



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“RIESGO SÍSMICO EN SANTA MARÍA TIXMADEJÉ,
ACAMBAY, ESTADO DE MÉXICO”

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
(MAESTRO O DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA)

P R E S E N T A

SILVIA FLOR DE AZALIA MONROY SALAZAR

JURADO EXAMINADOR
DR. DAVID A. NOVELO CASANOVA
(DIRECTOR DE TESIS)
JOSÉ JORGE ARANDA GÓMEZ
GERARDO SUÁREZ REYNOSO
CARLOS MIGUEL VALDÉS GONZÁLEZ
SERGIO PUENTE AGUILAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Al Dr. Gerardo Suárez Reynoso por sus comentarios constructivos y apoyo durante todo el proceso de la tesis.

A la Dra. Elizabeth Mansilla Menendez por su orientación y comentarios valiosos que hicieron posible el acercamiento a la población.

Al Dr. José Jorge Aranda Gómez por su tiempo invertido.

Al Dr. Sergio Puente Aguilar por sus comentarios acertados sobre el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Carlos Miguel Valdés González por su tiempo y comentarios.

Al Dr. David Alberto Novelo Casanova por su tiempo y dedicación.

Al Dr. Juan Martín Gómez González por su participación activa en el desarrollo de la amenaza sísmica. Así como su orientación sobre el análisis de los datos.

Al Dr. Juan Carlos Montalvo Arrieta por su orientación en el análisis de datos de ruido sísmico.

Al Ing. Geofísico Bonifacio Eulogio Luna por sus pláticas en las que pudimos compartir conocimientos y de donde salieron conclusiones que beneficiaron a esta tesis.

Al Arq. Juan Córdoba por su apoyo incondicional, su tiempo y cariño invertidos.

A mis padres por su apoyo moral que siempre ha sido importante y su cariño que siempre esta presente.

A mis hermanos que hacen mi vida mas alegre.

A mis amigos: "la comunidad del café", porque no hay que pensar que hace la comunidad por uno sino lo que no hizo la comunidad; del CCH, por estar presentes; de la facultad, por tratar de ayudarme en todo lo que se pueda y comprender mis ausencias.

A esa persona especial que ha llegado en su debido momento.

A mis padres porque me enseñaron a seguir adelante.

Dedicada a estas personas que hacen mi día a día, especial.

ÍNDICE

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

1.1	Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.....	2
1.2.1	Definiciones y Conceptos.....	3

Capítulo 2: CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1	ZONA DE ESTUDIO.....	18
2.1.1	Cinturón Volcánico Trans-Mexicano.....	18
2.1.1.1	Geología Regional.....	19
2.1.1.2	Sismicidad en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano.....	20
2.1.2	Graben de Acambay.....	20
2.1.2.1	Geología Regional.....	21
2.1.3	Falla Acambay-Tixmadejé.....	22
2.1.4	El Sismo de 1912.....	22
2.1.5	Santa María Tixmadejé.....	23

Capítulo 3: METODOLOGÍA

3.1	METODOLOGÍA DE LA NOAA.....	27
3.1.1	Estimación de la Muestra Mínima.....	29
3.1.2	Muestreo Probabilístico.....	30
3.1.3	Muestreo no Probabilístico o Determinístico.....	34
3.2	ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA.....	34
3.2.1	Microtemores.....	35
3.2.1.1	Método de Nakamura o de cocientes espectrales.....	36
3.2.3	Metodología para determinar el Índice de Vulnerabilidad de Viviendas.....	39

Capítulo 4: ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA Y LA VULNERABILIDAD

4.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD...	44
4.1.1	Identificación de la Amenaza.....	44
4.1.2	Análisis de la Amenaza.....	45
4.1.3	Análisis de la Vulnerabilidad de las Instalaciones Vitales.....	45
4.1.3.1	Cuestionario.....	45
4.1.3.2	Ponderaciones.....	46
4.1.4	Análisis de la Vulnerabilidad Social, Económica y Educacional...	55
4.1.4.1	Muestra Mínima.....	55
4.1.4.2	Cuestionario.....	59
4.1.4.3	Ponderaciones.....	59
4.2	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	70

4.3	MOVIMIENTO DEL SUELO.....	72
4.3.1	Análisis de respuesta del sitio.....	72
4.3.1.1	Método de Nakamura.....	74

Capítulo 5: RIESGO SÍSMICO

5.1	RELACIONES DE PREDICCIÓN.....	77
5.2	MODELO DE POISSON.....	80
5.3	ESCENARIOS DE RIESGO.....	81
5.4	CONSIDERACIONES CUALITATIVAS.....	86

Capítulo 6: DISCUSIÓN

6.1	VULNERABILIDAD DE LAS INSTALACIONES VITALES.....	88
6.2	VULNERABILIDAD SOCIAL, ECONÓMICA Y EDUCACIONAL...	89
6.3	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	91
6.4	MOVIMIENTO DEL SUELO.....	92

Capítulo 7: CONCLUSIONES.....	93
-------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	95
-------------------	----

Anexos:

1	TIPLOGÍA DE LAS VIVIENDAS.....	102
2	CUESTIONARIOS.....	107
3	TABLAS DE PONDERACIÓN DE LAS INSTALACIONES VITALES.....	111
4	TABLAS DE RESPUESTAS AL CUESTIONARIO APLICADO A LAS VIVIENDAS.....	120

ÍNDICE FIGURAS

1	El pez gato Namzu que según la cultura Japonesa era el causante de los sismos.....	13
2	Grabado que ilustra la destrucción de Sodoma y Gomorra.....	14
3	Cinturón Volcánico Trans-Mexicano.....	18
4	Divisiones del CVTM.....	19
5	Localización del Graben de Acambay en el CVTM.....	21
6	Graben de Acambay, delimitado por la falla de Acambay-Tixmadejé, Pastores y las fallas intragrabén cerca de Temascalingo.....	22
7	Escarpe basáltico en Tixmadejé.....	25
8	Perfil de la ladera de Tixmadejé desde el escarpe basáltico hasta la parte plana.....	25
9	Ubicación de la zona de estudio Santa María Tixmadejé.....	26
10	Esquema de la metodología de la NOAA.....	27
11	Proceso de selección de una muestra.....	29
12	Relación entre probabilidad y estadística diferencial.....	30
13	Modelo simple para interpretar medidas de microtremor.....	38
14	Representación esquemática del efecto del sismo sobre una vivienda.....	40
15	Zonas de peligro sísmico en las que se divide la República Mexicana.....	43
16	Instalaciones vitales en Santa María Tixmadejé.....	53
17	Imagen (INEGI, 2004) de las instalaciones vitales en la comunidad Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad.....	54
18	Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad total para las instalaciones vitales.....	55
19	Organización de las manzanas según el INEGI.....	56
20	Metodología para obtener el número de viviendas a encuestar...	57
21	Número total de viviendas en cada manzana.....	57
22	Metodología de la tómbola.....	58
23	Asignación de número para cada vivienda.....	58
24	Viviendas a las que se les aplico el cuestionario.....	59
25	Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad social en la comunidad de Santa María Tixmadejé.....	66
26	Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad social.....	67
27	Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad económica en la comunidad de Santa María Tixmadejé.....	68
28	Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con el nivel de vulnerabilidad económica estimado.....	68
29	Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad educativa en la comunidad de Santa María Tixmadejé.....	69
30	Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad educativa.....	70
31	Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad estructural	

	en la comunidad de Santa María Tixmadejé.....	71
32	Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad estructural.....	72
33	Acelerógrafo utilizado en la colección de datos en campo.....	73
34	Instalación del acelerógrafo en puntos de muestreo.....	73
35	Mapa con la posición de los acelerógrafos y los periodos naturales del suelo.....	73
36	Traza acelerográfica obtenida para el punto 3 (E-W).....	74
37	Transformada de Fourier obtenida del registro para el punto 3....	74
38	Función de transferencia para el punto 3. Donde la frecuencia fundamental es 4.1.....	75
39	Mapa con los isoperiodos naturales del suelo.....	76
40	Escenario de Riesgo determinado por medio de relaciones de predicción.....	81
41	Distribución de las viviendas en los cuatro niveles de riesgo sísmico (bajo, medio bajo, medio alto y alto).....	82
42	Escenario de Riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 10 años.....	82
43	Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 10 años.....	83
44	Escenario de Riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 50 años.....	83
45	Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 50 años.....	84
46	Escenario de Riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 100 años.....	84
47	Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 100 años.....	85
48	Escenario de Riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 500 años.....	85
49	Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 500 años.....	86
50	Frecuencia de datos en cada nivel de vulnerabilidad. La línea azul representa nivel de vulnerabilidad baja.....	93
A.1.1	Formato para la tipología de la vivienda.....	106
A.2.1	Cuestionario (primera parte), para determinar parte de la vulnerabilidad operacional de la instalación vital.....	108
A.2.2	Cuestionario (segunda parte). Para determinar la vulnerabilidad estructural que presenta.....	109
A.3.1	Ponderación de las instalaciones vitales por el área de seguridad.....	112
A.3.2	Ponderación de las instalaciones vitales por el área de triaje.....	113

A.3.3	Ponderación de las instalaciones vitales por escaleras de emergencia.....	115
A.3.4	Ponderación de las instalaciones vitales por los planes de emergencia.....	116
A.3.5	Ponderación de las instalaciones vitales por los asentamientos...	118

ÍNDICE DE TABLAS

1	Proyección de daños, costos y víctimas del sismo de 1912 a 2005.....	23
2	Características socioeconómicas de Santa María Tixmadejé.....	26
3	Nivel de confianza.....	31
4	Clasificación INEGI.....	41
5	Amenazas identificadas en el Cinturón Volcánico Mexicano.....	44
6	Ponderación de acuerdo con que la instalación cuente o no con área de seguridad.....	46
7	Ponderaciones propuestas para el área de triaje.....	47
8	Ponderaciones propuestas para la distribución del agua y de la energía eléctrica.....	48
9	Ponderación para la posesión de línea telefónica.....	48
10	Tabla de ponderación para escaleras de emergencia.....	48
11	Tabla de ponderación para escaleras de emergencia.....	49
12	Ponderación para los daños previos que existen en las edificaciones.....	49
13	Ponderación para los planes de emergencia.....	50
14	Ponderación por la realización de simulacros en la comunidad...	50
15	Ponderación por la realización de simulacros de evacuación.....	50
16	Ponderación por indicios de impacto de sismos anteriores en la instalación vital.....	51
17	Ponderación para la reparación de daños.....	51
18	Ponderación por la inclinación de los edificios.....	52
19	Ponderación por la presencia o ausencia de asentamientos en las edificaciones de las instalaciones vitales.....	52
20	Niveles de vulnerabilidad para las instalaciones vitales.....	53
21	Evaluación de la vulnerabilidad total.....	54
22	Ponderación por el número de habitantes que existe en una vivienda.....	60
23	Ponderación a las respuestas de la pregunta 1.....	60
24	Ponderación por las respuestas a la pregunta 2.....	60
25	Ponderación a las respuestas de la pregunta 3 del cuestionario..	61
26	Ponderación por las respuestas de la pregunta 4 del cuestionario.....	61
27	Ponderación por las respuestas de la pregunta 5 del cuestionario.....	61
28	Ponderación por las respuestas de la pregunta 6 del cuestionario.....	61
29	Ponderación por el número de vacíos en la información.....	62
30	Ponderación de recursos básicos.....	62
31	Ponderación por el número de personas que trabajan.....	62
32	Ponderación por la distribución del gasto.....	63

33	Ponderación por el ahorro.....	63
34	Ponderación por la actividad laboral.....	63
35	Ponderación por la actividad de agricultor y otros.....	63
36	Ponderación por el número de vacíos en la información.....	64
37	Ponderación por el porcentaje de personas que estudian.....	64
38	Ponderación por el porcentaje de personas que son analfabetas.....	64
39	Ponderación por el grado máximo de las personas que estudian.....	65
40	Ponderación por el número de vacíos en la información.....	65
41	Rangos establecidos para el nivel de vulnerabilidad social.....	66
42	Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad económica.....	67
43	Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad educativa.....	69
44	Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad estructural.....	71
45	Puntos de medición del Acelerógrafo y sus respectivas frecuencias y periodos.....	75
46	Valores de aceleración reportados por Urbina y Camacho (1913)	79
47	Periodos de recurrencia.....	80
A.1.1	Descripción de materiales.....	103
A.1.2	Tipología según las características de la edificación.....	104
A.3.1	Coordenadas de las instalaciones vitales y su ponderación por el área de seguridad.....	112
A.3.2	Instalaciones vitales y su ponderación por el área de triaje.....	113
A.3.3	Instalaciones vitales con sus ponderaciones por la disponibilidad de luz y agua.....	114
A.3.4	Instalaciones vitales con la ponderación por teléfono y escaleras de emergencia.....	114
A.3.5	Instalaciones vitales con su ponderación por extintores y daños.	115
A.3.6	Instalaciones vitales con su ponderación por planes de emergencia y simulacros con la comunidad.....	116
A.3.7	Instalaciones vitales con su ponderación por simulacros de evacuación e indicios de sismos.....	117
A.3.8	Instalaciones vitales con su ponderación por simulacros de evacuación e indicios de sismos.....	117
A.3.9	Instalaciones vitales con su ponderación por asentamientos.....	118
A.3.10	Instalaciones vitales con su ponderación total.....	119
A.4.1	Respuestas a la pregunta 1 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones y el número de habitantes.....	121
A.4.2	Respuestas a la pregunta 2 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	126
A.4.3	Respuestas a las preguntas 3 y 4 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	131
A.4.4	Respuestas a las preguntas 5 y 6 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con	

	sus ponderaciones.....	136
A.4.5	Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad social para cada vivienda.....	141
A.4.6	Respuestas a las preguntas 7 del cuestionario y servicios con los que cuentan las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	146
A.4.7	Respuestas a las preguntas 8, 9 y 10 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	151
A.4.8	Respuestas a la pregunta 11 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	156
A.4.9	Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad económica para cada vivienda.....	161
A.4.10	Respuestas a las preguntas 12 y 13 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	166
A.4.11	Respuestas a la pregunta 14 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.....	171
A.4.12	Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad económica para cada vivienda.....	176
A.4.13	Clasificación según la tipología de las viviendas de Santa María Tixmadejé, su índice de vulnerabilidad estructural y su nivel de vulnerabilidad.....	181

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

Los “desastres naturales”, como se les llama comúnmente, suelen ser muy impactantes y se han vuelto numerosos. Quizás por la rapidez de los medios de comunicación nos podemos enterar casi inmediatamente de que sucede un desastre en nuestro país y en diferentes partes del mundo. El hecho es que se ha visto un incremento rápido de los desastres haciendo evidente la necesidad de estudiarlos. Hasta ahora, la atención o el estudio de los desastres no se han realizado desde el punto de vista de la reducción de su impacto en la sociedad. Las acciones que se han tomado, se han enfocado principalmente a la atención de las emergencias: situación por la cual sólo gran parte de la población se encuentra expuesta ante el impacto de un desastre (Notas de clase, Reducción de la Vulnerabilidad, 2007). Para la reducción del impacto de un desastre se requieren mayores acciones que únicamente la atención de la emergencia (medidas tomadas con anticipación al desastre, con el propósito de reducir o eliminar su impacto sobre la sociedad y medio ambiente; Material II - IDNDR, 1992). Un desastre es la manifestación de un riesgo que una comunidad presenta y que depende de su exposición a una amenaza y la vulnerabilidad en la que vive esta población (se discutirán detalladamente estos conceptos más adelante) mientras que en las emergencias se atiende el efecto sin reparar en las causas que provocaron el desastre.

Análisis de los desastres, como el realizado por la ONU en el huracán Stan, (Zapata, 2006) han demostrado que para mitigar el impacto de los desastres se debe analizar el riesgo de las poblaciones expuestas a un peligro, para que al momento de ocurrir el desastre los efectos de éste sean menores. Sin embargo, el estudio del riesgo implica un análisis social de las poblaciones y un estudio de las amenazas o peligros a los que están expuestas. Se requiere hacer éste estudio desde el punto de vista de diferentes disciplinas, donde debe tomarse en cuenta factores sociales que usualmente se han hecho a un lado para estudiar sólo las amenazas (denominado, hasta ahora, como riesgo). La reducción del riesgo debe ser enfocada al establecimiento de acciones por parte de la sociedad debido a que no se pueden controlar los fenómenos naturales que se presentan, pero si se puede adoptar medidas para su reducción.

Aunque no siempre los desastres suceden asociados a un fenómeno natural, el análisis de los mismos debe realizarse desde la perspectiva del riesgo, determinándose las condiciones vulnerables que vive una población en presencia del fenómeno social, socio-natural, o natural. El tipo de desastre se clasifica dependiendo de su origen, lo cual se discutirá más adelante.

El riesgo es un tema muy complejo. Se han realizado varios estudios sin llegar a unificar definiciones de amenaza, riesgo y vulnerabilidad. Sin embargo, es claro que el tema debe abordarse desde distintas disciplinas, incluyendo los estudios sociales en la población, determinando las vulnerabilidades y evaluando las amenazas a las que están expuestas las poblaciones.

El objetivo de ésta investigación es evaluar el riesgo sísmico de la comunidad de Santa María Tixmadejé que se encuentra localizada en el municipio de Acambay en el Estado de México, como un ejemplo y desarrollando un proceso metodológico para obtener el riesgo de las comunidades asentadas en el Eje Neovolcánico Mexicano. El eje o Cinturón Neovolcánico Mexicano (CVM) como algunos investigadores lo llaman, de acuerdo a la teoría más aceptada, se formó por la unión de dos antiguos continentes durante o antes del Paleozoico, y se reactivó a partir del Mioceno por la subducción de la Placa Cocos (Mooser, 1972; Demaint, 1979). Por lo que el estudio del riesgo en ésta zona es importante aunque el período de retorno de los sismos se ha estimado como 100 años (Gutiérrez, 2004).

En Acambay se registró un sismo muy importante en 1912 de magnitud 7.1 en escala Richter y con consecuencias locales desastrosas. Por éste motivo, es importante analizar el riesgo sísmico de la comunidad como una muestra de otras poblaciones asentadas en el CVM.

Para determinar el riesgo sísmico, se evaluó el nivel de vulnerabilidad que presenta la comunidad mediante encuestas levantadas en campo (véase cuestionarios, Anexo 2). El nivel de peligro sísmico se estimó utilizando resultados de estudios previos (Suter et al. 1992; 1995a; 2001; Langridge et al., 2000) realizados en la zona.

Los resultados de este trabajo fueron representados en mapas basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, se describen los procesos que determinan el escenario de riesgo de la comunidad identificándose los actores que fomentaron la creación del riesgo y también los que están sujetos al él.

1.1 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

El estudio de los desastres ha dado lugar a conceptos como amenaza, vulnerabilidad y riesgo, sin embargo estos conceptos no logran ser homogéneos debido a que se encuentran en el proceso de construcción y aceptación por la comunidad científica. Al analizar los desastres y desagregar lo que los origina, los investigadores han definido sus variables conforme al objeto de estudio. Los científicos les han dado una definición, mientras los sociólogos otra y así, dependiendo de su orientación, cada área científica da distintas definiciones a los conceptos mencionados. En éste capítulo se presentan diferentes acepciones de los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo partiendo de la concepción de los desastres.

El concepto de riesgo nace de la necesidad de estudiar los desastres. Los desastres son la manifestación del riesgo, por lo que el riesgo es la probabilidad

de que se manifieste una amenaza a la que está expuesta una población que tiene un cierto nivel de vulnerabilidad. Además, el riesgo no nace, se hace, es un proceso por el que ha pasado una población es su desarrollo, provocando que la población sea vulnerable a un fenómeno (físico o antrópico) que cuando se manifiesta da lugar a los desastres.

1.1.1 Definiciones y conceptos

Como ya se mencionó, los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo parten del estudio de los desastres, pero entonces ¿qué es un desastre? La definición de desastre no está bien establecida, pero podemos entender como desastre a un evento consumado, la manifestación de un fenómeno que afecta a la sociedad provocando daños y pérdidas (Notas de clase, *“Construcción del Riesgo y Vulnerabilidad Social”*, 2006).

Según Lavell (1996), una definición de desastre “gira en torno al objeto de estudio, visto, por un lado, como producto, hecho o realidad consumada (o sea el o los desastres una vez concretados, consumibles, visibles palpables y medibles) y por otro, como “proceso”, en el cual el énfasis se pone en las condiciones objetivas, históricamente construidas, que permiten la eventual aparición de un fenómeno que llamamos “desastre””.

Partiendo de esta visión existen vertientes en el estudio de los desastres, el primero es ver al desastre como un “producto” siendo éste el punto de vista científico físico y el segundo que ve al desastre como un “proceso” relacionado al punto de vista científico social. Pero ¿quién tiene la razón? Es considerado que ambas definiciones son válidas debido a que han sido determinadas por el interés particular de cada investigación y a la formación profesional de quienes la han formulado. Puede ser que los desastres tengan una doble definición o una definición que involucra dos conceptos, como en física la “luz”, la luz se puede considerar como una onda o como un grupo de partículas; dependiendo del experimento o enfoque que se le da al análisis donde está involucrada, se considera como una onda o como un grupo de partículas. Así los desastres, dependiendo del enfoque que se le está dando o cómo se está abarcando el problema en una comunidad o población se considera como un “proceso” o como un evento consumado. Para entender ambos conceptos, en principio debemos entender que el desastre producido no se debe a fuerzas naturales poderosas que actúan irremediablemente contra los humanos, por este motivo es erróneo decir “desastres naturales”. Cuando lo correcto es decir “Desastre” sin el calificativo de naturales.

Desde el punto de vista sociológico, un desastre se define como “una ocasión de crisis o estrés social, observable en el tiempo y el espacio, en que sociedades o sus componentes (comunidades, regiones, etc.) sufren daños o pérdidas físicas y alteraciones en su funcionamiento rutinario, a tal grado que

exceden a su propia capacidad de auto recuperación, requiriendo la intervención o cooperación externa. Siendo tanto las causas como las consecuencias de los desastres producto de los procesos sociales que operan al interior de la sociedad afectada” (Lavell, 1996). Aunque otros autores lo definen como “la interacción entre un fenómeno geofísico extremo y una condición vulnerable, que se traduce en pérdidas económicas y humanas en una escala totalmente por fuera de las capacidades y recursos de la administración local” (Wilches-Chaux, 1993).

Existen otras definiciones de los desastres que se refieren a las consecuencias y no a las causas de los fenómenos. Por ejemplo, la Oficina Nacional de Atención de Emergencias (ONAE) de la Presidencia de la República de Colombia, considera al desastre como “evento identificable en el tiempo y el espacio, en el cual una comunidad ve afectado su funcionamiento normal, con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios, que impiden el cumplimiento de las actividades esenciales y normales de la sociedad”. El Centro Regional de Información sobre desastres de América Latina y El Caribe (CRID) define los desastres como una interrupción seria en el funcionamiento de una sociedad causando vastas pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la sociedad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios. Existen otras definiciones que incluyen el número de personas muertas y heridas, así como el valor de las pérdidas materiales, la no preparación de los gobiernos para enfrentar los desastres y también los traumatismos sociales o políticos que llegan a ocasionar (Wilches-Chaux, 1993). Finalmente, en México, por medio de la Ley General de Protección Civil (2006), se define el desastre como el estado en que la población de una o más entidades federativas, sufre severos daños por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros, infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento de los sistemas de subsistencia.

La historia de los desastres es amplia, ya que van de la mano con la existencia del hombre. Sobre todo desde que el hombre empieza a manipular la naturaleza y saca provecho de ella (agricultura), es cuando empieza a existir los asentamientos humanos en zonas expuestas a diferentes amenazas naturales y el desarrollo de éstas los lleva a la exposición de nuevas amenazas que la misma población genera. Los ejemplos como las comunidades que se asientan en las faldas de los volcanes debido a que los suelos son buenos para el cultivo, o las comunidades que se asentaron a orillas del río para aprovechar el agua para regar sus cultivos. En varios casos, si una comunidad no se encuentra localizada en una zona directamente expuesta a un fenómeno natural, las actividades de la población generan la exposición a una amenaza. Tal es el caso de las comunidades donde debido a la población y a la generación del desagüe pueden reactivar fallas que provocan deslizamientos severos de tierra, roca o suelo provocando un desastre.

Entonces, los asentamientos humanos que se encuentran expuestos a un fenómeno, para que ocurra un desastre se requiere la existencia de otro cómplice o “cómplices necesarios” (Wilches-Chaux, 1998). Podría suceder un fenómeno natural donde no existan asentamientos humanos y como consecuencia no existe un desastre. Sin embargo, existen “cómplices necesarios” que modifican los escenarios de riesgo como lo son el aumento de población, la falta de control por parte de las autoridades, entre otros, que convierten un fenómeno natural en amenaza, la cual, al mezclarse con una condición de vulnerabilidad, genera uno o más riesgos, susceptibles a convertirse en desastres.

Los desastres no están determinados únicamente por la probabilidad de que se presente un fenómeno peligroso de origen natural o antrópico, sino también, por la existencia de condiciones sociales vulnerables en las poblaciones donde se presentan los fenómenos (Wilches-Chaux, 1998).

Un ejemplo claro es la inundación en Tabasco de 2007. El fenómeno natural (la lluvia extrema) junto con actividades sociales como la falta de obras que ayudaran a canalizar el exceso de agua fue la causa del desastre. El municipio se encuentra físicamente localizado en un lugar que hace difícil el flujo del agua, siendo el estancamiento del agua, un fenómeno latente que podía presentarse en cualquier momento. Sin embargo, las autoridades locales al no destinar recursos económicos adecuados para obras o planes de desarrollo que redujeran las condiciones desfavorables al estancamiento del agua, provocaron una situación de riesgo en el municipio. Así, cuando el fenómeno natural se presentó, el riesgo latente se transformó, de manera individual en desastre. Lo que hace claro la importancia de la intervención social para reducir las condiciones de riesgo de una población.

Existen también desastres que son pequeños y que al sumar sus efectos se hacen grandes desastres, tal es el ejemplo del sismo de 1985 en México. Este gran desastre se conformó de pequeños desastres (Notas clase, “*Evaluación de Peligros y Riesgos Sísmicos*”, 2007). Esto es, colapsaron edificios en diferentes puntos de la ciudad que al sumarse generaron un gran desastre. Los desastres pueden ser grandes, medianos y pequeños, y contrario a lo que se piense lógicamente, son los pequeños y medianos desastres los más importantes, dado que éstos dan pauta o indicios prematuros de que un desastre grande puede ocurrir. Retomando el ejemplo del sismo del 85’, previamente ocurrieron otros sismos antes de ese año (1957, 1979) que hacían latente el gran peligro al que la ciudad estaba expuesta, ya que en esos años se registraron daños en las mismas zonas que en el 85’. El sismo del 85’ fue de magnitud 8.1 en escala Richter, los otros fueron de 7.5 (1957) y 7.6 (1979) presentando daños leves en el ’79 y severos e incluso derrumbes en 1957. Llama la atención que siendo de menor magnitud el sismo de 1957 que el de 1979, el primero haya generado mayor daño, haciendo evidente la vulnerabilidad que padecían ciertas zonas en la ciudad de México en esas fechas. Con el tiempo esta vulnerabilidad se incrementó generando el desastre de 1985. Estos ejemplos dejan claro que los pequeños desastres son importantes y además que el desastre es “el punto culminante del

riesgo, su revelación, su materialización” (Metzger, 1996), haciendo imperante la necesidad del análisis del riesgo para evitar grandes desastres.

Sin embargo, a pesar de lo que se muestra en los ejemplos anteriores, hasta ahora los desastres se han considerado tomando en cuenta únicamente el número de pérdidas humanas y si se proporcionó asistencia internacional. Por ejemplo, organizaciones internacionales como el EM-DAT del Center on Research on the Epidemiology of Desasters CRED de Bélgica, toma como desastre un evento donde se tienen pérdidas económicas cerca del millón de dólares, si tuvieron pérdidas menores, no lo consideran como desastre. Estos criterios minimizan el efecto y significado de los desastres. Bajo esta perspectiva, entre los años 1990 y 2000 sólo se registraron 150 desastres en el mundo. En cambio, si se toman en cuenta los “pequeños desastres”, como lo hizo la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), en el mismo período hubo cerca de 40 000 desastres en el mundo (Notas de clase, *“Construcción del Riesgo y Vulnerabilidad Social”*, 2006).

El análisis reciente y sistemático de los desastres ha provocado la planeación de medidas preventivas y de emergencia que han ayudado, en algunos casos, a la disminución de pérdidas humanas. Un ejemplo representativo es la ciudad México en la cual han evolucionado los reglamentos de diseño sísmico debido al evento sísmico de 1985 que demostró deficiencias de los antiguos reglamentos (Fundación ICA, 1988). Además de la creación del Sistema de Protección Civil, responsable de realizar actividades orientadas a la prevención, auxilio y restablecimiento de la población ante la ocurrencia de desastres. Éste actúa con base al protocolo de Ginebra del 12 de agosto de 1949. Sin embargo, no es hasta que sucedieron los desastres como la explosión de San Juan Ixhuatepec en 1984 y el sismo de 1985 que se empiezan a definir estrategias para su prevención y mitigación. Es importante señalar que estas estrategias van orientadas principalmente a atender la emergencia y no ha establecer mecanismos previos que permitan reducir el impacto del desastre. Como se señaló anteriormente, el problema de los desastres es un problema que tiene que ver más que nada con los procesos previos al desastre, siendo las condiciones en las que vive la población la que da lugar al riesgo. Es un proceso dinámico en el que puede existir un riesgo sin que ocurra un desastre. Por lo que el riesgo es un proceso que se construye lentamente, teniendo implícito la probabilidad de que genere daños y pérdidas del cual la población pueda necesitar ayuda para recuperarse.

En el desastre se hacen presentes las vulnerabilidades que la población padece desde antes que este ocurra. Si se pretende realizar algo para reducir los efectos es necesario poner atención a éstas vulnerabilidades conociendo la amenaza a la que está expuesta una población. El estudio de los desastres debe ser multidisciplinario para que se abarque el análisis de todos los tipos de vulnerabilidades que existen en la población.

Finalmente, es evidente que los desastres no son naturales y que son provocados por actividades humanas, siendo el desastre un producto “de la convergencia, en un momento y lugar determinados del Riesgo y la Vulnerabilidad” (Wilches-Chaux, 1993). Dependiendo del nivel de éstos dos parámetros es el impacto del desastre. El riesgo se considera como la probabilidad de que se presente una amenaza o de que ocurra un fenómeno (natural o antrópico) y que ocurran daños y pérdidas en una población vulnerable. Cuando interactúan la amenaza (presentación del fenómeno) y la población se genera el desastre (Notas de clase, “*Construcción del Riesgo y Vulnerabilidad Social*”, 2006). Entendiendo por interacción como una “red de relaciones activas entre todos y cada uno de los elementos que configuran el sistema (naturaleza y sociedad)” (Wilches-Chaux, 1993).

Si se quiere reducir los efectos de un desastre es necesario reducir el riesgo, por lo tanto es importante conocer cómo se construye el riesgo o las condiciones de riesgo. Para esto se necesita estudiar la amenaza y la vulnerabilidad (Notas de clase, “*Construcción del Riesgo y Vulnerabilidad Social*”, 2006).

La relación que existe entre la vulnerabilidad y riesgo puede verse analíticamente como sigue:

$$\text{Riesgo (Probabilidad)} = \text{Peligro (Probabilidad)} \times \text{Vulnerabilidad (Población)} \quad 1.1$$

$$\text{Desastre} = \text{Probabilidad del Riesgo} = 1 \quad 1.2$$

Considerando que el riesgo depende de la exposición a una amenaza (peligro) y a la vulnerabilidad, si no existe vulnerabilidad simplemente no hay riesgo y por lo tanto no hay desastre. Sin embargo, con el simple hecho de existir una población o una persona ya es vulnerable, es decir, la vulnerabilidad nunca es cero o nula. Por ejemplo, tomemos como amenaza los sismos, si una vivienda está bien construida y puede resistir el efecto de un sismo (vulnerabilidad = 0) que puede ocurrir en un momento determinado, entonces no habrá desastre.

$$\text{Riesgo} = 0 = \text{Peligro (Probabilidad)} \times 0 \quad 1.3$$

Al no ser la casa vulnerable, el Riesgo pierde su condición de tal. Sin embargo, si la casa es vulnerable al impacto de un sismo de cierta magnitud pero nunca ocurre el sismo (peligro = 0), entonces el Riesgo = 0 o no hay riesgo y por lo tanto no habría desastre. En realidad, siempre existe una probabilidad de que ocurra un fenómeno por lo que el Riesgo nunca puede ser cero o nulo.

$$\text{Riesgo} = 0 = 0 \times \text{Vulnerabilidad} \quad 1.4$$

Un evento o fenómeno se considera o no Riesgo, dependiendo de que el lugar en donde se manifieste esté ocupado o no por una comunidad vulnerable (Wilches-Chaux, 1993).

Para realizar un análisis de riesgo, es necesario abarcar tres grandes campos de estudio que se realizan en la comunidad: el peligro, la vulnerabilidad y los costos. En cuanto al peligro, históricamente en nuestro país, al igual que en gran parte de los países en vías de desarrollo, se observan consistentemente daños en las edificaciones e infraestructura ante la incidencia de eventos naturales, como son los sismos o los fenómenos meteorológicos del tipo de vientos intensos generados por ciclones tropicales. Dentro de las edificaciones que resultan afectadas se encuentran principalmente las viviendas de bajo costo, la mayoría de las cuales son consideradas como construcción informal (generalmente autoconstrucción), caracterizadas por emplear materiales de baja calidad y por no tener un diseño estructural formal, resultando altamente susceptibles a ser dañadas. El término vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad que tiene una construcción a presentar algún tipo de daño, provocado por la acción de algún fenómeno natural o antropogénico (Cardona, 2001).

Existen definiciones para el riesgo como:

- Probabilidad de que un fenómeno, de origen natural o humano, se produzca en un determinado tiempo y espacio. Peligro (potencial) de que las vidas o los bienes materiales humanos sufran un perjuicio o daño. Posibilidad a la que están expuestos los pobladores de un determinado lugar. Pueden ser de tres tipos según su origen: geológico como sismos, erupciones volcánicas, avalanchas, deslizamientos; hidrometeorológicos, como inundaciones, huracanes, lluvias; tecnológicos, como la posible ruptura de un poliducto, incendios, o los desechos tóxicos de la actividad industrial o agrícola. También es importante tomar en cuenta que las amenazas se encadenan unas con otras, elevando la posibilidad de los desastres (Comisión Nacional de Emergencia de Costa Rica, 1999).
- Probabilidad de que ocurra un fenómeno frente al cual una comunidad particular expuesta a una amenaza es vulnerable (Wilches-Chaux, 1993).
- Un evento de la naturaleza, tal como un terremoto. Existen amenazas de dos tipos, primaria y secundaria. La primaria afecta asentamientos humanos. La secundaria surge con posterioridad a la primaria y contribuye a aumentar las pérdidas y el sufrimiento (Cooper, 1985).
- Probabilidad de ocurrencia de un evento o resultado no deseable, con una cierta intensidad en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo. Está constituida por los factores de riesgo externos, que pueden ser modificables, pero más a menudo no lo son, como: proximidad de un volcán activo, proximidad de un río caudaloso, zona que experimenta movimientos sísmicos frecuentes y de gran intensidad, proximidad de

una industria que produce compuestos contaminantes. (Oliver y Aysan, 1987).

- Probabilidad de que ocurra un fenómeno en una comunidad vulnerable.
- Número esperado de pérdidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de actividades económicas debido a fenómenos naturales particulares. (Material II - IDNDR, 1992).

En éstas definiciones se pierde el sentido de cómo se construye el riesgo y el hecho de que es una situación en la cual vive una comunidad y que por lo tanto se pueden implementar acciones para reducirlo.

Más importante es el entender de dónde proviene o qué provoca el nivel de riesgo en una comunidad para poder actuar en él y reducirlo. El riesgo debe entenderse como un proceso que se construye lentamente. Es la probabilidad de que se presente una amenaza (probabilidad de que ocurra un fenómeno antrópico o natural) ante una cierta vulnerabilidad de que sucedan daños y pérdidas. El riesgo entonces se presenta en distintos niveles, debido a que la vulnerabilidad es característica de cada población, como veremos más adelante.

Para estimar los distintos niveles de riesgo, es necesario evaluar la vulnerabilidad ante cada fenómeno al que se encuentra expuesta una comunidad, de cada una de las obras construidas por el hombre tales como vivienda, hospitales, escuelas, servicios de emergencia, edificios públicos, vías de comunicación, líneas vitales (electricidad, agua, drenaje, telecomunicaciones, etc.). También deben incluirse patrimonio histórico, comercio e industria, sin olvidar tierras de cultivo, zonas de reserva ecológica e incluso turísticas o de esparcimiento (CENAPRED, 2006).

Hasta ahora, las ciencias “exactas” se han dedicado a determinar el “riesgo” cuando en realidad lo que han evaluado es la amenaza natural o los peligros que pueden existir frente a los asentamientos humanos. Estos estudios no toman en cuenta los procesos sociales por los que ha pasado la población expuesta y que generó sus condiciones de riesgo. Actualmente se ha llegado a la conclusión de que no se puede estudiar el riesgo sin tomar en cuenta a la sociedad.

La AMENAZA es la probabilidad de que un fenómeno, de origen natural o humano, se produzca en un determinado tiempo y espacio. También se ha definido a la amenaza como el peligro (potencial) de que las vidas o los bienes materiales humanos sufran un perjuicio o daño. O bien, la posibilidad de que suceda un fenómeno natural o humano, a la que están expuestos los pobladores de un lugar (Wilches-Chaux, 1993). Al conocer las amenazas a los que una comunidad se encuentra expuesta, es posible desarrollar las herramientas para poder intervenir en ella (en algunos casos) y poder disminuir la probabilidad de que ocurra (en algunos casos), reduciendo el riesgo y disminuyendo los efectos que pueda tener un desastre.

Para conocer las amenazas a las que está expuesta una población éstas se clasifican dependiendo de su origen. Investigadores del tema las clasifican como sigue:

- Amenaza natural. Involucra fenómenos naturales tales como: sismos, erupciones volcánicas, tormentas tropicales, deslizamientos, etc. La amenaza es propia de la dinámica terrestre donde no hay intrusión humana (Wilches-Chaux, 1993). Otros la clasifican como amenazas geológicas, como sismos, erupciones volcánicas, avalanchas y deslizamientos. Hidrometeorológicas, como inundaciones, huracanes y lluvias (Universidad de Chile, 2007)
- Amenaza socio- natural. En éste tipo de amenaza existe una intrusión humana en la naturaleza, como incendios y inundaciones, etc (Wilches-Chaux, 1993).
- Amenaza antrópicas. Aquí solo existe la participación humana como la contaminación o agentes tecnológicos que provocan una exposición de la población (Wilches-Chaux, 1993). Otros denominan a éstas como “tecnológicas” (cultura humana): ruptura de un poliducto, incendios, o los desechos tóxicos de la actividad industrial o agrícola (Universidad de Chile, 2007).

También es importante tomar en cuenta que las amenazas se encadenan unas con otras, elevando la posibilidad de los desastres (Comisión Nacional de Emergencia de Costa Rica, 1999; Wilches-Chaux, 1993)

Cuando hablamos de riesgo, no se puede dejar de hablar de la vulnerabilidad. Ésta, al igual que el desastre, el riesgo no tiene una definición única y universalmente aceptada unificada. Por citar algunas:

- Grado de pérdida (de 0 a 100 por ciento) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino (Material II - IDNDR, 1992)
- Grado de pérdida de los elementos que corren riesgo (Davis, 1980).
- Condición en la cual los asentamientos humanos o las edificaciones se encuentran en peligro en virtud de su proximidad a una amenaza, la calidad de la construcción o ambos factores (Cooper, 1985).
- Que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente (Diccionario Lengua Española, 2006).

Existen definiciones como la de Kuroiwa (2002) que dice que “la vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación”. Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define *como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y*

recuperación frente a un desastre“. Aunque la vulnerabilidad para poder estudiarla desde el punto de vista del riesgo puede entenderse como “*la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el auto ajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio*”. Por lo tanto, la vulnerabilidad es un sistema dinámico, resultado de la interacción de una serie de factores (internos y externos) que convergen en una población en particular, impidiendo a la comunidad a responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo con el consecuente desastre (Wilches-Chaux,1993).

Cuando se estudia el Riesgo sobresalen elementos que marcan la construcción de la vulnerabilidad, éstos son:

- **La exposición.**- Una población se expone a una amenaza natural, antrópica o socio-natural. Con el sólo hecho de existir tiene una vulnerabilidad.
- **La predisposición.**- una población al no predisponerse a un evento fomenta su vulnerabilidad
- **Carácter selectivo (social, económico, político, institucional, ecológico, educativo, cultural, ideológico).**- La vulnerabilidad es selectiva, toda la población no tiene la misma capacidad para recuperarse.

La vulnerabilidad al ser selectiva se clasifica en diferentes tipos. Wilches (1993), las clasifica como sigue:

1. Vulnerabilidad Natural

Se refiere a la vulnerabilidad de todo ser vivo que por el hecho de existir se encuentra vulnerable a cualquier fenómeno.

2. Vulnerabilidad Física

En ocasiones los asentamientos humanos se localizan, en zonas de riesgo donde la estructura de sus viviendas no puede resistir esos riesgos. Generando así su vulnerabilidad Física.

3. Vulnerabilidad Económica

A nivel local e individual, la vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud. Por lo tanto, en general, cualquier tipo de programa que permita ampliar la base económica de la comunidad local, constituye una forma exitosa de mitigación de la vulnerabilidad económica.

4. Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Se dice que una comunidad es socialmente vulnerable cuando las relaciones que vinculan a los miembros de la comunidad entre sí y con el resto del conjunto social, no pasan de ser únicamente relaciones de vecindad física y en donde están ausentes los sentimientos compartidos.

Otro síntoma de vulnerabilidad social es la ausencia de liderazgo efectivo en una comunidad, dejando a un lado los intereses políticos. Son importantes las personas u organizaciones capaces de impulsar en la comunidad, la coherencia, la pertenencia y la confianza ante una crisis y de proporcionar seguridad ante el cambio. Es necesario fomentar la creatividad; promover la autonomía, la solidaridad, así como la dignidad y la trascendencia. En este caso, se dice que es un buen liderazgo efectivo.

Uno de los factores que más influye en la magnitud del traumatismo producido por un desastre, es la situación de la salud existente en la comunidad antes de la ocurrencia del mismo o bien como se le conoce, salud preventiva. Los desastres no llevan implícita la aparición de nuevas enfermedades, ni producen tantas epidemias como normalmente se piensa. Lo que si sucede es que se agudizan y se hacen visibles los problemas que padecía la comunidad en condiciones "normales", es decir, previas al desastre. A pesar de esto, la forma ideal de mitigación sigue siendo la autonomía de la comunidad en el programa de manejo de programas de, en éste caso de programas de salud preventiva y mejoramiento ambiental.

5. Vulnerabilidad Política

Ésta se constituye de la autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que la afectan. Ligada a la vulnerabilidad social, mientras mayor sea su autonomía, menor será la vulnerabilidad política de la comunidad.

Ejemplos muy concretos para la mitigación de ésta vulnerabilidad es la elaboración de planes locales de desarrollo, constitución de comunas, la participación de los usuarios en las juntas directivas de las empresas de servicios públicos y el fortalecimiento de la economía municipal.

Para que la mitigación tenga un efecto importante tiene que existir acciones de mitigación conjunta de la vulnerabilidad económica y social de las comunidades.

6. Vulnerabilidad Técnica

La ausencia de diseños y estructuras sismo-resistentes en zonas propensas a terremotos, es una forma de vulnerabilidad física ligada a la vulnerabilidad técnica y a la económica. Sin embargo, dado que existen estratos económicos bajos, existen maneras de obtener una vivienda sismo-resistente casi por el mismo precio que se paga por una edificación sin esas características. El problema se reduce al dominio de las técnicas constructivas que permitan edificar una vivienda que garantice la seguridad a sus ocupantes en caso de sismo.

7. Vulnerabilidad Ideológica

Antes de que existiera el estudio formal de los sismos, se tenían muchas creencias acerca de su origen. En Japón, por ejemplo, los sismos eran atribuidos a un enorme pez gato llamado Namazu (Figura 1), que yacía bajo la tierra y era controlado por un dios llamado Daimyojin quien mantenía su cabeza enterrada bajo una piedra. Cuando el dios se descuidaba, Namazu se movía y con fuertes latigazos de su cola hacía temblar la tierra. En Siberia, los terremotos eran atribuidos al paso de un dios en trineo bajo la Tierra; los maoríes creían que su dios Raumoko, enterrado accidentalmente por su madre, la Tierra, gruñía causando terremotos



Figura 1. El pez gato Namzu que según la cultura Japonesa era el causante de los sismos.

La Iglesia Católica, por su parte, encuadraba el fenómeno en interpretaciones literales de la Biblia, que los consideraba castigos divinos. En la Biblia también se mencionan catástrofes que probablemente fueron debidas a sismos como la narración del colapso de las murallas de Jericó cerca del año 1100 A.C. y la destrucción de Sodoma y Gomorra (Figura 2).

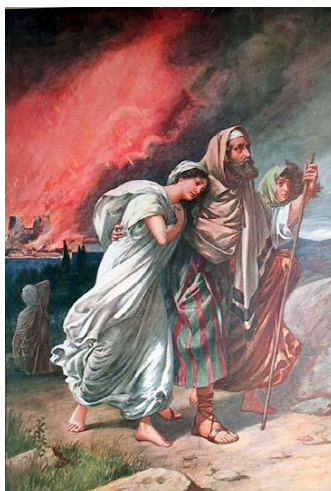


Figura 2. Grabado que ilustra la destrucción de Sodoma y Gomorra.

Esta última creencia, no se ha superado totalmente en la actualidad. Es parte de la cultura de poblaciones católicas en México. Los anteriores son ejemplos de cuando la ideología se interpone a lo razonable, es decir, cuando se cree en lo no demostrable. La cultura es lo que la humanidad aporta y como se puede notar los planes de protección civil no han sido lo suficientemente influyentes para cambiar ciertos aspectos que conforman la vulnerabilidad ideológica.

Cuando la voluntad humana encuentra cabida en las concepciones existentes, y si se conoce la capacidad de transformación del mundo y se identifican las causas naturales y sociales que conducen al desastre, la reacción de la comunidad podrá ser más activa, más constructiva, más de “rebelión” contra lo que parece inevitable.

Existe una vulnerabilidad ideológica desde el momento en que nos sentimos lejanos al mundo natural, esto genera que no se tenga una concepción integral que nos permita rehacer nuestros lazos de pertenencia al planeta que nos dio la vida. Por estos motivos, para hacer una mitigación de la vulnerabilidad, viable y duradera, se debe integrar el conocimiento científico con nuestras propias vivencias y experiencias cotidianas.

8. Vulnerabilidad Cultural

La cultura es todo cuanto la humanidad aporta a su vida diaria y se conforma de dos conceptos concretos: *características particulares de la personalidad*, que contribuye a alimentar y fortalecer esa personalidad; y *la influencia de los medios masivos de comunicación* que es la manera en que se relaciona con la naturaleza y la sociedad y el papel de los mismos en la configuración de nuestra identidad cultural.

La personalidad o características compartidas de una población, no son únicas. Aunque no quiere decir que no exista, lo demarcan los rumbos actuales y las tendencias del comportamiento individual. La forma de reaccionar de una comunidad ante un desastre, será distinta dependiendo de la comunidad o población y dependerá del sentido que tengan de cooperación y solidaridad.

La vulnerabilidad cultural es distinta de la vulnerabilidad social, ya que la social trata de que tan cohesionadas se encuentren por sentimientos de pertenencia y aquí depende de la cultura o valores de cooperación de cada comunidad. Los efectos externos a una comunidad, en una situación de crisis, funcionan cuando se trabaja en el fortalecimiento de mecanismos internos de superación en lugar de realizar acciones paternalistas.

Otro aspecto que influye en la identidad cultural son los medios de comunicación ya que definen las relaciones sociales con la naturaleza (ambiente donde los desastres toman lugar). Se dice que se tiene éste tipo de vulnerabilidad cuando se pierde la pertenencia y el sentido de solidaridad debido a la influencia de los medios de comunicación.

9. Vulnerabilidad Educativa

El análisis de las nociones preventivas ha demostrado que éstas se deben de inculcar desde la escuela. La educación actualmente no hace participativa la interacción diaria en el ambiente de los niños. Si uno se detiene a ver que curso y materia, de la primaria y secundaria contribuye a reducir a la vulnerabilidad ante los desastres de sus alumnos, no existe, por eso Wilches (1993) propone definir la educación para desastres: el procesamiento de información con el propósito explícito de reducir la vulnerabilidad. El conocimiento adquirido de la relación entre el ser humano y la naturaleza, durante miles de años reflejados en coplas, danzas, canciones y leyendas se ha perdido. Se requiere un equilibrio para que pueda existir y que ese equilibrio conlleve a una mitigación del riesgo.

10. Vulnerabilidad Ecológica

El desarrollo de la población, no basado en la convivencia, sino en la dominación o, actualmente, destrucción de los recursos del ambiente, ocasiona su degradación. Ésta situación provoca ecosistemas altamente vulnerables, incapaces de recuperarse por si mismos para compensar los efectos indirectos o directos de la acción humana, y por otro lado altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan.

Ejemplos de esto hay muchos como: 1) la tala de árboles no controlada ha provocado el reblandecimiento de suelo, activando fallas y así el deslizamiento de laderas en esas zonas, 2) La destrucción de manglares ha dejado libre el paso a fuerzas de los vientos de los huracanes. Por lo que es importante la identificación de ésta vulnerabilidad en el análisis del riesgo en una región. Debido a que existe

una influencia antrópica en la identificación de la amenaza, se puede actuar rápidamente para evitar un riesgo alto y evitar graves consecuencias.

11. Vulnerabilidad Institucional

En algunas de las poblaciones las causas de la debilidad para enfrentar una crisis o vulnerabilidad global, radica en la obsolescencia y rigidez de las instituciones.

Las instituciones que presentan éste tipo de vulnerabilidad son las diseñadas para una realidad que ya no concuerda con los hechos, ante lo cual se pretende conservar intactas las instituciones. También sucede donde la acción del Estado permanece atada a la burocracia. Los mecanismos de contratación, el manejo del presupuesto, la administración de los funcionarios públicos y, en general, todos sus procedimientos, parecen encaminados a impedir la respuesta estatal ágil y oportuna ante los cambios acelerados del entorno económico, político y social y ecológico.

Para la mitigación de ésta vulnerabilidad se recomienda agilizar el manejo de las emergencias, que constituye la preparación de la comunidad a través de los organismos públicos y de socorro para enfrentar una situación de desastre. La existencia efectiva de Comités y Centros Operativos de Emergencia; la capacitación continua de personal directivo y de socorro; la consolidación y puesta a prueba de planes de contingencia; y la actualización de la normatividad existente, son ejemplos de cómo el Estado poco a poco va mejorando su capacidad de respuesta ante las situaciones que nos ocupan.

12. Vulnerabilidad estructural

Cuando se lleva a cabo un proyecto estructural, entendiendo como proyecto estructural, una vivienda, edificio, puente, etc. en realidad se está proponiendo una estructura con una configuración, dimensiones y materiales, que tendrán un comportamiento específico asociada a sismos que pueden ocurrir en la zona donde se encuentra localizado. Teniendo como referencia los requisitos mínimos, establecidos en las normas sísmicas, se considera como aceptable un proyecto estructural, cuando el modelo propuesto cumple o excede dichos requisitos. Por lo tanto la vulnerabilidad en una estructura nueva es baja si se toma en cuenta las reglas o normas utilizadas. Pero si se utilizaran requisitos más exigentes o si hubiera un sismo más severo, comparando la estructura con las normas sísmicas, la misma estructura podría considerarse de algún grado más vulnerable. Por ésta razón, el análisis de vulnerabilidad de un edificio existente, usualmente se entiende como la estimación de sus deficiencias con base en requisitos establecidos. Sin embargo, la evaluación de la vulnerabilidad estructural también puede entenderse como el cálculo de la capacidad que dicha estructura tiene para soportar condiciones sísmicas que pueden registrarse en una determinada zona. (Cardona, 2001)

La vulnerabilidad estructural está relacionada fundamentalmente con la capacidad que tiene la estructura para soportar los desplazamientos y los esfuerzos que uno o varios movimientos sísmicos pueden causarle durante su vida útil (Aktan y Ho, 1990).

Debido a que la vivienda es el principal elemento donde se desarrolla la mayor parte de la vida humana es importante evaluar las condiciones de vulnerabilidad de las viviendas (CENAPRED, 2004). La accesibilidad y características de la vivienda determinan en gran parte la calidad de vida de la población. La vulnerabilidad de una vivienda, se reflejará en sus materiales de construcción así como en los servicios básicos con los que cuenta o carece (CENAPRED, 2004). Ésta, junto con todas las vulnerabilidades discutidas con anterioridad, conforma una vulnerabilidad global. Ésta al desagregarse o bien “separarse” distingue una de la otra. Cabe señalar que todas las diferentes clases de vulnerabilidades están de una forma u otra encadenadas.

Capítulo 2: CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Cinturón Volcánico Trans-Mexicano

La tectónica actual del centro de México es singular, está conformada al norte por la placa Tectónica Norte Americana, al sureste por la placa de Cocos, al sur por la placa y al suroeste por la placa pacífica. Una característica particular del territorio caribe mexicano es el Eje Neovolcánico Mexicano (Astíz, 1980) o Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) (Moya, 1995; Suter et al., 1995; Soler et al., 2000; Langridge et al., 2000; Aguirre-Díaz, 2001; Norini et al., 2006 y Persaud et al., 2006) o como lo llama Gómez (2005), Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). EL CVTM tiene una extensión aproximada de 1200 km a lo largo del paralelo 19° de latitud norte. Se extiende en dirección ESE-WSN y su anchura varía entre 20 y 70 Km (Astíz, 1980; Robin, 1982; De Cserna, 1989) (Figura 3).

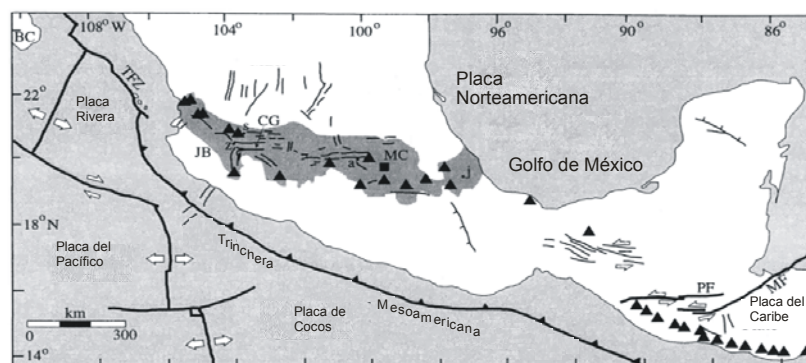


Figura 3. Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (área sombreada). Las líneas representan las fallas que existen dentro del CVTM (Langridge, 2000). BC, Baja California; TFZ, Zona de la Fractura Tamayo; JB, Bloque de Jalisco; PF, Falla Polochic; MF, Falla Motagua; CG, Graben de Chapala; MC, Ciudad de México; z, Zacoalco; s, San Cristóbal; a, Acambay; j, Japala representan la localización de sismos de $M > 6$ (Suárez et al., 1994; Ordoñez, 1912 y Suter et al., 1996).

El origen del CVTM se asocia a la zona de subducción que forman las placas oceánicas de Cocos y Rivera debajo de la placa Norte Americana en la Trinchera Mesoamericana (Suárez y Singh, 1986; Nixon 1987; Ponce et. al., 1992; Pardo y Suárez, 1995; Suter, 1995; Norini, 2006) (Figura 1). El CVTM es una región volcánica elongada con una tendencia relativa de entre 15°-20° con respecto a la Trinchera Mesoamericana. Esta geometría se interpreta como resultado de cambios en el ángulo de la zona de Benioff de la placa Rivera debajo de la placa Norteamericana (Norini, 2006). Estudios en el CVTM han documentado numerosas fallas con inclinaciones (Soler, 2000). Los cambios del ángulo de subducción en el centro de México (entre los meridianos -103° y -98° W) ocurre debido a que la placa de Cocos es subducida con ángulo mayor cerca del océano Pacífico y un ángulo a casi horizontal cerca del Golfo de

México cuando su profundidad es de más de 50 km hasta 250 km (Pardo y Suárez, 1995).

El CVTM se divide en tres regiones con diferentes estructuras y características vulcanológicas (Pasquaré et al., 1991; Ferrari, 2000) (Figura 4). La parte oeste del arco se conecta con la apertura del Golfo de California y se caracteriza por una junta triple llamada Tepic-Chapala-Colima. El sector Central ha sido identificado como una estructura autónoma, que se deforma en la zona de falla Chapala-Tula (Johnson y Harrison, 1990; Suter, 1995; Quintero-Legorreta, 1995) que se encuentra al oeste de la zona central generando el graben de Chapala (Mooser, 1969). La zona central se caracteriza por una serie de depresiones marcadas por fallas, con longitudes aproximadas de 50 km orientadas de sur-norte (Quintero-Legorreta, 1995). Tiene una extensión perpendicular de más de 450 km y es separada del sector este por el sistema de fallas Taxco-Querétaro orientadas en dirección NNW-SSE (Demant, 1978; Nixon et al., 1987; Pasquaré et al., 1987).

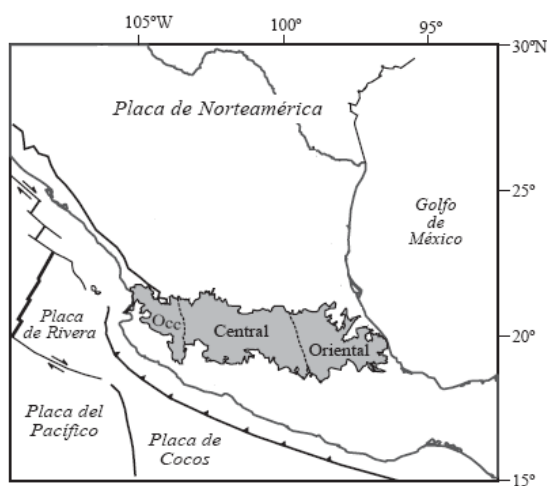


Figura 4. Sectores en que se divide el CVTM (Gómez, 2005)

2.1.1.1 Geología Regional

El CVTM tiene una edad terciaria-cuaternaria. Investigaciones en el CVTM indican que puede tratarse de una sutura resultado de la unión de dos continentes durante o antes del Paleozoico, que se ha visto reactivada a partir del Mioceno por la subducción de la Placa Cocos (Mooser, 1972; Demant, 1979).

Para describir el origen del CVTM es importante hablar de cuatro episodios geológicos (Gómez, 2005):

- La instauración de un arco de composición intermedia en el Mioceno medio y tardío.
- Episodio de extravasación de lavas máficas durante el Mioceno tardío.
- Episodio de volcanismo silícico al final del Mioceno que llegó a ser bimodal en el Plioceno temprano.

- Reinstalación de un arco con gran variabilidad composicional a partir del Plioceno tardío.

En el CVTM existe una diversidad litológica grande. Sin embargo, son las rocas alcalinas sódicas, las alcalinas potásicas y las subalcalinas (calcialcalinas) con alto contenido de MgO, las que predominan. Las más abundantes en el centro del CVTM son las rocas subalcalinas (Gómez, 2005).

2.1.1.2 Sismicidad en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano

El CVTM tiene una sismicidad histórica moderada (Singh et al., 1984; Soler, 2000) incluyendo todos los sismos ocurridos en y al norte de la zona de fallas de Chapala-Tula (Suárez y Ponce, 1986; Suter et al., 1996). También existen reportes de otros eventos grandes antes de que se instalaran instrumentos para registrar los movimientos telúricos en el oeste del CVTM (Ordóñez, 1912; Suárez et al., 1994). Aunque el CVTM se considera sísmicamente menos activo que la zona de subducción en la Trincheras Mesoamericana, en el CVTM se han generado varios sismos de moderados a grandes y Singh junto con Suárez (1987) lo consideran una amenaza sísmica. Sismos grandes de magnitud 7 pueden ocurrir en las estructuras más grandes del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), como en el sistema de fallas Chapala-Cuitzeo y en el graben de Acambay (Singh, 1987).

Las fuentes sísmicas que generan los sismos en ésta zona son:

- Subducción.- Los sismos que produce éste movimiento son, como ya se mencionó, por la subducción de las placas Rivera y Cocos debajo de la placa Norteamericana. Estos movimientos ocurren a profundidades de entre 10 y 30 km aproximadamente (Astíz, 1980).
- Fallas locales (intraplaca, dentro de la placa continental). Puesto que los sismos, producto de las fallas locales son focos superficiales, estos provocan que la energía liberada de un evento de este tipo incida casi directamente en la superficie (por ejemplo Falla de Acambay; Langridge, 2000).

Uno de los sismos importantes ocurridos en el CVTM fue en 1912 en el municipio de Acambay, Estado de México. Este evento ha permitido determinar las características de este sector del CVTM con respecto a la amenaza sísmica (Langridge, 2000). Éste sismo, según Langridge (2000), fue provocado por la Falla de Tixmadejé- Acambay, falla que delimita al graben de Acambay.

2.1.2 Graben de Acambay

El Graben de Acambay es la mayor cuenca intra-arco del CVTM y forma parte del gran sistema de fallas con rumbo casi E-W (sistema Tula-Chapala) que incluye la falla Venta de Bravo (Suter et al., 1992; 1995a; 2001). Se encuentra al noroeste de la Cuenca de México y se sitúa en la llamada “Zona de Acambay” (Astíz, 1980). El graben de Acambay tiene de 27 a 40 km de

longitud y de 12 a 15 km de ancho con un relieve topográfico máximo de 500 m, con 400 m en su parte central (Suter et al., 1995) (Figura 5).

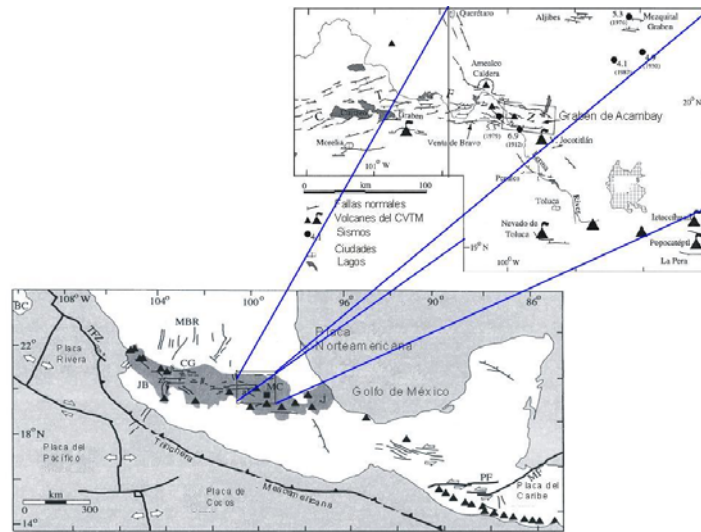


Figura 5. Localización del Graben de Acambay en el CVTM (Langridge, 2000).

2.1.2.1 Geología Regional

El Graben de Acambay es una estructura desarrollada en rocas volcánicas y esta parcialmente rellena por sedimentos de lago que contienen material piroclástico es principalmente basáltico y andesítico (Cartas Geológicas Atlacomulco y El Oro de DETENAL, 1975). Las rocas expuestas al norte del graben son lavas fluctuando y tefra de composición intermedia (Suter, 1995). Las rocas al sur del graben son marinas como filita y caliza, micrítica negras (Flores, 1920; Fries et al., 1960).

En el Graben de Acambay aflora la Toba de Amealco que es una igniombrita son un volumen total de aproximadamente 848 km³ (en roca densa). Ésta roca fue emitida aproximadamente hace 4.6 Ma por la caldera de Amealco. El material depositado incluye ignimbritas piroconsolidadas muy vastas, ignimbritas mayores intercaladas con otro tipo de material piroclástico que incluyen depósitos de nubes rasantes, lapilli de caída, ignimbritas no piroconsolidadas menores compuestas por ceniza o de lapilli pumítico, flujos de lodo y depósitos lacustres (Aguirre, 1997).

El graben se encuentra delimitado por dos fallas: en la parte norte se encuentra la falla de Acambay-Tixmadejé (Soler, 2000). La frontera sur la delimita la falla Pastores. Además en su centro existen las fallas intra-graben cercanas al pueblo de Temascalcingo (Suter, 1995; Langridge, 2000). En el graben se han realizado estudios paleomagnéticos (Soler, 2000) que revelan la existencia de sismos significativos como el ocurrido en 1912 con una magnitud de 6.9 (Langridge, 2000). Por este motivo graben de Acambay es considerado, una zona sísmicamente activa (Figura 2.1.4).

2.2.3 Falla Acambay-Tixmadejé

La falla Acambay-Tixmadejé tiene aproximadamente 42 km de largo y tiene un desplazamiento mayor hacia el ESE en donde forma un escarpe mayor a 500 m en las rocas volcánicas del Neógeno (Soler, 2000) (Figura 6). Su desplazamiento se ha documentado como normal con dirección N 80° W, echado (δ) de 66° y deslizamiento (λ) de -38° (Astíz, 1980; Suter et al., 1995a). Se ha estimado que tiene una tasa de deslizamiento alrededor de 0.04-0.17 mm/año (Suter et al., 1992; 1995a; 2001; Langridge et al., 2000). Esta falla, según Langridge (2000), es la causante del sismo de 1912, que tuvo efectos desastrosos en comunidades cercanas.

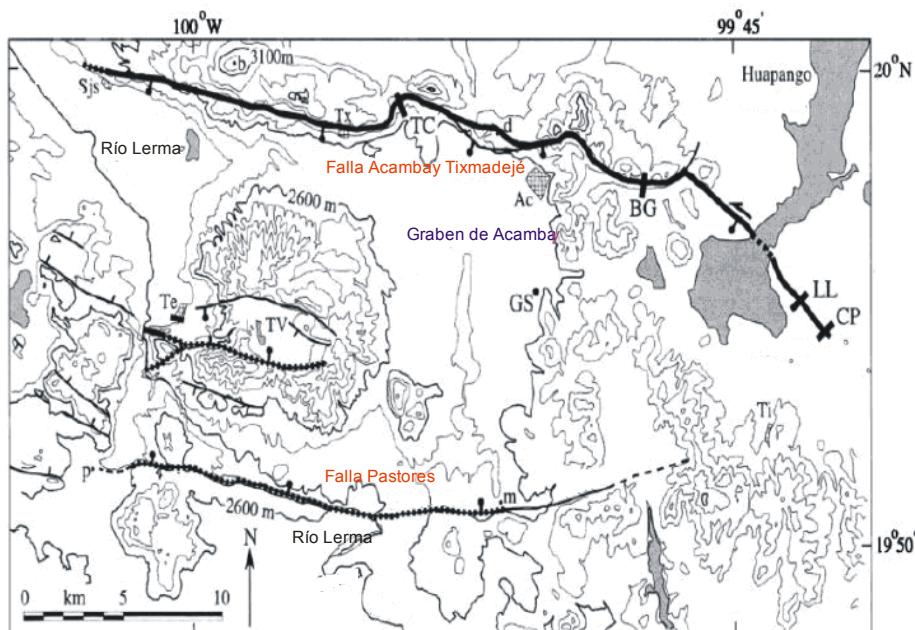


Figura 6. Graben de Acambay, delimitado por la falla de Acambay-Tixmadejé, Pastores y las fallas intragrabén cerca de Temascalcingo (Langridge, 2000). Pueblos Ac, Acambay; Sjs, San Jose de Solís; Te, Temascalcingo; Ti, Timilpan y Tx, Tixmadejé. Sitios paleosísmicos son: BG, Boshi Grande; CP, Cerro Palos; LL, Las Lomas; y TC, Tixmadejé Chiquito. Otras características son: GS, Sección Gasolinera; TV, Volcán Temascalcingo; b, Cerro Botí; d, Dongú; m, Maye y p, El Puertecito.

2.1.5 Sismo de 1912

El 19 de Noviembre de 1912 ocurrió un sismo en la zona de Acambay causando una destrucción general y pérdida de vidas cerca de su epicentro (Urbina y Camacho, 1913). En relación con este sismo, Urbina y Camacho (1913) reportaron: 1) desniveles de hasta 50 cm en caminos y canales, que son interpretados como escarpes; 2) grietas casi continuas con dirección aproximada E-W, desde las Lagunas de Huapango hasta el Río Lerma, pasando al norte de Acambay, Tixmadejé y San José (Figura 6). Estudios posteriores reportaron que la longitud de la ruptura fue entre 35, 36 km y 40 km (Langridge, 2000; Moya, 1995; Suter, 1995) sobre la falla de Acambay-Tixmadejé. Según Norini (2006), éstas son rupturas superficiales a lo largo de ambos márgenes del graben de Acambay; 3) derrumbes parciales y totales en

casas y templos de Acambay, Tixmadejé, El Oro y algunos otros poblados vecinos; y 4) la muerte de 20 personas.

Éste evento es el sismo de mayor magnitud medido instrumentalmente con epicentro en el CVTM y uno de los eventos históricos más grandes en el entorno global intra-arco (Beanland et al., 1989). Sin embargo, no ha sido el único, según Langridge (2000), quien con base en datos paleosísmicos ha determinado que estos eventos han ocurrido repetidamente en la parte frontal de la falla de Tixmadejé-Acambay. Además, Langridge (2000) apoyado en medidas instrumentales, reporta que el sismo fue de magnitud $M= 6.9 \pm 0.1$ con una profundidad mayor a los 41 km. En éste mismo estudio Langridge llegó a la conclusión de que el intervalo de recurrencia de sismos en la falla Acambay-Tixmadejé es de aproximadamente 3600 años.

Este tipo de eventos puede ser generado por fallas en el CVTM, en un ambiente intra-arco. A través del CVTM existen al menos nueve medios graben con dimensiones similares al graben de Acambay. Se estima que un sismo de magnitud considerable puede suceder en los próximos 400 años en ésta región intra-arco para aliviar los esfuerzos que ahora están siendo acumulados (Langridge, 2000).

Los daños para el municipio de Acambay fueron grandes. En total 740 construcciones se derrumbaron entre viviendas y capillas de los diferentes barrios que existen (Urbina y Camacho, 1913). En la cabecera municipal se destruyeron 199 viviendas, representando el 39.8% de las 500 que existían. Representando un 39.8%. Además la iglesia y la capilla fueron totalmente destruidas.

El número de víctimas cabecera municipal fue de 73 con un total de 2000 pobladores, lo cual representa el 3.65% del total de la población.

El daño económico descrito por Urbina y Camacho (1913), fue de \$298500.00 (Tabla 1). Si consideramos que la misma proporción de daños se mantiene con el tiempo, la proyección del impacto al 2005 se muestra en la Tabla 1. Esta proyección se obtuvo con base en los datos del INEGI.

Tabla 1. Proyección de daños, costos y víctimas del sismo de 1912 a 2005.

	<i>Año 1912</i>	<i>Año 2005</i>
Costos	\$298 500	\$14 925 000
Daños	199	443
Víctimas	144	136

2.1.5 Santa María Tixmadejé

En el trabajo realizado por Urbina y Camacho (1913) se describe ampliamente los efectos del sismo de 1912. Una de las comunidades más afectadas fue la de Santa María Tixmadejé, donde se reportaron una gran caída de muros de iglesia y varias casas derrumbadas y un gran número de

víctimas. En una sola línea describen a Tixmadejé como “destruido por el temblor”.

La comunidad se encuentra asentada a una corta distancia al sur de la traza de la falla de Acambay-Tixmadejé sobre el bloque de techo de la estructura. En la traza existen escarpes de donde se desprendieron bloques de dimensión significativa, destruyendo la mayor parte del lugar (Soler, 2000).

La caída de bloques son parte de los procesos de remoción de masa que afectan a las laderas escarpadas por influencia de la fuerza gravitacional (Alcántara, 2000). La remoción ocurre cuando se conjugan una serie de eventos externos e internos que alteran la estabilidad de la ladera. Los procesos de remoción se clasifican, según Alcántara (2000) en:

- Desprendimiento o caída.- el movimiento se genera debido a la acción de la fuerza gravitacional sobre bloques de roca. Puede ocurrir en caída libre, rodamiento y volteo.
- Vuelco.- éste se distingue porque el movimiento es en torno a un eje que es el centro de masa del material (el material volcado puede ser roca, detritos, etc.).
- Deslizamientos.- en éste caso el movimiento es del suelo sobre una superficie de ruptura que dependiendo de la forma se dividen en:
 - Traslacionales, donde la superficie de la ruptura es paralela al movimiento, la cual a su vez, puede ser plana u ondulada.
 - Plano, aquí la superficie de la ruptura es plana y es paralela al movimiento
- Flujo.- se caracteriza por la velocidad del movimiento, es rápida y se le puede llamar flujo de roca, derrubio o suelo, dependiendo del material que se desplaza.
- Expansión lateral.- el movimiento es algo rápido y se origina por la licuefacción del material.
- Compuestos.- se les llama así a aquellos movimientos que en su origen presentan características como las antes mencionadas y al recorrer la ladera van cambiando hasta convertirse en otro movimiento.

Urbina y Camacho (1913) reportaron caída de rocas y de megabloques de hasta 300 m³ a lo largo de 370 m de longitud por debajo de un escarpe de falla desarrollado en rocas basálticas de 35 m de altura (Figura 7) que fue el origen de los bloques. La pendiente de la base del escarpe es de aproximadamente 36° y se reduce a 4.5° (Figura 8) en la parte baja donde se encuentran las casas, la plaza, la iglesia y el cementerio del pueblo (Inbar et al., 2000).

Los bloques que se movieron, están localizados a ambos lados del eje central imaginario del escarpe, a una distancia aproximada de 50 m, cubriendo una franja de 100 m en total.



Figura 7. Escarpe de falla activa desarrollado en rocas basálticas en Tixmadejé.

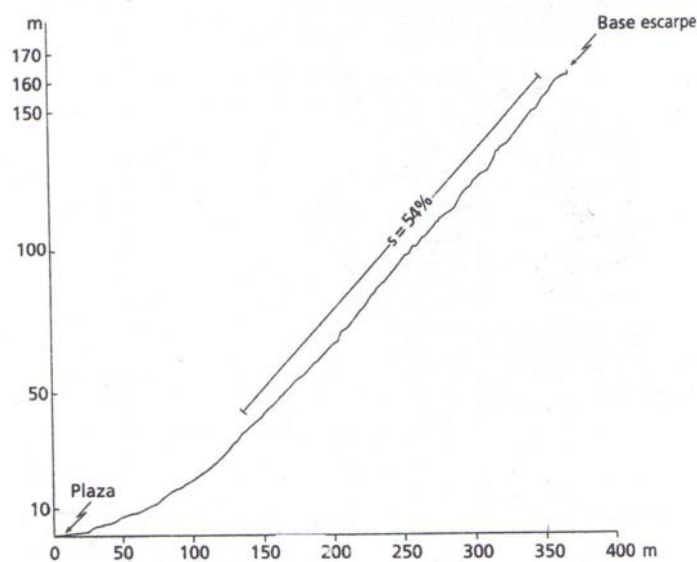


Figura 8. Perfil de la ladera de Tixmadejé desde el escarpe formado por rocas basálticas hasta la parte plana (Inbar et al., 2000).

La zona de estudio para determinar el riesgo sísmico es la comunidad de Santa María Tixmadejé que se encuentra asentada en la parte sur de la traza de la falla Acambay-Tixmadejé. Dado que los análisis paleosismológicos en la falla de Acambay-Tixmadejé han demostrado que es una falla activa, la comunidad se encuentra expuesta a un peligro sísmico alto (Figura 9).

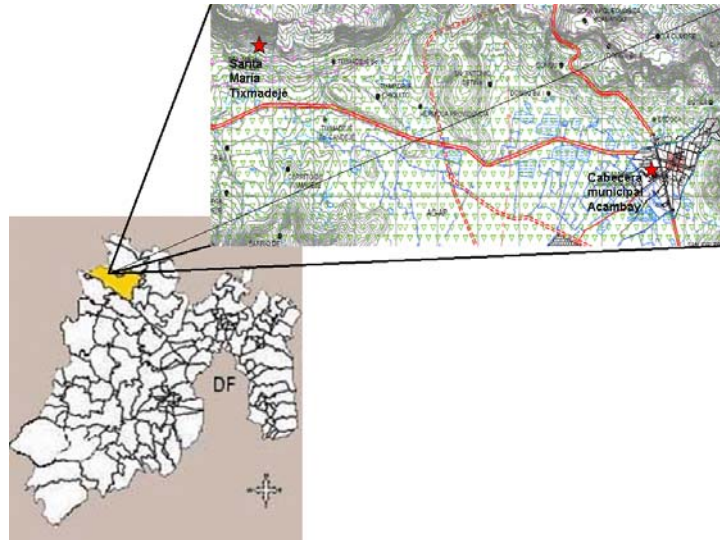


Figura 9. Ubicación de la zona de estudio Santa María Tixmadejé.

Las características socioeconómicas de Santa María Tixmadejé se encuentran enlistadas en la Tabla 2. Si ocurriera un sismo como el de 1912 y considerando la escasa población de la comunidad, en dimensiones a nivel país, no habría pérdidas significativas. Sin embargo, el impacto por el efecto en otras ciudades y poblaciones podría tener grandes repercusiones económicas y sociales a nivel país.

Tabla 2. Características socioeconómicas de Santa María Tixmadejé (INEGI, 2000).

Total de población	1126
Total de mujeres	589
Total de hombres	537
Total de niños (0-14 años)	229
Total de ancianos (60 años en adelante)	160
Personas mayores de 15 años que van a la escuela	140
Porcentaje de la población que va a la escuela	6.17
Total de hogares	265
Total de viviendas	253
Total de viviendas que cuentan con televisión	207
Total de viviendas que cuentan con refrigerador	92
Total de viviendas que cuentan con lavadora	15
Total de viviendas que cuentan con pc	7

Capítulo 3: METODOLOGÍA

En éste trabajo se utilizó la metodología desarrollada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos y por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de México para identificar la vulnerabilidad estructural, social, económica, educacional y global de una región. Se establecieron niveles de vulnerabilidad (alto, moderado, bajo) en la comunidad de Santa María Tixmadejé. Además, se estimó la respuesta del suelo en la zona con el propósito de establecer un parámetro en el nivel de amenaza sísmica.

3.1 Metodología NOAA

La metodología de la NOAA se resume en la Figura 10 y se puede describir con los siguientes en pasos:

Paso 1. Identificación de la Amenaza. La amenaza, como se ha dicho, puede ser natural, socio-natural y social. Sin embargo, en ésta metodología se consideran como amenazas: tormentas, vientos fuertes, inundaciones, tornados, sismos, incendios, deslizamientos y escapes tóxicos. Éstas se enlistan conforme a su prioridad, utilizando factores como la probabilidad, magnitud y áreas de impacto para establecer los niveles de prioridades de las amenazas e identificar las opciones de mitigación.

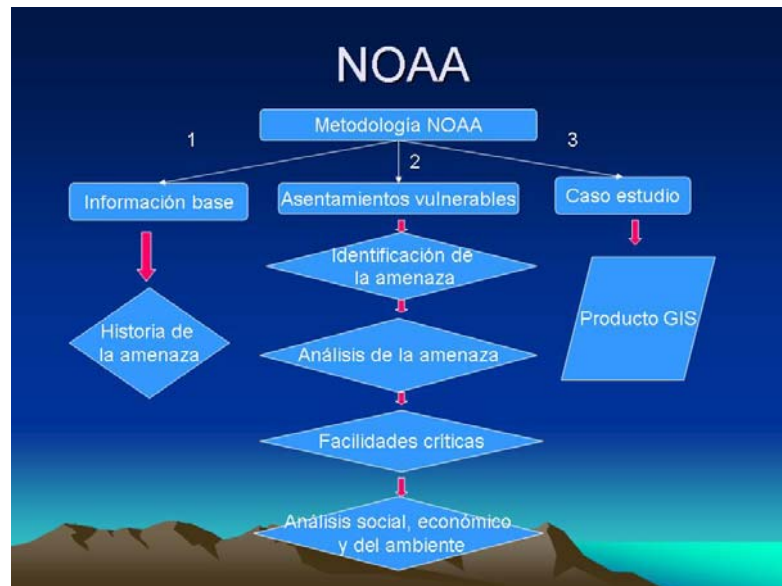


Figura 10. Esquema de la metodología de la NOAA (2007).

Paso 2. Análisis de la Amenaza. Se utiliza la información disponible para identificar áreas de mayor impacto para cada amenaza. Este etapa se utiliza como

filtro para analizar la vulnerabilidad y señalar las localidades de alto riesgo para proyectos de mitigación.

Paso 3. Análisis de las facilidades críticas o instalaciones vitales. Este análisis se enfoca a determinar las características de las estructuras que se consideran “instalaciones vitales”, las cuales incluyen: policía, estaciones de bomberos, hospitales, refugios, sistema de comunicación, instalaciones gubernamentales, caminos, puentes y escuelas. Se consideran instalaciones vitales aquellas que en caso de desastre su funcionamiento es importante para superar la emergencia.

La Identificación de las instalaciones: se realiza un inventario de ellas y se recolectan datos que indiquen el tipo de instalación, el nombre de la instalación, la dirección, la ciudad, el estado, el código postal, el nombre del operador, así como el nombre, cargo, y teléfono del responsable, teléfono de 24 horas, municipio, y estado. Posteriormente, se ubican las instalaciones en las zonas de amenazas.

Para cada instalación vital con base en los datos obtenidos, se obtiene la vulnerabilidad estructural y operacional. El resultado final se plasma en un mapa de la localidad, usualmente en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Paso 4. Análisis Social. En este paso se identifican áreas de especial consideración que se intersectan con áreas de alta amenaza. Se identifican las localidades de mayor riesgo, tomando en cuenta las características de sus habitantes como: la pobreza, la edad, sus propiedades como vehículos, casa, y seguro médico.

Se consideran las localidades, de vecindarios o colonias, donde los recursos individuales son mínimos para lidiar con las amenazas. Estas áreas pueden hacerse más dependientes a recursos públicos después de un desastre, por lo que son en éstos lugares donde se necesitan actividades para la reducción o mitigación del riesgo.

Paso 5. Análisis Económico. La propuesta de éste análisis es para identificar la vulnerabilidad económica de una población frente a un impacto. Se analiza la agricultura, minería, construcción, manufactura, transporte, mayoristas y menudistas, servicios, finanzas y seguros. Se identifican los sectores económicamente vulnerables y se localizan en el mapa de la localidad.

Paso 6. Análisis Ambiental. Aquí se identifican localidades donde puede haber un impacto al ambiente y se determina su vulnerabilidad. Para determinar la vulnerabilidad debe analizarse los materiales peligrosos, sitios que liberan desechos tóxicos, instalaciones de petróleo, puertos, y áreas de descarga para finalmente plasmarlos en un mapa.

Paso 7. Análisis de oportunidades de mitigación. Se analizan las oportunidades que tienen la localidad para poder reducir su vulnerabilidad ante las amenazas a las que esta expuesta.

Los siete pasos antes descritos son los que plantea la NOAA. Para poder realizarlos se requiere tanto de trabajo de campo como de gabinete. En el trabajo de campo existen muchos factores que no permiten tener los datos exactos de toda la comunidad, pero existen métodos científicos que apoyan la obtención de datos en la comunidad que son muy cercanos a la realidad. Con este propósito, se realiza un muestreo estadístico de las viviendas representativas de la comunidad.

3.1.1 Estimación de la Muestra Mínima

En una investigación, lo que generalmente se obtiene, es una colección de datos que forman una población o universo. Cuando se cuenta con toda la información de todos los objetos de la población se le llama censo. Sin embargo, cuando en vez de eso se selecciona un subconjunto de la población, se le llama muestra.

Para seleccionar una *muestra* (Figura 11) se debe primero definir la *unidad de análisis* (por ejemplo, personas, organizaciones, comunidades, situaciones, eventos.) Los datos dependen del enfoque elegido (cuantitativo, cualitativo o mixto). Se pretende obtener una muestra que es una fracción de la comunidad que la representa. A ésta muestra se le denomina *muestra representativa*, *muestra mínima* o simplemente *muestra* desde el enfoque cuantitativo (Hernández et al., 2003). Esta selección puede ser probabilística o no probabilística.

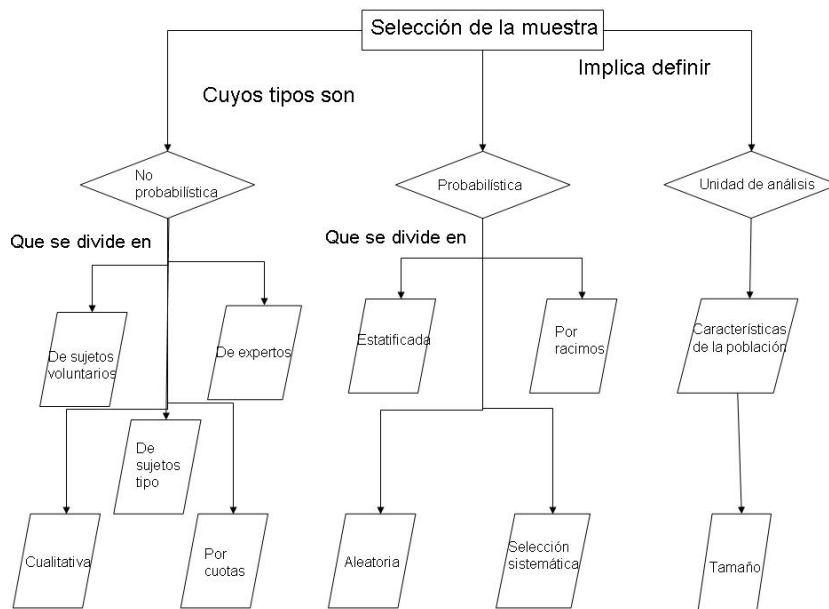


Figura 11. Proceso de selección de una muestra (Hernández et al., 2003).

En un problema de probabilidad se deben determinar las propiedades de la población en estudio. Se dice que es probabilística porque es un subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos. En un problema no probabilístico, es decir estadístico, el experimentador dispone de las características de una muestra, y esta información da herramientas para obtener conclusiones respecto a la población. La relación entre las dos disciplinas es que en la probabilidad se conoce la población y se llega a la muestra y se razona con respecto a ella (razonamiento deductivo) mientras que en la estadística se parte de la muestra para llegar a la población (razonamiento inductivo) (Figura 12).

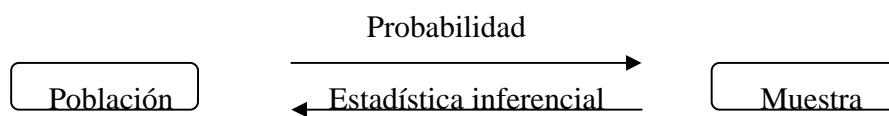


Figura 12. Relación entre probabilidad y estadística inferencial.

La *recopilación de datos* debe de ser apropiada, se puede realizar seleccionando objetos de un marco o universo. La muestra mínima puede generalizarse o extrapolarse a la población debido a que es estadísticamente representativa, donde cualquier subconjunto particular de un tamaño específico tiene la misma probabilidad de ser elegida. Por ejemplo, si el universo consiste en 100 000 números de serie, los números 1, 2, ..., 100 000 se podrían escribir en tiras de papel idénticas. Depositarlas en una caja y revolverlas, sacando una por una las tiras de papel hasta obtener el tamaño de muestra requerido. Otra posibilidad más recomendable es que se use una tabla de números aleatorios o un generador de números aleatorios de computadora (Devore, 2005; Hernández et al., 2003).

Éste no es un procedimiento a seguir, ni tampoco se determina con fórmulas, es un proceso para la toma de decisiones de los investigadores, de acuerdo a criterios de investigación (Hernández et al., 2003). Estas acciones dirigen al siguiente paso, que es delimitar la población o selección de la muestra.

Para delimitar una población se debe determinar el proceso de análisis del estudio: cuantitativo o cualitativo. Si es cualitativo es preferible establecer las características de la población para definir los parámetros muestrales, es decir los criterios que debe tener la población que se va a muestrear. En cambio si se establece un análisis cuantitativo entonces la población debe situarse en un entorno con sus características de contenido, lugar y tiempo (Hernández et al., 2003).

3.1.2 Muestreo probabilístico

En el caso de las muestras probabilísticas se puede estimar el tamaño del error en las predicciones. Se utiliza cuando la investigación pretende obtener

resultados cuantitativos, esto puede ser por medio de encuestas en una población, donde se pretende hacer estimaciones que varían en la población y en donde los parámetros de estudio se analizan con pruebas estadísticas. La precisión de los datos depende del error en el muestreo, que es posible obtener. Sin embargo, existen errores que dependen de la medición y estos errores no se calculan probabilísticamente.

Para una muestra probabilística se requieren dos parámetros principales: determinar el tamaño de la muestra y seleccionar los elementos de manera que todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos.

Para calcular el tamaño de las muestras se deben tomar en cuenta tres factores:

1. El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar o proyectar los datos desde la muestra hacia la población total.
2. El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización.
3. El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.

La muestra probabilística que se obtenga representa el número menor de unidades muestrales (personas, organizaciones, etc.) que se necesita para conformar una muestra que asegure un error estándar menor al porcentaje de error que se fijó y aceptó en el momento de calcular el tamaño de la muestra.

Porcentaje o nivel de confianza

Este nivel de confianza es un porcentaje que proporciona seguridad de que los resultados que se obtienen son los más cercanos a la realidad.

El porcentaje de confianza se utiliza cuando es prácticamente imposible hacer el estudio de todos los casos en un universo o para evitar un costo muy alto en un estudio. Generalmente, en los estudios sociales, se utiliza un porcentaje del 95% debido a que los resultados proporcionan un muestreo lo más cercano a la realidad. La Tabla 1 da el valor de Z para cada nivel de confianza. Así para el nivel de confianza de 95% le corresponde el valor 1.96.

Tabla 3. Nivel de confianza.

Nivel de confianza	99.7%	99%	98%	96%	95.45%	95%	90%	80%	68.27%	50%
Z	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.645	1.28	1.00	0.6745

Porcentaje de error (E)

Es equivalente a elegir con una cierta probabilidad una hipótesis que sea falsa como si fuera verdadera; o al inverso aceptar una hipótesis verdadera, como si fuera falsa. Comúnmente se aceptan entre el 4% y 6% como error, considerando que la confianza y el error no son complementarios.

Variabilidad ("p" y "q")

Tomando en cuenta alguna investigación anterior o un ensayo previo a la investigación actual, la variabilidad es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó y se rechazó la hipótesis que se quiere investigar. El porcentaje con el que se aceptó tal hipótesis se denomina **variabilidad positiva** y se denota con "p", y el porcentaje con el que se rechazó esa hipótesis es la variabilidad negativa, denotada por "q".

Debemos considerar que p y q son complementarios, es decir:

$$p + q = 1$$

Es importante tomar en cuenta que si no existen estudios previos o un ensayo previo se toma "p" y "q" iguales, siendo 50% y 50% cada uno, considerando que son complementarios.

Conociendo todos éstos factores así como el tamaño de la población, la muestra se calcula de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)E^2 + Z^2 pq} \quad 3.1$$

Donde

n = tamaño de la muestra
Z = nivel de confianza
p = variabilidad positiva
q = variabilidad negativa
N = tamaño de la población
E = precisión o error

Como se describió anteriormente, se puede utilizar tres diferentes procedimientos de selección:

Tómbola

Consiste en numerar todos los elementos muestrales del 1 al N. Hacer fichas, una por cada elemento, revolverlas en una caja e ir sacando n fichas,

según el tamaño de la muestra. Siendo los números elegidos al azar los que conforman la muestra.

Números aleatorios

El uso de números aleatorios no significa la selección azarosa o fortuita, sino la utilización de un cuadro de números que implica un mecanismo de probabilidad previamente diseñado. Se generan con una especie de ruleta electrónica. Se eligen los casos que dictaminan el cuadro de números aleatorios hasta completar el tamaño de la muestra.

Selección sistemática de los elementos muestrales

Este procedimiento de selección es muy útil y fácil de aplicar e implica seleccionar dentro de una población N un número n (*muestra*) de elementos a partir de un intervalo K . K es el intervalo que se determina por el tamaño de la población y el tamaño de la muestra. De manera que se tiene $K = N/n$.

Hasta el momento se ha definido lo que algunos autores como Mendehall (1979) llaman estratos, una vez definidos éstos dentro de cada uno de ellos se lleva a cabo un muestreo aleatorio simple o sistemático para elegir una submuestra. La determinación del número de elementos que ha de tener cada una de estas submuestras se le denomina *afijación de la muestra*.

Afijación Simple

La afijación es *simple* si en cada estrato elegimos el mismo número de individuos. Presenta una dificultad: la muestra no es representativa de la población. Por ejemplo, si se quiere elegir una muestra de 500 individuos y tengo 4 estratos, cada estrato tendrá 125 individuos ($500/4$).

Afijación proporcional

Pretende que cada estrato tenga la misma proporción en la muestra que en la población.

La ventaja es que la muestra representa mejor a la población. Ejemplo: Si en la población hay más mujeres la muestra deberá tener mayor proporción de mujeres. El inconveniente es que no siempre se conoce la distribución para hallar la proporción.

Afijación óptima

Consiste en elegir pocos individuos de estratos homogéneos y, por el contrario, elegir muchos individuos de aquellos estratos que sean heterogéneos. El problema, al ser óptima, es que no se sabe si es homogéneo o heterogéneo en la práctica.

3.1.3 Muestreo no probabilístico o determinístico

En éste caso existen tres tipos:

i. Muestreo accidental

Este es un muestreo donde el investigador elige individuos que están a su alcance, sin tomar en cuenta ningún criterio. No es probabilístico porque las población que no esta cercana al sitio donde se está realizando el muestreo, no tienen la posibilidad de entrar en la muestra.

ii. Muestreo por cuotas

Este muestreo consiste en facilitar al investigador el perfil de las personas o población a la que se está investigando.

iii. Muestreo intencionado

Se basa en una estrategia al juicio del investigador. Se puede elegir las unidades del muestreo tomando elementos que se juzgan típicos o representativos de la población. Se considera que los errores en la selección se compensarán unos con otros (Mendenhall, 1986).

3.2 Estimación de la Amenaza

Existen dos métodos para obtener la amenaza sísmica, el método determinístico y el método probabilístico (García, 2005).

En el método determinístico se obtiene los parámetros del movimiento del terreno más desfavorables y comparte numerosos elementos con el método probabilístico (García, 2005).

El método probabilístico consiste en la modelación estadística de la ocurrencia temporal de terremotos, de sus magnitudes y de la atenuación del movimiento del suelo, dada la ocurrencia de éstos, con el objetivo de determinar la probabilidad de excedencia de determinados niveles del movimiento del suelo. Los modelos probabilísticos, como el que usó el Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), se basa en la teoría de *estadística o distribuciones de valores extremos*, tomando el extremo de un evento de un conjunto de variables al azar que sigue una distribución. Éstas distribuciones pueden ser: Tipo 1 o de Gumbel, Tipo 2 o de Frechert y Tipo 3 o Weibull (Ponce, 1989). Existen estudios que utilizan incluso la distribución de Poisson (García, 2005) o la distribución de Gumbel (GSHAP, 1999) para el análisis del peligro sísmico por región.

Sin embargo, el uso de cualquier modelo, como los propuestos por García (2005) y GSHAP (1999), implica asumir que la ocurrencia de los sismos es aleatoria en el tiempo y espacio (García, 2005).

En el caso de métodos determinísticos existen los estudios de microzonificación sísmica que identifican áreas por sus características geotécnicas superficiales, o por su posición topográfica, considerándose similares en cuanto a la amplificación de los movimientos fuertes del suelo (García, 2005). En la actualidad es importante determinar el comportamiento del suelo ante un evento sísmico, ya que en la mayoría de los casos, no se conocen los parámetros de seguridad de riesgo sísmico de cada ciudad del país, por lo que los reglamentos de construcción se basan en el establecido para la ciudad de México (Vázquez, 2005) siendo los parámetros de seguridad, característicos de cada lugar.

Existen varios métodos para realizar estudios de microzonificación que permitan conocer los efectos de sitio en lugares específicos. Uno de ellos es a través del análisis de *microtremores*, que se ha convertido, por su bajo costo y facilidad de registro, en una de las herramientas más utilizadas para la estimación de efectos de sitio (Flores, 2004). En éste tipo de estudios lo que se obtiene como resultado final es la frecuencia fundamental del terreno, que ayuda a la obtención de los parámetros de seguridad.

3.2.1 Microtremores

Los microtremores, también conocidos como microtrepidaciones, microsismos, ruido sísmico de fondo, campo natural, vibración, ruido ambiental, u oscilaciones omnipresentes. Los microtremores se pueden definir como vibraciones en la superficie de la Tierra debidas a la incidencia oblicua de ondas de cuerpo que se propagan en todas direcciones con la misma energía. También se puede definir como una superposición de ondas superficiales, que constituyen un campo estacionario y homogéneo. O bien, el ruido ambiental generado por fuentes naturales y culturales, como el tráfico vehicular o la actividad humana (Flores, 2004).

En el análisis de registros de los microtremores para la estimación de efectos de sitio, algunos autores han reportado similitudes con los resultados obtenidos a partir de registros de eventos sísmicos (Lermo et al., 1988; Lermo, 1992; Gutiérrez, 1992). Sin embargo, también existen autores que no encuentran correlación entre los resultados de ambos tipos de análisis (Asten, 1976; Bard, 1998; Trifunac, 2000). Flores (2004) consideró que los registros de microtremores son útiles si se analizan con métodos teóricos y físicamente bien fundamentados, atribuyendo las discrepancias de los investigadores a la diferencia en las propiedades de las fuentes generadoras.

Los microtremores ocurren en el intervalo de las frecuencias de 0.01 a 30 Hz; aunque en exploración geofísica sólo interesa la banda de 0.1 a 10 Hz, ya que es la banda donde la energía se transmite como ondas Rayleigh, cuyos modos y

velocidades de propagación se pueden estimar y medir para obtener información sobre las características de los parámetros elásticos de corteza terrestre a profundidades de hasta 20 km (Asten, 1976; Flores, 2004).

Las fuentes que producen microtremores pueden ser:

- Frecuencias bajas: se encuentran por debajo de 0.3 Hz. hasta 0.5 Hz. Éstos son causados por las olas oceánicas que ocurren a grandes distancias. También, es posible encontrar buena correlación de los microtremores con condiciones meteorológicas de gran escala en el océano.
- Frecuencias intermedias: se encuentran entre los 0.5 Hz. y 1 Hz. Éstos son generados por el oleaje que rompe en las costas, por lo que su estabilidad es apreciablemente menor.
- Frecuencias altas: éstas son mayores a 1 Hz. Su fuente está ligada a la actividad humana por lo que reflejan los ciclos de ésta, poniendo en evidencia los cambios en la amplitud de los espectros.

En los estudios de Lermo y Chávez (1994) se demostró que las mediciones de microtremores se pueden utilizar para estimar el periodo dominante en un sitio determinado con un rango aceptable de entre 0.3 y 5 Hz. Siendo el método de Nakamura con el que obtienen mejores resultados.

3.2.1.1 Método de Nakamura o de cocientes espectrales

El método de Nakamura (1989) se aplica para obtener la frecuencia fundamental del suelo. Para obtener mejores resultados se analizan ventanas de registro de 30 minutos para obtener una mejor definición de los cocientes espectrales a bajas frecuencias. Se consideran los cocientes espectrales (H/V) y se comparan los resultados de una manera estadística.

Éste método fue propuesto por Nakamura (1989). En él se plantea la forma espectral de la fuente del movimiento del microtremor (A_s) como una función de transferencia (ω , frecuencia angular):

$$A_s = \frac{V_s(\omega)}{V_B(\omega)} \quad 3.2$$

Donde

V_s : es el espectro de amplitud de Fourier de la componente vertical

V_B : es el espectro de amplitud de Fourier de la base de la capa sedimentaria.

Por otro lado el efecto de sitio (S_E) está dado por:

$$S_E = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)} \quad 3.3$$

Donde:

H_S : es el espectro de amplitud de Fourier de la componente horizontal del movimiento en la superficie.

H_B : es el espectro de amplitud de Fourier de la base de la capa.

A fin de compensar S_E con la fuente del espectro, se calcula el efecto de sitio modificando el cociente espectral, obteniéndose S_M :

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_S(\omega)} = \frac{\frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)}}{\frac{H_B(\omega)}{V_B(\omega)}} \quad 3.4$$

Ésta ecuación fue corregida por Nakamura (1989) obteniendo:

$$\frac{H_B(\omega)}{V_B(\omega)} = 1 \quad 3.5$$

De ésta forma se puede obtener una estimación del efecto de sitio a partir del cociente espectral entre la componente horizontal de movimiento en la superficie y la componente vertical del sitio donde se está haciendo la medición.

Los efectos sitio, son generalmente expresados como cocientes espectrales (S_1) entre la componente horizontal de registros de terremotos en la superficie de la capa suave (H_S) aflorando en la base de la roca firme (H_B):

$$S_1 = \frac{H_S}{H_B} \quad 3.6$$

En éste método y en cualquier otro tipo de análisis de microtemores hay que tomar en cuenta que los microtemores son ondas simples y similares, es decir, que no hay dispersión tridimensional y que las trayectorias pueden ser aproximadas por la dispersión geométrica elemental y por la atenuación inelástica (Figura 13).

El cociente espectral entre las componentes horizontales y verticales, del ruido sísmico de fondo registrado en la superficie de una capa suave, permite que

los efectos de las ondas Rayleigh sean eliminados, conservando solo los efectos resultantes de la estructura geológica del sitio de estudio (Bour, 1998):

$$S_2 = \frac{S_1}{E_{RW}} = \frac{H_S}{V_S} \quad 3.7$$

Siendo esto la razón espectral H/V.

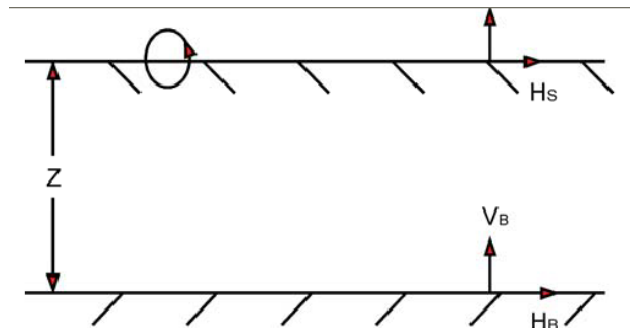


Figura 13. Modelo simple para interpretar medidas de microtremor (Rodríguez, 2007).

Aplicando los cocientes espectrales de microtremores H/V, la función de transferencia de un punto, localizado sobre la superficie del sedimento suave, es obtenida dividiendo el espectro de las componentes horizontales de los microtremores entre los espectros de las componentes verticales obtenidas de las mediciones de microtremores en el mismo sitio.

$$H/V = \sqrt{\frac{(NS^2 + EW^2)}{(2V^2)}} \quad 3.8$$

Para la aplicación del método se puede seguir los siguientes pasos (Vázquez, 2005):

1. Seleccionar once ventanas de 40 segundos cada una para cada estación. Para obtener una buena estimación de los resultados con su respectiva incertidumbre.
2. Realizar un suavizado de los bordes con las ventanas de Von Hann (Kulhanek, 1976).
3. Calcular la Transformada Rápida de Fourier (FTT).
4. Calcular los cocientes estándar para las once ventanas.
5. Estimar el promedio de los once cocientes calculando la desviación estándar.

Finalmente para obtener resultados confiables se deben tomar en cuenta los siguientes criterios (SESAME, 2004):

$$f_0 > 10/l_w,$$

$$n_c(f_0) > 200$$

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ para } 0.5 f_0 < f < 2 f_0 \text{ si } f_0 > 0.5 \text{ Hz.}$$

$$\text{ó } \sigma_A(f) < 3 \text{ para } 0.5 f_0 < f < 2 f_0 \text{ si } f_0 < 0.5 \text{ Hz.}$$

Donde

l_w es la duración de la ventana de registro.

$n_c = (l_w)(n_w)(f_0)$ es el número de signos significativos.

f_0 es la frecuencia pico de H/V.

σ_A es la desviación estándar.

f es la frecuencia actual.

3.2.3 Metodología para determinar el Índice de Vulnerabilidad de Viviendas

En este trabajo se utilizó la metodología propuesta por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para determinar el índice de vulnerabilidad de las viviendas en caso de sismo o viento.

Al actuar un sismo en una vivienda se inducen fuerzas laterales que se transmiten directamente sobre los muros de carga. Por lo que se debe de tomar en cuenta el tipo de materiales y sobre todo cómo están construidas las viviendas.

En general, los elementos estructurales que componen una vivienda de bajo costo son (CENAPRED, 2004) (Figura 14):

- Cimentación: esta transmite los esfuerzos producto de las cargas de cimentación (inducidas por el peso de la propia construcción, su contenido y sus ocupantes) y cimentación (inducidas por la acción del sismo o viento).
- Muros de carga: estos transmiten las cargas verticales y laterales a la cimentación.
- Techos: en caso de sismo, transmiten cargas laterales hacia los muros y los mantiene unidos con el fin de que su funcionamiento sea en conjunto.

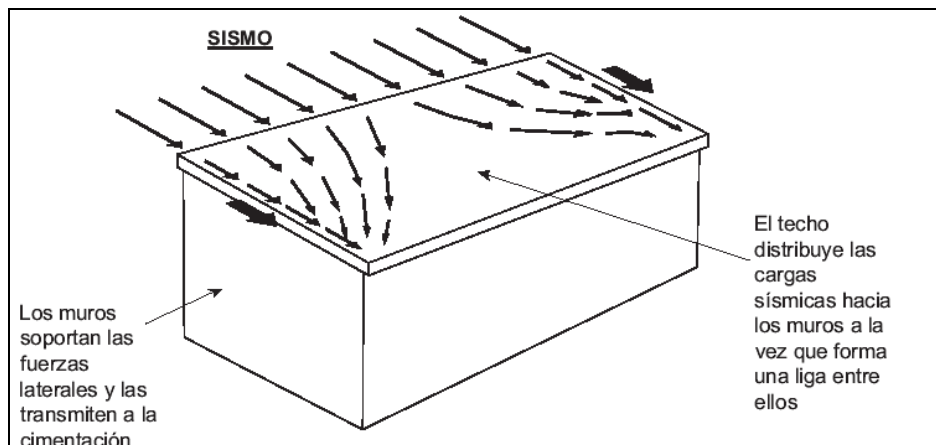


Figura 14. Representación esquemática del efecto del sismo sobre una vivienda. (CENAPRED, 2004)

Los aspectos que destacan en el desempeño sísmico de una vivienda son:

- La unión entre el techo y muros, esto asegura la adecuada transmisión de las fuerzas inducidas por el sismo.
- La rigidez del techo, cuando se tiene un techo construido por materiales rígidos, como concreto, vigueta y bovedilla, etc. se garantiza una mejor transmisión de las fuerzas horizontales hacia los muros y los mantiene ligados.
- Las fuerzas laterales son directamente proporcionales al peso de techos y muros. Por este motivo, la construcción de la vivienda con materiales ligeros como madera, bajareque, entre otros, mejora su desempeño sísmico.

Con base en los puntos débiles de una vivienda ante la acción de un sismo, el CENAPRED propone su clasificación según dos criterios: uno relacionado con los datos del más reciente censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y GeoInformática (INEGI, 2005) y el segundo toma en cuenta aspectos técnicos formales.

En la información del INEGI (2000) se clasifica a la vivienda como se indica en la Tabla 2.

Tabla 4. Clasificación INEGI

Tipo	Índice	Características de la vivienda
1	1	Muros de mampostería con techos rígidos. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto de mampostería.
2	2.3	Muros de mampostería con techos flexibles. Su cimentación es construida con una zapata corrida de concreto o de mampostería.
3	3.6	Muros de adobe con techo rígidos. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.
4	4	Muros de adobe con techos flexibles. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.
5	3.3	Muros de materiales débiles con techos flexibles. Generalmente no cuentan con cimentación.

Para aplicar ésta metodología, se consideran los siguientes términos:

- Los muros de mampostería son: tabique, bloque, piedra, cantera, entre otros (Anexo 1, Tabla A.1.1).
- Los techos flexibles son: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto o metálica, palma, tejamanil, madera, teja y los no especificados en el censo de INEGI (2000).
- Los techos rígidos son: losa de concreto, tabique, ladrillo, terrado de vigueta y bóveda catalana.

La clasificación de la vivienda de bajo costo según aspectos técnicos, se realiza en el campo por medio de un muestreo, tomando en cuenta las siguientes características señaladas en el Anexo 1, Tabla A.1.2.

En el trabajo de campo se llena un formato que recolecta la información necesaria para después procesarla (Anexo 1, Figura A.1.2).

Para estimar la vulnerabilidad física de la vivienda, CENAPRED (2004) propone un índice que integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño y el nivel de peligro asociado a la ocurrencia de un sismo. El índice se define de la siguiente manera:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M} \quad 3.9$$

Donde:

I_{vf} : representa el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda
 V_i : representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo a la clasificación de la Tabla A.1.1 del Anexo 1.

V_p : representa el peor desempeño de las viviendas con relación a su vulnerabilidad.

P_i : es el nivel de peligro por sismo en la zona en estudio.

P_M : es el nivel de peligro máximo por sismo.

Para obtener el peligro sísmico se utiliza la siguiente clasificación elaborada por CENAPRED (*Figura 15*):

- ❖ Zona A
- ❖ Zona B
- ❖ Zona C
- ❖ Zona D

La zona A es la de menor peligro y la zona D es la de mayor peligro. Así, se obtienen los siguientes valores para P_i :

- $P_1=0.08$, para la zona A
- $P_2=0.14$, para la zona B
- $P_3=0.36$, para la zona C
- $P_4=0.8$, para la zona D

Mientras P_M toma el valor de 0.8 en todos los casos.

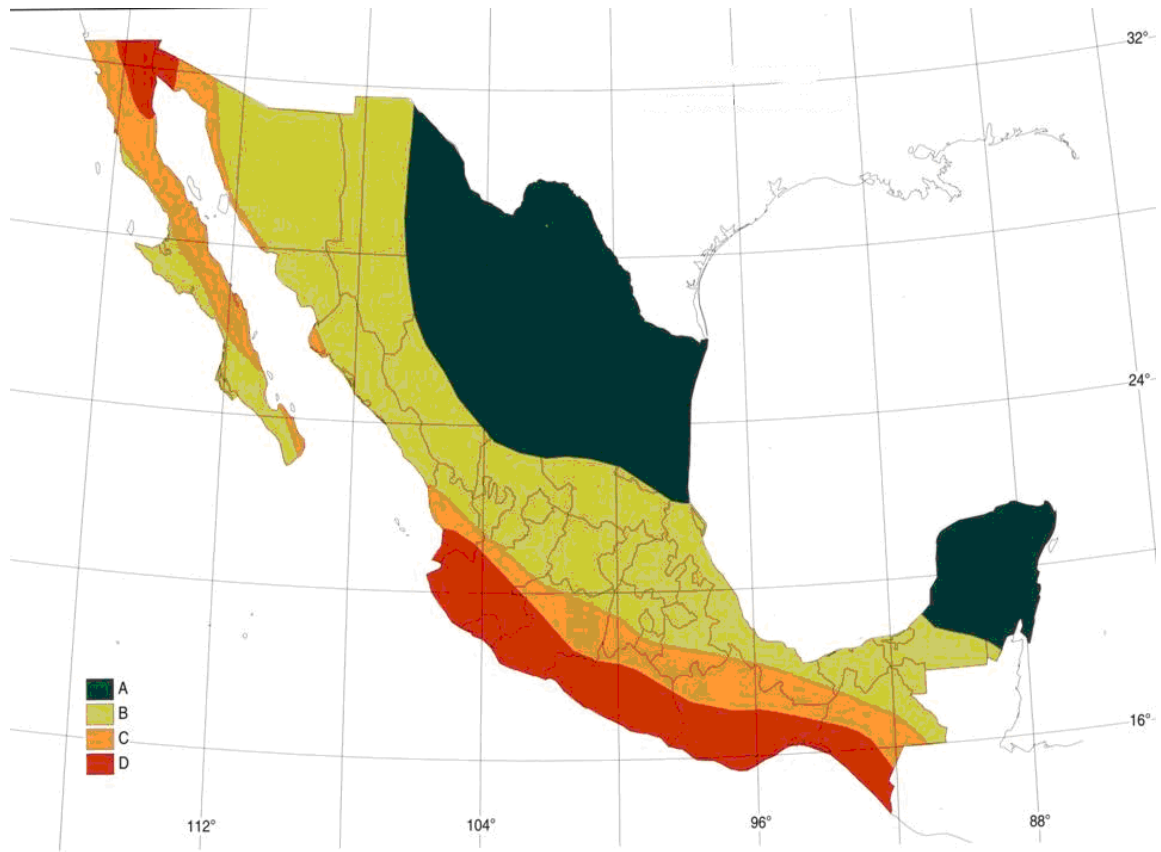


Figura 15. Zonas de peligro sísmico en las que se divide la República Mexicana. A, zona con menor peligro sísmico; B, zona con peligro sísmico medio bajo; C, zona con peligro sísmico medio alto; D, zona con mayor peligro sísmico (CENAPRED, 2004).

Capítulo 4: ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA Y LA VULNERABILIDAD

4.1 Resultados del Análisis de Vulnerabilidad

En la metodología de la NOAA (2007) se plantean diferentes pasos a seguir el primer paso es la *identificación de la amenaza*.

4.1.1 Identificación de la Amenaza.

En la Tabla 3 se clasifica cada amenaza conforme a su frecuencia, área de impacto y magnitud que afectan al área de estudio.

Tabla 5. Amenazas identificadas en el municipio de Acambay.

Amenaza	Frecuencia (Por año)	Ponderación Frecuencia	Área de impacto (Ha)	Ponderación Área de impacto	Magnitud	Ponderación Magnitud	Total
Inundaciones	0.5 ¹	2	0.7744 ²	1	0	1	3
Sismos	0.0002 ³ - 0.00028 ⁴	1	80000 ⁵	4	7 ⁶	4	16
Incendios	5 ⁷	3	4 ⁸	2	3 ⁹	2	10
Caída de bloques	¿?	1	0.5 ¹⁰	1	0	4	4

¹ Fuente: Población Santa María Tixmadejé; datos recopilados en campo

² Fuente: Población Santa María Tixmadejé; datos recopilados en campo

³ Fuente: Langridge (2000)

⁴ Fuente: Suter (1995)

⁵ Fuente: Urbina y Camacho (1913)

⁶ Fuente: Figueroa (1970)

⁷ Fuente: Protección Civil, Acambay, contacto personal.

⁸ Fuente: Protección Civil, Acambay, contacto personal.

⁹ Fuente: Protección Civil, Acambay, contacto personal

¹⁰ Fuente: Inbar (2000)

En la Tabla 3 los sismos se identifican con un valor total mayor a cualquiera de las otras amenazas. Por lo tanto, la amenaza por sismos es la prioridad en el municipio de Acambay en cualquier estudio de riesgos en esta zona. Cabe destacar que el área afectada por sismos es con base al ocurrido el 19 de Noviembre de 1912. Siendo éste uno de los sismos más relevantes que ha ocurrido en la región del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano del que se tiene registro (Langridge, 2000).

Existe una amenaza socio-natural en Acambay que son los ductos de gas de Pemex. Sin embargo, de esta infraestructura no se tienen suficientes datos para poder realizar un análisis detallado. Sin embargo, se menciona en éste apartado con fines observacionales. Los datos presentados fueron proporcionados personalmente por trabajadores de protección civil del municipio de Acambay y no por los responsables de estas instalaciones (Figura 16).

Es claro que los ductos de gas en sí mismos no son una amenaza natural. Sin embargo si existe un desplazamiento de la falla, por ejemplo, durante un sismo, los ductos de gas podrían fracturarse.

4.1.2 Análisis de la amenaza

En este paso se identifican las áreas de mayor impacto por cada amenaza identificada. Considerando los resultados de la Tabla 4, los sismos son los que tienen mayor área de impacto con aproximadamente 800 km² (80000 Ha).

4.1.3 Análisis de la Vulnerabilidad de las Instalaciones Vitales

Las instalaciones vitales juegan un papel muy importante en caso de desastre y emergencia, ya que su respuesta ante un desastre puede provocar que el impacto de éste sea mayor o menor. Para el análisis de la vulnerabilidad estructural y operacional de las instalaciones vitales, se realizaron encuestas en la zona de estudio.

4.1.3.1 Cuestionario

En el Anexo 2 se presenta el cuestionario (Figura A.2.1, Anexo 2) aplicado en cada instalación vital.

La primera parte del cuestionario son preguntas al encargado del edificio. Mientras que la segunda parte, se refiere a la evaluación estructural la cual es netamente observacional. Es decir, daños aparentes en el edificio por algún sismo anterior, reparación de los mismos, inclinación notable del edificio y asentamientos presentes en la instalación vital (Figura A.2.2, Anexo 2).

Para determinar la vulnerabilidad operativa de las viviendas, se tomó en cuenta (Figura A.2.2, Anexo 2):

- Planes de emergencia.- la ausencia de éstos puede ocasionar que las personas no conozcan que hacer en caso de una emergencia, incrementando la posibilidad de un desastre
- Simulacros con la comunidad.- en general ayudan a que las personas que se encuentran en el edificio conozcan que hacer y a donde ir en caso de que un evento ponga en riesgo sus vidas.
- Simulacros de evacuación de la instalación vital.- ayudan a las personas a tener una adecuada respuesta ante una emergencia.
- Emergencias anteriores.- ayuda a tener un indicador de los simulacros que se han realizado. Es decir si ha ocurrido una emergencia y se ha tenido una adecuada respuesta entonces los simulacros han servido.

La vulnerabilidad estructural de la instalación vital se determinó por medio de:

- Indicios de sismos previos.- si existen indicios de que sismos hayan impactado al edificio en el pasado, es posible que ante la ocurrencia de otro sismo pueda tener consecuencias mayores.
- Reparación de daños.-éste dato no es fácil de determinar, dado que si no hay indicios de impacto de sismos previos, seguramente no tendrá reparación del daño. Sin embargo, si se encuentran evidencias de eventos que hayan afectado al edificio, es probable que exista, una reparación del daño.
- Inclinación del edificio.- la inclinación del edificio ayuda a determinar si el edificio cuenta con la capacidad y resistencia para que no colapse.
- Asentamientos.- los asentamientos en un edificio son muy importantes ya que en caso de sismo, los asentamientos ayudan al edificio a mantenerse en equilibrio.

Con la información recopilada, se generó una base de datos que permitieron determinar las ponderaciones en cada rubro. Se considera que una ponderación es la clasificación de acuerdo a su importancia o peso (Real Academia, 2001; Backhoff, 2001).

4.1.3.2 Ponderaciones

A cada rubro se le asignó una ponderación de acuerdo a sus características e importancia.

Las ponderaciones se asignaron de acuerdo su nivel de vulnerabilidad. Se asignaron valores altos para vulnerabilidad alta y valores menores para vulnerabilidad baja.

A continuación se describen los rubros considerados.

Área de seguridad.

El área de seguridad, en caso de desastre, en una instalación vital es importante porque es en donde las personas pueden concentrarse en caso de un desastre y la dimensión del área se debe tomar en cuenta para determinar si es suficiente para albergar a las personas que laboran en la instalación.

Puede existir una instalación vital, por ejemplo pozos, que no necesitan de área de seguridad. Por este motivo, se propone utilizar la Tabla 4 para asignar un valor y utilizarlo posteriormente para determinar la vulnerabilidad operacional de la instalación vital.

Tabla 6. Ponderación de acuerdo con que la instalación cuente o no con área de seguridad.

ÁREA DE SEGURIDAD	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Es claro que si la instalación no necesita área de seguridad no puede presentar vulnerabilidad en ése sentido, por lo que recibe la ponderación “0”. Si la necesita y la tiene se considera la ponderación menor que es “1”. No se considera cero porque el sólo hecho de necesitarla ya presenta una vulnerabilidad. Finalmente, si no tiene área de seguridad y es necesaria se toma la ponderación más alta que en éste caso es “2”.

Área de triaje.

El significado de la palabra triaje ó triage no se encuentra en el diccionario de la lengua española. Sin embargo, es una palabra que generalmente se utiliza para determinar un funcionamiento eficaz, es decir, se utiliza comúnmente como indicador de calidad que mide los procesos implementados para una reducción del riesgo y eficiencia de un hospital o urgencias. Necesita de la existencia de un equipo de profesionales que pueda identificar las necesidades de los pacientes, decidir prioridades y realizar las primeras medidas de atención y asistencia sanitaria (Gómez, 2003). El Plan Andaluz de Urgencias y Emergencias (PAUE) define el triaje como: proceso de clasificación de los pacientes que acuden a Urgencias con base al grado de gravedad de su caso. Así el área de triaje es donde están las personas para ser clasificadas de acuerdo a su emergencia. Esta área es importante ya que agiliza la atención de emergencias, reduciendo así el impacto en situaciones de desastre.

Si una instalación no necesita un área de triaje entonces, el nivel de vulnerabilidad no puede cambiar o bien podría no estar definido. Por esta razón se propone la Tabla 5, donde la ponderación más baja es cuando las instalaciones no necesitan área de triaje.

Tabla 7. Ponderaciones propuestas para el área de triaje.

ÁREA DE TRIAJE	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Distribución de agua y energía eléctrica.

La adecuada distribución de agua y luz puede llegar a garantizar buen funcionamiento de una instalación en caso de desastre, ya que el agua es un elemento vital para el ser humano y la energía eléctrica puede ayudar a mantener alimentos frescos para la alimentación de los afectados.

En ambos casos es importante conocer si es buena, regular o mala su distribución debido a que si normalmente se tiene una mala distribución, en un desastre se acentúan más éste tipo de características provocando ausencia del agua o energía eléctrica. Con una distribución de agua y luz, en caso de un evento desastroso, existe mayor probabilidad que las instalaciones tengan un buen funcionamiento.

Con éstos criterios se asignaron los valores de ponderación mostrados en la Tabla 6.

Tabla 8. Ponderaciones propuestas para la distribución del agua y de la energía eléctrica.

LUZ	PONDERACIÓN	AGUA	PONDERACIÓN
BUENA	1	BUENA	1
REGULAR	2	REGULAR	2
MALA	3	MALA	3
NO NECESITA	0	NO NECESITA	0

Línea telefónica

La disponibilidad de una línea telefónica y su buen manejo ayuda a tener comunicación con otros lugares donde también tienen líneas telefónicas, que pudiesen necesitar atención en caso de una emergencia. De esta manera, se estructura la Tabla 7 en donde se considera si la instalación necesita o no línea telefónica. En caso de no necesitarlo se le asigna el valor cero. Hay que tener muy presente que el hecho que se le haya asignado este valor no quiere decir que la vulnerabilidad global sea cero. Sino que es únicamente una ponderación de este parámetro.

Tabla 9. Ponderación para la posesión de línea telefónica.

TELÉFONO	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Escaleras de emergencia.

Las escaleras de emergencia en caso de que se necesiten son vitales ya que pueden ser la diferencia entre la vida y la muerte en caso de que ocurra un evento. Sin embargo, nuevamente si la instalación no necesita escaleras de emergencia no tiene caso tomar en cuenta este rubro y se pone un cero en su ponderación (Tabla 8). Éste es el caso de las edificaciones que cuentan con un solo piso y por tanto no necesitan escaleras de emergencia.

Tabla 10. Tabla de ponderación para escaleras de emergencia.

ESCALERAS DE EMERGENCIA	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Extintores.

En una instalación vital, los extintores, son un instrumento indispensable, ya que los hace menos susceptibles a incendios producto de un evento concatenado. Por ejemplo si ocurre un sismo y éste provoca que la tubería de

gas de un edificio se rompa y que éste a su vez por alguna razón inicie un incendio.

Entonces la presencia de éstos ayuda a controlar un incendio en sus inicios y evita conflagraciones graves. El número de extintores es importante para que sean suficientes en caso de que el edificio empiece a incendiarse. En una instalación vital podría que no se necesiten extintores, porque no es posible que ocurra un incendio en el lugar. En éste caso, la instalación no es susceptible a los incendios. Con estos criterios se propone la Tabla 9.

Tabla 11. Tabla de ponderación para el número de extintores con los que cuenta la instalación.

EXTINTORES	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Daños previos.

En una instalación vital es importante tomar en cuenta los eventos sísmicos que hayan causado daños en el pasado, ya que éstos podrían hacer más susceptible al edificio de ser afectados ante la ocurrencia de un sismo nuevo, aumentando así su vulnerabilidad estructural. Con éste criterio cuando no existen daños previos, la ponderación es uno. Debemos considerar el hecho de que aunque la estructura no haya sido afectada, por ningún evento sísmico, la edificación va perdiendo resistencia y estabilidad estructural con el tiempo, por lo que la ponderación nunca es cero.

Tabla 12. Ponderación para los daños previos que existen en las edificaciones.

DAÑOS	PONDERACIÓN
NINGUNO	1
UNO	2
DOS O MAS	3

Planes de emergencia.

Los planes de emergencia son imprescindibles en todas las instalaciones vitales. Estos planes ayudan en la asignación de responsabilidades al momento de una emergencia, agilizando así la movilidad y eficiencia de la respuesta. Si no se cuentan con éstos planes entonces la instalación es mucho más susceptible a cualquier emergencia o contingencia que pueda llevar a un desastre. Éste punto es importante al momento de determinar el riesgo sísmico, por lo que la ponderación queda como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 13. Ponderación para los planes de emergencia.

PLAN DE EMERGENCIA	PONDERACIÓN
SI	1
NO	3

En casos especiales como los pozos, podemos considerar como plan de emergencia, el que exista una persona o más que se encargue de verificar que el pozo funciona correctamente de manera permanente.

Simulacros.

Los simulacros sirven como referencia para determinar las debilidades y fortalezas en la organización al momento de una emergencia. Si no se realizan, la instalación es más vulnerable cuando ocurra una emergencia, por lo que la ponderación se asigna de la siguiente manera.

Tabla 14. Ponderación por la realización de simulacros en la comunidad.

SIMULACROS CON COMUNIDAD	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Los casos en los que no necesitan un simulacro son instalaciones donde no existen personas que laboren en el lugar.

Simulacros de evacuación.

Los simulacros de evacuación son importantes, aunque no exista una alarma que los alerte con anticipación ante un sismo. Es importante realizarlos para que los habitantes de una comunidad conozcan los lugares seguros a los que pueden llegar en una situación de emergencia. La poca o nula realización de los simulacros, llevan a la comunidad a no saber a donde ir en caso de que ocurra un sismo o una contingencia, provocando mayor pánico. Esta situación hace que una instalación sea más susceptible a un desastre.

Tabla 15. Ponderación por la realización de simulacros de evacuación.

SIMULACROS DE EVACUACIÓN	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
SI	1
NO	2

Impacto de sismos ocurridos en el pasado.

Es importante observar si hay indicios de que la instalación haya sufrido el impacto de sismos anteriores, ya que si se observan, quiere decir que no se han realizado las reparaciones correspondientes y es posible que sea más susceptible a ser dañado ante la ocurrencia de un nuevo sismo. Sin embargo, a diferencia de otros casos anteriores, se considera que la ponderación es uno

en el caso de que no existan indicios (Tabla 14). Esto se debe a que se considera que una edificación por el hecho de estar construida en un lugar propenso a ser afectado por sismos de gran magnitud tiene implícita una vulnerabilidad.

Tabla 16. Ponderación por indicios de impacto de sismos anteriores en la instalación vital.

INDICIOS DE SISMOS	PONDERACIÓN
NO	1
SI	2

Reparación de daños.

La reparación de daños es importante para la estructura de un edificio. Si la reparación fue total entonces se tiene una susceptibilidad menor que si no se reparó. Sin embargo, estructuralmente no se puede ponderar con cero cuando hay una reparación total. Esto se encuentra muy relacionado con el punto anterior, ya que si se tiene una reparación total no quiere decir que la edificación esté del todo exenta de daño en caso de sismo, debido a que se encuentra en una zona de sismos de magnitud significativa. Con estos criterios se establece la siguiente Tabla 15 de ponderación.

Tabla 17. Ponderación para la reparación de daños.

REPARACIÓN DE DAÑOS	PONDERACIÓN
NO NECESITA	0
TOTAL	1
PARCIAL	2

Angulo de Inclinación de la estructura.

La inclinación de una edificación da indicios de la resistencia estructural del edificio. Si existe una inclinación, entonces pone en duda su capacidad de resistencia y sobre todo su capacidad ante un sismo.

Cabe mencionar que la inclinación es un punto importante dentro del reglamento de construcciones de la Ciudad de México. En él, se considera que si existe una inclinación en un edificio colindante (contiguos), éste podría provocar daño a propiedad ajena, ya que si una construcción provoca la inclinación de un edificio, entonces está dañando su estructura poniéndolo en peligro de colapso.

Con estos criterios se formuló la Tabla 16, en ella se considera la nula inclinación de la instalación con una ponderación uno debido a que la no inclinación de un edificio, no garantiza la completa seguridad del mismo.

Tabla 18. Ponderación por la inclinación de los edificios.

INCLINACIÓN	PONDERACIÓN
NINGUNA	1
DUDOSA	2
EVIDENTE	3

Asentamientos.

En un edificio, los asentamientos son una característica de su estructura, son la base del mismo haciéndolo más resistente a cualquier movimiento del suelo, por lo que son muy importantes para hacer la valoración estructural de la instalación vital. Además, este criterio junto con la inclinación del edificio ayuda a verificar la capacidad y resistencia del suelo, ya que si existe una inclinación quiere decir que no hay un buen asentamiento.

Se dice que una estructura tiene asentamientos cuando en la planta de la estructura se observa una capa considerable de cemento o piedra profunda en el terreno, provocando mayor fijación del edificio o instalación al suelo. Aunque, el hecho de que tenga asentamientos no es seguridad de que la instalación sea totalmente segura, es por eso que la ponderación para los asentamientos queda como se indica en la Tabla 17. La ponderación más baja es cuando los asentamientos son evidentes, aunque no es cero considerando el argumento anterior. La más alta es cuando podemos asegurar que la edificación no tendrá asentamientos.

Tabla 19. Ponderación por la presencia o ausencia de asentamientos en las edificaciones de las instalaciones vitales.

ASENTAMIENTOS	PONDERACIÓN
EVIDENTE	1
DUDOSA	3
NINGUNA	4

Los datos obtenidos en campo se vaciaron en una base de datos la cual se analizó considerando las tablas propuestas anteriormente. Se identificaron en total diez instalaciones vitales las cuales son: dos pozos, cuatro escuelas, un centro de desarrollo indígena (CDI) que es al mismo tiempo las oficinas del Instituto Nacional de Educación Abierta (INEA) considerado por protección civil como un refugio temporal en caso de emergencia, un centro de operación de Telmex, la iglesia y el centro o casa de salud como las personas de la comunidad la conocen (Figura 17).



Figura 16. Instalaciones vitales en Santa María Tixmadejé. Ortofoto en formato 20 k INEGI (2004), proporcionada por la presidencia municipal de Acambay.

Para evaluar las instalaciones vitales se estimó la ponderación total estableciendo los intervalos de vulnerabilidad señalados en la Tabla 18.

Tabla 20. Niveles de vulnerabilidad para las instalaciones vitales.

Intervalo SIG	Vulnerabilidad
10 a 13	Baja
14 a 18	Media Baja
19 a 20	Media Alta
21 a 24	Alta

Así las instalaciones vitales quedan evaluadas como se muestra en la Tabla 19.

La vulnerabilidad total se presenta en la Tabla 19 Donde el 20% de las instalaciones se encuentran en un nivel de vulnerabilidad alto, el 30% tiene vulnerabilidad media alta, el 30% vulnerabilidad total media baja y el 20% vulnerabilidad baja (Figura 19).

Tabla 21. Evaluación de la vulnerabilidad total.

EDIFICACIÓN	EVALUACIÓN
1. IGLESIA	Alto
2. POZO	Medio Alto
3. CASA DE SALUD	Alto
4. CDI E INEA	Medio Alto
5. JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	Medio Bajo
6. INSTALACIÓN TELMEX	Bajo
7. SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	Medio Alto
8. PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	Medio Bajo
9. JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	Medio Bajo
10. POZO	Bajo

La Figura 19 muestra los niveles de vulnerabilidad desplegados en la Tabla 19 en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

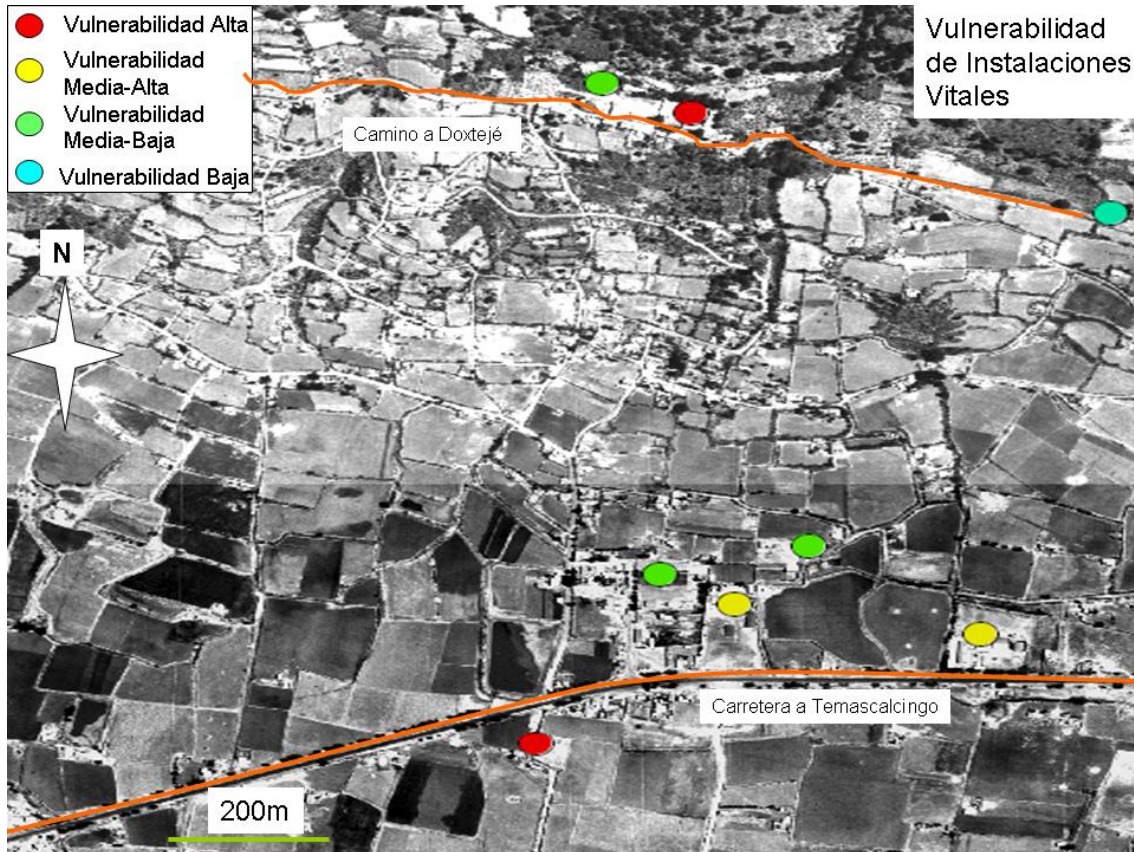


Figura 17. Imagen (INEGI, 2004) de las instalaciones vitales en la comunidad Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad.

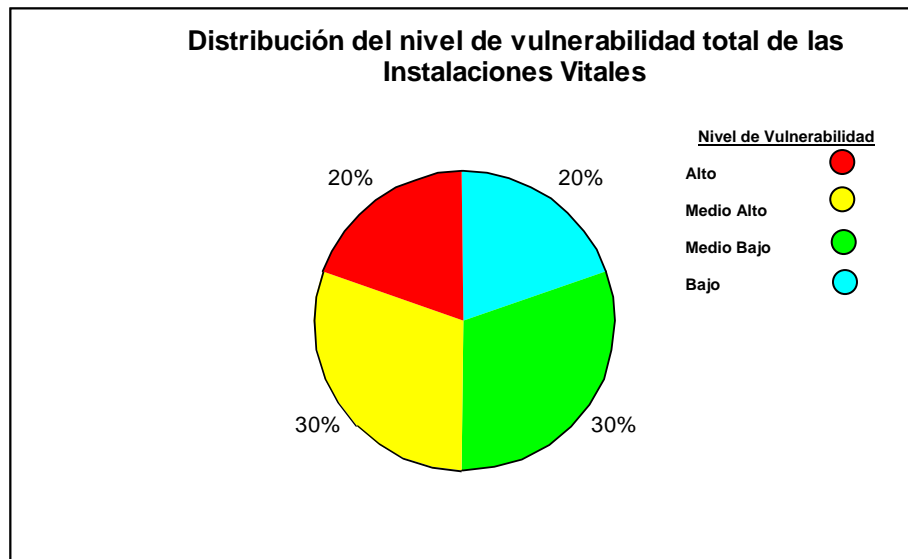


Figura 18. Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad total para las instalaciones vitales.

4.1.4 Análisis de la Vulnerabilidad Social, Económica y Educacional.

Para obtener los niveles de la vulnerabilidad socio-económica y ambiental que existe en la zona de estudio, se recopilaban datos de las condiciones en las que vive la población de la comunidad. Con este propósito, se obtuvo, una muestra de la comunidad desde el enfoque cuantitativo. Debido a que la muestra debe generalizarse o extrapolarse a todo el universo de la población, se requiere que sea estadísticamente representativa (Hernández et al., 2003).

4.1.4.2 Muestra Mínima

En este trabajo, nuestro universo de estudio son todas las viviendas en el territorio de Santa María Tixmadejé, Acambay. Para delimitar este universo, debido a que se quiere determinar la vulnerabilidad de la comunidad que habita en el territorio de Santa María, se consideraron solamente las viviendas habitadas. Existen en total 331 viviendas en la comunidad, sin embargo, 65 viviendas no están habitadas, por lo que el universo de estudio se reduce a 266 viviendas.

Utilizando la ecuación 3.1 del Capítulo 3 y considerando los siguientes valores: $Z = 95\%$ (porcentaje de confianza); $p = 0.5$; $q = 0.5$ (éstos son valores de variabilidad, que a falta de estudios previos de riesgo sísmico en la comunidad se consideraron iguales y puesto que $p+q=1$, $p=0.5$ y $q=0.5$); $N = 266$ (es el tamaño de la población); $E = 0.05$ (es el error que se considera como aceptable en ésta investigación).

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)E^2 + Z^2 pq} \quad 4.1$$

En nuestro caso:

n = es el tamaño de la muestra= 157 viviendas.

Además de la muestra mínima de 157 viviendas, es necesario establecer la forma de colección de los datos. Como se explicó en el capítulo anterior puede ser de diferentes formas. Sin embargo, debido a que en la comunidad existen viviendas distribuidas de distinta manera, el INEGI las organiza por manzanas (Figura 20), por lo que para un submuestreo conviene utilizar una afijación proporcional, dado que existen manzanas con mayor cantidad de viviendas que en otras (Figura 21).

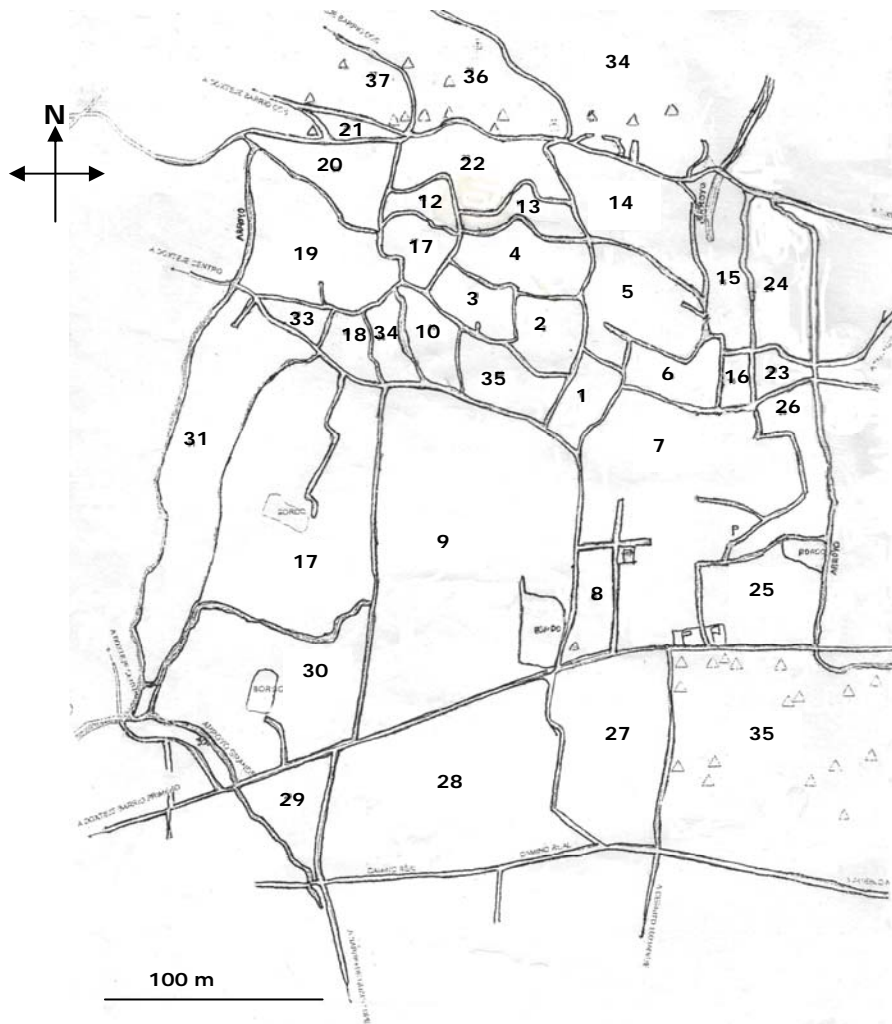


Figura 19. Organización de las manzanas según el INEGI (2006).

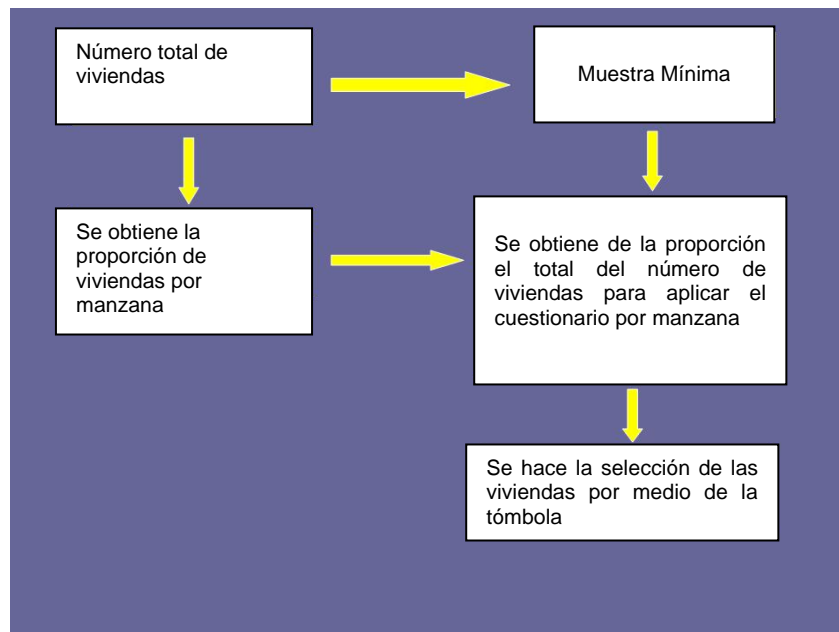


Figura 20. Metodología para obtener el número de viviendas a encuestar.

Para aplicar la afijación proporcional, en campo se consideró el número de viviendas que existen en cada manzana (Figura 22) y se obtuvo la proporción del número total de viviendas en la comunidad por manzana. De esta manera se determinó el número total de viviendas por encuestar en cada manzana.

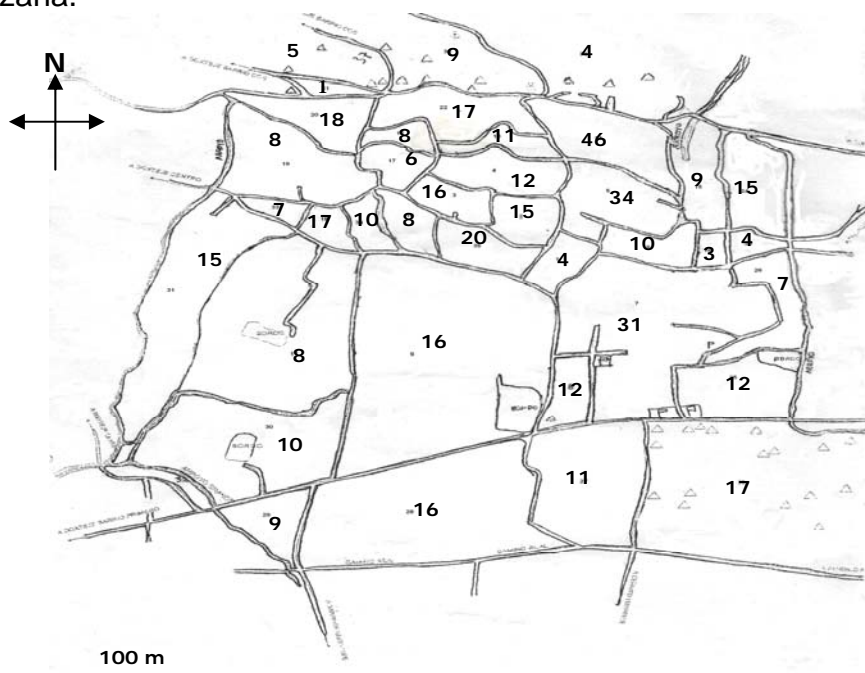


Figura 21. Número total de viviendas en cada manzana.

Con el número total de viviendas por encuestar por manzana, se seleccionaron las viviendas por medio del método de la tómbola. Es decir, se colocó en una caja fichas con números consecutivos, el total de estas fichas era el número total de viviendas que hay en una manzana. De la caja se sacaba una ficha que representaba el número de la casa a la que se aplicaría

el cuestionario. Se registraba la ficha y se volvía a incorporar a la caja para no alterar la probabilidad de elegir las viviendas al azar. Si la ficha repetía el número de la vivienda, se regresaba la ficha a la caja y se sacaba otra, repitiendo el mismo procedimiento. Existieron casos donde la vivienda que resultó sorteada no estaba habitada, entonces se procedía a repetir el procedimiento (Figura 23).

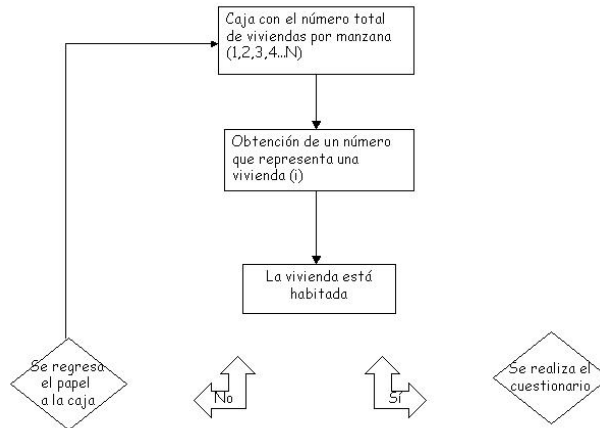


Figura 22. Metodología de la tómbola.

El número de la casa se asignó de la siguiente manera: en un recorrido a partir de la esquina Noreste de cada manzana en dirección de las manecillas del reloj (Figura 24), a la primera vivienda del recorrido se le asignaba el número uno, a la segunda el número dos y así consecutivamente (Figura 24).

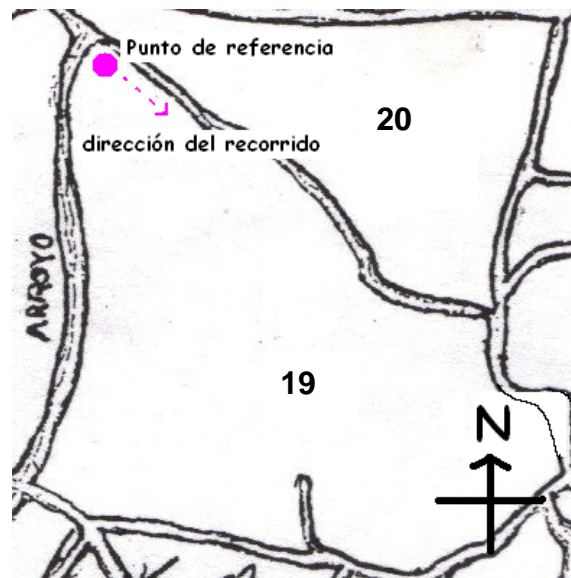


Figura 23. Asignación de número para cada vivienda.

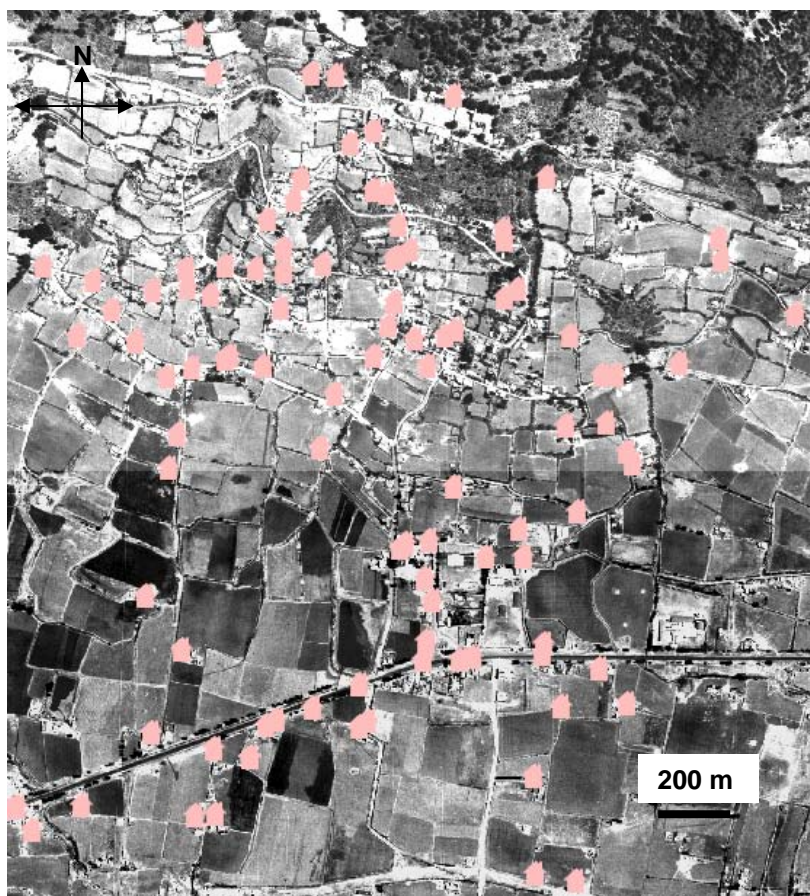


Figura 24. Viviendas a las que se les aplicó el cuestionario.

4.1.4.2 Cuestionario

En la sección anterior se discutió la metodología para realizar el censo para determinar los diferentes niveles de vulnerabilidad. Con este propósito, se realizaron preguntas de tipo: social, económico y educación (Anexo 2).

Con la información obtenida de los cuestionarios se realizó una base de datos y se establecieron sus respectivas ponderaciones tal como se explica en las siguientes subsecciones.

4.1.4.3 Ponderaciones

Se establecieron las siguientes ponderaciones para cada vulnerabilidad objeto de este estudio.

Vulnerabilidad Social

Para la vulnerabilidad social se consideraron además de las preguntas establecidas en el cuestionario, otros datos que vienen en el formato de tipología, como el número de habitantes en cada vivienda encuestada (Anexo 2). Ésta última información es importante ya que mientras haya mayor número de habitantes en una vivienda, se establece que ésta es más vulnerable ante

un sismo. Con base en ésta consideración se estableció la ponderación detallada en la Tabla 20.

Tabla 22. Ponderación por el número de habitantes que existe en una vivienda.

Número de habitantes en la vivienda	Ponderación
1 – 2	1
3 – 5	2
6 – 7	3
8 en adelante	4

Dentro de la vulnerabilidad social, como ya se discutió con anterioridad, está la percepción del riesgo. Es decir, que tan preparado se siente una persona para enfrentar un evento o una situación de desastre. En éste sentido se encuentran las preguntas 1 y 2 del cuestionario (Anexo 2). Por lo que mientras más preparados se sientan las personas para enfrentar una situación de desastre y tengan conocimiento de las zonas seguras, menor será su vulnerabilidad ante algún evento, llegando así a la ponderación de respuestas a las preguntas de acuerdo a la Tabla 21.

Tabla 23. Ponderación a las respuestas de la pregunta 1.

Me siento preparado para enfrentar un sismo	Ponderación
Si	1
puede ser que si	2
no se	3
puede ser que no	4
No	5

Tabla 24. Ponderación por las respuestas a la pregunta 2.

Conocimiento de rutas de evacuación o lugares seguros	Ponderación
si	0
puede ser que si	1
no se	2
puede ser que no	3
no	4

El conocimiento que tengan sobre las personas a las que pueden referir cuando exista una emergencia, ayuda a las personas en el momento de un desastre para que la capacidad de recuperarse sea adecuada. Es en éste sentido que se plantea la pregunta 3 en donde se cuestiona si se conoce a Protección Civil. Si no conoce éste órgano, que les puede ayudar en caso de desastre, su vulnerabilidad es mayor, por lo que se establece la siguiente ponderación de la Tabla 23.

Tabla 25. Ponderación a las respuestas de la pregunta 3 del cuestionario.

Conocimiento de protección civil	Ponderación
si	1
no	2

Una de las características importantes al momento de evaluar la vulnerabilidad social es la organización de las personas con sus vecinos para enfrentar sus problemas comunes que aquejan la comunidad, es en éste sentido para lo que está orientada la pregunta 4. Si los habitantes de una vivienda se organizan con sus vecinos en el momento de un desastre, habrá una mejor respuesta que cuando nunca se han organizado. Con estos criterios se establece la siguiente ponderación.

Tabla 26. Ponderación por las respuestas de la pregunta 4 del cuestionario.

Se organiza con sus vecinos	Ponderación
si	1
no	2

Como parte de la vulnerabilidad social, se debe considerar la cohesión de población, es decir el tipo de relación que tengan para enfrentar al desastre. Si su relación es amigable, lo más probable es que en el momento del desastre se ayuden entre sí aumentando su capacidad de recuperación o resiliencia. Por lo que se establece la siguiente ponderación indicada en la Tabla 25.

Tabla 27. Ponderación por las respuestas de la pregunta 5 del cuestionario.

Tipo de relación con sus vecinos	Ponderación
Amigable	1
Amable	2
Indiferente	3
No le habla a ninguno de sus vecinos	4

Otra de las preguntas relacionada con las dos últimas, es la seis, donde se obtiene información sobre si las personas participan en eventos organizados por la comunidad de tipo social o religioso. Las respuestas fueron ponderadas como se señala en la Tabla 26.

Tabla 28. Ponderación por las respuestas de la pregunta 6 del cuestionario.

¿Participa en eventos organizados por el pueblo?	Ponderación
Si	1
No	2

Por último, existen casos en los que las personas no saben o no desean responder a los cuestionarios aquí planteados ante la desconfianza que existe en la comunidad para las personas ajenas a la población, por lo que se estableció una ponderación de éstos vacíos que existen en la información utilizando el promedio de las respuestas con el propósito de obtener un resultado cercano a la realidad (Tabla 27).

Tabla 29. Ponderación por el número de vacíos en la información.

Número de vacíos	Ponderación
0	0
1	2
2	4
3	7

Vulnerabilidad Económica

Para la vulnerabilidad económica se consideran los recursos básicos como el agua, luz y drenaje. Esta información se obtiene dentro del formato de la tipología de las viviendas. Cuando las viviendas cuentan con éstos tres recursos, en caso de que ocurra un evento, los efectos serán mucho menores que si carecen de ellos. Con estos criterios se establece la siguiente ponderación.

Tabla 30. Ponderación de recursos básicos.

Recursos (agua, luz y drenaje)	Ponderación
cuenta con los tres	1
cuenta con solo dos	2
cuenta con solo uno	3
no cuenta con ninguno	3

La pregunta siete del cuestionario se orienta al número de personas en la vivienda que trabajan. Dependiendo del número de personas que contribuyen al gasto familiar, se puede superar una crisis económica como consecuencia de un desastre. Se establece la siguiente ponderación mostrada en la Tabla 29.

Tabla 31. Ponderación por el número de personas que trabajan.

Número de personas que trabajan	Ponderación
3 o más	1
2	2
1	3
0	4

La ponderación para el número de personas que contribuyen al gasto familiar se ve afectada por su distribución. Si se tienen muchos gastos y al mismo tiempo muchas personas que puedan solventarlo, entonces probablemente no afecte significativamente a la familia una crisis económica proveniente de un desastre. Por el contrario si se tiene pocas personas que contribuyen al gasto familiar entonces será difícil la recuperación. Por lo que se tienen la ponderación de la Tabla 30.

Tabla 32. Ponderación por la distribución del gasto.

Distribución del ingreso familiar	Ponderación
1	2
2	3
3	4
4	5

Muy vinculada se encuentra la pregunta nueve donde se cuestiona si las personas que habitan la vivienda tienen ahorros. Este ahorro les puede ayudar a recuperarse ante un desastre, más rápidamente que si no lo tuvieran. Por lo que se establece la ponderación indicada en la Tabla 31.

Tabla 33. Ponderación por el ahorro.

Ahorro	Ponderación
no	1
si	2

Por otro lado, si las personas tienen más de una actividad laboral, en caso de desastre, esta situación les proporciona una mejor capacidad de recuperación, ya que cuando ocurre un desastre, algunas de las actividades laborales se paralizan afectando a las personas que practican sólo una actividad laboral.

Tabla 34. Ponderación por la actividad laboral.

Actividad laboral	ponderación
3 o más	1
2	2
1	3

Se realizaron una serie de sub-preguntas cuando se identificaron personas que practican la agricultura, debido a que es una actividad que por sí sola no deja un ingreso económico significativo en la economía de las familias cuando se utiliza como autoconsumo. Se establece la ponderación de la Tabla 33.

Tabla 35. Ponderación por la actividad de agricultor y otros.

Si la única actividad es agricultor	
Uso de la cosecha	Ponderación
autoconsumo	2
venta	2
autoconsumo y venta	2

Si además de ser agricultor hay otra actividad laboral	
	Ponderación
autoconsumo	1
venta	2
autoconsumo y venta	2

Si además de ser agricultor hay mas de una actividad laboral	
	Ponderación
autoconsumo	1
venta	1
autoconsumo y venta	1

Igualmente que en la vulnerabilidad anterior (social) pueden existir vacíos en la información que se deben compensar dependiendo de las respuestas promedio de la población. Por lo que para estos casos se establece la ponderación indicada en la Tabla 34.

Tabla 36. Ponderación por el número de vacíos en la información.

Número de vacíos	Ponderación
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	9

Vulnerabilidad Educativa

De la pregunta 12 se obtiene el porcentaje de personas que estudian o estudiaron en una familia. Si tienen un nivel alto de estudios, entonces el nivel de vulnerabilidad es menor que con un bajo nivel de estudios. Con estos criterios se establece la ponderación de la Tabla 35.

Tabla 37. Ponderación por el porcentaje de personas que estudian.

Porcentaje de personas que estudian	Ponderación
0%-24%	4
25%-49%	3
50%-74%	2
75%-100%	1

La pregunta 13 se orienta al porcentaje de personas que no saben leer ni escribir. Estas personas son más vulnerables al momento de un desastre, ya que si no saben leer y las acciones de respuesta ante emergencias se dan por escrito, no sabrán como responder, por lo que serán más vulnerables. Se establece la ponderación señalada en la Tabla 36.

Tabla 38. Ponderación por el porcentaje de personas que son analfabetas.

Porcentaje de personas analfabetas	Ponderación
0%-24%	1
25%-49%	2
50%-74%	3
75%-100%	4

Por último, para éste tipo de vulnerabilidad tiene mucho que ver el grado de estudios que tienen las personas que habitan en las viviendas. Todo parte del hecho de que las personas que tienen mayor nivel de estudios comprenden en mayor medida los peligros a los que pueden estar expuestos. Por lo que se establece la ponderación de la Tabla 37.

Tabla 39. Ponderación por el grado máximo de las personas que estudian.

Grado máximo de las personas que estudian	Ponderación
Licenciatura	1
Preparatoria	2
Secundaria	3
Primaria	4
Ninguno	5

Este es el único caso en el que se considera la variedad del nivel de estudios. Es decir, si existen personas que cursan la secundaria y otras que cursa la primaria, se suman las ponderaciones que corresponden a la primaria y a la secundaria (4+3). Esto debido a que las personas que cursan la primaria pueden llegar a tener menor capacidad de respuesta al momento de que exista una emergencia, aumentando la vulnerabilidad total de las personas. Es importante resaltar que en ésta ponderación se encuentra implícita la edad de los habitantes de las viviendas, dado que se pregunta el grado máximo de las personas que se encuentran estudiando.

Al igual que las vulnerabilidades anteriores se establece una ponderación para el número de vacíos que se tienen en la información con base en los resultados promedio de las respuestas de la población. Obteniéndose la Tabla 38.

Tabla 40. Ponderación por el número de vacíos en la información.

Número de vacíos	Ponderación
0	0
1	4
2	8
3	11

Utilizando las tablas anteriores, se obtuvo una base de datos indicando el nivel de vulnerabilidad social, económica, educacional, estructural y total para cada vivienda en el área de estudio (Anexo 4). Los resultados fueron incorporados a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y permitieron establecer los intervalos de niveles de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Social.

Para ésta vulnerabilidad con el SIG se establecieron los siguientes intervalos para los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 41. Rangos establecidos para el nivel de vulnerabilidad social.

Rangos	Nivel de vulnerabilidad
6 - 9	Bajo
10- 13	Medio Bajo
14 - 17	Medio Alto
18 - 21	Alto

Considerando los rangos de vulnerabilidad de la Tabla 1 y los resultados de las encuestas, se obtuvo la siguiente distribución de vulnerabilidad social en las viviendas.

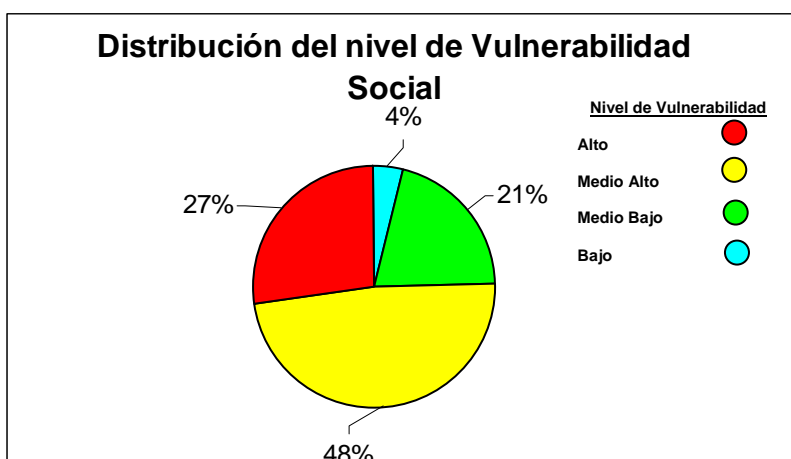


Figura 25. Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad social en la comunidad de Santa María Tixmadejé.

Utilizando el Sistema de Información Geográfica el nivel de vulnerabilidad social en el área de estudio se despliega como se muestra en la Figura 27.

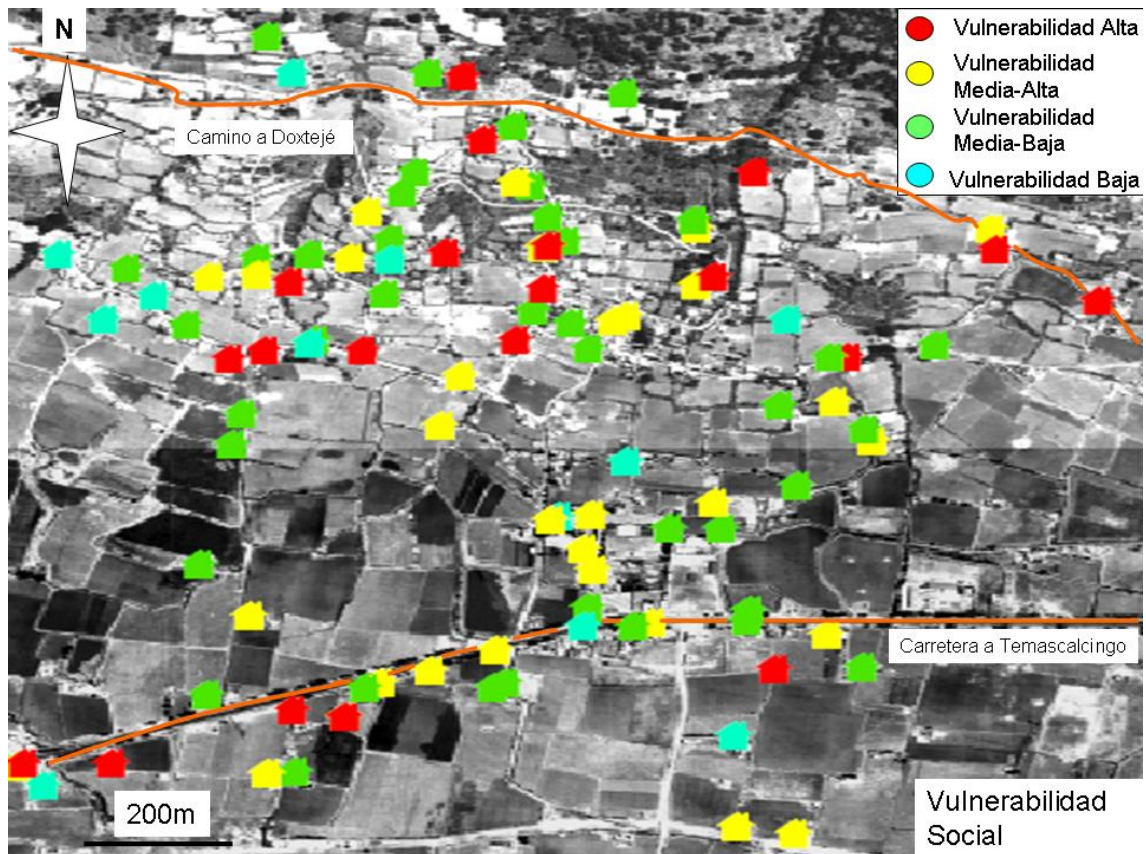


Figura 26. Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad social.

Vulnerabilidad Económica

Para éste rubro, en el SIG se establecieron los siguientes rangos.

Tabla 42. Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad económica.

Rangos	Nivel de vulnerabilidad
8 - 11	Bajo
12 - 14	Medio Bajo
15 - 17	Medio Alto
18 - 20	Alto

Con las ponderaciones y los rangos establecidos en la Tabla 40 se obtuvo la distribución de vulnerabilidad económica indicada en la Figura 28.

Distribución del nivel de Vulnerabilidad Económica

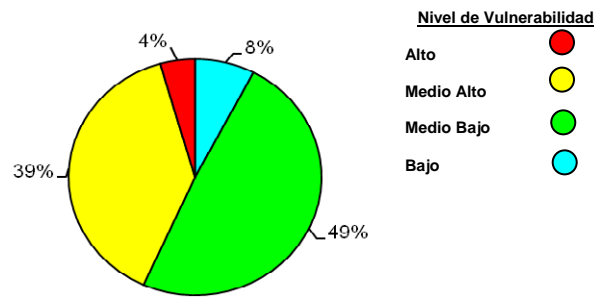


Figura 27. Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad económica en la comunidad de Santa María Tixmadejé.

La distribución de la vulnerabilidad económica en SIG se muestra en la Figura 29.

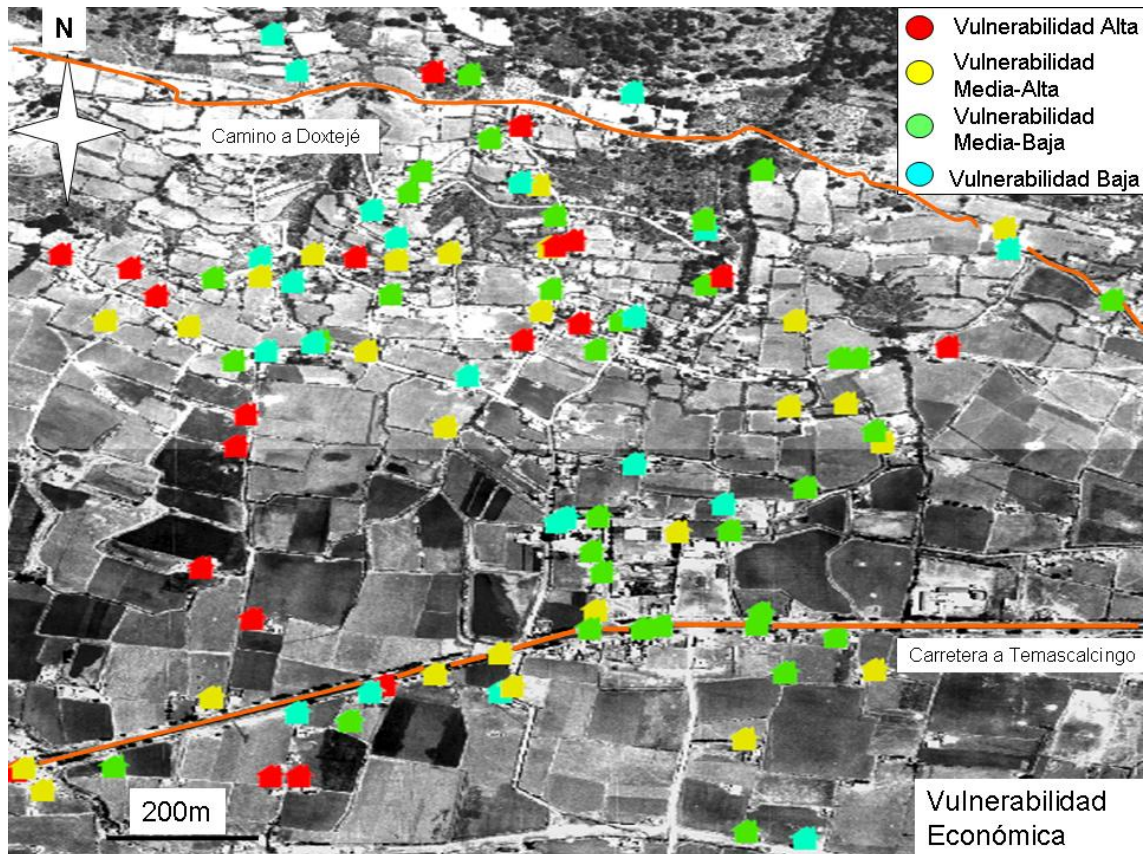


Figura 28. Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con el nivel de vulnerabilidad económica estimado.

Vulnerabilidad Educativa

Para ésta categoría de vulnerabilidad se establecieron los rangos mostrados en la Tabla 41.

Tabla 43. Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad educativa.

Rango	Nivel de vulnerabilidad
del 5 al 7	Bajo
del 8 al 10	Medio Bajo
del 11 al 13	Medio Alto
del 14 al 17	Alto

De acuerdo a la Tabla 41, la distribución del nivel de vulnerabilidad educativa para el total de viviendas se muestra en la Figura 30.

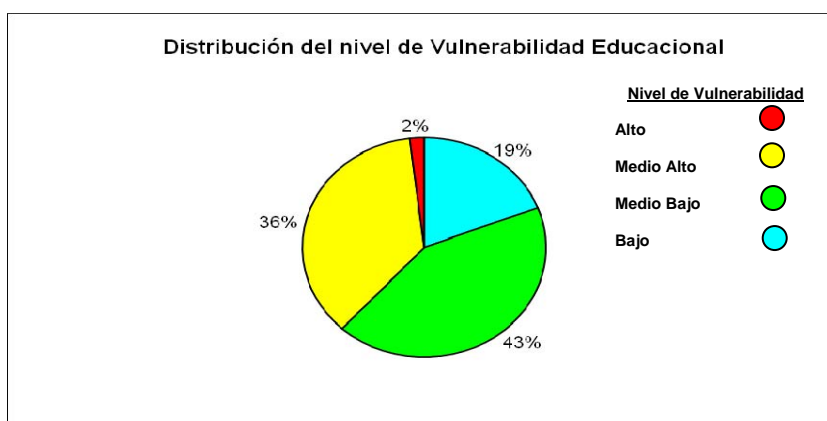


Figura 29. Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad educativa en la comunidad de Santa María Tixmadejé.

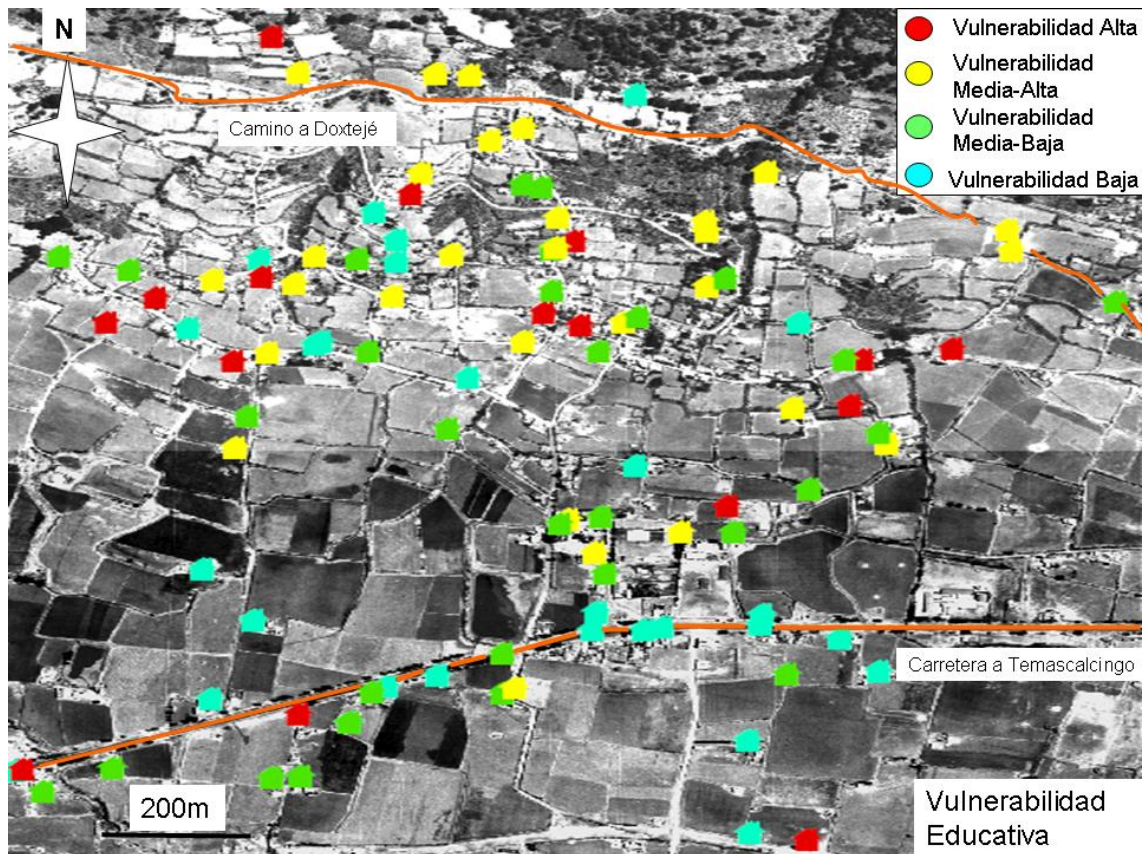


Figura 30. Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad educativa.

4.2 Vulnerabilidad Estructural

Para determinar el índice de la vulnerabilidad física de las viviendas, denominada también en éste trabajo como vulnerabilidad estructural (Capítulo 3, inciso 3.2.3), se recopiló la información para cada vivienda de acuerdo al formato propuesto en la Figura A.1.1.

Se determinó el índice de vulnerabilidad estructural utilizando la ecuación 3.9 con las siguientes consideraciones:

- V_i se obtuvo de la Tabla 4.
- $V_p = 4$, debido a que representa el peor desempeño de las viviendas en relación a su vulnerabilidad.
- $P_i = 0.14$ debido a que la comunidad de Santa María Tixmadejé se encuentra localizada dentro de la zona B con este nivel de peligro (Figura 15).
- $P_M = 0.8$ para todas las zonas. Así lo define la metodología.

De acuerdo con la tipología que tiene la vivienda y con base en los criterios establecidos en la metodología descrita en el Capítulo 3 se obtiene para cada vivienda el valor de I_{vf} , índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda que se obtiene de la ecuación 3.9. Con estos valores se establecen los rangos de la Tabla 42.

Tabla 44. Rangos establecidos para los niveles de vulnerabilidad estructural.

Rangos	Nivel de vulnerabilidad
44 - 76 = 0.044 - 0.076	Bajo
77 - 109 = 0.077-0.109	Medio Bajo
110 - 141 = 0.11-0.141	Medio Alto
142 - 175 = 0.142-0.175	Alto

En la columna derecha de la Tabla 42, se estableció una relación entre rangos, debido a que los resultados obtenidos para el índice de vulnerabilidad estructural (I_{vf}) son números menores a uno y el programa SIG requiere números enteros. Por este motivo, se multiplicaron los resultados por mil. Con los rangos de la Tabla 42 se obtiene la Figura 32.

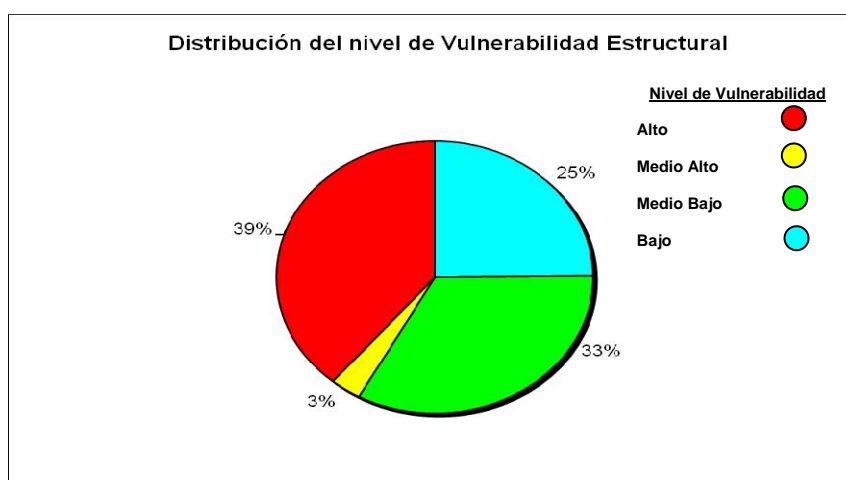


Figura 31. Distribución en porcentaje del nivel de vulnerabilidad estructural en la comunidad de Santa María Tixmadejé.

Con el uso del SIG se despliegan los resultados mostrados en la Figura 33.

Con base en lo propuesto por Puente y Reinoso (comunicación personal), la vulnerabilidad total se considera diferenciada, tomando en cuenta los elementos a los que se encuentra expuesta una población como lo son las amenazas por fenómenos naturales o antrópicos (Puente, 1999; 2000; Puente y Reinoso, 2005). La amenaza que se analiza en este trabajo de investigación son los sismos o movimientos del suelo. Por lo que la vulnerabilidad estructural es la que tiene mayor peso sobre la vulnerabilidad social, económica y educativa.

La ponderación que se le asigna a cada uno de éstos rubros sobre el 100% que representa la vulnerabilidad total es: vulnerabilidad estructural 40%, vulnerabilidad social 20%, vulnerabilidad económica 20%, vulnerabilidad educativa 20%.

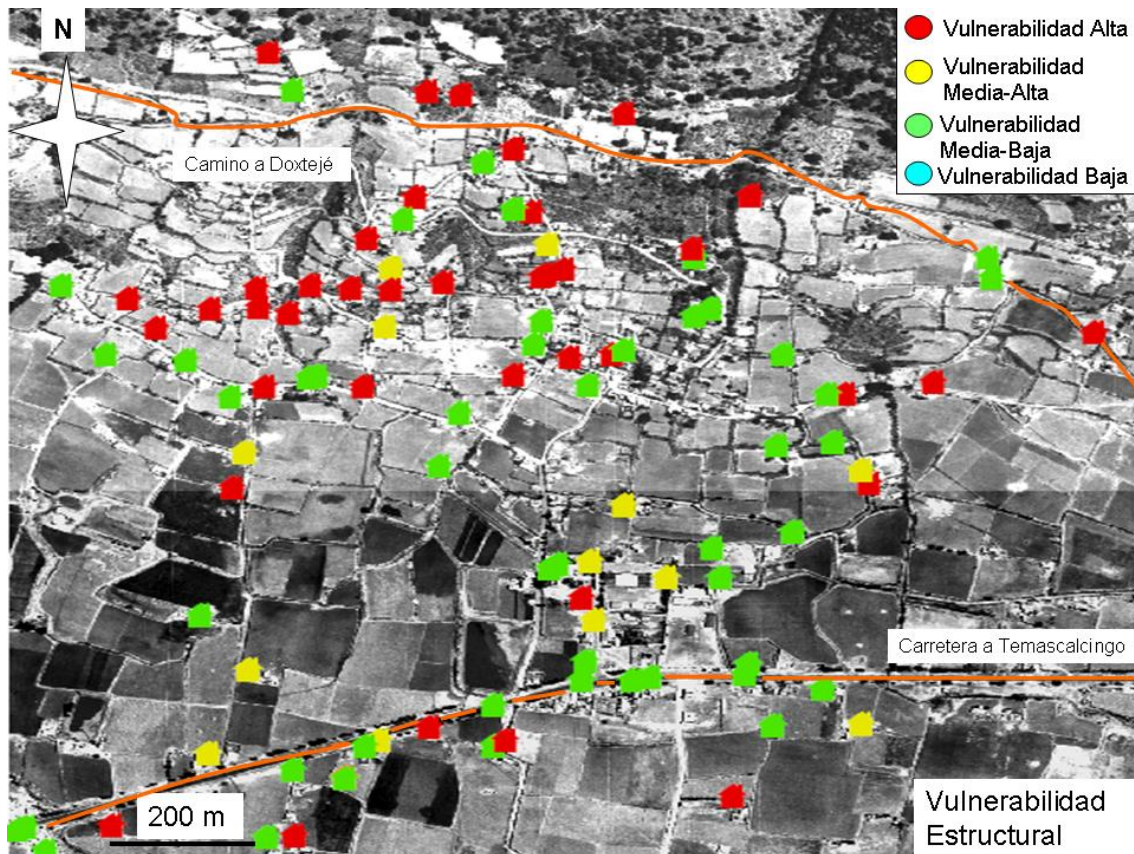


Figura 32. Imagen de las viviendas en la comunidad de Santa María Tixmadejé con su nivel de vulnerabilidad estructural.

4.3 Movimiento del suelo

4.3.1 Análisis de respuesta del sitio

Una parte importante del daño observado en sismos destructivos es la asociación de las amplitudes sísmicas con los efectos locales del sitio. El análisis de respuesta del sitio es importante para la evaluación de la amenaza sísmica (SESAME, 2004).

En éste estudio se utilizó el acelerógrafo ETNA Kinematics (Figura 34). El instrumento se colocó en 21 puntos en la mayoría de los casos situado en roca andesita sobre arcilla (Figura 35 y 36) y se consideraron registros de 30 minutos.

El acelerógrafo se orientó con respecto al norte. Primero con ayuda de una brújula se ubicó el norte marcando en el piso el sistema de referencia para posteriormente ubicar el acelerógrafo. Se orientaron los sensores del acelerógrafo en dirección E-W y N-S.

Además, para obtener un adecuado registro de la componente vertical, el acelerógrafo se orientó con respecto a la horizontal utilizando un nivel.



Figura 33. Acelerógrafo utilizado en la colección de datos en campo.



Figura 34. Instalación del acelerógrafo en puntos de muestreo.

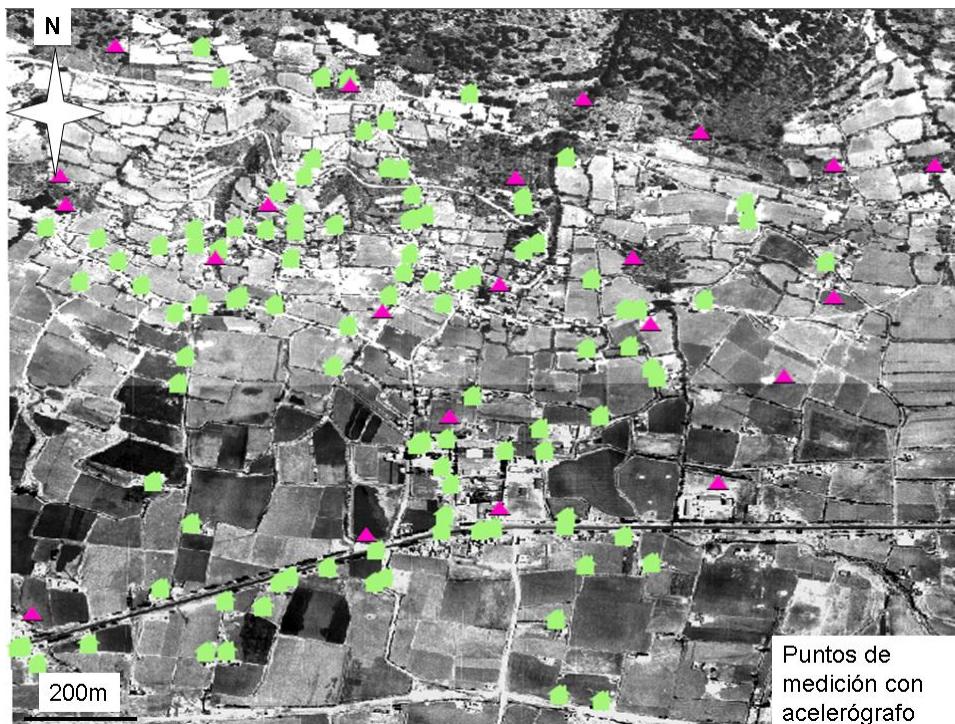


Figura 35. Ubicación los sitios empleados para medición con el acelerógrafo y los periodos naturales del suelo inferidos a partir de los datos.

4.3.1.1 Método de Nakamura

El método de cocientes espectrales H/V (espectro de la componente horizontal entre el espectro de la componente vertical) también llamado “Técnica de Nakamura” (Nakamura, 1989) fue utilizado en este trabajo para el estudio de la amenaza. Una vez que se obtuvieron los datos, éstos fueron procesados con ésta técnica.

Para realizar el análisis de los datos se obtuvieron los cocientes espectrales. Se obtienen registros del acelerógrafo en tres componentes espaciales (E-W, N-S, V) (Figura 37).

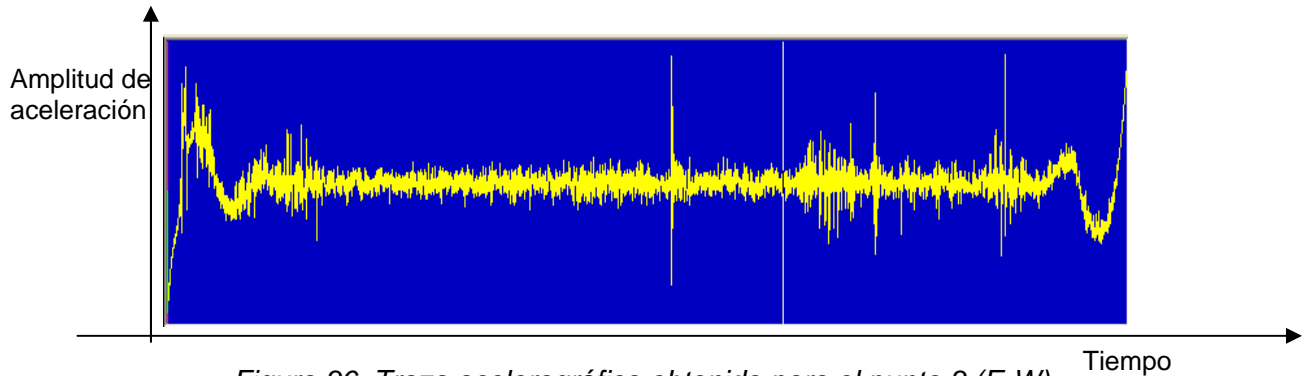


Figura 36. Traza acelerográfica obtenida para el punto 3 (E-W).

A los registros obtenidos se les aplicó una corrección de la línea base con la normal para que los registros fuesen fácilmente referenciados.

Se aplicó un filtro pasa-banda con un mínimo de 0.1Hz y máximo 20Hz, y se obtuvo la transformada de Fourier de cada señal (Figura 38). Posteriormente, se estimó la función de transferencia o bien el cociente espectral H/V. Obteniendo la frecuencia fundamental en el punto máximo de la gráfica que en éste ejemplo es 4.1 (Figura 39). Los resultados se expresan en la Tabla 43.

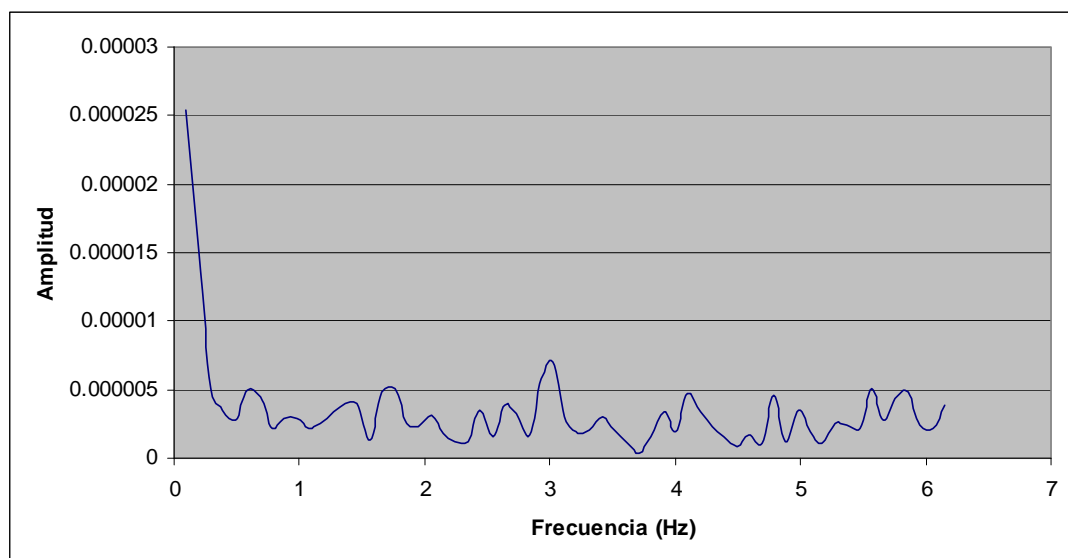


Figura 37. Transformada de Fourier obtenida del registro para el punto 3.

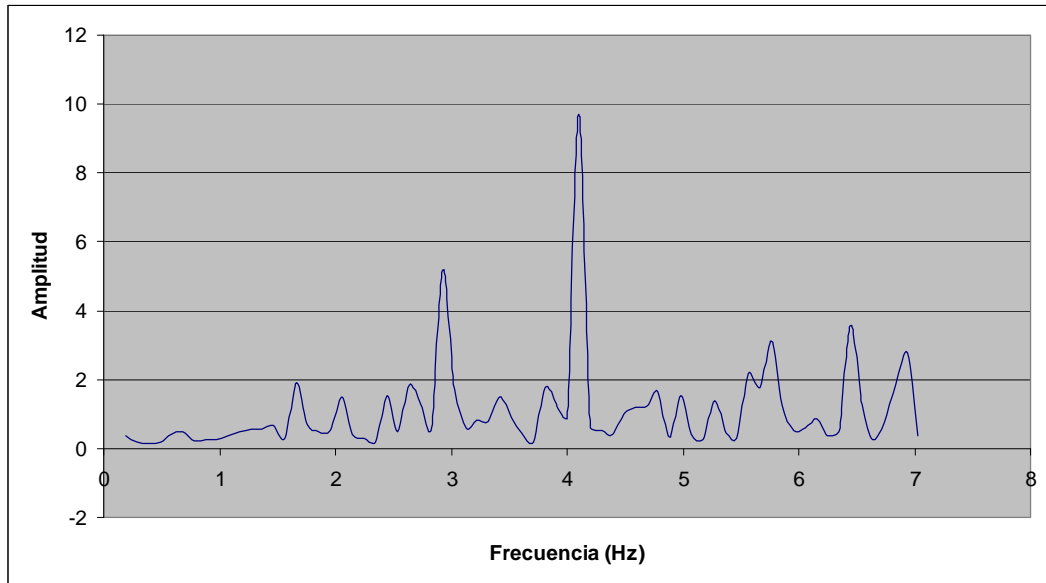


Figura 38. Función de transferencia para el punto 3. Donde la frecuencia fundamental es 4.1.

Tabla 45. Puntos de medición del Acelerógrafo y sus respectivas frecuencias y periodos.

Punto	N	W	Frecuencia (Hz)	Periodo (seg)
PTO1	19.97444	99.94139	2	0.500
PTO2	19.97417	99.94083	2	0.500
PTO3	19.97317	99.93500	4.1	0.250
PTO4	19.9725	99.93111	1	1.000
PTO5	19.96583	99.93472	6	0.167
PTO6	19.96528	99.93833	2	0.500
PTO7	19.96472	99.94056	3	0.333
PTO8	19.96306	99.94611	4	0.250
PTO13	19.97500	99.94472	2	0.500
PTO14	19.97389	99.93694	6	0.167
PTO15	19.9725	99.93278	3	0.333
PTO16	19.96806	99.93361	4	0.250
PTO17	19.96917	99.93583	6	0.167
PTO18	19.97056	99.93611	5	0.200
PTO19	19.96972	99.93278	5	0.200
PTO20	19.97000	99.93833	3	0.333
PTO21	19.97222	99.93806	3	0.333
PTO22	19.96944	99.94028	3	0.333
PTO23	19.97056	99.94306	4	0.250
PTO24	19.97167	99.94556	4	0.250
PTO25	19.97167	99.94222	4	0.250
PTO26	19.96722	99.93917	2	0.500

Con estos resultados y con ayuda de un software se trazaron las líneas de isoperiodos mostrados en la Figura 40.

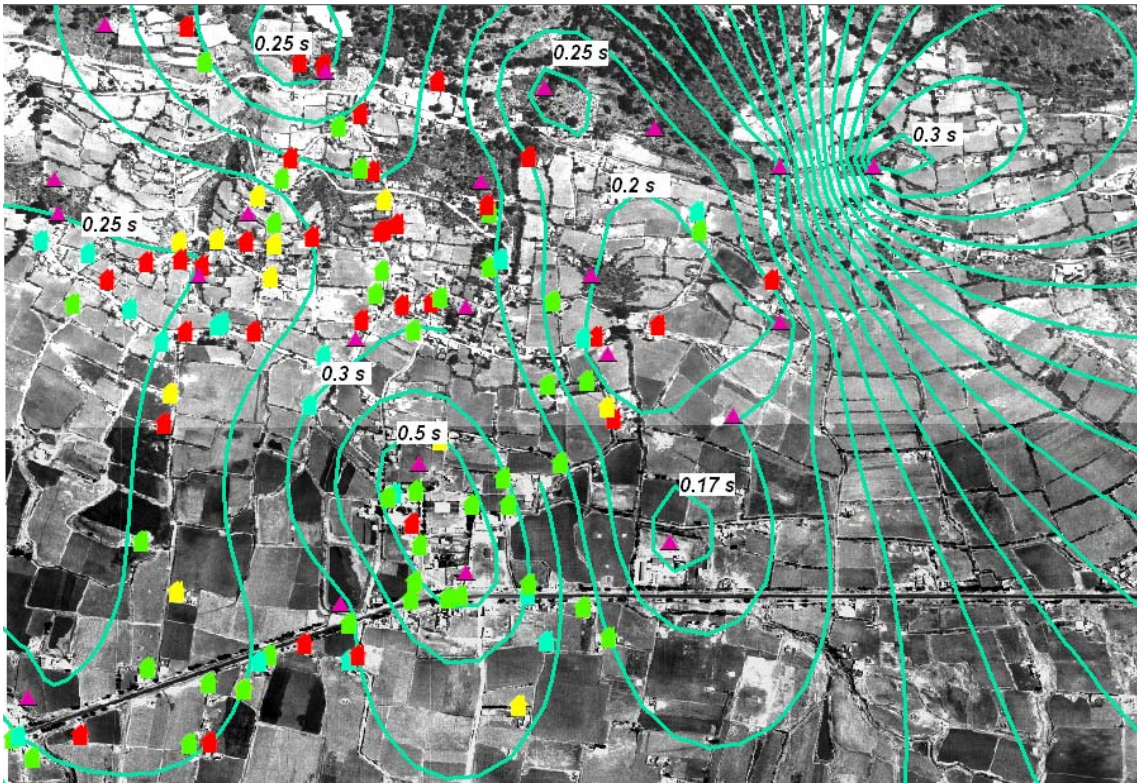


Figura 39. Mapa con los isoperiodos naturales del suelo.

Capítulo 5: RIESGO SÍSMICO

En éste capítulo se presenta y discute el mapa de riesgo obtenido para la comunidad de Santa María Tixmadejé. El mapa se elaboró con de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el modelo se consideró la vulnerabilidad que presenta la comunidad y la amenaza a la que está expuesta.

El riesgo puede medirse de forma cuantitativa considerando la siguiente expresión (UNDRO, 1979):

$$R = \sum P(H)V(t) \quad 5.1$$

Donde:

R= riesgo cuantitativo.

V= vulnerabilidad que depende del tiempo.

P = probabilidad que depende del evento que se está midiendo.

Considerando como evento los sismos y a la vulnerabilidad analizada, la ecuación 4.1 puede reducirse a:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \quad 5.2$$

Donde la vulnerabilidad es la vulnerabilidad global que se obtuvo en el capítulo anterior para la comunidad de Santa María Tixmadejé, Acambay, Estado de México.

En este trabajo se consideró como peligro sísmico la probabilidad de que ocurra un sismo de la misma magnitud que el ocurrido en el año de 1912. Para obtener el peligro sísmico, se requiere realizar un Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica (PSHA, por su significado en inglés) (Kramer, 1996). Este análisis puede realizarse por medio de varios métodos: la ley de Gutenberg-Richter (Gutenberg-Richter, 1944), las leyes de recurrencia de Gutenberg-Richter delimitadas (Gutenberg-Richter, 1944), las relaciones de predicción (Campbell y Borzorgnia, 1994), el modelo de Poisson, entre otras. En ésta investigación se utilizó las relaciones de predicción y el modelo de Poisson. Esto por la carencia de datos en la zona, ya que para ciertos modelos y leyes, se necesita información de una gran cantidad de eventos para una estimación probabilística.

5.1 RELACIONES DE PREDICCIÓN

Las leyes de predicción fueron propuestas por Campbell y Borzorgnia (1994). Estos autores consideraron registros sísmicos de todo el mundo y desarrollaron la ecuación 5.3 junto con las ecuaciones 5.4 y 5.5 Estas relaciones dan como resultado la probabilidad de que ocurra un sismo de magnitud M_w en una falla, con aceleración mayor a una aceleración que haya sido previamente generada en la falla. La probabilidad estimada es válida si cumple las siguientes condiciones:

- La relación entre la distancia (R) de la fuente al sitio, donde se está calculando la probabilidad debe ser ≤ 60 km.
- La ruptura sísmica debe ser: de 7.3 km de largo para una magnitud sísmica entre 5 y 5.4; de 3.5 para sismos con magnitud entre 5.5 y 6; de 3km para sismos de magnitud 6.5 o mayor.

La relación propuesta por Campbell y Borzorgnia (1994) es:

$$\ln PHA \text{ (gals)} = 3.512 + 0.904 M_w - 1.32 \ln \sqrt{R^2 + 0.149 \exp(0.647 M_w + (1.125 - 0.112 \ln R - 0.0957 M_w)F + (0.440 - 0.17 \ln R)S_{SR} + (0.405 - 0.222 \ln R)S_{HR}} + 5.3$$

Donde:

PHA= aceleración pico en Gales

M_w = magnitud del sismo que se espera que ocurra. En nuestro caso se toma como referencia el sismo ocurrido en 1912.

R = distancia entre la fuente y el sismo

F = constante que depende de la ruptura. Es igual a 0 cuando se trata de una falla strike-slip y normal. Es igual a 1 cuando se trata de una falla inversa, inversa-oblicua y de corteza.

S_{HR} y S_{SR} = toman valores 1 y 0 dependiendo del tipo de suelo. Cuando es roca dura, S_{HR} toma el valor 1 y S_{SR} toma el valor de 0. Si el suelo es roca suave S_{HR} toma el valor 0 y S_{SR} toma el valor de 1. Finalmente, si el sitio es aluvial, como en la zona lago en la ciudad de México, ambos toman el valor de cero.

Teniendo la aceleración pico se obtiene el parámetro z que son el promedio de las aceleraciones pico, ecuación 5.4.

$$z = \frac{\ln PHA - \overline{\ln PHA}}{\sigma_{\ln PHA}} \quad 5.4$$

Donde:

$\ln PHA$ = aceleración generada por un sismo anterior y que podría ser superada por un nuevo sismo (en Gales) en la misma zona.

$\overline{\ln PHA}$ = es el valor que se obtiene de la ecuación 5.3

$\sigma_{\ln PHA}$ = es una constante que toma valores de:

$$\sigma_{\ln pHA} \begin{cases} 0.889 - 0.0691M, M \leq 7.4 \\ 0.38, M > 7.4 \end{cases} \quad 5.5$$

Obteniendo el valor normal de la función de distribución acumulativa, podemos obtener la probabilidad $F_z(-z)$ mediante la Tabla 46 y sustituyendo su valor en la ecuación (5.6):

$$F(z) = 1 - F_z(-z) \quad 5.6$$

F (z) se traduce en la probabilidad de que ocurra un evento de magnitud M a una distancia R de la fuente:

$$F(z) = \left[P(\overline{PHA}) > PHA / M = M / R = R \right] = 1 - F_z(-z) \quad 5.7$$

En esta investigación F(z) se determinó considerando lo siguiente: 1) la comunidad se encuentra asentada en roca dura; 2) la distancia de la comunidad a la fuente generadora de grandes sismos es de aproximadamente 1 km, dado que la comunidad se encuentra casi sobre la falla; 3) se trata de una falla normal la que genera los sismos; 4) con una magnitud de 6.9 5) el sismo de referencia es el ocurrido en 1912 que tuvo una aceleración de 880 g. Se consideran los reportes de Urbina y Camacho (1913) (Tabla 44), el valor representa la aceleración obtenida en dirección N-S para la estación más cercana al epicentro. Bajo estas consideraciones la ecuación 5.3 se convierte en:

$$\ln PHA \text{ (gals)} = 3.512 + 0.904 (6.9) - 1.32 \ln \sqrt{1^2 + 0.149 \exp(0.647 (6.9))} + (0.405 - 0.222 \ln R) S_{HR} = 8.01 \text{ gal}$$

5.8

Tabla 46. Valores de aceleración reportados por Urbina y Camacho (1913).

Estación	Orientación del sensor	Aceleración (Δg) Miligales
Tacubaya	N-S	880
	E-W	850
Mérida	N-S	32
	E-W	38
Zacatecas	N-S	66
	Z	240
Jalisco	E-W	72
Sinaloa	N-S	72
	Z	70
Oaxaca	N-S	122
	E-W	94
	Z	100

Utilizando la ecuación 5.4 se obtiene:

$$z = \frac{\ln(0.86) - \overline{\ln 8.01}}{3.3} = -0.676 \quad 5.9$$

De tablas del valor normal de la función de distribución acumulativa (CDF) se obtiene:

$$F(z) = \left[P(\overline{PHA}) > 0.86 g / M = 6.9 / R = 1 \right] = 1 - 0.2514 = 0.7486 \quad 5.10$$

Donde el valor de F indica la probabilidad de que ocurra un sismo de magnitud 6.9 en la falla normal de Acambay-Tixmadejé con aceleración mayor a 860 g a una distancia de 1km de la falla en roca dura.

Ésta ley de predicción no indica un período de recurrencia, sólo indica una probabilidad de ocurrencia. Para obtener un período de recurrencia se utilizó el método de Poisson como se discute en la siguiente sección.

5.2 MODELO DE POISSON

El modelo de Poisson establece:

$$P[N \geq 1] = 1 - e^{-\lambda_m t} \quad 5.11$$

Donde:

P = la probabilidad de que ocurra un evento en un período de tiempo t
 λ_m = la frecuencia de recurrencia de un evento. Es una constante que se determina a partir de la inversa del período de recurrencia.
t = período determinado aleatorio

Éste modelo tiene las siguientes características:

1. El número de sucesos en un intervalo de tiempo es independiente del número de eventos en otro intervalo de tiempo.
2. La probabilidad de sucesos durante un intervalo de tiempo corto es proporcional a la longitud del intervalo de tiempo.
3. La probabilidad de que un evento ocurra durante un intervalo de tiempo pequeño, es insignificante.

Estudios realizados en la zona de Acambay han determinado un período de recurrencia de 3600 – 5000 (Langridge, 2000). Considerando un período de recurrencia promedio (4300 años), λ_m toma el valor de 0.000232. Por lo que para períodos de tiempo 10, 50,100 y 500 años se obtienen las siguientes probabilidades:

Tabla 47. Periodos de recurrencia.

Periodo de tiempo t	Probabilidad
10	0.0023
50	0.0115
100	0.0229
500	0.884

5.3 ESCENARIOS DE RIESGO

Considerando los valores de probabilidad obtenidos para la amenaza, así como los niveles obtenidos de vulnerabilidad total, se utilizó la ecuación 5.12 para obtener los niveles de riesgo sísmico:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \quad 5.12$$

En las Figuras 38, 40, 42 y 44 se presentan los mapas de riesgo sísmico para las viviendas que existen en Santa María Tixmadejé, Acambay, Estado de México, proyectados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Con los valores obtenidos para la probabilidad de que ocurra un evento similar al de 1912 (ecuación 5.10) y los niveles de vulnerabilidad obtenidos en el Capítulo 4 se obtiene el mapa de riesgo presentado en la Figura 37 Donde la mayoría de las viviendas presentan un nivel de riesgo medio alto y alto.

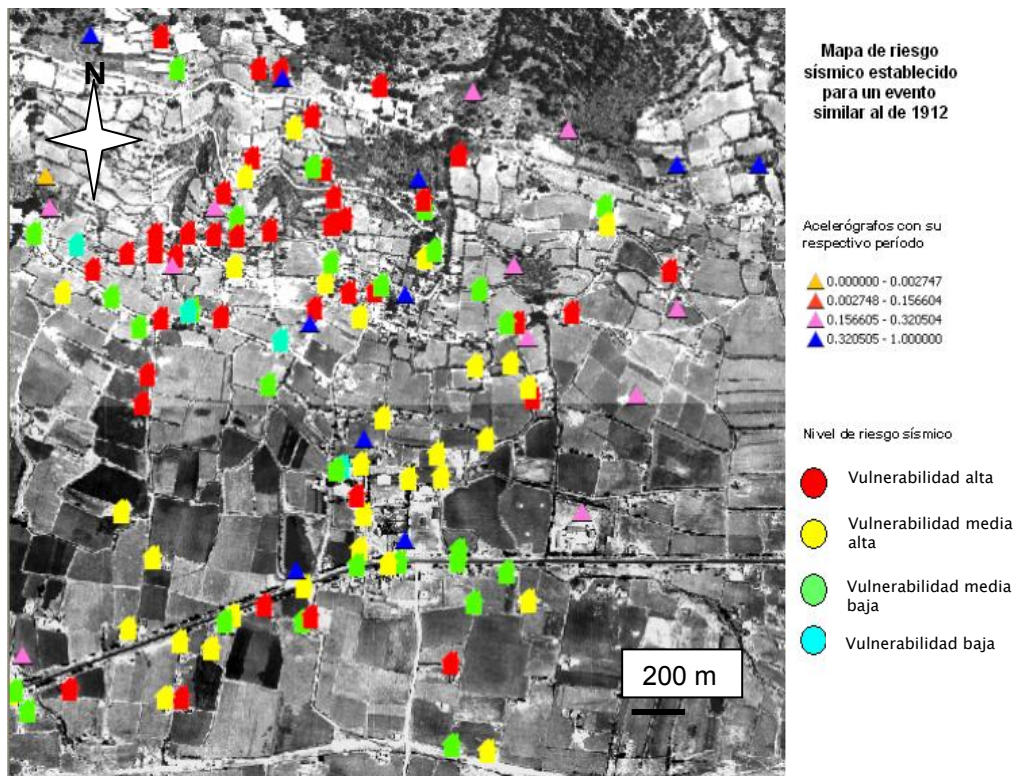


Figura 40. Escenario de riesgo sísmico determinado por medio de relaciones de predicción.

Otra representación de los resultados se muestra en la Figura 38. La mayoría de las viviendas presentan un nivel de riesgo medio alto y alto.

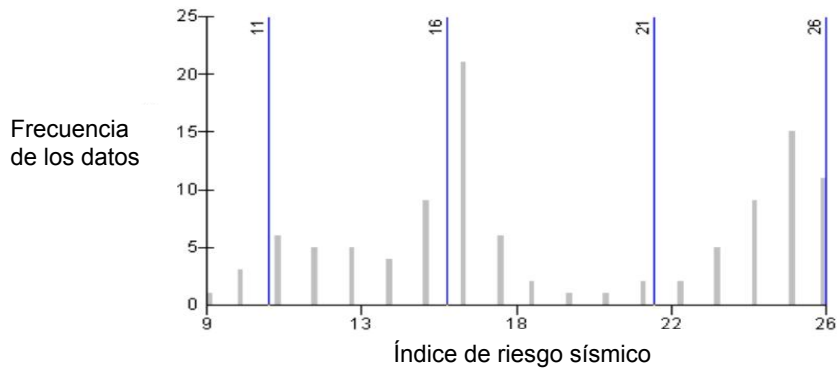


Figura 41. Distribución de las viviendas en los cuatro niveles de riesgo sísmico (bajo, medio bajo, medio alto y alto). Las líneas azules señalan los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico.

Para los valores obtenidos con el método de Poisson los escenarios de riesgo para un periodo de tiempo de 10 años se muestra en la Figura 39. La distribución de estos resultados se muestra en la Figura 40. La mayoría de las viviendas tiene riesgo medio bajo y alto.

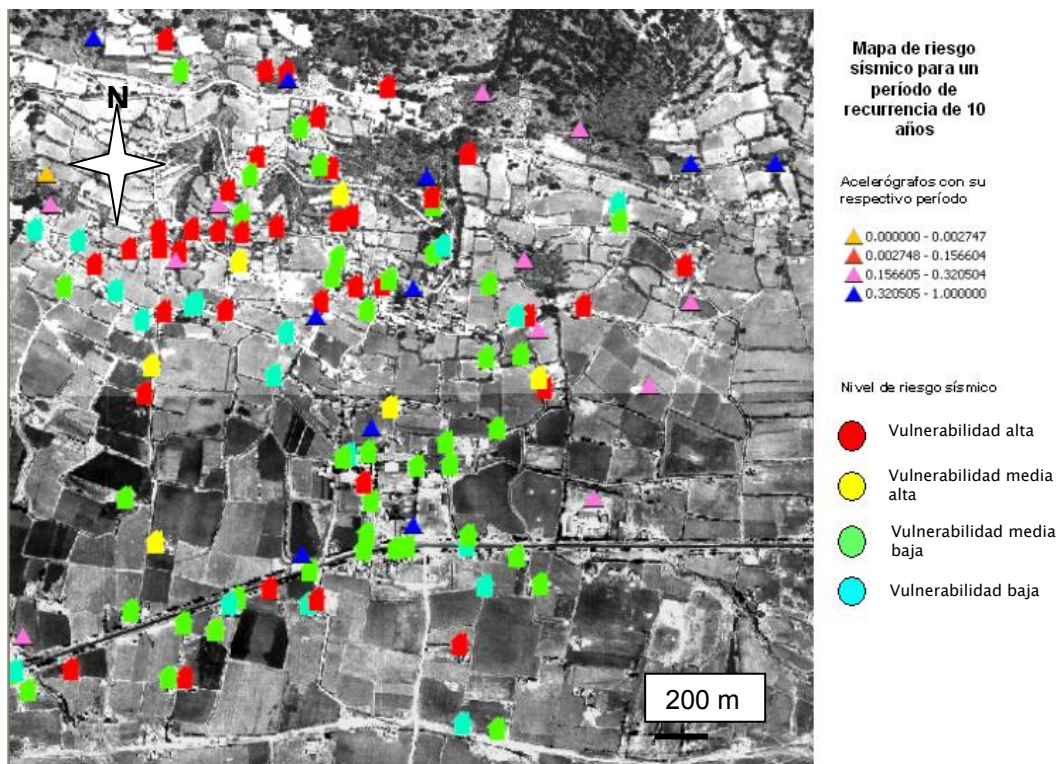


Figura 42. Escenario de riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un periodo de tiempo estimado de 10 años.

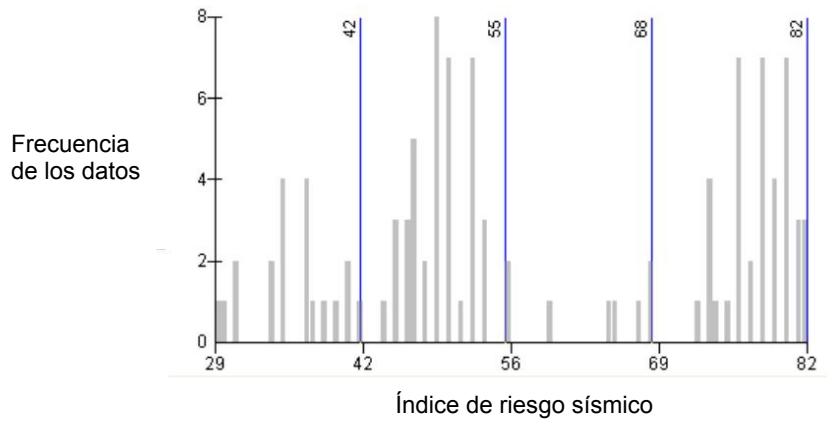


Figura 43. Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 10 años.

La distribución del riesgo de las viviendas en un período de 50 años se muestra en la Figura 41. La mayoría de las viviendas tiene en riesgo medio bajo y alto.



Figura 44. Escenario de riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 50 años.

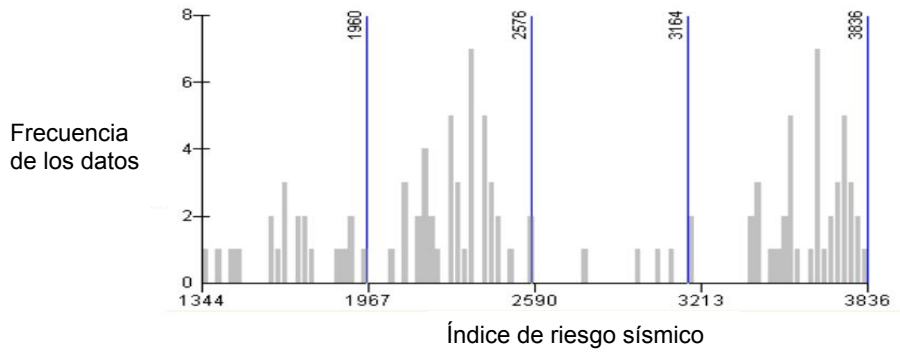


Figura 45. Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 50 años.

La distribución del riesgo de las viviendas en un período de 100 años se muestra en la Figura 43. La mayoría de las viviendas tiene riesgo medio bajo y alto.

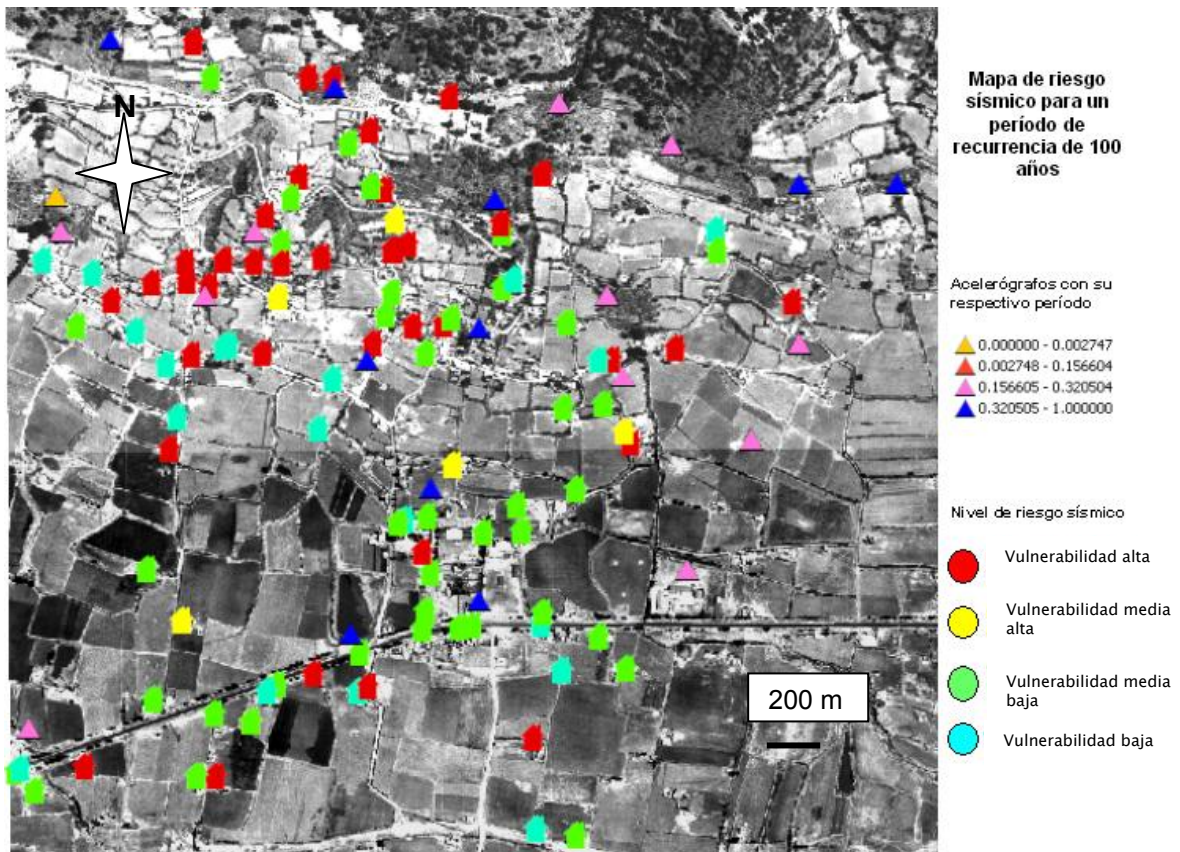


Figura 46. Escenario de riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 100 años.

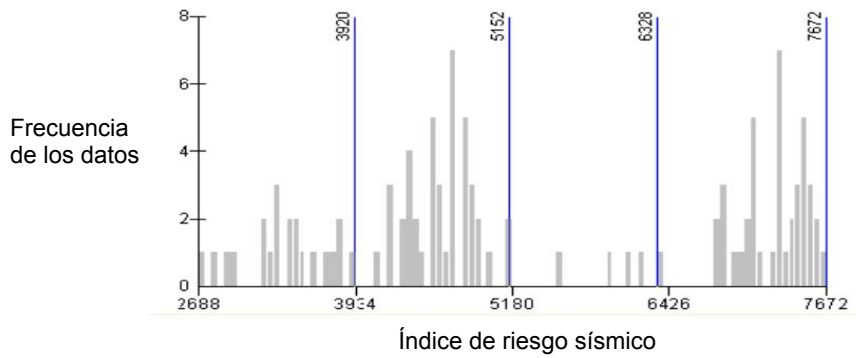


Figura 47. Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 100 años.

La distribución del riesgo de las viviendas en un período de 500 años se muestra en la Figura 45. La mayoría de las viviendas tienen riesgo medio bajo y alto.

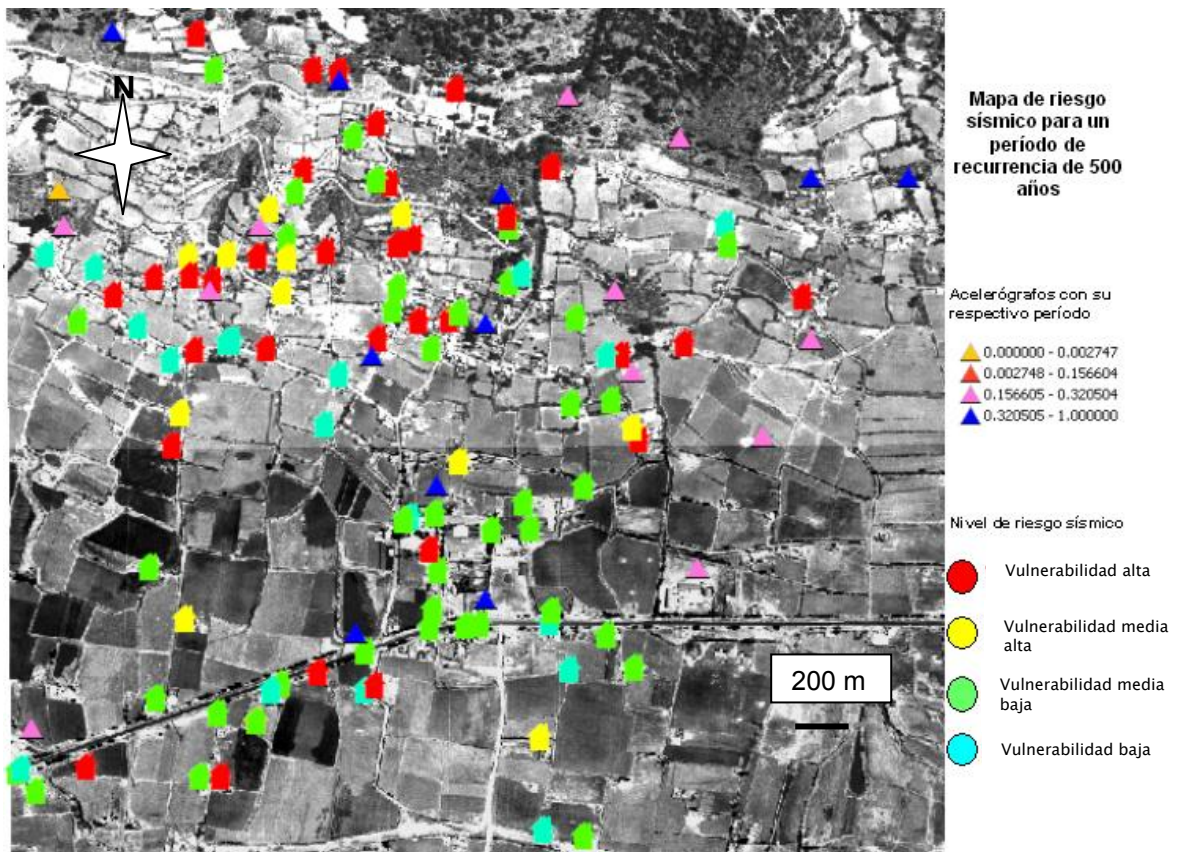


Figura 48. Escenario de riesgo sísmico obtenido por medio del modelo de Poisson, para un período de tiempo estimado de 500 años.

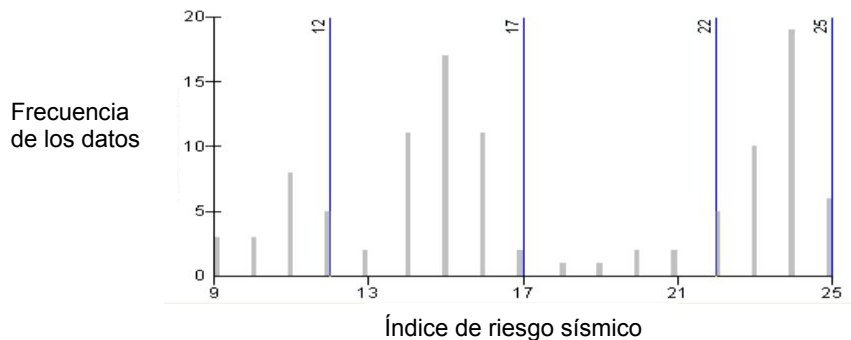


Figura 49. Distribución de las viviendas en los rangos de riesgo bajo, medio bajo, medio alto y alto. Las líneas azules indican los límites de los niveles del índice de riesgo sísmico para un periodo de tiempo de 500 años.

5.4 CONSIDERACIONES CUALITATIVAS SOBRE EL RIESGO

Dado que el riesgo varía con el tiempo y se construye con el tiempo. En ésta investigación se observaron factores que afectan en forma directa el desarrollo del riesgo.

En la comunidad de Santa María Tixmadejé, las mujeres participan, al igual que los hombres, organizándose en grupos para arreglar los problemas que aquejan la comunidad. Cuando el delegado convoca a la comunidad, se realizan juntas donde se discuten los problemas que los aquejan. Se organiza una comisión con las personas que están presentes para asistir a la presidencia municipal y arreglar el problema. Esta comisión se encarga de tener informada a la comunidad de los percances y avances que se han dado al problema.

La comunicación entre vecinos cercanos es buena. Sin embargo, en general no se enteran de los problemas de la comunidad si no les afecta directamente a ellos.

La mayoría de los habitantes están en el programa oportunidades que les ofrece una cantidad monetaria mensual como apoyo a las familias para que sus hijos estudien. Muchas personas sólo viven con éste apoyo y con lo poco que siembran. Algunas familias reciben remesas de parientes que trabajan fuera del municipio por lo que sus viviendas están mejor construidas.

No existe una atención médica gratuita eficiente para los habitantes de la comunidad pues a pesar de que existe una clínica, la mayoría, cuando se enferma consultan a un médico particular.

La percepción del riesgo sísmico es colectiva, es decir que la mayoría de la población considera que el riesgo que presentan no es diferente para cada habitante sino que todos tienen el mismo nivel de riesgo. La mayoría afirma que si les ocurre un desastre también a los demás. En general, la población considera que no está en sus manos el hecho de que ocurra un desastre.

Al parecer se da una división entre la población de Tixmadejé “grande” y la del llamado “centro” del poblado. Los primeros residen cerca de la carretera y los que están cerca de la iglesia no se enteran de lo que pasa “abajo”.

Estas observaciones cualitativas dan lugar a que se considere un nivel de riesgo cualitativo medio bajo. Considerando que la población tiene la capacidad y disposición de ayudarse entre sí, lo que hace que en caso de una emergencia pueden llegar a tener una buena organización.

Capítulo 6: DISCUSIÓN

6.1 Vulnerabilidad de las Instalaciones Vitales

Los resultados obtenidos en los niveles de vulnerabilidad total de las instalaciones vitales indican que la mitad de las instalaciones se encuentran en un nivel de vulnerabilidad alto y medio alto. Esto quiere decir que en caso de que ocurra un evento natural de magnitud considerable los efectos pueden ser significativos.

Las instalaciones con el nivel de vulnerabilidad alto son la iglesia y la casa de salud. Graficando los resultados de las ponderaciones de las instalaciones vitales se puede observar que el nivel de vulnerabilidad total de la iglesia y la casa de salud radica en: 1) No tienen área de seguridad (Figura A.3.1) ni de triaje (Figura A.3.2); 2) No cuentan con extintores (Figura A.3.3); 3) Operan sin planes de emergencia (Figura A.3.4); y 4) tienen cimientos dudosos (Figura A.3.5). Lo que las convierte en instalaciones vitales poco funcionales en caso de desastre. Se recomienda tomar medidas sobre éstas carencias.

Las otras tres instalaciones vitales que presentan un nivel de vulnerabilidad total significativa, con nivel medio alto, son el pozo uno, el Centro de Desarrollo Indígena (CDI) y la secundaria. Su vulnerabilidad radica en que no cuentan con áreas de seguridad (Figura A.3.1) ni de triaje (Figura A.3.2). Además de que no cuentan con planes de emergencia (Figura A.3.3). Por otro lado, una característica singular de la secundaria, es que es la única instalación que tiene necesidad de escaleras de emergencia y no cuenta con ella. Es importante resaltar ésta característica, ya que en la escuela asisten varios alumnos y en caso de que exista una emergencia que requiera de evacuación no podrá ser realizada con seguridad, por la ausencia de las escaleras de emergencia. Por otro lado, el pozo uno es una instalación, donde en ocasiones hay una persona de guardia por lo que debería de contar con un área de seguridad y no la tiene.

Un 30% de las instalaciones vitales se encuentra en un nivel medio bajo, indicando cierta capacidad para enfrentar una emergencia, se trata de los dos jardines de niños y la escuela primaria. Los tres cuentan con área de seguridad (Figura A.3.1) y los dos jardines cuentan con planes de emergencia, ayudando a la instalación a tener una probabilidad favorable en el momento de actuar ante una emergencia ocasionando que su nivel de vulnerabilidad total sea de medio bajo.

El 20% de las instalaciones vitales se encuentra en el nivel bajo de vulnerabilidad total que son la instalación Telmex y el Pozo dos, esto se debe a que, en ambos casos, no existen personas laborando en el lugar y su infraestructura es lo suficientemente estable para un evento como los sismos.

6.2 Vulnerabilidad Social, Económica y Educacional

La muestra mínima indica que el 25% de la comunidad de Santa María Tixmadejé presenta un nivel de vulnerabilidad social bajo y medio bajo. Mientras que el 75% presenta un nivel de vulnerabilidad alto y medio alto.

El 27% presenta un nivel de vulnerabilidad social alto. Observando las Tabla A.4.1 del Anexo 4, podemos deducir que este nivel de vulnerabilidad es debido a que las viviendas cuentan con un significativo número de habitantes. Además, las personas que habitan las viviendas no se sienten preparados para enfrentar un sismo, no conocen protección civil, no conocen las rutas de evacuación o los lugares seguros a los cuales dirigirse, no se organizan con sus vecinos para resolver problemas comunes y en ocasiones no tienen ninguna relación con sus vecinos. Estos indicadores al momento de evaluar la vulnerabilidad social son determinantes como se explicó en la Sección 4.1.4.3 del Capítulo 4. Se infiere que en caso de una emergencia, los habitantes de las viviendas con nivel alto de vulnerabilidad social, no tienen la capacidad de enfrentarla.

El 48% de la comunidad presenta un nivel de vulnerabilidad social medio alta, que como se observa en la Tabla A.4.1 son viviendas con 3 a 5 personas, donde sus habitantes no se sienten preparados para enfrentar un sismo y tampoco conocen las rutas de evacuación disponibles o los lugares seguros a los cuales dirigirse.

Por otro lado, se tiene que el 21% de la población presenta un nivel de vulnerabilidad social medio bajo, donde la característica principal de las viviendas es que las familias no se sienten preparadas para enfrentar un sismo, porque no conocen los lugares seguros a cuales dirigirse. En ocasiones conocen a los representantes de protección civil y su relación con los vecinos es amigable o amable. Haciendo la inseguridad de las personas ante un sismo, su único defecto al cual afecta a su vulnerabilidad. Sin embargo, en caso de una emergencia serán capaces de recuperarse por sí solos, sabrán encontrar la ayuda necesaria y los lugares seguros en los que se pueden proteger, aunque pueden entrar en pánico descartando una pronta recuperación.

Por último, el 4% de la población presenta un nivel de vulnerabilidad social baja. Las características en su mayoría son: tienen un número de habitantes entre 3 y 5 personas, se sienten preparados para enfrentar un sismo, conocen los lugares seguros a los cuales dirigirse en caso de emergencia, se organizan con sus vecinos, conoce protección civil, participan en eventos organizados por el pueblo, y la relación de con sus vecinos es entre amable y amigable. Estas características identifican a las viviendas con un nivel bajo de vulnerabilidad social ya que son las principales herramientas para superar una emergencia.

La muestra mínima indica que el 57% de la comunidad de Santa María Tixmadejé presenta un nivel de vulnerabilidad económica bajo y medio bajo.

Mientras que el 43% presenta un nivel de vulnerabilidad económica alto y medio alto.

El 4% de la población tiene un nivel de vulnerabilidad económica alta. Las características de las viviendas que presentan este nivel de vulnerabilidad son: en la vivienda existe de cero y dos personas que trabajan, todas sólo se dedican a un trabajo que en su mayoría es la agricultura, la distribución de su gasto se reparte entre dos y cinco cosas (salud, educación, alimentación, entre otros) y la mayoría ocupa su cosecha para autoconsumo. Lo cual hace cuestionarse el ingreso que tienen. Este tipo de vivienda recibe apoyo de un programa federal llamado "oportunidades" que les ofrece una cantidad mensual que les alcanza sólo para gastos básicos como transporte y comida. Por lo que en el momento de una emergencia no tendrán la capacidad de recuperarse económicamente.

El 39% de la población presenta un nivel de vulnerabilidad económica media alta. Sus características son: en la vivienda habitan de una a dos personas que trabajan; tienen de dos a un trabajo cada uno: uno de ellos es agricultor; la distribución de su gasto es entre una y tres de los siguientes rubros principalmente alimentación, educación y salud y ocupan la cosecha para el autoconsumo. El que las personas de la comunidad tengan más de un trabajo en ocasiones ayuda a reducir la vulnerabilidad económica de las familias debido a las condiciones anteriormente mencionadas. En caso de que ocurra una emergencia, las viviendas que presentan éste nivel de vulnerabilidad, no podrán recuperarse económicamente por sí mismos, requerirán de ayuda externa.

El 49% de la población en la comunidad presenta un nivel de vulnerabilidad económica medio bajo. Las características que presentan éstas viviendas son similares a las anteriores, con la diferencia de que la mayoría trabaja en más de una actividad, además de la agricultura y otro. Además, en muchos casos existe más de una persona trabajando, haciendo a la vivienda menos susceptible económicamente ante una emergencia.

Finalmente, el 8% de la población presenta un nivel bajo de vulnerabilidad económica, donde la mayoría de las viviendas presentan al menos dos personas que trabajan y la distribución de sus gastos es mínima ya que lo distribuyen sólo para su alimentación y salud, además de practicar más de un oficio. Sin embargo, la cantidad de viviendas que presentan éste nivel de vulnerabilidad es reducida concluyendo que es su conjunto la población de Santa María Tixmadejé no tiene capacidad de recuperarse por si misma económicamente en caso de una emergencia.

La muestra mínima indica que el 62% de la comunidad de Santa María Tixmadejé presenta un nivel de vulnerabilidad educativa bajo y medio bajo. Mientras que el 38% presenta un nivel de vulnerabilidad educativa alto y medio alto.

El 2% de la población presenta un nivel alto de vulnerabilidad educativa alta, es decir, de las viviendas encuestadas son tres los casos que presentan esta

vulnerabilidad. Su nivel alto de vulnerabilidad radica en que presentan más de dos grados escolares (kínder y otros). Indicando que en las viviendas habitan un número significativo de personas aumentando su vulnerabilidad. Haciendo a los habitantes de la vivienda más susceptibles a una emergencia que cuando existen menos habitantes.

El 36% de la población tiene un nivel de vulnerabilidad educativa media alta. Su vulnerabilidad radica en que pocos saben leer y escribir. Además, los grados escolares son distintos, indicando personas de distinta edad, haciendo más susceptibles a los habitantes de las viviendas.

El 43% de la población tiene un nivel de vulnerabilidad educativa media baja. La mayoría o todos los habitantes saben leer y escribir, sólo que existen distintos grados escolares, existiendo una diferencia de edades y haciendo susceptibles las viviendas ante una emergencia en caso de sismo. Sin embargo, debido a que la mayoría sabe leer y escribir, sabrían seguir instrucciones escritas en caso de emergencia.

Por último, el 19% de la población presenta un nivel de vulnerabilidad educativa baja. La mayoría de los habitantes de las viviendas saben leer y escribir, haciéndolos poco susceptibles ante una emergencia en caso de sismo.

6.3 Vulnerabilidad estructural

Los resultados indican que el 58% de la comunidad de Santa María Tixmadejé presenta un nivel de vulnerabilidad estructural bajo y medio bajo. Mientras que el 42% presenta un nivel de vulnerabilidad estructural alto y medio alto.

El 39% de las viviendas tienen un nivel alto de vulnerabilidad estructural. Las viviendas con éste nivel de vulnerabilidad tienen muros de adobe y techos flexibles y/o rígidos. Una vivienda construida de adobe es probable que se derrumbe ante la ocurrencia de un sismo cercano a la población. Como referencia se puede citar el sismo ocurrido en el lugar de estudio en 1912, donde todas las viviendas construidas de adobe fueron destruidas.

El 3% de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad estructural media alta. Estas viviendas tienen muros de mampostería simple, es decir sin refuerzos con techo flexible y/o rígido. En caso de que ocurra un sismo en el lugar es poco probable que resista una estructura de éste tipo.

El 33% corresponde a la vulnerabilidad estructural media baja donde las viviendas presentan muros de mampostería deficientemente reforzados, con refuerzo interior insuficiente y techos flexibles y/o rígidos, como se explicó en el Capítulo 2. Cualitativamente puede inferirse que éste tipo de estructuras es probable que resistan un sismo similar al de 1912. Sin embargo, es recomendable reforzar las ventanas.

Finalmente, el 25% de la población presenta un nivel de vulnerabilidad baja, donde existen muros de mampostería adecuadamente reforzados con techos flexibles y/o rígidos. Estas viviendas, en caso de que ocurra un sismo es probable que no colapsen.

Los resultados demuestran que mas de la mitad de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad estructural alto, por lo que aproximadamente la mitad de la población se quedaría sin vivienda en caso de un sismo importante. Esta situación generaría un desastre a nivel local, donde sus efectos serían a largo plazo y perjudicarían el municipio de Acambay.

6.4 Movimiento del suelo

Los valores obtenidos para H/V oscilan entre 0.14 y 1 seg. Estos son valores característicos para suelo duro. Mientras menor sea el periodo, el suelo tiene mayor dureza. Los valores obtenidos son comparables con los obtenidos en estudios reportados por Bazán y Meli (1999) para la ciudad de México. En la parte de loma en donde el suelo es semiduro, el período natural es de 1 s, por lo que se considera que los datos obtenidos con la metodología utilizada son creíbles.

Los períodos naturales del suelo obtenidos en este trabajo (0.344 s) son similares a los reportados por Bermúdez (2002) para una geología similar. El registro de los microtemores permite obtener el período de resonancia del suelo ante un sismo. Por lo que ante la ocurrencia de un sismo como el de 1912 o 1980, el período natural del suelo no variaría. Sin embargo, ante este tipo de movimientos el efecto del suelo-estructura podría crear fenómeno de resonancia el cual podría provocar grandes daños.

Capítulo 7: CONCLUSIONES

Las principales conclusiones producto de este trabajo son:

1. La comunidad de Santa María Tixmadejé presenta una vulnerabilidad media alta y muy alta, en caso de que ocurra un sismo de magnitud mayor o igual a 6.9 en el plano de falla Acambay-Tixmadejé, con una desviación estándar de 5.5. Obtenida directamente con el programa SIG.

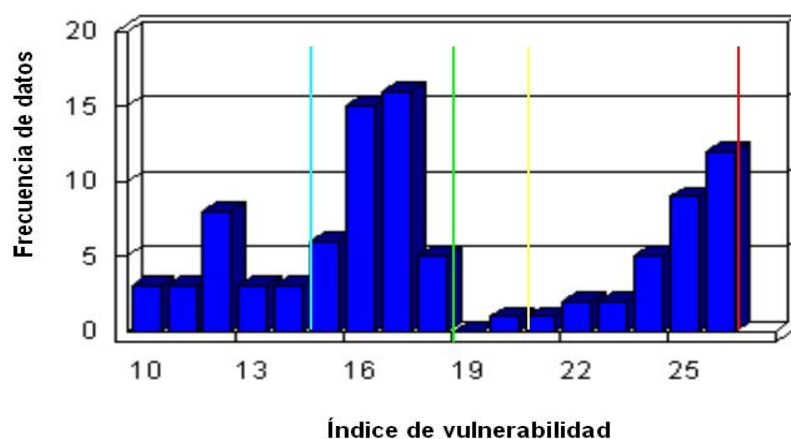


Figura 50. Frecuencia de datos en cada nivel de vulnerabilidad. La línea azul representa nivel de vulnerabilidad baja. La línea verde representa nivel de vulnerabilidad media baja. La línea amarilla representa nivel de vulnerabilidad media alta. La línea roja representa nivel de vulnerabilidad alta.

2. El 30% de la comunidad de Santa María Tixmadejé presenta vulnerabilidad total alta, 48% media alta, 21% media baja y el 1% presenta vulnerabilidad total baja.
3. El nivel de amenaza sísmica se obtuvo por tres diferentes métodos (microzonificación, leyes de predicción y ley de Poisson). Los resultados obtenidos por el método de microzonificación son similares a los publicados por Bermúdez (2000) para un tipo de suelo similar al de Acambay
4. Las leyes de predicción y la de Poisson señalan que existe la probabilidad de que ocurra un sismo significativo en el área de estudio con las siguientes características:
 - La probabilidad de que un sismo de magnitud 6.9, en la falla normal de Acambay-Tixmadejé se presente con una aceleración mayor a 1g a una distancia de 1 km de la falla en roca dura, es de 0.9582. Este resultado se obtiene independientemente del período de recurrencia. Prediciendo la existencia de un sismo similar al de 1912.

- La probabilidad de que ocurra un sismo de las mismas características al ocurrido en 1912 en Acambay, Estado de México, dentro de 10 años es de 0.0023 en comparación a que ocurra en 500 años que es de 0.884.
- 5. Las probabilidades calculadas, sugieren que ocurrirá otro sismo de magnitud 7.1 en la falla de Acambay-Tixmadejé por lo que es recomendable tomar medidas que disminuyan el riesgo para no tener un desastre como el ocurrido en 1912. El alcance de un sismo de este tipo podría ser amplio, afectando principalmente las poblaciones cercanas como Temascalcingo, la cabecera municipal de Acambay y Dongú, entre otros.
- 6. En el caso de que ocurra un sismo de magnitud 6.9 en la falla normal de Acambay-Tixmadejé, con aceleración mayor a 1g a una distancia de 1 km de la falla en roca dura, nuestros resultados indican que el 4% de las viviendas de Santa María Tixmadejé tienen un riesgo sísmico bajo, 24% medio bajo, 30% medio alto y el 42% tiene riesgo alto.
- 7. En el caso de que en los próximos 10 años ocurra un sismo en Santa María Tixmadejé, aunque es baja la probabilidad (0.0023), el 18% de las viviendas de la comunidad tienen riesgo bajo, 37% medio bajo, 7% medio alto y el 38% alto.
- 8. La probabilidad de que ocurra un sismo en 50 años es baja (0.0115), con el 22% de las viviendas con riesgo sísmico bajo, 44% medio bajo, 4% medio alto y el 30% alto.
- 9. La probabilidad de que ocurra un sismo sigue en los próximos 100 años siendo baja (0.0229), generando la siguiente distribución: el 19% de la población presenta riesgo sísmico bajo, el 41% medio bajo, el 4% medio alto y el 36% alto.
- 10. La probabilidad de que ocurra un sismo en 500 años es mayor y significativa (mayor al 80%). En éste caso el 14% de la población presenta un riesgo sísmico bajo, el 40% medio bajo, el 10% medio alto y el 36% alto.
- 11. La metodología aplicada en ésta investigación es una herramienta útil para la estimación del riesgo sísmico en forma cuantitativa. De las diferentes metodologías utilizadas en este trabajo para estimar la amenaza, la más adecuada fue el método de Poisson, ya que en el caso de las relaciones de predicción se obtiene valores altos del riesgo. Por otro lado, con las observaciones cualitativas se obtiene un riesgo medio bajo en acuerdo con los resultados obtenidos con el método de Poisson.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, G., 1997. Volcanic stratigraphy of the Amealco Caldera and vicinity, central Mexican Volcanic Belt. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 13, 10-51.
- AGUIRRE, G. J., LÓPEZ, M., 2001 The Amazcala caldera, Querétaro, Mexico. Geology and geochronology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 111: 203-218.
- AKTAN A.E., I-KANG HO, 1990. Seismic Vulnerability Evaluation of existin Buildings. *EERI Earthquake Spectra*, 6(3): 439-472.
- ALCÁNTARA, A. I., 2000. Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Boletín Investigaciones Geográficas*, 41, 7-25.
- ASTÍZ D.L.M.A., 1980. Sismicidad en Acambay, Estado de México, el temblor del 22 de febrero de 1979. Tesis de licenciatura, México.
- BAZÁN, E. Y MELI, R., 1999. Diseño sísmico de edificios. *Limusa*, 30-37.
- BEANLAND, S., BERRYMAN, K. R. Y BLICK, G.H. 1989. Geological investigations of the 1987 Edgecumbe earthquake. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics*, 32, 73-91.
- BERMÚDEZ, MA. L., FRANCO, L. E., MARTÍNEZ, S. E., 2002. Cálculo del período fundamental del suelo como herramienta para la microzonificación sísmica: casos colombianos. *III Coloquio Microzonificación Sísmica, Caracas*. Artículo disponible en http://bdrsnc.ingeminas.gov.co/publicaRNAC/PUBLICACIONES/VENEZUELA_2002/Calculo_To_Herram_Microzo.pdf
- CÁMARA DE DIPUTADOS, 2006. Ley General de Protección Civil, Estados Unidos Mexicanos. Documento disponible en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/141.pdf>
- CAMPBELL, K.W. AND BOZORGNIA, Y., 1994. Near-source attenuation of peak horizontal acceleration from worldwide accelerograms recorded from 1957 to 1993. *Proceedings, Fifth U.S. National Conference on Earthquakes Engineering, Earthquake Engineering Search Insitute, Berkeley, California, Vol. 1*, 283-292.
- CARDONA, A. O. D., 2001. Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. *Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña y Escuela Técnica superior de ingenieros de Camins, Barcelona España*, 5-18.

- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED), 2004. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Versión 2004. *Secretaría de Gobernación*. 310-338.
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED), 2006. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. *Secretaría de Gobernación*.
- CETENAL, 1975. Atlacomulco: Estado de México. *Carta geológica. Escala 1:50000*, *Secretaría de la Presidencia*.
- COOPER, M.G., 1985. Risk, man-made hazards to man. *Claredon Press*, 50-55.
- COMISIÓN NACIONAL DE EMERGENCIA DE COSTA RICA, 1999. Documentos disponibles en www.cne.go.cr
- CRID, 2008. Documento disponible en la página web http://www.crid.or.cr/crid/CD_VCD/page260.html
- DAVIS, I., 1980. Arquitectura de emergencia. *Serie Tecnología y Arquitectura, Editorial Gustavo Gili*. 125-215.
- DEMANT, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Revista Instituto de Geología*, 2, 172-187.
- DEMAINT, A., 1979. Geodinámica del Vulcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano; Resumen del Symposium sobre Evolución Tectónica de México, Mexicali B.C.N.
- DEVORE, L. J., 2005. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. *Cengage Learning Editores*, 34-36.
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA 22^o edición, 2001.
- DICCIONARIO MANUAL DE LA LENGUA ESPAÑOLA Vox. © 2007 Larousse Editorial, S.L.
- FERNÁNDEZ, M. (compiladora), 1996. Ciudades en riesgo; Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. *LA RED y USAID*, 12-27.
- FERRARI, L., 2000. Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Trans-Mexicana durante la última década: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo LIII, 84-92.
- FIGUEROA, J., 1970. Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana. *Reporte 272 del Instituto de Ingeniería, UNAM México*.70.
- FLORES, T., 1920. Estudio Geológico Minero de los distritos de El Oro y Tlalpuhahua. *Boletín del Instituto de Geología*. 34, 40.

- FRIES, C., 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín Instituto de Geología*, 60, 236.
- FUNDACIÓN ICA, A.C., 1988. Experiencias derivadas de los sismos de septiembre de 1985. *Limusa*, 53-123.
- GARCÍA MAYORDOMO, J., 2005. Caracterización y análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de España. *Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid*. 11-15.
- GLOBAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT PROGRAM (GSHAP), 1999. “Mapa Global de Amenaza Sísmica”. Documento disponible en la página web <http://seismo.ethz.ch/GSHAP/>
- GÓMEZ-TUENA, A., OROZCO-ESQUIVEL, M.T. Y FERRARI, L., 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. LVII. 227-283.
- GUEVARA, O. E., QUAAS, W. R., FERNÁNDEZ, V. G. ZEPEDA, R. O., GUTIÉRREZ, M. C.A., MENDOZA, L.M.J., DOMINGUEZ, M.L., ESLAVA, M.H., JIMÉNEZ, E.M., SALAS, S.M. GARCÍA, J.F., VÁZQUEZ, C. M.T., RIVERA, B. R.D., ARCOS, S. M.E., IZCAPA, T. C., BRAVO, M. E., REYES S. C., FLORES, C.L., PACHECO, M. M.A., LÓPEZ, B.O., VALERIO, Z. L.A., ZEPEDA, R.O., GARCÍA, A.N., MARÍN, C. R., MÉNDEZ, E. K., 2004. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Centro Nacional de Prevención de Desastres (*CENAPRED*) y *Sistema Nacional de Protección Civil*, 311-337.
- GUTENBERG, B. AND RICHTER, C. F., 1944, Bulletin Seismology Society American 34, 185.
- GUTENBERG, B., AND C. F. RICHTER, 1954, Seismicity of the Earth and Associated Phenomenon, *Princeton Univ. Press, Princeton, N. J.*
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P., 2003. Metodología de la investigación. *Mac Graw Hill*, 13-132, 299-329.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2000. “XII Censo de Población y Vivienda”. Documento disponible en www.inegi.gob.mx
- JONSON, C.A. Y HARRISON, C. G. A., 1990. Neotectonics in central Mexico : *Physical Earth Planet International*, 64, 187-210.

- KRAMER, L. S., 1996. Geotechnical earthquake engineering. *Prentice Hall .U.S.A.* 20-40.
- KUROIWA, 2002, Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza, Lima.
- LANGRIDGE, R. M., WELDON II, R. J., MOYA J. C., SUÁREZ G., 2000. Paleoseismology of the 1912 Acambay earthquake and the Acambay-Tixmadejé fault, Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Geophysical Research*, 105, 3019-3037.
- LAVELL, A., WILCHES-CHAUX, G., MARSKEY, A. (compilador), 1996. Terremotos en el Trópico Húmedo. La gestión de los desastres del Alto Mayo, Perú (1990 y 1991), Limón, Costa Rica (1991) y Atrato Medio, Colombia (1992). Bogotá, *La RED, Tercer Mundo Editores*.
- LAVELL, A., WILCHES-CHAUX, G., MARSKEY, A. (compilador), 1993. Los desastres no son naturales. *La RED*, 11-41.
- MATERIAL II. –UN-INTERNATIONAL DECADE FOR NATURAL DISASTER REDUCTION (IDNDR), 1992.
- MENDENHALL, W. 1979, Introducción a la Probabilidad y la Estadística. *Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.* 70-80.
- MENDENHALL, W., SHEAFFER, R.L. Y WACKERLY, D.D. 1986, Estadística Matemática con Aplicaciones. *Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. de C.V.* 54-57.
- METODOLOGÍA DE LA NOAA, 2007. Documento disponible en la página web <http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/methov.htm>
- MOOSER, F., 1969. The Mexican Volcanic Belt — Structure and Development Formation of fractures by differential crustal heating. Pan American Symposium on the Upper Mantle, México 1968: Group II: Upper Mantle. *Petrology and Tectonics* 137–141.
- MOOSER, F., 1972. The Mexican Volcanic Belt. Structure and Tectonics. *Geofísica-Internacional*. 12, 2, 55-70.
- NIXON, G., DEMANT, A., ARMSTRONG, R., HAKAL, J., 1987. K-Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, 26, 109-158.
- NORINI, G.; GROPELLI, G., 2006. Recent left-oblique slip faulting in the central eastern Trans-Mexican volcanic belt; seismic hazard and geodynamic implications. *Tectonics, American Geophysical Union*, 25, 4.
- NOTAS DE CLASE, 2006. Construcción social del riesgo. *Maestría en Ciencias de la Tierra, Riesgos por Fenómenos Naturales, Instituto de Geofísica UNAM*. Impartida por la Dra. Elisabeth Mansilla

- NOTAS DE CLASE, 2007. Evaluación de peligros y riesgos sísmicos. *Maestría en Ciencias de la Tierra, Riesgos por Fenómenos Naturales, Instituto de Geofísica UNAM*. Impartida por Dr. Carlos Valdés.
- NOTAS DE CLASE, 2007 a, 2007. Reducción de la vulnerabilidad ante los desastres por Fenómenos Naturales. *Maestría en Ciencias de la Tierra, Riesgos por Fenómenos Naturales, Instituto de Geofísica UNAM*. Impartida por Dr. David Novelo y Dr. Sergio Puente.
- OLIVER, P. Y AYSAN, Y., 1987. Housing and Culture After Earthquakes. *Oxford Polytechnic*, 66.
- ORDOÑEZ, E., 1912. The recent Guadalajara earthquakes, *Bulletin Seismology Society*, 2, 134-137.
- PASCUARÉ, G., VEZZOLI, L., ZANCHI, A., 1987 Morphological and structural model of Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, 26 (3b),159-176.
- PASQUARÉ, G., FERRARI, L., GARDUÑO, V., TIBALDI, A., VEZZOLI, L., 1991. Geology of the central sector of the Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacan. *Boulder, CO, Geological Society of America, Map and Chart Series MCH072*, 1 mapa con texto 22 p.
- PARDO, M., SUÁREZ, G., 1995. Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implications. *Journal of Geophysical Research*, 100, 357-373.
- PERSAUD, M.; ZÚÑIGA, F.R.; AGUIRRE DÍAZ, G.; VILLAMOR, P.; LANGRIDGE, R., 2006. First steps toward the paleoseismological history of the pastores and venta de bravo faults, Acambay graben, Trans-Mexican volcanic belt, Central Mexico. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2006*.
- PONCE, L.R., G. GAULON, G. SUÁREZ Y E. LOMAS, 1992. Geometry and state of stress of the down going Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec. *Geophysical Research Letter*, 19, 773-776.
- PROTECCIÓN CIVIL, 2009. "Historia de protección civil". Documento disponible en la página web <http://www.proteccioncivil.df.gob.mx/historia/historiaprotec.html>
- QUINTERO-LEGORRETA, O., 1992. GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE Comanja, estados de Guanajuato y Jalisco: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, 10, 6-25.
- SITE EFFECTS ASSESMENT USING AMBIENT EXCITATIONS (SESAME), 2004. Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient

- vibrations processing and interpretation. *European Commission – Research General Directorate*, 5-14.
- SOLER-ARECHALDE, A. M., URRUTIS FUCUGAUCHI, J., 2000. Paleomagnetism of the Acambay Graben , central Trans-Mexican volcanic belt. *Tectono physics*, 318 1-4, 235-248.
- SUÁREZ, G., GARCÍA-ACOSTA, V. Y GAULON R., 1994. Active cristal deformation in the Jalisco block, Mexico: Evidence for a great historical earthquake in the 16th Century. *Tectonophysics*, 234, 117-127.
- SUÁREZ, G., SINGH, S.K., 1986. Tectonic interpretation of the Trans-Mexican Volcanic Belt-Discussion. *Tectonophysics*, 127, 155-160
- SUTER, M., G. AGUIRRE, C. SIEBE, O. QUINTERO AND J. C. KOMOROWSKI, 1991. Volcanism and active faulting in the central part of the trans-Mexican volcanic belt, Mexico. In *Walawender M.J. and Hanan B.B.*, eds. Geological excursions i souther California and Mexico; Geological.
- SUTER, M., O. QUINTERO AND C. A. JOHNSON, 1992. Active faults and state of stress in the central part of the trans-Mexican volcanic belt. 1. The Venta del Bravo Fault: *Journal of Geophysical Research*, 97, 11983-11994.
- SUTER, M., QUINTERO, O., LÓPEZ, M., AGUIRRE, G. Y FARRAR, E., 1995. The Acambay Graben: active intraarc extension in the Tans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonics*, 14, 5, 1245-1262.
- OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTER RELIEF CO-ORDINATOR(UNDRO), 1979. Natural Disasters and Vulnerability Análisis.
- UNIVERSIDAD DE CHILE, DEPARTAMENTO DE PREGRADO, 2007. Responsabilidad ciudadana en situaciones de desastre. Documento disponible en la página web <http://paranal.stg.uchile.cl:7501/desastres/info/glosario/default.jsp>
- URBINA, F., CAMACHO, H., 1913. La zona Megasísmica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, conmovida el 19 de noviembre de 1912. *Boletín del Instituto Geológico de México*, 32, 125.
- VÁZQUEZ ROSAS, R., AGUIRRE GONZÁLEZ, J. y MIJARES, H., 2005. Propuesta de microzonificación sísmica de la ciudad e Zamora Michoacán. *XV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica (CNIS), México*. Artículo III-02.
- WILCHES-CHAUX, G., 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o Yo voy a correr el Riesgo. *Guía de la RED para la gestión local de riesgo*. 16-30.

ZAPATA MARTÍ, R., 2006. Los efectos de los desastres en 2004 y 2005, la necesidad de adaptación de largo plazo. *Series CEPAL. Estudios y perspectivas*, 50- 60.

ANEXO 1
TIPOLOGÍA DE LAS VIVIENDAS

Tabla A.1.1 Descripción de materiales (CENAPRED, 2004).











Tipo de pieza	Figura
Tabique de barro recocido	
Tabique multiperforado de barro recocido	
Tabique hueco de barro recocido	
Piezas macizas de cemento arena (Tabicón)	
Bloque de concreto	
Mampostería de piedras naturales	

Tabla A.1.2 Tipología según las características de la edificación (CENAPRED, 2004).

Tipo	S ¹	Características de la edificación	Fotografía representativa
1	1	<p>Muros de mampostería reforzada con castillos y dalas, mampostería reforzada con castillos y dalas y malla y mortero o mampostería de piezas huecas con refuerzo interior y con techos rígidos. En general, la cimentación es una zapata corrida de concreto o mampostería.</p>	
2	1.5	<p>Muros de mampostería reforzada con castillos y dalas o mampostería de piezas huecas con refuerzo interior y con techos flexibles. En general, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.</p>	
3	2.0	<p>Muros de mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos o mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente y con techos rígidos. En general, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.</p>	
4	2.2	<p>Muros de mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos o mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente y con techos flexibles. En general, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.</p>	


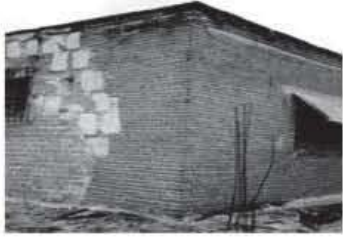




Tipo	S ¹	Características de la edificación	Fotografía representativa
5	3.0	Muros de mampostería simple con techo flexible. Cuando existe, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.	
6	3.2	Muros de mampostería simple con techo rígido. Cuando existe, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.	
7	3.6	Muros de adobe con techo rígido. Cuando existe, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.	
Tipo	S ¹	Características de la edificación	Fotografía representativa
8	4.0	Muros de adobe con techo flexible. Cuando existe, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.	
9	2.5	Muros construidos con estructura de madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera), estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera). El sistema de techo está compuesto por materiales flexibles. La cimentación es a base de zapata corrida, el material de la cimentación es mampostería simple.	
10	2.7	Muros de material flexible con techo flexible. Cuando existe, la cimentación es una zapata corrida de mampostería.	

Figura A.1.1. Formato para la tipología de la vivienda (CENAPRED, 2004).

FORMATO PARA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA		Noviembre
INFORMACIÓN GENERAL		
Fecha: <input style="width: 100px;" type="text"/>		
Propietario:	(Andar: calle, no. 1 de manzana, colonia, municipio del ag., población/estado, entre calles A y B)	
Dirección oficial:		
Edad de la construcción:	Coordenadas (geo-referencia): Longitud: _____ °N, Latitud: _____ °O	
Modificaciones sufridas:		
ASPECTOS ARQUITECTONICOS		
Regularidad en planta: buena (simétrica) _____ mala: _____		Muros suficientes en dos direcciones: <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no
Número de niveles: _____	altura de entrepiso _____ m	Dimensiones generales: Frente: _____ m; Largo: _____ m
ASPECTOS ESTRUCTURALES		
Contó con asesoría profesional: <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no		
MUROS		
Piezas de mampostería		
<input type="checkbox"/> Tabique macizo de barro recocido <input type="checkbox"/> Tabique hueco de barro recocido (extruido "tabique aparente") <input type="checkbox"/> Tabique multiporoso de barro recocido <input type="checkbox"/> Tabique macizo de concreto (tabicón de cemento-arena) <input type="checkbox"/> Bloque hueco de concreto <input type="checkbox"/> Piedras naturales		
Ligeros o débiles		
<input type="checkbox"/> Ensamado cubierto de palma o fibra vegetal <input type="checkbox"/> Ensamado cubierto de lodo (embambo o bajareque) <input type="checkbox"/> De madera de materiales precarios <input type="checkbox"/> De madera con diagonales <input type="checkbox"/> De madera contrachapada (triplay) y diagonales		
Adobe		
<input type="checkbox"/> Simple (sin elementos de refuerzo) <input type="checkbox"/> Confinado con castillos y dalas o malla y mortero		
Mampostería		
<input type="checkbox"/> Simple (sin elementos de refuerzo o confinamiento) <input type="checkbox"/> Con refuerzo interior dudoso y sin supervisión profesional <input type="checkbox"/> Deficientemente confinada (aberturas sin refuerzo) <input type="checkbox"/> Reforzada interiormente (hay supervisión profesional) <input type="checkbox"/> Adecuadamente confinada (refuerzo en aberturas)		
Concreto		
<input type="checkbox"/> Concreto colado en el lugar <input type="checkbox"/> Paneles prefabricados		
Espesor de muros: _____ cm		
TECHOS		
Flexible		
<input type="checkbox"/> Material de desecho <input type="checkbox"/> Ensamado cubierto de palma o fibra vegetal (Palma, Tejamanil, etc.) <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Lámina de cartón asfáltico <input type="checkbox"/> Lámina de plásticos o fibra de vidrio <input type="checkbox"/> Lámina metálica (zinc) <input type="checkbox"/> Lámina de asbesto <input type="checkbox"/> Teja de barro		
Rígido		
<input type="checkbox"/> Vigas de acero con bóveda de tabique <input type="checkbox"/> Vigas de acero con delgada de tabique (bóveda catalana) <input type="checkbox"/> Losa de concreto reforzado <input type="checkbox"/> Prefabricados (vigüeta-bovedilla u otros)		
Geometría		
<input type="checkbox"/> Plano (horizontal) <input type="checkbox"/> A un agua <input type="checkbox"/> A dos aguas <input type="checkbox"/> Otro: _____		
Tipo de anclaje del techo hacia los muros: _____		Espesor de la losa de concreto o tabique: _____ cm
CIMENTACIÓN		
Descripción:		
CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TIPOLOGÍA:		
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10		Sismo
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10		Viento
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS		
No. de habitantes:	Servicios: <input type="checkbox"/> agua entubada, <input type="checkbox"/> drenaje, <input type="checkbox"/> luz	

Anexo 2
CUESTIONARIOS



Fecha _____ Nombre de la instalación _____

Coordenadas _____ °N _____ °W _____ m de altura

Principales calles que comunican el edificio

Datos del encargado del área

Nombre _____
Dirección _____
Horario laboral _____

- Tipo de edificación que se evalúa

Clinica o centro de salud		Escuela	
Comandancia, policía		Iglesia	
Comestibles		Tienda de abasto	

En caso de, anotar el tipo de tienda de abasto _____

- ¿Tiene área de seguridad en caso de desastre? Si _____ No _____
- Dimensiones aproximadas: largo _____ ancho _____
- ¿Cuenta con área de triaje? Si _____ No _____
- Distribución de luz: Buena _____ Regular _____ Mala _____
- Distribución de agua: Buena _____ Regular _____ Mala _____
- ¿Cuenta con línea telefónica? Si _____ No _____
- En caso de incendio ¿Cuenta con escaleras de emergencia? Si _____ No _____ No necesita _____
- ¿Cuenta con extintores? Si _____ ¿cuántos? _____ No _____
- Número de personas que se encuentran en el edificio _____
- Horas de mayor concentración en el edificio _____

Figura A.2.1 Cuestionario (primera parte). Para determinar parte de la vulnerabilidad operacional de la instalación vital.

Eventos pasados que han causado daños al edificio

Deslizamientos		Viento	
Sismo		Fuego	
Otros			

Vulnerabilidad organizativa

- ¿Cuenta con planes de emergencia? Si _____ No _____
- ¿Realizan simulacros con la comunidad? Si _____ No _____
- ¿Realizan simulacros de evacuación del edificio? Si _____ No _____
- ¿Han tenido alguna emergencia? Si ____ ¿de que tipo? _____ No ____

Evaluación estructural

- ¿Existen indicios de sismos anteriores? Si _____ No _____
- ¿Hubo reparación de daños de sismos anteriores? Total _____ Parcial _____
- Inclinación del edificio Evidente _____ Dudosa _____ Ninguna _____
- Asentamientos en la edificación Evidente _____ Dudosa _____ Ninguna _____

Observaciones

Figura A.2.2 Cuestionario (segunda parte). Para determinar la vulnerabilidad estructural que presenta.

A.2. CUESTIONARIO PARA VIVIENDAS

SOCIAL

Para la parte social se establecieron las siguientes preguntas:

	Si	Puede ser que si	No se	Puede ser que no	No
1. Me siento preparado para enfrentar un sismo					
2. En caso de un sismo estoy informado sobre rutas de evacuación o lugares seguros por si necesito salir					

3. ¿Conoce protección civil? Si _____ No _____

4. ¿Usted se organiza con vecinos cuando ocurre un evento que perjudica a la comunidad?

Si ____ ¿cómo se organiza? _____
 No ____

5. ¿Qué tipo de relación tiene con sus vecinos?

- Amable (que sólo se saludan pero no saben los problemas que tiene) _____
- Amigable (que saben algunos de los problemas que tiene) _____
- Indiferente (no le interesa lo que le pase a su vecino) _____

No le habla a ninguno de sus vecinos _____

6. Cuando hay una fiesta en el pueblo, ¿usted participa?

ECONÓMICO

7. Actualmente en su familia, ¿cuántas personas trabajan?

Padre__ madre__ hijos__ otros__

8. ¿cómo distribuye su ingreso familiar?

Alimentación ____ salud____ educación____ otros_____

9. ¿tiene posibilidad de ahorrar?

Si__ no__

10. ¿qué tipo de actividad laboral realizan? O a ¿qué se dedica?

Agricultor__ (pasar a la pregunta 11) comerciante__ (pasar pregunta 13)

ganadero__ (pasar pregunta 13) otro__(pasar pregunta 13)

11. uso de la cosecha

autoconsumo__ venta ocasional__ venta siempre__

EDUCACIÓN

12. ¿Cuántas personas de su familia saben leer y escribir? _____

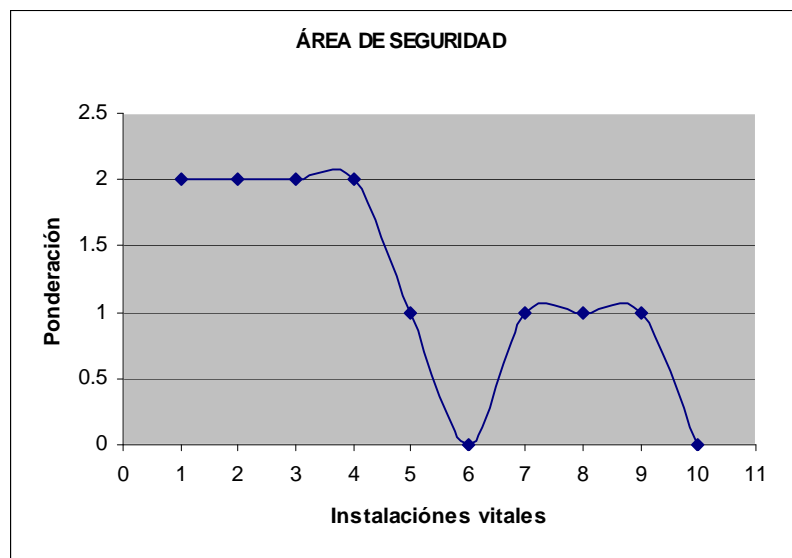
13. ¿Cuántas personas de su familia van a la escuela? _____

14. ¿Que grado escolar cursan? _____

Anexo 3
TABLAS DE PONDERACIÓN DE LAS INSTALACIONES VITALES

Tabla A.3.1. Coordenadas de las instalaciones vitales y su ponderación por el área de seguridad.

EDIFICACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ÁREA DE SEGURIDAD	PONDERACIÓN
IGLESIA	19 58.418	-99 56.308	NO	2
POZO UNO	19 57.933	-99 56.403	NO	2
CASA DE SALUD	19.96386	-99.94024	NO	2
CDI E INEA	19.96559	-99.93498	NO	2
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	19.97397	-99.93956	SI	1
INSTALACIÓN TELMEX	19.97271	-99.9363	NO NECESITA	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	19.96603	-99.93793	SI	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	19.96648	-99.93877	SI	1
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	19.96694	-99.93702	SI	1
POZO DOS	19.96977	-99.93564	NO NECESITA	0



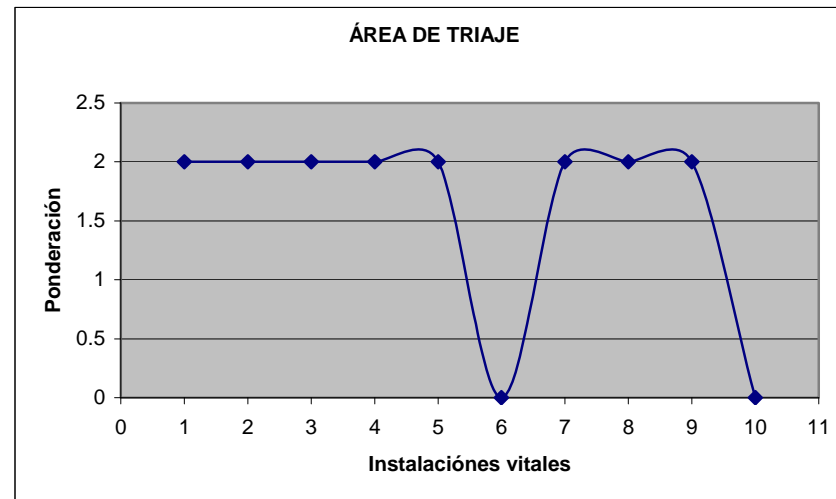
Se consideran los consecutivos para las instalaciones vitales como sigue:

1. Iglesia
2. Pozo uno
3. Casa de salud
4. CDI e INEA
5. Jardín de Niños "José Ma. Morelos y Pavón"
6. Instalación Telmex
7. Secundaria "Vasco de Quiroga"
8. Primaria
9. Jardín de niños "Miguel Hidalgo"
10. Pozo dos

Figura A.3.1 Ponderación de las instalaciones vitales por el área de seguridad.

Tabla A.3.2. Instalaciones vitales y su ponderación por el área de triaje.

EDIFICACIÓN	ÁREA DE TRIAJE	PONDERACIÓN
IGLESIA	NO	2
POZO UNO	NO	2
CASA DE SALUD	NO	2
CDI E INEA	NO	2
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	NO	2
INSTALACIÓN TELMEX	NO NECESITA	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	NO	2
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	NO	2
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	NO	2
POZO DOS	NO NECESITA	0



Se consideran los consecutivos para las instalaciones vitales como sigue:

1. Iglesia
2. Pozo uno
3. Casa de salud
4. CDI e INEA
5. Jardín de niños "José Ma. Morelos y Pavón"
6. Instalación Telmex
7. Secundaria "Vasco de Quiroga"
8. Primaria
9. Jardín de niños "Miguel Hidalgo"
10. Pozo dos

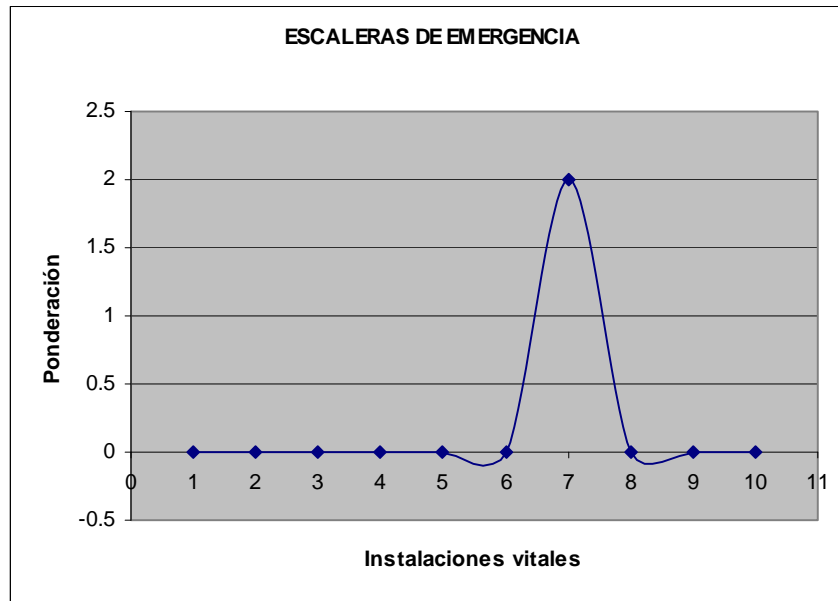
Figura A.3.2. Ponderación de las instalaciones vitales por el área de triaje.

Tabla A.3.3. Instalaciones vitales con sus ponderaciones por la disponibilidad de luz y agua.

EDIFICACIÓN	LUZ	PONDERACIÓN	AGUA	PONDERACIÓN
IGLESIA	REGULAR	2	REGULAR	2
POZO UNO	BUENA	1	BUENA	1
CASA DE SALUD	REGULAR	2	REGULAR	2
CDI E INEA	BUENA	1	BUENA	1
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	BUENA	1	BUENA	1
INSTALACIÓN TELMEX	BUENA	1	NO NECESITA	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	MALA	3	BUENA	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	MALA	3	MALA	3
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	REGULAR	2	BUENA	1
POZO DOS	REGULAR	2	BUENA	1

Tabla A.3.4. Instalaciones vitales con la ponderación por teléfono y escaleras de emergencia.

EDIFICACIÓN	TELÉFONO	PONDERACIÓN	ESCALERAS DE EMERGENCIA	PONDERACIÓN
IGLESIA	SI	1	NO NECESITA	0
POZO UNO	NO	2	NO NECESITA	0
CASA DE SALUD	NO	2	NO NECESITA	0
CDI E INEA	SI	1	NO NECESITA	0
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	NO	2	NO NECESITA	0
INSTALACIÓN TELMEX	SI	1	NO NECESITA	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	SI	1	NO	2
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	SI	1	NO NECESITA	0
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	NO	2	NO NECESITA	0
POZO DOS	NO	2	NO NECESITA	0



Se consideran los consecutivos para las instalaciones vitales como sigue:

1. Iglesia
2. Pozo uno
3. Casa de salud
4. CDI e INEA
5. Jardín de Niños "José Ma. Morelos y Pavón"
6. Instalación Telmex
7. Secundaria "Vasco de Quiroga"
8. Primaria
9. Jardín de niños "Miguel Hidalgo"
10. Pozo dos

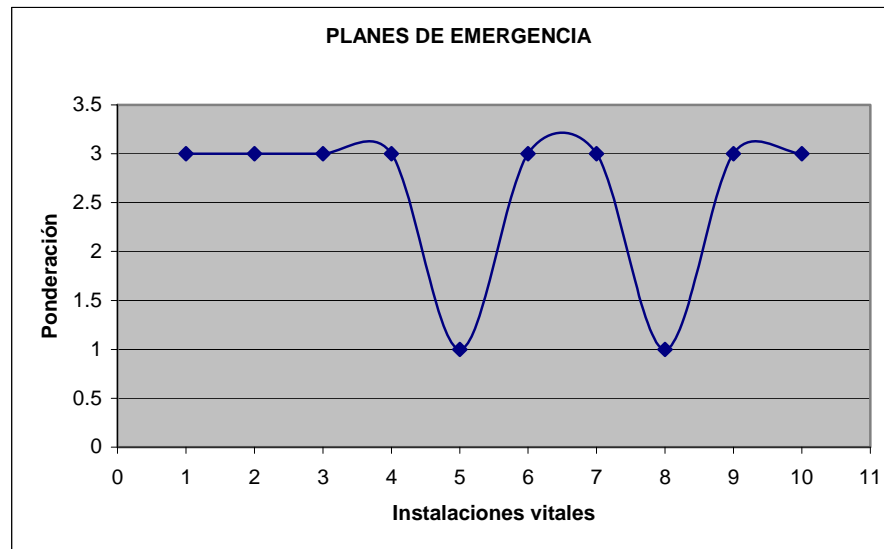
Figura A.3.3. Ponderación de las instalaciones vitales por escaleras de emergencia.

Tabla A.3.5. Instalaciones vitales con su ponderación por extintores y daños.

EDIFICACIÓN	EXTINTORES	PONDERACIÓN	DAÑOS	PONDERACIÓN
IGLESIA	NO	2	SISMO	1
POZO	NO	2	NINGUNO	0
CASA DE SALUD	NO	2	NINGUNO	0
CDI E INEA	NO	2	FUEGO	1
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	NO	2	NINGUNO	0
INSTALACIÓN TELMEX	NO	2	NINGUNO	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	SI (1)	1	NINGUNO	0
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	NO	2	NINGUNO	0
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	NO	2	NINGUNO	0
POZO	NO	2	NINGUNO	0

Tabla A.3.6. Instalaciones vitales con su ponderación por planes de emergencia y simulacros con la comunidad.

EDIFICACIÓN	PLANES DE EMERGENCIA	PONDERACIÓN	SIMULACROS C/COMUNIDAD	PONDERACIÓN
IGLESIA	NO	3	SI	1
POZO	NO	3	NO NECESITA	0
CASA DE SALUD	NO	3	NO	2
CDI E INEA	NO	3	NO	2
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	SI	1	SI	1
INSTALACIÓN TELMEX	NO	3	NO NECESITA	0
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	NO	3	SI	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	SI	1	SI	1
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	NO	3	SI	1
POZO	NO	3	NO NECESITA	0



Se consideran los consecutivos para las instalaciones vitales como sigue:

1. Iglesia
2. Pozo uno
3. Casa de salud
4. CDI e INEA
5. Jardín de Niños "José Ma. Morelos y Pavón"
6. Instalación Telmex
7. Secundaria "Vasco de Quiroga"
8. Primaria
9. Jardín de niños "Miguel Hidalgo"
10. Pozo dos

Figura A.3.4. Ponderación de las instalaciones vitales por los planes de emergencia.

Tabla A.3.7. Instalaciones vitales con su ponderación por simulacros de evacuación e indicios de sismos.

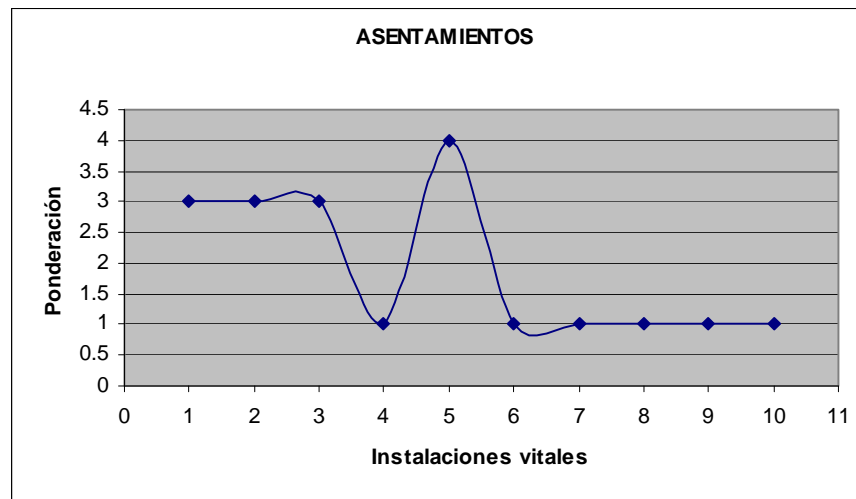
EDIFICACIÓN	SIMULARCOS DE EVACUACIÓN	PONDERACIÓN	INDICIOS DE SISMOS	PONDERACIÓN
IGLESIA	NO	2	NO	1
POZO	NO NECESITA	0	NO	1
CASA DE SALUD	NO	2	NO	1
CDI E INEA	NO	2	NO	1
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	SI	1	NO	1
INSTALACIÓN TELMEX	NO NECESITA	0	NO	1
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	SI	1	NO	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	SI	1	NO	1
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	SI	1	NO	1
POZO	NO NECESITA	0	NO	1

Tabla A.3.8. Instalaciones vitales con su ponderación por la reparación de daños e inclinación.

EDIFICACIÓN	REPARACIÓN DE DAÑOS	PONDERACIÓN	INCLINACIÓN	PONDERACIÓN
IGLESIA	TOTAL	1	DUDOSA	2
POZO	TOTAL	1	NINGUNA	1
CASA DE SALUD	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
CDI E INEA	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
INSTALACIÓN TELMEX	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	NO NECESITA	0	NINGUNA	1
POZO	NO NECESITA	0	NINGUNA	1

Tabla A.3.9. Instalaciones vitales con su ponderación por asentamientos.

EDIFICACIÓN	ASENTAMIENTOS	PONDERACIÓN
IGLESIA	DUDOSA	3
POZO	DUDOSA	3
CASA DE SALUD	DUDOSA	3
CDI E INEA	EVIDENTE	1
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	NINGUNA	4
INSTALACIÓN TELMEX	EVIDENTE	1
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	EVIDENTE	1
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	EVIDENTE	1
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	EVIDENTE	1
POZO	EVIDENTE	1



Se consideran los consecutivos para las instalaciones vitales como sigue:

1. Iglesia
2. Pozo uno
3. Casa de salud
4. CDI e INEA
5. Jardín de Niños "José Ma. Morelos y Pavón"
6. Instalación Telmex
7. Secundaria "Vasco de Quiroga"
8. Primaria
9. Jardín de niños "Miguel Hidalgo"
10. Pozo dos

Figura A.3.5. Ponderación de las instalaciones vitales por los asentamientos.

Tabla A.3.10. Instalaciones vitales con su ponderación total

EDIFICACIÓN	PONDERACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN
IGLESIA	24	Alto
POZO	19	Medio Alto
CASA DE SALUD	24	Alto
CDI E INEA	20	Medio Alto
JARDÍN DE NIÑOS "JOSE MA. MORELOS Y PAVÓN"	18	Medio Bajo
INSTALACIÓN TELMEX	10	Bajo
SECUNDARIA "VASCO DE QUIROGA"	19	Medio Alto
PRIMARIA "MIGUEL HIDALGO"	18	Medio Bajo
JARDÍN DE NIÑOS "MARGARITA PAZ PAREDES"	18	Medio Bajo
POZO	13	Bajo

ANEXO 4

Tablas de respuestas AL CUESTIONARIO APLICADO A LAS VIVIENDAS

TABLA A.4.1. RESPUESTAS A LA PREGUNTA 1 DEL CUESTIONARIO REALIZADO A LAS VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE SANTA MARÍA TIXMADEJÉ CON SUS PONDERACIONES Y EL NÚMERO DE HABITANTES.

Consecutivo	# habitantes en la casa	Ponderación	Me siento preparado para enfrentar un sismo	Ponderación
1			no	5
2			si	1
3			no	5
4			no	5
5			si	1
6			puede ser que no	4
7			no	5
8			no	5
9			no	5
10			no	5
11			no	5
12			si	1
13			no	5
14			si	1
15			no	5
16			no	5
17			no se	3
18			no	5
19			no	5
20			no	5
21			puede ser que si	2
22			no se	3
23			no se	3
24			puede ser que si	2
25			no se	3
26			no	5
27			no	5
28			no	5
29			no	5

30			puede ser que si	2
31	5	2	no	5
32	4	2	no	5
33	6	3	no	5
34	5	2		
35	3	2	no	5
36	5	2	no	5
37	3	2	no	5
38	4	2	no	5
39	2	1	puede ser que si	2
40	4	2	no	5
41	4	2	no	5
42	8	4	no	5
43	1	1	no	5
44	3	2	no	5
45			no	5
46	2	1	no	5
47	5	2	no	5
48	3	2	no	5
49	4	2	no	5
50	1	1	puede ser que si	2
51	1	1	no	5
52	1	1	no	5
53	8	4	si	1
54	10	4	no	5
55	3	2	no	5
56	3	2	no	5
57	3	2	no	5
58	1	1	no	5
59	5	2	no	5
60	4	2	no se	3
61	1	1	no se	3
62	2	1	no	5

63	2	1	no se	3
64	4	2	puede ser que si	2
65	3	2	no	5
66	2	1	no	5
67	11	4	no	5
68	3	2	no	5
69	12	4	puede ser que si	2
70	1	1	no	5
71	1	1	si	1
72	3	2	no	5
73	2	1	no	5
74	8	4	no	5
75	5	2	no	5
76	7	3	no	5
77	2	1	no	5
78	3	2	no	5
79	3	2	no	5
80	8	4	no	5
81	2	1	no se	3
82	6	3	no	5
83	10	4	no	5
84	1	1	no	5
85	2	1	no	5
86	4	2	puede ser que no	4
87	5	2	puede ser que no	4
88	5	2	si	1
89	5	2	no	5
90	3	2	no	5
91	1	1	no	5
92	4	2	no se	3
93	4	2	no	5
94	7	3	no	5
95	4	2	no	5

96	3	2	puede ser que si	2
97	5	2	no	5
98	2	1	no	5
99	4	2	no	5
100	2	1	no se	3
101	1	1	no	3
102	9	4	si	1
103	3		no	5
104	3	2	no	5
105	8	4	si	1
106	10	4	no	5
107	3	2	no	5
108	11	4	no	5
109	3	2	no	5
110	2	1	puede ser que si	2
111	12	4	no	5
112	2	1	no	5
113	3	2	no se	3
114	4	2	no	5
115	11	4	no	5
116	1	1	no	5
117	5	2	si	1
118	5	2	puede ser que si	2
119	6	3	puede ser que no	4
120	5	2	no	5
121	4	2	no	5
122	3	2	no	5
123	4	2	no	5
124	3	2	no	5
125	1	1	no	5
126	2	1	no	5
127	4	3	no	5
128	4	3	puede ser que si	2

129	3	2	si	1
130	8	4	no se	3
131	6	3	no	5
132	5	2	no	5
133	3	2	no	5
134	2	1	puede ser que si	2
135	2	1	no	5
136	6	3	no	5
137	3	2	no	5
138	6	3	no	5
139	7	3	no	5
140	3	2	si	1
141	8	4	no	5
142	3	2	no	5
143	6	3	no	5
144	4	2	no se	3
145	6	3	no	5
146	5	2	no	5
147	3	2	no	5
148	5	2	no se	3
149	7	3	si	1
150	3	2	si	1
151	5	2	puede ser que si	2
152	5	2	puede ser que si	2
153	10	4	no	5
154	7	3	puede ser que si	2
155	8	4	no	5
156	5	2	no	5
157	3	2	no	5

Tabla A.4.2. Respuestas a la pregunta 2 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	Conocimiento de rutas de evacuación o lugares seguros	Ponderación
1	puede ser que no	3
2	si	0
3	no	4
4	no	4
5	no	4
6	no se	2
7	puede ser que no	3
8	si	0
9	no	4
10	no se	3
11	no	4
12	puede ser que no	3
13	no	4
14	no	4
15	si	0
16	no	4
17	no	4
18	no	4
19	no	4
20	no	4
21	no se	3
22	puede ser que si	1
23	no	4
24	no	4
25	no se	3
26	no	4
27	no	4
28		
29	no	4

30	no	4
31	no	4
32	no	4
33	no	4
34		
35	si	0
36	no	4
37	no	4
38	no	4
39	no	4
40	no	4
41	puede ser que no	3
42	no	4
43	no	4
44	no	4
45	no	4
46	no	4
47	no	4
48	no	4
49	no	4
50	puede ser que si	1
51	no	4
52	no	4
53	si	0
54	no	4
55	no	4
56	no	4
57	no	4
58	no	4
59	no	4
60	no	4
61	no se	3
62	no	4

63	no	4
64	si	0
65	no	4
66	no se	3
67	si	0
68	no	4
69	no	4
70	no	4
71	no	4
72	no	4
73	no	4
74	no	4
75	no	4
76	puede ser que no	3
77	no	4
78	no	4
79	no	4
80	no	4
81	no	4
82	no	4
83	no	4
84	no	4
85	no	4
86	no	4
87	puede ser que no	3
88	si	0
89	puede ser que si	1
90	puede ser que si	1
91	no	4
92	no	4
93	no	4
94	no	4
95	no	4

96	no se	3
97	si	0
98	no	4
99	no	4
100	no	4
101	no	4
102	no	4
103	puede ser que si	1
104	no	4
105	puede ser que si	1
106	no	4
107	no	4
108	no	4
109	no	4
110	si	0
111	no	4
112	si	0
113	no se	3
114	no	4
115	si	0
116	puede ser que si	1
117	si	0
118	no	4
119	puede ser que si	1
120	no	4
121	si	0
122	no	4
123	no	4
124	si	0
125	no	4
126	si	0
127	no	4
128	puede ser que si	1

129	no	4
130	no	4
131	no	4
132	no	4
133	no	4
134	si	0
135	no	4
136	si	0
137	no	4
138	no	4
139	no	4
140	no	4
141	no	4
142	puede ser que si	1
143	puede ser que si	1
144	no	4
145	si	0
146	no	4
147	no	4
148	no	4
149	si	0
150	puede ser que si	1
151	no	4
152	no	4
153	no	4
154	puede ser que si	1
155	si	0
156	no	4
157	no	4

Tabla A.4.3. Respuestas a las preguntas 3 y 4 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	Conocimiento de protección civil	Ponderación	se organiza con sus vecinos	Ponderación
1			No	2
2			No	2
3			si	1
4			no	2
5			si	1
6			si	1
7			si	1
8			si	1
9			No	2
10			si	1
11			No	2
12			si	1
13			no	2
14			si	1
15			si	1
16			si	1
17			si	1
18			si	1
19			si	1
20			no	2
21			no	2
22			si	1
23			no	2
24			si	1
25			si	1
26			si	1
27			si	1
28			si	1
29			No	2

30			si	1
31			si	1
32			si	1
33			si	1
34			si	1
35			si	1
36	no	2	si	1
37	no	2	no	2
38	no	2	no	2
39	no	2	si	1
40	no	2	si	1
41			si	1
42	no	2	si	1
43	si	1	si	1
44	no	2	si	1
45	no	2	si	1
46			si	1
47			si	1
48			si	1
49			no	2
50	si	1	si	1
51	no	2	No	2
52	no	2	no	2
53	si	1	si	1
54	si	1	si	1
55	no	2	No	2
56	no	2	No	2
57	no	2	si	1
58	no	2	si	1
59	no	2	si	1
60	si	1	si	1
61	no	2		
62	no	2	si	1

63	no	2	No	2
64	no	2	No	2
65	no	2	si	1
66	no	2	si	1
67	no	2	si	1
68	si	1	no	2
69	si	1	si	1
70	no	2	si	1
71	no	2	No	2
72	no	2	si	1
73	si	1	No	2
74	no	2	no	2
75	no	2	si	1
76	no	2	si	1
77	no	2	no	2
78	si	1	no	2
79	si	1	No	2
80	no	2	si	1
81	no	2	si	1
82	no	2	si	1
83	no	2	si	1
84	si	1	si	1
85	si	1	si	1
86	no	2	si	1
87	si	1	si	1
88	si	1	si	1
89	si	1	si	1
90	no	2	si	1
91	no	2	no	2
92	no	2	no	2
93	no	2	no	2
94	si	1	si	1
95	no	2	no	2

96	no	2	si	1
97	no	2	si	1
98	no	2	si	1
99	si	1	si	1
100	no	2	no	2
101	no	2	si	1
102	si	1	si	1
103	si	1	si	1
104	si	1	no	2
105	no	2	si	1
106	si	1	si	1
107	no	2	no	2
108	si	1	no	2
109	si	1	No	2
110	si	1	si	1
111	no	2	si	1
112	no	2	No	2
113	no	2	si	1
114	no	2	si	1
115	no	2	si	1
116	si	1	no	2
117	si	1	no	2
118	no	2	si	1
119	no	2	si	1
120	no	2	si	1
121	no	2	no	2
122	no	2	si	1
123	si	1	no	2
124	si	1	no	2
125	no	2	no	2
126	si	1	si	1
127	si	1	si	1
128	no	2	si	1

129	no	2	no	2
130	no	2	si	1
131	no	2	si	1
132	no	2	si	1
133	si	1	no	2
134	no	2	si	1
135	si	1	si	1
136	no	2	si	1
137	no	2	si	1
138	no	2	No	2
139	no	2	no	2
140	no	2	no	2
141	si	1	si	1
142	si	1	si	1
143	no	2	si	1
144	no	2	si	1
145	si	1	si	1
146	no	2	No	2
147	no	2	si	1
148	no	2	si	1
149	no	2	si	1
150	si	1	si	1
151	no	2	si	1
152	no	2	si	1
153	si	1	si	1
154	si	1	si	1
155	no	2	si	1
156	si	1	si	1
157	no	2	si	1

Tabla A.4.4. Respuestas a las preguntas 5 y 6 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	tipo de relación con sus vecinos	Ponderación	¿Participa en fiestas del pueblo?	Ponderación
1	Amigable	1	si	1
2	Amigable	1	No	2
3	Amigable	1	si	1
4	Amable	2	si	1
5	Amable	2	si	1
6	Amigable	1	si	1
7	Amable	2	si	1
8	Amigable	1	si	1
9	Amable	2	si	1
10	Amable	2		
11	Amable	2	No	2
12	Amable y amigable	1	si	1
13	Amable	2	si	1
14	Amable	2	no	2
15	Amigable	1	si	1
16	Amable	2	si	1
17	Amigable	1	si	1
18	Amable	2	si	1
19	Amable	2	no	2
20	Amable	2	si	1
21	Amable	2	si	1
22	Amable	2	si	1
23	Amable	2	no	2
24	Amable	2	si	1
25	Amable	2	no	2
26	Amable	2	si	1
27	Amable	2	si	1
28	Amable	2	si	1
29	Amable	2	si	1

30	Amable	2	si	1
31	Amable	2	si	1
32	Amable	2	no	2
33	Amable	2	no	2
34	Amable	2	si	1
35	Amable	2	no	2
36	Amigable	1	si	1
37	Amigable	1	si	1
38	Amigable	1	si	1
39	Amable	2	si	1
40	Amigable	1	si	1
41	Amable	2	si	1
42	Amigable	1	si	1
43	Amigable	1	si	1
44	Amigable	1	si	1
45	Amigable	1	si	1
46	Amigable	1	si	1
47	Amable	2	si	1
48	Amable	2	si	1
49	Amable	2	si	1
50	Amigable	1	si	1
51	No le habla a ninguno de sus vecinos	4	no	2
52	Amigable	1	si	1
53	Amable	2	si	1
54	Amigable	1	si	1
55	Amigable	1	si	1
56	Amigable	1	no	2
57	Amable	2	si	1
58	Amable	2	si	1
59	Amable	2	si	1
60	Amable	2	si	1
61				

62	Amigable	1	no	2
63	Amigable	1	si	1
64	Amigable	1	no	2
65	Amigable	1	si	1
66	Amigable	1	si	1
67	Amigable	1	si	1
68	Amigable	1	si	1
69	Amable	2	No	2
70	Amable	2	si	1
71	Amigable	1	si	1
72	Amigable	1	si	1
73	Amigable	1	si	1
74	Amable	2	no	2
75	Amable	2	si	1
76	Amigable	1	si	1
77	Amable	2	no	2
78	Amable	2	si	1
79	Amable	2	no	2
80	Amigable	1	si	1
81	Amable	2	si	1
82	Amable	2	si	1
83	Amigable	1	si	1
84	Amable	2	si	1
85	Amigable	1	si	1
86	Amable	2	si	1
87	Amable	2	si	1
88	Amable	2	si	1
89	Amable	2	si	1
90	Amigable	1	si	1
91	No le habla a ninguno de sus vecinos	4	no	2
92	Amigable	1	no	2
93	Amable	2	no	2

94	Amigable	1	si	1
95	Amable	2	si	1
96	Amigable	1	si	1
97	Amigable	1	si	1
98	Amigable	1	si	1
99	Indiferente	3	si	1
100	No le habla a ninguno de sus vecinos	4	no	2
101	Amigable	1	si	1
102	Amigable	1	si	1
103	Amable	2	si	1
104	Amable	2	si	1
105	Amigable	1	si	1
106	Amigable	1	si	1
107	Amigable	1	no	2
108	Amigable	1	si	1
109	Amable	2	si	1
110	Amigable	1	si	1
111	Amigable	1	si	1
112	Amigable	1	si	1
113	Amigable	1	si	1
114	Amigable	1	si	1
115	Amable	2	si	1
116	Amable	2	si	1
117	Amable	2	si	1
118	Amigable	1	si	1
119	Amigable	1	si	1
120	Amigable	1	si	1
121	Amable	2	si	1
122	Amable	2	si	1
123	Amigable	1	si	1
124	Amable	2	si	1
125	Amable	2	si	1

126	Amable	2	si	1
127	Amable	2	si	1
128	Amable	2	si	1
129	Amigable	1	si	1
130	Amigable	1	si	1
131	Amable	2	si	1
132	Amable	2	si	1
133	Amable	2	no	2
134	Amigable	1	si	1
135	Amigable	1	si	1
136	Amable	2	no	2
137	Amable	2	si	1
138	Amable	2	no	2
139	Amable	2	si	1
140	Amigable	1	si	1
141	Indiferente	3	no	2
142	Amigable	1	si	1
143	Amable	2	si	1
144	Amable	2	si	1
145	Amable	2	si	1
146	Amable	2	si	1
147	Amable	2	si	1
148	Amable	2	si	1
149	Amable	2	si	1
150	Amable	2	si	1
151	Amable	2	si	1
152	Amable	2	si	1
153	Amigable	1	si	1
154	Amable	2	si	1
155	Amigable	1	si	1
156	Amable	2	si	1
157	Amable	2	si	1

Tabla A.4.5. Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad social para cada vivienda.

Consecutivo	numero de blancos	ponderación	ponderación total	Nivel de vulnerabilidad
1	2	5	17	MEDIO ALTO
2	2	5	11	MEDIO BAJO
3	2	5	17	MEDIO ALTO
4	2	5	19	ALTO
5	2	5	14	MEDIO ALTO
6	2	5	14	MEDIO ALTO
7	2	5	17	MEDIO ALTO
8	2	5	13	MEDIO BAJO
9	2	5	19	ALTO
10	3	6	17	MEDIO ALTO
11	2	5	20	ALTO
12	2	5	12	MEDIO BAJO
13	2	5	19	ALTO
14	2	5	15	MEDIO ALTO
15	2	5	13	MEDIO BAJO
16	2	5	18	ALTO
17	2	5	15	MEDIO ALTO
18	2	5	18	ALTO
19	2	5	19	ALTO
20	2	5	19	ALTO
21	2	5	15	MEDIO ALTO
22	2	5	13	MEDIO BAJO
23	2	5	18	ALTO
24	2	5	15	MEDIO ALTO
25	2	5	16	MEDIO ALTO
26	2	5	18	ALTO
27	2	5	18	ALTO
28	2	5	14	MEDIO ALTO
29	2	5	19	ALTO

30	2	5	15	MEDIO ALTO
31	2	5	20	ALTO
32	1	4	20	ALTO
33	1	4	21	ALTO
34	3	6	12	MEDIO BAJO
35	1	5	17	MEDIO ALTO
36	0	0	16	MEDIO ALTO
37	0	0	17	MEDIO ALTO
38	0	0	17	MEDIO ALTO
39	0	0	13	MEDIO BAJO
40	0	0	16	MEDIO ALTO
41	1	4	18	ALTO
42	0	0	18	ALTO
43	0	0	14	MEDIO ALTO
44	1	4	20	ALTO
45	1	4	18	ALTO
46	1	4	17	MEDIO ALTO
47	1	4	19	ALTO
48	1	4	19	ALTO
49	1	4	20	ALTO
50	0	0	8	BAJO
51	0	0	20	ALTO
52	0	0	16	MEDIO ALTO
53	0	0	10	MEDIO BAJO
54	0	0	17	MEDIO ALTO
55	0	0	17	MEDIO ALTO
56	0	0	18	ALTO
57	0	0	17	MEDIO ALTO
58	0	0	16	MEDIO ALTO
59	0	0	17	MEDIO ALTO
60	0	0	14	MEDIO ALTO
61	3	6	15	MEDIO ALTO
62	0	0	16	MEDIO ALTO

63	0	0	14	MEDIO ALTO
64	0	0	11	MEDIO BAJO
65	0	0	16	MEDIO ALTO
66	0	0	14	MEDIO ALTO
67	0	0	14	MEDIO ALTO
68	0	0	16	MEDIO ALTO
69	0	0	16	MEDIO ALTO
70	0	0	16	MEDIO ALTO
71	0	0	12	MEDIO BAJO
72	0	0	16	MEDIO ALTO
73	0	0	15	MEDIO ALTO
74	0	0	21	ALTO
75	0	0	17	MEDIO ALTO
76	0	0	16	MEDIO ALTO
77	0	0	18	ALTO
78	0	0	17	MEDIO ALTO
79	0	0	18	ALTO
80	0	0	18	ALTO
81	0	0	14	MEDIO ALTO
82	0	0	18	ALTO
83	0	0	18	ALTO
84	0	0	15	MEDIO ALTO
85	0	0	14	MEDIO ALTO
86	0	0	16	MEDIO ALTO
87	0	0	14	MEDIO ALTO
88	0	0	8	BAJO
89	0	0	13	MEDIO BAJO
90	0	0	13	MEDIO BAJO
91	0	0	20	ALTO
92	0	0	16	MEDIO ALTO
93	0	0	19	ALTO
94	0	0	16	MEDIO ALTO
95	0	0	18	ALTO

96	0	0	12	MEDIO BAJO
97	0	0	12	MEDIO BAJO
98	0	0	15	MEDIO ALTO
99	0	0	17	MEDIO ALTO
100	0	0	18	ALTO
101	0	0	13	MEDIO BAJO
102	0	0	13	MEDIO BAJO
103	1	0	11	MEDIO BAJO
104	0	0	17	MEDIO ALTO
105	0	0	11	MEDIO BAJO
106	0	0	17	MEDIO ALTO
107	0	0	18	ALTO
108	0	0	18	ALTO
109	0	0	17	MEDIO ALTO
110	0	0	7	BAJO
111	0	0	18	ALTO
112	0	0	12	MEDIO BAJO
113	0	0	13	MEDIO BAJO
114	0	0	16	MEDIO ALTO
115	0	0	15	MEDIO ALTO
116	0	0	13	MEDIO BAJO
117	0	0	9	BAJO
118	0	0	13	MEDIO BAJO
119	0	0	13	MEDIO BAJO
120	0	0	16	MEDIO ALTO
121	0	0	14	MEDIO ALTO
122	0	0	17	MEDIO ALTO
123	0	0	16	MEDIO ALTO
124	0	0	13	MEDIO BAJO
125	0	0	17	MEDIO ALTO
126	0	0	11	MEDIO BAJO
127	0	0	17	MEDIO ALTO
128	0	0	12	MEDIO BAJO

129	0	0	13	MEDIO BAJO
130	0	0	16	MEDIO ALTO
131	0	0	18	ALTO
132	0	0	17	MEDIO ALTO
133	0	0	18	ALTO
134	0	0	8	BAJO
135	0	0	14	MEDIO ALTO
136	0	0	15	MEDIO ALTO
137	0	0	17	MEDIO ALTO
138	0	0	20	ALTO
139	0	0	19	ALTO
140	0	0	13	MEDIO BAJO
141	0	0	20	ALTO
142	0	0	12	MEDIO BAJO
143	0	0	15	MEDIO ALTO
144	0	0	15	MEDIO ALTO
145	0	0	13	MEDIO BAJO
146	0	0	18	ALTO
147	0	0	17	MEDIO ALTO
148	0	0	15	MEDIO ALTO
149	0	0	10	MEDIO BAJO
150	0	0	9	BAJO
151	0	0	14	MEDIO ALTO
152	0	0	14	MEDIO ALTO
153	0	0	17	MEDIO ALTO
154	0	0	11	MEDIO BAJO
155	0	0	14	MEDIO ALTO
156	0	0	16	MEDIO ALTO
157	0	0	17	MEDIO ALTO

Tabla A.4.6. Respuestas a las preguntas 7 del cuestionario y servicios con los que cuentan las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones

Consecutivo	agua	drenaje	luz	Ponderación	# personas que trabajan	Ponderación
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21					madre	3
22					padre y madre	2
23					0	4
24					hijos	2
25					padre e hijos	2
26					hijos (1)	3
27					padre	3
28					padre y madre	2
29					padre	3

30					padre	3
31	si	si	si	1		
32	si	si	si	1	hijos	2
33	si	no	si	2	padre	3
34	si	no	si	2	padre	3
35	si	no	si	2	padre	3
36	si	no	si	2	padre, madre e hijo (1)	1
37	si	no	si	2	padre	3
38	si	no	si	2	madre e hijos	2
39	si	si	si	1	padre	3
40	si	si	si	1	padre	3
41	si	no	si	2	padre y madre	2
42	si	no	si	2	padre	3
43	si	si	si	1	padre y madre	2
44	si	no	si	2	padre	3
45					padre	3
46	si	si	si	1	padre	3
47	si	no	si	2	padre y madre	2
48	no	no	si	3	padre y madre	2
49	si	si	si	1	padre	3
50	si	si	si	1	padre	3
51	si	no	si	2	otros	2
52	si	no	si	2	2 hijos	2
53	si	no	si	2	padre, madre e hijo (2)	1
54	si	no	si	2	padre, madre e hijo	1
55	si	no	si	2	padre y madre	2
56	si	no	si	2	padre, madre e hijo	1
57	si	no	si	2	padre	3
58	si	no	si	2		
59	si	no	si	2	madre e hijos	2
60	si	no	si	2	madre	3
61						
62	si	no	si	2	hijo	3

63	si	no	si	2	hijo	3
64	si	no	si	2	0	4
65	si	si	si	1	padre	3
66	no	no	si	3	hijos	2
67	si	si	si	1	padre, madre o hijos (2)	1
68	si	no	si	2	padre y tío	3
69	si	no	si	2	padre e hijos	3
70	si	no	si	2	padre	3
71	si	no	si	2	hijos	2
72	si	no	si	2	hijos	2
73	si	no	si	2	hijo	3
74	si	no	si	2	hijo	3
75	si	no	si	2	padre	3
76	si	no	si	2	padre	3
77	si	no	si	2	hijos	2
78	si	no	no	3	padre	3
79	si	no	no	3	padre	3
80	si	no	si	2	padre	3
81	si	no	si	2	padre	3
82	si	no	si	2	padre y madre	2
83	si	no	si	2	padre	3
84	no	no	si	3	padre	3
85	si	no	si	2	padre	3
86	si	no	si	2	padre	3
87	si	si	si	1	padre y madre	2
88	si	si	si	1	madre	3
89	si	si	si	1	padre y madre	2
90	si	no	si	2	madre	3
91	si	no	si	2	madre	3
92	si	no	si	2	hijo (1)	3
93	no	no	si	3	padre	3
94	si	no	si	2	padre	3
95	si	no	si	2	padre	3

96	si	no	si	2	padre	3
97	si	no	si	2	madre	3
98	si	no	si	2	padre	3
99	si	no	si	2	padre y madre	2
100	si	no	si	2	hijos	2
101	si	si	si	1	padre	3
102	si	no	si	2	padre e hijos	1
103	si	no	si	2	madre	3
104	si	no	si	2	madre	3
105	si	no	si	2	padre	3
106	si	no	si	2	padre, madre e hijos	1
107	si	no	si	2	hermana	3
108	si	no	si	2	padre y hermano	2
109	si	no	si	2	padre	3
110	si	no	si	2	padre y madre	2
111	si	no	si	2	padre e hijos	1
112	si	no	si	2	padre e hijos	1
113	si	no	si	2	padre e hijos	1
114	si	no	si	2	padre	3
115	si	no	si	2	padre, madre y 4 hermanos	1
116	si	si	si	1	padre	3
117	si	no	si	2	padre y madre	2
118	si	si	si	1	hijo (1)	3
119	si	si	si	1	padre e hijo	2
120	si	no	si	2	hermano	3
121	si	si	si	1	padre y madre	2
122	si	si	si	1	padre	3
123	si	si	si	1	padre	3
124	si	si	si	1	hermana	3
125	si	no	si	2	madre	3
126	si	si	si	1	hijo (1)	3
127	si	si	si	1	padre y madre	2

128	si	no	si	2	padre y madre	2
129	si	no	si	2	madre	3
130	si	no	si	2	8 personas	1
131	si	no	si	2	padre	3
132	si	no	si	2	padre, madre e hijos(3)	1
133	si	no	si	2	padre	3
134	si	no	si	2	padre	3
135	si	no	si	2	padre y madre	2
136	si	si	si	1	padre y madre	2
137	si	si	si	1	madre	3
138	si	no	si	2	hijo (1)	3
139	si	no	si	2	padre	3
140	si	si	si	1	hijo (1)	3
141	si	si	si	1	padre	3
142	si	no	si	2	padre	3
143	si	no	si	2	padre, madre e hijos	1
144	si	no	si	2	padre	3
145	si	no	si	2	padre e hijos	1
146	si	no	si	2	padre y madre	2
147	si	si	si	1	padre, madre e hijos	1
148	no	no	no	3	padre	3
149	si	no	si	2	padre y madre	2
150	si	no	si	2	padre	3
151	si	no	si	2	padre y madre	2
152	si	no	si	2	madre e hijos	1
153	si	no	si	2	hijos	2
154	si	no	si	2	padre	3
155	si	no	si	2	hijo (1)	3
156	si	no	si	2	padre y madre	2
157	si	no	si	2	padre, madre e hijo	1

Tabla A.4.7. Respuestas a las preguntas 8, 9 y 10 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	Distribución del ingreso familiar	Ponderación	Ahorro	Ponderación	Actividad laboral	Ponderación
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21	alimentación, salud y educación	5	no	3	otro y agricultor	2
22			no	3	comerciante	3
23	alimentación, salud	3	no	3	agricultor	3
24	alimentación, salud y educación	4	no	3	agricultor	3
25	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3
26	alimentación	2	no	3	agricultor	3
27	alimentación y salud	3	no	3	agricultor y otro	2
28	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3
29	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3

30			no	3	agricultor	3
31						
32	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3
33	alimentación	2	no	3	maestro y agricultor	2
34			no	3		
35	alimentación	2	no	3	comerciante	3
36	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
37	alimentación	2	no	3	agricultor	3
38	alimentación	2	si	1	agricultor y costurera	2
39	alimentación y pasajes	3	no	3	mensajero	3
40	alimentación, educación y pasajes	5	no	3	agricultor y construcción	2
41	alimentación y educación	3	no	3	agricultor y vendedor de tortillas	2
42	alimentación	2	no	3	comerciante	3
43	alimentación	2	no	3	agricultor	3
44	alimentación	2	no	3	agricultor y taxista	3
45	alimentación, educación y pasaje	4	si	1	agricultor	3
46	salud	2	no	3	agricultor	3
47	alimentación, educación y pasajes	4	no	3	comerciante e instructora	2
48	alimentación	2	no	3	comerciante	3
49	alimentación	2	no	3	agricultor	3
50	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3
51	alimentación y salud	3	no	3		
52	alimentación, salud y otros	5	no	3	agricultor	3
53	alimentación	2	no	3	maestra	3
54	alimentación	2	si	1	agricultor ganadero	3
55	alimentación y otros	4	no	3	agricultor	3
56	alimentación	2	no	3	agricultores	3
57	alimentación y otros	4	si	1	agricultor y albañil	2
58	alimentación	2	no	3		
59	alimentación, salud y educación	4	si	1	agricultor	3
60	alimentación	2	si	1	comerciante	3
61						
62	alimentación	2	no	3	herrero	3

63	alimentación	2	no	3	ama de llaves	3
64	alimentación	2	no	3	0	
65	alimentación y otros	4	no	3	albañil	3
66	alimentación	2	no	3	0	
67	alimentación	2	si	1	agricultor	3
68	alimentación	2	si	1	chofer	3
69	alimentación	2	si	1	agricultor	3
70	alimentación	2	no	3	agricultor	3
71	alimentación	2	no	3	agricultor	3
72	alimentación y salud	3	no	3	agricultor y maestro	2
73	alimentación	2	no	3	agricultor	3
74	alimentación y educación	3	no	3	agricultor y chofer	2
75	alimentación y salud	3	no	3	albañil	3
76	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
77	alimentación y otros	4	no	3	agricultor	3
78	alimentación	2	no	3	albañil	3
79	alimentación	2	no	3	agricultor	3
80	alimentación	2	no	3	agricultor y chofer	2
81	alimentación	2	no	3	agricultor	3
82	alimentación	2	si	1	agricultor y vendedores ambulantes	2
83	alimentación	2	no	3	agricultor y comerciante en el df.	2
84	alimentación	2	no	3	agricultor	3
85	alimentación	2	no	3	agricultor	3
86	alimentación	2	no	3	albañil	3
87	alimentación	2	si	1	venden comida	3
88	alimentación	2	no	3	agricultor y comerciante	2
89	alimentación y educación	3	no	3	agricultor y comerciante	2
90	alimentación	2	no	3	agricultor y comerciante	2
91	alimentación	2	no	3	agricultor	3
92	alimentación	2	no	3	comerciante	3
93	alimentación	2	no	3	agricultor	3
94	alimentación y educación	3	si	1	agricultor	3

95	alimentación	2	no	3	ayudante de albañil y agricultor	2
96	alimentación	2	no	3	agricultor	3
97	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
98	alimentación	2	no	3	agricultor	3
99	alimentación y educación	3	no	3	maestro y ama de casa	2
100	alimentación	2	no	3	vendedor ambulante	3
101	alimentación	2	no	3	agricultor	3
102	alimentación y educación	3	no	3	agricultor y empleada de casa	2
103	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
104	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
105	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
106	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
107	alimentación y educación y otros	5	si	1	agricultor y ama de llaves	2
108	alimentación y educación	3	no	3	profesor y albañil	2
109	alimentación y educación	3	no	3	ayudante de albañil	3
110	alimentación y salud	3	no	3	comerciante y chofer	2
111	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
112	alimentación y salud	3	no	3	fabricante de bolk	3
113	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
114	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
115	alimentación y salud	3	si	1	empleado de empresa , gobierno y casa	1
116	alimentación	2	si	1	comerciante y agricultor	2
117	alimentación y transporte	3	si	1	agricultor, ingeniero civil y enfermera	1
118	alimentación, salud y educación	4	no	3	ayudante del INAH	3
119	alimentación y educación	3	no	3	maestros	
120	alimentación y salud	3	no	3	agricultor y obrero	3
121	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	comerciante y albañil	2
122	alimentación y educación	3	si	1	agricultor	3
123	alimentación, salud, educación y otros	5	si	1	comerciante	3

124	alimentación y educación	3	no	3	ama de llaves	3
125	alimentación	2	no	3	comerciante	3
126	alimentación y salud	3	no	3	otro	3
127	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3
128	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
129	alimentación, salud y educación	4	no	3	ama de llaves	3
130	alimentación	2	no	3	agricultor y ama de llaves	2
131	alimentación	2	no	3	comerciante	3
132	alimentación	2	no	3	agricultor	3
133	alimentación y salud	3	no	3	comerciante	3
134	alimentación y otros	3	no	3	agricultor	3
135	alimentación	2	no	3	agricultor	3
136	alimentación, salud y educación	4	no	3	obrero y ama de casa	2
137	alimetación y educación	3	no	3	agricultor	3
138	alimentación, salud, educación y otros	5	si	1	ama de casa	3
139	alimentación, salud y educación	4	no	3	comerciante	3
140	alimentación y educación	3	no	3	agricultor	3
141	alimentación, salud y educación	4	si	1	agricultor	3
142	alimentación, salud y educación	4	no	3	agricultor	3
143	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
144	alimentación, salud y educación	4	no	3	maestro	3
145	alimentación y salud	3	no	3	comerciante	3
146	alimentación, salud y educación	4	si	1	agricultor	3
147	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
148	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
149	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
150	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	comerciante	3

151	alimentación, salud, educación y otros	5	no	3	agricultor	3
152	alimentación, salud y educación	4	no	3	agricultor	3
153	alimentación, salud y educación	4	si	1	comerciante	3
154	alimentación, salud y educación	4	no	3	profesor	3
155	alimentación, educación y otros	5	no	3	empleado	3
156	alimentación, salud y educación	4	no	3	albañil	3
157	alimentación y salud	3	no	3	agricultor	3

Tabla A.4.8. Respuestas a la pregunta 11 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	Cosecha	Ponderación
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

21	autoconsumo	1
22		0
23	autoconsumo	3
24	autoconsumo	3
25	autoconsumo	3
26	autoconsumo	3
27	autoconsumo	3
28	autoconsumo	3
29	autoconsumo	3
30	autoconsumo	3
31		
32	autoconsumo	3
33	autoconsumo y venta ocasional	1
34		
35		0
36	autoconsumo	3
37	autoconsumo	3
38	autoconsumo	3
39		0
40	autoconsumo	1
41	autoconsumo	1
42		0
43	autoconsumo y venta ocasional	3
44	autoconsumo	1
45	autoconsumo	3
46	autoconsumo	3
47		0
48		0
49	autoconsumo	3
50	autoconsumo y venta ocasional	3
51		
52	autoconsumo	3
53	0	0

54	autoconsumo	3
55	autoconsumo	3
56	autoconsumo	3
57	autoconsumo	1
58		
59	autoconsumo	3
60	0	0
61		
62	0	0
63	0	0
64	0	
65	0	0
66	0	
67	autoconsumo	3
68	0	0
69	autoconsumo	3
70	autoconsumo y venta ocasional	3
71	autoconsumo	3
72	autoconsumo	1
73	autoconsumo	3
74	autoconsumo	1
75	0	0
76	autoconsumo	3
77	autoconsumo	3
78	0	0
79	autoconsumo	3
80	autoconsumo	1
81	autoconsumo	3
82	autoconsumo	1
83	autoconsumo	1
84	venta siempre	3
85	autocosnumo	3
86	0	0

87	0	0
88	autoconsumo	1
89	venta siempre	2
90	autoconsumo	2
91	autoconsumo	3
92	0	0
93	autoconsumo	3
94	autoconsumo y venta siempre	3
95	autoconsumo	1
96	autoconsumo	3
97	autoconsumo y venta ocasional	3
98	autoconsumo y venta ocasional	3
99	0	0
100	0	0
101	autoconsumo y venta ocasional	3
102	autoconsumo y venta ocasional	2
103	autoconsumo	3
104	autoconsumo	3
105	autoconsumo	3
106	autoconsumo y venta ocasional	3
107	autoconsumo	1
108	0	0
109	0	0
110	0	0
111	autoconsumo	3
112	0	0
113	autoconsumo	3
114	autoconsumo y venta ocasional	3
115	0	0
116	autoconsumo y venta ocasional	2
117	autoconsumo	1
118	0	0
119	0	0

120	autoconsumo	1
121	0	0
122	autoconsumo	3
123	0	0
124	0	0
125	0	0
126	0	0
127	autoconsumo	3
128	autoconsumo	3
129	0	0
130	autoconsumo	1
131	0	0
132	autoconsumo	3
133	0	0
134	autoconsumo	2
135	autoconsumo	2
136	0	0
137	autoconsumo	3
138	0	0
139	0	0
140	autoconsumo	3
141	autoconsumo	3
142	autoconsumo y venta siempre	3
143	autoconsumo	3
144	0	0
145	0	0
146	autoconsumo	3
147	autoconsumo	3
148	autoconsumo	3
149	autoconsumo	3
150	0	0
151	autoconsumo	3
152	autoconsumo	3

153	autoconsumo	3
154	0	0
155	0	0
156	autoconsumo	3
157	autoconsumo	3

Tabla A.4.9. Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad económica para cada vivienda.

Consecutivo	# de vacíos	Ponderación	Ponderación total	Nivel de vulnerabilidad
1	6	12	12	MEDIO BAJO
2	6	12	12	MEDIO BAJO
3	6	12	12	MEDIO BAJO
4	6	12	12	MEDIO BAJO
5	6	12	12	MEDIO BAJO
6	6	12	12	MEDIO BAJO
7	6	12	12	MEDIO BAJO
8	6	12	12	MEDIO BAJO
9	6	12	12	MEDIO BAJO
10	6	12	12	MEDIO BAJO
11	6	12	12	MEDIO BAJO
12	6	12	12	MEDIO BAJO
13	6	12	12	MEDIO BAJO
14	6	12	12	MEDIO BAJO
15	6	12	12	MEDIO BAJO
16	6	12	12	MEDIO BAJO
17	6	12	12	MEDIO BAJO
18	6	12	12	MEDIO BAJO
19	6	12	12	MEDIO BAJO
20	6	12	12	MEDIO BAJO
21	1	2	16	MEDIO ALTO
22	2	4	12	MEDIO BAJO
23	1	2	18	ALTO

24	1	2	17	MEDIO ALTO
25	1	2	16	MEDIO ALTO
26	1	2	16	MEDIO ALTO
27	1	2	16	MEDIO ALTO
28	1	2	16	MEDIO ALTO
29	1	2	17	MEDIO ALTO
30	2	4	16	MEDIO ALTO
31	5	10	11	BAJO
32	0	0	15	MEDIO ALTO
33	0	0	13	MEDIO BAJO
34	3	6	14	MEDIO BAJO
35	0	0	13	MEDIO BAJO
36	0	0	15	MEDIO ALTO
37	0	0	16	MEDIO ALTO
38	0	0	12	MEDIO BAJO
39	0	0	13	MEDIO BAJO
40	0	0	15	MEDIO ALTO
41	0	0	13	MEDIO BAJO
42	0	0	13	MEDIO BAJO
43	0	0	14	MEDIO BAJO
44	0	0	14	MEDIO BAJO
45	1	2	16	MEDIO ALTO
46	0	0	15	MEDIO ALTO
47	0	0	13	MEDIO BAJO
48	0	0	13	MEDIO BAJO
49	0	0	15	MEDIO ALTO
50	0	0	16	MEDIO ALTO
51	2	4	14	MEDIO BAJO
52	0	0	18	MEDIO ALTO
53	0	0	11	BAJO
54	0	0	12	MEDIO BAJO
55	0	0	17	MEDIO ALTO
56	0	0	14	MEDIO BAJO

57	0	0	13	MEDIO BAJO
58	3	6	13	MEDIO BAJO
59	0	0	15	MEDIO ALTO
60	0	0	11	BAJO
61	6	12	12	MEDIO BAJO
62	0	0	13	MEDIO BAJO
63	0	0	13	MEDIO BAJO
64	2	4	15	MEDIO ALTO
65	0	0	14	MEDIO BAJO
66	2	4	14	MEDIO BAJO
67	0	0	11	BAJO
68	0	0	11	BAJO
69	0	0	14	MEDIO BAJO
70	0	0	16	MEDIO ALTO
71	0	0	15	MEDIO ALTO
72	0	0	13	MEDIO BAJO
73	0	0	16	MEDIO ALTO
74	0	0	14	MEDIO BAJO
75	0	0	14	MEDIO BAJO
76	0	0	17	MEDIO ALTO
77	0	0	17	MEDIO ALTO
78	0	0	14	MEDIO BAJO
79	0	0	17	MEDIO ALTO
80	0	0	13	MEDIO BAJO
81	0	0	16	MEDIO ALTO
82	0	0	10	BAJO
83	0	0	13	MEDIO BAJO
84	0	0	17	MEDIO ALTO
85	0	0	16	MEDIO ALTO
86	0	0	13	MEDIO BAJO
87	0	0	9	BAJO
88	0	0	12	MEDIO BAJO
89	0	0	13	MEDIO BAJO

90	0	0	14	MEDIO BAJO
91	0	0	16	MEDIO ALTO
92	0	0	13	MEDIO BAJO
93	0	0	17	MEDIO ALTO
94	0	0	15	MEDIO ALTO
95	0	0	13	MEDIO BAJO
96	0	0	16	MEDIO ALTO
97	0	0	17	MEDIO ALTO
98	0	0	16	MEDIO ALTO
99	0	0	12	MEDIO BAJO
100	0	0	12	MEDIO BAJO
101	0	0	15	MEDIO ALTO
102	0	0	13	MEDIO BAJO
103	0	0	17	MEDIO ALTO
104	0	0	17	MEDIO ALTO
105	0	0	17	MEDIO ALTO
106	0	0	15	MEDIO ALTO
107	0	0	14	MEDIO BAJO
108	0	0	12	MEDIO BAJO
109	0	0	14	MEDIO BAJO
110	0	0	12	MEDIO BAJO
111	0	0	15	MEDIO ALTO
112	0	0	12	MEDIO BAJO
113	0	0	15	MEDIO ALTO
114	0	0	19	ALTO
115	0	0	8	BAJO
116	0	0	11	BAJO
117	0	0	10	BAJO
118	0	0	14	MEDIO BAJO
119	1	2	11	BAJO
120	0	0	15	MEDIO ALTO
121	0	0	13	MEDIO BAJO
122	0	0	14	MEDIO BAJO

123	0	0	13	MEDIO BAJO
124	0	0	13	MEDIO BAJO
125	0	0	13	MEDIO BAJO
126	0	0	13	MEDIO BAJO
127	0	0	15	MEDIO ALTO
128	0	0	18	ALTO
129	0	0	15	MEDIO ALTO
130	0	0	11	BAJO
131	0	0	13	MEDIO BAJO
132	0	0	14	MEDIO BAJO
133	0	0	14	MEDIO BAJO
134	0	0	16	MEDIO ALTO
135	0	0	14	MEDIO BAJO
136	0	0	12	MEDIO BAJO
137	0	0	16	MEDIO ALTO
138	0	0	14	MEDIO BAJO
139	0	0	15	MEDIO ALTO
140	0	0	16	MEDIO ALTO
141	0	0	15	MEDIO ALTO
142	0	0	18	ALTO
143	0	0	17	MEDIO ALTO
144	0	0	15	MEDIO ALTO
145	0	0	12	MEDIO BAJO
146	0	0	15	MEDIO ALTO
147	0	0	16	MEDIO ALTO
148	0	0	20	ALTO
149	0	0	18	ALTO
150	0	0	16	MEDIO ALTO
151	0	0	18	ALTO
152	0	0	16	MEDIO ALTO
153	0	0	15	MEDIO ALTO
154	0	0	15	MEDIO ALTO
155	0	0	16	MEDIO ALTO

156	0	0	17	MEDIO ALTO
157	0	0	15	MEDIO ALTO

Tabla A.4.10. Respuestas a las preguntas 12 y 13 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	% personas que estudian	Ponderación	% del total de personas analfabetas	Ponderación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51	0	4	0%	1
52	100%	1	0%	4
53	100%	1	100%	4
54	90%	1	90%	4
55	0%	4	0%	1
56	100%	1	100%	4
57	67%	2	66.67%	3
58	0%	4	100%	4

59	100%	1	90%	4
60	100%	1	80%	4
61	0%	4	0%	1
62	0%	4	0%	1
63	50%	2	50%	3
64	50%	2	50%	3
65	100%	1	75%	4
66	0%	4	0%	1
67	90.90%	1	90.90%	4
68	67%	2	66%	3
69	91.66%	1	91.67%	4
70	0%	4	0%	1
71	0%	4	0%	1
72	66.66%	2	66.60%	3
73	50%	2	100%	4
74	100%	1	50%	3
75	60%	2	60%	3
76	57.14%	2	57.14%	3
77	0%	4	0%	1
78	0%	4	0%	1
79	100%	1	100%	4
80	37.50%	3	37.50%	2
81	100%	1	100%	4
82	83.33%	1	83.30%	4
83	80%	1	20%	1
84	0%	4	100%	4
85	0%	4	100%	4
86	100%	1	80%	4
87	20%	4	20%	1
88	100%	1	0%	1
89	100%	1	0%	1
90	0%	4	0%	1
91	0%	4	0%	1

92	25%	3	25%	2
93	50%	2	50%	3
94	85.71%	1	25%	2
95	75%	1	75%	4
96	100%	1	0%	1
97	60%	2	60%	3
98	0%	4	0%	1
99	100%	1	0%	1
100	100%	1	100%	4
101	0%	4	100%	4
102	55.55%	2	44.40%	2
103	66.66%	2	33.33%	2
104	100%	1	33%	2
105	25%	3	75%	4
106	80%	1	20%	1
107	0%	4	100%	4
108	54.54%	2	83.30%	4
109	100%	1	0%	1
110	100%	1	0%	1
111	83.33%	1	16.67%	1
112	100%	1	0%	1
113	33.33%	3	66.66%	3
114	25%	3	75%	4
115	100%	1	0%	1
116	100%	1	0%	1
117	40%	3	60%	3
118	80%	1	20%	1
119	100%	1	100%	4
120	80%	1	20%	1
121	75%	1	25%	2
122	66.66%	2	33.30%	2
123	100%	1	0%	1
124	100%	1	0%	1

125	100%	1	0%	1
126	100%	1	0%	1
127	100%	1	0%	1
128	75%	1	25%	2
129	66.66%	2	33.30%	2
130	75%	1	25%	2
131	100%	1	0%	1
132	100%	1	0%	1
133	66.66%	2	33.30%	2
134	100%	1	0%	1
135	100%	1	0%	1
136	83.33%	1	16.67%	1
137	66.66%	2	33.30%	2
138	83.33%	1	16.67%	1
139	100%	1	28.56%	2
140	66.66%	2	33.30%	2
141	100%	1	0%	1
142	100%	1	0%	1
143	83.33%	1	16.67%	1
144	100%	1	0%	1
145	33.33%	3	66.67%	3
146	100%	1	0%	1
147	100%	1	0%	1
148	60%	2	40%	2
149	100%	1	0.00%	1
150	66.66%	2	33.30%	2
151	80%	1	20%	1
152	40%	3	60%	3
153	60%	2	40%	2
154	71.42%	2	28.57%	2
155	87.50%	1	12.50%	1
156	100%	1	0%	1
157	33.33%	3	66.60%	3

Tabla A.4.11. Respuestas a la pregunta 14 del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con sus ponderaciones.

Consecutivo	Grado escolar de las personas que estudian	Ponderación
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		

30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51	0	5
52	0	5
53	0	5
54	secundaria y kinder	8
55	0	5
56	0	5
57	kinder	5
58	0	5
59	secundaria	3
60	licenciatura y secundaria	4
61	0	5
62	0	5

63	0	5
64	preparatoria	2
65	secundaria	3
66	0	5
67	primaria	4
68	preparatoria	2
69	primaria	4
70	0	5
71	0	5
72	primaria	4
73	0	5
74	preparatoria, secundaria y primaria	9
75	primaria	4
76	secundaria, primaria y secundaria	7
77	0	5
78	0	5
79	primaria	4
80	0	5
81	0	5
82	secundaria y preparatoria	5
83	secundaria y primaria	7
84	0	5
85	0	5
86	primaria	4
87	secundaria, kinder y primaria	12
88	preparatoria y secundaria	5
89	primaria y preparatoria	6
90	0	5
91	0	5
92	0	5
93	0	5
94	secundaria y primaria	7
95	secundaria	3

96	secundaria	3
97	secundaria	3
98	0	5
99	Universidad y Preparatoria	3
100	0	5
101		
102	secundaria y primaria	7
103	0	5
104	kinder	5
105	0	5
106	preparatoria y secundaria	5
107	0	5
108	primaria	4
109	primaria	4
110	0	5
111	secundaria y primaria	7
112	0	5
113	secundaria	3
114	0	5
115	universidad y secundaria	4
116	0	5
117	kinder	5
118	primaria y secundaria	7
119	secundaria y universidad	4
120	primaria	4
121	primaria	4
122	preparatoria	2
123	primaria	4
124	secundaria	3
125	0	5
126	0	5
127	secundaria y primaria	7
128	primaria	4

129	secundaria	3
130	preparatoria y primaria	6
131	primaria y secundaria	7
132	0	5
133	0	5
134	0	5
135	0	5
136	preparatoria y primaria	6
137	secundaria y primaria	7
138	primaria y secundaria	7
139	primaria, secundaria y preparatoria	9
140	secundaria	3
141	primaria, secundaria y preparatoria	9
142	0	5
143	primaria y secundaria	7
144	primaria	4
145	kinder y secundaria	8
146	primaria	4
147	0	5
148	primaria	4
149	primaria, secundaria y preparatoria	9
150	0	5
151	secundaria	3
152	primaria	4
153	secundaria, preparatoria y universidad	6
154	primaria, secundaria y preparatoria y universidad	10
155	primaria y secundaria	7
156	secundaria y preparatoria	5
157		

Tabla A.4.12. Número de vacíos en la información del cuestionario realizado a las viviendas de la comunidad de Santa María Tixmadejé con su ponderación, la ponderación total y el nivel de vulnerabilidad económica para cada vivienda.

Consecutivo	# de vacíos	Ponderación	Ponderación total	Nivel de vulnerabilidad
1	3	11	11	MEDIO ALTO
2	3	11	11	MEDIO ALTO
3	3	11	11	MEDIO ALTO
4	3	11	11	MEDIO ALTO
5	3	11	11	MEDIO ALTO
6	3	11	11	MEDIO ALTO
7	3	11	11	MEDIO ALTO
8	3	11	11	MEDIO ALTO
9	3	11	11	MEDIO ALTO
10	3	11	11	MEDIO ALTO
11	3	11	11	MEDIO ALTO
12	3	11	11	MEDIO ALTO
13	3	11	11	MEDIO ALTO
14	3	11	11	MEDIO ALTO
15	3	11	11	MEDIO ALTO
16	3	11	11	MEDIO ALTO
17	3	11	11	MEDIO ALTO
18	3	11	11	MEDIO ALTO
19	3	11	11	MEDIO ALTO
20	3	11	11	MEDIO ALTO
21	3	11	11	MEDIO ALTO
22	3	11	11	MEDIO ALTO
23	3	11	11	MEDIO ALTO
24	3	11	11	MEDIO ALTO
25	3	11	11	MEDIO ALTO
26	3	11	11	MEDIO ALTO
27	3	11	11	MEDIO ALTO
28	3	11	11	MEDIO ALTO
29	3	11	11	MEDIO ALTO

30	3	11	11	MEDIO ALTO
31	3	11	11	MEDIO ALTO
32	3	11	11	MEDIO ALTO
33	3	11	11	MEDIO ALTO
34	3	11	11	MEDIO ALTO
35	3	11	11	MEDIO ALTO
36	3	11	11	MEDIO ALTO
37	3	11	11	MEDIO ALTO
38	3	11	11	MEDIO ALTO
39	3	11	11	MEDIO ALTO
40	3	11	11	MEDIO ALTO
41	3	11	11	MEDIO ALTO
42	3	11	11	MEDIO ALTO
43	3	11	11	MEDIO ALTO
44	3	11	11	MEDIO ALTO
45	3	11	11	MEDIO ALTO
46	3	11	11	MEDIO ALTO
47	3	11	11	MEDIO ALTO
48	3	11	11	MEDIO ALTO
49	3	11	11	MEDIO ALTO
50	3	11	11	MEDIO ALTO
51	0	0	10	MEDIO BAJO
52	0	0	10	MEDIO BAJO
53	0	0	10	MEDIO BAJO
54	0	0	13	MEDIO ALTO
55	0	0	10	MEDIO BAJO
56	0	0	10	MEDIO BAJO
57	0	0	10	MEDIO BAJO
58	0	0	13	MEDIO ALTO
59	0	0	8	MEDIO BAJO
60	0	0	9	MEDIO BAJO
61	0	0	10	MEDIO BAJO
62	0	0	10	MEDIO BAJO

63	0	0	10	MEDIO BAJO
64	0	0	7	BAJO
65	0	0	8	MEDIO BAJO
66	0	0	10	MEDIO BAJO
67	0	0	9	MEDIO BAJO
68	0	0	7	BAJO
69	0	0	9	MEDIO BAJO
70	0	0	10	MEDIO BAJO
71	0	0	10	MEDIO BAJO
72	0	0	9	MEDIO BAJO
73	0	0	11	MEDIO ALTO
74	0	0	13	MEDIO ALTO
75	0	0	9	MEDIO BAJO
76	0	0	12	MEDIO ALTO
77	0	0	10	MEDIO BAJO
78	0	0	10	MEDIO BAJO
79	0	0	9	MEDIO BAJO
80	0	0	10	MEDIO BAJO
81	0	0	10	MEDIO BAJO
82	0	0	10	MEDIO BAJO
83	0	0	9	MEDIO BAJO
84	0	0	13	MEDIO ALTO
85	0	0	13	MEDIO ALTO
86	0	0	9	MEDIO BAJO
87	0	0	17	ALTO
88	0	0	7	BAJO
89	0	0	8	MEDIO BAJO
90	0	0	10	MEDIO BAJO
91	0	0	10	MEDIO BAJO
92	0	0	10	MEDIO BAJO
93	0	0	10	MEDIO BAJO
94	0	0	12	MEDIO BAJO
95	0	0	8	MEDIO BAJO

96	0	0	5	BAJO
97	0	0	8	MEDIO BAJO
98	0	0	10	MEDIO BAJO
99	0	0	5	BAJO
100	0	0	10	MEDIO BAJO
101	1	4	12	MEDIO ALTO
102	0	0	11	MEDIO ALTO
103	0	0	9	MEDIO BAJO
104	0	0	8	MEDIO BAJO
105	0	0	12	MEDIO ALTO
106	0	0	7	BAJO
107	0	0	13	MEDIO ALTO
108	0	0	10	MEDIO BAJO
109	0	0	6	BAJO
110	0	0	7	BAJO
111	0	0	9	MEDIO BAJO
112	0	0	7	BAJO
113	0	0	9	MEDIO BAJO
114	0	0	12	MEDIO ALTO
115	0	0	6	BAJO
116	0	0	7	BAJO
117	0	0	11	MEDIO ALTO
118	0	0	9	MEDIO BAJO
119	0	0	9	MEDIO BAJO
120	0	0	6	BAJO
121	0	0	7	BAJO
122	0	0	6	BAJO
123	0	0	6	BAJO
124	0	0	5	BAJO
125	0	0	7	BAJO
126	0	0	7	BAJO
127	0	0	9	MEDIO BAJO
128	0	0	7	BAJO

129	0	0	7	BAJO
130	0	0	9	MEDIO BAJO
131	0	0	9	MEDIO BAJO
132	0	0	7	BAJO
133	0	0	9	MEDIO BAJO
134	0	0	7	BAJO
135	0	0	7	BAJO
136	0	0	8	MEDIO BAJO
137	0	0	11	MEDIO ALTO
138	0	0	9	MEDIO BAJO
139	0	0	12	MEDIO ALTO
140	0	0	7	BAJO
141	0	0	11	MEDIO ALTO
142	0	0	7	BAJO
143	0	0	9	MEDIO BAJO
144	0	0	6	BAJO
145	0	0	14	ALTO
146	0	0	6	BAJO
147	0	0	7	BAJO
148	0	0	8	MEDIO BAJO
149	0	0	11	MEDIO ALTO
150	0	0	9	MEDIO BAJO
151	0	0	5	BAJO
152	0	0	10	MEDIO BAJO
153	0	0	10	MEDIO BAJO
154	0	0	14	ALTO
155	0	0	9	MEDIO BAJO
156	0	0	7	BAJO
157	1	4	10	MEDIO BAJO

Tabla A.4.13. Clasificación según la tipología de las viviendas de Santa María Tixmadejé, su índice de vulnerabilidad estructural y su nivel de vulnerabilidad.

Consecutivo	Clasificación según tipología	Clasificación según INEGI	Calificación Vi (CENAPRED)	Índice vulnerabilidad (CENAPRED)	Nivel de vulnerabilidad
1	5	1	3	0.13125	MEDIO ALTO
2	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
3	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
4	2	2	1.5	0.065625	BAJO
5	8	4	4	0.175	ALTO
6	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
7	2	2	1.5	0.065625	BAJO
8	8	4	4	0.175	ALTO
9	1	1	1	0.04375	BAJO
10	8	4	4	0.175	ALTO
11	1	1	1	0.04375	BAJO
12	2	2	1.5	0.065625	BAJO
13	8	2	4	0.175	ALTO
14	2	2	1.5	0.065625	BAJO
15	8	4	4	0.175	ALTO
16	1	1	1	0.04375	BAJO
17	8	4	4	0.175	ALTO
18	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
19	2	2	1.5	0.065625	BAJO
20	8	4	4	0.175	ALTO
21	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
22	8	4	4	0.175	ALTO
23	8	4	4	0.175	ALTO
24	1	1	1	0.04375	BAJO
25	8	4	4	0.175	ALTO
26	1	1	1	0.04375	BAJO
27	2	2	1.5	0.065625	BAJO

28	1	1	1	0.04375	BAJO
29	8	4	4	0.175	ALTO
30	8	4	4	0.175	ALTO
31	1	1	1	0.04375	BAJO
32	1	1	1	0.04375	BAJO
33	8	4	4	0.175	ALTO
34	8	4	4	0.175	ALTO
35	1	1	1	0.04375	BAJO
36	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
37	1	1	1	0.04375	BAJO
38	8	4	4	0.175	ALTO
39	2	2	1.5	0.065625	BAJO
40	8	2	4	0.175	ALTO
41	1	1	1	0.04375	BAJO
42	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
43	8	4	4	0.175	ALTO
44	1	1	1	0.04375	BAJO
45	1	1	1	0.04375	BAJO
46	8	4	4	0.175	ALTO
47	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
48	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
49	8	4	4	0.175	ALTO
50	8	4	4	0.175	ALTO
51	8	4	4	0.175	ALTO
52	8	4	4	0.175	ALTO
53	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
54	8	4	4	0.175	ALTO
55	8	4	4	0.175	ALTO
56	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
57	8	4	4	0.175	ALTO
58	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
59	8	4	4	0.175	ALTO
60	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO

61	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
62	8	4	4	0.175	ALTO
63	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
64	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
65	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
66	8	4	4	0.175	ALTO
67	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
68	8	4	4	0.175	ALTO
69	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
70	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
71	8	4	4	0.175	ALTO
72	5	1	3	0.13125	MEDIO ALTO
73	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
74	8	4	4	0.175	ALTO
75	1	1	1	0.04375	BAJO
76	8	4	4	0.175	ALTO
77	8	4	4	0.175	ALTO
78	6	2	3.2	0.14	MEDIO ALTO
79	1	1	1	0.04375	BAJO
80	8	4	4	0.175	ALTO
81	1	1	1	0.04375	BAJO
82	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
83	8	4	4	0.175	ALTO
84	8	4	4	0.175	ALTO
85	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
86	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
87	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
88	6	2	3.2	0.14	MEDIO ALTO
89	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
90	8	4	4	0.175	ALTO
91	8	4	4	0.175	ALTO
92	6	2	3.2	0.14	MEDIO ALTO
93	8	4	4	0.175	ALTO

94	3	2	2	0.0875	MEDIO BAJO
95	2	2	1.5	0.065625	BAJO
96	8	4	4	0.175	ALTO
97	8	4	4	0.175	ALTO
98	8	4	4	0.175	ALTO
99	8	4	4	0.175	ALTO
100	8	4	4	0.175	ALTO
101	8	4	4	0.175	ALTO
102	8	4	4	0.175	ALTO
103	1	1	1	0.04375	BAJO
104	8	4	4	0.175	ALTO
105	8	4	4	0.175	ALTO
106	1	1	1	0.04375	BAJO
107	1	1	1	0.04375	BAJO
108	8	4	4	0.175	ALTO
109	1	1	1	0.04375	BAJO
110	1	1	1	0.04375	BAJO
111	8	4	4	0.175	ALTO
112	1	1	1	0.04375	BAJO
113	8	4	4	0.175	ALTO
114	8	4	4	0.175	ALTO
115	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
116	8	4	4	0.175	ALTO
117	1	1	1	0.04375	BAJO
118	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
119	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
120	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
121	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
122	1	1	1	0.04375	BAJO
123	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
124	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
125	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
126	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO

127	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
128	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
129	8	4	4	0.175	ALTO
130	1	1	1	0.04375	BAJO
131	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
132	7	1	3.6	0.1575	ALTO
133	1	1	1	0.04375	BAJO
134	8	4	4	0.175	ALTO
135	1	1	1	0.04375	BAJO
136	1	1	1	0.04375	BAJO
137	8	4	4	0.175	ALTO
138	8	4	4	0.175	ALTO
139	1	1	1	0.04375	BAJO
140	8	4	4	0.175	ALTO
141	1	1	1	0.04375	BAJO
142	6	2	3.2	0.14	MEDIO BAJO
143	6	2	3.2	0.14	MEDIO BAJO
144	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
145	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
146	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
147	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
148	8	4	4	0.175	ALTO
149	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
150	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
151	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
152	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
153	4	2	2.2	0.09625	MEDIO BAJO
154	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
155	1	1	1	0.04375	BAJO
156	3	1	2	0.0875	MEDIO BAJO
157	8	4	4	0.175	ALTO