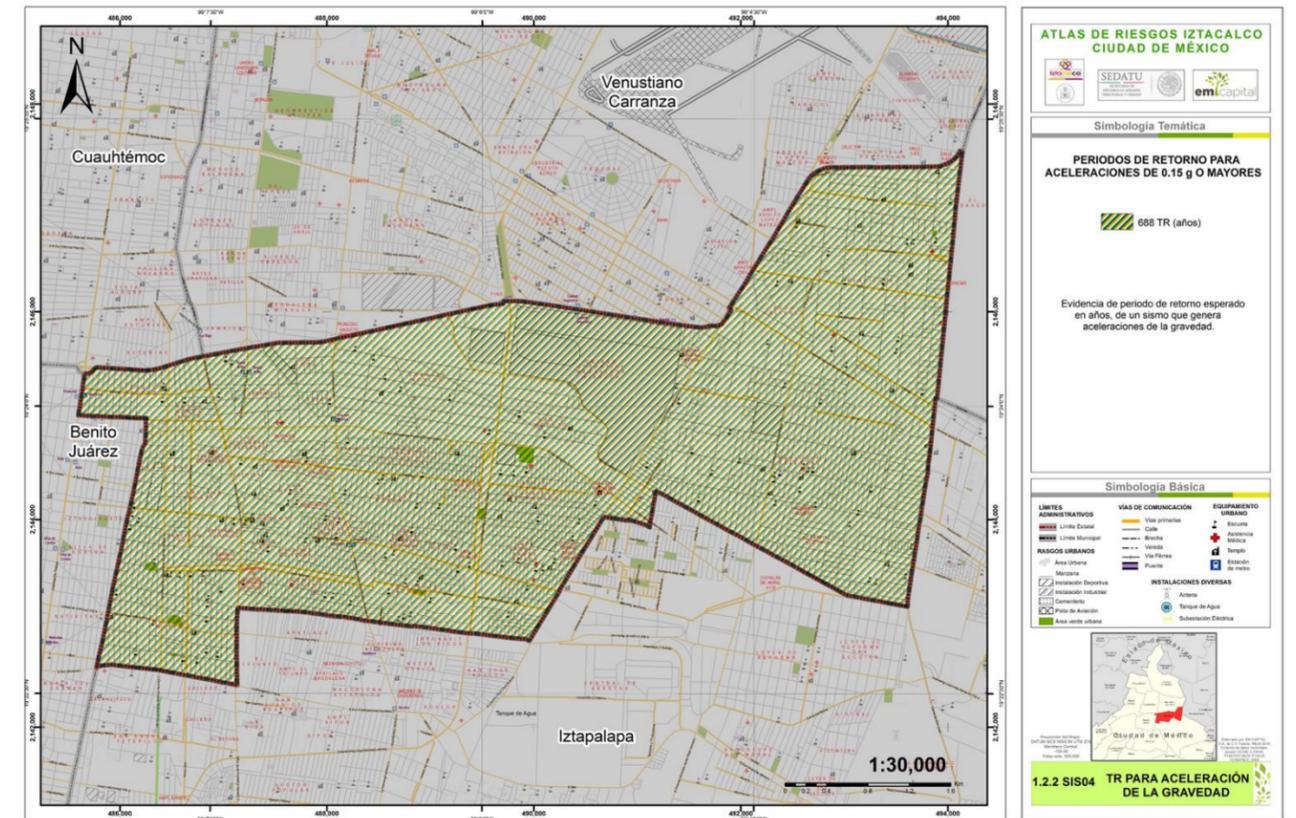


Figura 65. Periodos de retorno para aceleraciones del terreno de 0.15 g o mayores

### 5.1.3 Tsunamis

Los tsunamis o maremotos están formados por una secuencia de olas causadas generalmente por terremotos que ocurren debajo del fondo marino. Aunque menos comúnmente, los tsunamis también son generados por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Cabe aclarar que las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas (Farreras, 2005).

Los tsunamis originados por la ocurrencia de un terremoto cerca o en el fondo del océano son los más comunes y cuando las olas arriban a las costas con gran altura, pueden provocar efectos destructivos como pérdida de vidas y daños materiales. En México la gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas, que constituyen la corteza del fondo marino, afectando particularmente a las zonas costeras (Farreras, 2005).

Por la posición geográfica de la Delegación Iztacalco ubicada en la Ciudad de México, encontrándose rodeada por sierras y su altitud de 2240 m.s.n.m. no es afectada por Tsunamis, ya que este fenómeno afecta las zonas de costa, por consiguiente, **NO APLICA**.

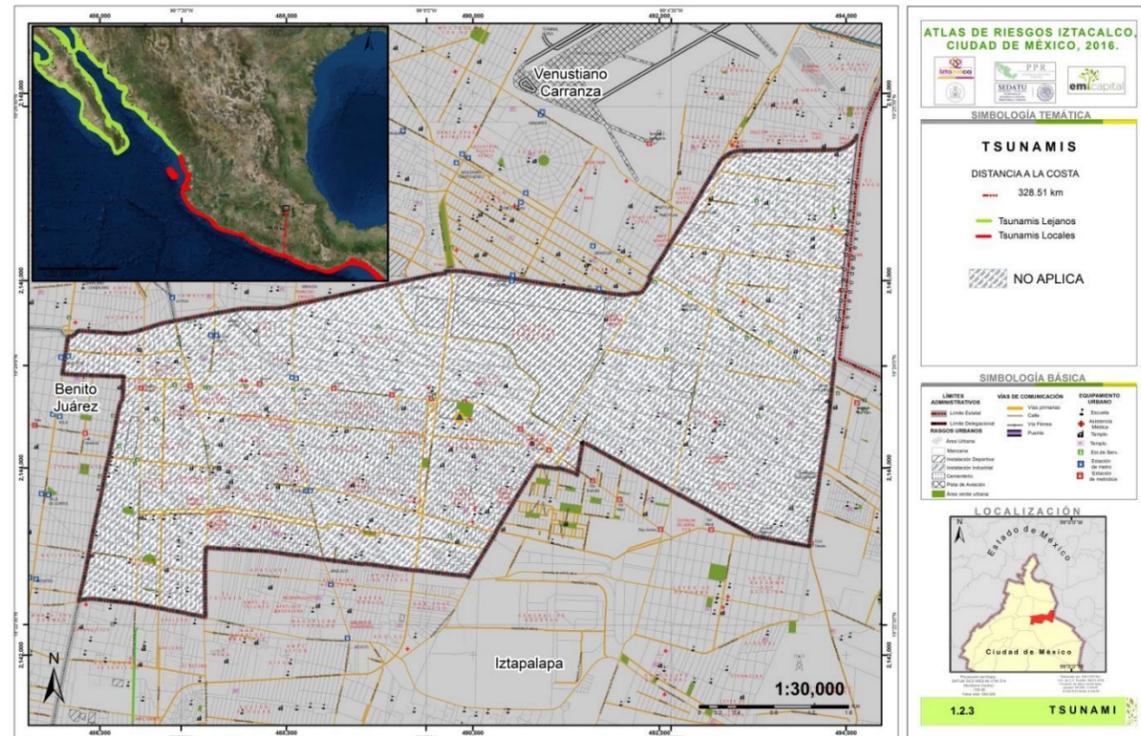


Figura 66. Mapa de Tsunami.

#### 5.1.4 Inestabilidad de laderas.

Un talud es una masa de tierra o roca que posee pendiente o cambios de altura significativos (Suárez, 1998). En la literatura técnica se utiliza la palabra “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se formó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención.

La nomenclatura siguiente define los elementos constitutivos de los taludes y las laderas (Figura 67):

Altura (H): Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza.

Pie: Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

Cabeza o corona: Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

Altura de nivel freático: Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

Pendiente: Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: 45o, 100%, o 1H:1V.

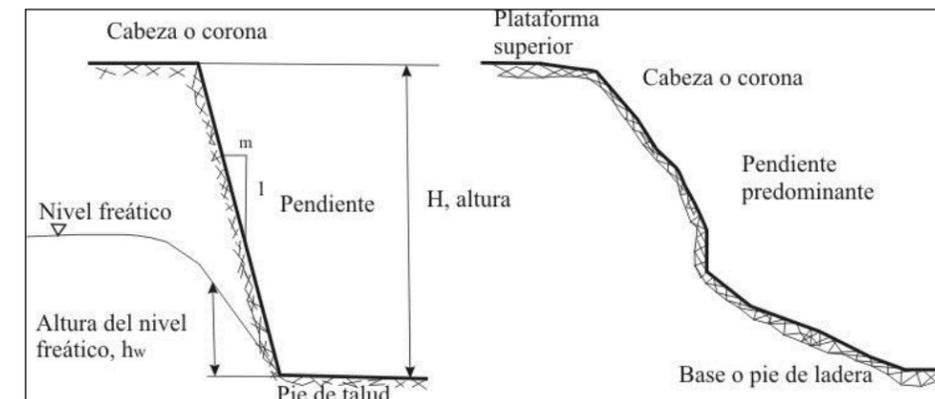


Figura 67. Nomenclatura de un talud y una ladera (Modificado de Suárez, 1998).

#### Nomenclatura de la inestabilidad de laderas (procesos de remoción en masa).

Diversos autores han definido de manera diferente los deslizamientos, pero una definición apropiada del término deslizamiento la dan Skempton y Hutchinson (1969, en Alcántara-Ayala, 2000): “un deslizamiento es un movimiento ladero abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada”.

Un deslizamiento implica el movimiento de cierto tipo de material (bloques de roca, suelo o detritos) sobre una o más superficies bien definidas, sobre las cuales se produce un movimiento de cizalla o de corte. Por esta razón el término deslizamiento es incorrecto para referirse a todos los tipos de procesos de ladera. Alcántara-Ayala (2000) propone traducir el término landslide como “movimiento del terreno”, lo que permite diferenciar cada tipo de proceso e interpretar adecuadamente cada mecanismo particular.

De esta forma los términos “movimientos de ladera”, “movimientos del terreno”, “inestabilidad de laderas” o “procesos de remoción en masa” se consideran como sinónimos y están relacionados con diversos mecanismos de movimiento, uno de los cuales es el deslizamiento.

Se entiende por proceso de remoción en masa el movimiento ladero abajo de masas de suelo, detritos y rocas, como resultado de la influencia directa de la gravedad y que son desencadenados por factores

internos y externos (Alcántara-Ayala, 2000). La terminología para referirse a los procesos de remoción ha ido evolucionando. Las clasificaciones de los PRM suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, al mecanismo y tipo de rotura, al contenido de agua del terreno y a la velocidad y magnitud del movimiento.

Una clasificación actual y aplicada a nivel internacional es la que se basa en el tipo movimiento y de material (EPOCH, 1996; Dikau et al., 1996; Cruden y Varnes, 1996; Hutchinson, 1998; Alcántara-Ayala, 2000; Leroueil et al., 2001).

De acuerdo con dicha clasificación, los PRM se dividen en las siguientes clases (Cruden y Varnes, 1996):

- Deslizamiento
- Caída
- Volteo
- Flujo
- Expansión lateral
- Complejo

Debido a que la Delegación Iztacalco se ubica en una zona plana en el terreno no se encuentran fuertes pendientes, el análisis de este fenómeno, **NO APLICA**.

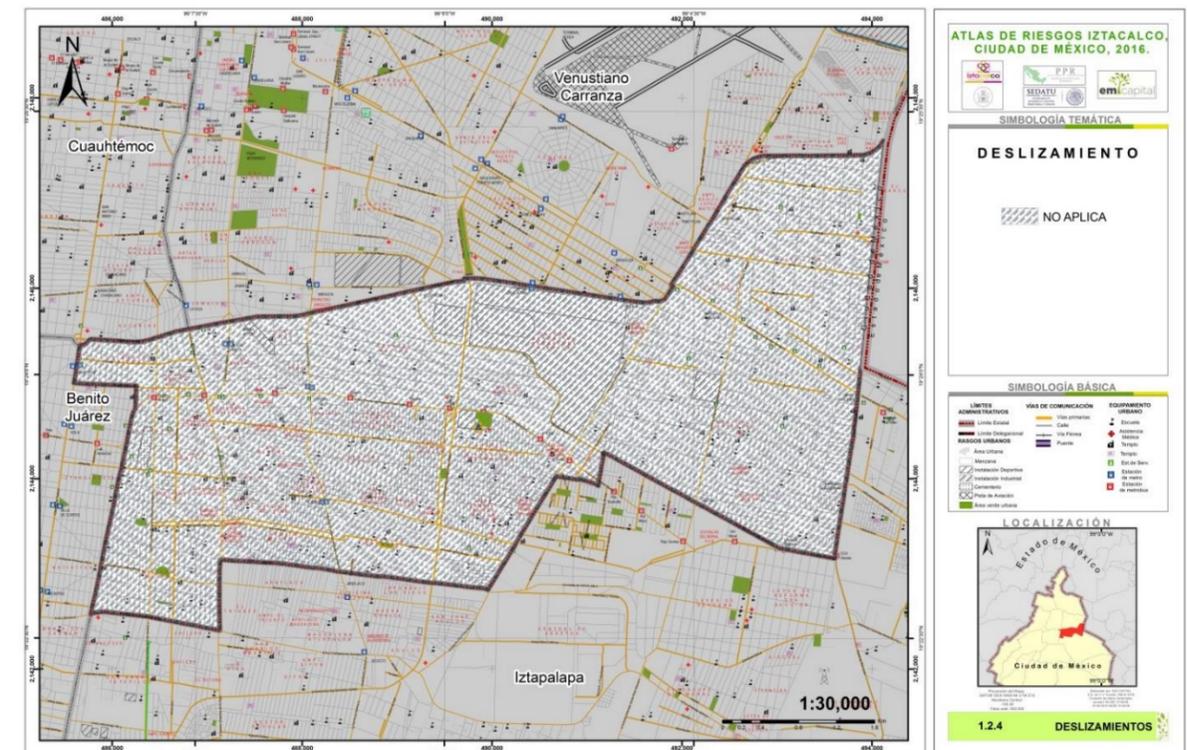


Figura 68. Mapa de Deslizamientos.

### 5.1.5 Flujos.

Los flujos se refieren al movimiento de una masa desorganizada de material, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas (Hungry et al., 2005). Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas. Para este tipo de movimientos es determinante la granulometría y el grado de saturación que los materiales puedan presentar.

Debido a que la Delegación Iztacalco no se ubica en una zona donde el terreno se encuentre configurado por pendientes, el análisis de este fenómeno, **NO APLICA**.

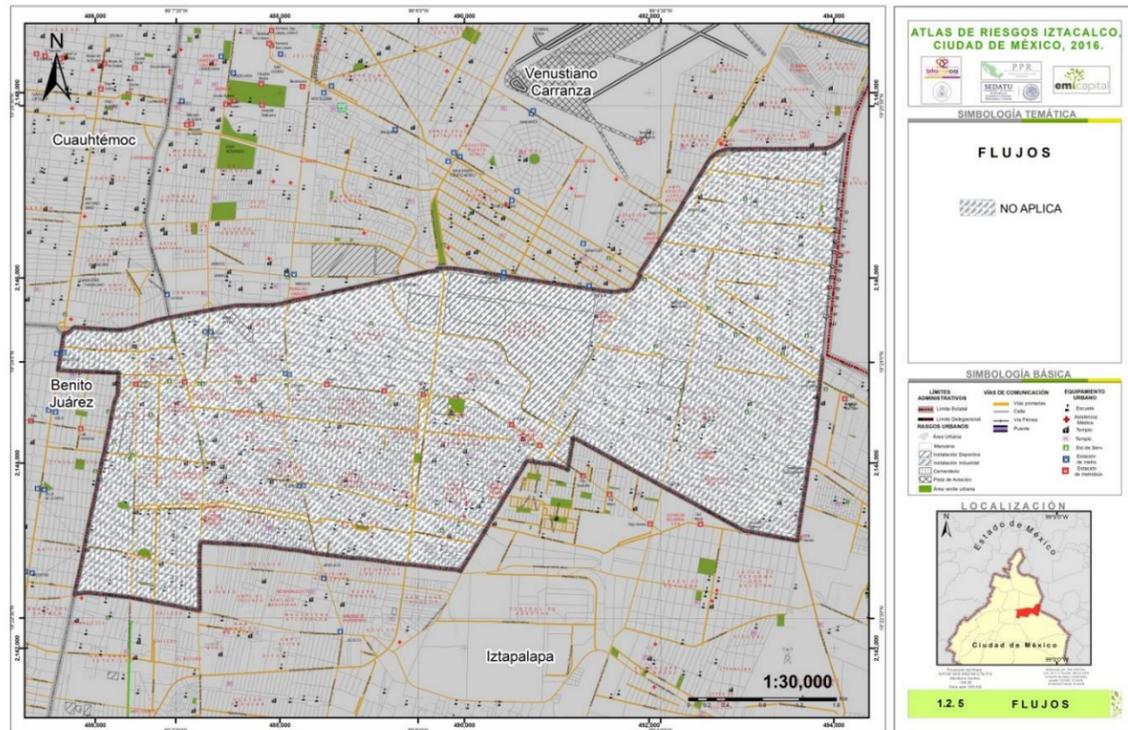


Figura 69. Mapa de Flujos de detritos.



Figura 70. Mapa de Derrumbes.

### 5.1.6. Caídos o derrumbes.

Se refiere al descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre.

Debido a que la Delegación Iztacalco no se ubica en una zona donde el terreno se encuentre configurado por pendientes, el análisis de este fenómeno, **NO APLICA**.

### 5.1.7. Hundimientos.

Es el movimiento vertical entre dos o más cuerpos de materiales o bloques de la corteza, estos desplazamientos verticales pueden ser de dos tipos, los repentinos o bien lentos. Históricamente la Ciudad de México, los hundimientos se han asociado a la extracción del agua en el subsuelo; sin embargo, se han identificado hundimientos locales asociados a la erosión, transporte o disolución por flujos de agua subterránea (derivados de fugas o por corrientes someras) de materiales de relleno en, antiguos canales de riego en zonas de Chinampas que fueron cubiertas por escombros, antiguos canales que fueron utilizados para albergar los tubos de drenaje de aguas negras y que fueron tapados por escombros sin compactar, antiguos ríos que alimentaban al lago con aguas que provenían de las partes altas y que fueron cubiertos o entubados, fracturamiento y ruptura de drenajes.

Es el movimiento vertical entre dos o más cuerpos de materiales o bloques del suelo más superficial y se presentan de manera puntual dentro del terreno, estos hundimientos pueden tener dos orígenes, natural y antrópico.

El estudio de los hundimientos es relativamente muy joven dentro de la Ciudad de México, los hundimientos diferenciales se encuentran estrechamente asociados con la subsidencia regional y al agrietamiento de la zona.

Los hundimientos de origen natural se originan: 1) mediante la compactación de las arcillas contenidas en los depósitos lacustres de entre 40 a 60 metros de espesor que sobreyacen al acuífero las cuales se encuentran dos y tres metros de profundidad, dando como resultado hundimientos locales que son proporcionales al espesor los depósitos de las arcillas debido a la pérdida de volumen de agua y aire contenidos entre los poros de los granos (Figura 71); 2) por la misma deshidratación natural del suelo; 3) por el fallamiento donde los bloques de la corteza tienen un desplazamiento donde el depósito arcilloso tiende a formarse una deformación o un cambio de nivel en la superficie y, 4) mediante a la absorción de agua de las raíces arbóreas.

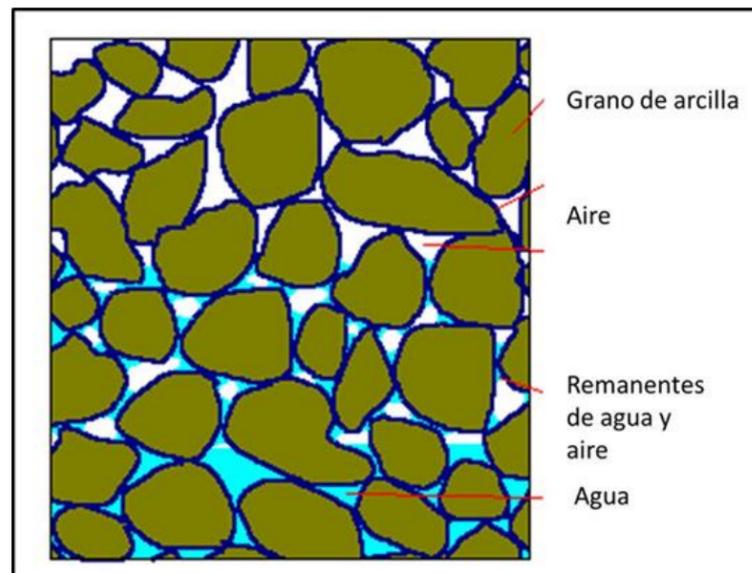


Figura 71. Textura de los granos de arcilla.

Los hundimientos diferenciales originados mediante la actividad antrópica se han asociado principalmente: a la sobrecarga (Figura 72) que experimenta la superficie, las cuales son cargas estáticas sobre la superficie que incluyen la construcción de desarrollos habitacionales, infraestructura superficial y subterránea; a las vibraciones que son los movimientos que actúan sobre la superficie en dirección vertical y horizontal los cuales remueven el material arcilloso modificando su distribución del interior del suelo, estas vibraciones son originadas por el paso de vehículos pesados en vías de comunicación; al abatimiento de los pozos de agua cercanos, mediante la extracción del agua del subsuelo se incrementa la presión hidrostática mediante la succión del fluido hacia la superficie, representándose como variaciones en los

niveles del terreno; a la erosión, transporte o disolución por flujos de agua subterránea debido a las fugas (socavaciones) y, a la compactación del relleno de antiguos canales de riego en zonas de chinampas.

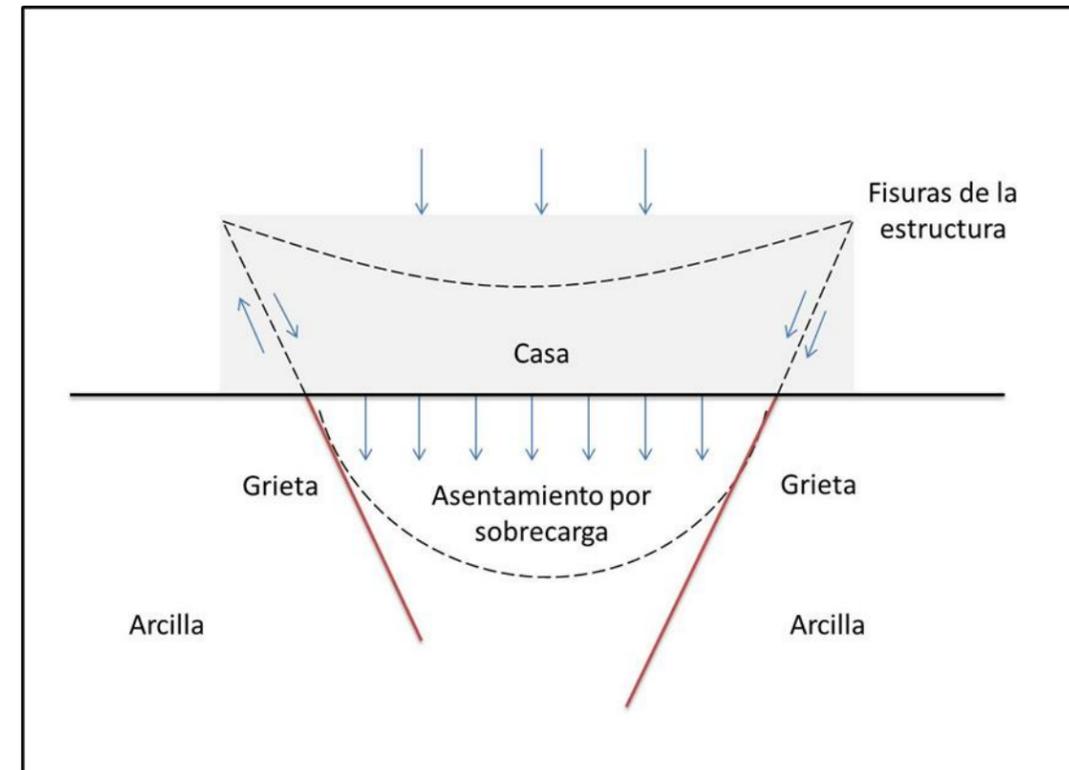


Figura 72. Diagrama de sobrecarga en arcillas.

**Nivel de análisis y metodología.**

**NIVEL 1.**

- Realizar un inventario sobre los casos documentados por un periodo de tiempo no menor de 10 años.
- Realizar un levantamiento en campo de formaciones geológicas o zonas de antiguas minas que puedan dar origen a fenómenos de hundimientos.
- Identificar infraestructura, viviendas dañadas y variaciones del nivel del suelo por este proceso, registrar dichas evidencias en un mapa con escala a detalle.
- La metodología se fortalece con la aplicación de cuestionarios a la población para el registro de evidencias históricas.

**Parámetros de Intensidad de Peligro.**

La vulnerabilidad física, se puede registrar a través de los siguientes puntos de observación del proceso, los cuales han sido modificados de Ortiz y Zamorano (1996).

Se presentan hundimientos parciales o totales además de la inclinación de obras, hundimiento de postes, enrejados o muros; es común el rompimiento constante de obras soterradas.

El rompimiento constante de obras de infraestructura es una evidencia de que el terreno no soporta la carga de las mismas.

El levantamiento inexplicable del terreno generalmente es una respuesta al hundimiento de zonas aledañas.

Presencia de manantiales o terrenos estacionales o permanentemente encharcados indican deficiencias del drenaje local o de la influencia de agua freática (superficial o subterránea).

Expansión del suelo cuando se humedece y formación de grietas y contracción del mismo en la época seca del año es evidencia de la presencia de suelos o manantiales expansivos.

Indagar acerca de la información con respecto a la presencia del proceso perturbador, el origen, actividad, eventos detonadores de movimientos.

#### Una breve historia.

En la Cuenca de México desde el Oligoceno, pero a partir de Plioceno que se forma el relieve actual de los conjuntos montañosos que la limitan: la Sierra de Las Cruces, Monte Alto y Tepoztlán (occidentes), de Tezontlalpan (noroccidente), de Pachuca (norte) de Calpulalpan (nororiente), de Río Frío y Nevada (oriente).

El vulcanismo continuó a lo largo del Cuaternario (hasta nuestros días), lo que resultó el crecimiento de los principales sistemas montañosos, pero especialmente a la formación de las elevaciones del sur de la cuenca tal es el volcán Popocatepetl (suroriente), Ajusco (suroccidente) y más de 300 conos volcánicos monogenéticos principalmente conos cineríticos y sus depósitos asociados a lavas y piroclastos de 50, 000 años (Pleistoceno Tardío- Holoceno).

En una etapa del Cuaternario, todavía no establecida, se cerró el desagüe de ríos y arroyos que escurrían de norte a sur, mismos que formaban parte de la cuenca hidrológica del Río Balsas. Lo que originó una presa natural, misma que hace cinco siglos estaba integrado por los lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco.

A la llegada de los conquistadores a Tenochtitlán, las riberas de los lagos estaban ocupadas por numerosos pueblos y la ciudad principal se levantaba en islotes y penínsulas del lago (Centro Histórico). Sus construcciones, así como las calzadas que atravesaban el lago y las chinampas, fueron modificaciones humanas notables al relieve.

A partir de 1521 se inicia otra etapa de transformación del relieve. Severas inundaciones ocurrieron en la época temprana de la Colonia y, llevaron a otra modificación fundamental del relieve: la expulsión del agua del lago sobre la que crecía la ciudad, hacia el río Tula, perteneciente al sistema hidrológico Moctezuma Pánuco. Las obras de la Colonia se reforzaron en el siglo XIX con la construcción del Gran Canal del Desagüe y en la segunda mitad del siglo XX con la obra del Desagüe Profundo.

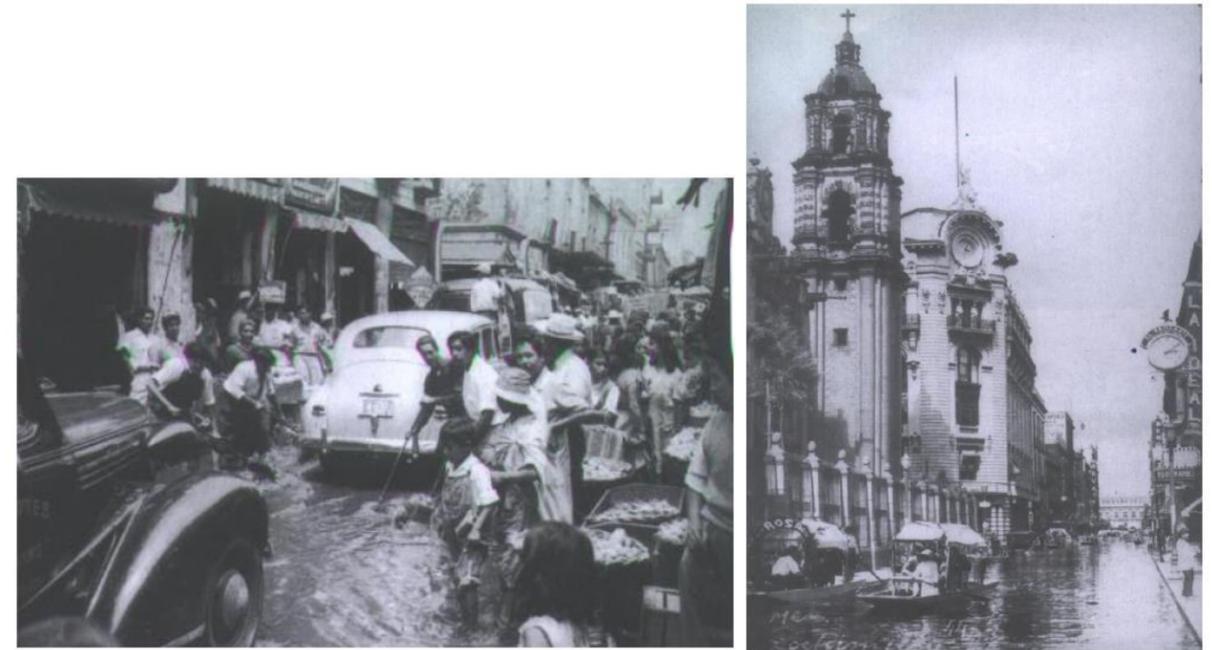


Figura 73. Inundaciones de 1920 y 1580.

De este resultado, hubo etapas de desecación de los lagos. A principios del siglo XX fue afectado el lago de Texcoco y en sus últimos 50 años se ha reducido de manera notable la superficie de los lagos de Zumpango, Texcoco, Chalco y Xochimilco. Este fenómeno se ha acompañado de la urbanización, lo que se define como una zona metropolitana.

#### La importancia de las arcillas para los hundimientos.

Las arcillas son sedimentos de grano muy fino producto de la disgregación de diferentes tipos de rocas "madre". Los mecanismos de erosión, arrastre y depositación determinan las características y arreglo de los granos, lo que a su vez define la cantidad de agua que pueden contener estos materiales, aunque las condiciones físico-químicas prevaecientes durante la depositación son las que tienen mayor influencia sobre el arreglo especial de los granos.

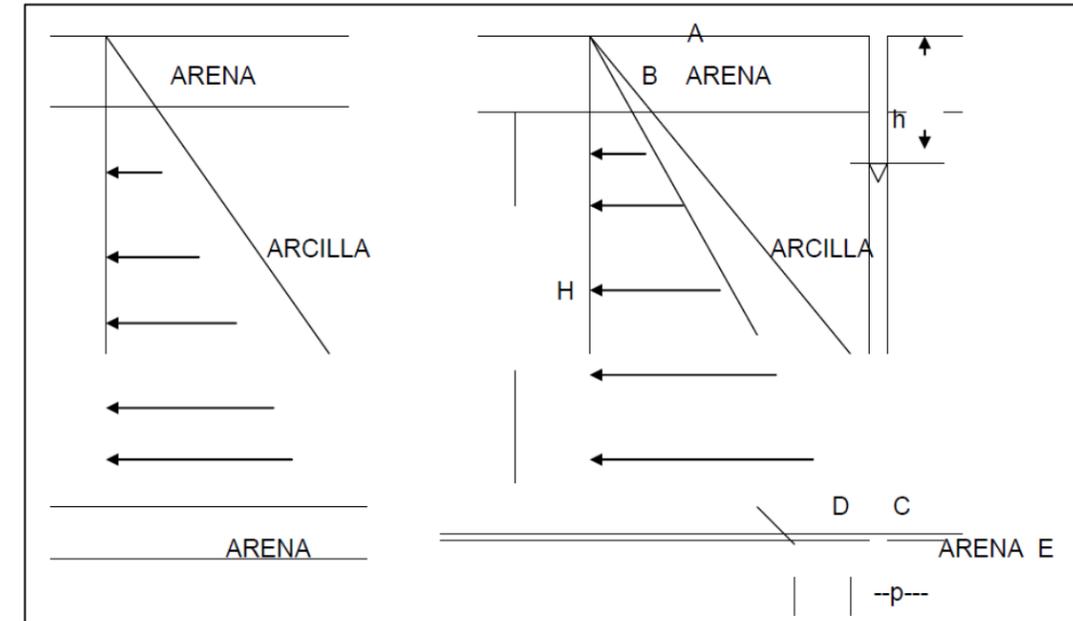
Las arcillas pueden comportarse como soluciones coloidales llegando a tener porosidades superiores al 50%. Algunas arcillas no presentan el fenómeno de histéresis, esto es, no pueden ser rehidratadas, contra la opinión generalizada de que las arcillas pueden ser “recargadas”.

*El proceso de compactación en medios arcillosos es casi siempre irreversible. En la formación acuífera arcillosa la compactación es prácticamente inmediata; a una variación de presión, instantáneamente se da una variación de tensión efectiva, la cual a su vez causa compactación. Si esta capa se encuentra entre otras de diferente composición geológica, éstas serán drenadas lentamente como consecuencia de la variación de presión, si en ellas se encuentran intercaladas finas capas de arcillas, como ocurre en grandes cuencas sedimentarias; éstas también se compactarán provocando diferencias en las velocidades de subsidencia observadas en superficie.*

La irregularidad y heterogeneidad en la composición de los paquetes arcillosos y la localización y caudal de los pozos, incide en la variación de los gradientes de los hundimientos. Por lo general, no se tiene una tendencia bien definida ni especial ni temporalmente. Si los hundimientos son homogéneos, es decir, si la velocidad de hundimiento es la misma en diferentes puntos del área, no existe mayor problema.

Si los hundimientos son diferenciales, espacial y temporalmente, pueden dañar la infraestructura urbana. Nabor Carrillo en 1969 expone la teoría sobre la compresibilidad de las arcillas y el hundimiento de los terrenos, ocasionado por la pérdida de presión que provoca el bombeo de pozos.

Con base a la teoría de consolidación expone la solución matemática del fenómeno de hundimiento, mediante las ecuaciones de mecánica de suelos. Para esto considera una capa de arcillas suave confinada entre dos capas de arena suponiendo el nivel freático en la superficie superior del suelo si el agua tiene una distribución ordinaria de presiones hidrostáticas el único efecto mecánico del agua es la sub-presión.



**Figura 74. Visión gráfica de una capa de arcilla confinada entre dos capas de arena.**

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia, nuevamente, de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento.

*Un hundimiento es un asentamiento descendente del material del suelo, con poco movimiento horizontal. La causa más común que lo genera es la remoción lenta debajo de la masa que se hunde.*

*Debido a que se pierde volumen en el interior del suelo debido a la extracción del agua, es común observar procesos de hundimiento de la infraestructura civil debido a que se generan vacíos y esto, aunado al peso de las construcciones y al proceso natural de consolidación de las arcillas.*

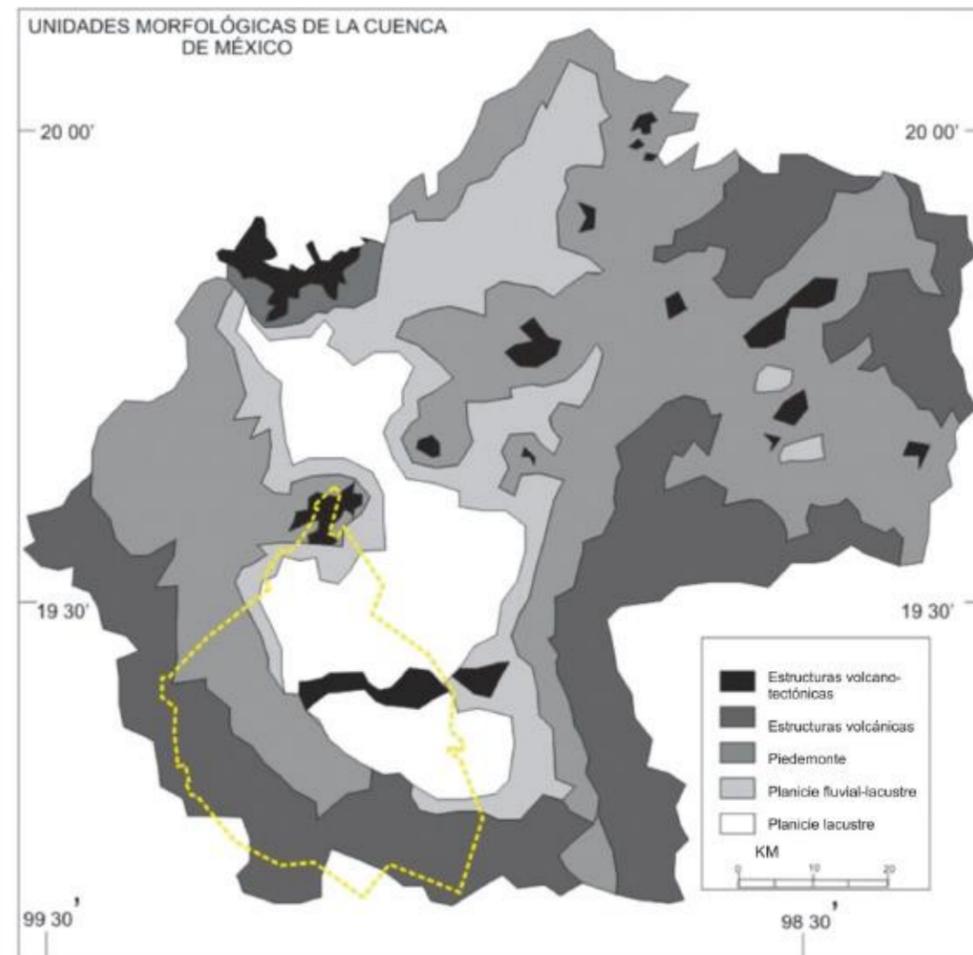


Figura 75. Cuenca de México. Fuente: Zamorano, 1990.

### Fichas Técnicas.

Estas fichas se realizaron con el objetivo de recopilar información acerca de las características físicas de los hundimientos de la zona de estudio, así como una estimación primaria del riesgo que guarda la zona o punto visitado.

Cuenta con cuatro apartados principales:

- 1) *Datos generales del punto o estación de trabajo.* Aquí se concentra la información básica de la zona de estudio, así como coordenadas UTM, Delegación, colonia, calles, fecha, punto de muestreo y responsable del llenado de la ficha.
- 2) *Caracterización del hundimiento:* En este apartado se concentra la información básica de las características físicas del hundimiento, así como hace mención del tipo de factores condicionantes que propician a la generación fenómeno, tiempo y velocidad de desarrollo del fenómeno.
- 3) *Evaluación de la vulnerabilidad:* Aquí se hace mención de forma general el tipo de infraestructura que se tiene en la zona de estudio, sus posibles daños y tipos constructivos (para tener una visión más amplia a la zona se tres columnas de llenado, es decir tres infraestructuras colindantes de la zona de estudio) y de cada una de las mencionadas su estimación primaria del riesgo.

Nota.- Bajo la consideración del ingeniero responsable de cada ficha, se llenó una ficha para la estimación de la vulnerabilidad física.

- 4) *Observaciones/Fotografías:* Al final de la ficha, cuenta con un espacio para poner de forma breve una descripción de las observaciones.

FICHA TÉCNICA (HUNDIMIENTO)									
COORDENADAS					DOMICILIO			PUNTO DE MUESTREO:	
LONGITUD:		CALLE /AVENIDA:		FECHA:				HORA:	
LATITUD:		CALLES COLINDANTES:		RESPONSABLE DE FICHA:					
ALTITUD:		COLONIA:							
DATUM:		DELEGACIÓN:							
CARACTERIZACIÓN DEL HUNDIMIENTO									
TIEMPO DE DESARROLLO			FACTORES DETONANTE						
RECIENTE	NO MAYOR A 6 MESES		NATURALES			ANTRÓPICOS			
ACTUAL	UN AÑO		VIBRACIONES POR TRANSPORTE PESADO			DEFICIENCIA EN SISTEMA DE DRENAJE			
ANTIGUA	MÁS DE UN AÑO		DISOLUCIÓN DE MATERIAL (ZONAS KÁRSTICAS)			VEGETACIÓN INTRODUCIDA			
			EROSIÓN DE MATERIAL SEDIMENTARIO			SOBRE CARGA DEL TERRENO			
DIMEN. SUPERFICIALES			VELOCIDAD DEL FENÓMENO			INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA			
LARGO (m)			LENTO						
ANCHO (m)			MODERADO						
TIRO VERTICAL (m)			RÁPIDO						
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD									
INFRAESTRUCTURA 1			INFRAESTRUCTURA 2			INFRAESTRUCTURA 3			
AFECTACIONES			AFECTACIONES			AFECTACIONES			
CASA HABITACIÓN			CASA HABITACIÓN			CASA HABITACIÓN			
EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )			EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )			EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )			
VIALIDADES			VIALIDADES			VIALIDADES			
OTROS			OTROS			OTROS			
ESPECIFICAR:			ESPECIFICAR:			ESPECIFICAR:			
CLASIFICACIÓN DE DAÑOS			CLASIFICACIÓN DE DAÑOS			CLASIFICACIÓN DE DAÑOS			
GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES		GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES		GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES		
GRADO 2	DAÑOS MODERADOS		GRADO 2	DAÑOS MODERADOS		GRADO 2	DAÑOS MODERADOS		
GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS		GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS		GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS		
GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS		GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS		GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS		
GRADO 5	DESTRUCCIÓN		GRADO 5	DESTRUCCIÓN		GRADO 5	DESTRUCCIÓN		
TIPOS CONSTRUCTIVOS			TIPOS CONSTRUCTIVOS			TIPOS CONSTRUCTIVOS			
TIPO DE ESTRUCTURA	GRADO DE AFECTACIÓN		TIPO DE ESTRUCTURA	GRADO DE AFECTACIÓN		TIPO DE ESTRUCTURA	GRADO DE AFECTACIÓN		
LAMINA	MUY ALTO		LAMINA	MUY ALTO		LAMINA	MUY ALTO		
MAMPOSTERÍA	ALTO		MAMPOSTERÍA	ALTO		MAMPOSTERÍA	ALTO		
MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO		MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO		MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO		
HORMIGÓN	BAJO		HORMIGÓN	BAJO		HORMIGÓN	BAJO		
ACERO- CONCRETO	MUY BAJO		ACERO- CONCRETO	MUY BAJO		ACERO- CONCRETO	MUY BAJO		
GRADO DE RIESGO			GRADO DE RIESGO			GRADO DE RIESGO			
MUY ALTO			MUY ALTO			MUY ALTO			
ALTO			ALTO			ALTO			
MEDIO			MEDIO			MEDIO			
BAJO			BAJO			BAJO			
MUY BAJO			MUY BAJO			MUY BAJO			
ÁNGULO CON RESPECTO A LA VERTICAL			ÁNGULO CON RESPECTO A LA VERTICAL			ÁNGULO CON RESPECTO A LA VERTICAL			
< 90°			< 90°			< 90°			
IGUAL A 90°			IGUAL A 90°			IGUAL A 90°			
90° <			90° <			90° <			
FOTOGRAFÍA/ OBSERVACIONES									

Figura 76. Ficha para la estimación de hundimientos. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V

**Riesgo por Hundimiento.**

Hablar de hundimientos diferenciales que se presentan en la Delegación Iztacalco, es hablar también de la generación de grietas asociadas y, aunque estos fenómenos están estrechamente relacionados con la subsidencia regional de la Ciudad de México, los efectos que pueden causar ante los inmuebles e

infraestructura en general requieren un apartado independiente, mediante el trabajo de campo realizado hasta la fecha se han ubicado zonas donde el hundimiento tiene efectos negativos hacia la población.

Los hundimientos diferenciales observados en el territorio Delegacional son el resultado de varios factores, antes descritos, sin embargo, este fenómeno se presenta principalmente mediante dos factores condicionantes, la tipología de los depósitos lacustres y la misma subsidencia, mientras que los factores detonantes es la intensa sobrecarga del terreno.

La distribución de los hundimientos se puede observar en cualquier punto de la Delegación, aunque se pueden acentuar en las zonas donde existe mayor concentración de factores favorables para su formación, tales como las zonas donde exista mayor carga hacia el terreno, Avenida Pantitlán, y Canal de Churubusco, U.H. La Concordia ambas de la colonia Agrícola Pantitlán (Figura 81).

Existen dos tipos de hundimientos observados en la Delegación 1) los hundimientos diferenciales los cuales estos se caracterizan por ser locales donde el área de afectación varia de unos cuantos metros hasta manzanas, tal es el caso de la Avenida Pantitlán y Canal de Churubusco y donde el tiempo de su formación se considera lenta, por este motivos los elementos de construcción experimentan una flexión hasta llegar el punto de ruptura y fisuras en muros diagonales y horizontales (figura 78); y 2) los hundimientos puntuales los cuales tienen la posibilidad de afectar áreas más pequeñas generalmente su localización están asociada a la presencia de estructuras muy pesadas o bien donde la circulación de vehículos pesados de manera constante y por escasa compactación en trabajos subterráneos, donde los elementos constructivos tienen un lapso de tiempo de flexión más rápida inmediatamente se experimenta su purpura o bien una oquedad en el suelo, un claro ejemplo de ello es la Avenida Pantitlán, Avenida Ignacio Zaragoza, Avenida Francisco Del Paso Troncoso y Río Churubusco.

Tabla 46. Hundimientos.

X	Y	Colonia	Dirección	Nivel de Riesgo
492219.71	2146451.06	Agrícola Pantitlán	Cda. 1 Río Churubusco y Río Churubusco	Medio
492358.71	2146699.53	Agrícola Pantitlán	Canal Río Churubusco y Avenida Pantitlán	Muy Alto
494026.33	21473779.6	Agrícola Pantitlán	Privada Olvera	Medio
492056.8	2146060	Agrícola Pantitlán	Avenida Norte y Calle 1	Alto
492065.04	214467.14	Agrícola Oriental	Sur 8 y Oriente 235 C	Alto
492087.76	2145020.95	Agrícola Oriental	Sur 8 y Oriente 235 C	Medio
492079	2145099	Agrícola Oriental	Sur 8	Medio
492970.28	2145321.13	Agrícola Oriental	Privada 1 Oriete 249 y Oriente 245 D	Alto
492677.94	2144972.76	Agrícola Oriental	Oriente 245	Medio
492332	2145279	Agrícola Oriental	Oriente 237 B y Sur 4 D	Alto

490452	2144346	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 102 y Sur 183	Medio
489988.18	2143977.6	Bramadero G. Ramos Millán	Oriente 112 y Sur 159	Bajo
490185	2143859	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 114 y Sur 177	Medio
489970	2143073	Zapata Vela	Lenguas Indígenas	Bajo
489945	2142899	Zapata Vela	Eje 4 Oriente y Andador Nio	Alto
488956	2143622	INFONAVIT	Tezontle y Tolvaneras	Alto
488920	2143555	INFONAVIT	Agua Miel	Medio
488923	2143501	INFONAVIT	Agua Miel	Medio
489282	2143469	INFONAVIT	Tezontle y Agave	Medio
489250	2143468	INFONAVIT	Tezontle y Agave	Medio
489392.13	2145939.26	Granjas México	Viaducto La Piedad	Medio
494026.33	21473779.6	Agrícola Pantitlán	Privada Olvera	Medio
492056.8	2146060	Agrícola Pantitlán	Avenida Norte y Calle 1	Alto
492079	2145099	Agrícola Oriental	Sur 8	Medio
492970.28	2145321.13	Agrícola Oriental	Privada 1 Oriente 249 y Oriente 245 D	Alto
492677.94	2144972.76	Agrícola Oriental	Oriente 245	Medio
492332	2145279	Agrícola Oriental	Oriente 237 B y Sur 4 D	Alto
490452	2144346	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 102 y Sur 183	Medio
489988.18	2143977.6	Bramadero G. Ramos Millán	Oriente 112 y Sur 159	Bajo
489970	2143073	Zapata Vela	Lenguas Indígenas	Bajo
489945	2142899	Zapata Vela	Eje 4 Ote y Andador Nio	Alto
488956	2143622	INFONAVIT	Tezontle y Tolvaneras	Alto
488920	2143555	INFONAVIT	Agua Miel	Medio
488923	2143501	INFONAVIT	Agua Miel	Medio
489250	2143468	INFONAVIT	Tezontle y Agave	Medio
489392.13	2145939.26	Granjas México	Viaducto La Piedad	Medio

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.



Figura 77. Flexión del cajón del Metro línea nueve debido a un hundimiento diferencial, sobre Avenida Pantitlán y Canal Churubusco



Figura 78. Fisuramiento diagonal en muro semiconsolidado de casa habitación originado por el hundimiento en edificio en la calle Cerrada 1 Río Churubusco y Río Churubusco.

Los tipos de daños hacia los inmuebles e infraestructura en general, corresponden al daño tipo dos y tres esto según la Escala Macrosísmica Europea (EMS, 1998), la cual establece cinco grados de daño: el grado 1 se refiere a construcciones sin daño o con daños leves; grado 2 son aquellas construcciones que presentan fisuras o fracturas pequeñas; los niveles 3 y 4 son daños estructurales de sustanciales a severos; y el grado 5 hace referencia a construcciones destruida.

**Figura 79. Escala Macrosísmica Europea.**

	<p><b>Grado 1. Sin daños a leves (sin daño estructural, daño no estructural leve).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de enlucido o enfoscado.</li> <li>Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.</li> </ul>
	<p><b>Grado 2: Daños moderados (daño estructuras leve, daño no estructural moderado).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas en muchos muros.</li> <li>Caída de pedazos grandes de guarnecido.</li> <li>Colapso parcial de chimeneas.</li> </ul>
	<p><b>Grado 3: Daños sustanciales a severos (daño estructural moderado, daño no estructural severo).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas largas y extensas en casi todos los muros.</li> <li>Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo, fallo de los elementos individuales no estructurales (particiones, frontones).</li> </ul>
	<p><b>Grado 4: Daños muy severos (daño estructural severo, daño no estructural muy severo).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo serio de los muros, fallo estructural parcial de techos y pisos.</li> </ul>
	<p><b>Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Colapso total o casi total.</li> </ul>

La Delegación Iztacalco se encuentra en una etapa de generación de hundimientos locales, lo que se explica que debido a la sobrecarga de la infraestructura y a las vibraciones (automóviles pesados), se pueden generar hundimientos de dimensiones variables acompañados muchas veces de grietas, lo que explica el estado de tensión en las arcillas, esto se reconoce en la superficie por deformación del plano horizontal, mismo que se presenta por una ondulación así como también oquedades y en varios casos se acompaña por agrietamientos con aberturas y movimientos laterales y verticales respecto al plano de ruptura.

En primera instancia se obtiene que la Delegación Iztacalco tiene que el parte noroeste a sureste del territorio cuenta con una susceptibilidad **Alta**, mientras que prevalece la susceptibilidad en **Media** en el resto de la superficie delegacional.

El hundimiento y el agrietamiento que se presenta en la zona de estudio es uno de los riesgos de orden geológico más común, debido al tipo de material que se encuentra en el territorio de la Delegación Iztacalco (origen lacustre).

La zona plana o lacustre que ocupa esta Demarcación estuvo ocupada por el Ex Lago Texcoco y el tipo de material es arcilloso que se encuentra totalmente urbanizada en las que se encuentran pozos (seis) de extracción de agua subterránea. Debido al crecimiento poblacional hay una extracción de agua que supera dos veces al agua que se infiltra.

La actividad antrópica de Iztacalco como la construcción de unidades habitacionales, la apertura de túneles para drenaje, el crecimiento urbano, la construcción de puentes viales, y la sobre explotación de agua, aceleran la consolidación del suelo arcilloso.

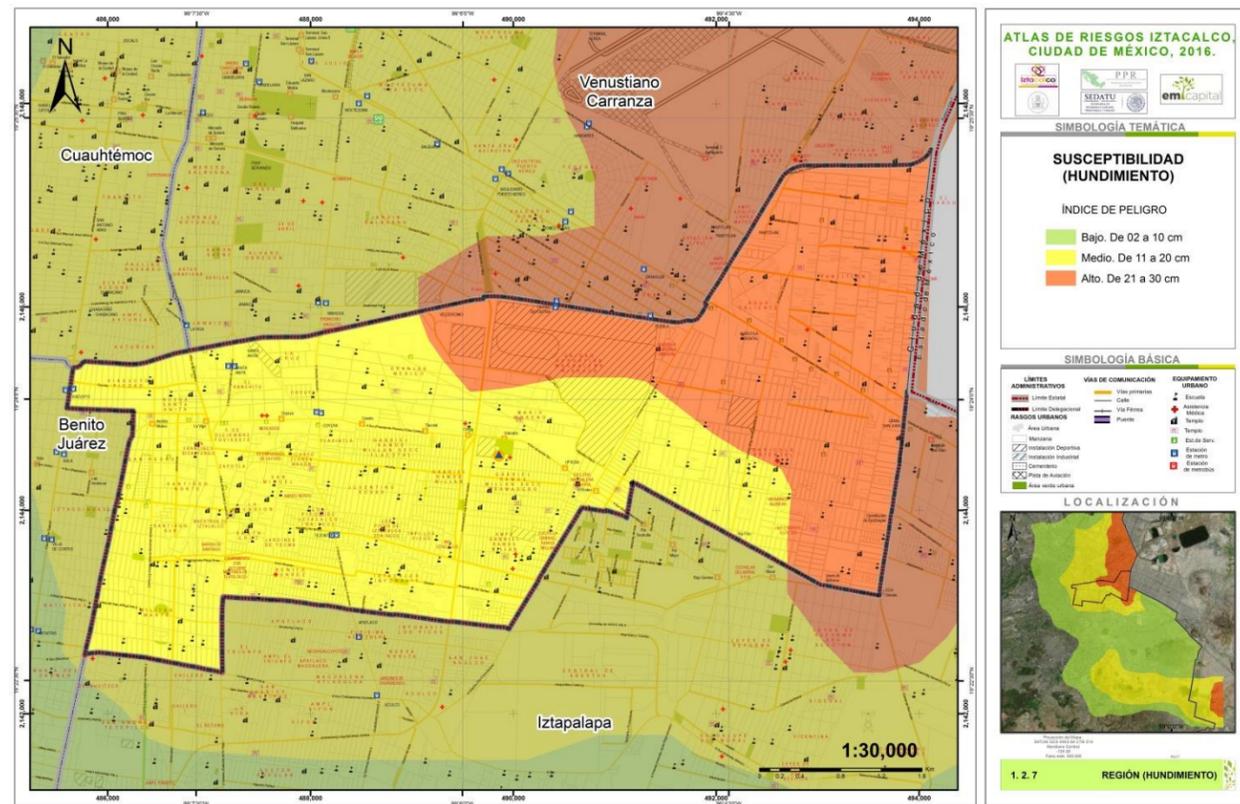


Figura 80. Mapa de Hundimientos. PAOT

En base a lo anterior se realizó el mapa multicriterio para hundimientos de la Delegación Iztacalco, basándose en la sumatoria de mapas temáticos (insumos), dándole a cada uno valores los cuales por medio del procesamiento de los sistemas de información geográfica se ponderó, lo que llevó como resultado el siguiente mapa que representa la mayor probabilidad de susceptibilidad del terreno en el que se pueden originar hundimientos.

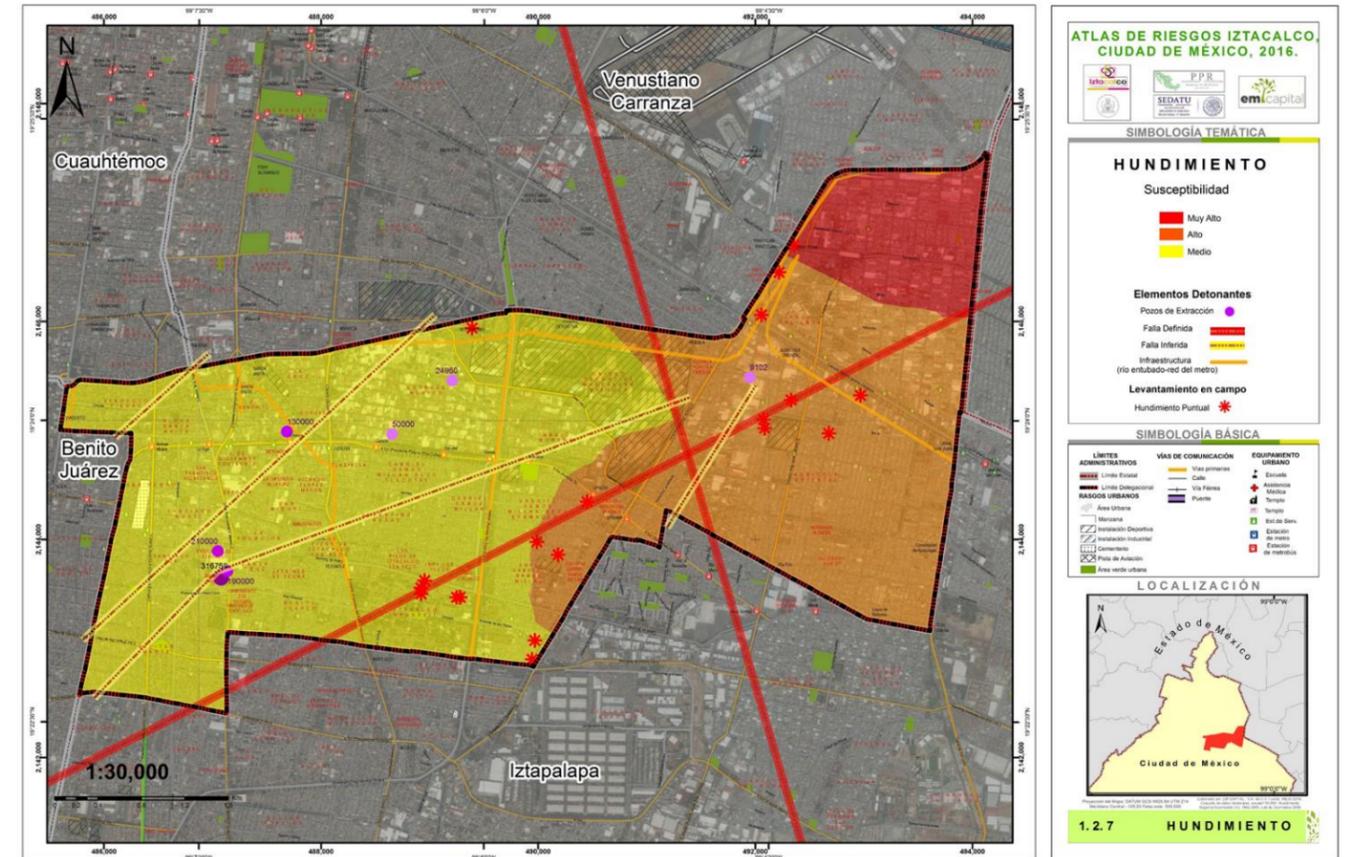


Figura 81. Mapa de susceptibilidad por Hundimiento.

### 5.1.8. Subsistencia.

La subsidencia, es un proceso paulatino que genera descensos en la superficie del terreno, influenciados por factores:

Consolidación de arcillas: se refiere al reacondo que sufren las partículas del suelo ante la expulsión de fluidos presentes en los poros, por sobrecargas en el estrato superior, produciendo movimientos verticales de reajuste.

Descenso de nivel freático: la extracción continua de agua del acuífero tiene como consecuencia un reacondo de las partículas de suelo, generando una reducción del volumen total de los materiales y un ajuste del nivel freático.

Extracción o expulsión de fluidos, gas o petróleo: la descompensación de materia en el subsuelo al realizar una extracción de fluidos, provoca que el terreno superficial se deforme en proporción con el volumen del fluido extraído. Este factor es importante cuando la extracción tiene lugar a una gran profundidad, ya que la compresibilidad que las rocas presentan es baja.

Proceso de disolución o lavado de materiales: fenómeno que se presenta por la acción del agua de disuelve los materiales, afectando principalmente a materiales con contenido carbonatado o rocas kársticas, formando zonas de debilidad o descompensación para el terreno superficial.

#### Nivel de análisis y metodología.

##### NIVEL 1.

- Realizar un inventario sobre los casos documentados por un periodo de tiempo no menor de 10 años.
- Realizar un levantamiento en campo de formaciones geológicas o zonas de antiguas minas que puedan dar origen a fenómenos de subsidencia.
- Identificar infraestructura, viviendas dañadas y variaciones del nivel del suelo por este proceso, registrar dichas evidencias en un mapa con escala a detalle.
- La metodología se fortalece con la aplicación de cuestionarios a la población para el registro de evidencias históricas.

#### Parámetros de Intensidad de Peligro.

- La vulnerabilidad física, se puede registrar a través de los siguientes puntos de observación del proceso, los cuales han sido modificados de Ortiz y Zamorano (1996).
- Se presentan hundimientos parciales o totales además de la inclinación de obras, hundimiento de postes, enrejados o muros; es común el rompimiento constante de obras soterradas.
- El rompimiento constante de obras de infraestructura es una evidencia de que el terreno no soporta la carga de las mismas.
- El levantamiento inexplicable del terreno generalmente es una respuesta al hundimiento de zonas aledañas.
- Presencia de manantiales o terrenos estacionales o permanentemente encharcados indican deficiencias del drenaje local o de la influencia de agua freática (superficial o subterránea).
- Expansión del suelo cuando se humedece y formación de grietas y contracción del mismo en la época seca del año es evidencia de la presencia de suelos o manantiales expansivos.
- Indagar acerca de la información con respecto a la presencia del proceso perturbador, el origen, actividad, eventos detonadores de movimientos.

En general la subsidencia es un tipo de colapso del terreno caracterizado por una deformación casi vertical o el asentamiento de los materiales que conforman el suelo, donde puede ocurrir en pendientes o zonas planas (tal es el caso de la Ciudad de México).

Durante el siglo XX la Ciudad de México ha experimentado un proceso sin precedente de crecimiento, tanto de su población, así como en la ocupación de su territorio, bajo estas condiciones se ha incrementado la necesidad de modificar el terreno por lo que la subsidencia puede deberse a numerosas causas principalmente como:

- La geología y tectónica,
- La sobreexplotación de los mantos acuíferos que se ha reducido la capacidad de recarga como consecuencia de la expansión urbana y la escasa reforestación.
- La erosión y compactación del suelo profundo, el flujo de agua lateral, la compactación de los materiales que constituye el terreno o la actividad tectónica.

**Geología y Tectónica:** Las rocas de la Cuenca de México en donde esta tuvo siete etapas tectónicas-volcánicas, la primera que duro 45 millones de años y formo estructuras dirigidas de SW a NE, desarrollando un antiguo sistema de bloques y fosas y, la segunda tiene 5 millones de años y formó estructuras con una orientación de W a E, desarrollando un sistema de bloques con fosas, la tercera y cuarta etapa se desarrolló un vulcanismo distribuido entre las fosas al noroeste de Tepoztlán hasta Huehuetoca originando de igual modo a el Cerro de Peñón de los Baños, Cerro de Chapultepec y Cerro de Tepeyac, Sierra de Guadalupe, Cerro Tenayo y Chiquihuite (Ciudad de México) de una edad de 32 a 12 millones de años. La etapa seis del cuaternario constituye la formación del vulcanismo de terciario superior (andesita-basáltica) dando origen a los Cerros de Chimalhuacán, La Estrella, Los Pinos en el Estado de México, el Peñón del Marques, Cerro Gordo y, la séptima etapa se origina durante el cuaternario superior y forma la Sierra de Chichinautzin, se manifestó a lo que corresponden las últimas actividades volcánicas del Xitle y Popocatepetl.

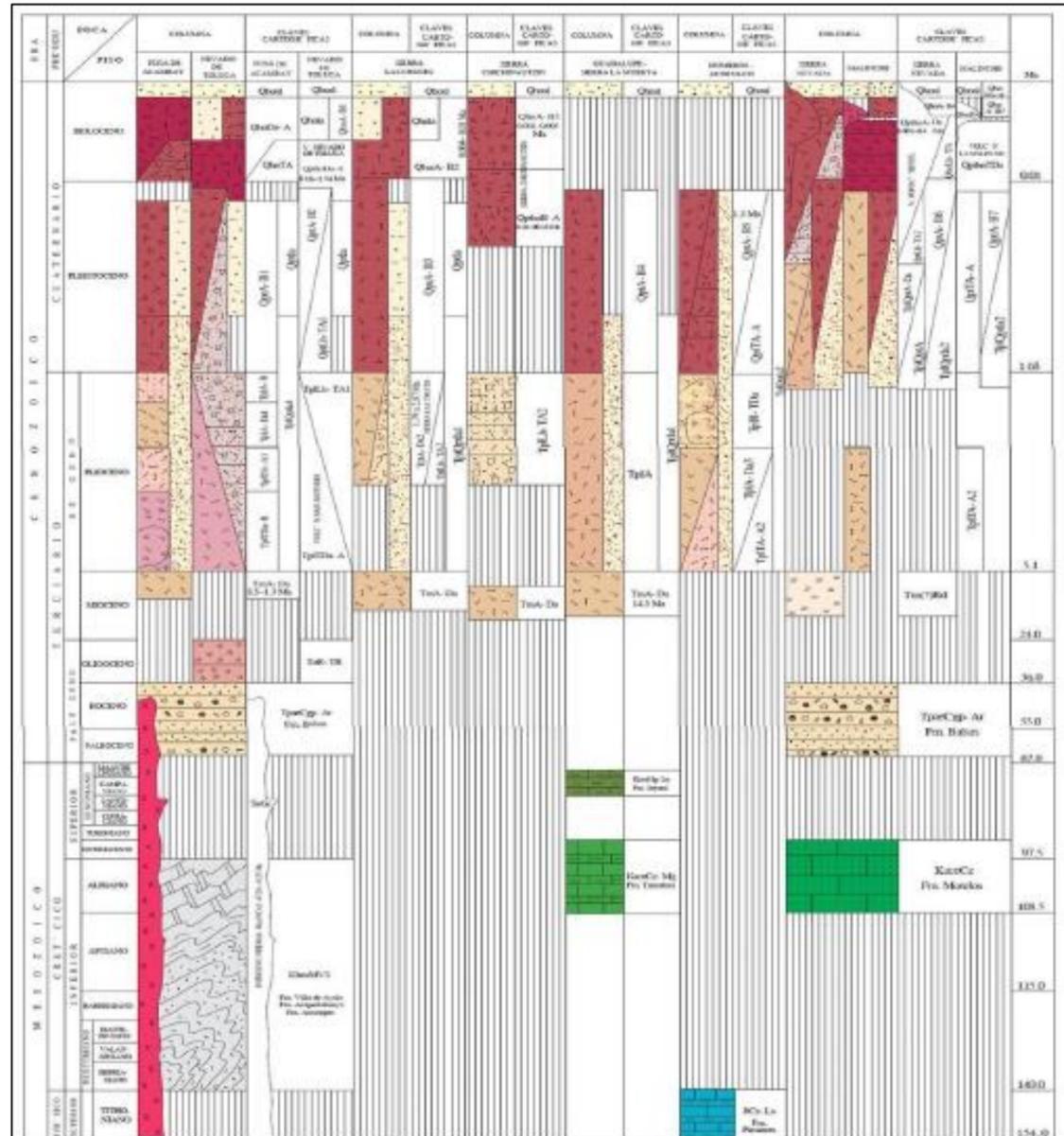


Figura 82. Columna Estratigráfica del Valle de México.  
Fuente: Hernández Banda, 2012.

Los materiales que constituyen al subsuelo del Valle de México corresponden a una intercalación de productos volcánicos tales como: lavas, tobas y cenizas que incluyen materiales granulares transportados

por los ríos y arroyos que los cubren con espesores variables por arcillas y arenas finas que son el producto del sedimento de los antiguos lagos.

**Sobreexplotación de mantos acuíferos:** Antiguamente la gran Tenochtitlán estaba rodeada por lagos que guardaban un equilibrio hidráulico, en el caso particular que guarda este trabajo el lago de Texcoco; construyendo obras hidráulicas para controlar las inundaciones como, la albarrada de Nezahualcóyotl y los diques entre los lagos de Chalco-Xochimilco y de Xochimilco-México las cuales regulaban el flujo de las aguas, el acueducto de Chapultepec surtía de agua potable así como el diseño de canales y acequias que permitía una rápida transportación de personas y mercancías.

En la antigüedad la Ciudad de México era abastecida de agua por manantiales, hasta que se incrementó su demanda. En 1886 la ciudad, recurrió a la extracción de agua del subsuelo a través de 1000 pozos artesanos (Lesser, J. y Cortés, M., 1996), en 1937 la Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología comenzó a realizar nivelaciones periódicas, actualmente el Sistema de Aguas de la Ciudad de México continua realizando dichas nivelaciones.

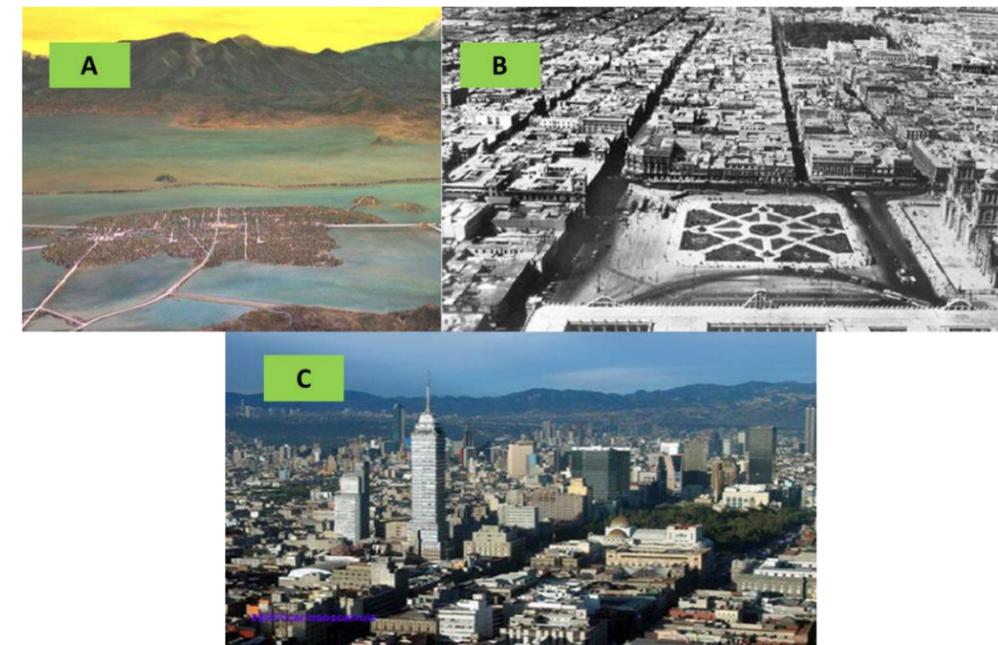


Figura 83. Evolución urbana e hidrológica, A) año de 1519, B) años de 1930 y C) Ciudad de México actual.

**Erosión y compactación del suelo:** Debido a la complejidad tectónica y geológica del subsuelo, los materiales tienden a presentar procesos naturales de erosión debido a los flujos de agua subterráneos y a la compactación por la gravedad. El sedimento fino depositado rápidamente y rico en materia orgánica, tal es el caso en particular de este trabajo, es susceptible al fenómeno de la subsidencia, al drenar el agua del

suelo. La compactación del sedimento puede ocurrir de forma natural o como consecuencia de la actividad antrópica.

La subsidencia natural tiene que ser compensada con una sedimentación adicional para impedir que la superficie plana se hunda por debajo del nivel original.

Desde la década de los 50 poco importaba el fenómeno de la subsidencia puesto que los efectos negativos eran muy escasos. Gracias a las nivelaciones realizadas, se ha podido reconstruir la evolución de la subsidencia con respecto al tiempo en algunos puntos tales como: la Catedral, la Alameda y el Palacio de Minería. De acuerdo con Lesser y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGGCOH) reportan que el hundimiento acumulado para el periodo de 1981 a 1994 es el que se indica en la figura 84. En el Centro de la Ciudad de México, el máximo hundimiento es del orden de 9 m, en el centro del Aeropuerto Internacional Benito Juárez la subsidencia es de 6 a 7 m., entre el canal Nacional y el canal de Chalco en el tramo donde se encuentra la batería de pozos Tláhuac-Neza es ligeramente mayor a 6 m., en el área de Tláhuac este fenómeno es mayor a los 5 m.

Regionalmente la subsidencia se estimó abarcando prácticamente en su totalidad de la superficie lacustre del valle de México, se consideraron las cotas de una nivelación realizada en el 2001 en la zona nororiente del valle de México (Lago de Texcoco) y se estimó una subsidencia de 30 cm/año, por tanto, para el periodo de 2001-2005 se estimó de 1.2 m.

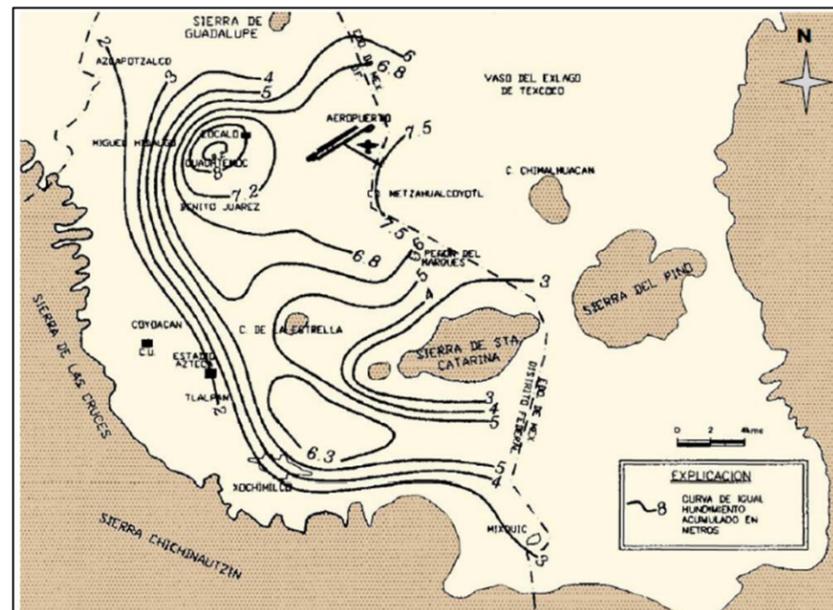


Figura 84. Hundimiento acumulado (metros), 1989-1994. Fuente: Lesser, J. y Cortés, M., 1996. Bancos de nivel.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México cuenta con una red de 2073 bancos de nivel que permitió realizar nivelaciones durante el periodo de 1983 a 2005, los bancos de nivel están ubicados principalmente en la zona poniente, centro y sur de la superficie lacustre del Valle de México, la mayoría de los pozos se ubican en la Ciudad de México.

Las nivelaciones topográficas de los bancos de nivel sirven como referencia para determinar la magnitud de la subsidencia acumulada.

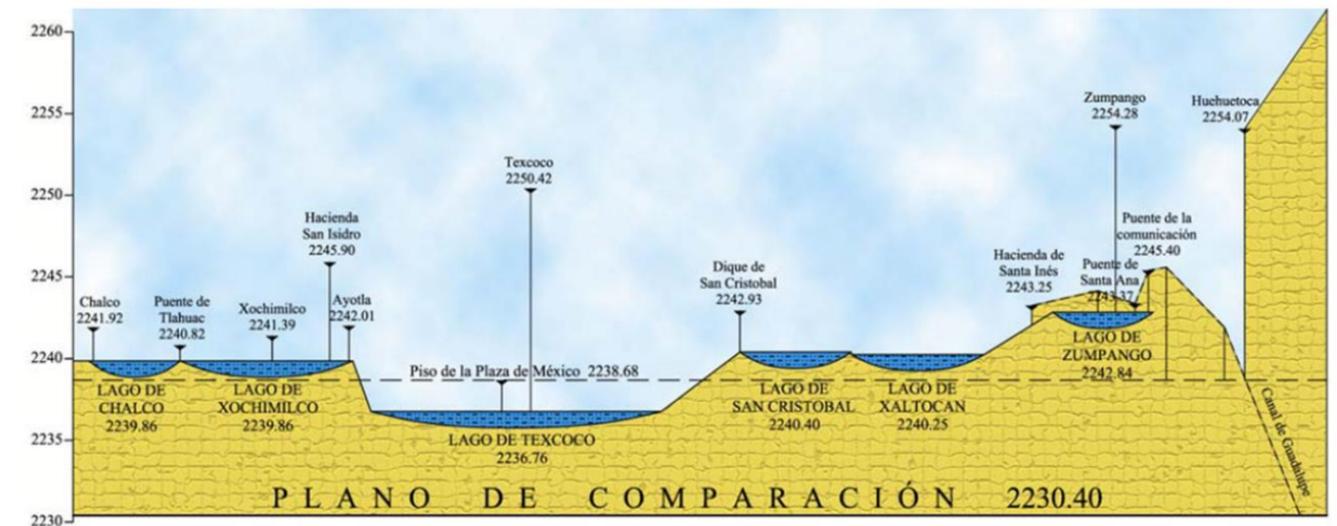


Figura 85. Sección de la carta hidrográfica del valle de México. Fuente: Díaz, F., 1862.

De acuerdo con la siguiente figura, las zonas de mayor incidencia a dicho fenómeno regional son: en la zona sur del cerro del Peñón, en la zona centro de la ciudad, en la zona sur del cerro de la Estrella, al poniente y sur del cerro Xico, al norte del cerro del Marques y entre el cerro del Peñón y el lago Navor Carrillo.

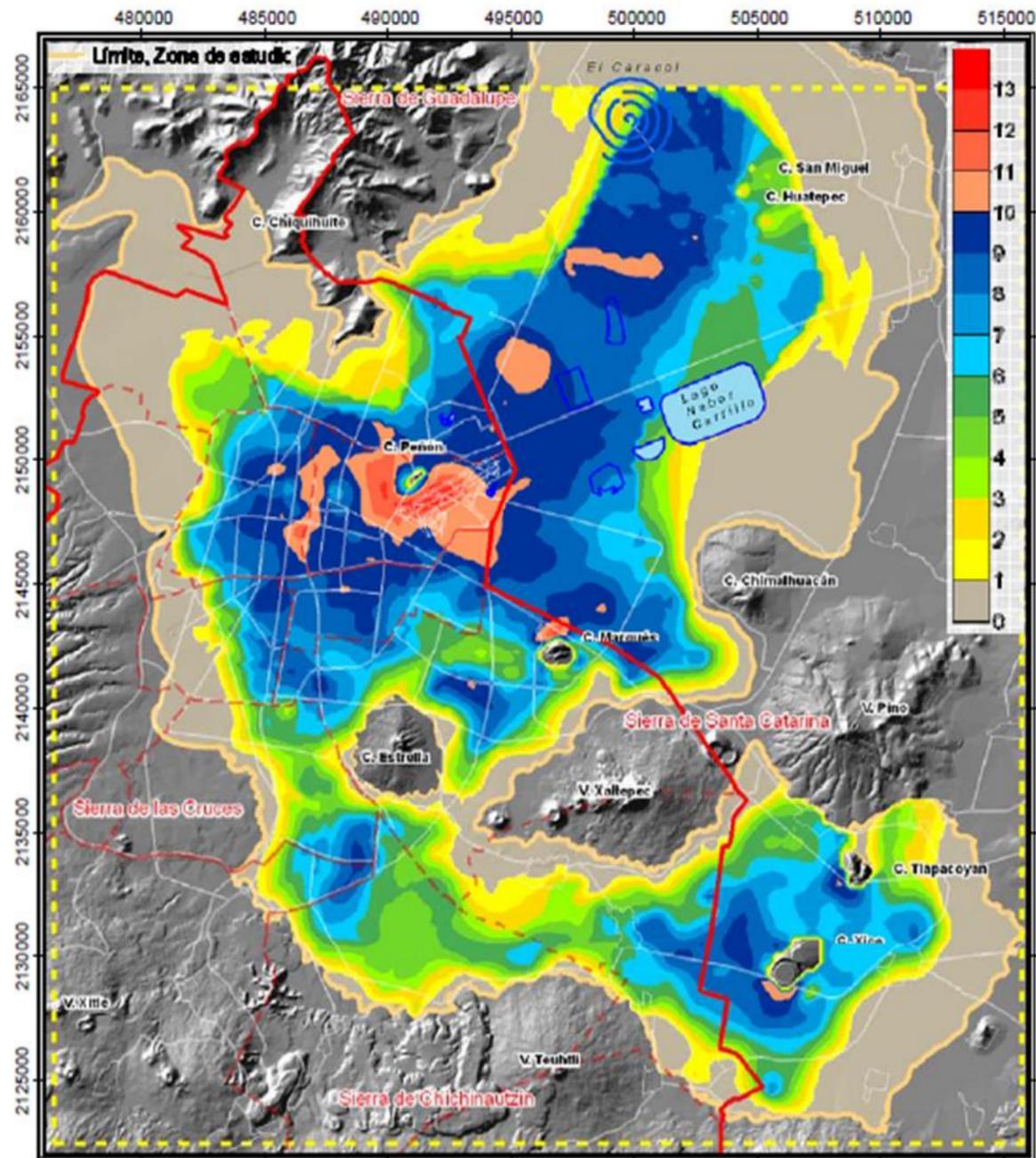


Figura 86. Hundimiento regional acumulado (metros), 1882-2005.  
Fuente: Laboratorio de Geoinformática, 2008.

La velocidad de subsidencia que se estima para la Ciudad de México se determinó para el periodo de 1983-2005, tomando en cuenta los elementos siguientes:

**Zonificación Geotécnica.** La subsidencia regional se presenta únicamente en las zonas de transición y lago.

**Diferencia negativa de cotas.** Indica una ligera emersión del subsuelo.

**Velocidad superior a 75 cm/año.** El máximo registro de velocidad ha sido de 40 cm/año aproximadamente, en el centro histórico en los años de la década de los 50', por tal motivo 75 cm/año es la máxima velocidad.

**Bancos de nivel abandonados y recientes.** Algunos bancos se han dejado de medir a través del tiempo y, los bancos recientes se han instalado en diferentes sitios, como consecuencia no es posible determinar las velocidades de manera absoluta.

Tabla 47. Velocidad estadística de la subsidencia para los periodos de 1983-2005.

Descripción estadística de los datos	Periodos		
	1983-1992	1992-2000	2000-2005
No. De cotas de BN	473	973	1200
Media (cm/año)	13.4051	13.8677	13.33427

Conforme a la urbanización desenfrenada que se ha presentado en la Ciudad de México desde la década de los 50', la Delegación Iztacalco presenta efectos negativos en estructuras y áreas amplias 100 por ciento habitadas.

*El comportamiento de las arcillas de la Delegación determina el comportamiento mecánico del hundimiento, siendo prácticamente inmediato, mediante a la variación de presión hidrostática entre los poros.*

Las arcillas de igual forma experimentan un comportamiento de suelos expansivos, esto es que durante los cambios de humedad se contraen considerablemente durante periodos secos y se expanden en periodos húmedos, La mayor parte del hinchamiento es causado por la atracción química de las moléculas del agua a la superficie de partículas muy finas del arcilla, donde este fenómeno se aprecia en la lateral de Plutarco Elías Calles en la Colonia Granjas México, en este trayecto se observa valles y crestas (40 cm).

En base a lo anterior y el trabajo de campo llevado a cabo hasta la fecha, se observa que los efectos de la subsidencia de la Delegación Iztacalco no es un fenómeno homogéneo, el hundimiento regionalizado se acentúa ejemplo de ello es el la colonia Agrícola Pantitlán, Zapata Vela y Cuchilla Gabriel Ramos Millán donde los niveles de subsidencia sobre pasa de los dos metros, sin embargo este movimiento generado en el terreno es de tipo lento y en donde los daños a las casas habitación e infraestructura son de grado 2 (daño moderado) y grado 3 (daño estructural moderado), según la Escala Macrosísmica Europea.



Figura 87. Se observa tres niveles de subsidencia al que se ha sometido el inmueble, el primero de 34 cm, el segundo de 12 cm y el tercero de 24 cm.



Figura 88. Nivel de la subsidencia con respecto al edificio de Telmex en la colonia INFONAVIT Iztacalco, corresponde a 70 cm.

Estos daños se traducen flexión, fisuras y fracturas en muros, elementos estructurales, pisos, asociados a un terreno afectado por la subsidencia, lo que tiende a disminuir su nivel de cotas, deformándose la superficie en valles y crestas, bien, otro de los daños indirectos son los encharcamientos en temporadas de lluvias, saturando las líneas de drenaje.

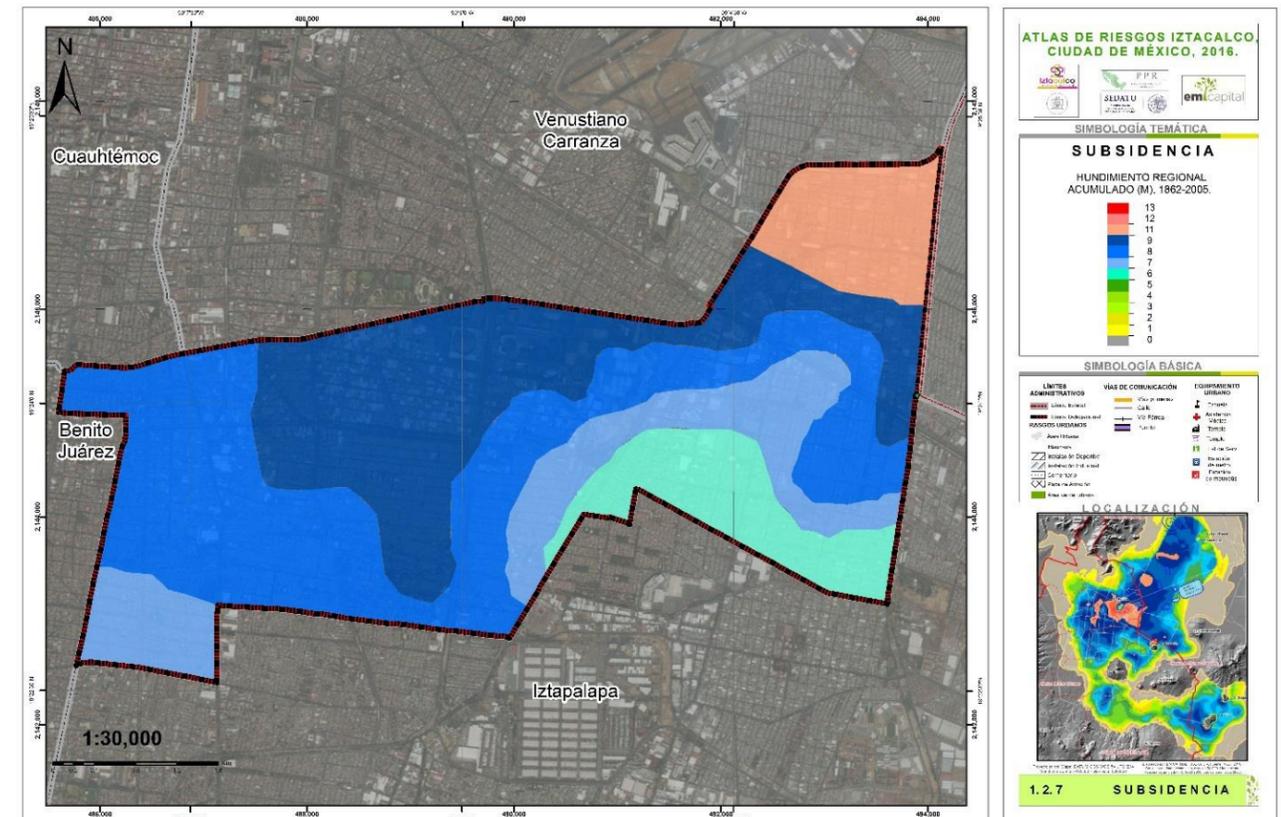


Figura 89. Mapa de subsidencia.

La Delegación Iztacalco tiene una subsidencia acumulada de entre 6 a 11 metros en la que la superficie presenta hundimientos parciales y zonas de agrietamiento aparentemente sin tener un patrón de proyección, dicha situación tiene un grado de riesgo **Medio**.

### 5.1.9. Agrietamientos.

El agrietamiento es el resultado de esfuerzos generados por procesos como hundimientos, deslizamientos de laderas, sismos, fallas, movimientos tectónicos, etc. en el subsuelo o la superficie del terreno,

presentando mayor influencia en materiales arcillosos debido a su baja resistencia a los esfuerzos tensionales y compresivos.

Los factores que interviene para el desarrollo de los agrietamientos son principalmente la presencia de materiales arcillosos, tal es el ejemplo de depósitos lacustres en zonas de depósito, la presencia de esfuerzos generados por actividad natural, sismos, movimientos tectónicos, hundimientos, inestabilidad de laderas, etc., o antropogénica, explotación de acuíferos, actividad minera subterránea, sobrecarga en la superficie del terreno por construcción de infraestructura, etc.

El agrietamiento es un fenómeno complejo por lo que resulta difícil predecir con certeza aspectos tales como: el punto de inicio y el punto final de una grieta, su profundidad, dirección e interacción con otras grietas. Tal es el caso de la Delegación Iztacalco y sus suelos de origen lacustre.



**Figura 90. Agrietamiento en la Delegación Iztacalco.**

#### Nivel de análisis y metodología.

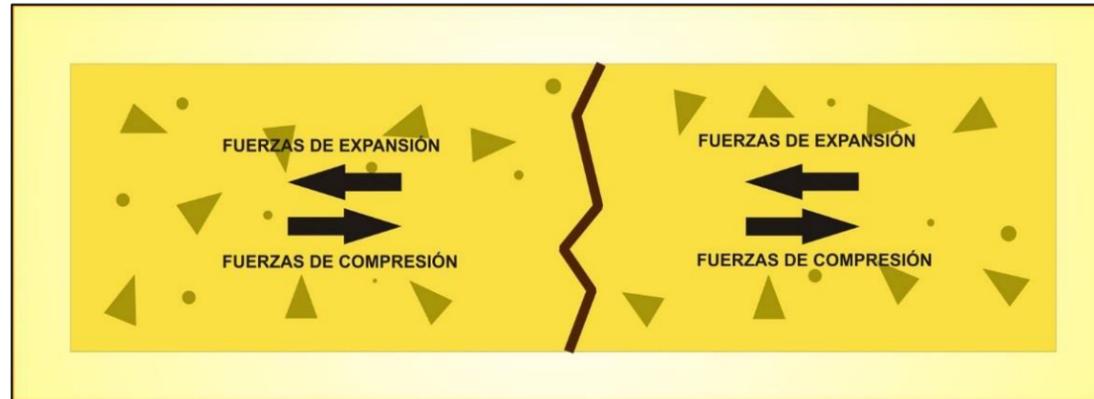
##### NIVEL 1.

- Inventario sobre los casos documentados de la presencia de fenómenos por un período de tiempo no menor a diez años, dicha información permitirá validar los análisis de los factores condicionantes para elaborar u obtener como producto final el mapa de susceptibilidad.
- Cartografía general de los agrietamientos en el área de estudio.
- Mapeo a detalle de las grietas en campo, verificar la orientación preferencial de estas y a qué tipo de agrietamiento corresponde.

- Identificar infraestructura o viviendas dañadas por este proceso, se aprecian desniveles en las guarniciones y/o vías vehiculares; indicios de fracturamiento en paredes y pisos; inclinación de viviendas apreciándose con mayor detalle en la unión de las mismas.
- Identificar el tipo de suelo o litología, y los factores desencadenantes para la determinación de la velocidad de crecimiento de las grietas a nivel superficial.

En los últimos 10 años en la Delegación Iztacalco se han observado agrietamientos de manera particular, en la que los factores para su formación se concentran en los cambios de las presiones hidrostáticas entre los poros de las arcillas así como la desecación del suelo, generación de sismos el fallamiento, subsidencia y hundimientos diferenciales:

- Litología. Cambio sustancial en las propiedades mecánicas del suelo en la constitución en los estados húmedo y seco, donde es expresada por hundimientos, Las irregularidades del subsuelo pueden favorecer rupturas del paquete arcilloso.
- Estructura geológica. La grieta puede ser favorecida por un contacto litológico subterráneo que ante el hundimiento diferencial del material arcilloso provoque una ruptura.
- Fallas. Se caracteriza por la formación de escarpes.
- Cambio de temperatura. La grietas generadas por este factor constituyen en gran medida, grandes problemáticas en el terreno, esto es, cuando las partículas arcillosas o de material volcánico de poca compactación dos principales esfuerzos: 1) expansión, las partículas experimentan esfuerzos de expansión, al adquirir temperaturas altas y 2) contracción, posteriormente decae esta temperatura donde dichas partículas se ejerce esfuerzos compresionales.
- Variaciones de humedad. La adquisición de humedad está relacionada directamente con el clima, donde se presentan principalmente precipitaciones (verano e invierno). Al momento de adquirir humedad el suelo, se desencadenan una serie de esfuerzos en todas direcciones, posteriormente el suelo entra en un proceso de desecación causado por la evaporación o remoción de agua a través de las raíces.
- Factores biológicos.- En las áreas donde existe grietas, las raíces de la vegetación pueden actuar como cuña en el suelo propiciando la apertura del suelo., por otro lado también influye en las variaciones de humedad del terreno.



**Figura 91. Esquema representativo de los esfuerzos provocados en el suelo para la formación de grietas.**

**Fuente:** Suarez Díaz, J. Modificado para este trabajo.

Estos factores mencionados juegan un papel muy importante en la formación de grietas, donde los procesos de formación se representan en dos etapas:

La primera etapa consiste en fisuras delgadas de 1 a 2 mm en las arcillas (Juárez, B., 19589), estas fisuras pueden crecer gradualmente y captar los escurrimientos superficiales.

La segunda etapa se produce con la presencia de las lluvias extraordinarias, que provocan la presencia repentina de grietas anchas y la saturación del subsuelo, aquí la presión da lugar a la ruptura de la capa arcillosa en un plano vertical, la masa de tierra se colapsa y buena parte de ésta es removida por el flujo de agua.

#### **Mecanismo del agrietamiento.**

Estos mecanismos son clasificados en:

- 1) mecánica de fracturas (grietas) con un criterio de propagación basado en el factor de intensidad de esfuerzos bajo presión hidráulica.
- 2) flujo unidimensional hacia un conjunto de pozos y
- 3) cuantificación de las tensiones inducidas por el abatimiento del agua subterránea basada en elasticidad incluyendo fuerzas de filtración.

Orozco y Figueroa (1991), señalan que las fracturas aparecen en zonas de fuerte hundimiento, los cuales condicionan sus propiedades, es decir, la mayoría de las grietas se inician a profundidad y se propagan hacia la superficie y de las transiciones estratigráficas laterales. Por lo que en zonas volcánicas

relativamente recientes, hay una alta heterogeneidad en la secuencia estratigráfica y el comportamiento mecánico diferencial de los materiales, está condicionado por la permeabilidad y granulometría determinando el gradiente hidráulico crítico, y establece que el fracturamiento en los sedimentos está influenciado por la interacción entre los factores geológicos que condicionan sus propiedades y los factores disparadores que rompen el equilibrio mecánico del sistema.

#### **Suelos arcillosos (lacustres).**

Los suelos arcillosos de la Cuenca de México y Chalco predomina los minerales de alófono e imogolita, que contienen formas esféricas, huecas e irregulares y tabulares o de hilo respectivamente, dan lugar a un suelo con una estructura porosa, donde el agua el agua contenida dentro y entre las partículas (de ahí la elevada compresibilidad) obedecen a variaciones en las condiciones del comportamiento mecánico del depósito y a la búsqueda del equilibrio sistemático ante la influencia antropogénica, obteniendo como resultado desequilibrios mecánicos en los que estas propiedades pueden variar en un tiempo muy corto tales como sismos e inundaciones causadas por lluvias torrenciales, pero las más importantes son de origen antropogénico, inducido por sobre carga estática (capacidad de carga para construcción) y dinámica ( fatiga de los materiales en vías terrestres); y la despresurización del medio geológico debido a la extracción de los recursos naturales del subsuelo.

#### **Mecanismo del suelo en el caso de la extracción de agua.**

Para el caso de extracción de agua subterránea de acuíferos granulares, al disminuir la presión de poro se propicia la compactación creando esfuerzos de tensión, tanto horizontal como vertical. Estableciendo conos de abatimiento o abatimientos piezométricos donde las grietas generadas pocas veces son mayores de 200 metros de longitud y del orden de 5 metros de profundidad, los bordes se erosionan rápidamente y se azolvan en pocos meses, Rodríguez-Murillo et. al., 1995.

Los sistemas de grietas pueden analizarse de acuerdo a su tamaño y a la asociación de factores que les dan origen, considerando que sean regionales, intermedias o locales.

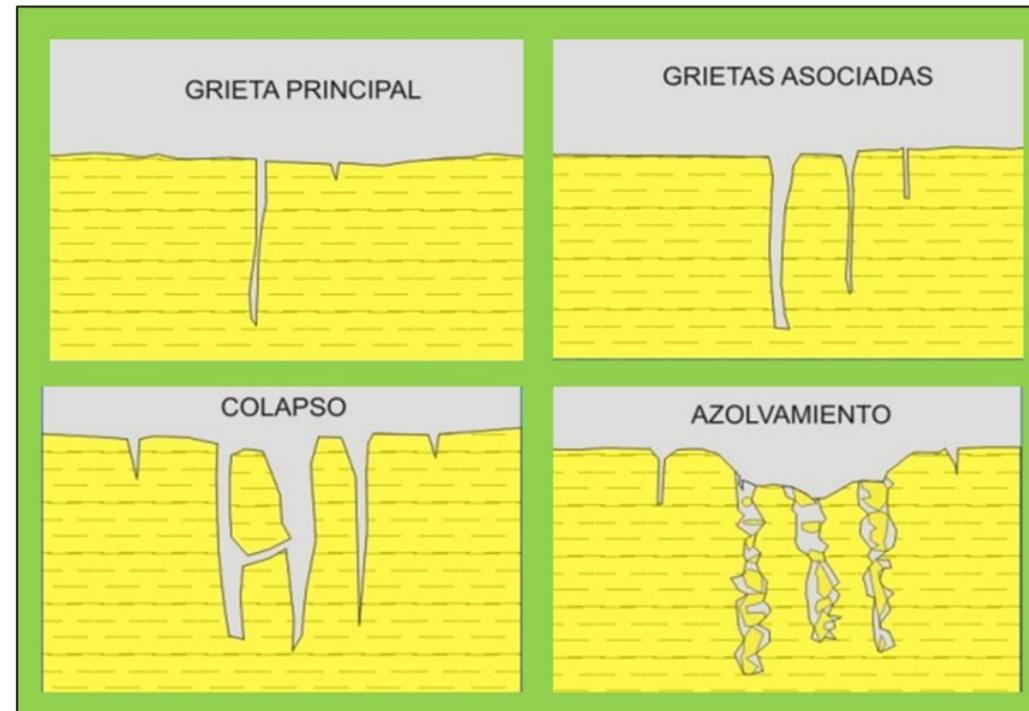


Figura 93. Demostración gráfica del desarrollo, asociación, colapso y azolvamiento de una grieta.

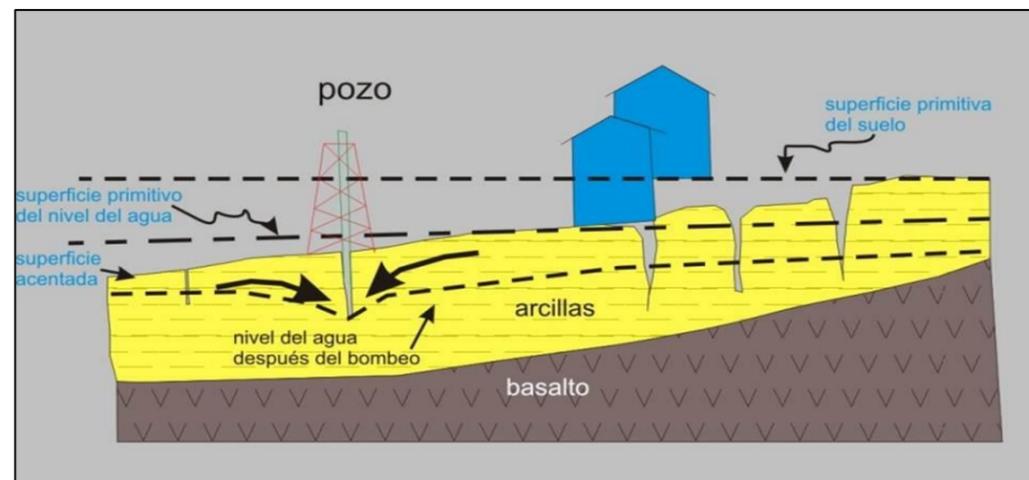


Figura 92. Abatimiento piezométrico por la sobre explotación del acuífero en un estrato permeable arcilloso, generación de grietas y compresión del suelo.

### El aire en el suelo.

El gas de los huecos del suelo es una mezcla de aire y vapor de agua:

Tabla 48. Mecanismo del aire contenido en suelos saturados.

Tipo	Grado de saturación	Fase gaseosa	Descripción
A	Baja	Continua	El agua se adhiere a la mayor parte de los granos del material.
D	Alta	Continua	La fase líquida es continua solo en una fracción.
B	Creciente	Discontinua	La fase líquida pasa a ser continua y la fase gaseosa discontinua formando burbujas.

### Capilaridad en los suelos.

Existen una serie de fenómenos directamente ligados a la capilaridad que influyen en el comportamiento de los suelos. Por ejemplo, si en un suelo saturado en equilibrio se aplica una sobrecarga permanente de forma brusca se producen variaciones de volumen por expulsión de agua. Lo contrario puede suceder al eliminar una carga permanente, por ejemplo al excavar una zanja en arcillas consolidadas, que hinchan por la disminución de presión en el entorno de la excavación, filtrándose el agua a esta zona de depresión.

En los suelos la capilaridad se traduce en dos fenómenos principales: una cohesión aparente, y una subida del agua por encima del nivel freático, al concentrarse el agua alrededor de los puntos de contacto de los granos, creando la tensión capilar fuerzas de atracción entre ellos.

### Fichas Técnicas.

Estas fichas se realizaron con el objetivo de recopilar información acerca de las características físicas de las grietas en la zona de estudio así como una estimación primaria del riesgo que guarda la zona o punto visitado, basándose en los fundamentos de la Zonificación Macrosísmica Europea.

Este documento cuenta con cuatro apartados principales:

- 1) Datos generales del punto o estación de trabajo. Aquí se concentra la información básica de la zona de estudio así como coordenadas UTM, Delegación, colonia, calles, fecha, punto de muestreo y responsable del llenado de la ficha.
- 2) Caracterización del agrietamiento: En este apartado se concentra la información básica de las características físicas de la grieta, así como hace mención del tipo de factores condicionantes que propician a la generación de agrietamiento.
- 3) Evaluación de la vulnerabilidad: Aquí se hace mención de forma general el tipo de infraestructura que se tiene en la zona de estudio, sus posibles daños y tipos constructivos (para tener una visión

más amplia a la zona se tres columnas de llenado, es decir tres infraestructuras colindantes de la zona de estudio) y de cada una de las mencionadas su estimación primaria del riesgo.

*Nota.-* Bajo la consideración del ingeniero responsable de cada ficha, se llenó una ficha para la estimación de la vulnerabilidad física.

4) *Observaciones/Fotografías:* Al final de la ficha, cuenta con un espacio para poner de forma breve una descripción de las observaciones.

FICHA TÉCNICA (AGRIETAMIENTO)													
COORDENADAS					DATOS DE REFERENCIA								
LONGITUD:		CALLE /AVENIDA:			DOMICILIO		PUNTO DE MUESTREO:						
LATITUD:		CALLES COLINDANTES:					FECHA:						
ALTITUD:		COLONIA:					HORA:						
DATUM:		DELEGACIÓN:					RESPONSABLE DE FICHA						
CARACTERIZACIÓN DEL AGRIETAMIENTO													
DIMENSIONES DE LA GRIETA			FACTOR CONDICIONANTE			TIPO DE GRIETA							
RUMBO	COORD. INICAL	X:	ENCHARCAMIENTOS	PRESENCIA DE VEGETACIÓN	PRESENCIA DE TOCONES	TALA TOTAL DE ARBOLES	INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA	SOBRECARGA SUPERFICIAL	CAVIDADES SUBTERRÁNEAS	ESCHELON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	COORD. FINAL	Y:								CURVILINEAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ANCHO			ESPECIFICAR:							PARALELA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PROFUNDIDAD										RELAY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RUMBO										RELEVO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
APERTURA										CONJUGADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RELLENO										PERPENDICULAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
										COMPLEJO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
										ANASTOSOMADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
										ABANICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD													
INFRAESTRUCTURA 1			INFRAESTRUCTURA 2			INFRAESTRUCTURA 3							
AFECTACIONES			AFECTACIONES			AFECTACIONES							
CASA HABITACIÓN			CASA HABITACIÓN			CASA HABITACIÓN							
EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )			EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )			EDIFICIOS (+ DE 3 PISOS )							
VIALIDADES			VIALIDADES			VIALIDADES							
OTROS			OTROS			OTROS							
ESPECIFICAR:			ESPECIFICAR:			ESPECIFICAR:							
CLASIFICACIÓN DE DAÑOS			CLASIFICACIÓN DE DAÑOS			CLASIFICACIÓN DE DAÑOS							
GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES		GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES		GRADO 1	SIN DAÑOS - DAÑOS LEVES						
GRADO 2	DAÑOS MODERADOS		GRADO 2	DAÑOS MODERADOS		GRADO 2	DAÑOS MODERADOS						
GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS		GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS		GRADO 3	DAÑOS SUPERFICIALES- DAÑOS SEVEROS						
GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS		GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS		GRADO 4	DAÑOS MUY SEVEROS						
GRADO 5	DESTRUCCIÓN		GRADO 5	DESTRUCCIÓN		GRADO 5	DESTRUCCIÓN						
TIPOS CONSTRUCTIVOS			TIPOS CONSTRUCTIVOS			TIPOS CONSTRUCTIVOS							
TIPO DE ESTRUCTURA		GRADO DE AFECTACIÓN	TIPO DE ESTRUCTURA		GRADO DE AFECTACIÓN	TIPO DE ESTRUCTURA		GRADO DE AFECTACIÓN					
LAMINA	MUY ALTO		LAMINA	MUY ALTO		LAMINA	MUY ALTO						
MAMPOSTERÍA	ALTO		MAMPOSTERÍA	ALTO		MAMPOSTERÍA	ALTO						
MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO		MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO		MAMPOSTERÍA CONFINADA	MEDIO						
HORMIGÓN	BAJO		HORMIGÓN	BAJO		HORMIGÓN	BAJO						
ACERO-CONCRETO	MUY BAJO		ACERO-CONCRETO	MUY BAJO		ACERO-CONCRETO	MUY BAJO						
GRADO DE RIESGO			GRADO DE RIESGO			GRADO DE RIESGO							
MUY ALTO			MUY ALTO			MUY ALTO							
ALTO			ALTO			ALTO							
MEDIO			MEDIO			MEDIO							
BAJO			BAJO			BAJO							
MUY BAJO			MUY BAJO			MUY BAJO							
FOTOGRAFÍA/ OBSERVACIONES													

Figura 93. Ficha técnica para la estimación del riesgo del agrietamiento. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.



Figura 94. Agrietamiento NW-SE con un salto de 40 centímetros, afectando a la vialidad de Avenida Pantitlán.

En definitiva, para la Delegación Iztacalco es muy incierto mencionar una sola causante de la propagación de grietas y si bien es sabido que el subsuelo presenta características físicas constituidas por potentes depósitos de arcillas, limos y arenas con diferentes grados de granulometría, compactación, y saturación altamente compresibles donde el comportamiento no es heterogéneo ejerciendo efectos de tensión y compresión originando poca estabilidad en la superficie del terreno, suscitándose rupturas y separación.

**Tabla 49. Zonas de localización de grietas.**

X	Y	Colonia	Dirección	Riesgo
492352.04	2146487.28	Agrícola Pantitlán	Privada Nezahualcoyotl	Bajo
492421.42	2146558.83	Agrícola Pantitlán	Privada Xochitl y Río Churubusco	Bajo
492358.71	2146699.53	Agrícola Pantitlán	Canal Río Churubusco y Avenida Pantitlán	Muy Alto
		Agrícola Pantitlán	Privada Iztacalco	Medio
493428.77	2145827.17	Agrícola Pantitlán	U.H. La Concordia	Alto
493194.63	2145819.57	Agrícola Pantitlán	Calle 3 y Privada Morelos	Medio
493144.85	2145836.75	Agrícola Pantitlán	Unidad Habitacional No. 88	Alto
492079	2145044	Agrícola Oriental	Sur 8 y Oriente 235 C	Alto
492087.76	2145020.95	Agrícola Oriental	Sur 8 y Oriente 235 C	Alto
492093.01	2145067.87	Agrícola Oriental	Sur 8 y Oriente 235 C	Medio
507299	2163164	Agrícola Oriental	Calle 235 C	Medio
492685	2145378	Agrícola Oriental	Sur 4 y Oriente 245	Medio
492157	2145640	Agrícola Oriental	Oriente 237 U.H. Hiuzachite	Alto
493564	2143812	Agrícola Oriental	Sección D y Sur 20 A	Alto
493666	2143837	Agrícola Oriental	Sur 19 A	Alto
493561	2143797	Agrícola Oriental	Sección D y Sur 20 A	Alto
493490	2143746	Agrícola Oriental	Andador Álamo	Bajo
490559.97	2144355.43	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 102 y Sur 187	Alto
490503.57	2144347.63	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 102 y Sur 185	Medio
490452	2144346	Cuchilla G. Ramos Millán	Oriente 102 y Sur 183	Medio
489909.13	2143963.3	Bramadero G. Ramos Millán	Oriente 112 y Sur 155	Bajo
489972.85	2143973.59	Bramadero G. Ramos Millán	Oriente 112 y Sur 159	Bajo
489179	2143107	INFONAVIT	Paseo del Lago	Bajo
488526	2143326	INFONAVIT	Veredas y Girasol	Medio
488516	2143290	INFONAVIT	Veredas	Medio

El suelo de la Delegación es de tipo arcilloso saturado, en el que al analizar las grietas se relacionan con los problemas geotécnicos de los cuales se tuvieron dos acercamientos: el primer acercamiento es geológico y trata de la génesis y la clasificación de grietas y el segundo acercamiento se concentró en los factores detonantes y en los efectos de las grietas.

Bajo estos términos la evolución de las grietas en la Delegación, se ven asociadas a un suelo arcilloso saturado de tipo B, en la que el equilibrio de su capilaridad influye a la sobrecarga semi y permanente los cuales producen variaciones de volumen (agua y aire) originando una cohesión aparente y el desequilibrio de su resistencia, fracturándolo y separando el suelo con grietas o familia de grietas con un tipo de grieta curvilínea, echelón, relevo y desecación.

Algunas de las grietas y familias de grietas están asociadas a hundimientos del terreno tal es el caso de la Avenida Pantitlán y a fallas geológicas, por poner un ejemplo en la Unidad Habitacional La Concordia, ambos casos de la colonia Agrícola Pantitlán.

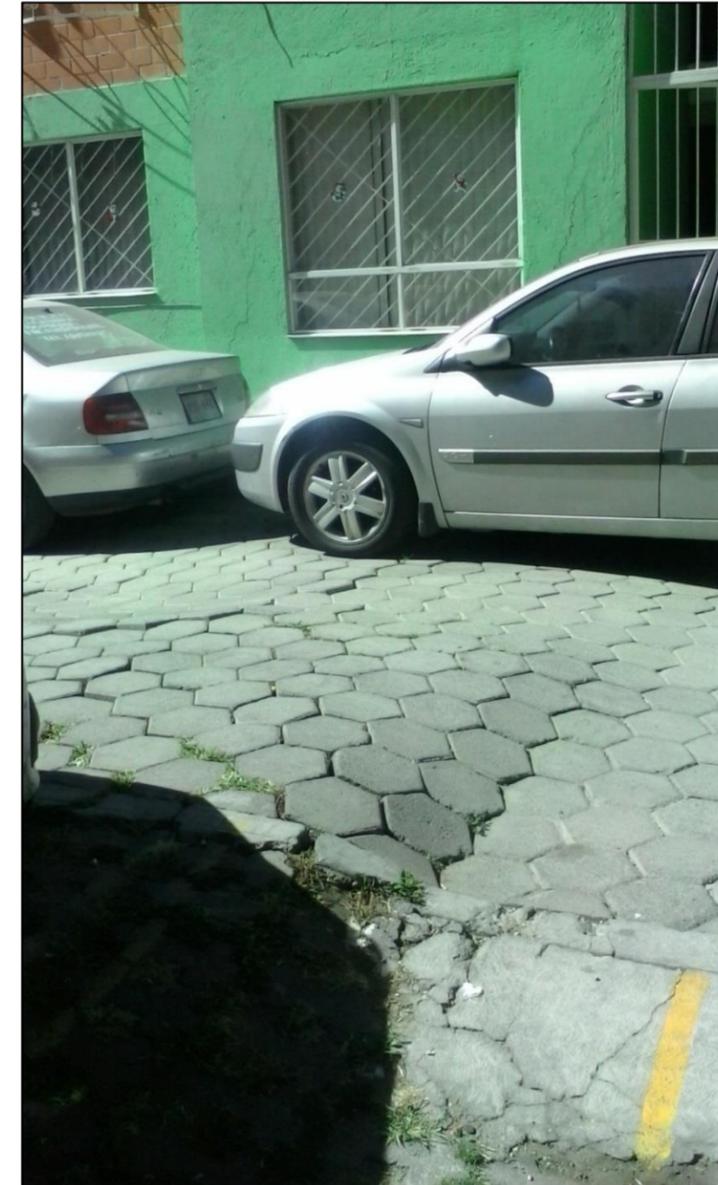
El agrietamiento es un problema local específico, donde se analizaron como un efecto secundario principal de:

- el hundimiento. En el caso de los agrietamientos por subsidencia en la Delegación Iztacalco, la causa principal es la desecación por efecto de la extracción de agua subterránea,
- el fallamiento. La presencia de estructuras geológicas profundas como son fallas o contactos litológicos en zonas que sufren subsidencia, crean deformaciones no uniformes las cuales se manifiestan superficialmente como discontinuidades, escalones y grietas y,
- actividades antrópicas, Vibraciones del terreno, excavaciones, obras subterráneas, vegetación inducida, entre otras.

*De este análisis resultó que la Iztacalco tiene un nivel de riesgo Medio a Alto.*



**Figura 95. Agrietamiento E-W de la U.H. La Concordia, afectando a muros perimetrales y pérdida de verticalidad entre las torres.**



**Figura 96. Agrietamiento N-S con un salto de 30 centímetros, afectando pasillos de adoquín, línea de drenaje y fracturamiento en elementos estructurales de edificios, así como pérdida de verticalidad.**



Figura 97. Agrietamiento localizado en la colonia Agrícola oriental, con una dirección preferencial NE-SW.

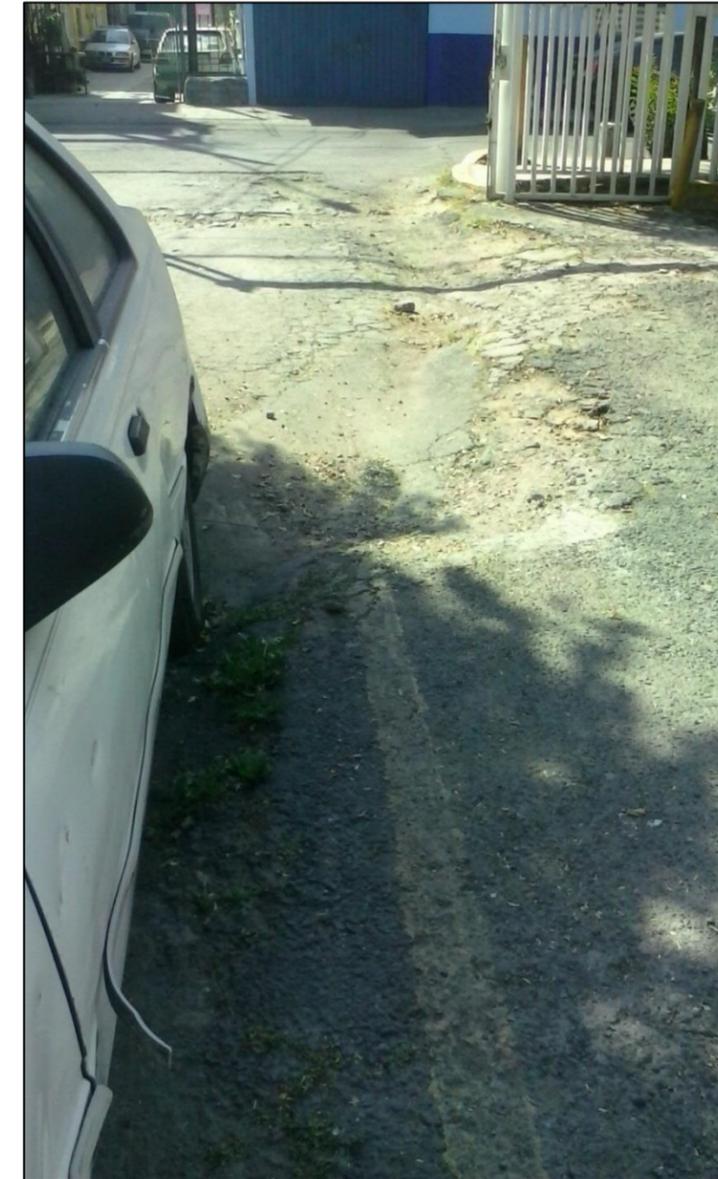


Figura 98. Afectación por grieta en la colonia Agrícola Oriental, manifestándose por una apertura de 1.20 metros y un hundimiento de 20 centímetros.

En base a lo anterior se realizó el mapa multicriterio y de inventario para agrietamientos de la Delegación Iztacalco, basándose en la sumatoria de mapas temáticos (insumos) dándole a cada uno valores los cuales por medio del procesamiento de los sistemas de información geográfica se ponderó, lo que llevó como resultado el siguiente mapa que representa la mayor probabilidad de susceptibilidad del terreno en el que se pueden originar grietas.

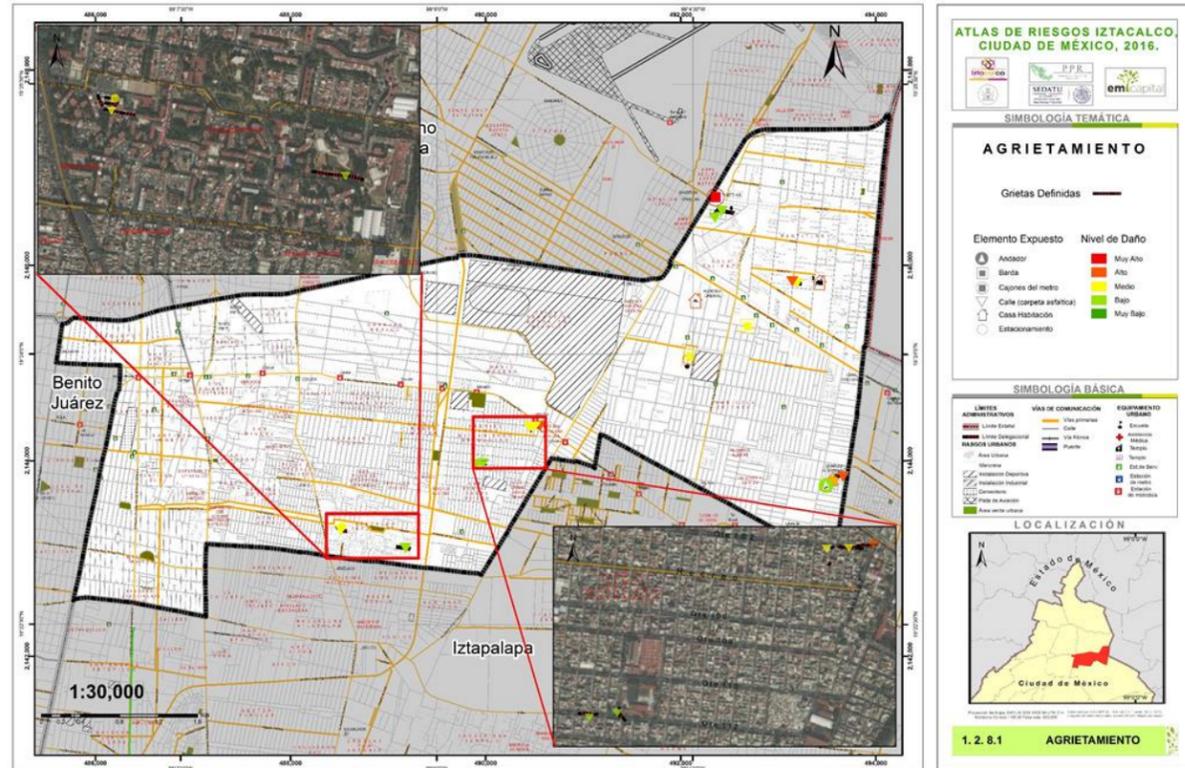


Figura 99. Mapa de peligro por agrietamiento.

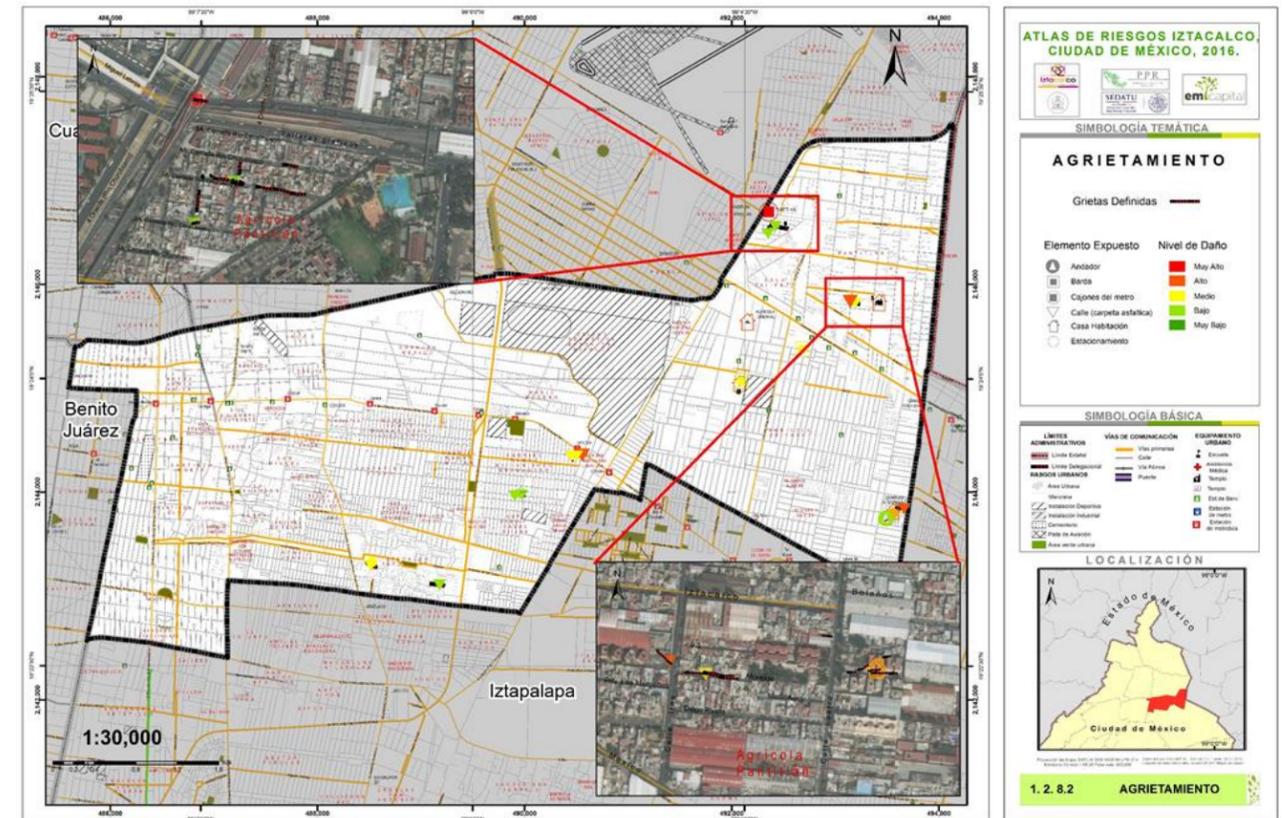


Figura 100. Mapa de peligro por agrietamiento.

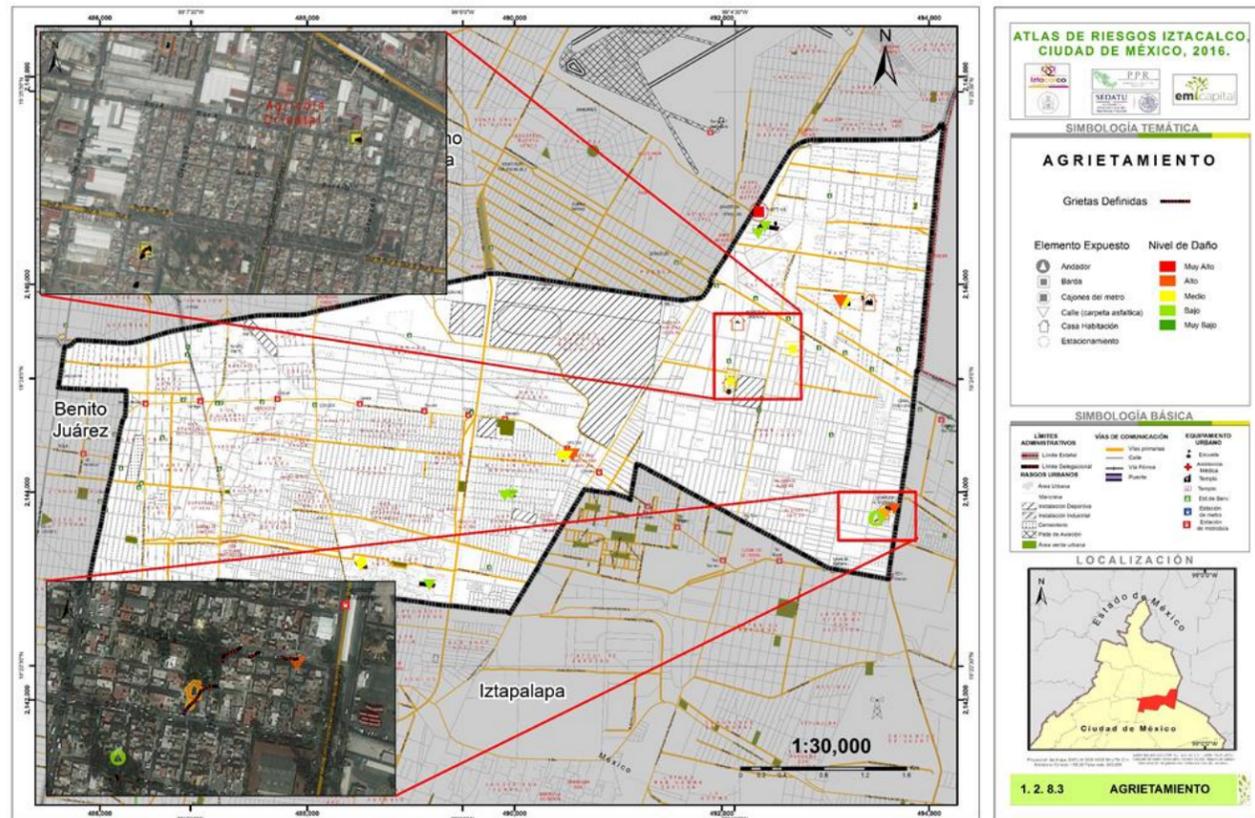


Figura 101. Mapa de peligro por agrietamiento.



Figura 102. Acercamiento a zonas de agrietamiento. Zona centro



Figura 103. Acercamiento a zonas de agrietamiento. Zona este



Figura 104. Acercamiento a zonas de agrietamiento. Zona sureste

## 5.2 Fenómenos Hidrometeorológicos.

Los fenómenos Hidrometeorológicos son causados por variaciones atmosféricas importantes, dando lugar a la ocurrencia de fenómenos intensos que con relativa frecuencia causan daños a la infraestructura de las ciudades y las personas. México por su parte, presenta una marcada heterogeneidad entre sus provincias, esto da a lugar a que en el país se presenten una gran variedad de fenómenos tipificados como Hidrometeorológicos, y aún más complejo, resulta el caso que, en un mismo lugar, se presenten los efectos de fenómenos que pudieran sonar contrarios, pero que dadas las condiciones estacionales, hacen mella en un mismo sitio.

Por ejemplo, como es el caso de la delegación, se pueden presentar grados de peligro considerables por los efectos de las bajas temperaturas, y a su vez, ser un sitio donde las olas de calor repercuten de manera negativa en la salud de las personas.

En el presente apartado, con fundamento metodológico en los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos, 2016 se modelan el peligro de los distintos fenómenos Hidrometeorológicos, se caracteriza la vulnerabilidad de los elementos expuestos y finalmente se representa el riesgo ante cada fenómeno específico.

- **Información Climatológica Base.**

Como elemento base para el análisis de los fenómenos Hidrometeorológicos que componen el presente apartado, se hizo uso de los registros medidos en la red de estaciones climatológicas que administra el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dicha red tiene una cobertura nacional y actualmente cuenta con 3329 (Normales Climatológicas-SMN) estaciones en operación, de un universo de 5187 estaciones que llegó a tener el sistema.

Si bien existen otras redes de medición, como las estaciones meteorológicas automáticas (ESIMES-EMAS) que administra el propio SMN, o la red de estaciones agroclimatológicas automáticas del instituto nacional de Investigaciones forestales, agropecuarias y pecuarias (INIFAP), estas no tienen una cobertura total y densa del territorio nacional, y más aún, un acervo de datos importante que pueda representar la ocurrencia de un fenómeno en un lapso de tiempo que se considere válido.

- **Estaciones Climatológicas Base**

Se localizaron un total de 9 estaciones en operación que inciden en la delegación o que se encuentran en las cercanías de los límites y que además cumplen con un buen acervo de datos homogéneo de 1971 a 2014. A continuación, se muestran las estaciones:

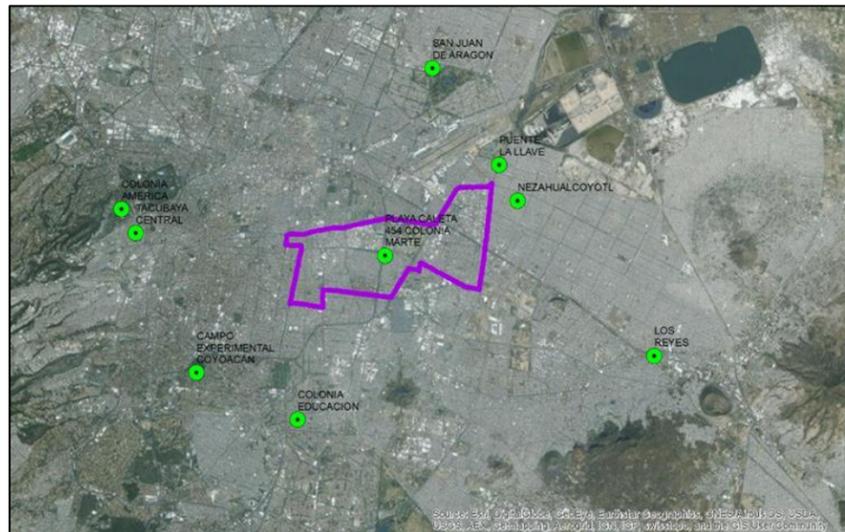


Figura 105. Estaciones Climatológicas Base

Debido a que algunas estaciones no tenían el registro de algunas variables meteorológicas no se usaron las mismas para todos los análisis.

### 5.2.1 Ondas cálidas y gélidas.

Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar daños a la salud de los seres humanos. Como ejemplo se puede citar la ola de calor que causó la muerte de más de 500 personas en julio de 1995 en la ciudad de Chicago, EE.UU. (WHO 2001). Las personas mayores y los niños, son particularmente vulnerables ante la ocurrencia de bajas o altas temperaturas.

Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en períodos de clima extremos como son las olas de calor, y los periodos de bajas temperaturas. En el caso del calor, la letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. En el caso de las bajas temperaturas, los efectos se dan principalmente en problemas respiratorios a la población.



Figura 106. Efecto de las altas y bajas de las temperaturas.

- **Metodología**

Para la delegación Iztacalco, se emprendió un análisis basado en los registros históricos de temperatura máxima diaria y mínima diaria, que se recabaron de las estaciones climatológicas base. A continuación, se describe la metodología empleada en cada peligro y se aclara que para el caso de las **Ondas Cálidas** **corresponde un nivel de análisis 2.** y para **Bajas Temperaturas (Ondas Gélidas)** **un nivel de análisis 1.**

• **Análisis de Peligro por Temperaturas Mínimas, Frentes fríos u Ondas Gélidas**

Con base en los registros diarios de temperaturas mínimas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

- Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores mínimos diarios anuales en el periodo 1971-2014 en las estaciones Base.
- Se filtraron los valores mínimos diarios anuales de cada estación base.
- Dados los valores mínimos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie en él periodo.
- Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW. (Distancia Inversa Ponderada)

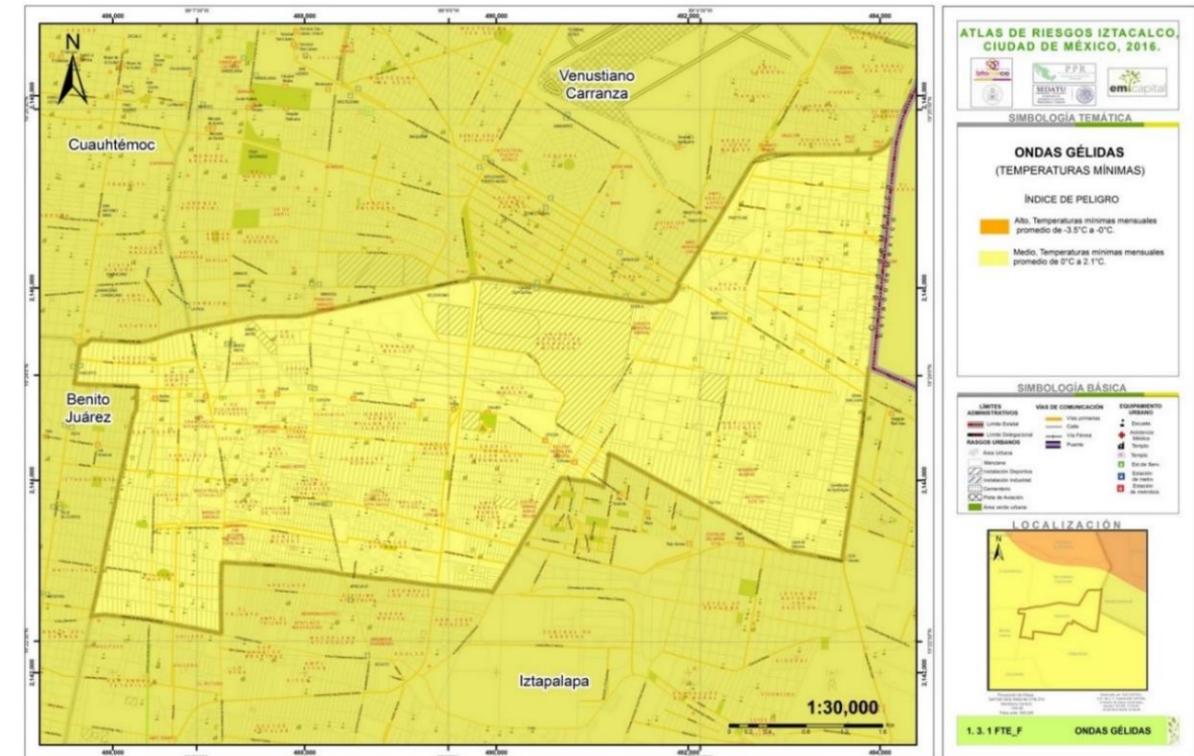
Dada la distribución de las temperaturas mínimas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

**Tabla 50. Ponderación de Peligro por temperaturas mínimas**

NIVEL DE PELIGRO	TEMP. PROM. MÍN. HIST. (°C)
Muy Alto	menores -5
Alto	de 0 a -5
Medio	de 0 a 5
Bajo	de 5 a 10
Muy Bajo	Mayores a 10

Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

La delegación presenta grado de **peligro Medio**.



**Figura 107. Mapa de Ondas Gélidas.**

• **Análisis de Peligro por Temperaturas Máximas, Frentes cálidos u Ondas cálidas**

Con base en los registros diarios de temperaturas máximas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

- Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores máximos diarios anuales en el periodo 1975-2014.
- Se filtraron los valores máximos diarios anuales de cada estación base.
- Dados los valores máximos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie.
- Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW. (Distancia Inversa Ponderada)

Dada la distribución de las temperaturas máximas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

Tabla 51. Ponderación de Peligro por temperaturas máximas

Nivel de Peligro	Temp. Prom. Máx. hist. (°C)
Muy Alto	Mayores a 40
Alto	de 35 a 40
Medio	de 30 a 35
Bajo	de 28 a 30
Muy Bajo	Menores a 28

Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

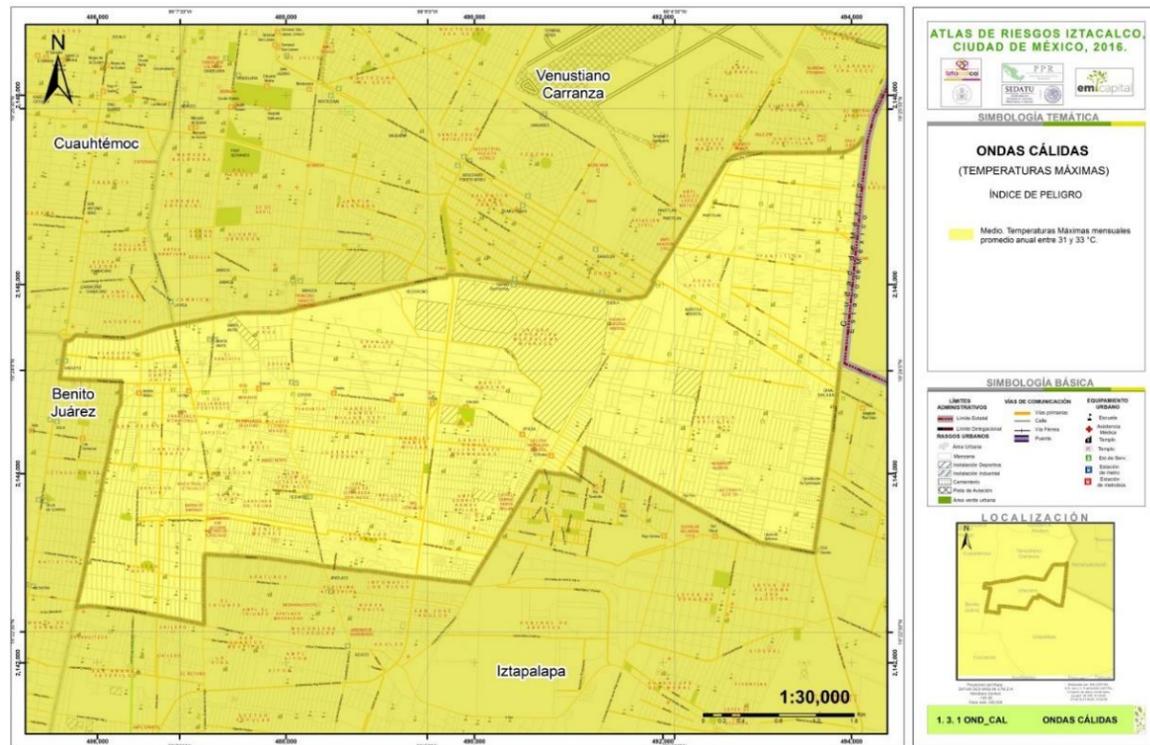


Figura 108. Mapa de Ondas Cálidas.

Obtenida la zonificación de peligro por temperaturas máximas, se generan los periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

Los periodos se calculan con ayuda del programa RETORNO 2.0.

Todo el territorio delegacional se encuentra tipificado como con grado de **peligro medio**.

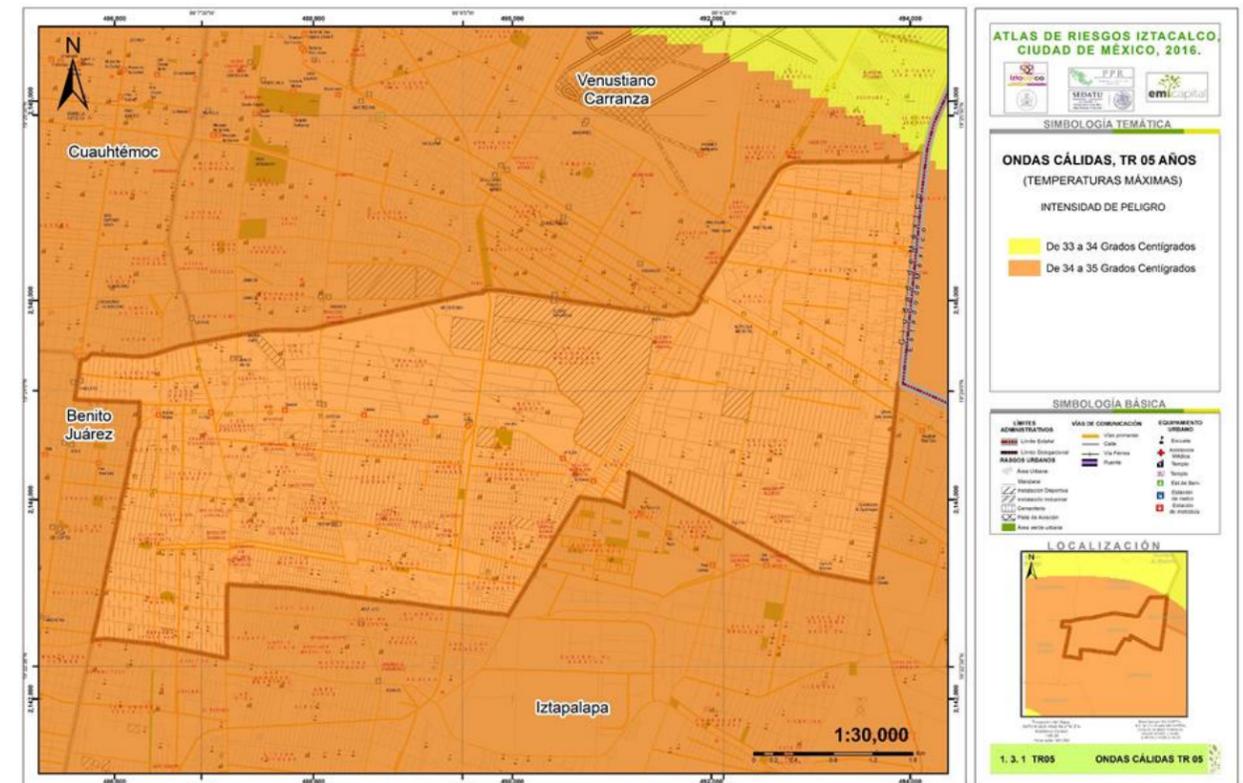


Figura 109. Mapa de Ondas Cálidas Tr=5 años.

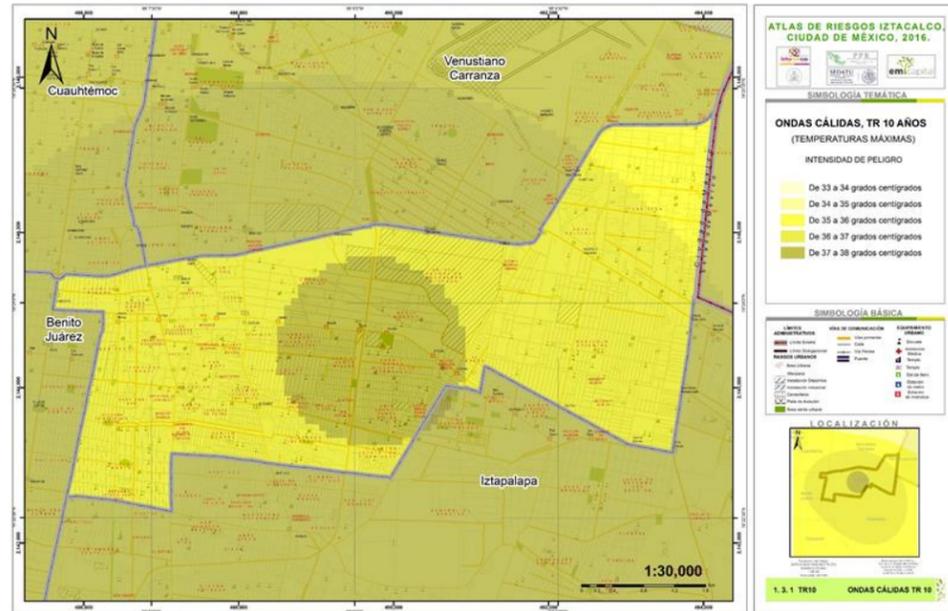


Figura 110. Mapa de Ondas Cálidas Tr=10 años.

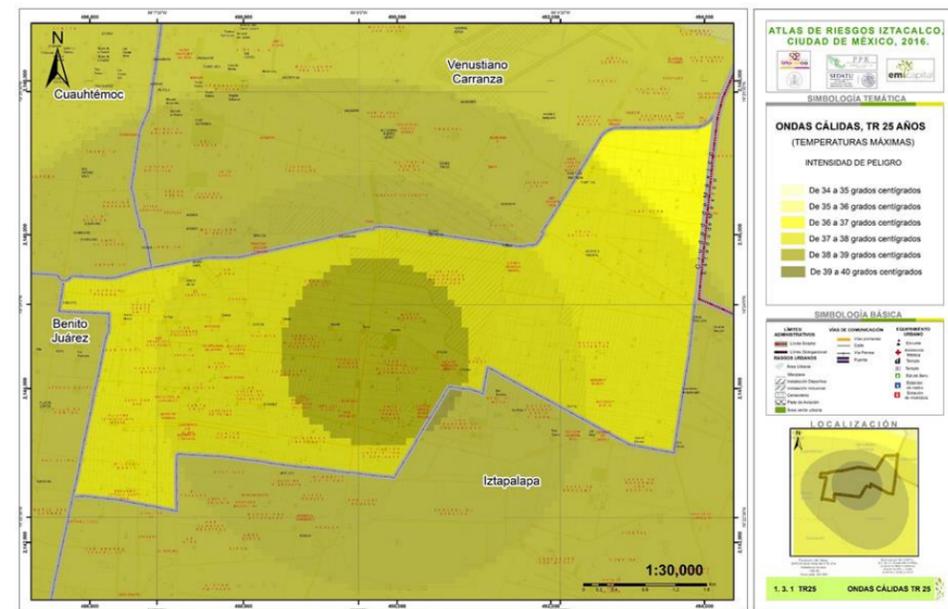


Figura 111. Mapa de Ondas Cálidas Tr=25 años.

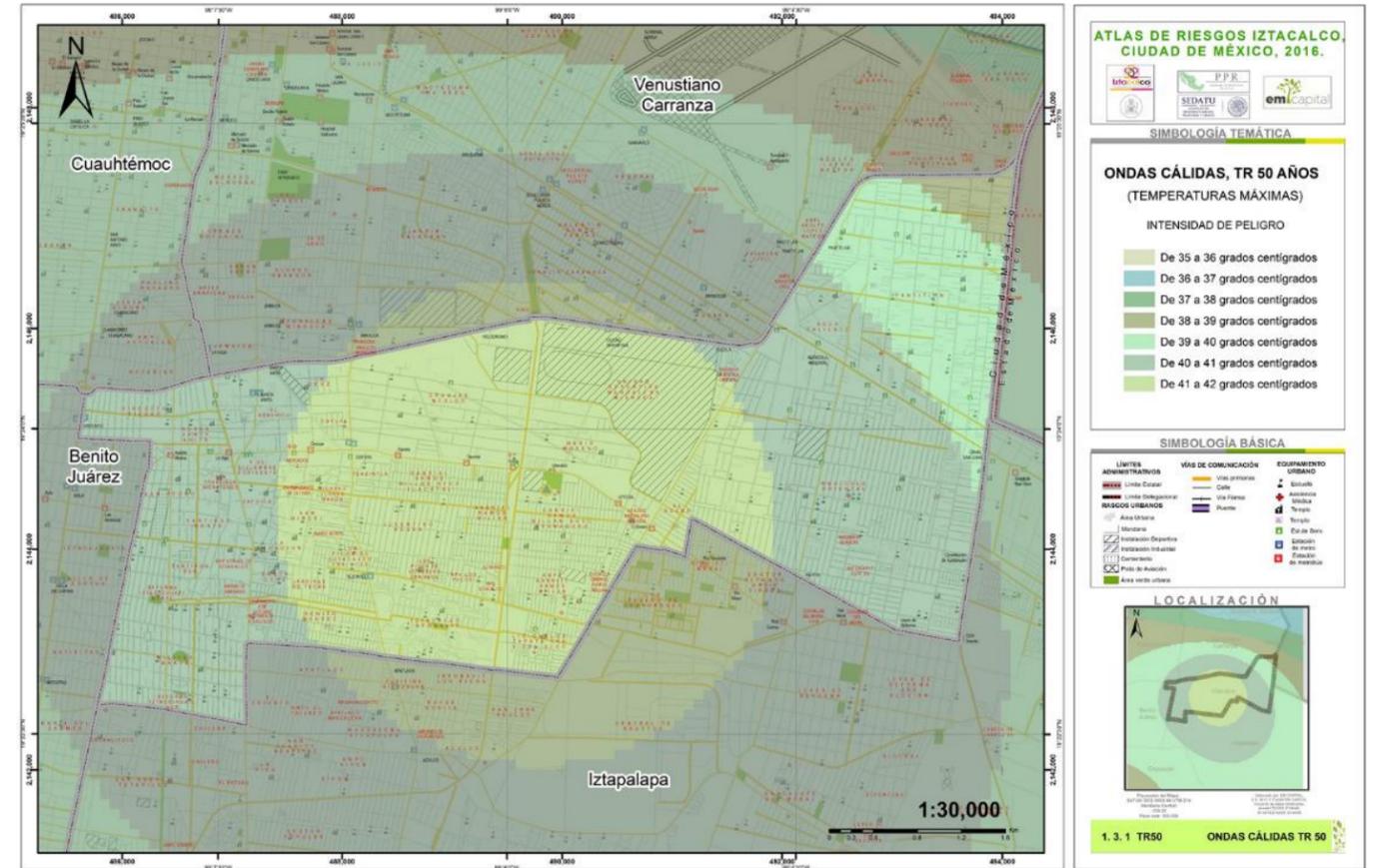


Figura 112. Mapa de Ondas Cálidas Tr=50 años.

### 5.2.2 Sequías.

México es un país muy particular, ya que, si bien en ciertas regiones se pueden registrar altos índices de peligro por inundaciones, en esos mismos espacios geográficos al siguiente año se registran sequías importantes.

A modo de corolario también es importante mencionar que en general podemos encontrar tres tipos de sequía, la meteorológica que es causada en el corto plazo por la ocurrencia de anomalías negativas de precipitación respecto al promedio, la sequía hidrológica que es consecuente con la meteorológica y que en términos generales es la escasez de agua desde las fuentes de consumo, finalmente la sequía económica

que pudiera considerarse secuencial respecto a la hidrológica, y que de manera sintética se describe como las pérdidas económicas derivadas de la falta de agua en sistemas productivos.

• **Metodología**

El mapa de peligro por sequías para la delegación Iztacalco, adoptó a la metodología de **nivel 1**. El desarrollo del análisis se muestra a continuación:

- Para la consecución del análisis de sequía para la delegación se tomaron los valores del Índice estandarizado de precipitación (SPI) a 12 meses que genera el Servicio Meteorológico Nacional y se constituyó una base de datos de 1970 a 2015.
- Dada la base de datos se constituyeron tendencias y medias móviles de las estaciones base.
- Dada la base de datos se constituyeron tendencias y medias móviles de las estaciones base.
- Establecida la escala de valores SPI, se realizó un análisis de frecuencia de valores, teniendo como objetivo el % de datos de una serie que tienen valores menores a -1.3 de SPI.

Valor de SPI	Condición
$\geq 2.0$	Excepcionalmente Húmedo
1.60 a 1.99	Extremadamente Húmedo
1.30 a 1.59	Muy Húmedo
0.80 a 1.29	Moderadamente Húmedo
0.51 a 0.79	Ligeramente Húmedo
-0.50 a 0.50	Cercano a lo Normal
-0.79 a -0.51	Ligeramente Seco
-1.29 a -0.80	Moderadamente Seco
-1.59 a -1.30	Muy Seco
-1.99 a -1.60	Extremadamente Seco
$\leq -2.0$	Excepcionalmente Seco

Figura 115. Condición del terreno según SPI

- Conociendo la frecuencia de valores de SPI que presentan condiciones de Muy seco a excepcionalmente seco se tipificó a la zona como de peligro bajo, ya que presenta probabilidades de ocurrencia de SPI menores -1.3 que oscilan entre 6 y 9%.

La totalidad de la delegación se encuentra clasificada como con un **peligro bajo** de ocurrencia de sequías.

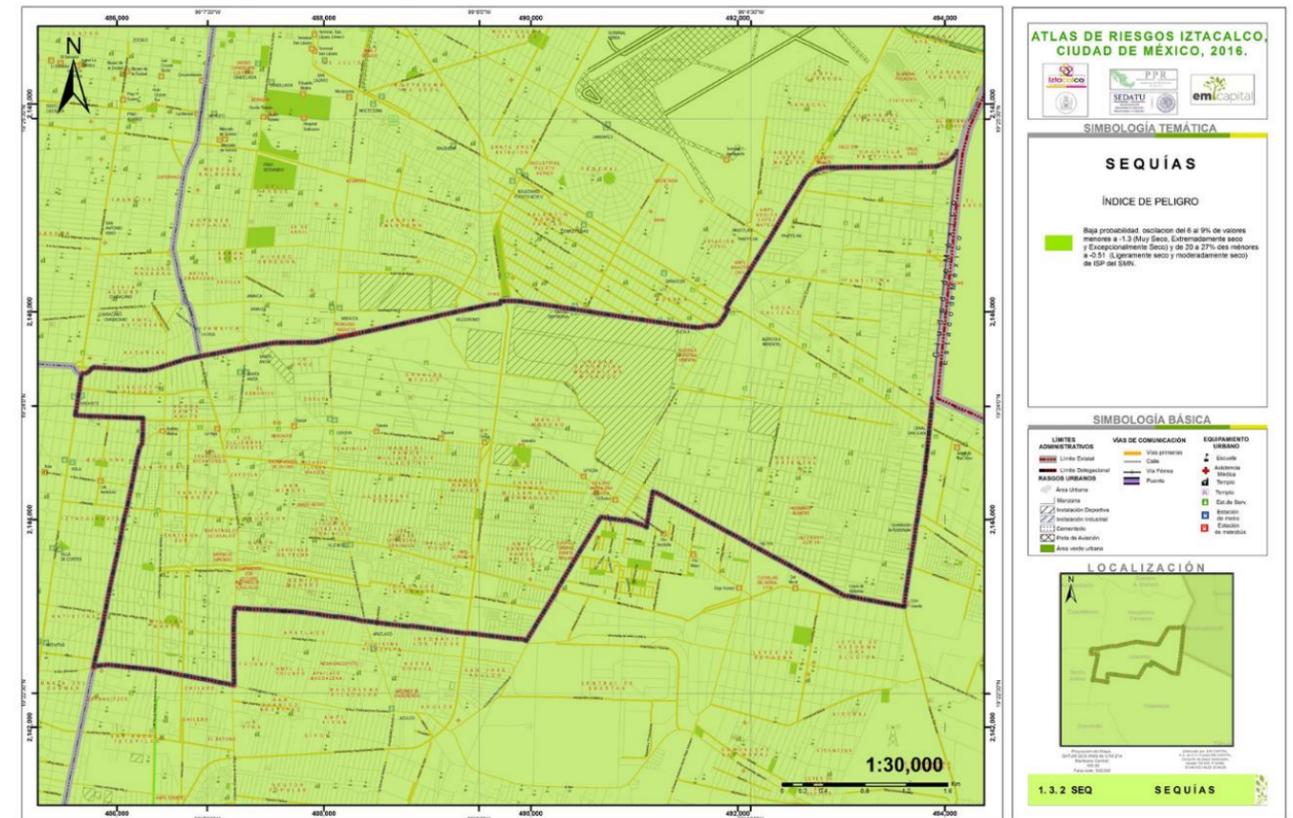


Figura 113. Mapa de peligro por Sequías.

5.2.3. Heladas.

Las heladas son un fenómeno climatológico que consiste en el descenso de temperatura ambiente a niveles inferiores del punto de congelación del agua, ocasionando que el agua que se encuentra en el ambiente se deposite en las superficies en forma de hielo. Sus efectos se manifiestan en pérdidas de productividad laboral, siembras y plantaciones agrícolas, así como daños a la ganadería.

Las heladas también causan daños y en ocasiones la muerte a personas de escasos recursos económicos; en las poblaciones urbanas es común que se presente la ruptura de tuberías de conducción de agua al congelarse.

Para que se inicie una helada se requiere de una invasión de aire frío polar, corrientes de chorro y/o frentes fríos, acompañados de condiciones despejadas sin viento, durante las cuales la tierra y el aire en contacto con ellos descienden su temperatura por irradiación; la acumulación de hielo en las plantas durante una helada es consecuencia de la congelación del vapor de agua que se condensa en el follaje. Durante una helada debido a la falta de humedad, no llegan a producirse precipitaciones de cristales de hielo.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, las heladas son un fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C (medida a una altura de 1.50 metros) durante un intervalo de tiempo mayor a cuatro horas. Una condición observada, consiste en que si a las 18:00 horas se tienen condiciones de cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3°C, existe una alta probabilidad de que se presente una helada.

Las heladas en México son un fenómeno muy frecuente. Para el análisis de este fenómeno, se adoptó a la metodología de **nivel 1**.

- **Metodología**

Se constituyó una base de datos de temperaturas mínimas.

Se cuantificaron el número de datos anuales en los que la temperatura fue igual o menor a 0° centígrados.

Dada la serie de datos se establecieron los valores medios históricos por estación base.

Se interpolaron los valores de heladas anuales mediante la función IDW.

Se tipificaron los niveles de peligro según la ocurrencia de eventos de heladas.

La totalidad del territorio delegacional se identifica como con un **muy bajo peligro** por heladas.

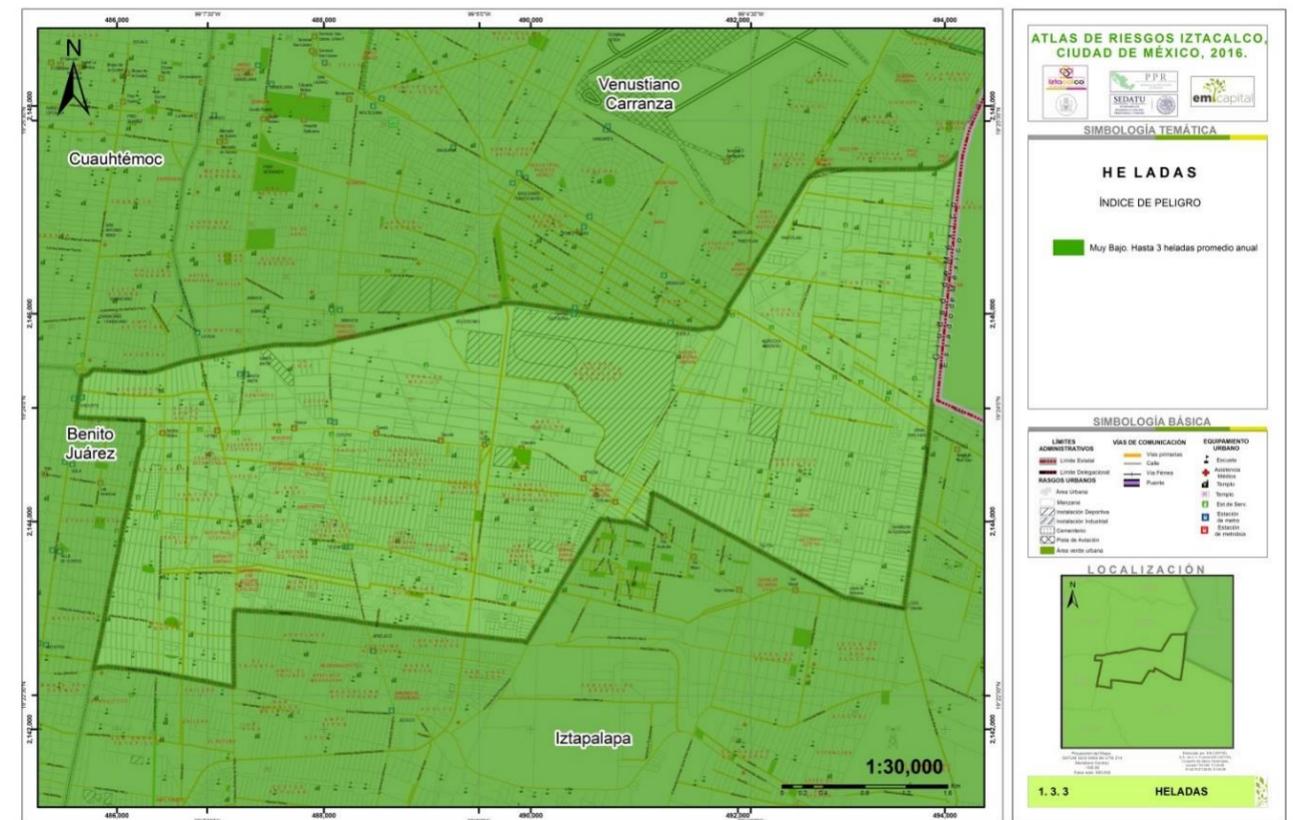


Figura 114. Mapa de Heladas.

### 5.2.4 Tormentas de granizo.

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría.

En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.



Figura 115. Granizo dimensiones y estructura

- **Metodología**

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas de Granizo para la delegación, se adoptó a la metodología de **nivel 1** descrita en los “Reminos de Referencia para Elaboración de Atlas de peligros y/o Riesgos 2016”.

Los registros de tormentas de granizo se plasman por ocurrencia del evento, es decir, si granizó, se registra “1” y si no granizó “0”, de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

- Se constituye una base de datos de ocurrencia de granizadas en las estaciones base.
- Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de granizada anuales, en el periodo homologado de 1971 a 2014.
- Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de granizadas.
- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

Tabla 52. Ponderación de Peligro por tormentas de granizo

Nivel de Peligro	Granizadas Anuales
Muy Alto	Mayores a 6
Alto	4-6
Medio	2-4
Bajo	1-2
Muy Bajo	0-1

- Consecuentemente se tipifican los niveles de peligro.

La totalidad del territorio delegacional se encuentra tipificado como de **bajo peligro** por tormentas de granizo.



Figura 116. Mapa de Tormentas de Granizo.

### 5.2.5 Tormentas de nieve.

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras principalmente, durante el invierno.

Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación, estas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.

Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México.

Debido a que la Delegación se encuentra en la zona más baja de la Ciudad de México (2 240 m.n.n.m) y se encuentra alejada de las sierras, este fenómeno tiene muy pocas o nulas probabilidades que se desarrolle, **NO APLICA**.

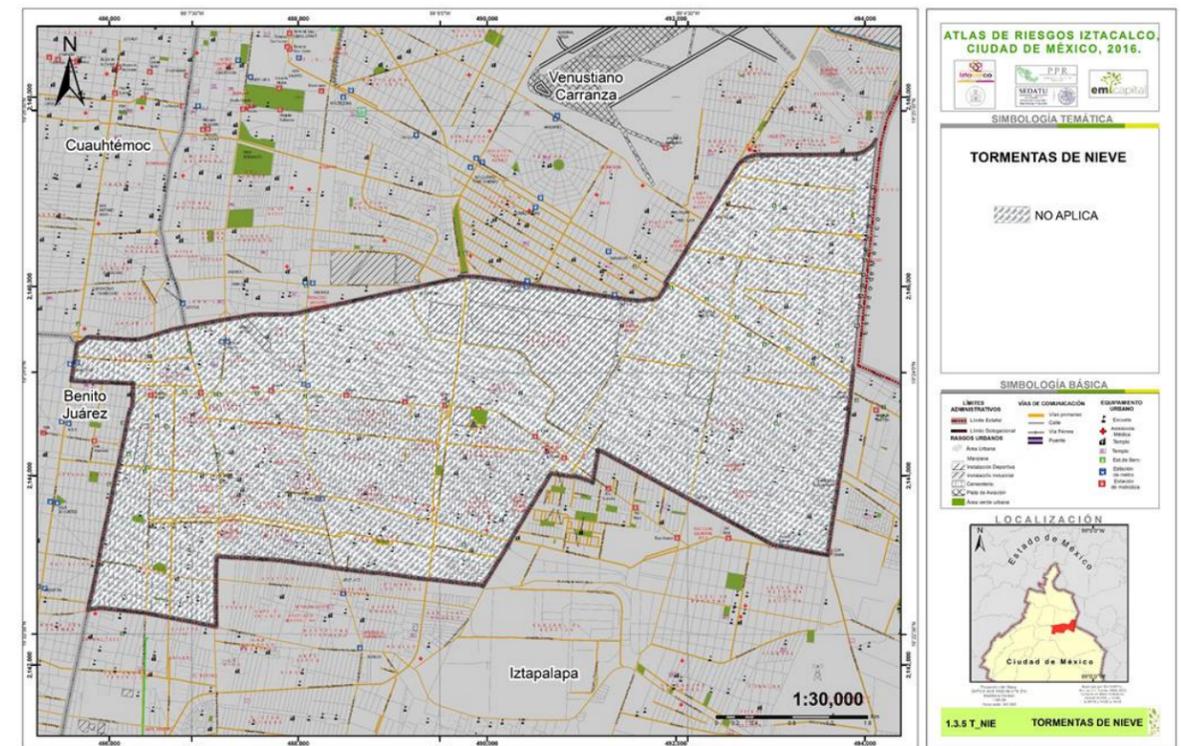


Figura 117. Peligro por tormentas de nieve

### 5.2.6 Ciclones tropicales.

El huracán es el más severo de los fenómenos meteorológicos conocidos como ciclones tropicales. Estos son sistemas de baja presión con actividad lluviosa y eléctrica cuyos vientos rotan antihorariamente (= en contra de las manecillas del reloj) en el hemisferio Norte. Un ciclón tropical con vientos menores o iguales a 62 km/h es llamado depresión tropical. Cuando los vientos alcanzan velocidades de 63 a 117 km/h se llama tormenta tropical y, al exceder los 118 km/h, la tormenta tropical se convierte en huracán.

Una de las diferencias principales entre los tres tipos de ciclones tropicales es su organización. La depresión tropical agrupa nubosidad y lluvia, pero las bandas espirales no están bien delimitadas. La tormenta tropical es un sistema atmosférico con una mejor estructura, con bandas convergentes hacia el centro del sistema. El huracán por su parte es un sistema totalmente organizado en toda la troposfera con bandas de lluvia bien delimitadas.

El huracán produce dos tipos de efectos desde el punto de vista técnico: el efecto directo es cuando una región específica es afectada por vientos, lluvia y marejada generados por el huracán; el efecto indirecto, incluye únicamente uno o dos de los anteriores efectos.

La escala Saffir-Simpson define y clasifica la categoría de un huracán en función de la velocidad de los vientos del mismo. La categoría 1 es la menos intensa (vientos de 119 a 153 km/h); la categoría 5 es la más intensa (vientos mayores que 250 km/h). La categoría de un huracán no está relacionada necesariamente con los daños que ocasiona. Los huracanes categorías 1 ó 2 pueden causar efectos severos dependiendo de los fenómenos atmosféricos que interactúen con ellos, el tipo de región afectada y la velocidad de desplazamiento del huracán. Los huracanes de categoría 3,4, o 5 son considerados como severos.

Tabla 53. Categoría de intensidades de Ciclones.

Escala Saffir-Simpson	
Categoría	Rango de velocidad de los vientos (kilómetros por hora)
1	119-153
2	154-177
3	178-209
4	210-250
5	mayor de 250

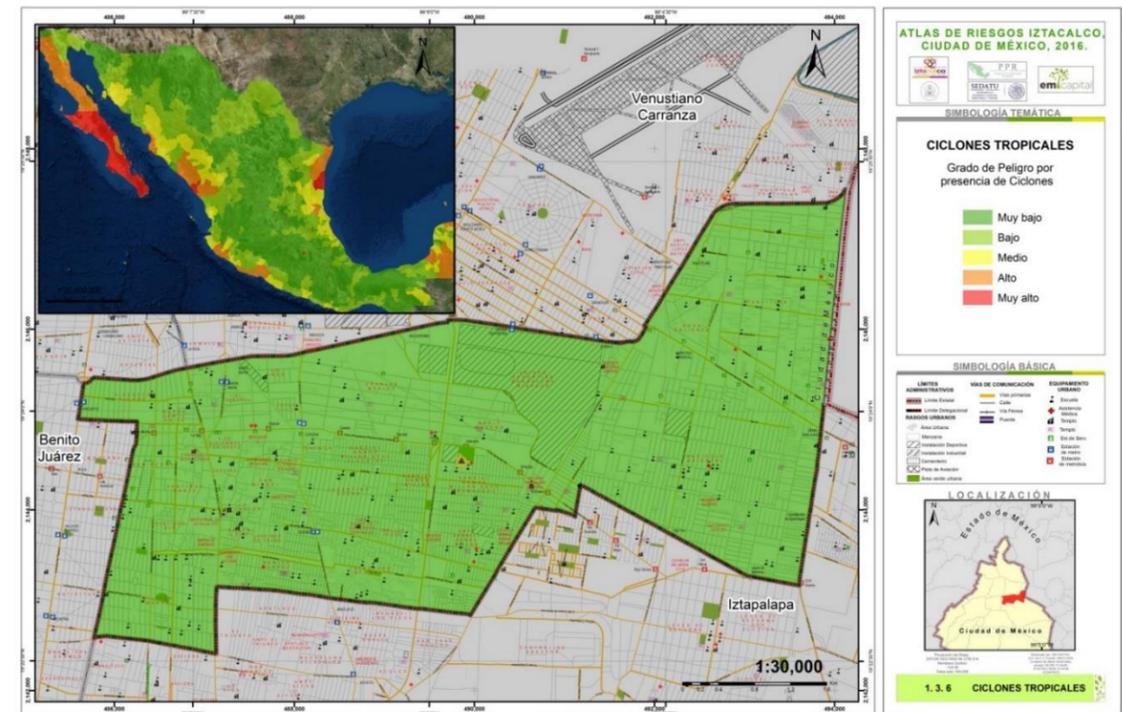


Figura 118. Mapa de Ciclones.

Para la Ciudad de México este fenómeno tiene muy pocas probabilidades de desarrollo, debido a que los ciclones se originan en los océanos y pierden intensidad tocando tierra o bien en las costas tanto del Pacífico y Atlántico. Las regiones terrestres de la República Mexicana donde se ven más afectadas son en la Península de Baja California y en la Península de Yucatán, más sin embargo otras regiones cada año se ven afectadas por las intensas lluvias que provocan los huracanes, Iztacalco no es la excepción, por lo que se puede decir que en el territorio Delegacional no tiene tal fenómeno, sin embargo es afectado por sus efectos secundarios de los huracanes, las cuales son las lluvias intensas, **NO APLICA**.

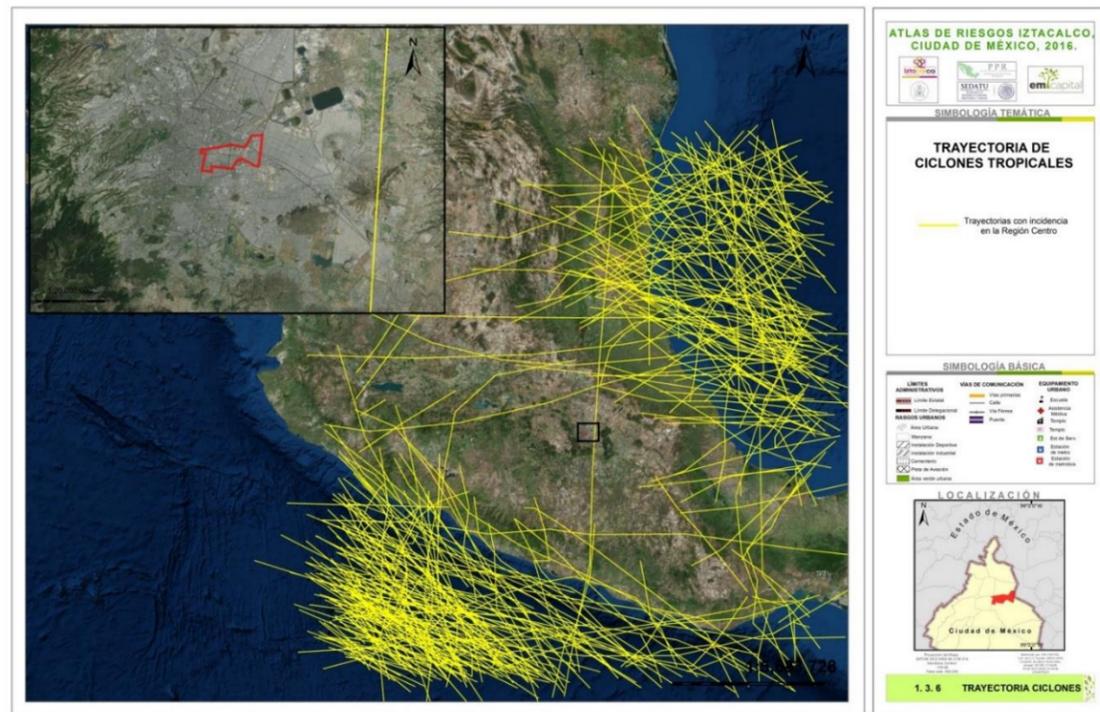


Figura 119. Mapa de las trayectorias de los Ciclones.

### 5.2.7 Tornados.

El tornado es una violenta columna rotativa de aire en movimiento. Esta formación está en contacto simultáneamente con una nube y con la tierra, y puede alcanzar una velocidad de más de 480 kilómetros por hora, con una extensión de más de 1,5 kilómetros. El remolino inicial es la columna descendente de aire frío que precede a una nube y que da origen a otro torbellino, pero de aire caliente. El embudo es el cono invertido que aparece cuando se condensa la humedad de la columna de aire caliente.

Entre las características más significativas que pueden definir a un tornado se encuentran el que suelen tomar forma de embudo, que tienen la particularidad de que pueden verse oscurecidos por nubes de polvo o humo y que pueden presentarse en una gran variedad cromática, incluso pueden ser transparentes.

La zona donde los tornados se producen con mayor frecuencia se encuentra en Estados Unidos y se conoce como Tornado Alley (entre las Montañas Rocosas y los Montes Apalaches). A pesar de que antes se consideraba un fenómeno exclusivo de Estados Unidos, han existido fenómenos aislados en México como el ocurrido en la madrugada del 25 de mayo del 2015 en Ciudad Acuña Coahuila, sin embargo, en la

Delegación Iztacalco nunca han existido estos eventos, además de que las condiciones meteorológicas, así como el terreno no favorecen al fenómeno, por lo tanto. **NO APLICA.**

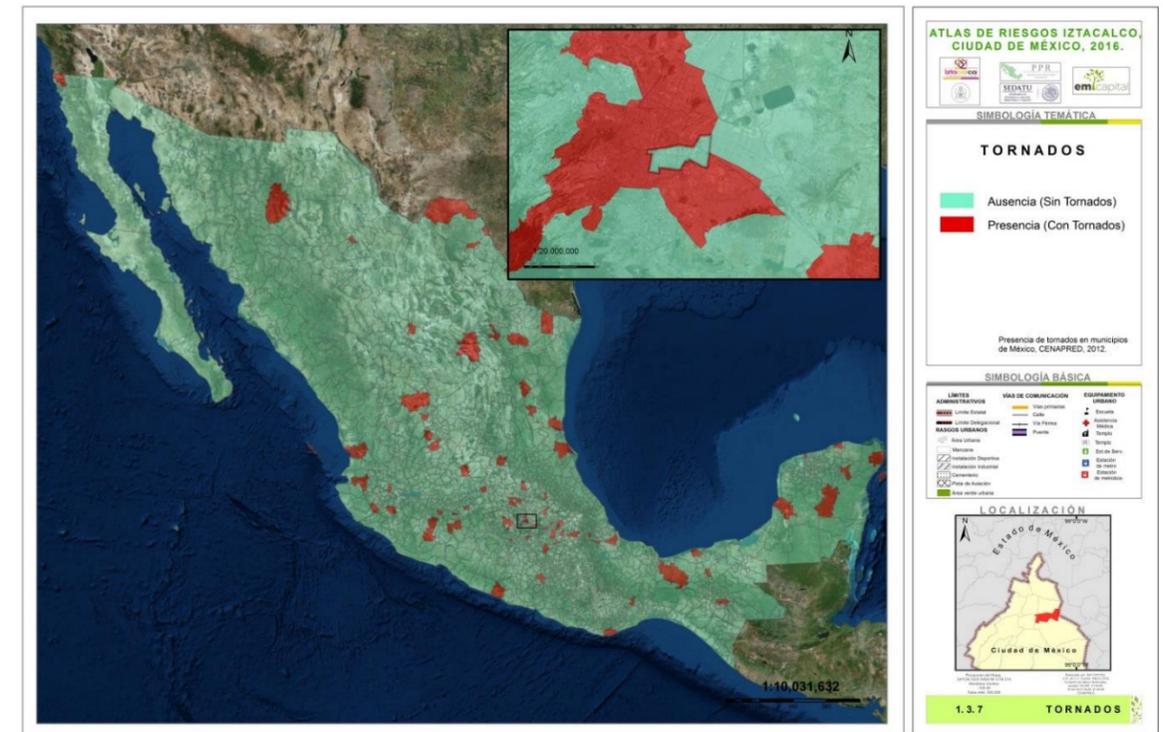


Figura 120. Mapa de Tornados.

### Tormentas polvo.

Una tormenta de polvo o tormenta de arena es un fenómeno meteorológico, que consiste en el desplazamiento masivo de arena por acción del viento., común en regiones áridas y semiáridas. Las tormentas de arenas se desarrollan cuando hay vientos intensos en una región de suelo arenoso que atraviesa una prolongada sequía.

Al desplazarse grandes cantidades de arena, que terminan depositándose sobre otro suelo, estas provocan dificultades en la ganadería y la agricultura, pueden reducir la visibilidad a cero, imposibilitando la realización de viajes, y llevarse volando la capa superior del suelo. Las partículas pequeñas quedan suspendidas, mientras que las grandes continúan moviéndose y generando la impresión de una inmensa nube que se mueve conforme a la velocidad del aire. La erosión y la deforestación son problemas que han agravado la fuerza de estos fenómenos.

En México no ocurre debido a que debe existir una conjunción entre fuertes vientos y una alta cantidad de sedimentos, por lo tanto, **NO APLICA**.



Figura 121. Peligro por tormentas de polvo

### 5.2.8 Tormentas eléctricas.

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Asimismo, el desarrollo económico y poblacional de las ciudades hace posible que ocurran con mayor frecuencia efectos negativos generados por tormentas eléctricas (García, et al., 2007), por lo que es necesario implementar las medidas necesarias que minimicen sus efectos.

#### • **Características de Las Tormentas Eléctricas**

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas.

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella. El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos.

El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Un rayo alcanza una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados en una fracción de segundo. El aire caliente provoca que éste se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido llamado trueno, éste viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

- Nube-aire. La electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
- Nube-nube. El rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
- Nube-suelo. Las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

#### - **Metodología**

El mapa de peligro por Tormentas Eléctricas para la delegación Iztacalco, adoptó a la metodología de **nivel 1**. Al igual que las tormentas de granizo, los registros de tormentas eléctricas se plasman por ocurrencia del evento, es decir, si hubo tormenta eléctrica, se registra "1" y si no, "0", de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

- Se constituye una base de datos de ocurrencia de tormentas eléctricas en las estaciones base.

- Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de tormentas eléctricas anuales, en el periodo homologado de 1971 a 2013.
- Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de tormentas eléctricas.
- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.
- Se calculan periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años con lo que consecuentemente se tipifican los niveles de peligro.

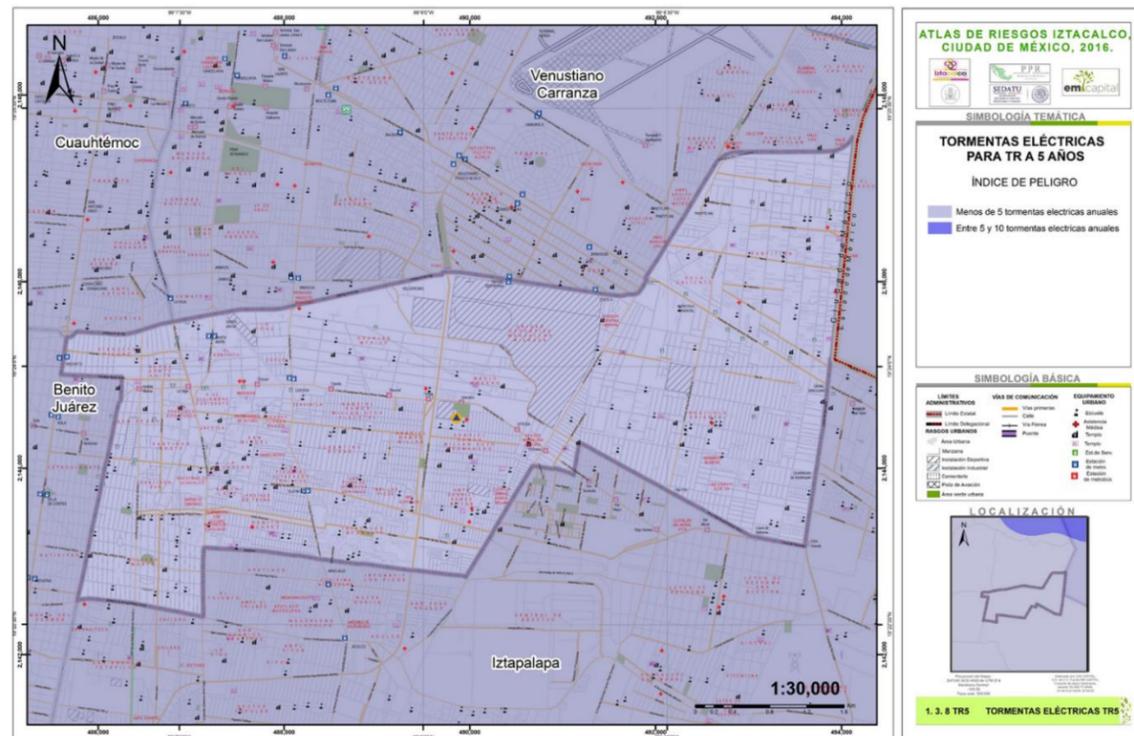


Figura 122. Mapa de Tr = 5 años para tormentas eléctricas.

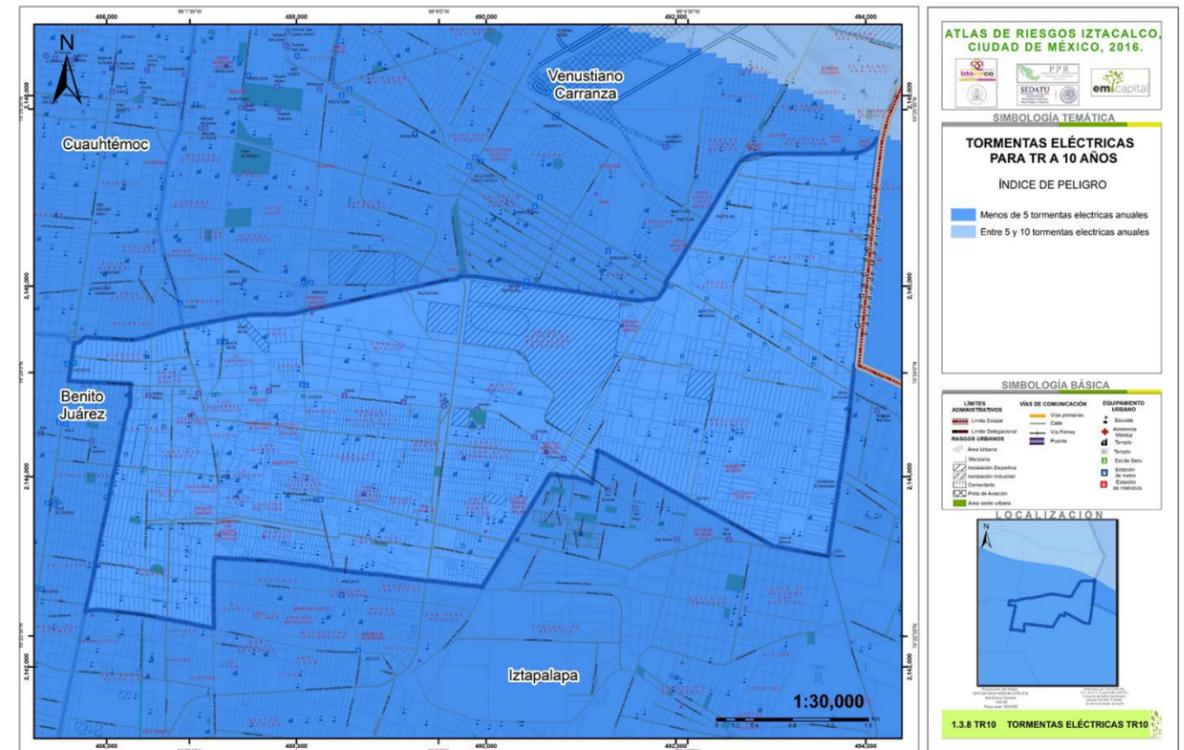


Figura 123. Mapa de Tr = 10 años para tormentas eléctricas.

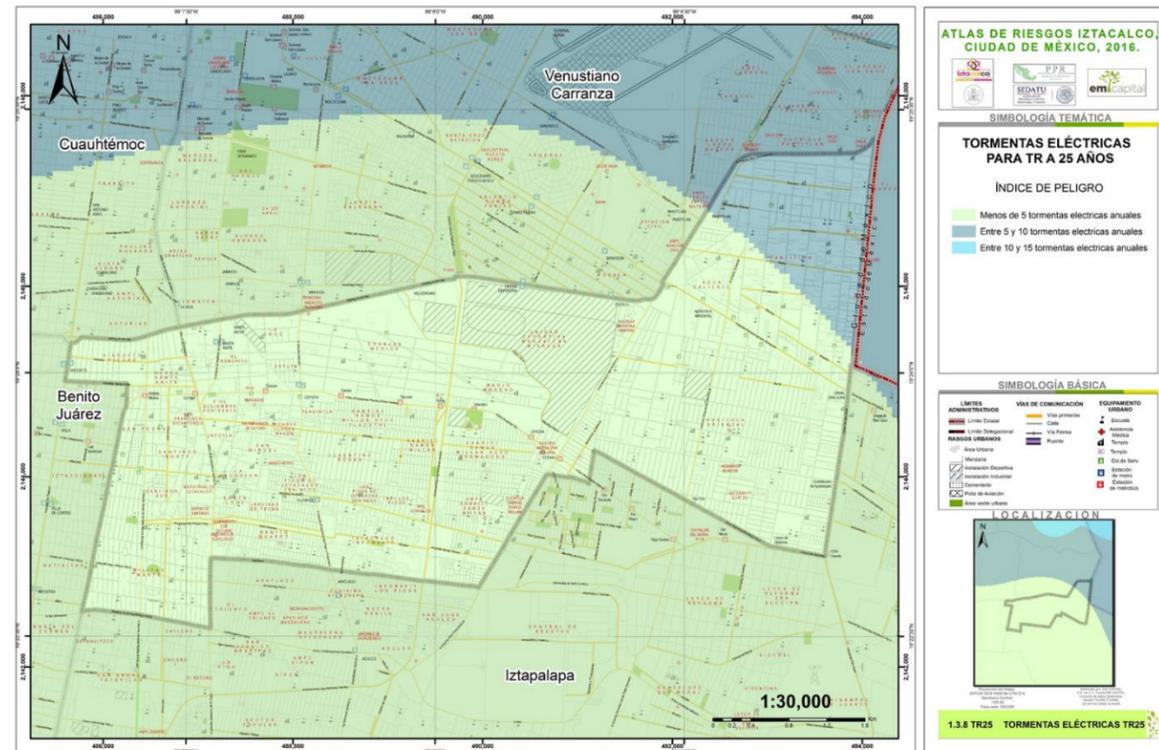


Figura 124. Mapa de Tr = 25 años para tormentas eléctricas.

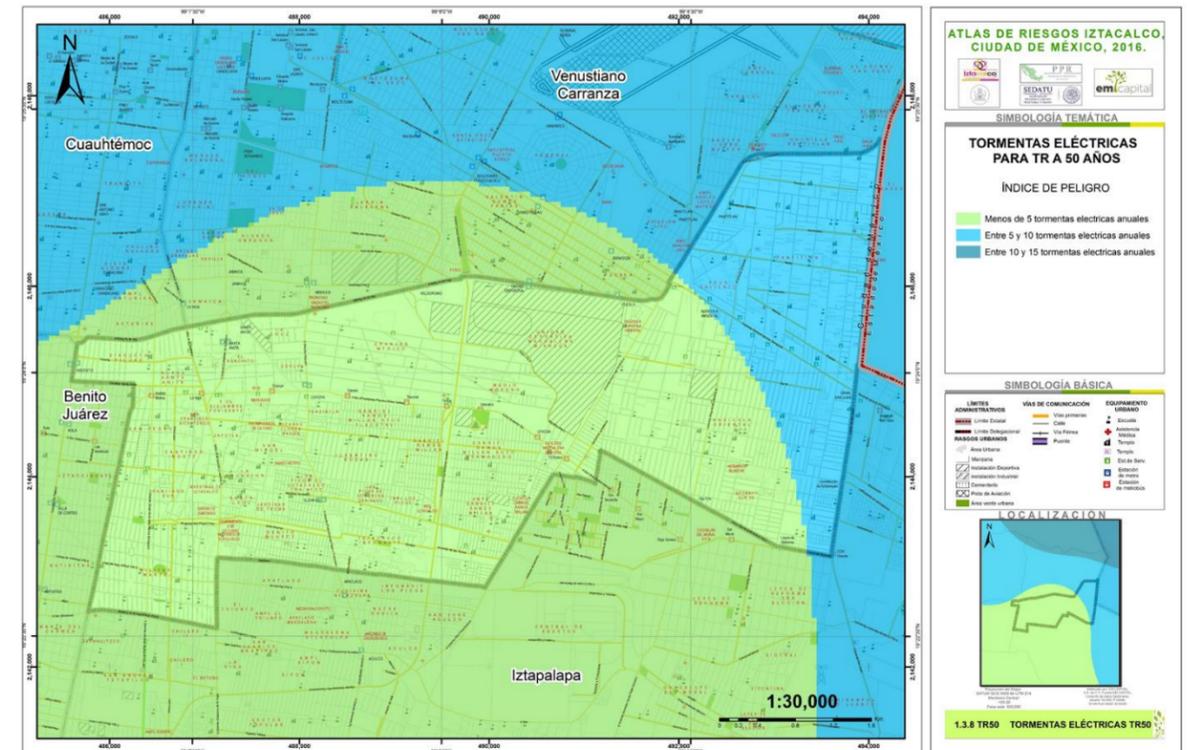


Figura 125. Mapa de Tr = 50 años para tormentas eléctricas.

Tabla 54. Ponderación de Peligro por tormentas eléctricas

Nivel de Peligro	Tormentas Eléctricas Anuales
Muy Alto	Mayores a 8
Alto	6-8
Medio	4-6
Bajo	2-4
Muy Bajo	Menos de 2

Finalmente se tipifican los niveles de peligro

Casi la totalidad del territorio delegacional se encuentra tipificado como de **bajo peligro** por tormentas eléctricas, solo una porción pequeña el flanco derecho es tipificado como de muy bajo peligro.

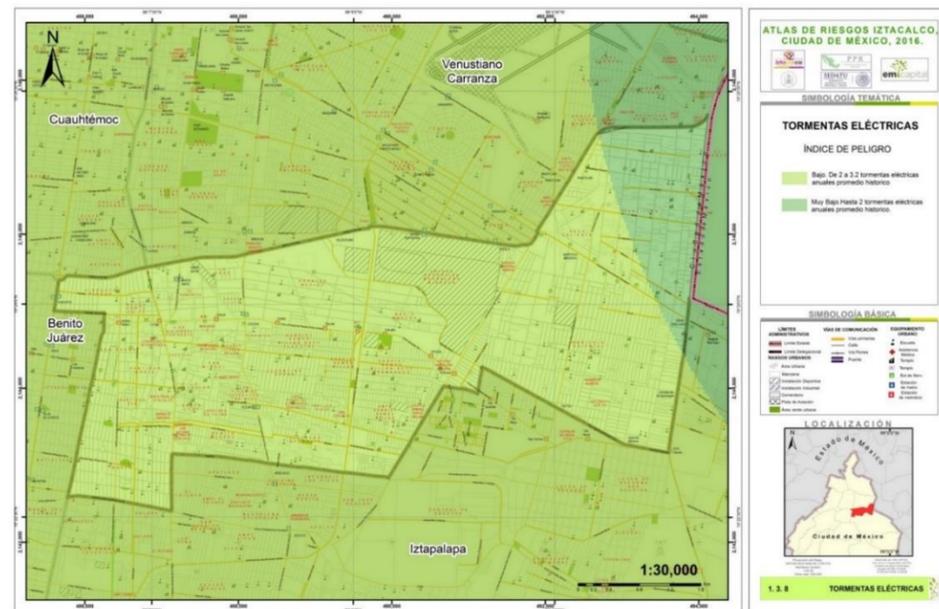


Figura 126. Mapa de Tormentas Eléctricas.

### 5.2.9 Lluvias extremas.

Las precipitaciones intensas o lluvias extremas son eventos hidrometeorológicos extremos de gran intensidad, baja frecuencia temporal y aparente distribución espacial irregular, que provocan peligros naturales del tipo geomorfológico, como pueden ser los procesos de erosión superficial, procesos de remoción de masas, inundaciones fluviales, arroyamiento torrencial, y cambios en los cauces y en las llanuras aluviales, que desencadenan desastres afectando a las poblaciones (Bergueria y Lorente).

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas extremas para la delegación Iztacalco, se adoptó la metodología de nivel 2 descrita en los Términos de referencia para la elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos 2016. De manera inicial se realizó un análisis de amenaza por lluvia, mediante la identificación bibliográfica y levantamiento en campo de las zonas en donde se han registrado en los últimos años las principales afectaciones por este fenómeno, la distribución de estas afectaciones es homogénea derivado de que gran parte de la delegación se asienta sobre zonas del antiguo lago de Texcoco.

Aunque la cobertura del servicio de drenaje en la Delegación es del cien por ciento; los problemas que se presentan son básicamente encharcamientos en el periodo de lluvias, provocado por diversas causas, como son: tuberías que han rebasado su vida útil y que presentan fallas continuas o insuficiencia en su capacidad de desalojo por haberse diseñado para una determinada población de proyecto y finalmente por la sobre explotación del acuífero que ha ocasionado hundimientos del subsuelo y con ello desplazamiento

en algunos tramos de los colectores y el funcionamiento en contra flujo de los mismos. Estos se presentan durante lluvias intensas. En general la delegación no presenta problemas graves para el desalojo de las aguas negras y pluviales, tratándose sobre todo de encharcamientos temporales en puntos definidos. La infraestructura con la que cuenta la Delegación para el desalojo de las aguas residuales y pluviales está integrada por los sistemas de colectores (época de estiaje) y el Sistema de Drenaje Profundo (época de lluvias). Con el fin de subsanar algunos problemas de encharcamientos es necesario realizar trabajos de mantenimiento en las plantas de bombeo de aguas negras que existen en la delegación.

De este análisis de amenaza por lluvia destaca un punto en la porción norte de la delegación, dentro de la colonia Granjas México, que en fechas recientes presento serios problemas de inundación como consecuencia de una lluvia atípica, impidiendo de manera parcial el desarrollo de las actividades cotidianas, este punto además es considerado como una zona estratégica ya que es el sitio donde se encuentre al Hospital General del IMSS Zona 2-A Troncoso.

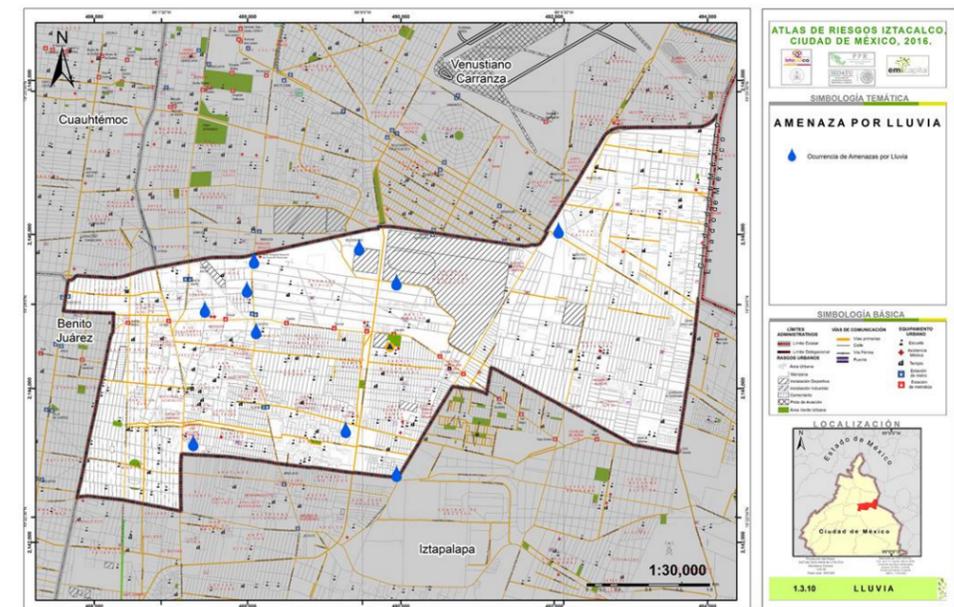


Figura 127. Mapa de Amenaza por Lluvia extrema

Como parte de la metodología nivel 2 que se adoptó para el análisis del peligro por lluvias extremas, es preciso estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, es decir, extrapolar y tratar de prever posibles daños ante la ocurrencia de eventos de lluvia extraordinarias. Para este análisis se emplearon los datos de isoyectas de intensidad de lluvias para periodos de retorno de CENAPRED.

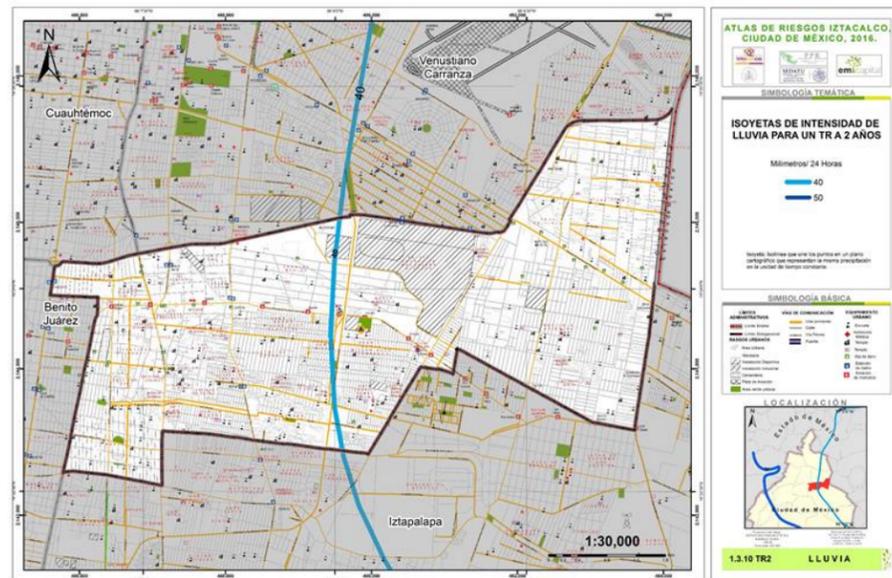


Figura 128. Intensidad de lluvias para Tr = 2 años

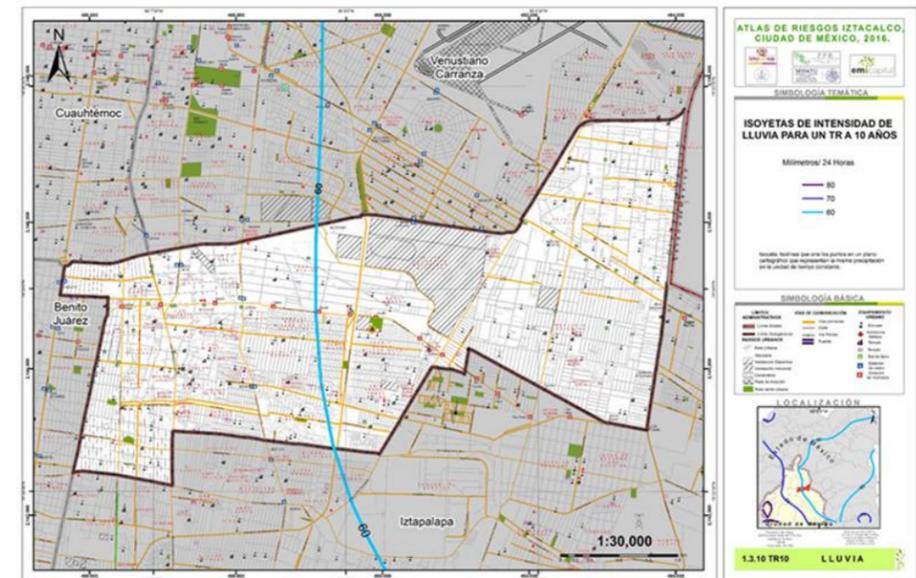


Figura 130. Intensidad de lluvias para Tr = 10 años

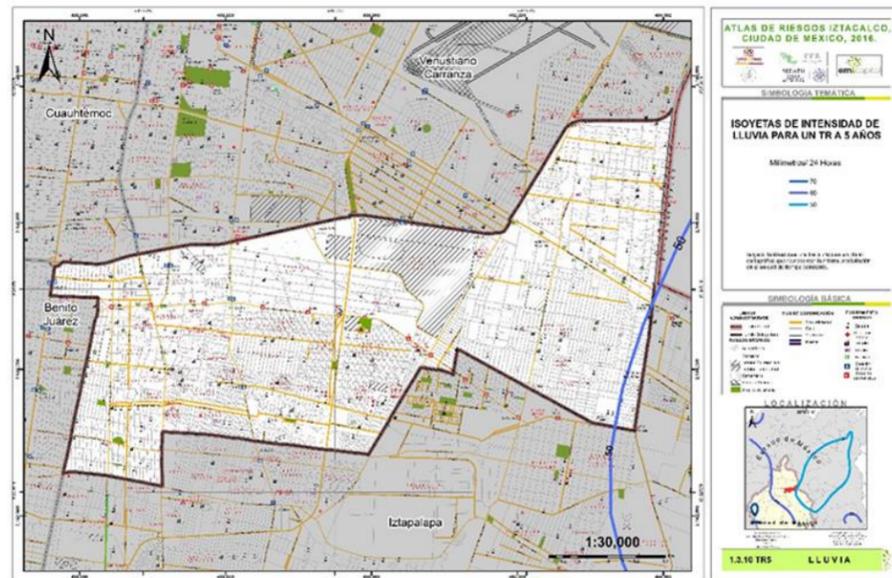


Figura 129. Intensidad de lluvias para Tr = 5 años

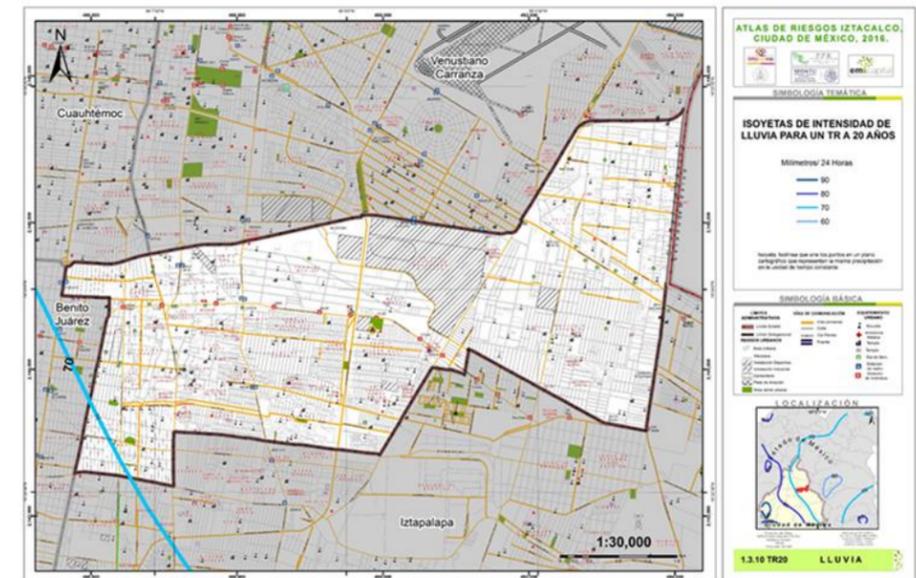


Figura 131. Intensidad de lluvias para Tr = 20 años

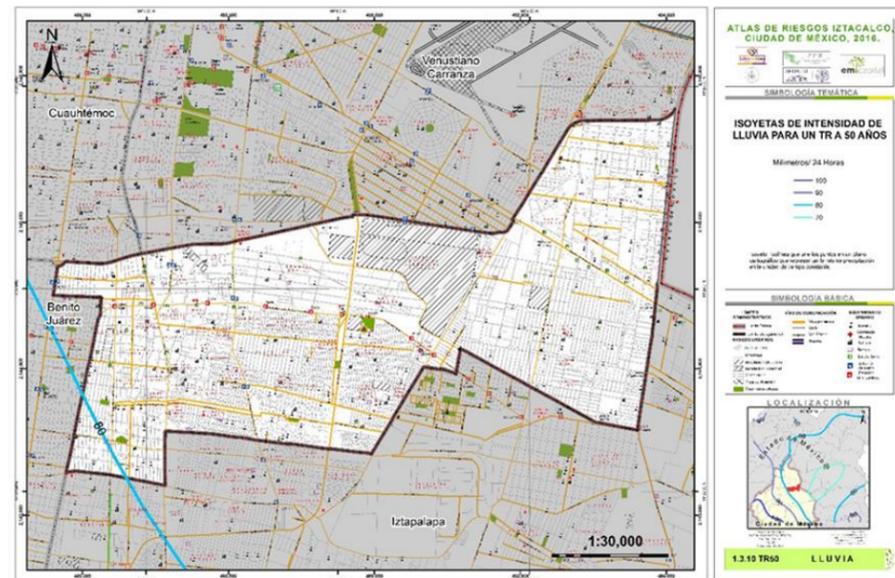


Figura 132. Intensidad de lluvias para  $Tr = 50$  años

#### 5.2.10 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.

Sin duda las inundaciones son un elemento presente en casi la totalidad del país, sin embargo, su análisis no es trivial y depende de la calidad de datos con que pretendas modelar el fenómeno.

El presente análisis se abordó con un enfoque pragmático, buscando siempre lograr resultados coherentes y que fueran de utilidad en la conceptualización de las inundaciones.

Dadas las características de la delegación, no se tienen elementos fluviales descubiertos y solo se hace énfasis en la inundación pluvial. Así, se propone el siguiente esquema de análisis:



Figura 133. Composición del peligro por Inundaciones en Iztacalco.

- **Disponibilidad de Información**

Dada una búsqueda de información de fuentes oficiales para la integración del peligro por inundación en la delegación Iztacalco, se encontraron los siguientes elementos:

- Modelo digital de elevación LIDAR de tipo terreno con píxeles a cada 5 metros para la totalidad de la delegación.
- Modelo digital de elevación LIDAR de tipo superficie con píxeles a cada 5 metros para la totalidad de la delegación.
- Información climatológica con suficiencia de datos (más de 20 años)
- Reportes de eventos de inundación proporcionados por la dirección de protección civil, complementada por un acervo bibliográfico.

- **Modelación de inundación pluvial**

En el desarrollo del análisis de peligro por inundación pluvial en la delegación Iztacalco se verificaron datos de terreno en la zona de estudio.

Afortunadamente hay disponibilidad de información LIDAR para toda la delegación.

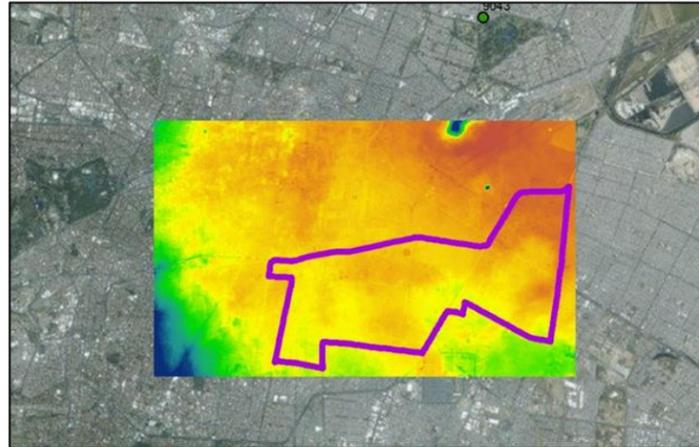


Figura 134. Disponibilidad de Información LIDAR en la delegación

- **Flujos Virtuales**

Dada la información detallada sobre la forma del terreno y teniendo en cuenta que las inundaciones en la delegación Iztacalco son principalmente resultado de lluvias intensas y fallas en el drenaje. A partir del modelo digital de elevación generamos una red de drenaje para identificar el flujo que se da después de la ocurrencia de eventos pluviales intensos.



Figura 135. Red de flujos derivados de información LIDAR.

De la red de flujos se señalan aquellas zonas donde se nota la presencia de “corrientes virtuales”, estas zonas son resultados de sitios donde no hay capacidad de flujo y el agua se tiende a encharcar. Los flujos

virtuales aparecen en lagos o lagunas, y para el caso de la delegación son zonas donde el agua tendría potencial de encharcamiento.

- **Pendientes**

Del mismo modo que las corrientes virtuales, generamos un mapa de pendientes tomando como base la información LIDAR.

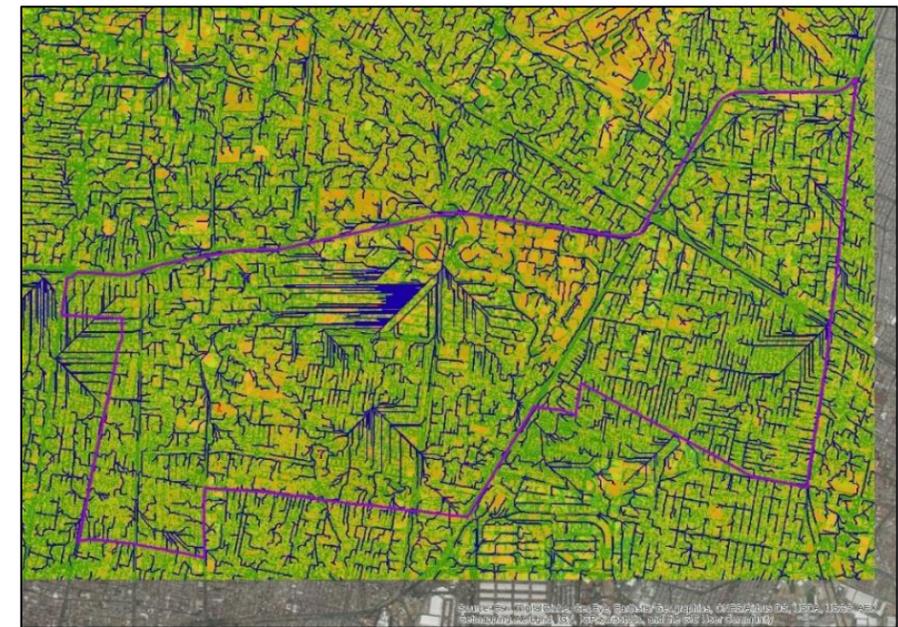


Figura 136. Red de pendientes derivados de información LIDAR.

- **Zonificación de peligro**

Finalmente tipificamos las zonas de peligro por inundación pluvial como aquella variación de la pendiente en las zonas de flujos virtuales, teniendo al más alto grado peligro por inundación a aquellas zonas donde hay flujos virtuales y la pendiente del terreno es nula.

Nota: Debido a que el área de la delegación es pequeña, se asume que la intensidad de la lluvia será constante en todo el territorio.



Figura 137. Mapa de peligro por inundación zona centro de la delegación Iztacalco.

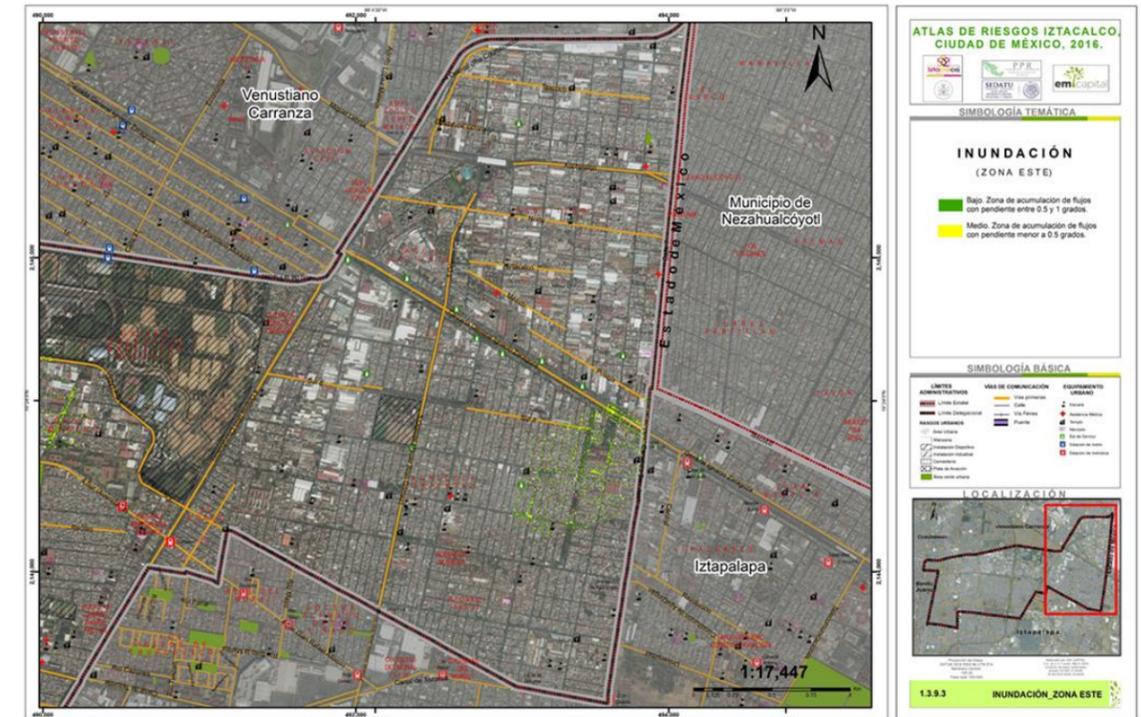


Figura 138. Mapa de peligro por inundación zona este de la delegación Iztacalco.



Figura 139. Mapa de peligro por inundación zona oeste de la delegación Iztacalco.

A continuación, se presentan algunos mapas de peligro por inundación a una escala mayor.



Figura 140. Zoom de peligro por inundación zona oeste II.

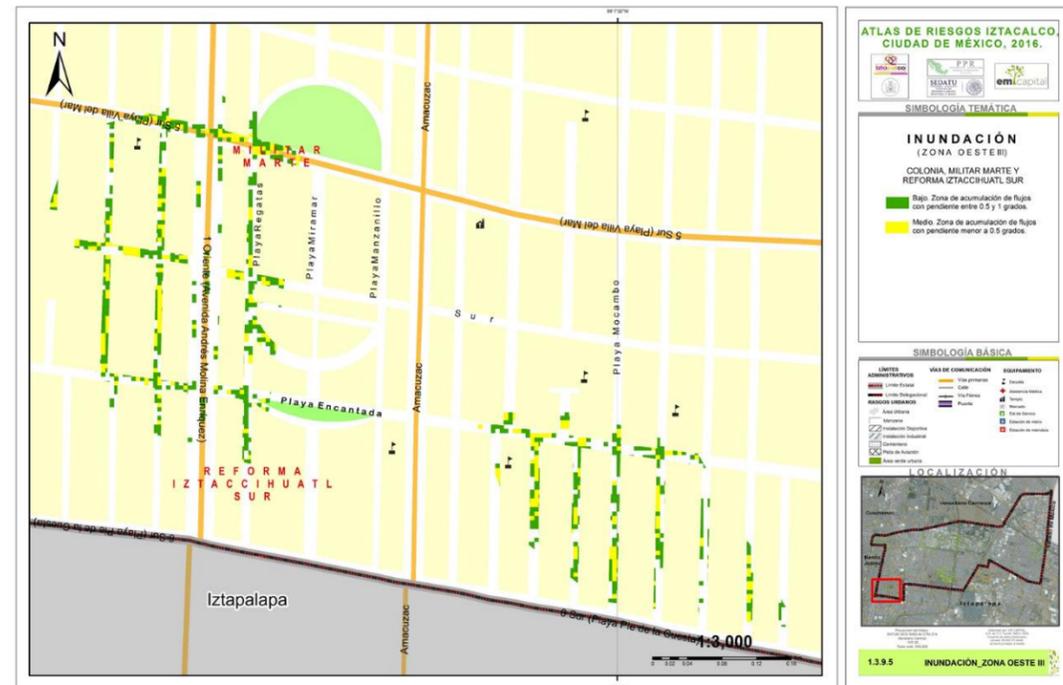


Figura 141. Zoom de peligro por inundación zona oeste III.



Figura 142. Zoom de peligro por inundación zona centro II.



Figura 143. Zoom de peligro por inundación zona centro III.



Figura 144. Zoom de peligro por inundación zona este II.

**FASE III.**

**6 Vulnerabilidad.**

Andrew Maskrey (1993) define la vulnerabilidad como “una relación compleja entre población, medio ambiente, relaciones, formas y medios de producción”. La vulnerabilidad es siempre distinta según la circunstancia de cada persona o grupo social; se entiende como el grado con base en el cual los grupos, clases, regiones o países se comportan y sufren de manera distinta entre sí ante el riesgo en términos de las condiciones sociales, económicas y políticas específicas.

La vulnerabilidad pudiera entenderse también según Blaikie (1994) como las características de una persona o grupo de ellas en relación con su capacidad de anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse de un desastre. Cualquiera que sea la definición que se tome, el concepto de vulnerabilidad abarca los siguientes aspectos: a) las condiciones físicas peligrosas, es decir el grado de exposición al peligro, b) las condiciones socioeconómicas, es decir, las relaciones sociales de producción, y c) la capacidad de recuperación individual o general de la sociedad afectada.

En el manejo de los desastres, la vulnerabilidad es una variable sobre la que puede ejercerse control y planeación; la vulnerabilidad es la acción prefigurada de la misma sociedad y su reducción no puede venir de fuera, sino de su modificación interna. Insistimos: para que se presente el desastre es necesario que haya condiciones de vulnerabilidad, es decir el “desastre” no llega, el desastre está ahí antes de que se presente la amenaza, ésta última sólo es la chispa que lo detona.

La vulnerabilidad tiene diversas determinantes que actúan simultáneamente y sistemáticamente e influyen en las afectaciones que sufre o puede sufrir la población; dichos factores son de índole política, demográfica, social, cultural, ideológica, educacional, institucional, económica, técnica, física o ambiental (Wilches – Chaux, 1993; Cardona, 2003) En consecuencia, la ausencia o presencia de vulnerabilidad sintetiza el desarrollo alcanzado por un país, un municipio o una ciudad. En este contexto, es necesario mencionar que la dimensión de la vulnerabilidad analizada para los Atlas Municipales de Riesgo es social y física.

### 6.1 Vulnerabilidad Social.

CENAPRED define la vulnerabilidad social como el “conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo”. Las limitaciones al desarrollo se relacionan con las precarias condiciones socioeconómicas y demográficas que incluyen en la formación de recursos humanos, como cimiento, el ejercicio de la ciudadanía, la organización social, la acumulación de activos familiares, o la construcción de capital social.

De acuerdo con la Metodología para Estimar la Vulnerabilidad social de CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo la evaluación de la Vulnerabilidad Social se desarrolla en tres partes:

- 1.- Características Sociales económicas
- 2.- Evaluación de la capacidad de respuesta
- 3.- Evaluación de la percepción local del riesgo

Finalmente, para calcular la Vulnerabilidad Social se aplica la siguiente función:  $GVS = (R1 \cdot 0.50) + (R2 \cdot 0.25) + (R3 \cdot 0.25)$  y se le da un peso del 50%, a la capacidad de prevención y respuesta un peso del 25%, a la percepción local y un peso del 25%.

La suma de los resultados en las 3 partes dio como resultado valores cuantitativos que determinaran los rangos de vulnerabilidad social.

**Tabla 55. Calificación, valor asignado y ponderación de los indicadores que integran la Vulnerabilidad Social**

INDICADOR	CALIFICACION	VALOR ASIGNADO	PONDERACIÓN
Indicadores socioeconómicos	0.083	0.083	0.5
Capacidad de Respuesta	15	0.75	0.25
Percepción local del Riesgo	16	1	0.25
Valor final Vulnerabilidad Social			0.479

$$GVS = (R1 \cdot 0.50) + (R2 \cdot 0.25) + (R3 \cdot 0.25)$$

$$GVS = (2.41 \cdot 0.50) + (0.75 \cdot 0.25) + (1.0 \cdot 0.25)$$

$$GVS = 0.479$$

Finalmente, el número que se obtiene de la operación anterior representa el grado de vulnerabilidad de una población, el cual incluye tanto a las condiciones socio - económicas, como a la capacidad de prevención y respuesta de la misma ante un desastre y la percepción local del riesgo. Los rangos para la medición de la vulnerabilidad social van de 0 a 1, donde 0 representa el grado más bajo de vulnerabilidad social y 1 representa el valor más alto de la misma. Se establecen de la siguiente manera:

**Tabla 56. Vulnerabilidad Social final**

VALOR FINAL	GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL
De 0 a .20	MUY BAJO
De .21 a .40	BAJO
<b>De .41 a .60</b>	<b>MEDIO</b>
De .61 a .80	ALTO
Más de .80	MUY ALTO

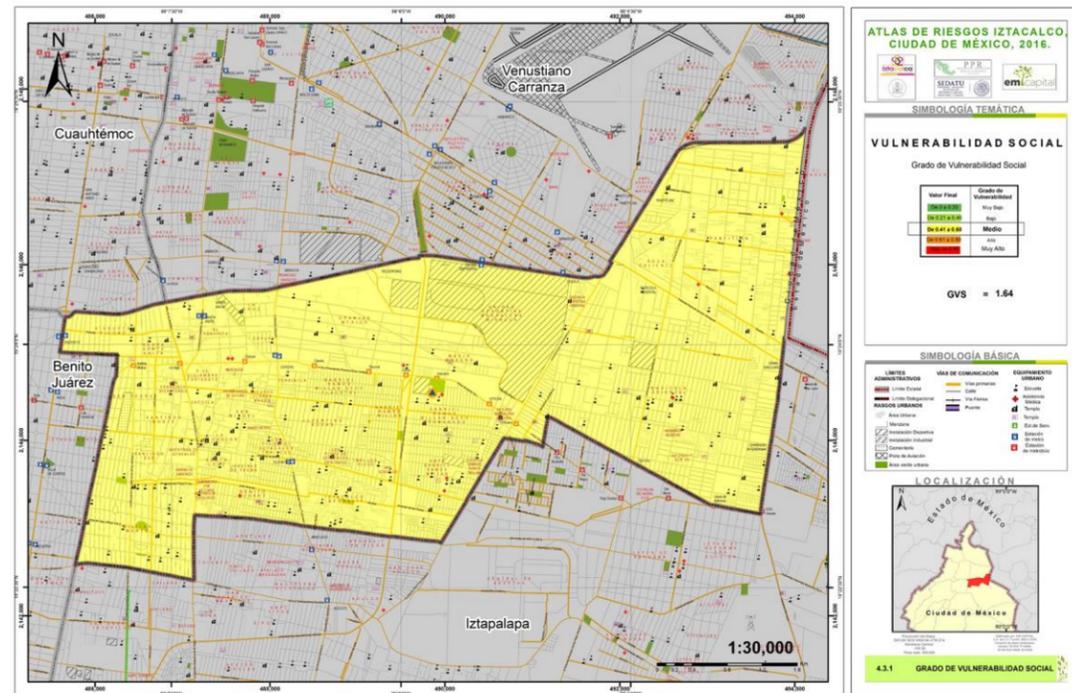


Figura 145. Mapa de Vulnerabilidad física total final

### 6.1.1 Características sociales y económicas.

El análisis de esta componente se construye a partir del análisis de los 18 indicadores propuestos por el CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Se buscó que los encuestados fueran habitantes de al menos cinco colonias.

La información socioeconómica obtenida para la aplicación de la metodología en la Delegación Iztacalco se obtuvo en su mayoría del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010.

El análisis de esta componente se realizó en base a la recopilación de los datos en los rubros (salud, educación, vivienda, empleos e ingresos y población) de la delegación. Una vez obtenidos los datos se procesaron de la siguiente manera: se sumaron los resultados finales de cada rubro, posteriormente se obtuvo la calificación para cada una de ellas, y finalmente se promedió la calificación de cada una entre el número total de los rubros, resultando una calificación de 2.4163, lo que representa de que los Indicadores Socio-Económicos se encuentra en el rango **MUY ALTA**.

Cedula Indicadores Socio-Económicos			
Delegación:		Fecha de visita:	No.
Coordenadas:	X:	Y:	Z:
Localidad, barrio o colonia:			

Sector	Variable	Intervalos	Vulnerabilidad
EDUCACIÓN	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07 a 15.85	Muy Baja 0
		De 15.86 a 30.63	Baja 0.25
		De 30.64 a 45.41	Media 0.5
EDUCACIÓN	Población de 14 años y más que asiste a la escuela	De 45.42 a 60.19	Alta Muy 0.75
		60.20 ó más	Alta 1
		De 42.72 a 54.17	Muy Alta 1
EDUCACIÓN	Población de 14 años y más que asiste a la escuela	De 54.18 a 65.62	Alta 0.75
		De 65.63 a 77.07	Media 0.50
		De 77.08 a 88.52	Baja 0.25
EDUCACIÓN	Grado promedio de escolaridad	88.53 ó más	Muy Baja 0
		De 1 a 3.2	Muy Alta 1
		De 3.3 a 5.4	Alta 0.75
EDUCACIÓN	Grado promedio de escolaridad	De 5.5 a 7.6	Media 0.50
		De 7.7 a 9.8	Baja 0.25
		De 9.9 o más	Muy Baja 0

Sector	Variable	Intervalos	Vulnerabilidad
SALUD	Médicos por cada 1,000 habitantes	De 0.20 a 0.39 Médicos por cada mil habitantes	Muy Alta 1
		De 0.4 a 0.59 Médicos por mil habitantes	Alta 0.75
		De 0.6 a 0.79 Médicos por cada mil habitantes	Media 0.50
SALUD	Médicos por cada 1,000 habitantes	De 0.8 a 0.99 Médicos por cada mil habitantes	Baja 0.25
		Uno o más Médicos por cada mil habitantes	Muy Baja 0
		De 17.2 a 27.1	Muy Baja 0
SALUD	Tasa de mortalidad	De 27.2 a 37.0	Baja 0.25
		De 37.1 a 47.0	Media 0.5
		De 47.1 a 56.9	Alta 1
SALUD	Tasa de mortalidad	57.0 ó más	Alta Muy 0.75
		De 17.63 a 34.10	Muy Baja 0
		De 34.11 a 50.57	Baja 0.25
SALUD	Porcentaje de la población derechohabiente	De 50.58 a 67.04	Media 0.5
		De 67.05 a 83.51	Alta 1
		83.52 ó más	Alta Muy 0.75

Sector	Variable	Intervalos	Vulnerabilidad
EMPLEOS E INGRESOS	Porcentaje de la población económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos.	De 18.41 a 34.50 De 34.51 a 50.59 De 50.60 a 66.68 De 66.69 a 82.77 82.78 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Razón de dependencia.	De 37.72 a 57.69 De 57.70 a 77.66 De 77.67 a 97.63 De 97.64 a 117.60 117.61 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Tasa de desempleo abierto.	De 0 a 3.09 De 3.10 a 6.18 De 6.19 a 9.27 De 9.28 a 12.36 12.37 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1

Sector	Variable	Intervalos	Vulnerabilidad
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua	De 0 a 19.96 De 19.97 a 39.92 De 39.93 a 59.88 De 59.89 a 79.84 79.85 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 1 Alta Muy 0.75
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 1.21 a 20.96 De 20.97 a 40.71 De 40.72 a 60.46 De 60.47 a 80.21 80.22 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Alta Muy 1
	Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	De 0 a 19.76 De 19.77 a 39.52 De 39.53 a 59.28 De 59.29 a 79.04 79.05 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de despacho y láminas de cartón.	De 1.63 a 13.72 De 13.73 a 25.81 De 25.82 a 37.90 De 37.91 a 49.99 De 50 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra.	De 1.52 a 20.82 De 20.83 a 40.12 De 40.13 a 59.42 De 59.43 a 78.72 78.73 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Deficit de Vivienda.	De 0 a 3.84 De 3.85 a 7.68 De 7.69 a 11.52 De 11.53 a 15.36 15.37 ó Más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1

Sector	Variable	Intervalos	Vulnerabilidad
POBLACIÓN	Densidad de población.	(Habitantes por km2) De 1 a 99 De 100 a 499 De 500 a 999 De 1,000 a 4,999 Más de 5,000	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1
	Porcentaje de población de habla indígena.	Más del 40% de la población Menos del 40% de la población	Predominan Indígena 1 Predominan no indígena 0
	Dispersión poblacional.	De 0 a 9.9 De 10 a 19.9 De 20 a 29.9 De 30 a 39.9 40 o más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta 0.75 Muy Alta 1

Figura 146. Encuesta para evaluar características sociales y económicas.

Una vez obtenido el promedio de cada uno de los rubros se procede a la suma de los mismos, que en este caso fue de 1.25, cantidad que se dividirá entre 5, que representa el número de rubros (Salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población). El resultado será la calificación final de las características socioeconómicas de la localidad y el primer resultado para la obtención del grado de vulnerabilidad social.

Tabla 57. Promedios de los Indicadores Socio-Económicos.

Rubro	Número de Indicadores	Calificación	Promedio
Salud	3	0.1666	0.055
Educación	3	0.5833	0.194
Vivienda	6	0	0
Empleo e ingresos	3	0.25	0.083
Población	3	0.25	0.083

Tabla 58. Calificación de los Indicadores Socio-Económicos.

Calificación final de las características socioeconómicas de la Delegación Iztacalco, Ciudad de México.
0.083

### 6.1.2 Capacidad de respuesta.

Se refiere a la capacidad de hacer frente a una emergencia o desastre que afecte a la población, evalúa que se lleve a cabo una respuesta de calidad aceptable, dentro de un margen de tiempo aceptable, a un costo aceptable y reduciendo al máximo posibles pérdidas humanas y económicas. Es decir, se tiene mayor capacidad de respuesta en la medida en que las instituciones encargadas de responder al interior de la delegación cuentan con equipo, capacitación y recursos, para guiar y atender la demanda pública.

De acuerdo con la Metodología para Estimar la Vulnerabilidad Social de CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo la evaluación de la capacidad de respuesta se obtiene mediante encuesta al Director de la Unidad Delegacional de Protección Civil.

Esta parte consta de un cuestionario cuya importancia radica en el conocimiento de los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal en caso de una emergencia, por lo que está dirigido al responsable de ésta. Sin embargo y con base en los reactivos de la encuesta se considera que al levantar la encuesta al director se estaría subestimando la capacidad de respuesta real.

A continuación, se muestran las plantillas de las preguntas que se incluyen en el cuestionario, cada pregunta es explicada mediante un razonamiento y tiene una pequeña tabla de rangos de donde se obtendrá el puntaje para cada pregunta dependiendo de la respuesta. Al final se sumará el puntaje de cada una de las preguntas obteniendo un valor entre 0 y 22.

Por otro lado, el conocer las actividades que realiza normalmente la Unidad de Protección Civil permite incluir, en el análisis final, recomendaciones para encausar las funciones de la misma hacia una visión preventiva, si es que las realizadas regularmente se basan principalmente en acciones reactivas o de atención de emergencias.

Cedula Capacidad de Respuesta			
Delegación:	Iztacalco	Fecha de visita:	
Coordenadas:	X:	Y:	Z:
Colonia:			
1	La Delegación cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitaria del gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y respuesta?	0	1
2	Cuenta con un plan de emergencia?	0	1
3	Cuenta con un consejo municipal el cual puede estar integrado por autoridades y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	0	1
4	Existe alguna normatividad (manual) que regule las funciones de la Unidad de Protección Civil?	0	1
5	Conoce los programas federales de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?	0	1
6	Cuentan con un mecanismo de alerta temprana?	0	1
7	Cuentan con canales de comunicación (organización a través de los cuales se puede coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia)?	0	1

8	Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicólogo, vigilancia epidemiológica) en caso de un desastre?	0	1
9	Tienen establecidos rutas de evacuación (caminos y carreteras) en caso de desastre?	0	1
10	Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos?	0	1
11	Tiene ubicados sitios que puedan funcionar como refugios temporales en caso de emergencia?	0	1
12	Tiene reservas de alimentos, cobertores, colchonetas, y pacas de láminas de cartón en caso de emergencia?	0	1
13	Tiene vínculos con (DIF, DINCOSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos y cobertores, etc.?	0	1
14	Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc) sobre que hacer en caso de emergencia y promueven un Plan Familiar Protección Civil?	0	1
15	Cuentan con un número de personal activo?	0	1
16	El personal esta capacitado para informar de que hacer en caso de emergencia?	0	1
17	Cuentan con mapas o croquis de su localidad que identifiquen puntos críticos o zonas de peligro?	0	1
18	Cuentan con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (pc, internet, fax, telefono, etc.)?	0	1
19	Cuenta con acervos de información histórica de desastres y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?	0	1
20	Cuenta con equipo para la comunicación estatal y/o municipal (rádios fijos, móviles y/o portátiles)?	0	1

21	Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?	0	1
22	Cuenta con algún Sistema de Geo Posicionamiento (GPS) georeferenciar los puntos críticos en su localidad?	0	1
23	Cual es el grado promedio de escolaridad que tiene su personal activo?	0	1
24	Que actividades realizan normalmente?	0	1
<b>Total</b>			

**Figura 147. Encuesta para evaluar la capacidad de respuesta.**

Este cuestionario se diseñó con el fin de conocer la capacidad de prevención y respuesta de la dependencia encargada, que en este caso es la Unidad Municipal de Protección Civil. Dicho cuestionario se aplicó al responsable de la unidad en el municipio de Tenango del Valle. En la figura 147 muestra las preguntas realizadas. Es importante mencionar que a las respuestas afirmativas se les asignará el valor de 0 y a las negativas 1 ya que entre menor sea la capacidad de respuesta del órgano de atención mayor será la vulnerabilidad de la población y viceversa.

La respuesta de una emergencia se relaciona directa o indirecta con cada uno de los recursos (materiales, vitales, costos, humanos) que tiene a su cargo la Delegación Iztacalco, de esta manera se puede decir que es la parte del manejo en la cual el personal de emergencia capacitado está involucrado en la respuesta de atención de una emergencia y/o desastre llevando a cabo operaciones estratégicas para su atención inmediata.

De acuerdo con lo anterior, para la evaluación de la capacidad de respuesta se realizaron cinco encuestas al personal Operativo de Protección Civil al azar, así como áreas involucradas a la respuesta de una emergencia y/o desastre (seleccionadas al azar). Una vez obtenidos los datos se procesaron de la siguiente manera: se sumaron los resultados finales de cada una de las encuestas, posteriormente se obtuvo la calificación para cada una de ellas, y se promedió la calificación de cada una entre el número total de encuestas, resultando una capacidad de respuesta de 15 y valor asignado de 0.75 lo que representa una capacidad de respuesta **BAJA**.



Figura 148. Personal de la Unidad de Protección Civil de la Delegación Iztacalco.

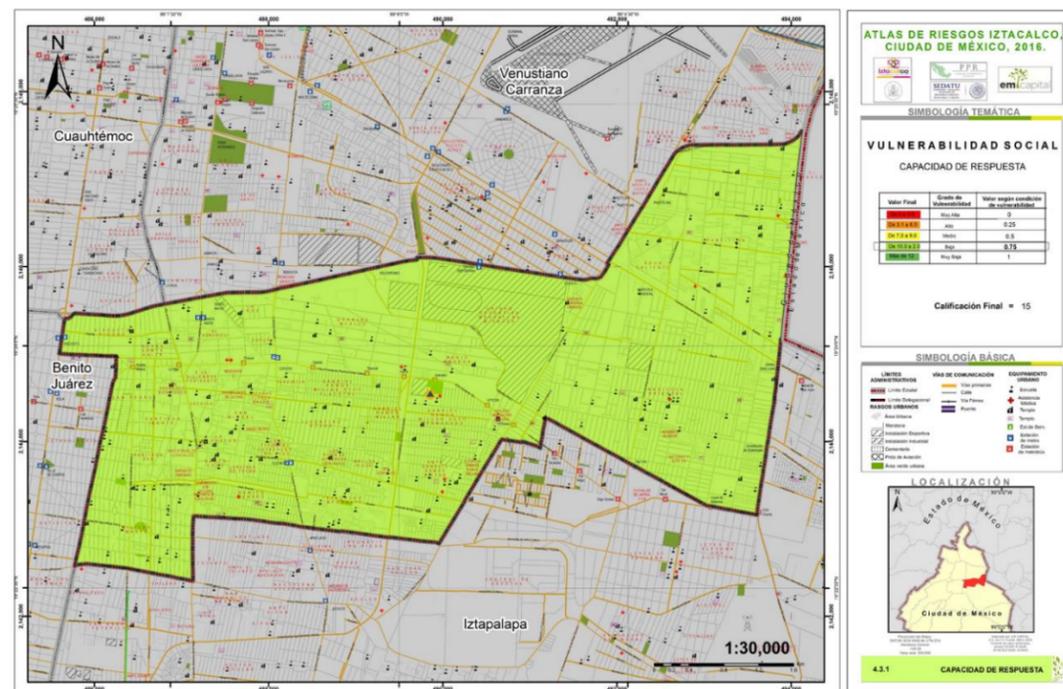


Figura 149. Mapa de Capacidad de Respuesta.

### 6.1.3 Percepción local del Riesgo.

El riesgo depender entre otras cosas de la percepción que de él se tenga, al ser este un producto conjunto de conocimiento y aceptación. Como explica Martín y Murgida (2004), más que sobre la base de las características físico-naturales y sociales propias del área, el riesgo se construye socialmente con base a la percepción de dicha situación y a su interpretación desde la óptica del grupo social (lo que implica controlarlo, reconstruirlo, resignificarlo y ejecutar acciones para enfrentarlo). Es decir, el imaginario colectivo que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas.

La percepción del riesgo es entonces un producto social y en sí misma una construcción cultural, en donde dependiendo del contexto se aceptan o no determinados riesgos. La percepción debe ser vista como un proceso multidimensional, es decir, “las informaciones son recibidas desde el mundo real y son percibidas en función de un proceso sociocultural en el que intervienen tanto los valores del individuo, su personalidad, sus experiencias pasadas, su grado de exposición al riesgo, así como su nivel social, económico y cultural (Chardon, 1997. Citando a Lecompte, 1995; Weinberg, 1995; p.5).

Es por esta razón que cuando se habla de la percepción del riesgo, se hace referencia a la misma como un producto socio-cultural complejo, que antes de ser un hecho aislado, es en su totalidad una variedad de la personalidad y de la conformación histórica de esta última en relación con un determinado contexto (Karam y Bustamante, s.f.).

El análisis de esta componente consta de un cuestionario (figura 6.1.3.1) que se aplicó a representantes mayores de 18 años de las colonias de Iztacalco, visitadas durante trabajo de campo. Una vez obtenidos los datos se procesaron de la siguiente manera: se sumaron los resultados finales de cada una de las encuestas, se promedió el resultado con el número total de encuesta, obteniéndose una calificación de 16.0 con un valor asignado de 1.0, clasificada como **MUY BAJA**.

Ficha de campo para evaluar la percepción local				
Delegación:		Fecha de visita:		
Coordenadas:	X:	Y:	Z:	No.
Colonia:				
No.	Pregunta	Valores		
		A	B	C
1	Dentro de los tipos de peligro que existen, cuantos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5 1pt	De 6 a 13 0.5pt	14 o más 0pt
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 recuerde o sabe si ha habido emergencias asocoadas a estas amenazas en los últimos años?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
3	Considera que un fenómeno natural se puede convertir en un desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
4	Considera que su vivienda esta localizada en una zona susceptible de amenazas (ladera, zona sismica, inundable, etc?).	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
5	A sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
6	En caso que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura 0.25pt	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y a infraestructura 0.5pt	Personas fallecidas, daño en muchas viviendas y daños graves en infraestructura 1pt
7	Alguna vez a quedado aislada su comunidad por algunas horas debido algún tipo de fenómeno?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
8	Cree que su comunidad identifica los peligros?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
9	Conoce algún programa obra o institución que ayude a disminuir los efectos de fenómenos naturales ?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
10	En las escuelas se enseñan temas acerca de las consecuencias que traen los fenómenos naturales?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt

11	Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
12	En caso de haberse llevado campañas, como se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas 1	A través de medios impresos 0.5pt	A través de radio y televisión 0pt
13	Ha participado en al algún simulacro?	Si 0pt	No 1pt	
14	Sabe a quién o a dónde acudir en caso de emergencia?	Si 0pt	No 1pt	
15	Sabe si en su comunidad hay un sistema de alertamiento para dar aviso por alguna emergencia?	Si 0pt	No 1pt	
16	En case de haber sido afectado por algún fenómeno natural, se le brindo algún tipo de apoyo?	Si 0pt	No 1pt	
17	Ha sido evacuado, a causa de algún fenómeno natural?	Si 0pt	No 1pt	
18	De acuerdo con experiencias anteriores. Considera que su comunidad esta lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
19	Existe en su comunidad alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si 0pt	No 1pt	No se 1pt
20	Conoce de la existencia de la Unidad de Protección Civil?	Si 0pt	No 1pt	

21	Sabe dónde está ubicada y que función tiene la unidad de Protección Civil?	Sé dónde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra
		0pt	1pt	0.5pt
22	Estaría preparado para algún otro desastre como?	Si	No	No se
		0pt	1pt	1pt
23	Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No se
		0pt	1pt	1pt
24	Que tanto puede ayudar la Unidad de Protección Civil? Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco
		0pt	1pt	0.5pt
25	Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No	
		0pt	1pt	
<b>TOTAL</b>				

Figura 150. Encuesta para evaluar la percepción local.

Tabla 59. Nivel de Capacidad de evaluar la percepción local.

Rangos con respecto a la suma de respuesta	Capacidad de evaluar la percepción local	Calificación
De 0 a 3	Muy Alta	16.071
De 3 a 6	Alta	
De 7 a 9	Media	
De 10 a 12	Baja	
Más de 12	Muy baja	

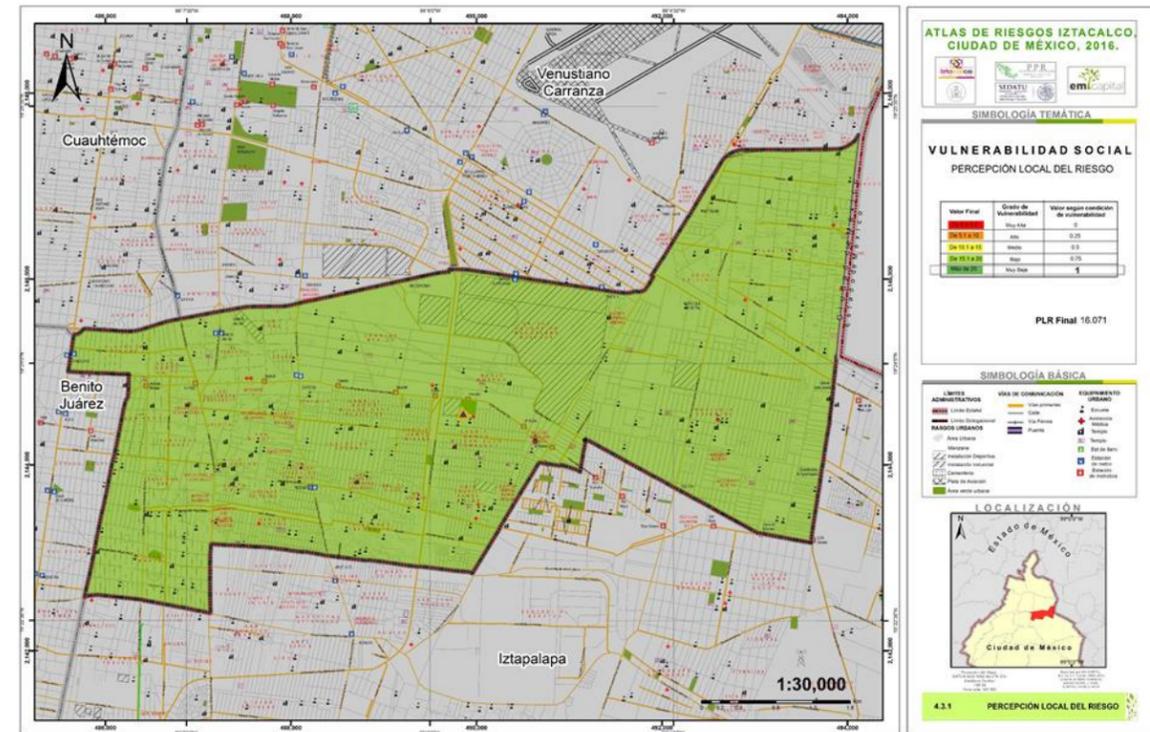


Figura 151. Mapa de Percepción local del Riesgo.

## 6.2 Vulnerabilidad física.

La vulnerabilidad física está directamente relacionada con la capacidad que tiene la estructura para soportar los esfuerzos a los que se ve sometida en el momento de un sismo o cualquier otro fenómeno perturbador, es decir, la forma con la cual responde ante los desplazamientos y los esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante toda la vida útil de la edificación.

De acuerdo con CENAPRED, la vulnerabilidad física se refiere específicamente al daño físico de los sistemas expuestos, los que en la mayoría de los casos son construcciones u obras civiles edificadas por el hombre, ya sea para vivienda o infraestructura y que han sido afectadas en términos generales por algún parámetro de intensidad de peligro.

Para evaluar la vulnerabilidad física se pueden utilizar métodos cuantitativos que requieren el empleo de expresiones matemáticas llamadas funciones de vulnerabilidad, que relacionan las consecuencias probables de un fenómeno sobre una construcción, una obra de ingeniería, o un conjunto de bienes o sistemas expuestos con la intensidad del fenómeno que podría generarlas.

Así, por ejemplo, desde el punto de vista preventivo, en el caso de la vivienda es importante considerar en la función de vulnerabilidad el tipo estructura (materiales de la construcción) y las características de la vivienda (disponibilidad de servicios básicos).

Con la finalidad de estimar la vulnerabilidad física de la delegación Iztacalco, se consideraron las siguientes variables: Viviendas con Piso de Tierra, Viviendas que no disponen de electricidad, viviendas sin drenaje y sin agua entubada. El análisis de la carencia de alguno de estos servicios se evaluó desde el punto de vista de la regularidad. Es decir, un cierto polígono puede tener luz o cualquier otro servicio, sin embargo, en tanto no este regularizado ante la autoridad competente se considera con la carencia.

Adicionalmente se considera el hacinamiento (ocupantes por cuarto) como una de las variables que permite estimar la vulnerabilidad física, tomando como premisa que las zonas de mayor hacinamiento normalmente corresponden a zonas donde se concentra la población económicamente más vulnerable. En congruencia con la construcción social del Riesgo se asume que una zona de mayor hacinamiento representa una zona de mayor riesgo. La siguiente tabla muestra la ponderación de las variables y los rangos

**Tabla 60. Ponderación de variables para estimación de vulnerabilidad física**

DATOS POR MANZANA				
No.	Variable	Rango	Ponderación	Total, de la Variable
1	Viviendas sin Agua Entubada	0	0.1	2
		1 - 4	0.25	
		5 - 7	0.35	
		8 - 20	0.55	
		21 - 50	0.75	
2	Viviendas sin drenaje	0	0.1	2
		1 - 3	0.25	
		4 - 5	0.35	
		6 - 20	0.55	
		21 - 50	0.75	
3	Viviendas con piso de tierra	0	0.1	2
		1- 4	0.25	
		5 - 17	0.35	
		18 - 25	0.55	
		26 - 50	0.75	
4	Viviendas sin electricidad	0	0.1	2
		1 - 20	0.7	
		21 - 50	1.2	
5	Hacinamiento	Hasta 1	0.15	2
		1 -2	0.35	
		3 - 4	0.6	
		Mayor a 4	0.9	

Los análisis muestran que del total del territorio delegacional solo seis colonias se encuentran en la categoría de vulnerabilidad muy alta, otras nueve colonias con vulnerabilidad alta y 28 más con vulnerabilidad media, el detalle de las colonias se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 61. Colonias según grado de vulnerabilidad física**

COLONIAS	GRADO DE VULNERABILIDAD
SANTIAGO SUR (UNIDAD HABITACIONAL	Muy Alto
BARRIO SAN PEDRO	Muy Alto
SANTA ANITA	Muy Alto
TLAZINTLA	Muy Alto
GRANJAS MEXICO	Muy Alto
AGRICOLA ORIENTAL	Muy Alto
LA ASUNCION	Alto
ZAPOTLA	Alto
SAN MIGUEL	Alto
JUVENTINO ROSAS	Alto
LOS PICOS DE IZTACALCO 1RA SECC	Alto
IZTACALCO INFONAVIT	Alto
SANTA CRUZ	Alto
JARDINES DE TECMA	Alto
BENITO JUAREZ	Alto
GABRIEL RAMOS MILLAN SECC BRAMADERO	Medio
MUJERES ILUSTRES	Medio
PANTITLAN	Medio
AGUA CALIENTE	Medio
SAN FRANCISCO XICALTONGO	Medio
SAN PEDRO	Medio
SANTIAGO NORTE	Medio
COYUYA	Medio
AGRICOLA ORIENTAL	Medio
HERMANOS BLANCAS	Medio
INFONAVIT SUR 20	Medio
LA ASUNCION	Medio
ZAPOTLA	Medio
5 DE DICIEMBRE FOVISSSTE	Medio
EX EMPLEADOS DE LA FORD	Medio
SAN MIGUEL	Medio
LOS PICOS DE IZTACALCO 1RA SECC	Medio
BARRIO DE SANTIAGO	Medio
REFORMA IZTACCIHUATL NORTE	Medio
SANTIAGO SUR	Medio
SANTIAGO	Medio
IZTACALCO INFONAVIT	Medio
SANTA CRUZ	Medio
JARDINES DE TECMA	Medio
MARTIRES DE TLATELOLCO	Medio
BENITO JUAREZ	Medio
CAMPAMENTO 2 DE OCTUBRE	Medio

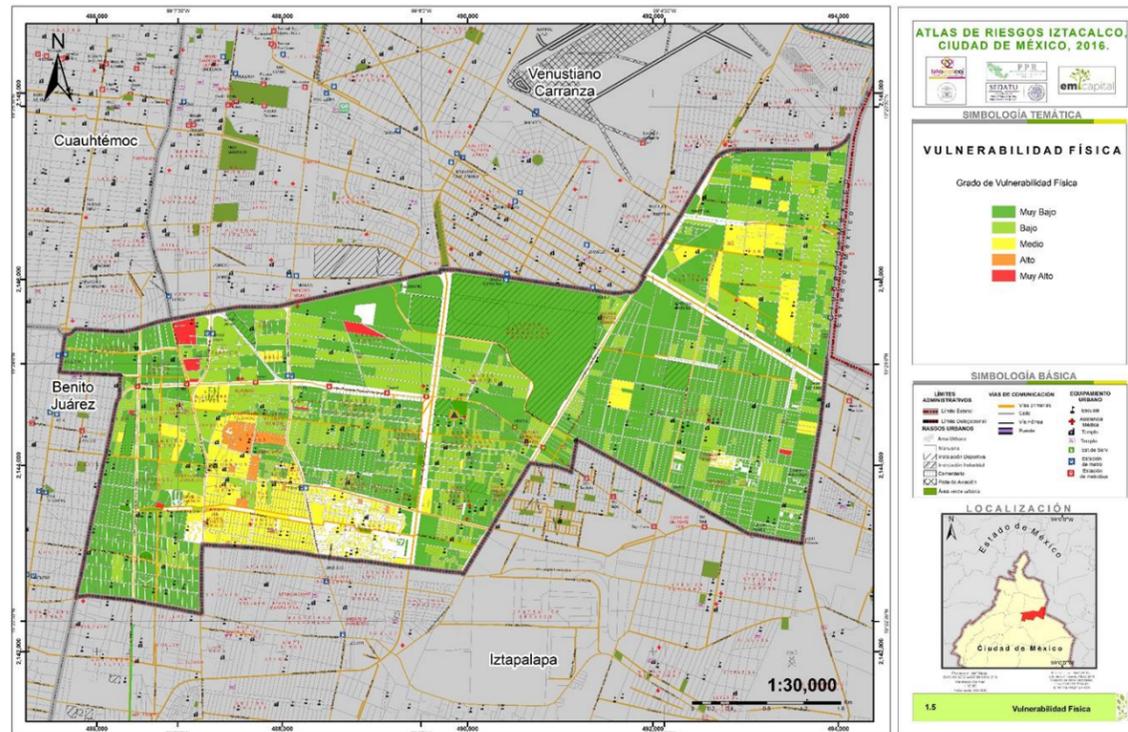


Figura 152. Mapa de Vulnerabilidad física.

**FASE IV.**

**Riesgo/Exposición.**

**Riesgo por hundimiento.**

Para el análisis de riesgo por el fenómeno de hundimiento se procedió a realizar una sobre posición de mapas (vulnerabilidad física y peligro por hundimiento) y suma algebraica de mapas, con base en la ponderación de la siguiente matriz de cinco por cinco que considera la valoración cualitativa de las variables:

Tabla 62. Matriz de Riesgo por fenómeno de hundimiento

VULNERABILIDAD	PELIGRO				
	MA	A	M	B	MB
MA	MA	MA	A	M	B
A	MA	A	A	M	B
M	A	A	M	M	B
B	A	A	M	B	B
MB	A	M	M	B	MB

Del resultado de la matriz se obtiene el siguiente mapa, que muestra que la zona de la colonia de Agrícola Pantitlán como la de mayor riesgo por hundimiento, sin embargo, existen otros pequeños polígonos tanto en la zona oeste, centro norte y sur sureste del territorio delegacional con un alto riesgo.

Asimismo, es evidente que la totalidad de territorio delegacional, dadas las características del medio físico natural sobre donde se asienta, tiene un riesgo medio.

Evidentemente los polígonos o zonas en donde se ubican los asentamientos irregulares que no disponen de una regularidad en los servicios públicos básico y donde se concentra el mayor hacinamiento y que se encuentran distribuidos de manera heterogénea sobre el territorio delegacional fueron categorizados como de Alto Riesgo.

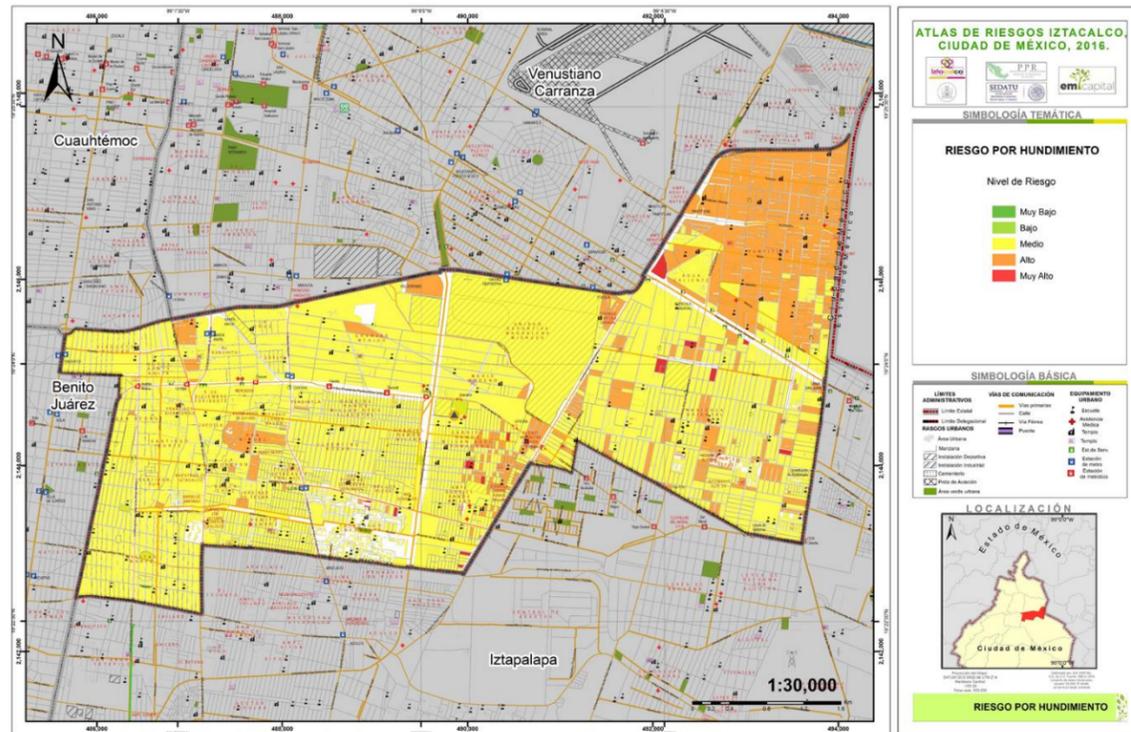


Figura 148. Mapa de riesgo por hundimiento

### 7.1. Estimación de pérdidas económicas.

La gestión de riesgo de desastre ha tenido mucho desarrollo en las últimas décadas y quizás el elemento más notorio de este argumento es que hemos pasado de evaluar de modo cualitativo el nivel de riesgo de cualquier sistema expuesto a cuantificar pérdidas esperadas dado cierto periodo de análisis.

En el presente apartado se hace el desarrollo de una metodología para estimar los daños en valores económicos, asociada con el valor del metro cuadrado (calidad de la vivienda) y el riesgo al que están expuestos ante la ocurrencia de fenómenos como el hundimientos y agrietamiento.

Para la estimación de pérdidas económicas por el fenómeno de hundimiento se identifican las siguientes premisas:

Se calcula el valor (costo) promedio por metro cuadrado de construcción y promedio de metros cuadrados de construcción, por clase, con base a los datos del Instituto Mexicano de Ingeniería de Costos para la Ciudad de México (2014) de la Cámara Mexicana de la Industria de la construcción, y de las Sociedades mexicanas de Ingenieros Civiles y Arquitectos, y se considera un incremento de 9% por concepto del

incremento general de precios que desde esa fecha se ha registrado, finalmente se realiza un promedio de costo por clase de vivienda como se muestra en el siguiente tabla:

Tabla 63. Tabulador de precios unitarios por metro cuadrado de construcción

USO	CLASE	CATEGORIA	UNIDAD HASTA m <sup>2</sup>	Costo Unitario m <sup>2</sup>	Incremento 9%	Costo Unitario m <sup>2</sup> final	Promedio m <sup>2</sup> de construcción por clase	Promedio costo unitario m <sup>2</sup> por Clase
	Precaria	Bajo	< 50	2,179.00	196.11	2,375.11	< 50	2,375.11
Vivienda	Vivienda Unifamiliar	Interés Social	52	4,106.00	369.54	4,475.54	318.00	7,586.40
		Bajo	293	4,810.00	432.9	5,242.90		
		Medio	376	7,900.00	711	8,611.00		
	Vivienda Multifamiliar	Alto	551	11,024.00	992.16	12,016.16	3,582.75	7,267.30
		Interés Social	2,411	3,962.00	356.58	4,318.58		
		Bajo	2,500	5,613.00	505.17	6,118.17		
		Medio	4,520	8,542.00	768.78	9,310.78		
		Alto	4,900	8,552.00	769.68	9,321.68		

Para el cálculo de las pérdidas económicas, se realizó el conteo de viviendas unifamiliares y multifamiliares que se encuentran sobre polígonos de Muy alto y Alto riesgo de hundimiento y agrietamiento con base en la siguiente tabla:

Tabla 64. Número de viviendas potencialmente afectadas

USO Y CLASE	CLASE	NÚMERO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO		NÚMERO DE AFECTACIONES AGRIETAMIENTO
		MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO
Viviendas	Unifamiliar	244	2,210	1,205
	Multifamiliares	6	54 (UH)	6

Finalmente se multiplica el número de viviendas afectadas por clase por el costo promedio total de cada una de las clases, los resultados finales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 65. Estimación de pérdidas económicas en viviendas**

USO Y CLASE	CLASE	COSTO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO		COSTO DE AFECTACIONES AGRIETAMIENTO
		MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO
Viviendas	Unifamiliar	588,643,948.80	5,331,570,192.00	9,141,612.00
	Multifamiliares	156,221,568.19	1,405,994,113.72	43,604.00
<b>TOTAL</b>		<b>744,865,516.99</b>	<b>6,737,564,305.72</b>	<b>9,185,216.00</b>

## 7.2. Estimación de infraestructura dañada.

Los daños por hundimiento y agrietamiento se estiman con base en el mapa de riesgo generado para cada uno de los fenómenos, se procedió a identificar el equipamiento e infraestructura que se encuentra sobre los polígonos con un riesgo muy alto y alto.

Se obtuvieron datos del costo por metro cuadrado, categoría y tipo de construcción, con base en a los datos del Instituto Mexicano de Ingeniería de Costos para la Ciudad de México (2014) de la Cámara Mexicana de la Industria de la construcción, y de las Sociedades mexicanas de Ingenieros Civiles y Arquitectos. Asimismo, se consideró la información de la Sociedad mexicana de Ingeniería Económica, financiera y de Costos. Para compensar el incremento en los precios y costos que del 2014 a la fecha se han presentado se consideró un incremento del 9% quedando los costos de la siguiente manera:

**Tabla 66. Tabulador de precios unitarios por metro cuadrado de construcción infraestructura y equipamiento**

USO	CLASE	CATEGORIA	UNIDAD HASTA m <sup>2</sup>	Costo Unitario m <sup>2</sup>	Incremento 9%	Costo Unitario m <sup>2</sup> final
Oficinas	Oficinas Administrativas y de Gobierno	Bajo	3,120	4,899	440.91	5,339.91
		Medio	4,560	6,292	566.28	6,858.28
Infraestructura	Hoteles	Bajo	2,600	6,024	542.16	6,566.16
		Medio	2,600	7,490	674.10	8,164.10
	Supermercados y Centros comerciales	Medio	9,056	6,419	577.71	6,996.71
	Industria	Medio	2,400	2,845	256.05	3,101.05
	Centros de salud y/o Clínicas	Medio	2,400	4,852	436.68	5,288.68
	Hospital	Medio	5,400	7,815	703.35	8,518.35
	Escuela	Medio	48	4,633	416.97	5,049.97

Equipamiento	Alberca	Medio	540	3,650	328.50	3,978.50
	Gimnasio	Medio	1,800	3,568	321.12	3,889.12
	Canchas deportivas	Medio	7,800	115	10.35	125.34
	Parques	Medio	10,000	154	13.86	167.86
	Caminos y vialidades	Medio	1,825	415	37.35	452.35
	Puentes Vehiculares	Medio	153	3,965	356.85	4,321.85

Se procedió a identificar el número de inmuebles o equipamientos dañados y se contabilizaron como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 67. Número y detalle de infraestructura y/o equipamiento potencialmente afectadas.**

USO Y CLASE	NÚMERO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO		NÚMERO DE AFECTACIONES AGRIETAMIENTO
	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO
Industrias	3	26	0
Centros de salud y/o clínicas	0	4	0
Albercas	0	3	0
Canchas deportivas	3	3	0
Hoteles	2	4	0
Parques	1	2	0
Plazas comerciales	0	0	0
Oficinas administrativas y de Gobierno	0	18	0
Red de metro/ Vialidades	12.47 km	0	1.55 km

Finalmente se multiplica el número de inmuebles (equipamiento o infraestructura) con potencial a ser dañados por el promedio de la superficie y/o extensión máxima, el resultado se multiplica a su vez por el costo unitario, resultando la estimación de perdidas como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 68. Estimación de pérdidas económicas en equipamiento y/o infraestructura**

USO Y CLASE	NÚMERO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO		NÚMERO DE AFECTACIONES AGRIETAMIENTO
	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO
Industrias	22,327,560.00	193,505,520.00	0

Centros de salud y/o clínicas	0.00	50,771,328.00	0
Albercas	0.00	6,445,170.00	0
Canchas deportivas	2,932,934.94	2,932,934.94	0
Hoteles	38,298,676.00	76,597,352.00	0
Parques	1,678,600.00	3,357,200.00	0
Plazas comerciales	0.00	0.00	0
Oficinas administrativas y de Gobierno	0.00	421,569,446.40	0
Red de metro/ Vialidades	10,294,468.21	0.00	701,143.00

Para el caso de las escuelas y nuevamente con base en los datos del Instituto Mexicano de Ingeniería de Costos para la Ciudad de México (2014) de la Cámara Mexicana de la Industria de la construcción, y de las Sociedades mexicanas de Ingenieros Civiles y Arquitectos, estimamos las pérdidas económicas considerando un incremento de los precios del 9%, debido a que la fuente de datos base empleada para este estudio es del 2014.

**Tabla 69. Estimación de pérdidas económicas en escuelas**

USO	CLASE	CATEGORIA	UNIDAD HASTA m <sup>2</sup>	COSTO UNITARIO m <sup>2</sup>	INCREMENTO 9%	COSTO UNITARIO m <sup>2</sup> FINAL
INFRAESTRUCTURA	Escuela	Medio	48	4,633	416.97	5,049.97

Además, se tomó como referencia el programa de Aulas móviles de la UNICEF y los datos del sistema Nacional de Información Municipal para estimar las dimensiones promedio de un salón de clases y el promedio de aulas por grado académico y se cuantificaron las unidades educativas por grado académico procediendo a hacer un conteo de centros educativos, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 70. Número y tipo de centros educativos potencialmente afectados.**

USO Y CLASE	NÚMERO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO		NÚMERO DE AFECTACIONES AGRIETAMIENTO
	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO
Preescolares	1	19	0
Primarias	1	25	0
Secundarias Diurnas	0	0	1
Secundaria Técnicas	0	10	0
Educación Especial	0	1	0
Media superior	0	4	0
Superior	0	2	0

Finalmente se multiplica el número de escuelas de cada uno de los niveles académicos por la superficie promedio y el costo unitario como se muestra a continuación:

USO Y CLASE	NUMERO PROMEDIO DE AULAS	m <sup>2</sup> DE CONSTRUCCION POR NIVEL ACADEMICO	NÚMERO DE AFECTACIONES HUNDIMIENTO	
			MUY ALTO	ALTO
Preescolares	6	288	1,454,391.36	27,633,435.84
Primarias	11	528	2,666,384.16	66,659,604.00
Secundarias Diurnas	9	432	0.00	21,815,870.40
Secundaria Técnicas	9	432	0.00	2,181,587.04
Educación Especial	9	432	0.00	8,726,348.16
Media superior	Mínimo 9	432	0.00	4,363,174.08
Superior	Mínimo 10	480	0.00	484,797.12

### 7.3. Estimación del costo mínimo, máximo y probable.

Debemos considerar que la afectación a una vivienda por fenómeno de hundimiento se da de manera gradual y progresiva por lo que se presenta en la siguiente tabla una clasificación de daños para edificios de mampostería con base en la Escala Macro sísmica europea y el costo con base en el porcentaje de daño:

**Tabla 70. Clasificación del daño a edificios mampostería. Tomado de la Escala Macro sísmica europea**

Grado	Descripción	% de daño	Imagen
Grado1: Sin daños a daños leves (Sin daño estructural, daño no estructural leve)	Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de enlucido o enfoscado. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.	0-20%	
Grado2: Daños moderados (Daño estructural leve, daño no estructural moderado)	Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de guarnecido. Colapso parcial de chimeneas	21-40%	
Grado3: Daños sustanciales a severos (Daño estructural moderado, daño estructural a severo)	Grietas largas y extensas en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; fallo de los elementos individuales no estructurales (particiones, frontones)	41-60%	
Grado4: Daños muy severos (Daño estructural severo, daño no estructural muy severo)	Fallo serio de los muros; fallo estructural parcial de techos y pisos	61-80%	
Grado5: Destrucción (daño estructural muy severo)	Colapso total o casi total	81 y mas	

**FASE V. Propuesta de estudios, obras y acciones.**

**8. Propuesta de estudios, obras y acciones.**

Debido a que las medidas estructurales (construcción de obra civil) no representan una acción adecuada para la mitigación del riesgo por hundimiento y agrietamiento se ha propuesto para la Delegación Iztacalco una serie de acciones de tipo no estructurales, caracterizadas por emplear medidas administrativas y académicas o de investigación especializada que contribuya n en la caracterización del fenómeno y se sus evidencias.

- **Medidas no estructurales**

Buscan reducir la vulnerabilidad del sistema expuesto a través de medidas legislativas u organizativas que solas o en combinación con las medidas estructurales permiten mitigar el riesgo de una manera efectiva e integral.

- **Legislativas** se relacionan con la legislación y planificación e inciden sobres las causas de fondo, las presiones dinámicas y las condiciones de seguridad de los elementos expuestos. Por ejemplo: Elaboración e implementación de políticas, los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial, planes de desarrollo, códigos de construcción, estímulos fiscales y financieros, promoción de seguros. Competen a los planificadores y requieren de voluntad política.
- **Organizativas** son aquellas que promueven la interacción directa con la comunidad. Se refieren a la organización para la reducción del riesgo y la atención de emergencias, el fortalecimiento institucional, la educación, la información pública y la participación. Competen a las autoridades ambientales y a la comunidad en general y requieren de su participación activa.
- **Académicas y de Investigación especializada** se relaciona con las acciones de investigación especializada en materia de suelos, ambiente, sociedad, etc., que den sustento a la toma de decisiones con fundamento en el método científico.

**Para el fenómeno de Hundimiento**

Para la Delegación Iztacalco, el Fenómeno de Hundimiento, no es un agente que perturbe la salvaguarda de los habitantes y sus bienes, puesto que la zona urbana se encuentra asentadas sobre zonas poco susceptibles a la ocurrencia del fenómeno. Sin embargo, es importante que se establezcan una serie de acciones no estructurales a desarrollar como medida preventiva.

En tal sentido y como una acción inicial, las autoridades municipales por conducto de sus direcciones y/o áreas competentes recaben, compilen y generen una base de datos de denuncias ciudadanas en materia de afectaciones a inmuebles por este fenómeno. Adicionalmente, será importante, establecer una red de

monitoreo de los puntos que ya han sido identificados con afectaciones e incorporar los nuevos puntos reportados por la población.

Parte de las acciones iniciales están relacionadas con que el municipio, establece estrecha vinculación con el Grupo Aeroportuario responsable de la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México con la finalidad de conocer y difundir los estudios realizados para dicho proyecto, ya que para la elaboración de estrategia y planeación urbano es indispensable que la administración municipal conozca el comportamiento del subsuelo que le permita realizar una adecuada toma de decisiones en materia de planeación territorial.

Grosso modo algunas medidas no estructurales a desarrollar son:

- a) Estudios de prospección de Mecánica de Suelos
- b) Exploración Geofísica, bajo el estudio de propiedades de gravedad, electricidad y velocidades de onda.
- c) Análisis de la litología del territorio.
- d) Refuerzos en la cimentación de la edificación (renivelación) (Vivienda y/o Edificios)

Sin presentar ninguna carga en la superficie, las arcillas son naturalmente consolidadas por la fuerza que ejerce su propio peso y la gravedad a la que está sometida la tierra. Sí al colocar una carga (edificación, infraestructura, etc.) en dichas capas, la deformación se hace evidente, por lo que el asentamiento comienza a presentarse, provocando que los fluidos contenidos en los poros sean expulsados.

Cabe mencionar que este proceso de consolidación se hace paulatinamente, sin embargo, si las arcillas presentes tienen una baja resistencia al corte y una alta compresibilidad, el asentamiento puede verse acelerado considerablemente.

Es por ello que, las edificaciones con una cimentación deteriorada por la evolución del proceso de hundimiento requieren someterse a una renivelación, esto mediante diferentes métodos, de los cuales dependerán del especialista en estructuras asignar cual es más eficiente.

Aunado a realizar una recimentación, es importante mencionar que las afectaciones en una edificación pueden ser monitoreadas por los propietarios mediante la observación de presencia de agrietamientos en muros y tener registros de cuando comenzaron a formarse y a partir de que eventos, esto será de utilidad para el especialista, ya que tendrá un panorama completo del tiempo de deterioro del inmueble y podrá presentar una opinión con un mayor argumento ante la decisión de que método utilizar para la renivelación del edificio.

Algunos métodos utilizados:

- Masa de concreto
- Viga y base de concreto / Viga y Dado de concreto
- Vigas y Pilotes
- Minipilotes
- Recimentación parcial.

- **e) Rellenos para socavamientos**

En el momento de que exista un colapso en la carpeta asfáltica o concreto, es importante tener en cuenta, consideraciones técnicas para el relleno de estos, ya que de ello dependerá la continua ocurrencia y las afectaciones que estos pueden ocasionar posteriormente.

La compactación, es el primer paso que se debe tener en cuenta, para reducir al mínimo el volumen de poros en el suelo, ya que una compactación en el suelo sufre una densificación, mejorando las condiciones de soporte y una máxima estabilidad de los materiales.

Al presentar esta estabilidad en los suelos, es sabido que, bajo la influencia de cargas estáticas o dinámicas, el suelo colocado en o bajo un relleno presenta la tendencia a densificarse disminuyendo los poros, teniendo como objetivo que los asentamientos posteriores sean insignificantes o poco probables, a fin de que no causen problemas posteriores. Dos parámetros que esquematizan las características de estabilidad al corte de un suelo son, el ángulo de fricción interna, y la cohesión, son mejorados considerablemente principalmente en rellenos de suelos granulares constituidos por gravas o arenas.

Al elegir el material para el relleno se consideran una mezcla de material que tenga una garantía de estabilidad y rigidez para soportar sin problemas la estructura que deba construirse sobre él y estudia una combinación de materiales existentes para lograr esa mezcla. Los tipos de rellenos pueden ser:

**Rellenos compactados para bases y sub-bases**, *Grano grueso* con una granulometría de fracción retenida en la malla No. 10, grava natural, chancado, arena o escoria.

*Grano fino*, fracción que pasa por la malla No. 10, constituido por arena natural o chancada partículas de mineral finas que pasan por la malla No. 200. Este material deberá estar libre de grumo, materiales vegetales, terrones de arcilla o cualquier material deleznable.

Para el caso de **rellenos estructurales**, los rellenos más utilizados son rellenos compactados con características que contengan una granulometría que va de la criba de 3" hasta la 200, con un índice no plástico.

**Rellenos de bajo radiers**, este tipo de rellenos son útiles cuando es necesario elevar el nivel del suelo natural para fundar radiers de piso, mediante el uso de un relleno debidamente compactado. Este material es de tipo granular, con límites estándares (límite líquido inferior a 35, índice de plasticidad inferior a 10).

Finalmente para alcanzar el objetivo de tener un relleno eficiente, que cumpla con las características específicas técnicas, se requiere de una maquinaria adecuada para que el proceso de hundimiento no se vea acelerado, y se utilizara la más adecuada para el tipo de relleno utilizado: rodillos de llantas, rodillos pata de cabra, rodillos de reja, rodillos de Segmentos, rodillos de rueda neumática, rodillos vibradores de llanta lisa, rodillos vibradores de pata de cabra, compactadores de placa vibrante, compactadores de multiplaca vibrante, de pisón y vibropisones, Compactadores especiales, por mencionar algunos.

**f) Mantenimiento al pavimento**

En cada vialidad que existe en la ciudad de México, es importante considerar obras de mantenimiento, ya que el sitio donde estas se encuentran no es totalmente homogéneo, y para evitar problemas de agrietamiento u otro tipo de afectaciones que son evidentes del deterioro del desgaste del pavimento, es importante considerar la viabilidad para prolongar significativamente su vida útil, mediante prácticas de mantenimiento oportunas.

Las carreteras requieren de intervenciones motivadas tanto por la obsolescencia propia de los materiales que las conforman, fallas generalmente puntuales, que pueden tener su origen ya sea en situaciones especiales no detectadas en el diseño o en problemas derivados de la construcción.

En el siguiente recuadro se indican notificaciones y acciones para el mantenimiento para deformaciones por hundimiento.

**Figura 71. Protocolo de acción en caso de presentarse un hundimiento**

Objetivo Del Mantenimiento		Conservar y/o adecuar la integridad de la estructura del pavimento. Restablecer la comodidad de circulación sobre el pavimento y seguridad del tránsito (solo niveles de seguridad alta).		
Evaluación		Alternativa De Reparación Recomendada	Clasificación S.A.M.	Vida Esperada (años)
Severidad	Densidad	Descripción		
Bajo	Local	Ninguna acción		
	General	Ninguna acción		
Medio	Local	Bacheo superficial nivelante; mezcla en frío / en caliente. Rutinario 0.5 / 1.5	Rutinario	0.5 / 1.5
		Bacheo profundo; incluida reposición de base granula.	Rutinario	4-6
Alto	General	Notificar al personal operativo competente; verificar y mejorar condiciones de drenaje, adoptar algunos de los tratamientos precedentes.	Mejora media	Variable

Local	Bacheo superficial nivelante; mezclas en frío / en caliente	Rutinario	0.5 / 1.52
	Bacheo parcial + nivelante; mezclas en frío / en caliente.		1 / 3
	Bacheo profundo; incluida reposición de base.		4-6
General	El pavimento requiere rehabilitación. Notificar al Subdirector Mantenimiento; solicitar autorización para la aplicación de alguna de las técnicas siguientes:	Rehabilitación	8 - 10
	Preparación previa mediante aplicación de algunos de los tratamientos precedentes y recapado con mezcla asfáltica en caliente.		
	Escarificación parcial del pavimento existente y reconstrucción con base granular y carpeta asfáltica caliente.		
Posible Evolución	Mejoramiento drenaje superficial y/o profundo (en combinación con alguna de las técnicas precedentes).		
	La evaluación depende sustancialmente de las causas. Defectos constructivos pueden pertenecer estables mucho tiempo. Cuando Son atribuidos a la debilidad de la base progresan rápidamente en severidad y extensión, dando lugar a baches.		

**Para el fenómeno de Agrietamiento**

De igual forma que el hundimiento, el agrietamiento, no es un agente que represente un riesgo a considerar para el municipio puesto que el análisis de susceptibilidad muestra que, en la zona este, donde se localiza la zona urbana, tiene un grado de riesgo de bajo y muy bajo.

Sin embargo, y debido a que se trata de un fenómeno progresivo es necesario que se ejerzan, además de las acciones no estructurales o acciones pasivas consideradas para el fenómeno de hundimiento, una serie de acciones activas (mitigación) en aquellas zonas con evidencia recabada a partir de levantamientos en campo, como:

- **a) Rellenar con material areno-arcilloso la cavidad generada por la grieta**
- **b) Desarrollar un estudio específico de análisis de subsuelo mediante un análisis Geofísico, en zonas con recurrencia del fenómeno.**
- **c) Desarrolla un estudio de costo-beneficio para la reubicación del asentamiento**
- **d) Inyección de polímeros**

Esta técnica es considerada como una técnica eficiente debido al tiempo rápido de reacción y a su baja viscosidad, así como a su alta tasa de expansión de las propiedades de compactación hidrófila de

Poliuretano de dos componentes. También es óptima técnica y económicamente, y es importante mencionar que su tiempo de aplicación es corta, sin causar afectaciones al tránsito.

El mecanismo de esta técnica, se enfoca en la acción expansiva del poliuretano al ser inyectado en el sitio ya identificado. Una vez inyectada la sustancia, se considera un tiempo (minutos) para que la acción expansiva del poliuretano (espuma) forme un ascensor hidráulico y eleve la superficie, siendo comprimida cada capa de los suelos de apoyo, provocando un realce en la capa superior, expulsando la humedad y el agua contenida en la zona afectada. Con el fin de que la superficie quede nivelada, se utiliza un deformímetro, para controlar con precisión el incremento vertical de la losa.

La inyección de polímeros, es utilizada para la reparación de pavimentos, tanto de concreto como de asfalto, incrementando el soporte de las vialidades.

Las ventajas que esta técnica presenta, sumadas a las anteriormente mencionadas, son que ambientalmente no causa contaminación a las aguas subterráneas, la susceptibilidad a fracturarse es mínima, su bajo peso por metro cubico, no requiere de grandes perforaciones para su inyección, y finalmente no requiere de grandes cantidades de agua.

**e) Sellado de grietas**

El sellado de grietas presentes en la carpeta asfáltica, es un útil para mantenerla en buen estado, ya que la parte más importante de una superficie (vial) es la base que se encuentra por debajo del pavimento. Y esto se ve influenciado por la estabilidad estructural de la plataforma, el cual se logra a partir del estado de compactación de los materiales de relleno y suelos que lo componen.

Es por ello, que para que estas afectaciones no propicien la formación de socavamientos, se considera que las áreas a reparar estén libres de humedad y cualquier fluido que impida la adherencia del material utilizado.

Los materiales utilizados para este tipo de técnicas son diversos, sin embargo los más utilizados son mortero asfáltico, que de acuerdo a la norma N CSV CAR 2 02 002/00 este material tendrá una dosificación que cumpla con la calidad establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Y cementos Asfálticos, este material requiere de una temperatura aproximada de 140°C para lograr una mejor y eficiente adherencia. Finalmente, el uso de materiales comerciales, se utilizarán de acuerdo a los lineamientos técnicos establecidos por el proveedor.

Es importante considerar que el proceso de sellado de grietas requiere de tiempo para su secado total, para ello, el uso de materiales antiadherentes sobre el agrietamiento sellado, permitirá reducir las posibles afectaciones al sellado, posteriores a la apertura de la circulación vehicular, fungiendo como un impermeabilizante que inhiba el paso de fluidos y humedad a las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando así la consecuente pérdida de la resistencia, degradación y/o deterioro de éste.

Los datos proporcionados por el Grupo Aeroportuario en materia de subsuelo, son una herramienta importante para que la autoridad competente desarrolle estrategias como el desarrollo de un plan de reubicación municipal.

**8.2 Evaluación de propuestas.**

La evaluación de las propuestas planteadas prioriza, por un lado, la participación y comentario del grupo de servidores públicos municipales que participan en la elaboración del proyecto, y la generación de beneficios e impactos a los tres órdenes de Gobierno, así como el plazo de ejecución y la prioridad de atención susceptibles de ser medidos y demostrados con indicadores de seguimiento y evaluación, con base en la siguiente tabla:

**Tabla 72. Acciones y propuestas de mitigación**

ACCIONES	PROPUESTA	ESCALA	PLAZO DE EJECUCIÓN	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	VIABILIDAD
Pasivas (0.7)	Legislativas (0.2)	Federal, Estatal, Municipal (0.4)	Largo (0.05)	Importante (0.1)	1.45	Media
	Organizativas (0.2)	Local y Municipal (0.25)	Mediano plazo (0.15)	Importante (0.1)	1.40	Media
	Académicas y de Investigación (0.3)	Local y Municipal (0.25)	Corto y Mediano en función de la escala de estudio (0.3)	Muy importante (0.3)	1.85	Muy Alta
Activas (0.3)	Correctivas (0.3)	Local (0.1)	Inmediato (0.5)	Urgente (0.5)	1.70	Alta

**8.3. Conciliación de propuestas y priorización con Autoridades Locales.**

Una vez determinados los resultados del análisis de peligros y riesgos del municipio, las autoridades cuentan con los elementos para avanzar en la gestión del riesgo, ya que podrán enfocar los recursos económicos y el esfuerzo humano, en aquellas zonas caracterizadas por una condición de alto riesgo.

Asimismo, las propuestas de mitigación aquí sugeridas plantean un esquema general, que debe generar estudios más detallados y particulares respecto a la obra de mitigación que se plantee en un lugar en específico.

Dada la problemática identificada en el territorio municipal, y tomando en cuenta el grado de incidencia que podríamos tener en la implementación de medidas de mitigación se decidió priorizar tres elementos:

- Generación de una base de datos que integre la información de las diferentes dependencias y los resultados obtenidos de los diferentes estudios específicos que en materia de suelos se genere.

#### 8.4. Plan de obras y acciones.

En apartados anteriores se mencionaron las propuestas para la prospección y análisis de cada fenómeno, por tanto, el plan de obras y acciones se delimita en función a una temporalidad de corto mediano y largo plazo, con fin de dar continuidad y no ser interrumpidos por las modificaciones administrativas del cabildo.

A continuación, se mencionan cada una de las acciones consideradas para la prospección de estos fenómenos, de acuerdo a plazos de ejecución, cabe resaltar que, dentro de estas acciones, se consideran medidas permanentes, a fin de obtener información histórica para estudios posteriores, con el objetivo de observar la evolución de los fenómenos.

Tabla 73. Plan de Obras y Acciones a Corto, Mediano y Largo Plazo

PLAZO DE EJECUCIÓN	ACCIONES A REALIZAR	OBSERVACIONES
<b>Corto Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios de Prospección Geofísica, mediante el análisis de propiedades gravimétricas, eléctricas y de onda sísmica</li> <li>Estudios específicos de análisis estratigráfico mediante Registros de Pozos</li> <li>Estudio específico de hidrología subterránea y superficial</li> <li>Generación de bases de datos de bancos de nivel.</li> <li>Análisis de columnas Estratigráficas</li> <li>Estudio de Mecánica de suelos en pozos considerando el análisis de propiedades índice</li> <li>Generación de Bases de datos para evaluación del fenómeno</li> <li>En caso de sitios con socavamientos relleno con material amortiguante y una adecuada consolidación de estos materiales</li> <li>Relleno de grietas con material arcilloso.</li> </ul>	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no mayor a 3 años.
<b>Mediano Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la Tasa de niveles de abatimiento de pozos</li> </ul>	Estas acciones se consideran para su

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio específico de hidrología subterránea y superficial</li> <li>Estudios de prospección Geofísica y Geológica a nivel Municipal</li> </ul>	ejecución un plazo no mayor a 4 años
<b>Acciones a Largo Plazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión y adecuación del Reglamento de Construcción para evitar sobrecarga del terreno y exigir la presentación de estudios previos en la materia</li> </ul>	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no mayor a 6 años
<b>Acciones permanentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualización de bases de datos de bancos de nivel.</li> <li>Actualización de Bases de datos para evaluación del fenómeno en escalas mensual y anual</li> <li>Monitoreo de afectaciones Sismológicas</li> </ul>	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no fijo, ya que estas acciones permitirán el análisis de la evolución de los fenómenos.

#### 8.6. Cuadro de estudios, obras y acciones.

Tabla 74. Propuesta de estudios para mitigar los peligros por hundimiento y Agrietamiento

FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA, ESTUDIO O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES	COSTO MILLONES DE PESOS	POBLACIÓN BENEFICIADA
<b>GEOLOGICOS</b>						
Hundimiento	Delegación Iztacalco	El hundimiento en la Delegación, es propiciado por las diferencias en los niveles de abatimiento en el acuífero, sumado al proceso de subsidencia que se presenta en la Cuenca del Valle de México.	Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que considere la propiedad gravimétrica.		3.1	
			Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que considere la propiedad eléctrica.		3.1	
			Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que		3.1	

	En Zonas Puntuales de la Zona Urbana, se considera que el hundimiento se debe a la mala compactación de los materiales al momento de realizar la construcción, causando el efecto de reacomodo mediante la consolidación de los materiales.	considere la propiedad de onda sísmica.		
		Estudios geológicos específicos de análisis litológico a partir de los registros de pozos.		1.5
		Generación y actualización de bases de datos de bancos de nivel.		CNA
		Registro de columnas estratigráficas de pozos.		CNA
		Tasa de niveles de abatimiento de pozos		CNA
		Estudio específico de hidrología subterránea y superficial		1.9
		Revisión y adecuación del Reglamento de Construcción para evitar sobrecarga del terreno y exigir la presentación de estudios previos en la materia		Dirección de Obras Públicas del Estado de México

			En caso de sitios con socavamientos relleno con material amortiguante y una adecuada consolidación de estos materiales		0.5 c/u	
<b>Agrietamiento</b>	Delegación Iztacalco	El Agrietamiento en la delegación, es causado principalmente por los efectos causados por la desecación del suelo en zonas agrícolas principalmente . En Zonas Urbanizadas se considera que el agrietamiento es debido al hundimiento local, en zonas cercanas a canales, con alta densidad de vegetación, y deformación de la estructura del subsuelo.	Estudios de prospección Geofísica y Geológica a nivel Municipal		3.1	
			Estudio de Mecánica de suelos en pozos considerando el análisis de propiedades índice (Clasificación en húmedo y seco, Contenido de agua, Límites de consistencia, líquido y Plástico, Análisis Granulométrico , Determinación del porcentaje de partículas retenidas en las mallas No. 4 y 200.y Muestras inalteradas de propiedades y de deformación, compresión		0.8 por pozo	

			Simple, Compresión Triaxial, _UU, Consolidación Unidimensional		
			Monitoreo de afectaciones Sismológicas		
			Generación de Bases de datos para evaluación del fenómeno		
			Relleno de grietas con material arcilloso		

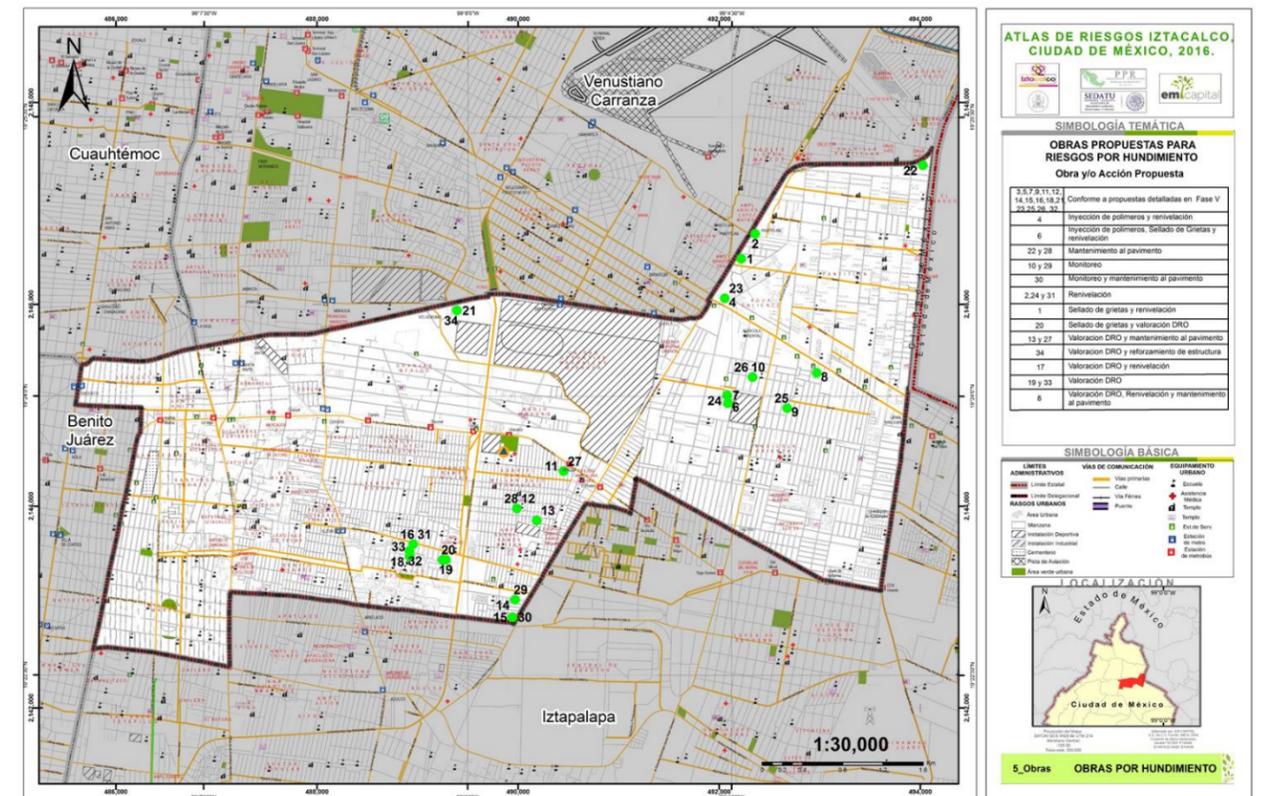


Figura 149. Mapa de obras de mitigación para hundimiento

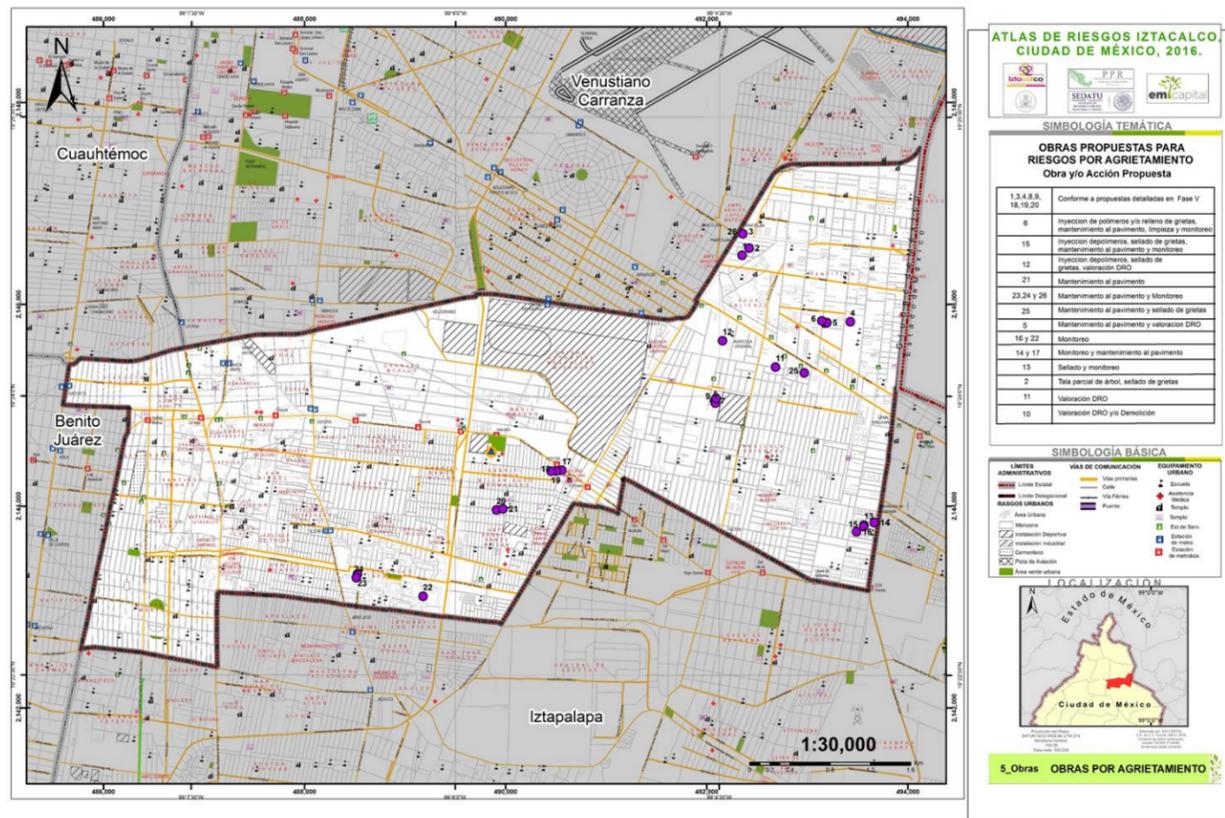


Figura 150. Mapa de obras de mitigación para agrietamiento

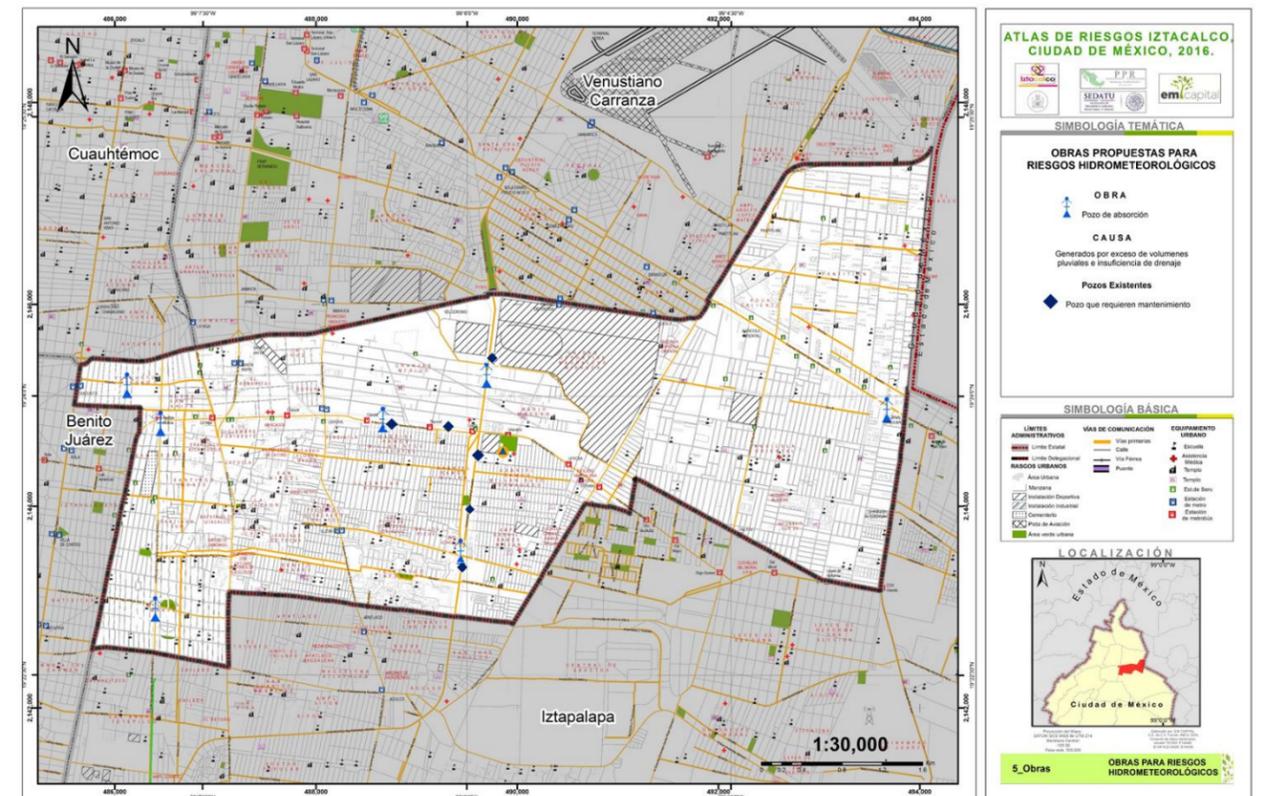


Figura 151. Mapa de obras de mitigación para inundación.

## GLOSARIO

- **Abanico aluvial:** Acumulación de materiales depositados por una corriente, con forma de cono o de abanico, que sale de zona de relieve abrupto (montañosa) hacia otra llana (planicie) y se expande.
- **Alerta:** etapa correspondiente a la fase del "antes" dentro del ciclo de los desastres, que significa la declaración formal de ocurrencia cercana o inminente de un evento (tomar precaución).
- **Amenaza:** llamado también peligro, se refiere a la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por el hombre, que puede manifestarse en un lugar específico con una intensidad y dirección determinada.
- **Área de la cuenca:** El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- **Caída de esfuerzos:** Disminución repentina de los esfuerzos presentes en el plano de contacto entre dos placas tectónicas o bloques de una falla cualquiera, como consecuencia de la ocurrencia de un temblor
- **Características fisiográficas:** Son los rasgos propios de cada cuenca y su cauce principal, tales como el área de la cuenca y la pendiente del cauce principal.
- **Cavidades kársticas.** Son huecos o cavernas que se generan en los mantos de rocas calizas por la disolución de la roca al entrar en contacto con aguas que contienen dióxido de carbono.
- **Cuenca endorreica:** El punto de salida del cauce está dentro de los límites de la cuenca y por lo general es un lago
- **Cuenca exorreica:** El punto de salida del cauce se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar
- **Cuenca homogénea:** Una cuenca es homogénea cuando tiene las mismas características físicas y de almacenamiento en toda su área.
- **Cuenca:** Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida
- **Derrame:** Es el escape de cualquier sustancia líquida, sólida o la mezcla de ambas, de cualquier recipiente o conducto que la contenga como son: tuberías, equipos, tanques de almacenamiento, autotanques, carrotanques, etcétera.
- **Desastre:** Estado en que la población de una o más entidades, sufre daños severos 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.
- **Erosión:** Es el transporte de partículas sólidas por agentes externos, como son la lluvia y el viento.
- **Escurrimiento:** Es el agua proveniente de la precipitación, circula sobre o bajo la superficie terrestre y llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.
- **Esfuerzo:** Medida de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. En Física se expresa como fuerza por unidad de área.
- **Falla:** Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento relativo, es decir, un bloque respecto del otro. Se habla particularmente de falla activa cuando en ella se han localizado focos de sismos o bien, se tienen evidencias de que en tiempos históricos han habido desplazamientos. El desplazamiento total puede variar de centímetros a kilómetros dependiendo del tiempo durante el cual la falla se ha mantenido activa (años o hasta miles y millones de años). Usualmente, durante un temblor grande, los desplazamientos típicos son de uno o dos metros.
- **Hidrología:** Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación, y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.
- **Intensidad (sísmica):** Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento o actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada por el sismo.
- **Periodo de retorno:** Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años. En general, el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro de muchos años.
- **Prevención:** una de las etapas de la fase del "antes" en el ciclo de los desastres, que consiste en evitar que ocurra el evento, reconociendo que en ocasiones es imposible evitar dicha ocurrencia.
- **Riesgo:** probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, en un lugar específico y durante un tiempo de exposición determinado.  $R = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ .
- **Red de Drenaje:** La red de drenaje de una cuenca está integrada por un cauce principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de las cuencas
- **Tirante:** Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno.
- **Volcán:** grieta o cualquiera abertura en la superficie de la Tierra a través del cual son extruídos productos tales como vapor de agua, piroclastos, lavas, gases, entre otros.
- **Volcán activo:** se considera como volcán potencialmente activo aquel que ha tenido algún tipo de actividad eruptiva durante el Holoceno. Esto es especialmente importante en un país como Chile, donde los registros históricos escritos no datan más allá de principios de 1,500 cuando los primeros españoles llegaron a colonizar.
- **Volcánico:** perteneciente o relativo al volcán.
- **Vulnerabilidad:** es un factor interno del riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a la amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

## BIBLIOGRAFÍA

Aceves-Quesada F., López-Blanco J. y Martín del Pozzo A.L., 2006. Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 23, núm. 2, 2006, p. 113-124.

Aguirre-Díaz G.J., and Carrasco-Hernández J., 1999. Erupciones asociadas a colapsos sectoriales dirigidos en el sector septentrional de la Sierra de las Cruces norte: Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana 1999, *Geos*, v. 19, p. 319.

Aguirre-Díaz, G., López-Martínez, M., Rendón-Marquéz, G., 2006, La Caldera de La Catedral, Sierra de Las Cruces, una caldera al norponiente de la Ciudad de México (resumen), en Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jal.: *Geos*, 26, p.215.

Alaniz-Álvarez S., Nieto-Samaniego A.F., Ferrari L., 1998. Effects of strain rate in the distribution of monogenetic and polygenetic volcanism in the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Geology*, 26, 591-594.

Alcántara-Ayala, I., 2000, Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, *Investigaciones geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, Boletín num. 41, p. 7-25.

Alcántara-Ayala, I., 2002, Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, num. 47, p. 107-124.

Alcocer S., Aguilar G., Flores L., Bitrán D., Durán R., López O., Pacheco M., Reyes C., Uribe C., Mendoza M., 1999. El sismo de Tehuacán del 15 de julio de 1999. *Informes Técnicos*. CENAPRED, 185 pp.

Aparicio, "Fundamentos de Hidrología de Superficie", Limusa, Noriega editores, Décima Reimpresión, 2001.

Arce, J.L., Layer, P.W., Morales-Casique, E., Benowitz, J.A., Rangel, E., Escolero, O., 2013a, New constraints on the subsurface geology of the Mexico City Basin: The San Lorenzo Tezonco deep well, on the basis of  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  geochronology and whole-rock chemistry: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 266, 34–49.

BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, "Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México", Tomo LVII, núm. 3, 2005, p. 379-424.

Darío Solano-Rojas, 2015. La relación de subsidencia del terreno InSAR-GPS y el abatimiento del nivel estático en pozos de la zona Metropolitana y la Ciudad de México, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 67, num. 2, p. 273-283.

BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, "Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica", TOMO LVII, NÚM. 3, 2005, P. 343-378.

Boudal C., Robin C., 1989. Volcan Popocatepetl: recent eruptive history, and potential hazards and risks in future eruptions, en Latter, J.H. (ed.), *Volcanic Hazards*, IAVCEI Proceedings in Volcanology: Berlin, Springer Verlag, 1, 110-128.

Blatter, D.L., Carmichael, I.S.E., 1998, Hornblende peridotite xenoliths from Central Mexico reveal the highly oxidized nature of subarc upper mantle: *Geology*, 26, 1035-1038.

Bloomfield K. and Valastro S., 1977. Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca, Central Mexico. *Institute of Geological Sciences, Overseas Geology and Mineral Resources*, 46, 15.

Bloomfield K., Sánchez-Rubio G., Wilson L., 1977. Plinian eruptions of Nevado de Toluca volcano: *Geologische Rundschau*, 66, 120-146.

Bras R L, "Hydrology, an Introduction to Hydrologic Science", Addison – Wesley Publishing Company, 1990.

CENAPRED. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos químicos. Primera edición, noviembre 2006.

CENAPRED. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos químicos. Primera edición, noviembre 2006.

Centro Nacional de Prevención de Desastres, "Fascículo Tsunamis", agosto, 2005.

Centro Nacional de Prevención de Desastres, Serie Fascículo "Tormentas Eléctricas", 2014.

Chow, V T, "Handbook of applied hydrology", McGraw-Hill, New York, 1964.

Chow, V T, "Open-channel Hydraulics", McGraw-Hill, New York, 1959.

Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996, Landslides types and processes, Chapter 3 in *Landslides Investigation and mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, Special report num. 247.

De la Cruz-Reyna, S., Quezada, J.L., Peña, C, Zepeda, O. y Sánchez, T., 1995. Historia de la actividad reciente del Popocatepetl (1354-1995). *Volcán Popocatepetl: Estudios realizados durante la Crisis de 1994-1995*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. 3-22 p.

Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Instituto de Geología, UNAM, v. 2, num. 2, p. 172-187.

Diego Pérez Centeno, 2009. Modelo del hundimiento de la zona lacustre del Valle de México. Aspectos Estratigráficos y Piezométricos. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Dikau, R., Brunsten, D., Schorrt, L., Ibsen, M. A., 1996, Landslide recognition, John Wiley and Sons, 250 p.

Emilio A. Hernández Banda, 2010. Estudio y Evaluación de subsidencias en el área del centro histórico de la Ciudad de México (Zócalo y Tlatelolco). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Enriqueta García, 2004, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpper, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., Manea, M., 2012, The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone: Tectonophysics, 522–523, 122–149.

García Arróliga, Norang. 2006. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, evaluación de la vulnerabilidad física y social. Serie: atlas de riesgos. CENAPRED. 1ra edición, septiembre 2006.

García-Palomo, A., Zamorano, J.J., López-Miguel, C., Galván-García, A., Carlos-Valerio, V., Ortega, R., Macías, J.L., 2008, El arreglo morfoestructural de la Sierra de Las Cruces, México central: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 25 (1), 158–178.

García J. Fermín, et. al., “Erosión en laderas”, cuaderno de investigación no. 24, CENAPRED, México 1995.

Gaziev, E., 2003, Análisis de la estabilidad de taludes rocosos, Series del Instituto de Ingeniería, Serie docencia, SD/43.

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M.T., Ferrari, L., 2005, Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Temas Selectos de la Geología Mexicana, 57 (3), 227–285.

Herrera, S., 2002, Regionalización de los deslizamientos en México, Academia Mexicana de Ingeniería, México, 12 p.

Instituto Nacional de Ecología, El Cambio Climático y la Salud Humana, 2014.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Guía para la Interpretación Cartografía, Uso de Suelo y Vegetación Serie V, México, INEGI, c2014.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. Vienna, Austria, 1996.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Manual for the Classification and Priorization of risks due to major accidents in process and related industries. Vienna, Austria, 1996.

J.C. Carracedo, h. g. (2004). Análisis de Riesgo Volcánico Asociado al Flujo de lavas en Rennerfe (islas canarias): escenarios previsible para una futura erupción en la isla. Estudios geológicos, 60, 63-93.

Juarez, B. E. y Figueroa Vega G., 1984., Stresses and displacements in an aquifer due to seepage forces (one dimensional case)., Jour. Of Hydrology., vol. 73., pp. 259-288.

Kramer, s. I. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. Washington, E.U.: Prentice- Hall International series.

Lee, S., Chwae, U., Min, K., 2002, Landslide susceptibility by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea, Geomorphology, num. 46, p. 149-162.

Leroueil, S., Locat, J., Seve, G., Picarrelli, L., Faure, M. R., 2001, Slopes and mass movements, Geotechnical and geoenvironmental engineering handbook, edited for R. Kerry Rowe, Kluwer Academic Publishers.

Lozano-García, M.S., Ortega-Guerrero, B., 1998, Late Quaternary environmental changes of the central part of the Basin of Mexico; correlation between Texcoco and Chalco basins: Review of Palaeobotany and Palynology, 99, 77–93.

Lugo Hubp, J., 1989, Diccionario geomorfológico, Instituto de Geografía, UNAM, 337 p.

Martínez-Bringas A., Gómez-Vázquez A. y De la Cruz S., 2006. Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 123-164.

Montalvo-Arrieta J. C., Reinoso-Angulo E., Sánchez-Sesma F. J., 2003. Observations of strong ground motion at hill sites in Mexico City from recent earthquakes. Geofísica Internacional, Vol. 42, Num.2, 205-217.

Montalvo-Arrieta J. C., 2002. La respuesta sísmica del terreno firme en la Ciudad de México observaciones y modelos. Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de doctorado.

Montufar, (2013). Riesgos Geológicos: vulcanismo. México: Instituto Politécnico Nacional.

Ortega E. H. M. 1983. Algunos aspectos de carácter geoquímico, fisicoquímico y químico involucrados en la génesis de los suelos de salinidad sódica. Chapingo. 3-18 pp.



Pérez-Cruz, G.A., 1988, Estudio sismológico de reflexión del subsuelo de la Ciudad de México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, 83 p.

Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Iztacalco, 2008.

Revista mexicana de ciencias geológicas, 158-178. Desastres, c. n. (2008). Volcanes. México: centro nacional de prevención de desastres.

Rodríguez Castillo, R., Rodríguez Velázquez., I., 2006, Consecuencias sociales de un desastre inducido, subsidencia. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, No. Especial de geología Urbana, Tomo LVIII No.2, 2006. Pp.265-269.

Rodríguez – Iturbe I. y Valdés J B, “The Geomorphologic Structure of the Hydrologic Response”, Water Resources Research, Vol. 15, No. 6, 1979.

Siebe, C., Rodríguez-Lara, V., Schaaf, P., Abrams, M., 2004a, Radiocarbon ages of Holocene Pelado, Guespalapa, and Chichinautzin scoria cones, south of Mexico City: implications for archaeology and future hazards: Bulletin of Volcanology, 66, 203–225.

Springall G. R., “Hidrología, 1ra parte”, Series del Instituto de Ingeniería, No. D-7, Abril 1970. Strahler, A N, “Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology”, Trans Am Geophys Union. 38(6): 913 –920, 1957.

Suárez G. y Singh K., 1986. Tectonic interpretation of the TransMexican Volcanic Belt Discussion: Tectonophys, 127, 155-160.

Suarez Días, J., Materiales de tierra para pavimentos., Trabajo inédito.

Suárez-Díaz, J., 1998, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia, 548 p.

Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos, 2016, Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, Ciudad de México.

Valdés J B, Fiallo Y. y Rodríguez – Iturbe I, “A Rainfall – Runoff Analysis of the Geomorphologic IUH”, Water ResourCes Research, Vol. 15, No. 6, 1979.

## RED

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos/formato>

[snm.cna.gob.mx](http://snm.cna.gob.mx)