



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**Determinación de la vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de
las zonas 1, 2, 3 y 4 de la Ciudad de Chimaltenango**

Ángel Guillermo Texaj López

Asesorado por el ingeniero Omar Gilberto Flores Beltetón

Guatemala, octubre de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA
ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LAS ZONAS 1, 2, 3 Y 4 DE LA
CIUDAD DE CHIMALTENAGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

ÁNGEL GUILLERMO TEXAJ LÓPEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO OMAR GILBERTO FLORES BELTETÓN

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Antonio Arriaga Solares
EXAMINADOR	Ing. Nicolás De Jesús Guzmán Sáenz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA
ESTRUCTURAL EN UN SECTOR DE LA ZONAS 1, 2, 3 Y 4 DE LA
CIUDAD DE CHIMALTENAGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 31 de marzo de 2005.

Ángel Guillermo Texaj López

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

A quien entrego este triunfo, pues me ha dado sabiduría y salud.

MI MADRE

Amorosa y dedicada a mi bienestar y superación, en el más oportuno momento.

MI PADRE

Hombre trabajador, quien ha luchado por darme lo mejor, sin importar el cansancio, apoyándome en cualquier situación; muchas gracias a ellos por la formación y valores que me inculcaron.

MI HERMANO Y CUÑADA

Quienes han sido excelentes ejemplos y me han dado maravillosos sobrinos.

MI HERMANA

Con todo cariño le doy las gracias.

MI ESPOSA

Por su apoyo incondicional en todo momento; gracias, mi amor

MIS ABUELOS

Que han sido fuente de enseñanza, cariño, admiración y respeto.

LA ESPOSA DE MI PADRE

Quien ha estado a su lado y lo ha apoyado en todo momento

**MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS DE
ESTUDIO**

Gracias por su apoyo y amistad.

**INGENIERO
OMAR FLORES**

Mi asesor, por su paciencia y apoyo
en el desarrollo de este trabajo.

**INGENIERO
EDGAR MONTERROSO**

Por permitirme realizar mis prácticas y consultas
en su oficina.

**INGENIERO
JULIO LUNA**

Por brindarme su apoyo y consejos.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO
NACIONAL**

Por brindarme información importante.

DEDICATORIA A:

- MI MADRE** Especialmente; y aunque ya no la tengo a mi lado, sé que uno de sus sueños era verme alcanzar un título profesional.
- MI PADRE** Quien a lo largo de mi vida, ha querido siempre lo mejor para mí.
- MI ESPOSA** Quien anhela que se cumpla este sueño compartido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ASPECTOS GENERALES DE CHIMALTENANGO	1
1.1. Localización y delimitación	3
1.2. Ambiente económico y social	4
1.3. Geología	6
1.4. Suelos	7
1.5. Clima	8
1.6. Hidrología	8
1.7. Precipitación promedio anual	8
1.8. Densidad de población	9
1.9. Historial sísmico de Chimaltenango.	9
1.10. Amenaza sísmica	11
2. INFRAESTRUCTURA	13
2.1. Tipología estructural del sector	13
2.2. Estructuras de gran importancia	22
2.2.1. Escuelas y colegios	22
2.2.2. Hospitales y centros de salud	24

2.2.3.	Iglesias	25
3.	SERVICIOS BÁSICOS	29
3.1.	Servicio de agua potable	29
3.2.	Servicio de drenajes	31
3.3.	Servicio de electricidad	31
3.4.	Servicio de telecomunicaciones	33
4.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	35
4.1.	Formulario de evaluación	35
4.2.	Presentación de datos	37
4.3.	Cálculo del grado de vulnerabilidad estructural	40
4.4.	Cálculo de los índices de vulnerabilidad estructural	41
4.5.	Mapa del grado de vulnerabilidad estructural del sector estudiado	43
5.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS	45
5.1.	Deficiencias estructurales observadas en el sector y medidas de mitigación propuestas	45
5.2.	Discusión sobre la fabricación de bloques y ladrillos de suelo cocido	51
5.3.	Trabajos realizados por CONRED, dedicados al riesgo sísmico	53
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de Guatemala ubicando el departamento de Chimaltenango	1
2.	Modelo tridimensional de la ciudad de Chimaltenango	2
3.	Delimitación del sector estudiado	3
4.	Mapa mostrando la geología del área urbana de Chimaltenango	6
5.	Mapa mostrando los suelos del área urbana de Chimaltenango	7
6.	Área construida en la ciudad de Chimaltenango	10
7.	Curvas de isoaceleración para Guatemala	12
8.	Mapa base de macrozonificación sísmica	12
9.	Fotografías mostrando la tipología estructural del sector estudiado	15
10.	Clasificación estructural según el sistema para resistir fuerzas laterales	20
11.	Fotografías de estructuras de gran importancia dentro del sector estudiado	27
12.	Sector estudiado, ubicando hospitales y posibles lugares de albergue en caso de un desastre	28
13.	Fotografía mostrando un tanque público dentro del sector estudiado	30
14.	Fotografías de subestación y alumbrado público	33
15.	Estructura de uso comercial de TELGUA	34
16.	Cuantificación de los tipos de estructuras en el área evaluada	38
17.	Usos de las estructuras en el área evaluada	40
18.	Mapa del sector estudiado que ilustra el grado de vulnerabilidad estructural de cada lote evaluado	44
19.	Ejemplos de problemas típicos observados en estructuras de mampostería no reforzada	47

20.	Ejemplos de problemas típicos observados en estructuras de mampostería media	49
21.	Ejemplos de problemas típicos observados en estructuras de madera	50

TABLAS

I.	Clasificación estructural según el sistema para resistir fuerzas laterales	17
II.	Características generales del área evaluada	37
III.	Cuantificación de los distintos tipos de estructuras existentes en el área evaluada	38
IV.	Usos de las estructuras en el área evaluada	39
V.	Calificación final y grado de vulnerabilidad	41
VI.	Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector estudiado	42
VII.	Índices de vulnerabilidad estructural para el área evaluada dentro del sector estudiado	42
VIII.	Colores sugeridos para cada vulnerabilidad estructural	43

LISTA DE SÍMBOLOS

Q	Moneda de Quetzal
m	Metro
m²	Metros cuadrados
Km²	Kilómetro cuadrado
g	Aceleración de la gravedad
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
mm	Milímetros
”	Pulgadas
MM	Intensidad
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado

GLOSARIO

Área de construcción	Proyección horizontal del área que ocupa un edificio.
Área construida	Sumatoria de las áreas de construcción de todos los niveles de un edificio
Autoconstrucción	Desarrollo de obras de construcción cuya responsabilidad, dirección y administración está a cargo del propietario, para lo cual es posible que haya existido, al menos, planificación y diseño profesional.
Construcción empírica	Obra de autoconstrucción que evidencia deficiencias en aspectos técnicos, desarrollada según el criterio de los albañiles y el propietario, sin que haya existido planificación, asesoría, criterio o supervisión profesional para su desarrollo.
Desastre	Suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada y que causa, sobre los elementos sometidos, alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de éstos.
Escala de Mercalli modificada	Escala que sirve para designar la intensidad de un sismo en un sitio dado, la cual se asigna en forma subjetiva, según el sismo sea sentido por las personas (grados I a VI), según los daños que ocasione a las edificaciones (grados VII a X), y según los cambios geológicos que éste produce (grados XI a XII).

Lote	Cada una de las parcelas en las que se divide un área de tierra.
Mampostería	Sistema constructivo de tipo cajón, que consiste en pegar piezas o bloques para formar muros y soportar cargas.
Mampostería media o confinada	Sistema constructivo de tipo cajón que consiste en prismas que se forman con piezas o bloques unidos con mortero, confinados entre elementos horizontales y verticales de concreto reforzado.
Placas tectónicas	Segmento relativamente grande y rígido de la litosfera, que incluye la corteza y la parte superior del manto, que se desplaza sobre la astenósfera, moviéndose en relación a las placas adyacentes.
Sismo	Evento físico causado por la liberación repentina de energía, debido a una dislocación o desplazamiento en la corteza terrestre; parte de la energía es irradiada en todas direcciones en forma de ondas elásticas y ondas sísmicas, y es percibido en la superficie como una vibración del terreno denominada “temblor”, cuando no causa daños, y “terremoto”, cuando la sacudida es violenta y el evento es destructivo, causando daños severos y víctimas.
Tipología estructural	Sistema de clasificación de estructuras en función de la forma en que transmiten y soportan las cargas que se les aplican.
Vulnerabilidad	Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0, o sin daño, hasta 1, o pérdida total.

Vulnerabilidad estructural Grado de pérdidas de un elemento o grupo de elementos que están en riesgo por la probable ocurrencia de un evento desastroso, como resultado del daño al que es susceptible el sistema estructural que mantiene en pie a un edificio.

RESUMEN

Este trabajo de graduación se inicia con la localización, descripción de características económicas y sociales, descripción de las características propias del departamento e historial sísmico del sector, con el fin directo de dar a conocer al lector el nivel de vulnerabilidad estructural y que esta información pueda ser útil a la hora de desarrollar medidas de mitigación de la vulnerabilidad estructural hallada en el sector.

Después de conocer las características del sector estudiado, se da a conocer la tipología estructural encontrada en el sector y se describen brevemente algunas de las estructuras mencionadas, a la vez, se conoce la forma en que el formulario de evaluación clasifica las estructuras. Luego se dan a conocer las estructuras de gran importancia, y su ubicación dentro del sector, con el fin de establecer posibles sitios de albergues en caso de algún desastre natural.

Después de describir los servicios básicos con que cuenta la ciudad de Chimaltenango, se presentan los resultados obtenidos a través de las evaluaciones practicadas a las estructuras, por medio del método de evaluación visual rápido ATC-21, como la cuantificación de los distintos tipos de estructuras y el uso de éstas; y se describen las calificaciones finales con sus respectivas vulnerabilidades. Determinando la vulnerabilidad en elementos humanos y materiales, demostrando que el sector estudiado es susceptible a daños severos aproximadamente en 16,982m² de área construida, lo que implicaría alrededor de Q 41,914,844.00 (cuarenta y un millones novecientos catorce mil ochocientos cuarenta y cuatro quetzales) en el costo de reposición de las pérdidas materiales.

El número potencial de muertes está alrededor de 660 personas y el número potencial de heridos alrededor de 1,393 personas, lo que equivale al 4.40% y 9.30% respectivamente, del total de habitantes en el área evaluada. Por último, se destacan los problemas estructurales típicos observados en el sector y se proponen las medidas de mitigación correspondientes.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio en el sector, por medio del método cualitativo ATC-21, propuesto por Applied Technology Council, que permita cuantificar la vulnerabilidad estructural y la cantidad de daños potenciales en elementos materiales y humanos, que podría sufrir el sector de la ciudad de Chimaltenango ante un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo de $0.3g = 2.94 \text{ m/seg}^2$, o mayores, en la componente horizontal, con una probabilidad de ocurrencia de, al menos, una vez en cincuenta años, equivalente a 0.02.

Específicos

1. Determinar la vulnerabilidad estructural por amenaza sísmica en elementos materiales hallada en el sector estudiado, así como estimar el total del área construida susceptible a daños.
2. Determinar la vulnerabilidad estructural por amenaza sísmica en elementos humanos hallada en el sector estudiado, así como estimar el número de muertes y heridos debido al colapso de las estructuras presentes en dicho sector.
3. Dar a conocer la vulnerabilidad estructural del sector gráficamente por medio de un mapa, coloreando cada uno de los lotes de dicho sector, para su fácil comprensión.

4. Hallar problemas estructurales típicos y hacer las recomendaciones pertinentes.
5. Hacer de su conocimiento a las autoridades pertinentes, sobre la vulnerabilidad estructural hallada en el sector estudiado.

INTRODUCCIÓN

Guatemala está situada geográficamente en la intersección de tres placas tectónicas, las cuales son la placa de Cocos en el océano Pacífico, la placa del Caribe y la placa de Norteamérica; la interacción entre estas placas ha generado grandes fallas geológicas y tiene como resultado el origen de una perpetua cadena de sismos, razón por la cual el país yace sobre un suelo sometido a grandes esfuerzos, siendo Guatemala uno de los países con mayor amenaza sísmica en el mundo. Tomando en cuenta las características anteriores altamente sísmicas, somos habitantes de un país que no tiene una norma de construcción sismorresistente a la cual acogerse, y considerando las características culturales de escasa prevención, en donde abunda la auto-construcción y la construcción empírica, el país es considerado altamente susceptible ante un posible fenómeno natural denominado sismo.

Los fenómenos naturales como los sismos se convierten en sinónimos de desastre. Sin embargo, la ocurrencia de un fenómeno natural sólo causa desastre cuando afecta al ser humano y sus actividades, y cuando esto sucede se obtienen pérdidas humanas y pérdidas materiales a nivel de estructuras. Y debido a esto se detiene momentáneamente el desarrollo de la población afectada.

En lo que compete a la vulnerabilidad estructural, las obras de gran tamaño, por lo general, son ejecutadas por profesionales, los que teniendo una buena formación y aplicando buenos criterios constructivos dan como resultado estructuras más seguras.

Los sistemas y redes de infraestructura como carreteras, plantas hidroeléctricas, de agua potable, drenajes, de telecomunicación, etc., pueden diseñarse y calcularse con una sismorresistencia incorporada. Sin embargo, otras partes de estos mismos sistemas podrían ser difíciles de proteger específicamente contra sismos.

Las construcciones pequeñas pueden ser las más propensas en un desastre natural de origen sísmico, las cuales son en Guatemala desarrolladas con menos control, auto-construidas por sus propietarios y otras construidas empíricamente.

Tomando en cuenta todas estas situaciones reales en el país, y para complementar información a nivel república, se ha desarrollado este estudio en la ciudad de Chimaltenango. Se considera como objeto de análisis una de las áreas más pobladas del departamento de Chimaltenango, la cabecera departamental, la cual fue seriamente dañada durante el último fenómeno sísmico considerable que hubo en el país, el terremoto del 4 de febrero de 1976 y presenta, en la actualidad, edificaciones correspondientes a diversas clases socio-económicas, una gran variedad de comercios, evidenciándose también construcciones empíricas y auto-construcciones, producto de la ignorancia o por los recursos limitados que padece en gran número nuestra sociedad guatemalteca.

Este estudio tiene como objeto determinar la vulnerabilidad estructural en un sector de la ciudad de Chimaltenango de las zonas 1, 2, 3 y 4, en función de la cantidad de daño potencial en elementos materiales y humanos, debido a la ocurrencia de un fenómeno sísmico esperado, al menos, una vez en cincuenta años en el área. Para ello se emplean algunos estudios importantes realizados en el país, metodologías y criterios de mucho prestigio aplicados a nivel internacional para la evaluación masiva de estructuras.

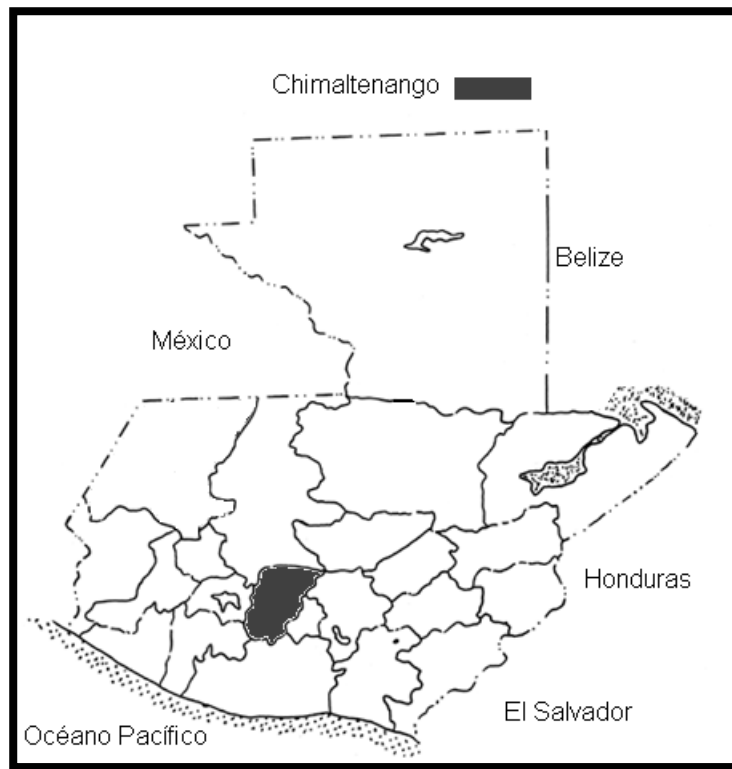
En lo que respecta a la vulnerabilidad estructural, ésta puede variar de estructura en estructura, y en la medida que se renueven o remodelen las estructuras, el tipo e intensidad del fenómeno sísmico que se presente y la respuesta propia del suelo.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, es de suma importancia expresar esta vulnerabilidad estructural, así como las pérdidas humanas y pérdidas materiales que pudieran presentarse por la ocurrencia de un fenómeno sísmico, con el fin directo de alertar a la población y a las autoridades pertinentes para que tomen conciencia en el tema y así desarrollar y priorizar planes y medidas de mitigación de la vulnerabilidad, tanto a nivel estructural como a nivel de educación, cultural, etc. Con el pensamiento de que a la hora de ocurrir un evento sísmico, el país esté preparado para un suceso de tal magnitud.

1. ASPECTOS GENERALES DE CHIMALTENANGO

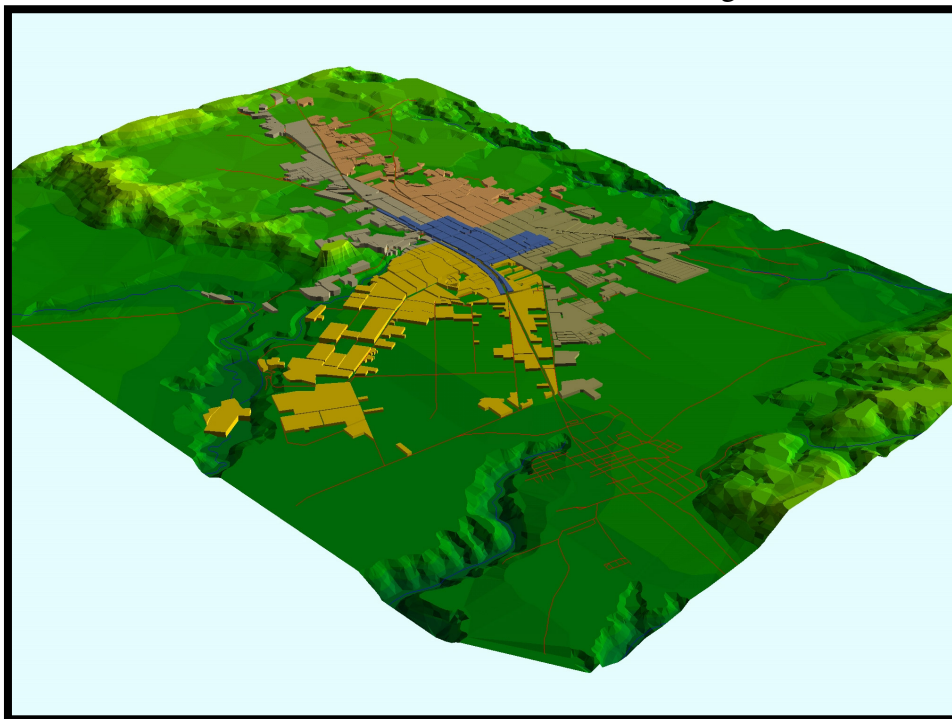
Chimaltenango, cabecera del departamento del mismo nombre, su extensión aproximada es de 212 km². , colinda al norte con San Martín Jilotepeque (Chimaltenango); al este con El Tejar (Chimaltenango) y San Juan Sacatepéquez (Guatemala); al sur con San Andrés Itzapa y Parramos (Chimaltenango) y Pastores (Sacatepéquez); al oeste con Zaragoza, Comalapa y San Martín Jilotepeque (Chimaltenango). La figura 1 muestra la ubicación del departamento de Chimaltenango en el mapa de Guatemala, y la figura 2 presenta un detalle tridimensional de la ciudad de Chimaltenango.

Figura 1. Mapa de Guatemala ubicando el departamento de Chimaltenango.



Fuente: Digitalizado de un mapa del Instituto Nacional de Estadística.

Figura 2. Modelo tridimensional de la ciudad de Chimaltenango.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, **Modelo tridimensional de la ciudad de Chimaltenango.**

Chimaltenango se encuentra aproximadamente a 52 kilómetros de la capital, su principal medio de comunicación es la Carretera Interamericana CA-1 que penetrando por el Tejar municipio de Chimaltenango, cruza su territorio saliendo por el municipio de Tecpán hacia el departamento del Quiché. Contando además con carreteras que lo unen con el resto de municipios. Se encuentra a 1,800 metros sobre el nivel del mar.

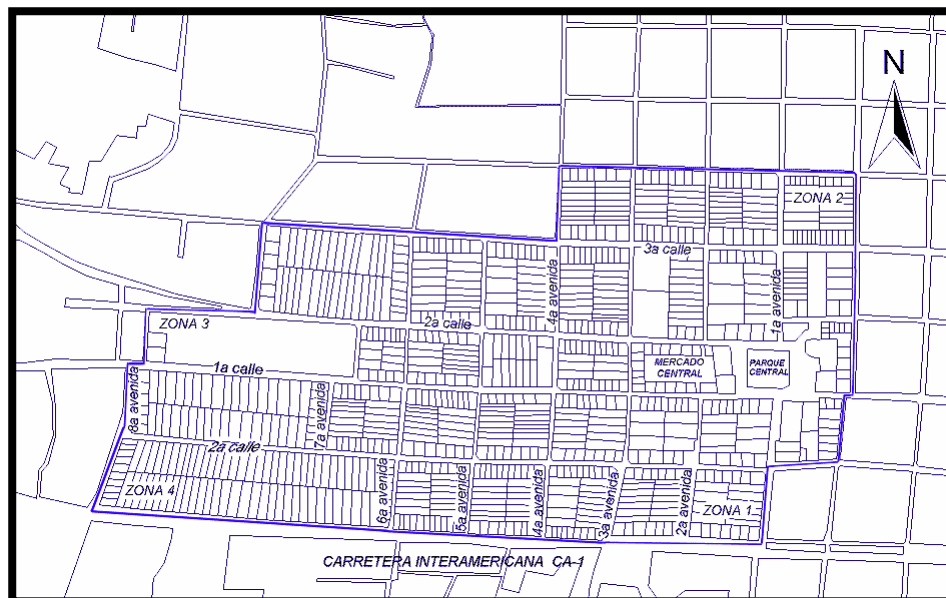
A continuación se da a conocer el sector de la ciudad de Chimaltenango el cual ha sido estudiado, se presentan las características del lugar, así como su historial sísmico con el fin inmediato de reducir la vulnerabilidad del sector ante los fenómenos sísmicos.

1.1. Localización y delimitación

El sector que se estudia, se encuentra localizado entre las zonas 1, 2, 3 y 4 de la ciudad de Chimaltenango, en el municipio y departamento del mismo nombre, y tiene un área de 516,870m².

Está limitado al norte por la 3a y 4a calle de las zonas 2 y 3, al oriente por la 1a avenida de la zona 4, y 2a avenida de las zonas 1 y 2, al sur por la 3a calle de la zona 4, y al occidente por la 8a avenida de las zonas 3 y 4, así como por la 7a y 4a avenida de la zona 3, tal como se ilustra en la figura 3. En el sector se encuentran vías importantes, tal es el caso de la 3a calle de las zonas 1 y 4 que colinda con la carretera interamericana que comunica a occidente, también se encuentran vías principales de tráfico para Chimaltenango como la 1a y 2a calle de las zonas 1, 2, 3 y 4 que conduce al parque de la ciudad, y vías secundarias como la 3a calle de las zonas 2 y 3, y la 2a calle de las zonas 1 y 4, utilizadas como vías alternas que permiten descongestionar el tránsito en vías principales y conexiones importantes.

Figura 3. Delimitación del sector estudiado



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, **Mapa de la ciudad de Chimaltenango**

1.2. Ambiente económico y social

El sector estudiado presenta diferentes tipos de actividades y sectores económico-sociales diversos. Existen áreas altamente comerciales como lo son la 3a calle de las zonas 1 y 4 (carretera a occidente) en las que se encuentran pequeñas empresas las que prestan diversos servicios y venta de artículos de consumo diario como tapicerías, talleres, panaderías, tiendas. La 1a y 2a calle entre las zonas 4 y 3 respectivamente, la 1a avenida entre las zonas 1 y 4, en las que se encuentran empresas y comercios grandes como agencias bancarias, servicios de telecomunicaciones, restaurantes, mueblerías, y diversos comercios. También se encuentran hospitales dos escuelas y diversos centros educativos

En el área evaluada existen 905 lotes, de los cuales 76 son de uso exclusivamente comercial que constituyen un 8.40%, cabe mencionar la combinación de actividades comerciales con otros usos como lo son de uso residencial y comercial.

En el sector están instaladas una empresa de telecomunicaciones, así como dos torres de plantas de telecomunicaciones. Pequeñas industrias como talleres, fábrica de muebles para oficina y otras, estas combinan la actividad industrial con residencial en algunos casos.

Del total de lotes en el área evaluada, alrededor de 502, equivalentes a un 55.47%, son de uso residencial, 224 lotes, equivalentes al 24.75%, manifiestan uso residenciales y comerciales, y unos 33 lotes, correspondientes al 3.64%, usos residenciales en combinación con otras actividades. Los habitantes del sector pertenecen a diversos sectores económico-sociales, que van desde clase media-alta que poseen casa propia, hasta sectores de clase baja-baja que viven en viviendas muy deterioradas.

El sector estudiado cuenta con servicios de energía eléctrica, alumbrado público, drenajes municipales, y servicio de agua potable aunque en algunos sectores el servicio es deficiente y racionado. En la 1a calle de la zona 1 a un costado del parque se encuentra la estación departamental de la Policía Nacional Civil (evaluación # 5).

En cuanto a servicios de emergencia, no existe dentro del sector una estación de bomberos, aunque se encuentra cerca la estación de bomberos voluntarios, a unos 80 metros del sector sobre la 1a calle de la zona 3, cabe mencionar que no se cuenta con estación de bomberos municipales en la cabecera, la más cercana se encuentra en el municipio del Tejar (Chimaltenango), aproximadamente a 4 kilómetros de Chimaltenango.

Dentro del sector existen 3 hospitales o sanatorios, uno de ellos es la Fundación Carrol Behrhorst (evaluación # 63), Hospital Los Aposentos (evaluación # 482), y el Sanatorio Familiar (evaluación # 296). También existen algunas clínicas privadas.

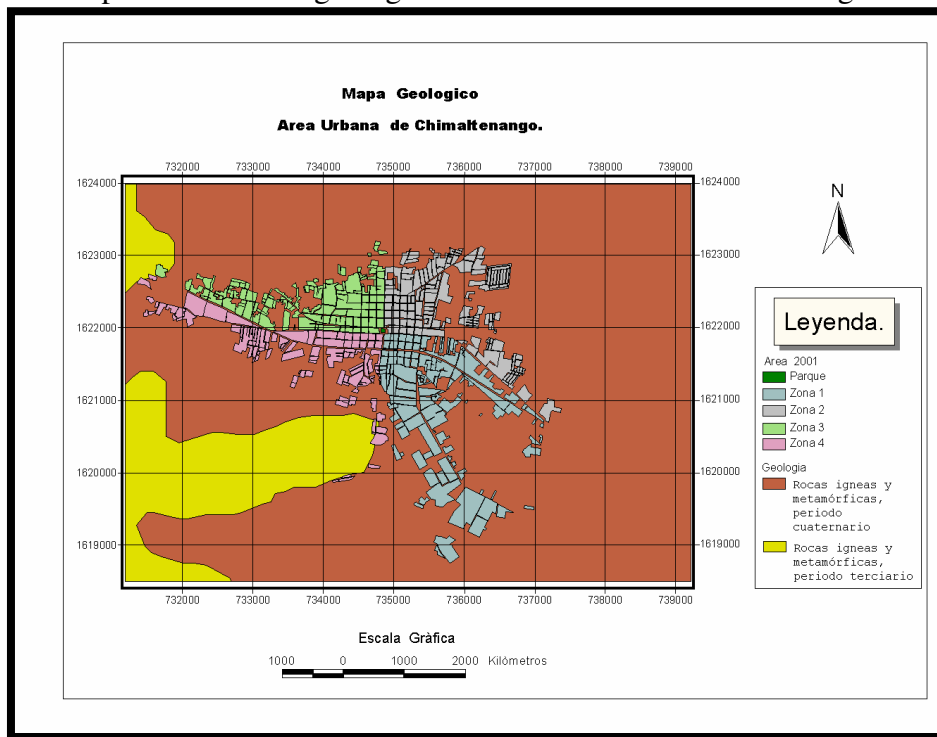
Existen escuelas y colegios dentro del sector, como la Escuela Nacional Para Párvulos Ramona Gil (evaluación # 873), el colegio J. Simeón Cañas (evaluación # 214) el cual cuenta con una instalación grande, colegio Mixto Santa Ana (evaluación # 638), colegio Visión de Fe (evaluación # 420), colegio Liceo Chimalteco (evaluación # 663).

En el sector existen varias iglesias de las cuales las más grandes son el Seminario Bíblico Guatemalteco el cual cuenta con un complejo de 3 edificios de tres, dos y un nivel, así como de 4 casas de un nivel, la Catedral Católica de Santa Ana, iglesia cristiana MI-EL, iglesia cristiana Visión de Fe.

1.3. Geología

Según el mapa geológico del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, el suelo de Chimaltenango yace sobre Tephra interestratificada con diamictones pomáceos y sedimentos fluvio-lacustres; por lo que se clasifica con el perfil de suelo S2, el cual satisface como suelo firme, cuyo basamento rocoso se encuentra a más de 50 metros de profundidad y cuyos depósitos son cenizas volcánicas, suelos granulares densos, limos densos o arcillas firmes, según las norma recomendada AGIES NR-2:2000 (AGIES, 2000). En la figura 4 se muestran la geología del área urbana de Chimaltenango.

Figura 4. Mapa mostrando la geología del área urbana de Chimaltenango.

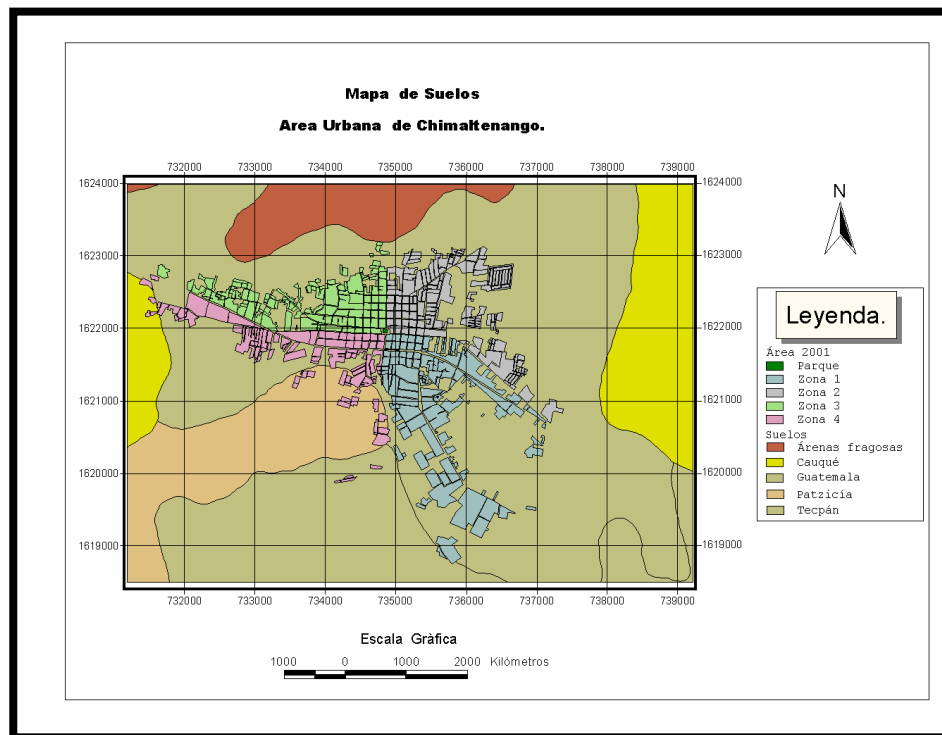


Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Mapa geológico área urbana de Chimaltenango.

1.4. Suelos

El departamento de Chimaltenango comprende los suelos de la altiplanicie central, clases misceláneas de terreno, y suelos de las montañas volcánicas cubriendo estos últimos alrededor de un doceavo del área del departamento, encontrándose estas en un alto grado de erosión causadas por las correntadas de invierno, alterada por el excesivo uso y explotación de los suelos. El área ha sido cubierta por cenizas volcánicas, principalmente pomáceas, una pequeña parte yace sobre esquistos y arcilla esquistosa a poca profundidad (Simmons y otros, 1958). En la figura 5 se muestran los suelos del área urbana de Chimaltenango.

Figura 5. Mapa mostrando los suelos del área urbana de Chimaltenango.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Mapa de suelos área urbana de Chimaltenango.

1.5. Clima

El clima del área de Chimaltenango varía de templado, húmedo-seco en el norte, y cálido-húmedo en el sur. La temperatura media es de 18.8° C, la máxima de 26.5° C, y la mínima de 1.5° C. (INE, 2000).

1.6. Hidrología

Los principales lagos y lagunas:

Laguna los Aposentos, ubicado en el kilómetro 57.5 ruta Nacional 14, hacia Sacatepequez.

Los principales ríos son:

Al territorio de Chimaltenango lo cruzan varios ríos como el Coyolate, Madre Vieja, el Pixcayá y el Río Grande o Motagua, el Guacalate o de la Virgen y el Balanyá

1.7. Precipitación promedio anual

Por lo general la precipitación pluvial en la altiplanicie central es muy similar a la de la ciudad de Guatemala, pero un tanto más seca, irregular y variable (Simmons y otros, 1958).

El departamento de Chimaltenango tiene una precipitación pluvial promedio de 2035.9mm., al año según datos del INE con datos obtenidos de los años 1998, 1999 y 2000.

1.8. Densidad de población

La densidad de población para el departamento de Chimaltenango es de 225 habitantes/km². (INE, 2003)

1.9. Historial Sísmico del departamento de Chimaltenango

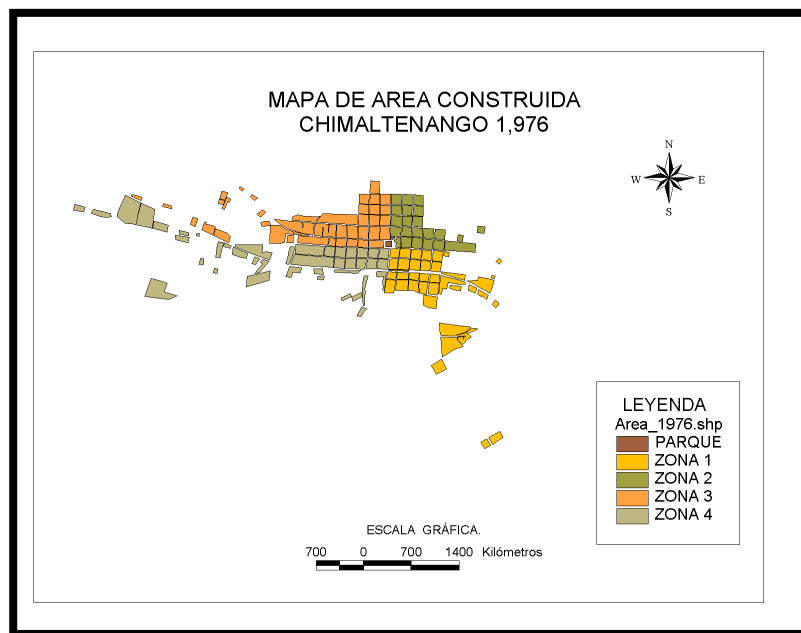
La ciudad de Chimaltenango ha sido afectada en varias ocasiones por diferentes movimientos sísmicos, entre los cuales están el terremoto de Santa Marta el 29 de julio de 1773 que convirtió la población en ruinas; otros sismos que también destruyeron la ciudad, se produjeron en los años 1874, 1918, y 1942 (Revilla, 1976). El último terremoto, fue el de la fecha 4 de febrero de 1976, que para la región del centro de la república significó trágicas consecuencias; se presentaron intensidades MM de VII y VIII (Espinosa y otros, 1976). En general el departamento de Chimaltenango fue uno de los más afectados, las pérdidas materiales ascendieron a millones de quetzales, en vista que el 100% de las viviendas quedaron totalmente destruidas. El 100% de los edificios educativos de nivel pre-primario y nivel medio, y el 87% de los de nivel primario fueron afectados (Cerezo, 1976). La ciudad de Chimaltenango pasó por lo menos un mes para contar con servicio más o menos regular de agua después del terremoto.

Las pérdidas humanas en la ciudad de Chimaltenango ascendieron a 600 muertos y 3,000 heridos (Marroquín y Gándara, 1976), y en todo el departamento murieron 13,792 personas (Cerezo, 1976). Fue necesario enterrar en una fosa común a la mayoría de muertos, las cajas mortuorias se agotaron y era difícil conseguirlas por estar obstruidos los caminos. La destrucción de viviendas se debió a que en su mayoría las estructuras de estas eran de adobe, con techos de teja de barro.

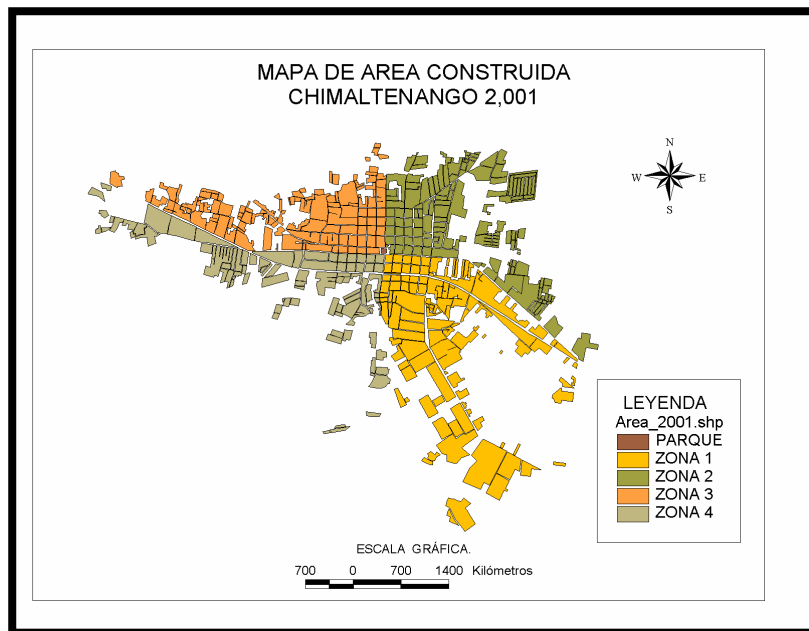
Otro aspecto importante del porqué este fenómeno afectó enormemente a la región central del país, es que el departamento de Chimaltenango está localizado geográficamente dentro del sistema de fallas del país; la falla del Motagua atraviesa la parte norte del departamento y la falla de Mixco atraviesa la parte oriente (Monzón, 1996).

La ciudad de Chimaltenango tenía una extensión aproximada en el año de 1976 de 1,974,266.695m². Para el año 2001 tiene aproximadamente 5,957,454.333m². de extensión según el mapa de área construida del IGN. En la figura 6 se muestra los detalles del área construida en la ciudad de Chimaltenango un día anterior al terremoto del 4 de febrero de 1976, y el área construida en el año 2001.

Figura 6. Área construida en la ciudad de Chimaltenango a) área construida en la ciudad de Chimaltenango un día antes del terremoto del 4 de febrero de 1976 b) área construida en la ciudad de Chimaltenango del año 2001.



a



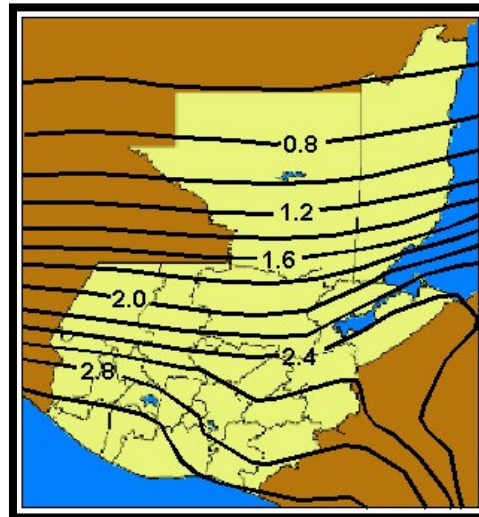
b

Fuente: Instituto Geográfico Nacional, **Mapas de área construida de Chimaltenango.**

1.10. Amenaza sísmica

El área de Chimaltenango es susceptible a sismos asociados a las fallas menores del altiplano, como lo fue el terremoto del municipio de Pochuta, Chimaltenango en septiembre de 1991 (Molina y otros, 1996). También es susceptible a fallas de transurrencia, como la falla del Motagua (Dengo, 1996; Monzón, 1996). Las aceleraciones máximas del suelo esperadas al menos una vez en cien años se observan en la figura 7, así como el mapa de macro zonificación sísmica en la figura 8.

Figura 7. Curvas de isoaceleración para Guatemala, en m/seg/seg, esperadas, al menos, una vez en cien años.



Fuente: Adaptado de Ligorria, *Seismic hazard for Guatemala*, technical report No. 2-21 NORSAR. Guatemala, 1995).

Figura 8. Mapa base de macro zonificación sísmica.



Fuente: Adaptado de AGIES, *Normas estructurales de construcción recomendadas para la república de Guatemala NR 1-96*, 1996.