

Zonificación Sísmica del Municipio de Oaxaca de Juárez

REGIONALIZACION DEL RIESGO

**C
A
P
I
T
U
L
O

5**

REGIONALIZACION DEL RIESGO

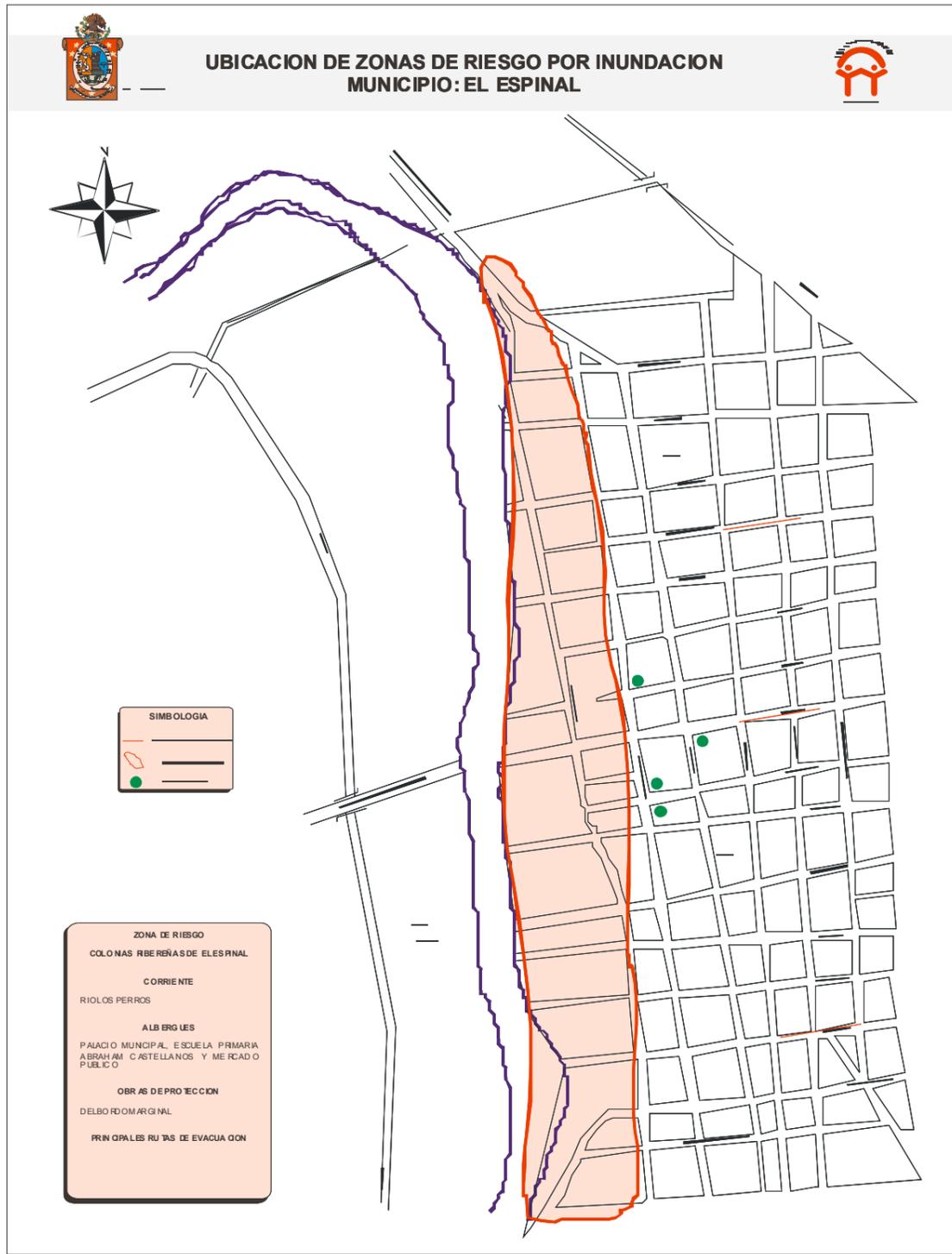
Como se ha señalado a lo largo de los capítulos anteriores, el riesgo depende de condiciones específicas de cada sitio, tanto por las diferencias con que se manifiestan los fenómenos de uno a otro lugar, como por las distintas características de vulnerabilidad de las construcciones, de la infraestructura y del entorno. Por ello, los diagnósticos de riesgo y de peligro sólo son de utilidad práctica cuando se realizan a escala local. Por otra parte, los métodos para el diagnóstico de riesgos y para su representación son propios de cada fenómeno y de la aplicación que se le quiera dar al diagnóstico.

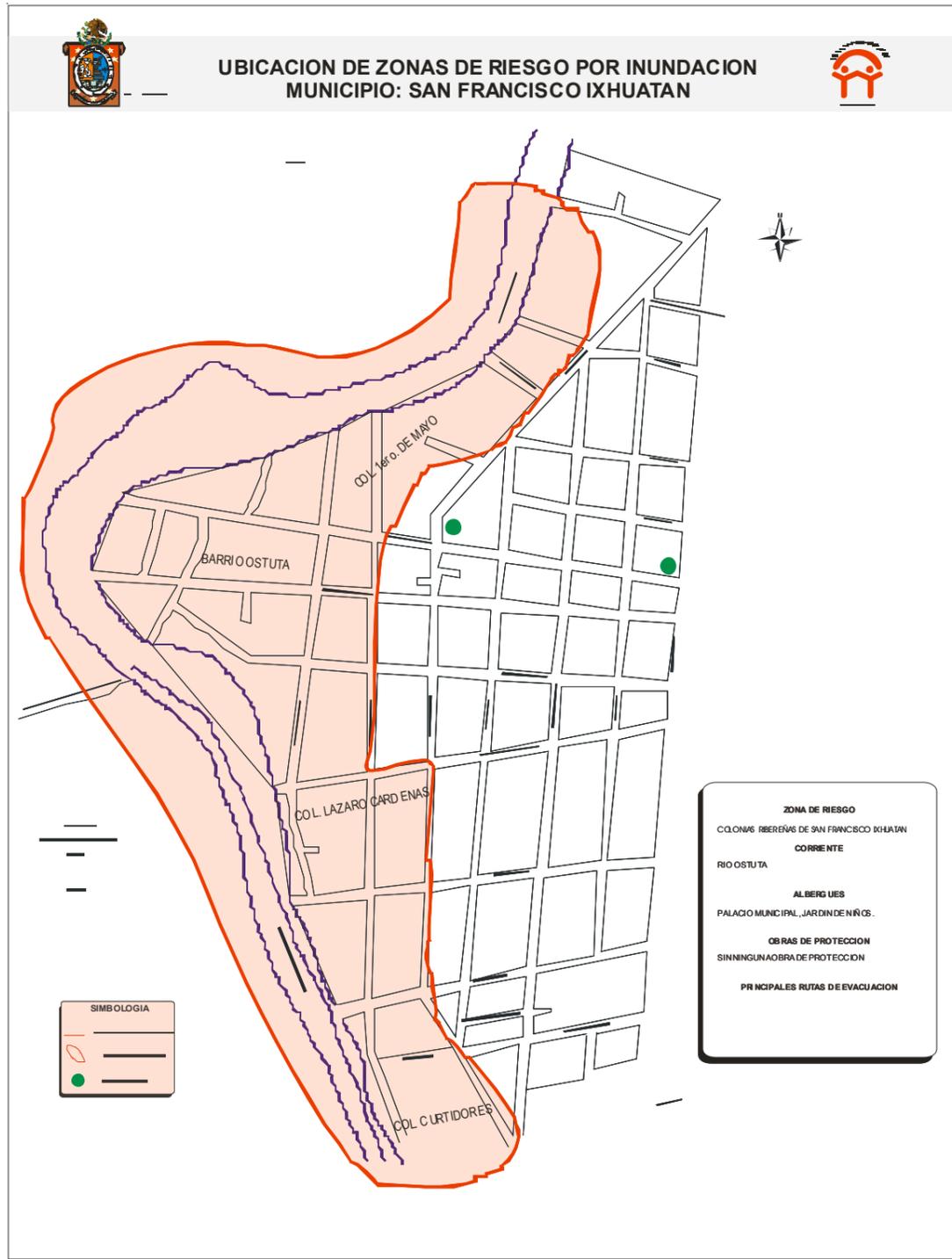
Estas aplicaciones pueden ser por, ejemplo para zonificación del uso de suelo en los planes de desarrollo urbano o regional o para fijar requisitos de diseño de obras civiles en los reglamentos de construcción; en usos más propios de la protección civil, se requieren para definir las obras de mitigación y para diseñar los planes operativos de emergencia (planes de contingencia).

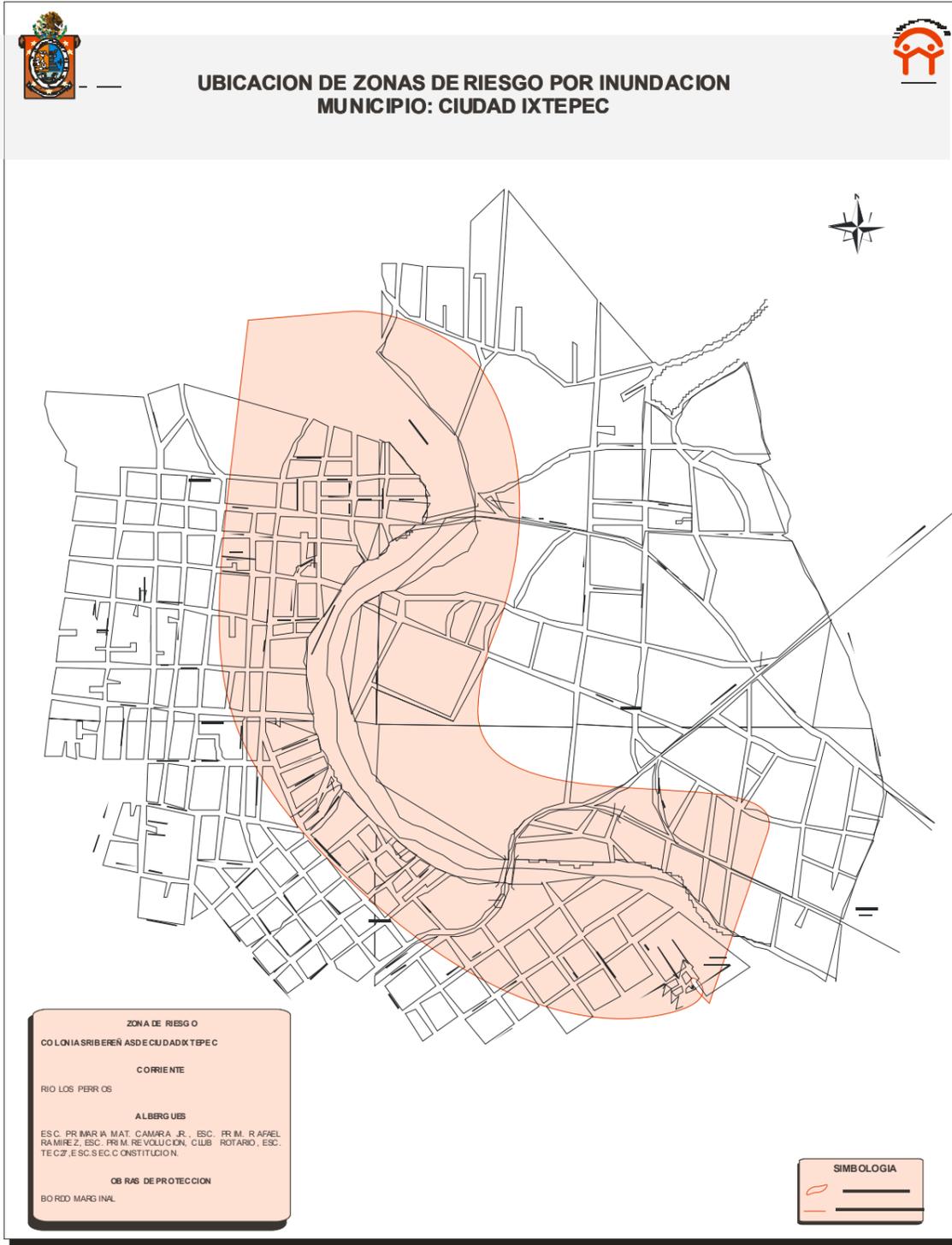
Por la gran variedad de situaciones que se pueden presentar en cada localidad, resulta difícil fijar reglas de validez general, por lo que los diagnósticos deberán ser elaborados específicamente para la aplicación deseada y para las condiciones de riesgo del sitio en consideración. Los diagnósticos cuantitativos son de utilidad principalmente para los especialistas en cada materia; además de éstos, conviene contar con documentos que propicien información general sobre las características de los riesgos, sobre todo para fines de difusión y para toma de decisiones de tipo general. Para ello se requieren representaciones sencillas y fácilmente accesibles para la población.

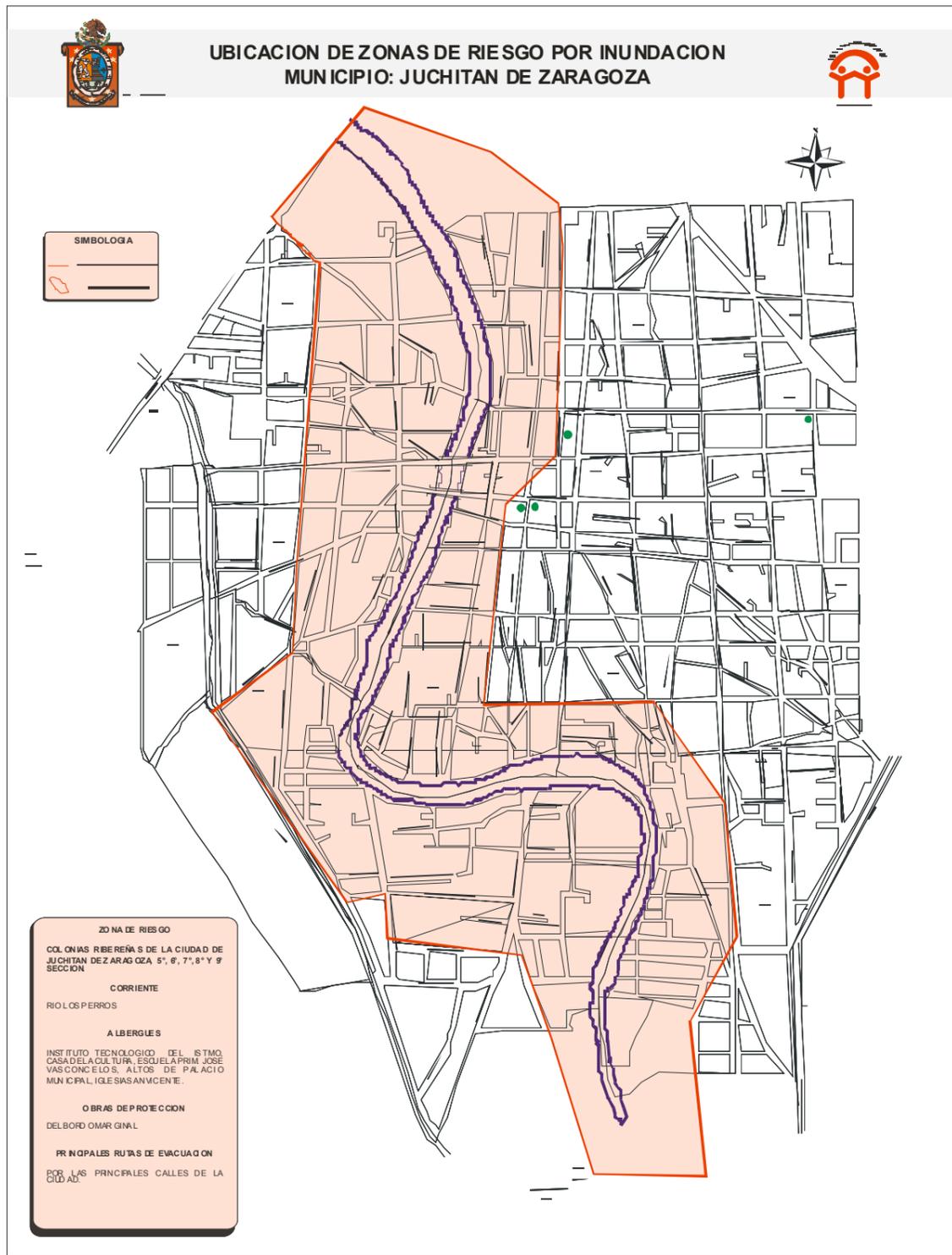
En el resto de este capítulo se tratará de proporcionar una visión general de las herramientas disponibles para los diagnósticos de riesgo y de mostrar algunos ejemplos representativos. Aquí únicamente se hará referencia a los aspectos físicos del riesgo, sin considerar los factores sociales.

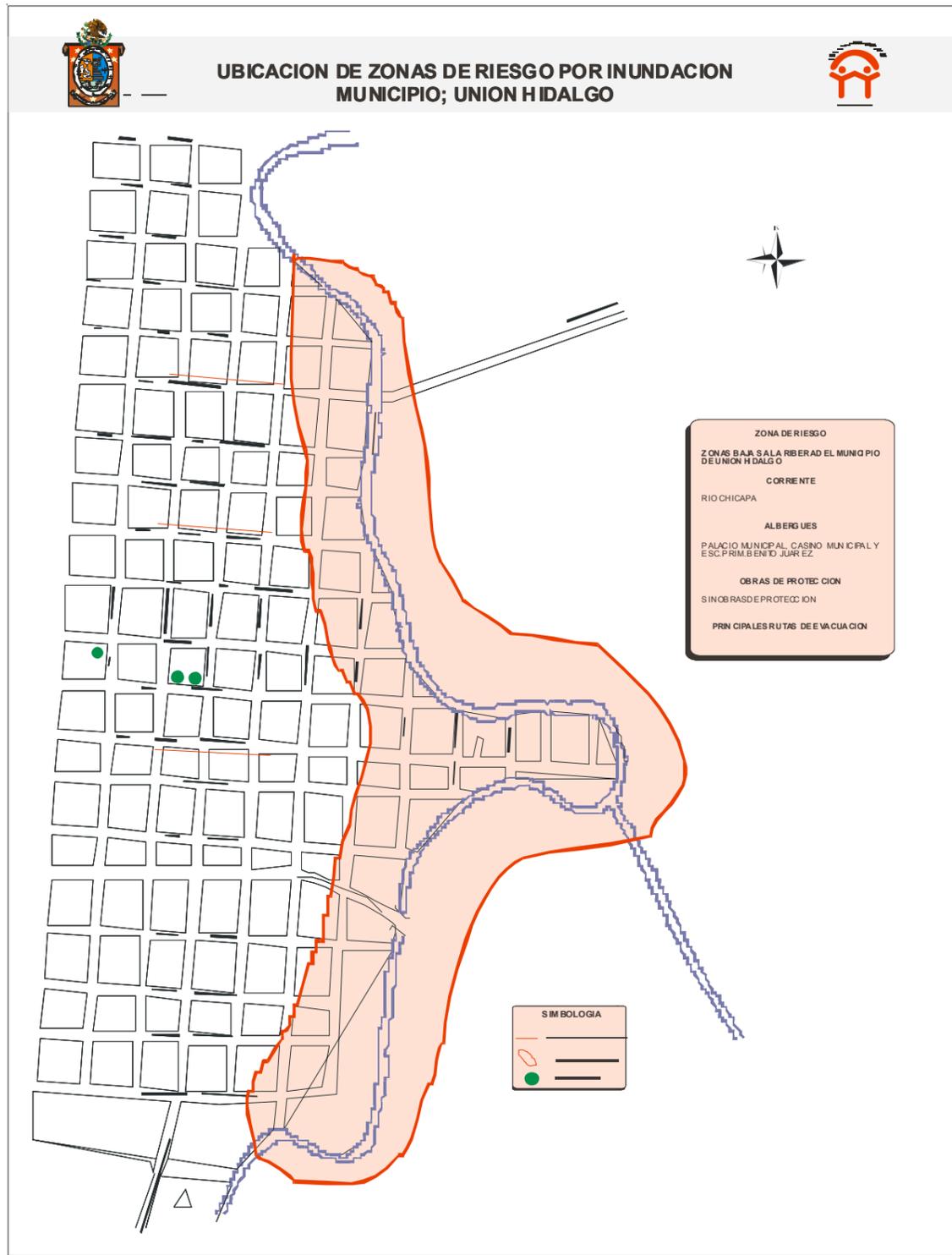
5.1 MAPAS A NIVEL MUNICIPAL DE ZONAS DE INUNDACIONES

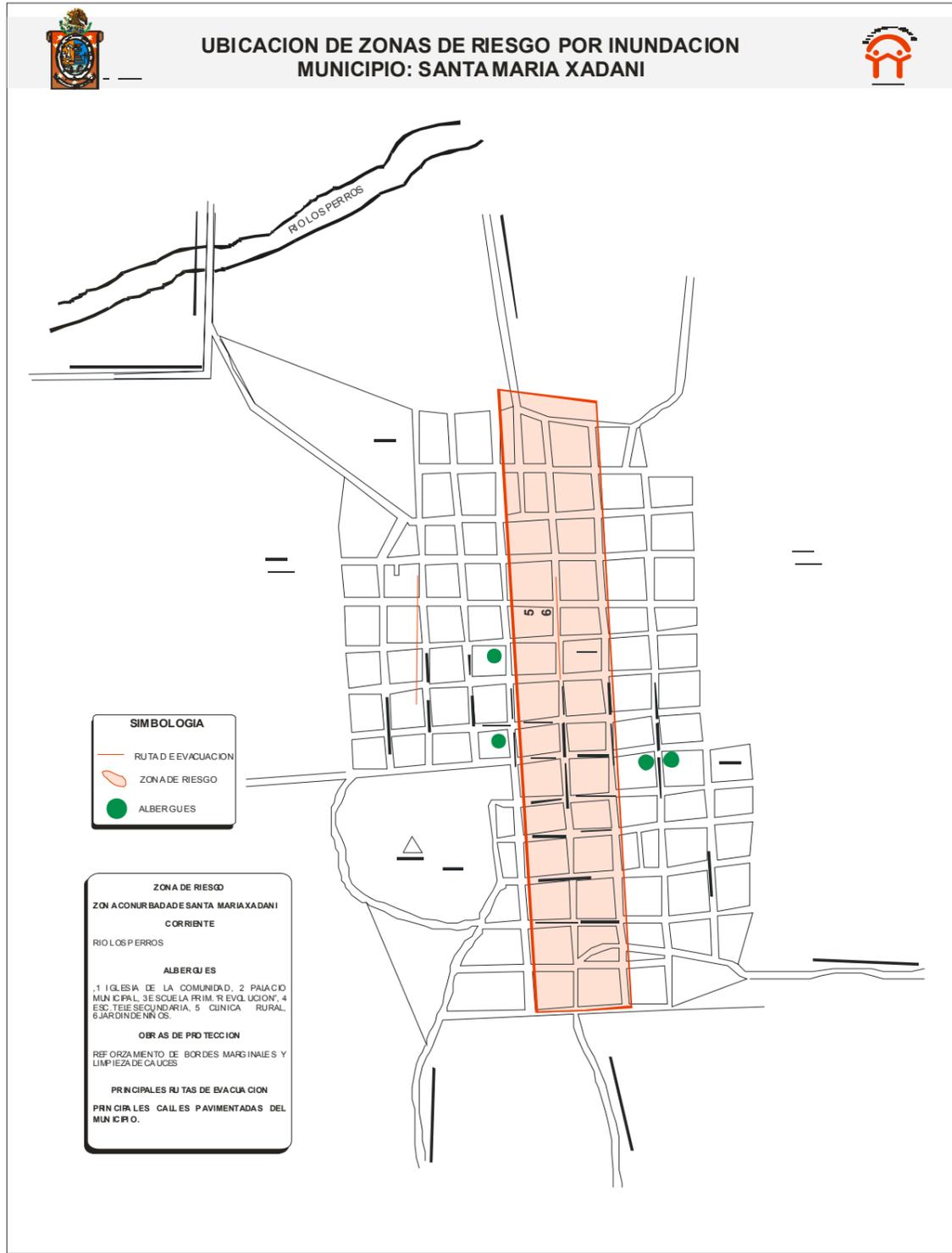


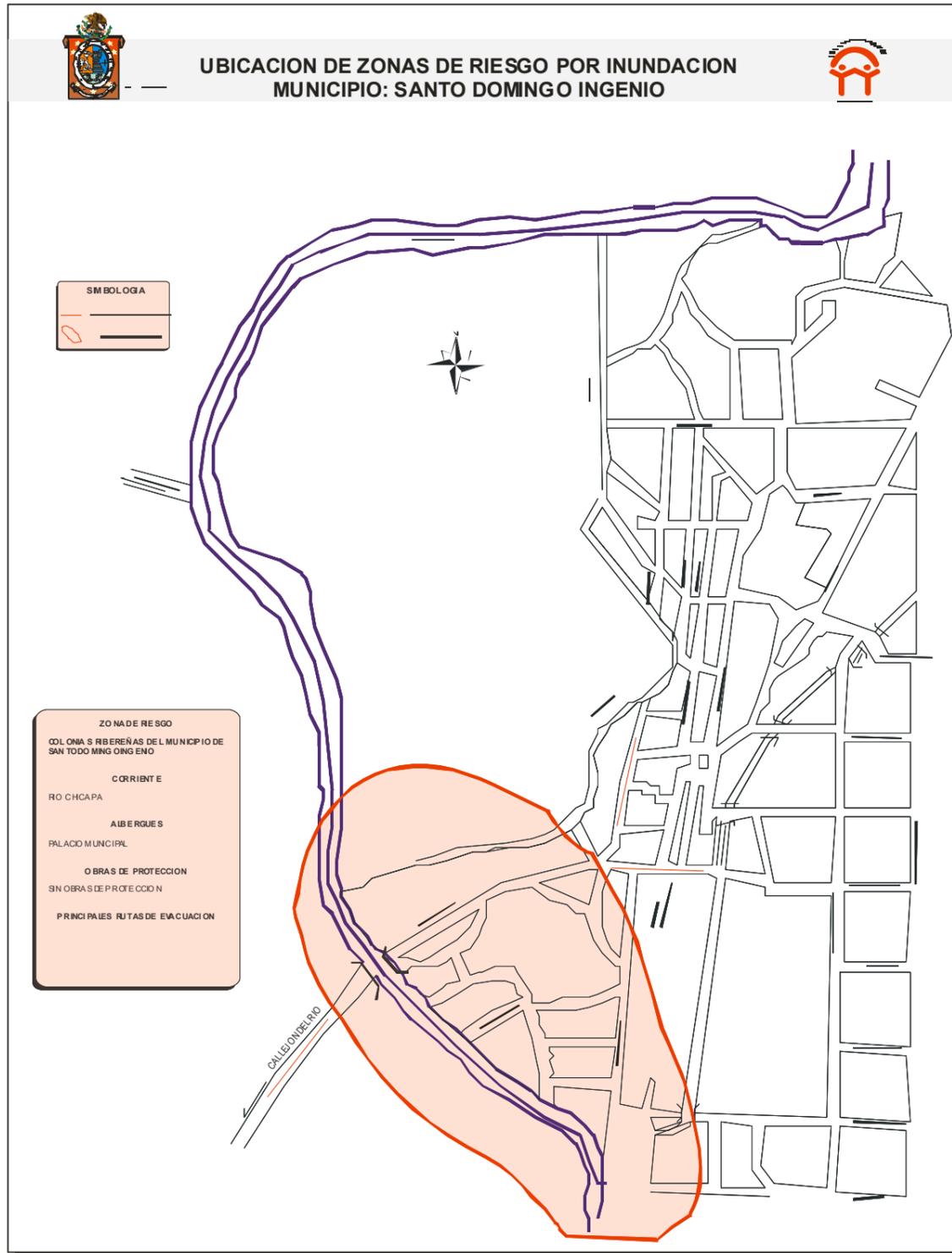


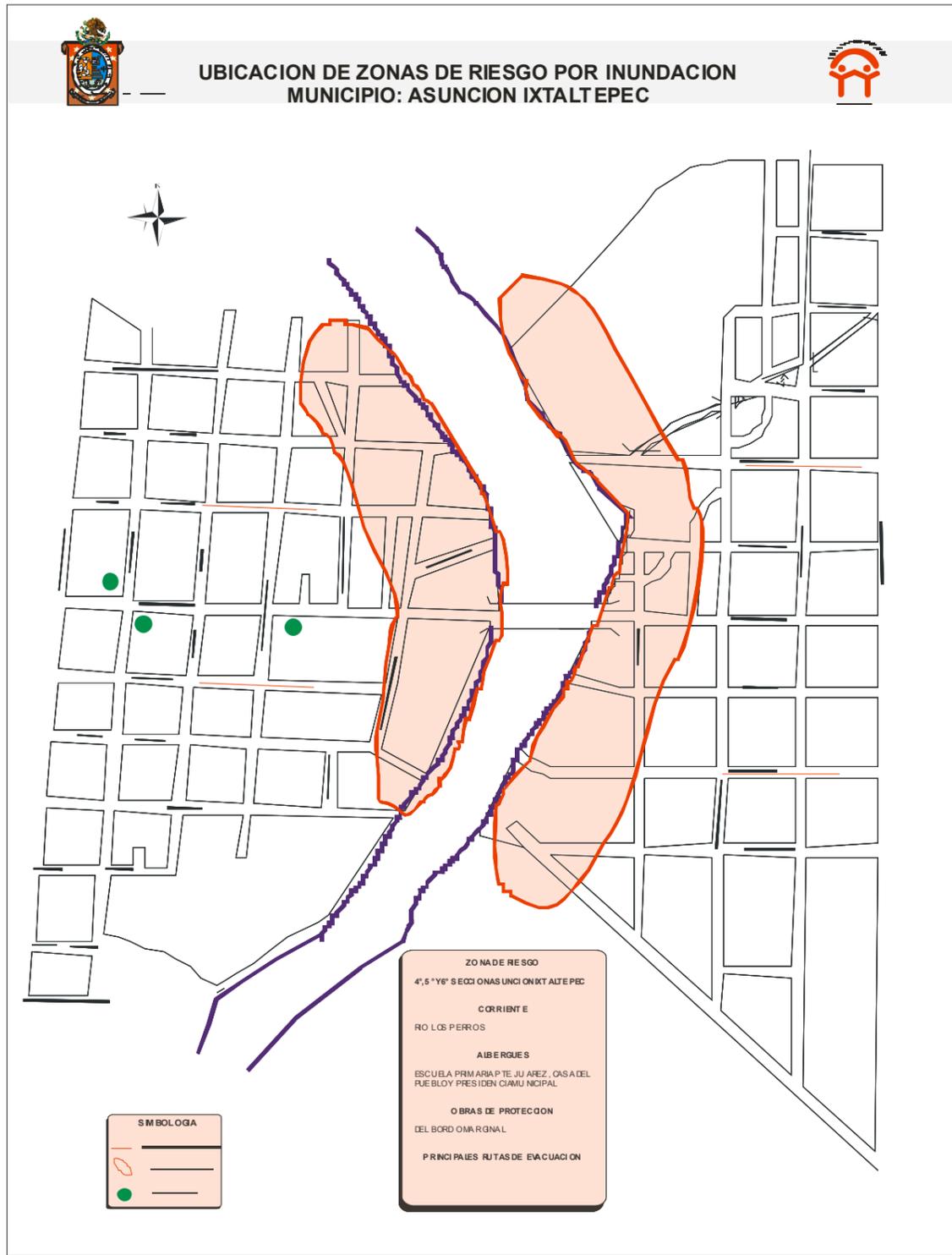


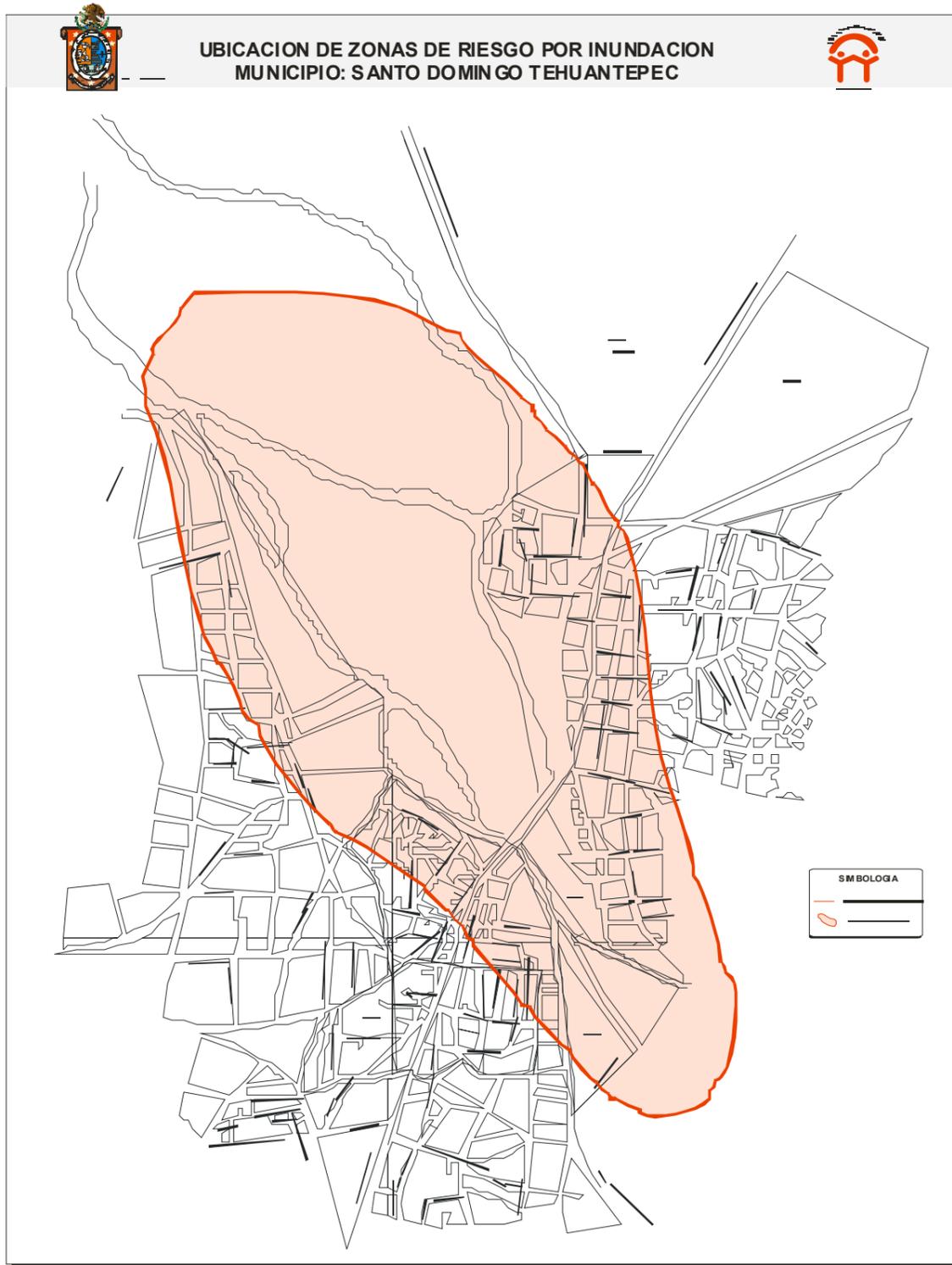


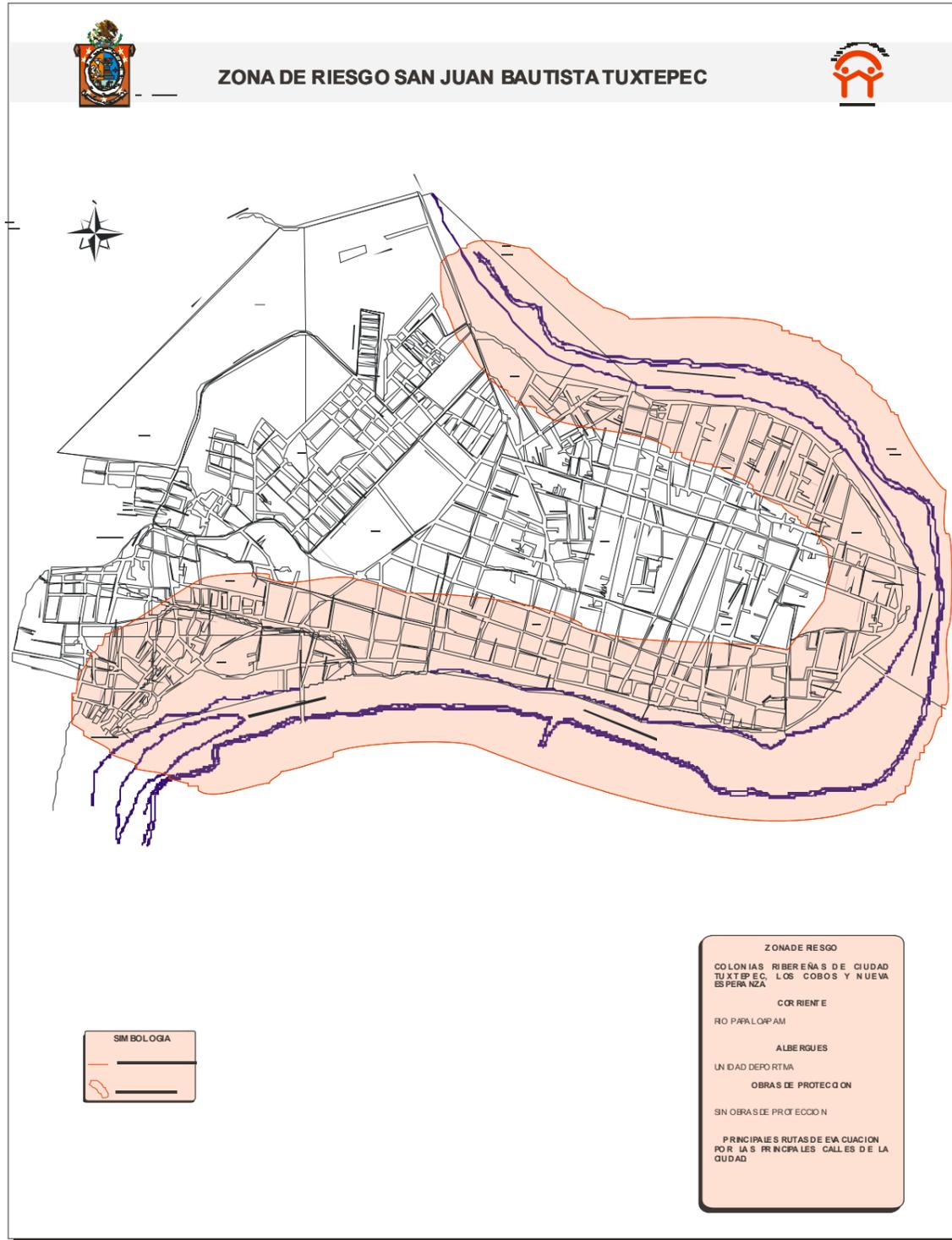


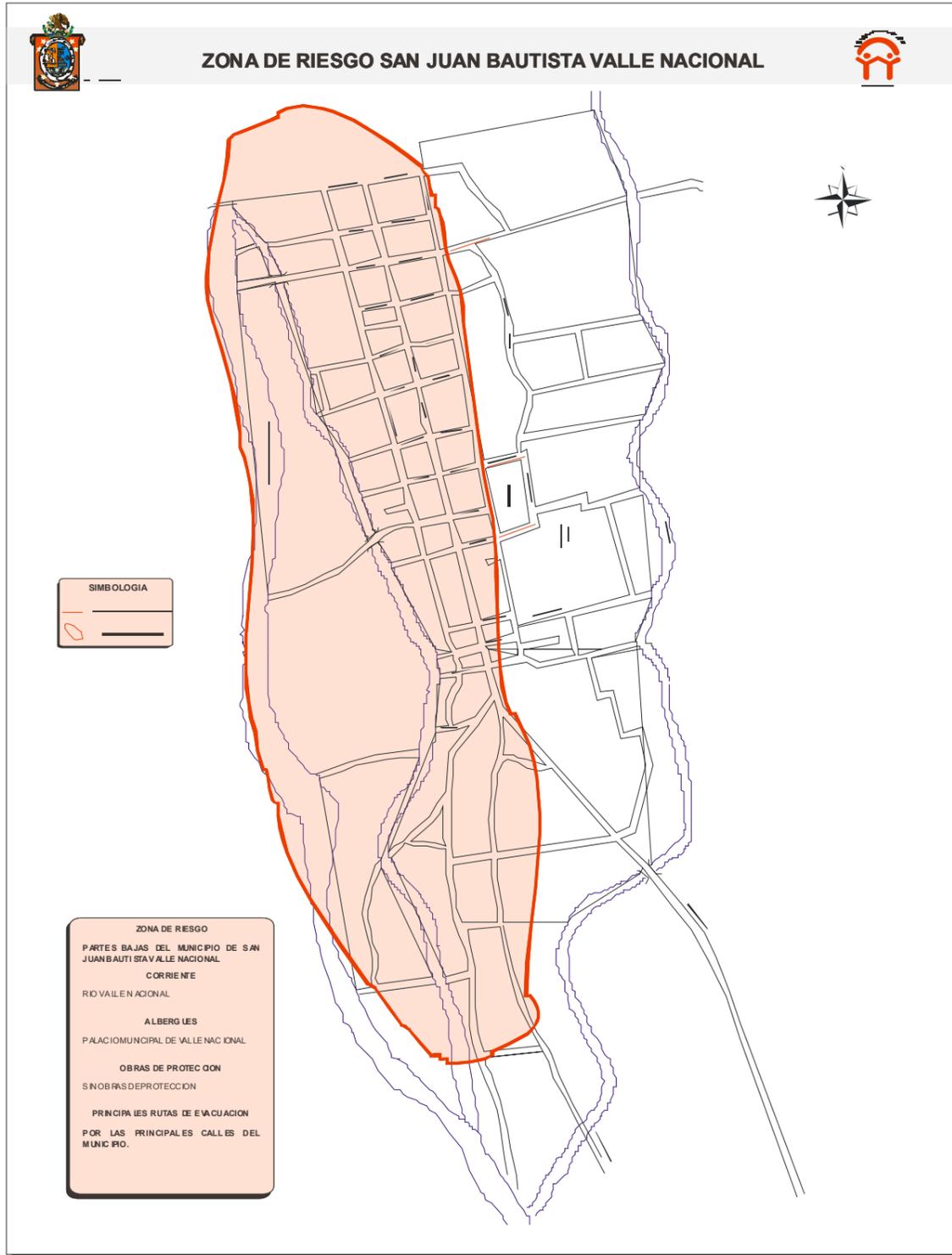


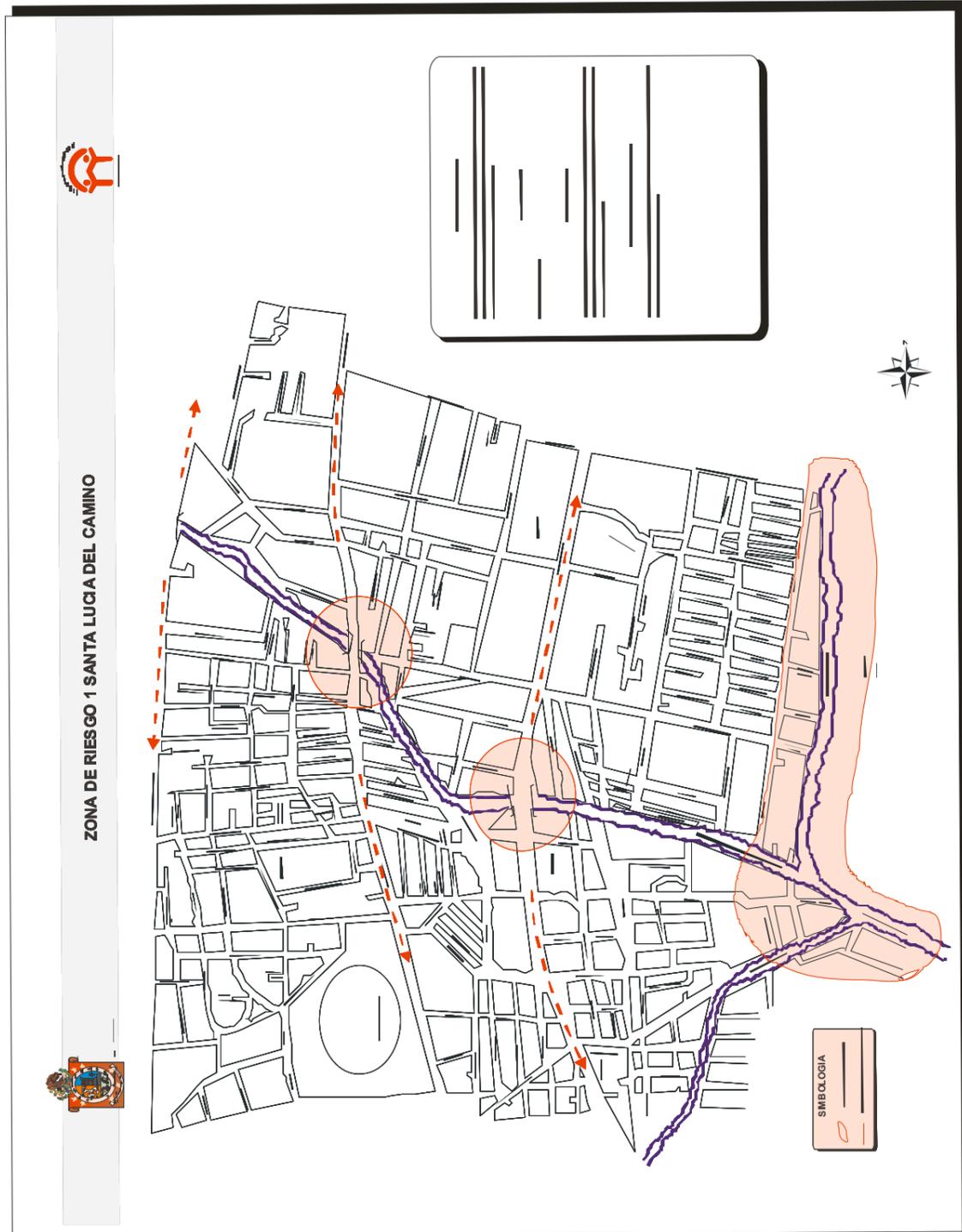


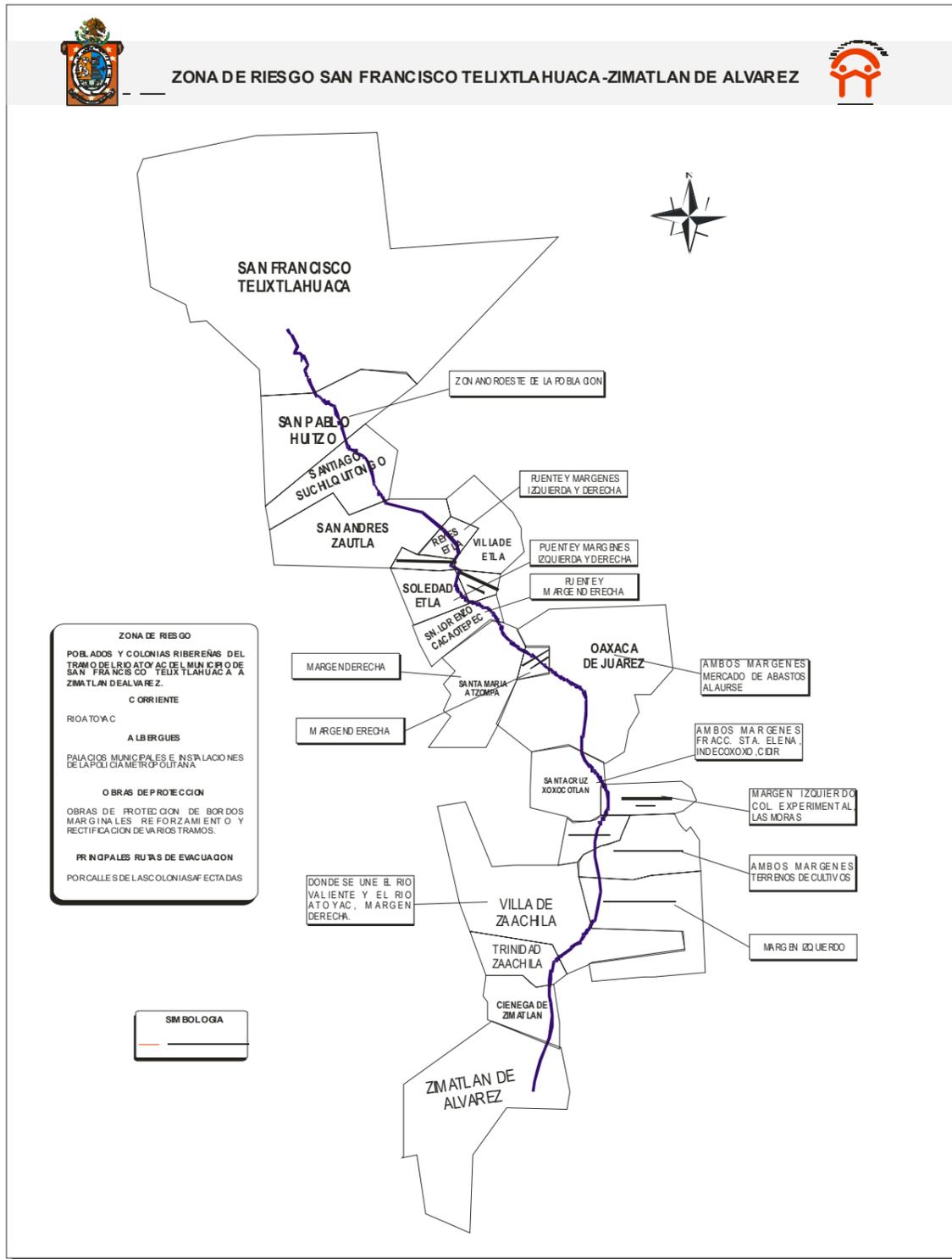












5.2 ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN SISMICA PARA EL MUNICIPIO DE OAXACA DE JUÁREZ

(Pérez S. 2002)

Puesto que el estado de Oaxaca se encuentra en la zona sísmica más activa a nivel mundial, denominada Circumpacífica o Cinturón de Fuego del Pacífico; se generan en su territorio sismos de fallamiento inverso por el fuerte acoplamiento de las placas de Cocos y Norteamérica y sismos de fallamiento normal asociados a la ruptura por gravedad de la placa de Cocos continente adentro, presentando estos últimos epicentros tanto al norte como al sur de la ciudad de Oaxaca. Por lo anterior es necesario estar conscientes de la actividad sísmica generada en el estado para tomar las medidas necesarias tanto preventivas como correctivas a fin de que la población conviva con la sismicidad de la manera más segura.

En el presente trabajo se estudiaron las características dinámicas del suelo de la ciudad de Oaxaca, para lo cual se obtuvo el periodo dominante en diversos puntos, mediante el registro de eventos sísmicos y de vibración ambiental.

Se establecieron seis estaciones acelerográficas de ubicación temporal, obteniendo en total 74 registros de eventos sísmicos. Se analizaron los eventos registrados y se procesaron aplicando la Técnica de Nakamura. Se obtuvo la frecuencia fundamental para cada estación y se observó que los cocientes espectrales estaban bien definidos, excepto para la estación IXCO, la cual se encuentra en terreno clasificado por León (1976) como tobas andesíticas y es por ello que no muestra el efecto de sitio. Para el caso de la estación ESMIC, donde solo se registro un evento pequeño, no se pudo corroborar el periodo obtenido con un grupo de eventos, como en el caso de las demás estaciones.

De las seis estaciones monitoreadas fue en ITO donde se obtuvo el mayor periodo, alcanzando un valor de 0.55 segundos. Con base a la zonificación propuesta en este trabajo las estaciones ITO y ESMIC, se encuentran en la zona II, mientras que las otras cuatro estaciones están dentro de la zona I.

La vibración ambiental se ha convertido en un método muy utilizado para conocer el periodo dominante de los suelos, por su sencillez de operación, bajo costo y por la rapidez con que permite obtener resultados. Este método ha sido utilizado en varios países, en México varias ciudades han sido zonificadas empleando este método y corroborando los resultados con otras técnicas, tales como estudios geotécnicos, geofísicos y registros sísmicos.

En el presente estudio se aplicó la técnica de vibración ambiental mediante una campaña en 29 sitios, obteniendo en cada punto dos registros diurnos y dos nocturnos y se observó mejor definida la frecuencia dominante en los cocientes de los registros diurnos, así como un valor de amplificación mayor, es por ello que se consideraron los valores de frecuencia obtenidos a partir de los registros diurnos, excepto para el punto 22.

En general se observó buena definición de las frecuencias dominantes y se notó muy buena correspondencia para frecuencias inferiores a 2 Hertz y buena para frecuencias entre 2 y 4 hertz.

Se encontró que las frecuencias dominantes en la zona estudiada oscilan entre 0.73 y 8.5 Hertz, con un valor mínimo de periodo 0.12 segundos en los puntos 10 y 22 correspondientes a la zona de las canteras de Ixcotel y del cerro del Monte Albán. Por otra parte, el valor máximo de periodo de 1.37 segundos se obtuvo en la colonia Eliseo Jiménez Ruíz.

En función a los periodos obtenidos, se trazaron las curvas de isoperiodo para valores de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2 y 1.3 segundos. Se observaron periodos menores a 0.30 segundos hacia el norte, noreste y suroeste de la ciudad de Oaxaca, que corresponden a las partes altas de los cerros de el Fortín y Monte Albán, la zona de las canteras en Ixcotel, parte de la colonia América y las Flores, así como una pequeña zona en torno a las colonias Eduardo Vasconcelos y de las Huertas parte norte.

En gran parte del centro y extendiéndose hacia el noreste se observan valores de periodo muy constante de entre 0.30 a 0.40 segundos. Por otra parte, el periodo aumenta rápidamente hacia el sur hasta valores de 1.37 segundos (punto 27) en la colonia Eliseo Jiménez Ruíz, presentándose curvas de hasta 1.3 segundos. Hacia el noreste se obtienen curvas de hasta 0.70 segundos con un valor máximo de periodo de 0.81 segundos (punto 2) en la zona deportiva del Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Para realizar la propuesta de zonificación sísmica de la ciudad de Oaxaca se distinguieron tres zonas con distinto periodo natural de vibración. Se trazaron como fronteras entre las zonas las curvas de 0.3 y 0.8 segundos, ajustándolas a calles, a fin de hacer práctico su uso.

Para verificar los límites de las zonas se comparó el valor del periodo obtenido en cada sitio con el tipo de zona sísmica asignada y se observó buena correspondencia. Esta propuesta tiene la ventaja de permitir al ingeniero estructurista ubicar con toda precisión el sitio donde se ubicará un nuevo edificio o bien revisar las condiciones de estructuras existentes para lo cual es determinante su ubicación.

En la zonificación sísmica de la ciudad de Oaxaca, se observó la variación de respuesta para el suelo, lo cual indica la existencia de importantes efectos de sitio, sobre todo en la parte sur, en donde se obtuvieron periodos por arriba de un segundo, y parece ser que en esta zona se encontraban lagunas de inundación o antiguos cauces de ríos. Estos efectos de sitio deberán ser considerados para un correcto análisis y diseño de las construcciones, a fin de mitigar los daños que sobre las construcciones y principalmente sobre las personas puedan generarse por sismos en el futuro.

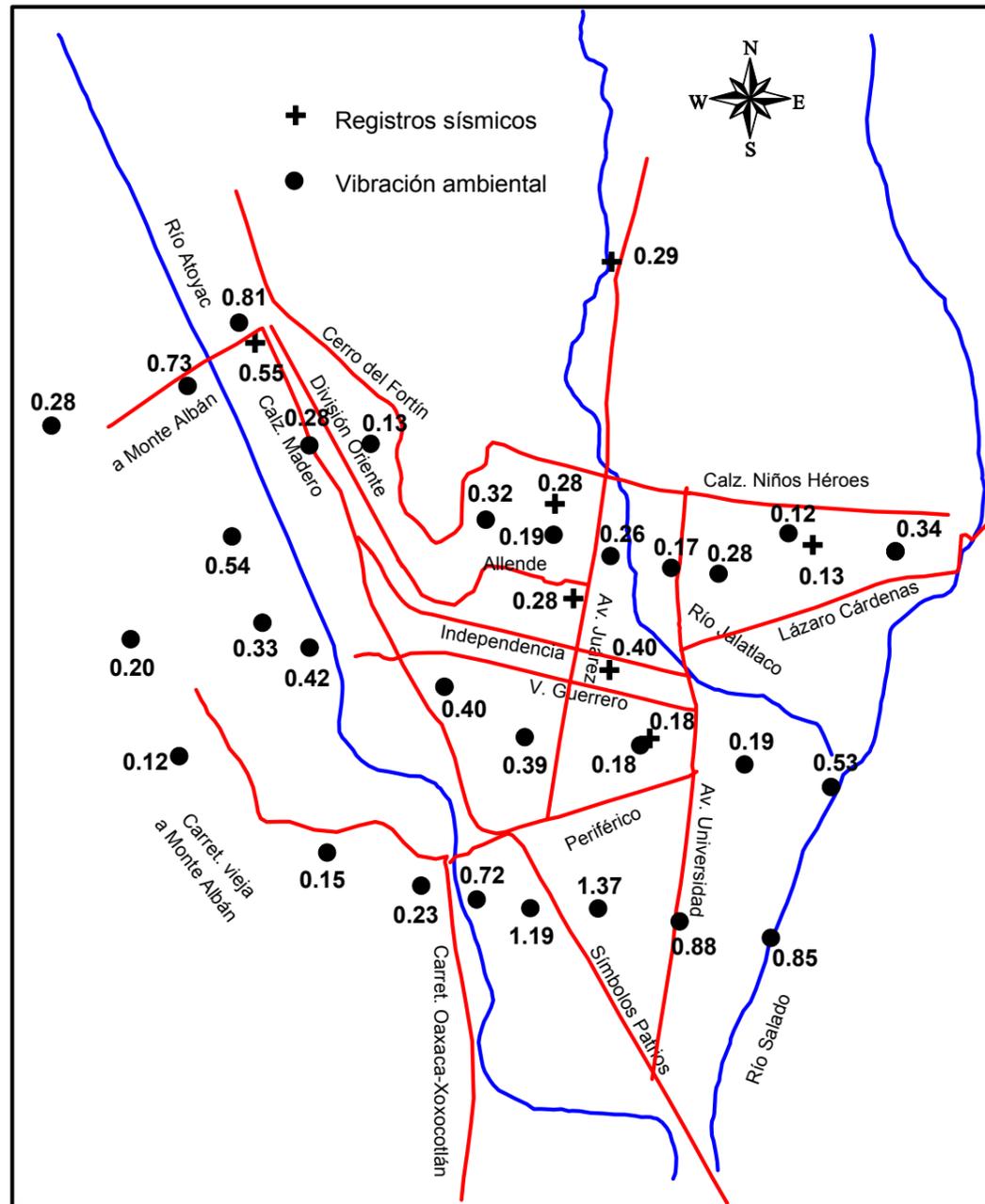
En la zonificación propuesta no se considera el efecto topográfico que se presenta en la ciudad y que puede ser importante en la respuesta ante un sismo, únicamente se consideran las características de los suelos que la conforman.

Este estudio no puede darse por terminado, es fundamental mejorar la calidad y cantidad de información que permita a futuro mejorar esta propuesta. Se sugiere la obtención de mayor información del suelo en la zona sur, así como cubrir las partes norte y noroeste, que en este trabajo no fueron consideradas, mediante la aplicación de técnicas de vibración ambiental, geotécnicas, geofísicas y continuar con el monitoreo acelerográfico.

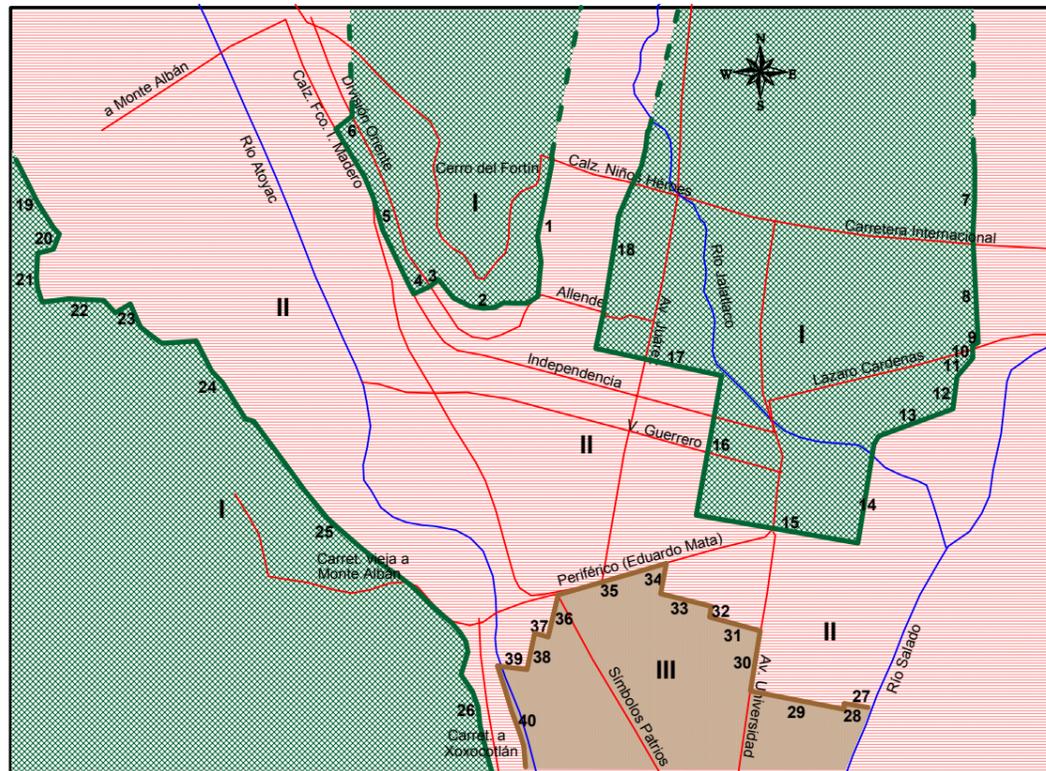
Es importante mencionar que algunos grupos de investigadores, están enfocados al conocimiento de las características del suelo de nuestra ciudad capital, cuyos esfuerzos en forma conjunta serán de gran utilidad para

un mayor conocimiento de la posible respuesta del suelo y por ende de las consideraciones teórico-prácticas más favorables por considerar para determinar los valores de coeficientes sísmicos que cubran con eficiencia la seguridad requerida, en función del nivel de servicio que se establezca en nuestro Reglamento de construcción.

El tener reglamentos adecuados es un primer paso, aunque no el único, para reducir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones



Periodos del suelo, en segundos, de la ciudad de Oaxaca, obtenidos mediante el registro de sismos y vibración ambiental.



- Zona Tipo I $T_s < 0.30$ seg.
- Zona Tipo II $0.80 \geq T_s \geq 0.30$ seg.
- Zona Tipo III $T_s > 0.80$ seg.
- Límite entre zonas, con línea discontinua donde está inferido

Zonificación sísmica propuesta para la ciudad de Oaxaca.

5.3 ESTUDIO DE ZONACION Y DETERMINACION DE COEFICIENTES PRELIMINARES DE DISEÑO SISMICO PARA LA CIUDAD DE OAXACA Y MUNICIPIOS CONURBADOS

(Castellanos L. 2003)

En este estudio se estiman parámetros preliminares de diseño sísmico para la ciudad de Oaxaca y sus municipios conurbados. Esta estimación se realizó en base de la organización y compilación de resultados de investigaciones previas.

Los parámetros de diseño sísmico están en función de la naturaleza de procesos generados por la ocurrencia de un sismo tales como la sismicidad local que afecta al sitio, la atenuación de las ondas sísmicas producto de su propagación y su amplificación debida a los estratos de suelo presentes en el sitio.

La sismicidad local que afecta a la Ciudad fue estimada mediante el cálculo de tasas de excedencia correspondientes a cada una de las zonas consideradas como fuentes sísmicas. Las intensidades producidas por los movimientos anteriores se estimaron mediante expresiones que definen la atenuación de las ondas sísmicas, las cuales toman en cuenta las características de su origen y del medio de propagación que existe entre el sitio de interés y el epicentro. En las expresiones anteriores se considera los efectos de atenuación en terreno firme, así como también la amplificación correspondiente a los estratos de suelo subyacentes en la región en estudio.

El peligro sísmico de la Ciudad y sus municipios conurbados está gobernado principalmente por los sismos originados en la Costa del Pacífico, aunque es importante tomar en cuenta posibles movimientos de origen superficial que por su cercanía a la Ciudad pueden originar daños de consideración. La zonación propuesta requiere de mayores estudios ya que se observan variaciones importantes dentro de los estratos de suelo que no se pueden estimar con la precisión requerida debido a la falta de estudios correspondientes.

SISMICIDAD LOCAL

La sismicidad local se refiere a la descripción del comportamiento de las fuentes sísmicas que influyen en el peligro sísmico de la ciudad de Oaxaca. Este comportamiento puede ser descrito mediante criterios que tomen en cuenta la estructura geológica de la región o mediante el uso de datos que describan el comportamiento estadístico de cada una de las fuentes en cuestión. El primer enfoque permite obtener información tal como mecanismo de generación de sismos, energía máxima que se puede liberar y evolución del material de la fuente correspondiente. El segundo permite la descripción mediante modelos probabilísticas de los datos que históricamente han ocurrido dentro de la zona que conforma a la fuente en estudio. La información empleada generalmente es: fecha de ocurrencia, magnitud y localización. Adicionalmente es útil el uso de mayor información tal como descripción de daños en las poblaciones afectadas, y preferentemente registros instrumentales. Las probabilidades se estiman a partir del cálculo de tasas de excedencia correspondientes a cada una de las zonas consideradas como fuentes sísmicas (Figura No.4)

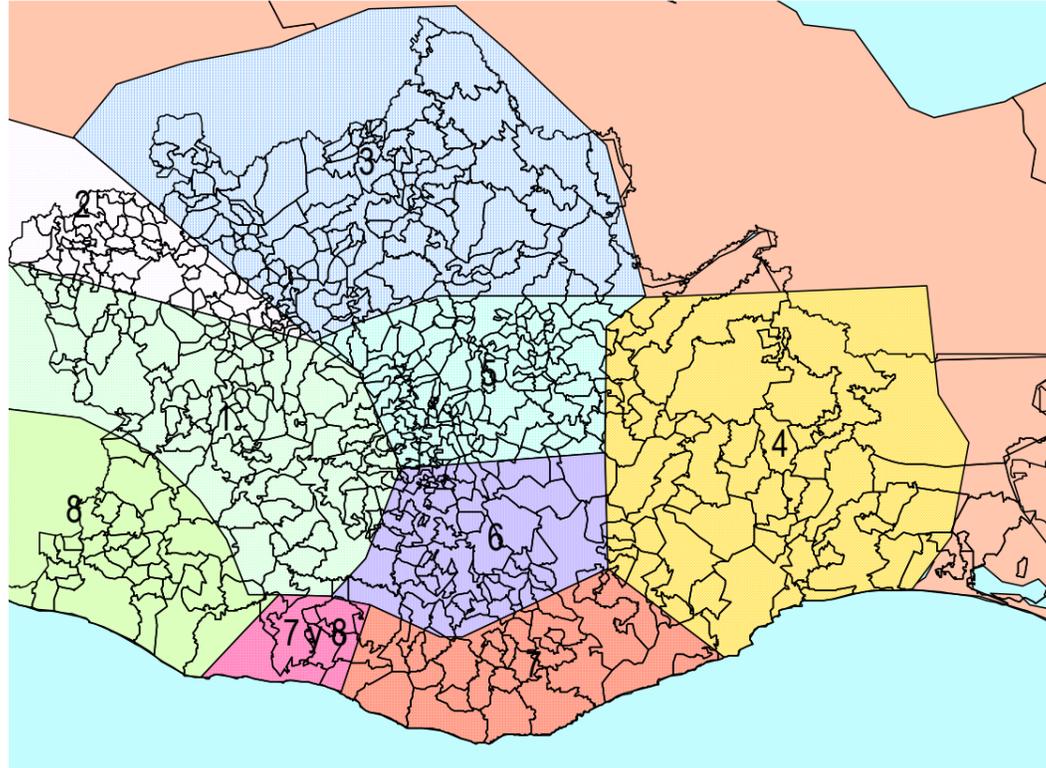


Figura No. 4 Zonas consideradas como fuentes sísmicas para el Estado de Oaxaca

Dicha tasa se define como la probabilidad del número de sismos que exceden una magnitud M por unidad de tiempo, en un volumen de corteza dado (Rosenblueth y Newmark, 1978).

A partir de dichas expresiones es posible estimar la magnitud M_{max} esperada y asociada a una probabilidad de excedencia y a un periodo de tiempo dados. La selección de una magnitud M empleada para la estimación de intensidad máximas esperadas en la región de interés y en un periodo de tiempo dado, depende del nivel de riesgo aceptable para que los parámetros de diseño sísmico sean excedidos; así mismo, el periodo de tiempo seleccionado está asociado a la vida útil del tipo de estructuras a las cuales se aplicarán los parámetros de diseño mencionados. El nivel de riesgo aceptable dependerá de la importancia del servicio que brinde la estructura analizada, es decir, los hospitales, escuelas, y en general cualquier instalación cuyo funcionamiento sea vital en caso de desastre, tendrán un nivel de riesgo menor que el resto de las estructuras. Tabla No.1

Magnitud	PERIODO DE RECURRENCIA (años)							
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
4.9	2.8		4.0	0.4			0.2	0.1
5.0	3.2	7.0	4.8	0.5	7.9	5.5	0.3	0.2
5.1	3.7	9.0		0.7	18.1	5.9	0.3	0.2
5.2			6.9	0.9		10.8	0.5	0.3
5.3	5.0			1.2			0.6	0.4
5.4	5.8	19.0	9.9	1.5	83.3		0.8	0.6
5.5	6.8			2.0			1.1	0.8

5.6						36.1	1.5	1.1
5.7				3.3		83.3	1.9	1.5
5.8				3.8			2.6	2.0
5.9			21.7	5.6			3.3	2.7
6.0	14.3	85.4		7.2			4.7	3.6
6.1				9.4				
6.2							8.4	6.5
6.3	22.3			24.9			9.8	7.6
6.4							15.1	
6.5			37.4	33.3			20.3	16.1
6.6	34.9						27.2	21.8
6.7			49.1		187.0		35.7	29.4
6.8			58.1	55.9				39.7
6.9	54.7			72.0			42.3	53.7
7.0	63.5	188.0	91.5	101.0	261.9	219.4	46.6	72.5
7.1		214.9		200.8				97.9
7.2	85.5							132.2
7.3	92.2		321.5				62.3	178.6
7.4	115.3		643.5				78.0	
7.5	133.8					585.7	93.7	
7.6						878.7	117.3	
7.8		3012.8				3516.0		594.4
7.9							470.9	

ZONACION SISMICA

Las amplificaciones de las ondas sísmicas debidas a los distintos estratos de suelo presentes en la ciudad de Oaxaca se estiman mediante distintos indicadores. Uno de ellos es mediante el registro de sismos en instrumentos ubicados dentro de la ciudad. Desafortunadamente estos datos son escasos ya que la red instrumental correspondiente tiene algunos años de operación y la recolección de este tipo de datos debe abarcar mayores periodos de tiempo. Por la escasez de información mencionada anteriormente es importante recurrir a otro tipo de indicadores que nos permitan evaluar dichas amplificaciones en distintos puntos de la Ciudad, tales como los daños en estructuras producidos por eventos previos, estudios anteriores de efectos de sitio y estudios de mecánica de suelos.

El procedimiento aquí empleado inicia con la estimación de una zonación realizada a partir de la localización de daños y tipos de suelo en la Ciudad. La zonación propuesta se ajustará a los resultados obtenidos en estudios previos y a los registros obtenidos de sismos recientes. Figura No.5

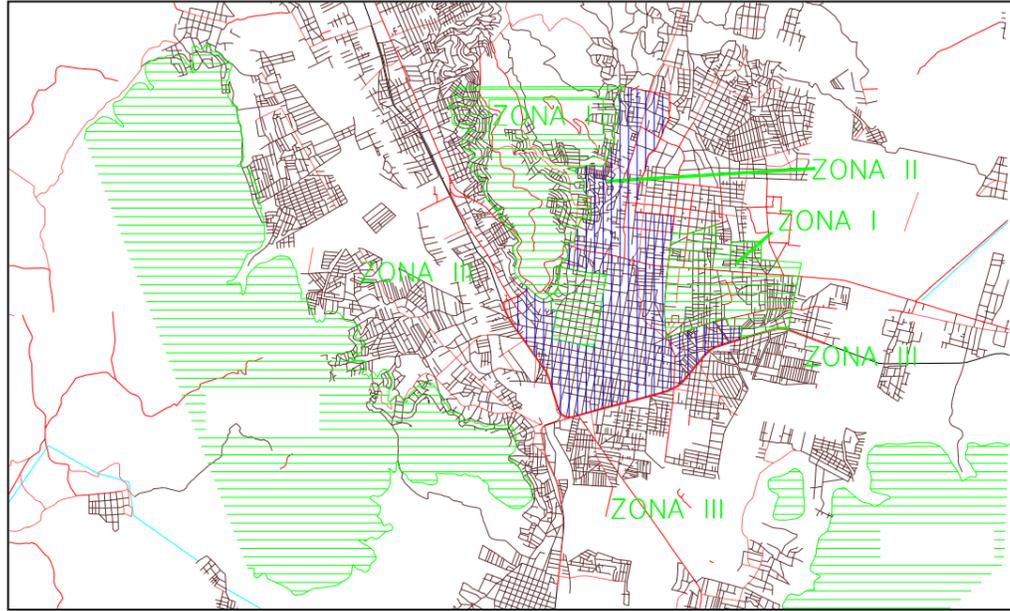


Figura No. 5 Zonación preliminar propuesta (Castellanos L. 2003)