

_INFORME TÉCNICO

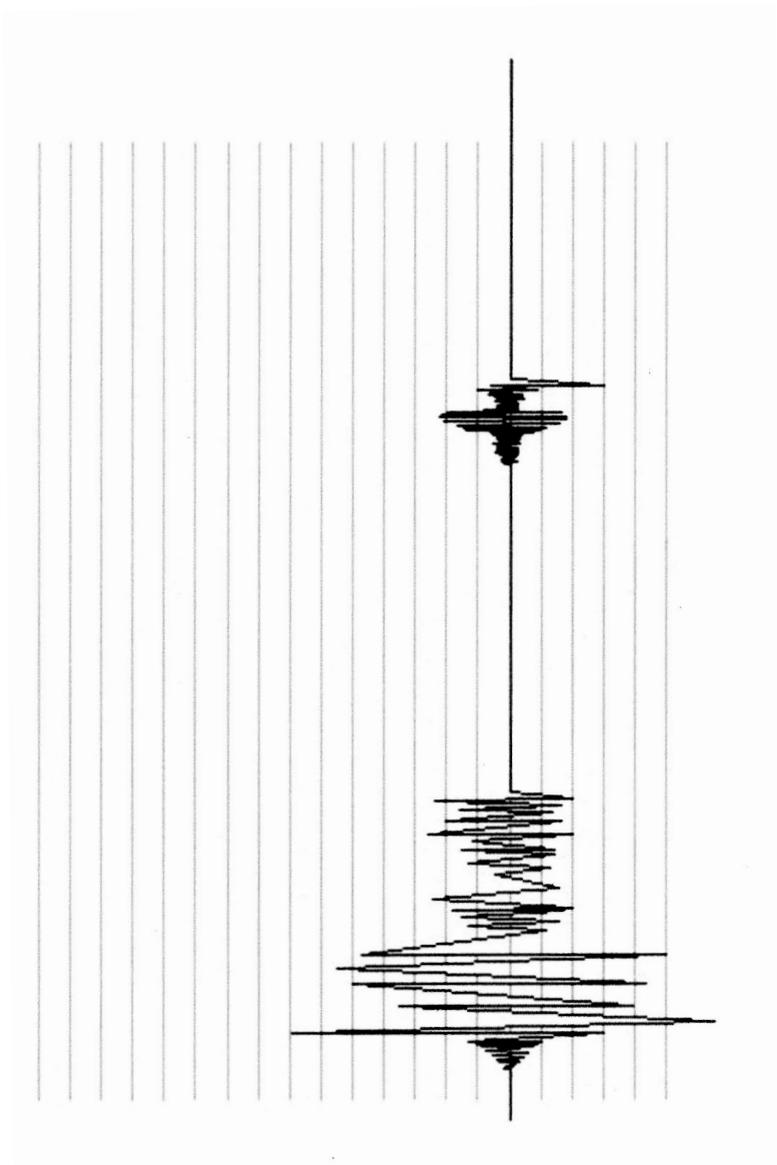


ILUSTRACIÓN
ARQ. FERNANDO ÁVILA

ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS RESIDENCIALES EN LA ZONA 8 DE MIXCO, GUATEMALA.

*ARCHITECTURAL ANALYSIS OF THE SEISMIC
VULNERABILITY OF THE MAIN RESIDENTIAL
CONSTRUCTION SYSTEMS IN ZONE 8 OF
MIXCO, GUATEMALA.*

MSc. Arqta. Giovanna Maselli*
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Fecha de recepción: 05 de septiembre de 2018.

Fecha de aceptación: 15 de julio de 2019.

giovanna.maselli@farusac.edu.gt

Resumen

Lograr que los asentamientos humanos sean cada vez más seguros, inclusivos, resilientes y sostenibles es uno de los compromisos adquiridos como parte de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por Naciones Unidas para el 2030. En este marco, se presenta la síntesis de un modelo para identificar, a nivel residencial y con enfoque arquitectónico, el comportamiento y la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones con el objeto de evidenciar la importancia de integrar el riesgo sísmico en los planes de desarrollo urbano, planes de ordenamiento territorial y desarrollos inmobiliarios. El modelo contribuye a identificar las áreas y poblaciones más vulnerables al momento de un evento sísmico de gran magnitud, basado principalmente en la homogeneidad del sistema constructivo predominante, la zona de atención de fallas geológicas y áreas declaradas de alto riesgo. Como herramienta metodológica para el análisis de daños y vulnerabilidad sísmica se utilizó la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), escala ampliamente utilizada en Europa y otros países del mundo para la evaluación de la intensidad sísmica posterior a un terremoto. Su aplicación fomenta la cooperación entre sismólogos, ingenieros, urbanistas y planificadores como parte de un procedimiento para construir escenarios futuros para estimar posibles pérdidas ocasionadas por terremotos.

Palabras clave:

vulnerabilidad sísmica, ordenamiento territorial, planes de desarrollo urbano, riesgo sísmico, zona de atención de fallas, EMS-98, Mixco.

* Graduada en Arquitectura, con estudios de Maestría en Gestión para la Reducción del Riesgo por la Universidad de San Carlos de Guatemala y experiencia en evaluación de impacto ambiental. Docente titular en el área de urbanismo y ambiente de la Facultad de Arquitectura. Fue coordinadora de la Red Interuniversitaria en Análisis de la Peligrosidad Natural en Centroamérica, financiada por la Cooperación Italiana para el Desarrollo.

Abstract

Achieving that human settlements are increasingly safe, inclusive, resilient and sustainable is one of the commitments acquired as part of the sustainable development objectives set by the United Nations for 2030. In this framework, it presents the synthesis of a model to identify, at a residential level and with an architectural approach, the behavior and seismic vulnerability of buildings in order to highlight the importance of integrating seismic risk in urban development plans, land planning and real estate developments. The model helps identify the most vulnerable areas and populations at the time of a large-scale seismic event, based mainly on the homogeneity of the predominant construction system, the geological fault attention area and high risk declared areas. As a methodological tool for the analysis of seismic damage and vulnerability, the European Macroseismic Scale (EMS-98) was used, a scale widely used in Europe and other countries of the world for the evaluation of seismic intensity after an earthquake. Its application encourages cooperation between seismologists, engineers and urban planners as part of a procedure to construct future scenarios to estimate possible losses caused by earthquakes.

Keywords:

seismic vulnerability, land planning, urban development plans, seismic risk, fault attention zone, EMS-98, Mixco.

La Organización de las Naciones Unidas - ONU estima que para el 2050 el 89% de la población mundial vivirá en zonas urbanas y afirma que en la actualidad 828 millones de personas viven en barrios marginales, lo que evidencia que cada día las personas buscan migrar a ciudades con mejores oportunidades, aunque esto implique habitar en zonas con poco o ningún acceso al agua potable, deficiencia en servicios y saneamiento o asentarse en áreas de alto riesgo. Este crecimiento de las ciudades es motivo de preocupación a nivel mundial, por lo cual, en septiembre del 2015 fueron aprobados en la Asamblea de Naciones Unidas los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, dentro de los cuales se encuentra el objetivo número 11 que busca el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles, lo que conlleva que los esfuerzos de los Estados comprometidos se deben orientar a que los asentamientos humanos sean cada vez más seguros, inclusivos, resilientes y sostenibles.

En este sentido se ha elaborado un modelo que permite identificar, a nivel residencial, el comportamiento y la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, vinculadas a la geología del lugar con el objeto de evidenciar la importancia de integrar el riesgo sísmico en los planes de desarrollo urbano, planes de ordenamiento territorial y desarrollos inmobiliarios.

El área en estudio ha sido la Zona 8 del municipio de Mixco, Guatemala, el cual es un territorio que se vio severamente afectado con una serie de fallas geológicas producto del terremoto de 1976 producidas por la activación de la falla de Mixco,¹ poniendo en evidencia el alto grado de peligrosidad sísmica que lo afecta. Posterior al terremoto el área fue mapeada sólo en reconocimiento y según Plafker, Bonilla y Bonis² la longitud y el ancho de la zona de rupturas son inciertas en la actualidad.

En esa ocasión, poco era el desarrollo urbano en el área, sin embargo 41 años después, las cicatrices se borraron y es uno de los territorios con alta plusvalía y de más rápido crecimiento urbano en el área metropolitana, por estar relativamente accesible a la ciudad y por contar con todos los servicios para vivir.

El sector fue lotificado en 1969 en parcelas para granjas y viviendas unifamiliares de clase media. Luego del evento que evidenció las fallas geológicas en el terreno, las personas tuvieron temor de habitar el área y su crecimiento fue relativamente lento. Años más tarde, la presión y especulación del mercado inmobiliario hicieron que estas parcelas unifamiliares fueran divididas en condominios donde habitan entre 4 y 8 familias. Para el 2017 la Municipalidad de Mixco estimó que la zona es habitada por más de 108 mil habitantes, que en muchos de los casos, se trasladan diariamente a la ciudad para sus actividades de empleo o estudio.

¹ Una importante falla secundaria que dio origen al graben de la ciudad de Guatemala junto a la falla de Pinula al Este del mismo.

² George Plafker, Manuel G. Bonilla and Samuel B. Bonis, "The Guatemalan Earthquake of february 4, 1976, a preliminary report. Geologic Effects." In Numerical Simulation Analysis of the Interaction of Lakes and Ground Water, by Thomas C. Winter. Washington, 1976.

Su crecimiento ha sido delimitado principalmente por barrancos, por lo que el desarrollo urbano ha sido sobre las mesas formadas por estos accidentes geográficos conformando islas que en algunos casos se comunican únicamente por una vía, como es el caso de Ciudad Peronía, que aunque no forma parte del Municipio de Mixco, sino de Villa Nueva, cuenta con una población aproximada de 75,000 habitantes, los cuales se comunican por el bulevar de Pinares. Lo anterior representa un verdadero problema en cuanto a la evacuación o asistencia a la población al momento de presentarse un evento catastrófico debido a que podrían quedar incomunicados.

El estudio va correlacionado a la geología del lugar y se aborda desde el enfoque arquitectónico y del ordenamiento territorial, buscando generar una metodología que pueda ser aplicada a cualquier otra área con condiciones similares y que contribuya no sólo a la planificación del territorio sino también a identificar las áreas y población vulnerable al momento de un evento sísmico de gran magnitud.

En cuanto al marco teórico conceptual se abordan tres grandes temas, el primero que se refiere a la amenaza sísmica, en donde se alude al término desde el enfoque de la gestión del riesgo y la importancia de conocer las amenazas que afectan el territorio en estudio, y no de acuerdo al cálculo que implica establecer la amenaza sísmica del territorio. El segundo que se refiere a la vulnerabilidad sísmica, relacionada principalmente al comportamiento y respuesta que tiene el edificio o sistema constructivo residencial al momento de presentarse un sismo; dicha vulnerabilidad generalmente tiene relación con el diseño estructural, las técnicas y el proceso constructivo, la calidad de los materiales, entre otros; sin embargo, la ubicación y las características geológicas juegan también un papel muy importante en ésta. Y el tercero que es la explicación de cómo la Escala Macrosísmica Europea -EMS-98 es utilizada como herramienta metodológica para la identificación de daños ocasionados a diferentes sistemas constructivos por sismos pasados ocurridos en Guatemala; para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de los principales sistemas constructivos identificados en el área de estudio y en la asignación del grado de posible daño que pueden presentar con base en los factores de vulnerabilidad establecidos en la misma.

Como se indicó, la herramienta metodológica para el análisis de daños y vulnerabilidad sísmica utilizada es la EMS-98,³ la cual es una escala usada ampliamente en Europa y otros países del mundo para la evaluación de la intensidad sísmica posterior a un terremoto. Esta es la única escala de intensidad sísmica que además de ser ampliamente descriptiva, es ilustrada, lo que facilita el trabajo en la evaluación y asignación de daños en sistemas constructivos porque permite la comparación con lo observado y lo que establece la escala. Tiene la particularidad de fomentar la cooperación entre sismólogos e ingenieros, por lo que la información no es de uso exclusivo para los primeros y es cada vez más común que urbanistas, ingenieros y planificadores recurran a la intensidad como parte de un procedimiento para construir herramientas de escenarios futuros para estimar posibles pérdidas ocasionadas por terremotos.

³ Gottfried Grünthal y J.C. Villagrán De León, eds. Escala Macrosísmica Europea 1998. (Luxemburgo: Comisión Sismológica Europea, 2009).

Otro aporte de la EMS-98 es que puede utilizarse para establecer intensidades de eventos históricos, previamente al uso de equipos de medición sísmica, contando con registros fotográficos o descriptivos de los daños a las estructuras de un poblado. Esto es importante en el sentido que se puede identificar la vulnerabilidad de los edificios de acuerdo al sistema constructivo para poder establecer el tipo de daño que podría sufrir con un evento de determinada magnitud, en la misma ubicación o en otra con características geológicas similares.

La metodología utilizada pone a disposición una herramienta que permite analizar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones residenciales y que puede ser replicada en otras áreas; identifica la necesidad de realizar estudios microsísmicos y mapas de amenaza sísmica a escala local; visibiliza y pone en discusión la importancia de integrar la variable sísmica en la planificación y ordenamiento del territorio, así como la exigencia y cumplimiento de normativa para los desarrollos inmobiliarios, evitando riesgos por ubicación de edificaciones en la zona de atención de fallas (ZA).⁴

El desarrollo del estudio conllevó la caracterización del área en donde se utilizaron capas de información geográfica proporcionadas principalmente por la Municipalidad de Mixco y otros mapas que fueron generados con la información recabada en campo y análisis de imágenes aéreas. Dentro de éstos cabe resaltar el Mapa de la Declaratoria de Alto Riesgo, Acuerdo Gubernativo 179-2001(Mapa 1) en donde se evidencia la ubicación de edificaciones que se encuentran dentro de la misma, lo que representa no sólo riesgo para los habitantes, sino la responsabilidad legal que conlleva para la autoridad municipal de Mixco en el tema de la gestión de su territorio.

Otro mapa que constituye una herramienta en el análisis de la amenaza sísmica del área es el Mapa de Zona de Atención de Fallas (Mapa 2),⁵ el cual identifica cada una de las fallas geológicas con su longitud respectiva y el área de 200 metros hacia cada lado. Esta zona se establece como medida de prevención de daños a edificaciones e infraestructura y para la gestión del territorio incluyendo la toma de decisiones en la planificación y desarrollo del mismo.

El modelo propuestvvo consiste en cuatro fases que se explican a continuación:

Identificación y clasificación de daños a sistemas constructivos similares ocasionados por eventos sísmicos del pasado comparado con las tablas de daños de la EMS-98: análisis basado en fotografías de daños causados a edificaciones por sismos ocurridos en Guatemala; el resultado son Fichas de registro y clasificación del grado de daño, información que servirá para conocer cómo pueden resistir o dañarse los sistemas constructivos al momento de un sismo de determinada magnitud y para analizar los sistemas constructivos de la zona de estudio posteriormente.

⁴ Commissione tecnica per la microzonazione sísmica. *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*. Versione 1.0. (Roma: Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, 2015).

⁵ Se optó por trabajar con la ZA, ya que es un parámetro que permite identificar el área de posible incidencia de los efectos de las fallas, aunque se hace la salvedad que al momento del presente estudio no se conoce si cada una de estas fallas pueden presentar sismicidad por sí mismas, por no contar con estudios de microzonificación sísmica.

Identificación y descripción de los sistemas constructivos que se encuentran en la zona de estudio: basado en fotografías de los principales sistemas constructivos residenciales de la zona de estudio y con la ayuda del análisis de imágenes aéreas se busca la homogenización de los sistemas constructivos por centro poblado. El resultado es la Tabla descriptiva y el Mapa de sistemas constructivos residenciales identificados en el área de estudio.

Análisis de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones residenciales: de acuerdo con la ficha diseñada basada en la EMS-98 y para cada una de las viviendas fotografiadas en campo, se identifican los factores de vulnerabilidad observados y se establece la clase de vulnerabilidad y grado de posible daño. El resultado son las fichas de vulnerabilidad para cada vivienda fotografiada, lo que permitirá establecer el grado de posible daño en el mapa de sistemas constructivos de la zona en estudio.

Elaboración del mapa de áreas residenciales vulnerables ante sismos: se relacionan las capas de los sistemas constructivos residenciales identificados en el área, la capa de infraestructura básica y elementos críticos y la capa de la zona de atención de fallas. Los resultados son el Mapa de posible daño según sistema constructivo; Mapa de áreas residenciales vulnerables (Mapa 3); Mapa de infraestructura y equipamiento vulnerable ante sismos.

Los resultados finales del estudio realizado en la Zona 8 de Mixco indican que:

De acuerdo con la vulnerabilidad del sistema constructivo residencial predominante, los centros poblados que podrían presentar un grado de posible daño clasificado como Muy Grave son Aldea El Campanero, Colonia Valle Azul y Caserío Villa Lobos. Los que pueden presentar un grado de posible daño clasificado como Grave son Sector B-5, C-5, A-3 San Cristóbal I y Caserío El Recuerdo.

De acuerdo con las áreas residenciales vulnerables, se requiere principalmente una especial atención a los centros poblados que están dentro de la Zona de Atención de falla y que tienen grados de posible daño clasificados como Muy Grave y Grave (color violeta y rojo Mapa 3), siendo Aldea El Campanero, Colonia Valle Azul; Sector B-5 San Cristóbal 1, Sector C-5 San Cristóbal 1, Residenciales Buena Vista, Sector A-3 San Cristóbal 1, Condominio San Remo, Condominio Vista Real II, Condominio Valle de Toscana, Condominio La Coruña, Colinas de San Cristóbal IV, Condominio Richmond, Condominio Los Arcos I, Condominio Porto Fino y Condominio Villa Colima, respectivamente.

Por otra parte, a pesar que gran parte de la ZA de fallas abarca un posible daño calificado como Bajo o Medio (color amarillo y naranja) no quiere decir que automáticamente se descarta la posibilidad de daño en esta área, ya que:

El sistema constructivo es identificado como predominante, es decir que puede haber construcciones que no tengan las características de calidad que representan a la mayoría y que podrían ser afectadas con un sismo.

No se conoce con certeza cuáles fallas pueden ocasionar sismicidad local.

Existen edificaciones construidas sobre la falla y aunque estén construidas adecuadamente podrían sufrir daños al momento de un sismo.

En conclusión, se logró establecer un modelo de análisis de la vulnerabilidad de los sistemas constructivos identificados de acuerdo con la EMS-98 y se correlacionó específicamente con la Zona de Atención de fallas. Se considera que el mismo puede replicarse y adaptarse a otros territorios y constituye en una herramienta para la planificación, ordenamiento del territorio y toma de decisiones para la reducción del riesgo.

Desde un enfoque preventivo y estratégico, los resultados de la aplicación de la EMS-98 ya sea para identificar intensidades y daños en terremotos recientes, para establecer intensidades y daños en terremotos históricos, para mejorar el catálogo sísmico nacional, para realizar análisis comparativos de comportamiento de sistemas constructivos en áreas similares o para establecer áreas vulnerables ante sismos, constituye una herramienta para establecer escenarios de riesgo y puede contribuir en el ordenamiento y la planificación del territorio.

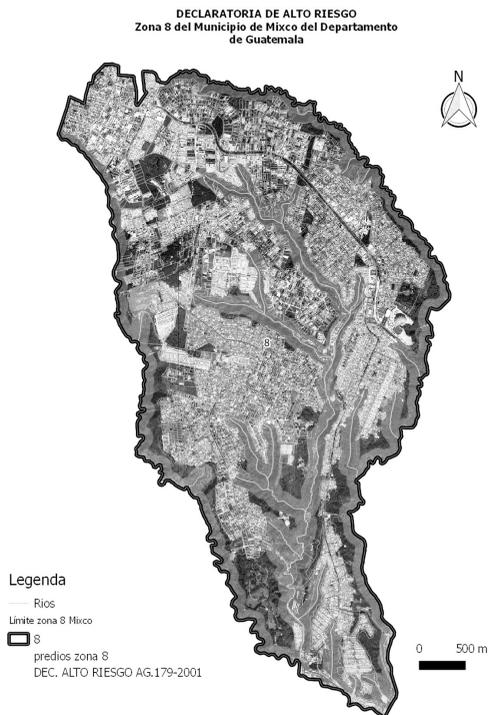
Para finalizar es importante recordar que el área metropolitana de Guatemala se encuentra en una zona con alta amenaza sísmica por lo que es inminente que estamos sujetos a un fuerte evento sísmico que pondrá a prueba el crecimiento de la ciudad, sus edificaciones y la organización institucional, política y social. Por otra parte, el sistema de fallas en esta área debe clasificarse como potencialmente activas en la planificación urbana debido a que, actualmente, no hay manera de predecir desde la superficie, cuáles son susceptibles de activarse y cuáles no, por no contar con los estudios respectivos.

Bibliografía

Commissione tecnica per la microzonazione sísmica. *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*. Versione 1.0. Roma: Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, 2015.

Grünthal, Gottfried, y J.C. Villagrán De León, eds. *Escala Macrosísmica Europea 1998*. Luxemburgo: Comisión Sismológica Europea, 2009.

Plafker, George, Manuel G. Bonilla, and Samuel B. Bonis. "The Guatemalan Earthquake of february 4, 1976, a preliminary report. Geologic Effects." In *Numerical Simulation Analysis of the Interaction of Lakes and Ground Water*, by Thomas C. Winter. Washington: 1976.

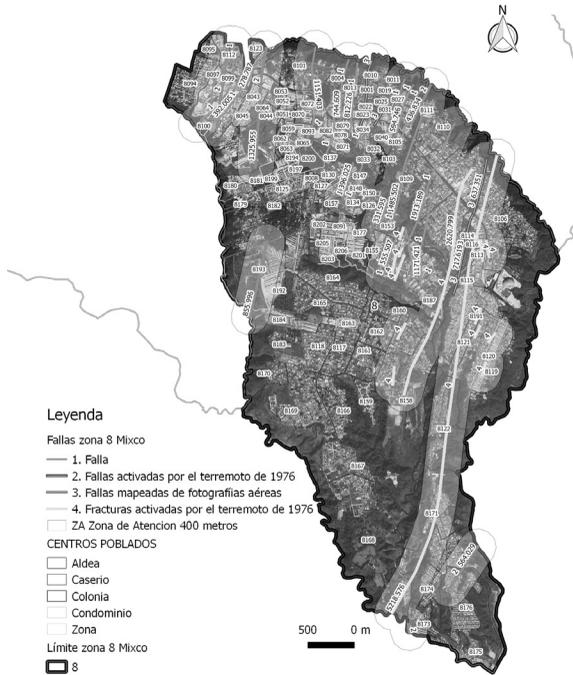


FUENTE: Declaratoria Alto Riesgo A.G.179-2001, Limite Municipal de Mixco y Centros Poblados 2016, Municipalidad de Mixco.

Mapa 1.

Mapa de la Declaratoria de Alto Riesgo, Acuerdo Gubernativo 179-2001.

**Mapa Zona de Atención de Fallas Superficiales
Zona 8 Municipio de Mixco**

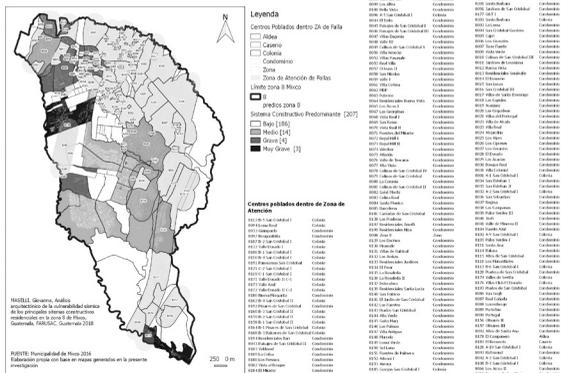


FUENTE: ZA= Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della protezione civile 2015; Fallas IGM 1976; Límites Municipales, I Municipalidad de Mixco 2016.

Mapa 2.

Mapa de Zona de Atención de Fallas.

MAPA 2B. MAPA DE ÁREAS RESIDENCIALES VULNERABLES ANTE SISMIOS, ZONA 8 DE MIXCO



Mapa 3.

Mapa de áreas residenciales vulnerables.