



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

**PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE  
DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

**Julio José Napoleón Guzmán Mejía**

Asesorado por el Ing. Julio Napoleón Guzmán Vásquez

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE  
DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JULIO JOSÉ NAPOLEÓN GUZMÁN MEJÍA**

ASESORADO POR EL ING. JULIO NAPOLEÓN GUZMÁN VÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Fernando Boiton Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE  
DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha octubre de 2011.



**Julio José Napoleón Guzmán Mejía**

Guatemala 13 de julio de 2012

Licenciado

Manuel Guillen Salazar

Jefe del Departamento de Planeamiento

Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Estimado Licenciado Guillen.

Tengo el gusto de saludarle y desearle éxito en sus actividades cotidianas.

El motivo de la presente, es para informarle que he revisado y encontrado satisfactorio el trabajo de tesis realizado por el estudiante: **Julio José Napoleón Guzmán Mejía**, titulado "PLANIFICACION METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL- EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA"; previo a optar a el título de Ingeniero Civil.

Sin otro particular, me despido de usted, atentamente.

  
Ing. Julio Napoleón Guzmán Vásquez

Asesor.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
31 de agosto de 2012

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio José Napoleón Guzmán Mejía, quien contó con la asesoría del Ing. Julio Napoleón Guzmán Vásquez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar  
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar  
ECONOMISTA  
Colegiado No. 4758



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
PLANEAMIENTO  
USAC

/bbdeb.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Julio Napoleón Guzmán Vásquez y del Jefe del Departamento de Planeamiento Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Julio José Napoleón Guzmán Mejía, titulado **PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2012.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES ENFOCADO EN OBRA CIVIL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Julio José Napoleón Guzmán Mejía**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 31 de octubre de 2012

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la bendición de culminar mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Julio Napoleón Guzmán Vásquez, persona que admiro y es mi ejemplo a seguir. Teresa Zoraida Azucena Mejía de Guzmán, por darme ánimo y fuerzas en todo momento. A los dos gracias por su amor incondicional, los amo.
<b>Mi esposa</b>	Barbará Melgar Cancinos, por estar a mi lado y ser la madre de mi hijo.
<b>Mi hijo</b>	Oscar David Napoleón Guzmán Melgar, por darme inspiración de superarme para ser mejor persona y darte un buen ejemplo.
<b>Mis hermanos</b>	José Rodrigo, por ser tan especial para mí. Julio Alejandro y María Isabel por su cariño fraternal.
<b>Mi tío</b>	Oscar Arnoldo Mejía Sánchez (q.e.p.d.), por sus consejos y amor.
<b>Mis abuelas</b>	Teresa Teodora Sánchez Valdez y María del Carmen de Guzmán por su amor incondicional.

**A la Facultad de  
Ingeniería**

Por darme la oportunidad de culminar mis  
estudios universitarios.

**Mi patria**

Guatemala.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por darme la sabiduría, entendimiento, paciencia, fortaleza y perseverancia para alcanzar esta meta y culminar con éxito esta etapa de mi vida. Gracias por todos los dones que me has dado y bendiciones derramadas a lo largo de mi vida.
- Mis padres** Por la dirección, el esfuerzo y sacrificio realizado para que pueda salir adelante y cumplir mis sueños; por todas las enseñanzas, valores y principios inculcados en mi persona. Que Dios los bendiga siempre y me permita corresponderlos de igual manera.
- Mi hermano José  
Rodrigo** Por estar a mi lado a lo largo de estos años y apoyarme en todo.
- Mi hijo** Por darme la oportunidad de ver la vida de otra manera.
- Braulio Andrés  
González** Por su amistad especial y cariño brindados a mi persona.
- Lic.Manuel María Guillén  
Salazar** Por ayudarme a estructurar mi trabajo de graduación, ser mi catedrático y mi amigo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Conceptos básicos .....	1
1.2. Amenazas naturales más comunes en la República de Guatemala .....	4
1.3. Amenazas hidrológicas .....	7
1.4. Amenazas relacionadas con terrenos inestables .....	10
1.5. Amenaza sísmica .....	12
1.6. Amenaza volcánica .....	17
2. ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES .....	25
2.1. Niveles de evaluación .....	27
2.1.1. Evaluación de vulnerabilidad.....	28
2.1.1.1. Factores de vulnerabilidad .....	29
2.1.2. Evaluación de amenazas .....	29
2.1.3. Evaluación de riesgo.....	30
2.2. Diagnóstico preliminar .....	33
2.3. Evaluación semidetallada o indicativa .....	34
2.4. Evaluación detallada .....	35

2.5.	Estudios de actualización .....	35
2.6.	Productos esperados .....	39
2.7.	Informe .....	41
2.8.	Mapas.....	42
3.	PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE DESASTRES.....	47
3.1.	Marco legal.....	47
3.2.	Prevención en el ámbito municipal, autoridades involucradas y acuerdos .....	51
3.2.1.	Decreto número 11-2002 Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural .....	52
3.2.2.	Constitución Política de la República de Guatemala.....	56
3.2.3.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).....	59
3.2.3.1.	Reglamentos .....	59
3.2.4.	Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres (COMRED) .....	60
3.2.5.	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED).....	67
3.3.	Prevención pasiva .....	69
3.3.1.	Acciones de prevención.....	70
3.3.2.	Acciones para la preparación y la atención de una emergencia.....	70
3.3.3.	Acciones educativas.....	71
3.3.3.1.	Instrumentos .....	74
3.3.3.2.	Monitoreo, evaluación y seguimiento de la política .....	74

	3.3.3.3.	Elaboración y cumplimiento de reglamentos .....	74
3.4.		Prevención activa .....	75
	3.4.1.	Bases técnicas para reducir amenazas.....	77
	3.4.1.1.	Sistema de clasificación de amenazas por medio de colores .....	78
	3.4.1.2.	Sistemas de Información Geográfica....	80
	3.4.1.2.1.	Usos a nivel nacional ....	82
	3.4.1.2.2.	Usos a nivel regional .....	84
	3.4.1.2.3.	Usos a nivel local .....	86
	3.4.1.2.4.	Pautas para la adquisición de un SIG ...	87
	3.4.1.2.5.	Uso de sensores remotos en evaluaciones de amenazas naturales .....	89
3.5.		Riesgos naturales y planificación .....	91
	3.5.1.	Planificación.....	93
	3.5.2.	Proceso de planificación estratégica de proyectos .....	93
	3.5.3.	Programación de medidas de mitigación .....	95
3.6.		Identificación de la necesidad de un análisis de riesgos.....	96
3.7.		¿Quiénes deben hacer el análisis de riesgos? .....	98
3.8.		Supervisión y participación.....	100
3.9.		Participación ciudadana .....	101
3.10.		Validación .....	103
	3.10.1.	Resolución final.....	103
	3.10.2.	Vigencia de la resolución .....	104
3.11.		Aplicación de resultados .....	105

3.11.1.	Reducción de riesgos y amenazas .....	107
4.	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EJECUTAR OBRAS CIVILES EN ZONAS DE PELIGRO.....	111
4.1.	Zonas de deslizamiento.....	113
4.1.1.	Recomendaciones constructivas .....	114
4.1.2.	Uso del suelo.....	115
4.1.3.	Obras de estabilización de las zonas inestables...	117
4.1.3.1.	Drenaje .....	117
4.1.3.2.	Vegetación.....	118
4.1.3.3.	Modificación del talud .....	119
4.1.3.4.	Protección del pie del talud .....	120
4.2.	Zonas de derrumbe .....	121
4.2.1.	Uso del suelo.....	121
4.2.2.	Obras de defensa .....	122
4.2.2.1.	Protección para derrumbes.....	123
4.3.	Zonas de inundaciones.....	124
4.3.1.	Uso del suelo.....	124
4.3.2.	Obras de defensa .....	126
4.3.3.	Manejo integral de cuencas.....	129
4.4.	Zonas sísmicas.....	129
4.4.1.	Marco tectónico regional.....	130
4.4.2.	Recomendaciones constructivas .....	131
4.4.3.	Parámetros.....	134
4.4.3.1.	Paredes, techos y elementos pesados.....	134
4.4.3.2.	Altura de las edificaciones .....	134
4.4.3.3.	Detalles constructivos .....	135
4.4.3.4.	Diseño de habitaciones.....	135

4.4.3.5.	Calidad de materiales.....	136
4.4.3.6.	Calidad del trabajo y de los acabados .....	136
4.4.4.	Consideraciones locales .....	137
4.5.	Zonas volcánicas .....	140
4.5.1.	Tipos de amenaza .....	142
4.5.1.1.	Flujos de lava .....	142
4.5.1.2.	Flujos piroclásticos.....	143
4.5.1.3.	Caídas de tefras.....	143
4.5.1.4.	Gases volcánicos .....	144
4.5.1.5.	Avalanchas de escombros .....	144
4.5.1.6.	Lahares y crecientes .....	145
4.5.2.	Evaluación .....	146
4.5.2.1.	Caidas de tefras .....	148
4.5.2.2.	Flujos piroclásticos.....	148
4.5.2.3.	Lahares .....	149
4.5.2.4.	Flujos de lava .....	149
4.5.3.	Medidas constructivas de prevención .....	150
CONCLUSIONES.....		151
RECOMENDACIONES.....		153
BIBLIOGRAFÍA.....		155





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Número de eventos naturales cuantificados en el período 1530-2010 ...5
2.	Estragos del río Polochic en la carretera a Santa Catalina La Tinta, en Tamahú..... 10
3.	Regiones expuestas a inestabilidad de terrenos ..... 11
4.	Placas tectónicas del Continente Americano..... 13
5.	Sistema de fallas en la República de Guatemala ..... 14
6.	Zona de subducción en la costa del pacífico ..... 15
7.	Direccionamiento de placas tectónicas en Guatemala ..... 16
8.	Estructura general de un análisis de riesgos .....26
9.	Ejemplo de análisis de riesgo.....31
10.	Inundación de calles principales en pueblos, ocasionando muertes y daño en viviendas.....36
11.	Colapso de puente vehicular por crecida de río .....37
12.	Colapso de viviendas en pueblos .....38
13.	Mapa de desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala .....43
14.	Esquema del marco jurídico ambiental en Guatemala.....50
15.	Estructura de la COMRED .....64
16.	Drenaje en terrenos inestables..... 118
17.	Modificación de talud ..... 119
18.	Protección del pie del talud ..... 120
19.	Protección para derrumbes ..... 123
20.	Uso de espigones..... 128
21.	Gaviones en ríos..... 128

22.	Ubicación de una vivienda al corte de la pendiente de un terreno... .	138
23.	Ubicación errónea de una vivienda en una pendiente de terreno .....	138
24.	Ubicación correcta de vivienda en la pendiente del terreno .....	139
25.	Forma optima de la planta de una vivienda en zona sísmica .....	140
26.	Volcán de Agua, Fuego, Acatenango y Cerro Yepocapa. ....	141

## TABLAS

I.	Amenazas naturales .....	6
II.	Volúmenes de escorrentía por vertiente .....	9
III.	Región-municipio expuestos a terrenos inestables .....	12
IV.	Volcanes de Guatemala .....	17
V.	Efectos de terremotos volcánicos .....	23
VI.	Actores principales .....	32
VII.	Políticas de educación ambiental con estrategia. ....	72
VIII.	Principios de acción de las medidas de prevención. ....	77
IX.	Requisitos y especialidad del equipo técnico .....	100

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área
<b>cm</b>	Centímetro
<b>°C</b>	Grado Celsius
<b>°F</b>	Grado Fahrenheit
<b>h</b>	Hora
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>km</b>	Kilómetro
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>msnm</b>	Metros sobre nivel del mar
<b>%</b>	Porcentaje
<b>u</b>	Unidad



## GLOSARIO

<b>AG</b>	Acuerdo gubernativo.
<b>Calidad ambiental</b>	Estructuras y procesos ecológicos que permiten el desarrollo sustentable o racional y la conservación de la diversidad biológica.
<b>CONRED</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
<b>Contaminación</b>	Grado de concentración de elementos químicos, físicos, biológicos o energéticos por encima del cual se pone en peligro el ambiente.
<b>Crecida o avenida</b>	Aumento significativo del nivel de algún curso de agua o lago, de corta duración y relativamente alta descarga.
<b>Degradación ambiental</b>	Modificaciones desfavorables del estado ecológico y ambiental como resultado de las actividades humanas.
<b>Desarrollo sostenible</b>	Tipo de desarrollo que satisface necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las nuevas generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

<b>Detritos</b>	Son residuos, generalmente sólidos permanentes, que provienen de la descomposición de fuentes orgánicas (vegetales y animales); es materia muerta.
<b>DIGARN</b>	Dirección General Ambiental y Recursos Naturales.
<b>Dique</b>	Obra de tierra u otros materiales, que se construye para retener el flujo de agua dentro de un área específica a lo largo de un cauce, evitando así las inundaciones.
<b>Efecto ambiental</b>	Modificación neta de la calidad del medio ambiente.
<b>Erosión</b>	Es la degradación y el transporte de suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la tierra. Entre los procesos está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos.
<b>Evaluación preliminar</b>	Herramienta que contrasta una acción humana con los criterios de protección ambiental para decidir la necesidad y los alcances de una evaluación.
<b>Gestión</b>	Acciones políticas, técnicas, legales y administrativas Orientadas a lograr un mejor manejo de recursos, territorios y actividades dentro de un ámbito geográfico–administrativo determinado.
<b>INGUAT</b>	Instituto Guatemalteco de Turismo.

<b>INSIVUMEH</b>	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>INTA</b>	Instituto Nacional de Transformación Agraria.
<b>Intensidad de precipitación</b>	Cantidad de precipitación (intensidad de lluvia) recogida por unidad de tiempo.
<b>Lahar</b>	Término indonesio que designa un flujo de escombros de rocas movilizándose por la ladera del volcán.
<b>Llanura de inundación</b>	Área adyacente al río, formada por desbordamientos repentinos del nivel de agua, generalmente formada por terrenos planos.
<b>MAGA</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>MINEDUC</b>	Ministerio de Educación.
<b>Monitoreo ambiental</b>	Conjunto de acciones concernientes la supervisión del desarrollo de la operación, de una actividad económica con respecto a su entorno ambiental.
<b>Monitoreo</b>	Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas.



<b>MSPAS</b>	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
<b>ONG's</b>	Organizaciones No Gubernamentales.
<b>Parámetro</b>	Medida o patrón de referencia.
<b>Recursos naturales</b>	Elementos naturales susceptibles a ser aprovechados en beneficio del hombre.
<b>Restauración</b>	Proceso de retornar una población o ecosistema degradado a una condición similar a la original.
<b>Riesgo</b>	Probabilidad de que un peligro conduzca a la ocurrencia de un evento no deseado, cuyas consecuencias sean dañinas durante un cierto período de tiempo.
<b>Seguimiento</b>	Conjunto de decisiones y actividades destinadas a velar por el cumplimiento de los acuerdos ambientales establecidos durante un proceso de evaluación de impacto ambiental.
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>Sinuoso</b>	Se aplica al trayecto que tiene irregularidades, como curvas y recodos en diversos sentidos.

<b>Tefras</b>	Es cualquier fragmento sólido de material volcánico expulsado a través de la columna eruptiva arrojado al aire durante una erupción volcánica; consiste en una extensa variedad de partículas de roca volcánica, incluyendo cristales de distintos minerales, rocas de todo tipo, piedra pómez, etc.
<b>Temblores volcánicos</b>	Tipo de sismo característico de los volcanes, que refleja cambios en su estado interno. Cierta tipo de temblores se han asociado a desplazamientos de magma en el interior de un volcán, por lo que representan uno de los precursores significativos para definir los estados de alerta volcánica.
<b>Vulnerabilidad</b>	Es la susceptibilidad a pérdidas y daños de los elementos expuestos al impacto de un fenómeno potencialmente dañino (es decir bajo amenaza). También se refiere a la incapacidad de una estructura social (comarca, municipio, departamento, país, etc.) de recuperarse, por sus propios medios, del impacto ocasionado.
<b>Zonificación</b>	Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc; en sectores homogéneos con respecto a ciertos criterios, por ejemplo, la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, etc.



## RESUMEN

Guatemala constantemente es afectada por diferentes desastres naturales, especialmente causan daños a las obras civiles y a la población los terremotos, inundaciones, huracanes y derrumbes.

Derivado a lo anterior surge la necesidad de crear una herramienta para planificar la ejecución y vida útil de toda obra civil siguiendo esta metodología:

**Análisis de riesgos:** se enfoca al análisis de los patrones de ocurrencia de los fenómenos naturales: intensidad, períodos de recurrencia, áreas afectadas y otros más, a través del monitoreo continuo, la recopilación y análisis de la información histórica.

**Evaluación de desastres:** esta se refiere a la identificación de asentamientos humanos, infraestructuras, áreas de actividad económica y su resiliencia antes las diferentes amenazas a las que se ven expuestos, de tal manera que se identifiquen claramente las acciones y medidas necesarias para reducir la vulnerabilidad.

**Prevención:** se enfoca en disminuir el impacto negativo de los eventos extremos, anticipándose a los desastres en vez de reaccionar ante ellos. Se toman medidas de seguridad apropiadas en los diseños ingenieriles, zonas de restricción a ciertas actividades y proyectos incluyendo la identificación de incentivos naturales para el resguardo de la naturaleza y desarrollo de ciertas regiones.



# OBJETIVOS

## General

Introducir el proceso de análisis, evaluación y prevención de desastres naturales a los estudiantes, profesionales y constructores de obra civil para identificar los parámetros ambientales que afectan el diseño, construcción y operación de los proyectos de infraestructura. Obteniendo buen rendimiento, altos estándares de calidad y rentabilidad adecuada, cumpliendo con los beneficios de la obra civil a la población y su utilidad.

## Específicos

1. Desarrollar una guía práctica en la cual se indiquen herramientas y lineamientos para identificar, cuantificar y estimar la magnitud de los riesgos. Apoyado en varias metodologías para desarrollar un informe final o plan de reducción de desastres de la zona que se está analizando y planificando.
2. Destacar la importancia de la planeación adecuada y oportuna de los proyectos de infraestructura, considerando fenómenos naturales.
3. Identificar, evaluar zonas vulnerables y de riesgo de fenómenos naturales en la República de Guatemala.

4. Identificar los principales parámetros meteorológicos utilizados en el diseño de proyectos de ingeniería.
5. Optimizar la planificación, evaluación y prevención de desastres naturales, en los proyectos de obra civil en la República de Guatemala, asegurando las etapas del ciclo de vida del proyecto.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de obra civil en la actualidad, requiere de una apropiada planificación y programación. Para que todo marche como se planifica debe de hacerse una evaluación de la localización del terreno, costos, población, beneficios directos e indirectos de la obra y la más importante, la vulnerabilidad de riesgos naturales a los que está expuesta la ejecución del proyecto.

También debe tomarse en cuenta los requerimientos y normativas legales que amparan el desarrollo de la obra civil, según la legislación guatemalteca que es indispensable cumplir.

El trabajo se desarrolla en cuatro capítulos, los cuales son:

- Capítulo 1. Marco Conceptual  
En este capítulo se dan los conceptos básicos referentes a las amenazas naturales a las cuales esta propensa la República de Guatemala.
- Capítulo 2. Análisis de riesgos  
En este capítulo se dan los lineamientos y técnicas para poder evaluar y analizar riesgos.
- Capítulo 3. Planificación metodológica y evaluación de desastres  
En este capítulo se dan a conocer las entidades y los lineamientos legales involucrados en la planificación y gestión de desastres naturales.
- Capítulo 4. Medidas preventivas para ejecutar obras civiles en zonas de peligro



En este capítulo se dan a conocer algunos parámetros constructivos a tomar en cuenta en zonas de peligro para prevenir desastres naturales.

Por último se hará mención de las conclusiones a las que se llegó producto del trabajo desarrollado y recomendaciones para poner en práctica en la obra civil. También se hace mención de la bibliografía consultada, la cual sirvió de base para este trabajo.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

Para estandarizar el análisis y la evaluación de riesgos naturales, es necesario tener conocimiento de algunos términos técnicos y poder transmitirlos de una forma sencilla para el entendimiento de la sociedad. De esta manera se llega a tener un correcto intercambio de información y asegurar un mismo lenguaje.

Parte de las deficiencias en coordinación, aplicación y comunicación de las recomendaciones para la evaluación de riesgos naturales se debe a la diversidad de conceptos; debido a que cada autor en sus libros usa los mismos términos pero con diferentes ideas. Si no se logra unificar o estandarizar la información de la prevención y evaluación de riesgos naturales, no se puede tener una misma comunicación y no se podrá alcanzar niveles óptimos de eficiencia en el tema.

## 1.1. Conceptos básicos

Para familiarizarse con el tema de análisis, evaluación y prevención de desastres naturales es necesario identificar elementos básicos que interactúan entre sí desde el inicio de un evento a la prevención o mitigación del desastre. Por lo cual es importante conocer conceptos básicos referentes al tema y estos son:

- Desastre: es toda situación que causa alteraciones intensas en los componentes sociales, físicos, ecológicos y culturales de una sociedad,

poniendo en eminente peligro la vida humana y los bienes de ciudadanos y de la nación.

Sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, puede ser de origen natural o provocado por el hombre.

- Desastre natural: es todo desastre asociado a un fenómeno natural, sea este huracán o tornado, inundación, maremoto o tsunami, terremoto, erupción volcánica, deslizamiento de tierra, plaga agrícola y sequía, entre otros. En sentido estricto, no hay desastres naturales, pero sí amenazas naturales. La diferencia entre una amenaza y un desastre es importante, ya que un desastre ocurre cuando una comunidad es severamente afectada por una amenaza.

El impacto de un desastre es determinado por el nivel de vulnerabilidad de la comunidad frente a la amenaza. Esta vulnerabilidad no es natural, sino resultado de una gama de factores físicos, sociales, económicos, políticos y culturales.

- Fenómeno natural: toda manifestación de la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno, por ejemplo fenómenos meteorológicos (huracanes, tormentas, precipitaciones) y geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis). Un fenómeno natural como tal no es bueno ni malo, es parte de la dinámica de la naturaleza; puede ser calificado como bueno o malo, catastrófico, dañino o útil, benéfico o calamitoso sólo cuando interviene la dimensión humana.
- Amenaza: posibilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, de origen humano o natural.

- Vulnerabilidad: es la susceptibilidad a pérdidas y daños de los elementos expuestos al impacto de un fenómeno potencialmente dañino (es decir bajo amenaza). También se refiere a la incapacidad de una estructura social (comunidad, municipio, departamento, país, etc.), de recuperarse, por sus propios medios, del impacto ocasionado.
- Riesgo: posibilidad de que haya pérdidas y daños, (es decir, un desastre), como resultado de la interacción, en un mismo lugar, de la amenaza y la vulnerabilidad.
- Prevención: conjunto de actividades y medidas de carácter técnico y legal que deben de realizarse durante el proceso de planificación del desarrollo socio-económico, con el fin de evitar y disminuir las posibles pérdidas de vidas humanas y materiales como consecuencia de desastres.
- Atención: actividades diseñadas para minimizar las pérdidas de vida o daños, para la organización del traslado temporal de personas y propiedades de un lugar amenazado y facilitarles durante un tiempo rescate, socorro y rehabilitación. También se puede definir como todas las acciones dirigidas a controlar los efectos de un fenómeno desastroso, desde el momento de su ocurrencia hasta la superación de las consecuencias más graves y básicas.
- Gestión: acciones políticas, técnicas, legales y administrativas orientadas a lograr un mejor manejo de recursos, territorios y actividades dentro de un ámbito geográfico-administrativo determinado.
- Gestión de riesgos: conjunto de medidas de gestión destinadas a reducir los riesgos.

## **1.2. Amenazas naturales más comunes en la República de Guatemala**

Debido a la posición geográfica y tectónica de Guatemala con respecto al resto de países centroamericanos, este país está expuesto en mayor medida a fenómenos naturales a causa de la vulnerabilidad económica y social existente, se tornan peligrosos y eventualmente llegan a convertirse en desastres.

Guatemala se ha visto afectada en los últimos años por fenómenos naturales que han llegado a provocar verdaderos desastres que dejaron un saldo elevado en pérdidas de vidas humanas y materiales.

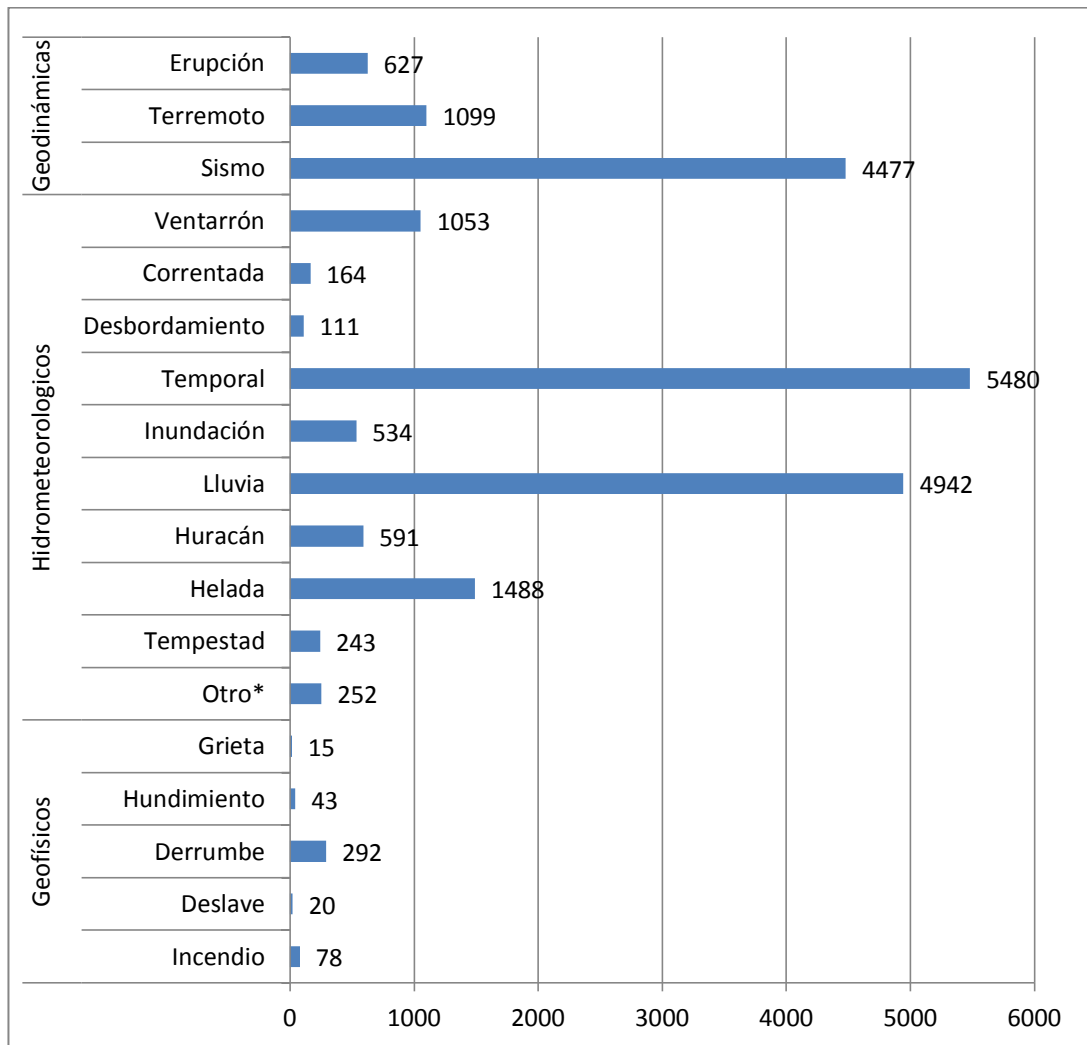
De acuerdo con cálculos realizados, utilizando datos del Producto Interno Bruto (PIB), tomando en cuenta los eventos naturales ocurridos en Guatemala en un período de 100 años, las pérdidas económicas directas e indirectas pueden ser atribuidas estadísticamente (mayor número de ocurrencia) a los siguientes fenómenos:

- Inundaciones
- Terremotos
- Vulcanismo
- Terrenos inestables
- Tsunamis (maremotos)

La vulnerabilidad física considera el efecto de los fenómenos naturales agrupados en geofísicos, hidrometeorológicos y geodinámicos. La situación de los fenómenos se presenta así: los fenómenos hidrometeorológicos han ocurrido en mayor número con 14 858 casos; los de carácter geodinámico con 6 203 y, los Geofísicos con 448.

En total se identifican 21 509 eventos en el período de 1530-2010, resumidos en la siguiente figura:

Figura 1. **Número de eventos naturales cuantificados en el período 1530-2010**



Fuente: BASTERRACHEA, Manuel. Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala. p.34

\* Otro = granizada, marejada, sequía y tormenta eléctrica.

De los 334 municipios que conforman la República de Guatemala; destaca en primer lugar de eventos registrados el municipio de Guatemala, debido a que es el área más vulnerable del país en cuanto a desastres, debido a que tiene la mayor densidad poblacional; en él se realizan la mayoría de actividades económicas y productivas, situación que afecta a la ciudad y su área de influencia, ya que al haber recurrencia de fenómenos naturales, crean un alto impacto negativo en la población.

Las amenazas naturales están asociadas a procesos primarios (fenómenos naturales) y procesos secundarios (efectos).

Ejemplos de estos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla I. **Amenazas naturales**

AMENAZAS NATURALES	
Procesos primarios (Fenómenos naturales)	Procesos secundarios (Efectos)
Huracanes, lluvias	Inundaciones y procesos torrenciales: erosión, flujos de detritos, flujos de lodo y lahares.
Erosión	Deslizamientos de terreno, derrumbes, coladas o flujos superficiales.
Sismicidad	Terremotos, tsunamis o maremotos, deslizamientos de terreno, derrumbes, flujos superficiales.
Volcanismo	Caídas de cenizas, flujos o coladas de lava, flujos piroclásticos lahares, temblores.

Fuente: CARREÑO, Raúl. Guía metodológica para estudios indicativos de peligros. p.21

### **1.3. Amenazas hidrológicas**

Dentro de este tipo de amenaza se encuentran las inundaciones, las cuales son fenómenos naturales causados por el exceso de precipitaciones que se presentan, sobre todo, durante los meses de mayor intensidad del invierno en el país.

La intensa degradación ambiental acumulada por años ha sido la causa principal para que estos fenómenos provoquen las destrucciones que se han estado observando, estimando que el 41 por ciento del agua de lluvia escurre superficialmente y llega a los océanos por medio de las tres vertientes que se conforman en el territorio de Guatemala. Estas son:

- Vertiente del Pacífico

Los ríos que corresponden a la Vertiente del Pacífico, tienen longitudes cortas (110 kilómetros promedio) y se originan a una altura media de 3 000 metros sobre el nivel del mar. Las pendientes son fuertes en las partes altas de las cuencas, entre el 10 por ciento y el 20 por ciento cambiando bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, creando grandes zonas susceptibles a inundación en esta área.

Estas condiciones fisiográficas producen crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración así como tiempos de propagación muy cortos. Por otro lado, todos los ríos de la Vertiente del Pacífico acarrear grandes volúmenes de material, especialmente escorias y cenizas volcánicas, debido a que la cadena volcánica se encuentra entre los límites de la vertiente. Debido a este arrastre de material los ríos tienen cursos inestables causando daños e inundaciones en la planicie costera.



La precipitación en la Vertiente del Pacífico tiene períodos de gran intensidad, típica de las zonas costeras con una precipitación media anual de 2 200 milímetros.

- Vertiente del Atlántico

En el caso de la Vertiente del Atlántico, la longitud de los ríos es mucho mayor e incluye el río más largo del país, el río Motagua con 486,55 kilómetros.

Las pendientes son más suaves y su desarrollo es menos brusco, ya que en la parte montañosa los ríos hacen su recorrido en grandes barrancas o cañones.

Las crecidas son de mayor duración y los tiempos de propagación son también mayores. Los caudales son más constantes durante todo el año. Parte del área dentro de esta vertiente tiene muy baja pluviosidad, 500 milímetros anuales, mientras que en la zona de Puerto Barrios y Morales, la pluviosidad alcanza hasta 3 500 milímetros anuales.

- Vertiente del Golfo de México

Al igual que los ríos que desembocan en el Atlántico, los ríos que desembocan en el Golfo de México, poseen grandes longitudes. Aquí se encuentran los ríos más caudalosos del país, como lo son el río Usumacinta, el río Chixoy y el río La Pasión.

Las crecidas son de larga duración, los cauces son relativamente estables y los recorridos más sinuosos.

Las pendientes son relativamente suaves. La precipitación media es de 2 500 milímetros anuales.

Tradicionalmente en Guatemala la población ha utilizado inadecuadamente la mayoría de cuencas hidrográficas, por lo que los riesgos de inundaciones se incrementaron en los últimos años, debido a que los coeficientes de escorrentía se elevaron como producto de la poca cobertura vegetal en la mayor parte del territorio nacional.

Los volúmenes son:

Tabla II. **Volúmenes de escorrentía por vertiente**

<b>Vertiente</b>	<b>Vol. de escorrentía (millones de m<sup>3</sup>/año)</b>
Del Pacífico	30,053
Del Atlántico	44,245
Del Golfo de México	42,290

Fuente: [www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm). Consulta: noviembre de 2011.

Cuando se presentan temporadas fuertes de precipitación, las corrientes de agua se vuelven voluminosas y adquieren una velocidad que incrementa su poder erosivo y destructivo, provocando en general procesos erosivos, flujos de detritos, flujos de lodo y deslizamientos de terreno en las partes altas de las cuencas e inundaciones en las partes medias y bajas de las cuencas hidrográficas afectadas.

Cabe señalar que en la ocurrencia de fenómenos tales como flujos de lodo y otros fenómenos torrenciales, intervienen también otros factores adicionales a las precipitaciones ya mencionadas, tales como la topografía del terreno (áreas de fuertes pendientes), y las características de los suelos o rocas presentes. Ejemplo:

Figura 2. **Estragos del río Polochic en la carretera a Santa Catalina La Tinta, en Tamahú**



Fuente: [www.prensalibre.com/noticias/Guatemala-perligro\\_de\\_desborde-rios-insivumeh\\_0\\_592140923.html](http://www.prensalibre.com/noticias/Guatemala-perligro_de_desborde-rios-insivumeh_0_592140923.html). Consulta: noviembre de 2011.

#### **1.4. Amenazas relacionadas con terrenos inestables**

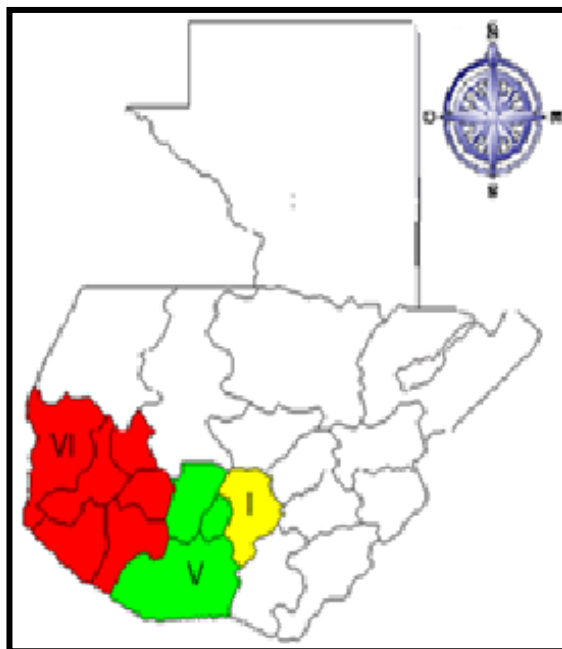
La inestabilidad de terrenos está condicionada por tres factores:

- Características geológicas
- El clima
- Geomorfología del suelo (pendientes fuertes o pronunciadas)

Además, las actividades humanas también pueden agravar o crear condiciones de inestabilidad aún en áreas que no presentan características propicias para su formación, ejemplo de ello es la agricultura en extensiva, los cortes de taludes, deforestación, etc.

En Guatemala las Regiones I (metropolitana), V (central) y VI (suroccidental) están expuestas a inestabilidad de terrenos por sus condiciones geológicas, topográficas e hidrológicas que favorecen para que se produzcan este tipo de fenómenos, que ante ciertas condiciones de vulnerabilidad, pueden convertirse fácilmente en desastres.

Figura 3. **Regiones expuestas a inestabilidad de terrenos**



Fuente: elaboración propia, Autocad.

Tabla III. **Región-municipio expuestos a terrenos inestables**

REGIÓN	MUNICIPIO
Metropolitana "I"	Guatemala
Central "V"	Chimaltenango
	Sacatepéquez
	Escuintla
Suroccidental "VI"	San Marcos
	Quetzaltenango
	Totonicapán
	Sololá
	Retalhuleu
	Suchitepéquez

Fuente: elaboración propia.

### 1.5. Amenaza sísmica

Guatemala geográficamente se encuentra a una distancia que oscila entre los 14 y 17 grados del Ecuador, latitud norte y entre 88 y 92 grados Meridiano Greenwich.

Está limitada al oeste y al norte con México, al este con el océano Atlántico, Honduras y El Salvador, y al sur con el océano Pacífico. La extensión territorial es de 108 889 kilómetros cuadrados.

La configuración geográfica de Guatemala responde a las transformaciones que ha habido a través de miles de años, las cuales han

ocurrido en la corteza terrestre debido a la intersección de tres placas tectónicas: Cocos, Caribe y Norteamérica.

En la siguiente figura se aprecia la ubicación de las tres placas tectónicas mencionadas y de las demás existentes en el continente americano.

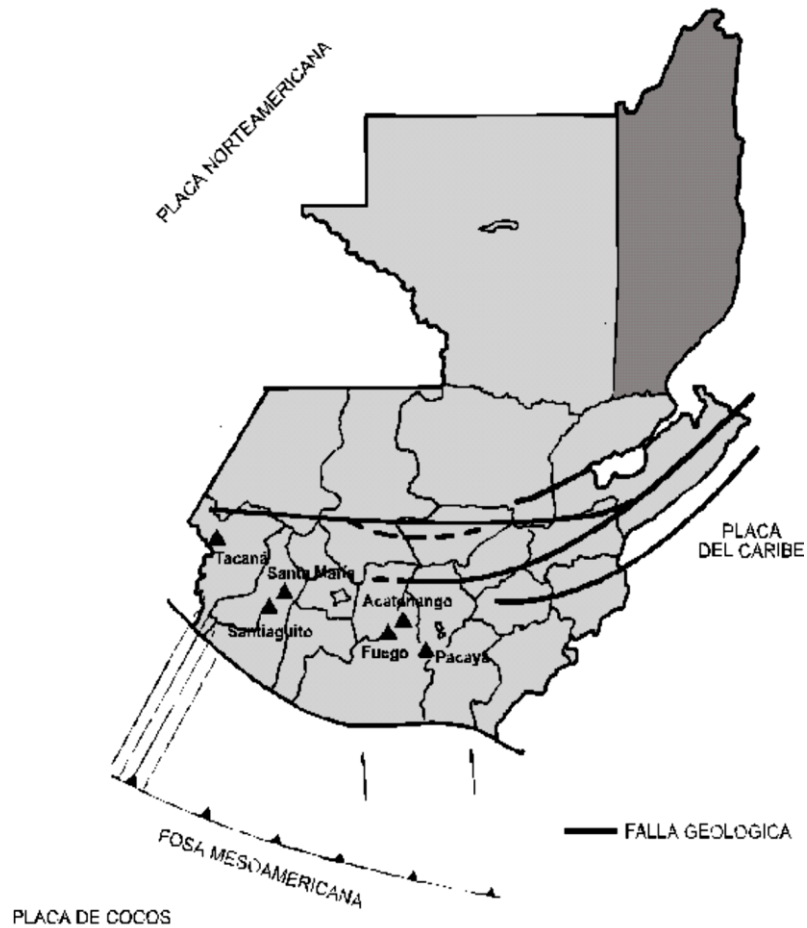
Figura 4. **Placas tectónicas del Continente Americano**



Fuente: Muchener Ruckversicherungs, Gesellschaft, Koningstrasse. p.107.

La Placa de Cocos se encuentra en el océano pacífico y presiona hacia el norte a la placa del Caribe, esta presión hace que la Placa de Cocos se coloque en la parte baja o debajo de lo que es la Placa del Caribe, y en conjunto los movimientos provocan los sismos en el país.

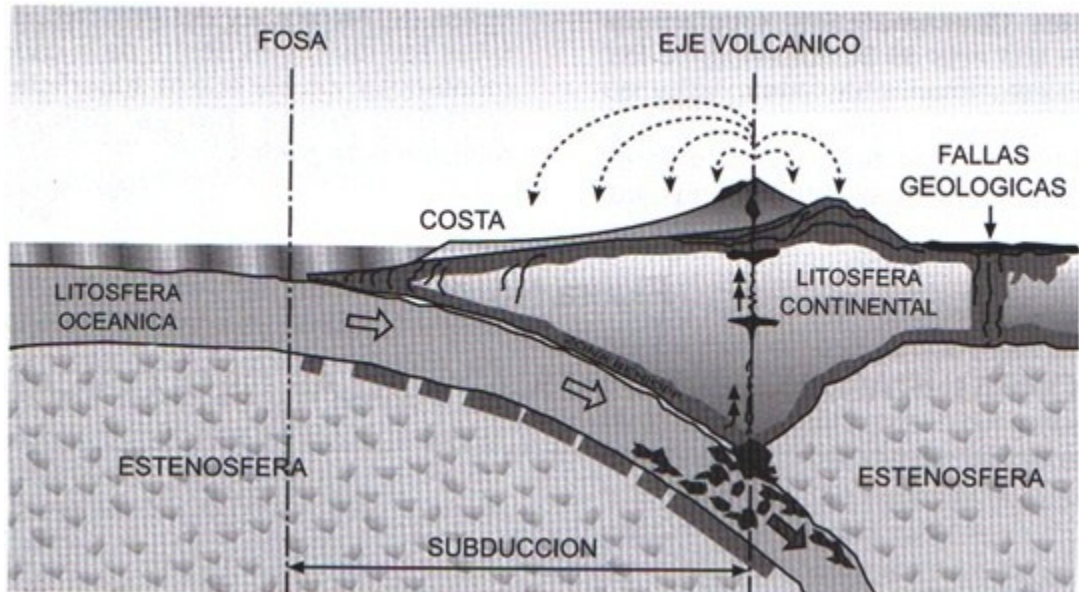
Figura 5. Sistema de fallas en la República de Guatemala



Fuente: Monzón Despang Héctor. Formación geológica del valle de Guatemala y los sismos. p 20.

Esta fuerza o presión produce energía, y se conoce como la zona de subducción, la cual tiene que disiparse; formando así la cadena volcánica en toda la parte alta de la cordillera central.

Figura 6. **Zona de subducción en la costa del pacífico**



Fuente: Monzón Despang Héctor. la construcción y uso del terreno en Guatemala y su vulnerabilidad física. p 121.

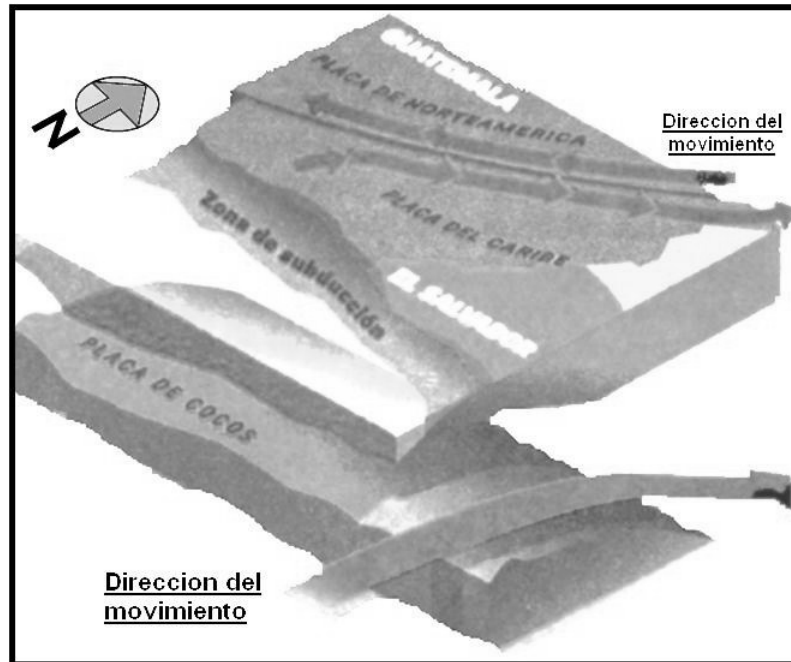
Por su parte, las Placas del Caribe y de Norteamérica colisionan, formando cadenas montañosas en el área de la Sierra de las Minas, tomando como punto de partida la falla del río Motagua en el valle del mismo nombre.

Las fallas que en los últimos años se han estado acomodando y los movimientos de la corteza terrestre, se llaman fallas geológicas activas y son las que producen los sismos que afectan al país y a su población.

En la figura 7 se muestra la dirección hacia donde se mueven las tres placas.



Figura 7. **Direccionamiento de placas tectónicas en Guatemala**



Fuente: [www.insivumeh.gob.gt/geofisica/indice%20sismo.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/indice%20sismo.htm). Consulta : noviembre 2011.

Los sismos son movimientos bruscos y repentinos que se dan en las capas del suelo. Se producen por la liberación de energía que ocurre cuando se rozan o quiebran los bloques que forman la corteza terrestre.

#### Causas de los sismos

- Por placas tectónicas (Diastrofismo): en la capa interna de la Tierra llamada manto se producen corrientes que hacen que las placas se muevan y liberen energía en forma brusca.
- Por acción volcánica: por la presión que ejerce el magma en el interior del planeta y la energía que este libera al ascender a la superficie.

## 1.6. Amenaza volcánica

En Guatemala existen aproximadamente 324 estructuras identificadas como de origen volcánico, 37 son los más importantes, solamente 8 tienen reportes de actividad en tiempos históricos y 4 son los más activos actualmente.

Por su estructura todas son del tipo estratovolcán, con excepción del Santiaguito que es una secuencia de cuatro domos de lava.

En la tabla IV se muestra: la localización geográfica (en grados y minutos), altura sobre el nivel del mar en metros (msnm) y el departamento en el cual se encuentran los principales volcanes de Guatemala.

Los más activos se resaltan con letras negras. La actividad histórica se indica por el año en la cual ocurrió. Cuando el intervalo de tiempo entre erupciones es menor a 10 años se considera como un período de más actividad y se indica por los años inicial y final separados por un guión.

Tabla IV. **Volcanes de Guatemala**

1/1

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Altura	Dpto.	Actividad Histórica
		Norte	Oeste	msnm		
1	Tacaná	15° 8´	92° 7´	4,092	San Marcos, Guate./México	1855, 1878, 1900-1903, 1949-1950, 1986-1987
2	Tajumulco	15° 03´	91° 54´	4,22	San Marcos	no hay registros /V.I
3	Siete Orejas	14° 49´	91° 37´	3,37	Quetzaltenango	no hay registros /V.I

Continuación de la tabla IV.

1/2

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Altura	Dpto.	Actividad Histórica
		Norte	Oeste	msnm		
4	Santa María	14° 45´	91° 33´	3,772	Quetzaltenango	1902-1903
5	Santiaguito	14° 44´	91° 34´	2,5	Quetzaltenango	1922-1929-2000
6	Cerro Quemado	14° 48´	91° 31´	3,197	Quetzaltenango	1765-1818
7	Tolimán	14° 37´	91° 11´	3,15	Sololá	no hay registros
8	Atitlán	14° 35´	91° 11´	3,537	Sololá	1469, 1505, 1579, 1663, 1826, 1856
9	San Pedro	14° 39´	91° 16´	3020	Sololá	no hay registros
10	Acatenango	14° 30´	90° 53´	3,976	Chimaltenango/ Sacatepéquez	1924-1926, 1972
11	San Antonio	14° 19' 35"	89° 52' 40"	2,514	San Marcos	sin datos/V.I
12	Quezaltepeque	14° 65'00"	89° 35´	1,904	Chiquimula	1658, 1671 y 1917
13	Tahual	14° 26' 05"	89° 54' 15"	1,716	Jalapa/Jutiapa	no hay registros
14	Zunil	14° 44' 20"	91° 26' 56"	3,542	Quetzaltenango	no hay registros
15	Monte Rico	14° 31' 55"	89° 38' 20"	1,285	Jutiapa	no hay registros/V.I
16	Santo Tomas	14° 42' 37"	91° 28' 43"	3,505	Quetzaltenango	no hay registros
17	Tobòn	14° 47' 39"	89° 54' 32"	1,800	Jalapa	no hay registros/V.I
18	Las Víboras	14° 12' 45"	89° 43' 35"	1,100	Jutiapa	no hay registros
19	Lacandon	14° 49' 12"	91° 42' 00"	2,748	Quetzaltenango	no hay registros
20	Jumaytepeque	14° 20' 20"	90° 16' 15"	1,815	Santa Rosa	no hay registros

Continuación de la tabla IV.

1/3

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Altura	Dpto.	Actividad Histórica
		Norte	Oeste	msnm		
21	Chicabal	14° 78' 33"	91° 65' 00"	2,900	Quetzaltenango	no hay registros
22	Cuxliquel	14° 54' 39"	91° 29' 38"	2,160	Totonicapán	no hay registros
23	Culma	14° 17' 50"	89° 52' 40"	1,027	Jutiapa	no hay registros
24	Alzatate	14° 29' 00"	90° 02' 15"	2,050	Jalapa	no hay registros
25	Cerro Redondo	14° 22' 55"	95° 25' 50"	1,267	Santa Rosa	no hay registros
26	Cruz Quemada	14° 10' 16"	90° 16' 40"	1,690	Santa Rosa	no hay registros
27	Fuego	14° 29'	90° 53'	3,763	Sacatepéquez/ Escuintla	1524-1531, 1542-1551, 1581-1587, 1614-1629,  1686, 1699- 1717, 1730- 1737, 1799, 1826-1829, 1855-1860, 1880, 1896, 1932, 1944- 1977, 1987, 1999
28	Agua	14° 28'	90° 45'	3,766	Sacatepéquez /Escuintla	1541
29	Pacaya	14° 23'	90° 36'	2,552	Escuintla /Guatemala	1565, 1623, 1651-1699, 1775, 1805, 1846, 1885, 1961-2000
30	Tecuamburro	14° 10'	90° 25'	1,840	Santa Rosa	no hay registro

Continuación de la tabla IV.

1/4

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Altura	Dpto.	Actividad Histórica
		Norte	Oeste	msnm		
31	Moyuta	14° 02´	90° 06´	1,662	Jutiapa	no hay registro/V.I
32	Jumay	14° 42´	90° 00´	2,176	Jalapa	no hay registro
33	Las Flores	18° 14´	90° 00´	1,600	Jutiapa	no hay registro
34	Suchitán	14° 24´	89° 47´	2,042	Jutiapa	no hay registro
35	Chingo	14° 07´	89° 44´	1,775	Jutiapa/El Salvador	no hay registro
36	Ixtepeque	14° 25´	89° 41´	1,292	Jutiapa	no hay registro
37	Ipala	14° 33´	89° 38´	1,650	Chiquimula/ Jutiapa	no hay registro

Fuente: INSIVUMEH. Volcanes de la República de Guatemala. [http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa#VOLCANES\\_DE\\_GUATEMALA.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa#VOLCANES_DE_GUATEMALA.htm). Consulta: Noviembre 2011.

A lo largo del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico se encuentran distribuidos estos volcanes, los cuales que son resultado de la interacción de diversas placas tectónicas.

Es muy importante mencionar que los sismos volcánicos son diferentes a los sismos tectónicos ya que no sólo están limitados en su magnitud cuando se comparan a los de naturaleza tectónica, sino que también se originan a profundidades menores. Otra diferencia entre estos sismos es que los sismos de origen volcánico poseen un mecanismo diferente en la generación de ondas elásticas y que estos se desarrollan de una manera diferente a los tectónicos.

De acuerdo a la localización hipocentro y al tipo de movimiento sísmico, los temblores de origen volcánico se clasifican en cuatro tipos:

- Sismos tipo A
- Sismos tipo B
- Sismos de explosión o sismos seguidos de erupciones explosivas
- Tremores volcánicos o pulsaciones volcánicas

Es necesario definir las características de estos cuatro tipos de sismos volcánicos:

#### Sismos tipo A

Este tipo de sismos se producen en y debajo de los volcanes a profundidades mayores a 1 kilómetro, generalmente en el rango de 1 a 20 kilómetros. Este tipo de sismos incluye algunos fuertes, aunque raramente exceden 6 en magnitud. El patrón de desarrollo de la actividad sísmica o la frecuencia sísmica de este tipo de eventos se clasifica como de tipo de enjambre al igual que los del tipo B y los sismos de explosión, mismo que es muy diferente al patrón de desarrollo de la actividad sísmica de origen tectónico.

Es necesario aclarar que las ondas sísmicas del tipo A son similares a aquellas generadas por eventos tectónicos de naturaleza superficial.

#### Sismos tipo B

Los sismos del tipo B se originan usualmente en las zonas adyacentes a cráteres activos a profundidades extremadamente superficiales. Las magnitudes de los sismos tipo B son generalmente muy pequeñas. La onda S

de los sismogramas no se distingue fácilmente y los movimientos del sismo consisten fundamentalmente de vibraciones con períodos en el rango de 0,2 segundos a 1,0 segundos.

Dado que la frecuencia sísmica de un sismo tipo B generalmente se incrementa antes de una erupción explosiva, la observación continua de este tipo de eventos es muy útil como un indicador de la actividad interna de los volcanes, esto con el fin de predecir erupciones.

#### Sismos de Explosión o Sismos seguidos de erupciones explosivas

Una sola erupción explosiva del tipo Vulcaniano, dura tan solo unos minutos notándose que la expulsión de grandes bloques de lava finaliza entre 30 o 60 segundos.

Después de iniciada la explosión. La siguiente erupción explosiva se produce algunos días después o al menos algunas horas inclusive en los periodos de máxima actividad.

#### Tremores volcánicos o pulsaciones volcánicas

Si se producen sismos de manera incesante o continua con un corto intervalo de tiempo (segundos), entonces los movimientos sísmicos se registran de manera continua.

La magnitud clasificada y los efectos se resumen en la tabla a continuación:

Tabla V. **Efectos de terremotos volcánicos**

Magnitud en Escala de Richter	Efectos del Terremoto
<b>&gt; 3,5</b>	Generalmente no se siente, pero es registrado.
<b>3,5 - 5,4</b>	Se percibe solo causa daños menores.
<b>5,5 - 6,0</b>	Ocasiona daños a edificios.
<b>6,1 - 6,9</b>	Puede ocasionar daños severos en aéreas muy pobladas.
<b>7,0 - 7,9</b>	Terremoto mayor. Causa graves daños.
<b>8 &lt;</b>	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Fuente: elaboración propia.





## 2. ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES

La evaluación de los riesgos consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir las pérdidas de vidas humanas y la destrucción de propiedades e infraestructuras. Los resultados de este proceso continuo de manejo de riesgos pueden ser divididos en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- Medidas de preparación cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción).

Las medidas de prevención incluyen la realización de estudios y análisis para identificar, evaluar y cuantificar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como las acciones para mitigar (reducir) los efectos de los peligros observados. Los estudios y análisis de identificación y evaluación de amenazas y vulnerabilidades están englobados en el denominado análisis de riesgos.

El análisis de riesgos tiene como objetivo servir como base para la elaboración de los planes de reducción de desastres, y más allá de los planes de desarrollo municipal; este análisis se estructura en forma generalizada como se muestra en la figura

Figura 8. **Estructura general de un análisis de riesgos**



Fuente: elaboración propia.

El concepto de trabajo para el análisis de riesgos planteado, implica una estrecha interrelación entre los especialistas (profesionales en el tema), la municipalidad y la población.

Es importante integrar desde un inicio a miembros de las municipalidades al trabajo de análisis y evaluación con el objetivo de transmitir algunos conocimientos a éstos, entender más de la realidad del municipio y garantizar la continuidad e implementación de las recomendaciones vertidas en el documento resultado del estudio.

Así se obtendrá información valiosa sobre zonas a priorizar, eventos desastrosos ocurridos, (ubicación, daños causados etc.), que permiten ahorrar esfuerzos y tiempo. El gobierno municipal como máxima autoridad del municipio, tiene obviamente la potestad de participar en la evaluación proponiendo acciones y obras.

El procedimiento implica también la participación de la población en gran parte del proceso de análisis de riesgos, tanto a través de talleres participativos como a través de entrevistas individuales a líderes comunales. Se pretende con esto hacer el levantamiento de la información histórica sobre desastres ocurridos en la zona o sus alrededores, y por otra parte la integración de la comunidad en la definición y ejecución de las recomendaciones, como por ejemplo participación en comités de prevención y/o emergencia, en obras estructurales participativas como barreras vivas o muros de contención; o en medidas no estructurales como la reforestación de las zonas degradadas ambientalmente.

## **2.1. Niveles de evaluación**

El análisis de riesgos requiere de un punto de partida, el diagnóstico o evaluación preliminar. En esta misma evaluación preliminar se debe definir una estrategia a seguir para la realización de los trabajos de detalle y actualización, la misma debe estar regida por un instrumento legal que la haga obligatoria. En

esta etapa, los pasos fundamentales son detectar, identificar y tipificar las fuentes de amenazas que no siempre son evidentes; luego se hacen evaluaciones cada vez más precisas, que se reflejan sobre mapas a escalas más detalladas.

Estas evaluaciones deben hacerse periódicamente, pues los fenómenos potencialmente catastróficos o las condiciones naturales y humanas evolucionan constantemente, lo que puede cambiar la calificación del nivel de amenaza o vulnerabilidad por ejemplo, con un mismo nivel de amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo pueden incrementarse al aumentar la población o las inversiones o por deterioro de estructuras.

Un análisis de riesgos, asociado a fenómenos naturales, se realiza partiendo de dos etapas base, las cuales son: la evaluación de amenazas y la evaluación de vulnerabilidad.

### **2.1.1. Evaluación de vulnerabilidad**

Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a daños y pérdidas, ante una amenaza específica. Consiste en la identificación y evaluación de los elementos vulnerables y la estimación del porcentaje de pérdidas resultante de un fenómeno peligroso.

En una evaluación cuantitativa, la vulnerabilidad de los bienes expuestos en un sitio específico a una amenaza específica podría caracterizarse por:

- W: Valor de los bienes expuestos [Q]

- $V(m_i)$ : Vulnerabilidad específica, o porcentaje del valor expuesto que se perdería ante el impacto de un evento de magnitud  $(m)_i$ , este tiene un intervalo de  $0 - 1$  ; en donde uno es la totalidad de pérdida.

#### **2.1.1.1. Factores de vulnerabilidad**

Es importante saber, en una sociedad, cuales son los factores o causas que conllevan a la construcción de vulnerabilidad (o a su reducción). Por ejemplo, la falta de recursos económicos o la falta de conocimientos acerca de las amenazas pueden llevar la población a instalarse en zonas de amenaza.

#### **2.1.2. Evaluación de amenazas**

Se realiza a través de inventarios de fenómenos realizados de forma participativa con las municipalidades, los líderes comunales y la población; observaciones y mediciones de campo, análisis y revisión de información científica disponible (mapas, fotos aéreas, informes, etc), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica.

Tiene como resultado la elaboración de un mapa de amenazas, el cual representa un elemento clave para la planificación del uso del territorio y constituye un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales.

En una evaluación cuantitativa, la amenaza en un sitio específico se podría caracterizar determinando para cada evento posible  $(i)$ :

- $m_i$ : magnitud del evento [definida por profundidad, velocidad, volumen, energía, ...]
- $p(m_i)$ : frecuencia o probabilidad de ocurrencia del evento [en porcentaje / año].

Con la intersección de vulnerabilidad y amenaza podemos trabajar en la evaluación del riesgo.

### **2.1.3. Evaluación de riesgo**

Consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. Evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento.

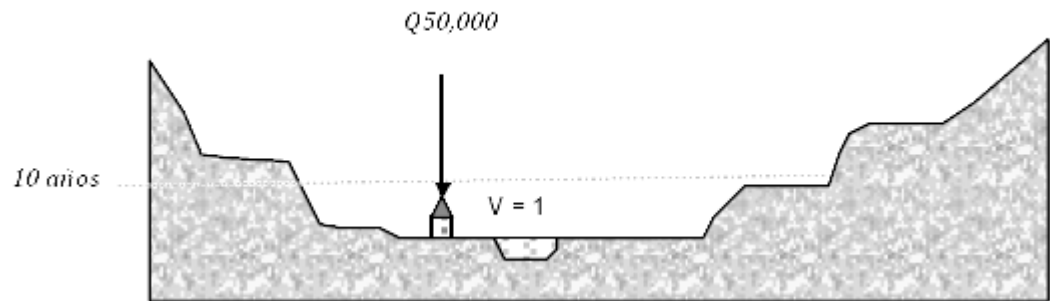
Con las notaciones anteriores, el riesgo  $R$  se puede definir por:

- $R_i = p(m_i) \times W \times V(m_i)$  [Q / año]

Ejemplo:

Calcular el riesgo económico de tener una vivienda en un área vulnerable a la inundación en un período de 10 años, con incidencia anual.

Figura 9. Ejemplo de análisis de riesgo



Fuente: elaboración propia.

Resolución:

$$P(mi) = 1 / 10 = 0,1$$

$$W = 50000 (Q)$$

$$V(mi) = 1 \text{ (pérdida total de la vivienda)}$$

$$Ri = 0,1 * 50000 * 1 = Q5000/\text{año.}$$

Percepción del riesgo:

Se debe tomar en cuenta que los actores sociales (población, autoridades) tienen una percepción del riesgo que puede ser influenciada por sus valores, su experiencia, sus prioridades.

La evaluación del riesgo deberá ser lo más objetiva posible, aunque los valores y las prioridades de los actores (ver tabla IV), deben tomarse en cuenta cuando se formulan las recomendaciones.



Tabla VI. **Actores principales**

<b>Paso</b>	<b>Actor principal</b>	<b>Actores involucrados</b>
Detección	Población, instituciones especializadas, especialistas.	Periodistas, historiadores.
Identificación	Especialistas.	Población, autoridades
Monitoreo y evaluación	Especialistas.	Instituciones locales, población.
Propuesta	Especialistas, instituciones.	Instituciones locales y especializadas, población.
Tratamiento	Instituciones locales y centrales, ONGs.	Población.
Monitoreo y actualización	Entidades especializadas, especialistas.	Población.

Fuente: CARREÑO Raúl. Guía metodológica para estudios indicativos de peligros. p.30.

Una vez identificado un sitio de coexistencia de vulnerabilidad y amenazas y evaluado el riesgo asociado se pueden plantear recomendaciones para la reducción de riesgos. En particular, las evaluaciones de riesgo asociado a fenómenos naturales sirven de base para incorporar medidas de mitigación, lineamientos de uso del suelo y otras recomendaciones a los planes estratégicos de desarrollo a nivel nacional, municipal, de cuencas e inclusive a nivel micro en el diseño de proyectos de construcción o infraestructura.

Las siguientes evaluaciones son herramientas que tienen como objetivo analizar a que fenómenos naturales se expone un proyecto de obra civil y jerarquizan dependiendo el grado de información que se desea obtener para determinar la probabilidad de las consecuencias naturales, económicas y sociales durante un tiempo de suposición determinado. Se detallan a continuación:

## **2.2. Diagnóstico preliminar**

Se refiere a un trabajo de reconocimiento, inventario e identificación de la mayor parte de fuentes potenciales de amenazas que pueden afectar el municipio.

En otros términos, se trata de una labor de detección general de amenazas (fenómenos y procesos potencialmente catastróficos), para establecer una jerarquía de estudios y definir una estrategia de evaluación.

Es importante en esta etapa del proyecto, establecer mecanismos de participación ciudadana para la identificación de fuentes potenciales de amenazas, aprovechando el conocimiento que los pobladores tienen de su zona.

Esta evaluación comprende:

- Recopilar información básica sobre antecedentes catastróficos.
- Análisis general del territorio utilizando fotos aéreas y mapas topográficos.
- Reconocimiento rápido de campo (visita, para apreciar el entorno).
- Establecimiento de un plan de trabajo para la siguiente fase.
- Caracterización, a nivel general, de amenazas y priorización de zonas de estudio.

La recopilación de información puede realizarse por medio de talleres participativos con la población, de visitas casa por casa, a la municipalidad y organismos que trabajen en el municipio.

El mapa inventario de fenómenos para el municipio puede ser presentado a escala 1/50 000.

En términos de tiempo, este diagnóstico puede hacerse en unos días, dependiendo de las condiciones de acceso y tamaño del municipio.

### **2.3. Evaluación semidetallada o indicativa**

Un análisis de riesgos a este nivel, implica una mejor identificación de las amenazas y una tipificación más precisa, una evaluación aproximada de su grado de riesgo y un análisis básico de zonas críticas.

Incorpora al análisis información sobre la vulnerabilidad y da las primeras directrices de gestión. Debe hacerse con los medios y recursos disponibles, sin que ello signifique quedarse en el nivel de las generalidades.

Los mapas indicativos de peligro se pueden elaborar con base topográfica existente en Guatemala a escala 1/50 000.

Esta evaluación comprende:

- Análisis de la zona de estudio con fotos aéreas y mapas topográficos.
- Identificar zonas vulnerables y elementos vulnerables.
- Trabajo de campo para delimitar las zonas de amenaza.
- Trabajo de campo para tipificar y evaluar las condiciones de peligro, como resultado de los fenómenos observados.
- Identificación de zonas críticas y emisión de recomendaciones.

## **2.4. Evaluación detallada**

Este nivel de evaluación es posible realizarlo cuando se cuenta con mapas topográficos con escalas que permiten un mayor detalle, por ejemplo, a escala 1/25 000; 1/10 000 o más grande.

Al trabajar con este tipo de escala es recomendable lo siguiente:

- Definir el grado de riesgo de forma detallada con una escala por lo menos cualitativa de alto, medio y bajo.
- Delimitar los fenómenos y zonas amenazadas de forma precisa.
- Los mapas pueden ir acompañados de perfiles geológicos donde se infiera, por ejemplo, la profundidad de los deslizamientos o se defina los diferentes niveles de crecida e inundación.
- Presentar un mapa de gestión.
- Ubicar o indicar zonas seguras, zonas de evacuación y grados de vulnerabilidad y riesgo.

## **2.5. Estudios de actualización**

Un estudio ya sea de vulnerabilidad, de evaluación o de riesgos corresponde a la constatación de un estado de variables en un momento determinado.

Su validez se relativiza a medida que pasa el tiempo y cambian las condiciones reales. Este aspecto cobra mayor importancia cuando se trata sobre todo de mapas de evaluación y de vulnerabilidad en zonas de fuerte urbanización o de rápido cambio ambiental, donde las transformaciones

urbanas, nuevas construcciones, las migraciones, la nueva infraestructura, entre otros factores por que modifican el marco geográfico.

Frente a estas situaciones se plantea la necesidad de pensar en un programa de actualización periódica de los mapas. Los ejemplos más contundentes de este caso se dieron con el huracán Mitch (1997) y Stan (2005), donde cualquier estimación o apreciación previa de sus posibles impactos habría quedado modificada en gran medida por el desastre.

Figura 10. **Inundación de calles principales en pueblos, ocasionando muertes y daño en viviendas**



Fuente: <http://www.infanciaconfuturo.org/blog/etiqueta/desastres-naturales>. Consulta: marzo 2012.

En algunos lugares las inundaciones han modificado el paisaje, los ríos cambiaron de cauce, incluso han desaparecido pueblos y tramos de carreteras, por lo que algunos mapas topográficos oficiales pudieron haber perdido parte de su validez.

Igualmente, se ha demostrado que muchos de los cálculos de crecidas han quedado desactualizados, ya que las condiciones climáticas están cambiando o se ha observado que los eventos meteorológicos son excepcionales, por ejemplo la tormenta Agatha (2010), durante su período se rebasaron los márgenes o comportamientos preexistentes ocasionando desastres. Ejemplo:

Figura 11. **Colapso de puente vehicular por crecida de río**



Fuente: <http://guateagenda.com/fotos-desastres-tormenta-agatha-en-guatemala/>.

Consulta: marzo 2012.

Figura 12. **Colapso de viviendas en pueblos**



Fuente: <http://guateagenda.com/wp-content/uploads/2010/06/agatha-guatemala-04.jpg>.

Consulta: marzo 2012.

Las actualizaciones algunas veces requieren rehacer los mapas. Si estos son hechos manualmente su modificación implica rehacer nuevamente todo el documento.

El uso de mapas digitales, es decir, aquellos realizados en computadora con programas especiales (Sistemas de Información Geográfica, “SIG” informáticos) es una alternativa muy valiosa. Las actualizaciones no necesariamente son totales, pueden ser puntuales, salvo que sea evidente la mala calidad de los estudios previos. Por tanto se recomienda realizar la actualización de los mapas de riesgo en los siguientes casos:

- Cuando se van a construir nuevas obras o nuevas habilitaciones urbanas importantes.

- Cuando han ocurrido eventos catastróficos de gran magnitud.
- Cuando el desarrollo urbano y los cambios en el uso del suelo han sido muy importantes en un lapso de tiempo largo.
- Cuando los estudios previos son muy antiguos o su calidad es probadamente deficiente.
- Cuando se dispone de nuevas bases topográficas a mayor escala o nuevas series de fotos aéreas y se requiere mayor detalle.
- Cuando se incrementa significativamente la densidad de inversiones (industrialización, infraestructura mayor de servicios como hidroeléctricas, depósitos, estaciones.) Y se introducen sistemas de seguros contra desastres de manera generalizada.

## **2.6. Productos esperados**

Se utilizan procedimientos e instrumentos técnicos con el fin de desarrollar procesos de evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades que por sus características pueden producir deterioro a los recursos naturales, renovables o no renovables al ambiente, introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional.

Como producto se tiene a los instrumentos de evaluación, control y seguimiento ambiental, los cuales son documentos técnicos en los cuales se encuentra contenida la información necesaria para realizar una identificación y evaluación ordenada de los impactos o riesgos ambientales de un proyecto, obra, industria o actividad, desde la fase de la planificación, con carácter preventivo hasta las fases de ejecución, operación y abandono. Con carácter correctivo que permite formular las respectivas medidas de mitigación y las bases para su control, fiscalización y seguimiento ambiental.



Por su naturaleza y modo de aplicación, estos instrumentos se separan en dos grupos:

- Instrumentos de evaluación ambiental; son considerados los siguientes:
  - Autoevaluación Ambiental
  - Diagnóstico Ambiental
  - Evaluación Ambiental Estratégica
  - Evaluación Ambiental Inicial
  - Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental
  - Evaluación de Riesgo Ambiental
  - Evaluación de Impacto Ambiental
  - Evaluación de Impacto Social
  - Evaluación de Efectos Acumulativos
  
- Instrumentos de control y seguimiento ambiental; son considerados los siguientes:
  - Auditorías Ambientales
  - Compromisos Ambientales
  - Inventario Ambiental
  - Seguimiento y Vigilancia Ambiental

Los mismos servirán de base para la elaboración y enriquecimiento de los planes de mitigación y emergencia.

Además proporcionarán lineamientos para ser incorporados en los planes de desarrollo municipal y en los planes de gestión.

Por otro lado estos estudios también contribuirán a incrementar la conciencia de prevención, al sensibilizar a las municipalidades y población afectada sobre su nivel de riesgo.

## **2.7. Informe**

El informe que se entregará como resultado del estudio realizado, debe ser redactado de forma sencilla con el fin de que sea un documento entendible por los beneficiarios, minimizando en lo posible los aspectos técnicos. Se deben integrar al menos los siguientes aspectos:

- Introducción.
- Glosario.
- Objetivos
- Justificación y descripción.
- Metodología de trabajo.
- Caracterización del municipio.
- Marco geológico y geodinámico.
- Inventario y análisis de las amenazas.
- Indicación de vulnerabilidad.
- Propuesta de un Plan Municipal de Reducción de Desastres que contenga entre otras, las fichas técnicas descriptivas de los sitios críticos identificados y sus recomendaciones priorizadas.
- Propuesta de zonificación territorial para ser integrados a los Planes de Desarrollo Municipal.
- Conclusiones y recomendaciones generales.
- Bibliografía.

El informe puede acompañarse de fotos, figuras y esquemas para hacerlo más claro y explícito.

Las descripciones o fichas de los sitios críticos deben incluir al menos datos sobre: tipo de amenaza (incluyendo una pequeña explicación sobre su naturaleza y nivel de peligrosidad), efectos previsibles, evolución, recomendaciones, grado de vulnerabilidad y una priorización de medidas.

Para explicar mejor la amenaza se puede apoyar de material fotográfico o croquis. En el caso de las recomendaciones a emitir, estas pueden darse en dos niveles: las generales, para el manejo de toda la unidad territorial-administrativa implicada (el municipio), y las específicas para cada zona crítica.

Las recomendaciones deben de ser:

- Técnicas: obras, medidas, tratamiento, especificaciones y disposiciones especiales.
- Normativas: normas y códigos de construcción y de zonificación, lineamientos reglamentarios, etc.
- De gestión: planes de emergencia y contingencia, indicaciones para planes urbanos y de ordenamiento territorial, etc.
- Educativas: lineamientos para programas de sensibilización y de preparación.

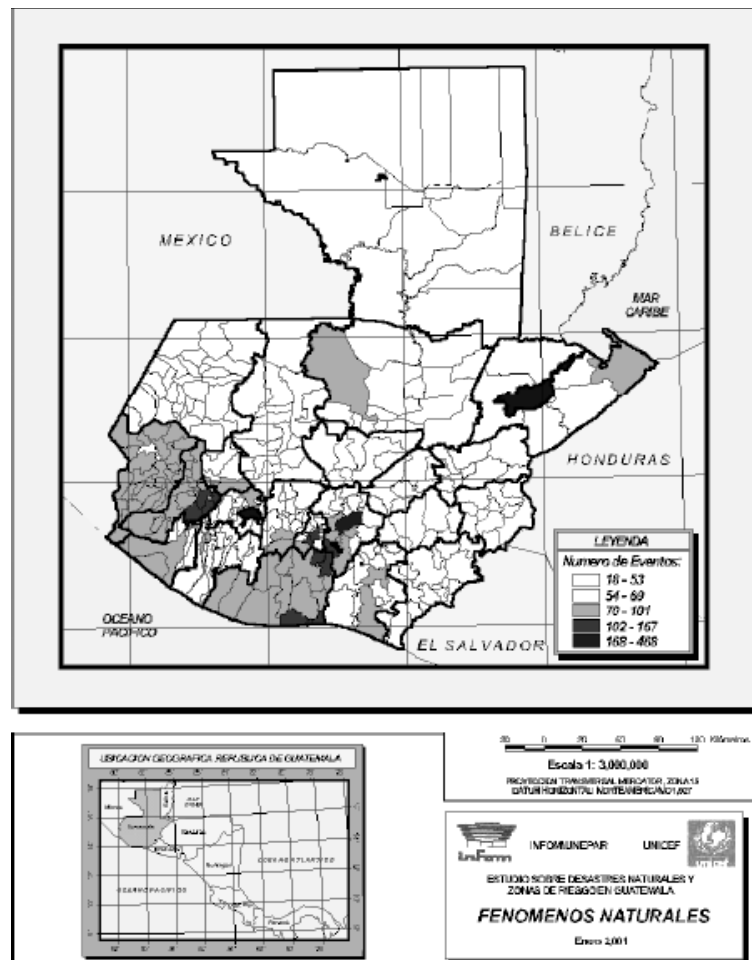
## **2.8. Mapas**

A través del análisis de riesgo se generan mapas indicativos de peligro elaborados con una escala mínima 1 / 50 000, estos mapas se realizan para reflejar los límites lo más aproximado posible de las zonas de amenaza

identificadas, debe contener también la ubicación de las zonas críticas con su correspondiente ficha técnica, que indique las características morfométricas (en caso de deslizamientos) tales como largo, ancho y profundidad estimada.

Ejemplo:

Figura 13. **Mapa de desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala**



Fuente: MOLINA DUARTE, Jorge Mario Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala. p.48.

Si se trata de fenómenos grandes y el detalle de los mapas topográficos lo permite, se puede hacer una zonificación de deslizamientos y de franjas de inundación, dando una calificación indicativa del nivel de peligro relativo (bajo, medio, alto).

Se debe indicar también una manera general o detallada la posibilidad de amenazas en la zona debido a fenómenos sísmicos y volcánicos, sugiriendo o recomendando estudios de mayor detalle y más específicos para estas amenazas. La metodología que se utiliza integra al mapa indicativo de peligro una propuesta de zonificación territorial, en la cual se considera la relación existente entre el uso actual y potencial de los suelos, el nivel de deterioro y las amenazas presentes según su peligrosidad.

En este mismo mapa se deben indicar los sitios considerados críticos, según la relación de peligro – vulnerabilidad identificada, esto debido a que la escala de trabajo (1/50 000), no permite hacer verdaderos mapas de vulnerabilidad. Y en el documento se incorporan fichas con la descripción en las zonas críticas.

Los mapas indicativos de peligro sirven de base para la elaboración de mapas de gestión. Si no existen elementos suficientes para elaborar mapas de gestión propiamente dichos, se pueden hacer esquemas a escala grande, destinados sobre todo al acondicionamiento territorial, indicando las zonas de riesgo a evacuar o a tratar, las zonas seguras para expansión urbana u otras implantaciones, las zonas de reserva, etc.

El mapa de gestión puede o debe contener al menos una zonificación del uso del suelo en función a las amenazas y una construcción de escenarios de

crisis. Un mapa de gestión deberá ser diseñado de tal forma que pueda ser integrado a un programa de ordenamiento territorial.

La zonificación que puede establecerse en un mapa de gestión según su orden de jerarquía según Normas ISO 14001, es:

- Zonas de alto, medio y bajo peligro en sitios urbanos o suburbanos o que comprometan alguna infraestructura importante.
- Zonas de reserva ecológica.
- Zonas forestales.
- Zonas agrícolas.
- Localización de áreas de evacuación en casos de emergencia.
- Indicación, descripción de zonas críticas, con indicación de las acciones y trabajos de prevención (incluir fotos y croquis).
- Inventario de elementos expuestos o más vulnerables según la siguiente prioridad: centros de salud, centros de comunicación, vías de acceso principales, mercados, centros escolares y viviendas.



### **3. PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE DESASTRES**

#### **3.1. Marco legal**

Según el artículo 183, literal e de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en el artículo 16 del Decreto No. 68-86 del Congreso de la República y sus reformas, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente; se complementa con la Resolución del Acuerdo Gubernativo 173-2010, el cual reforma al Acuerdo Gubernativo 431-2007 Con base al reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental; y establece los procedimientos de evaluación, control y seguimiento ambiental.

Haciendo énfasis en los artículos 8, 9 y 12, del Decreto No. 68-86 Congreso de la República de Guatemala, los cuales literalmente describen lo siguiente:

Artículo 8. (Reformado por el Decreto del Congreso Número 1-93). Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje ya los culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente del



incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q5.000.00 a Q100,000.00. En caso de cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado. El negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 9. La Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente está facultada para requerir de las personas individuales o jurídicas, toda información que conduzca a la verificación del cumplimiento de las normas prescritas por esta ley y sus reglamento.

Artículo 12. Son objetivos específicos de la ley los siguientes:

- a) La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos. y la duración del medio ambiente en general.
- b) La prevención, regulación y control de cualesquiera de las actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que asistien la calidad de vida y el bien común calificadas así, previa dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos coherentes.
- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la ocupación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población.

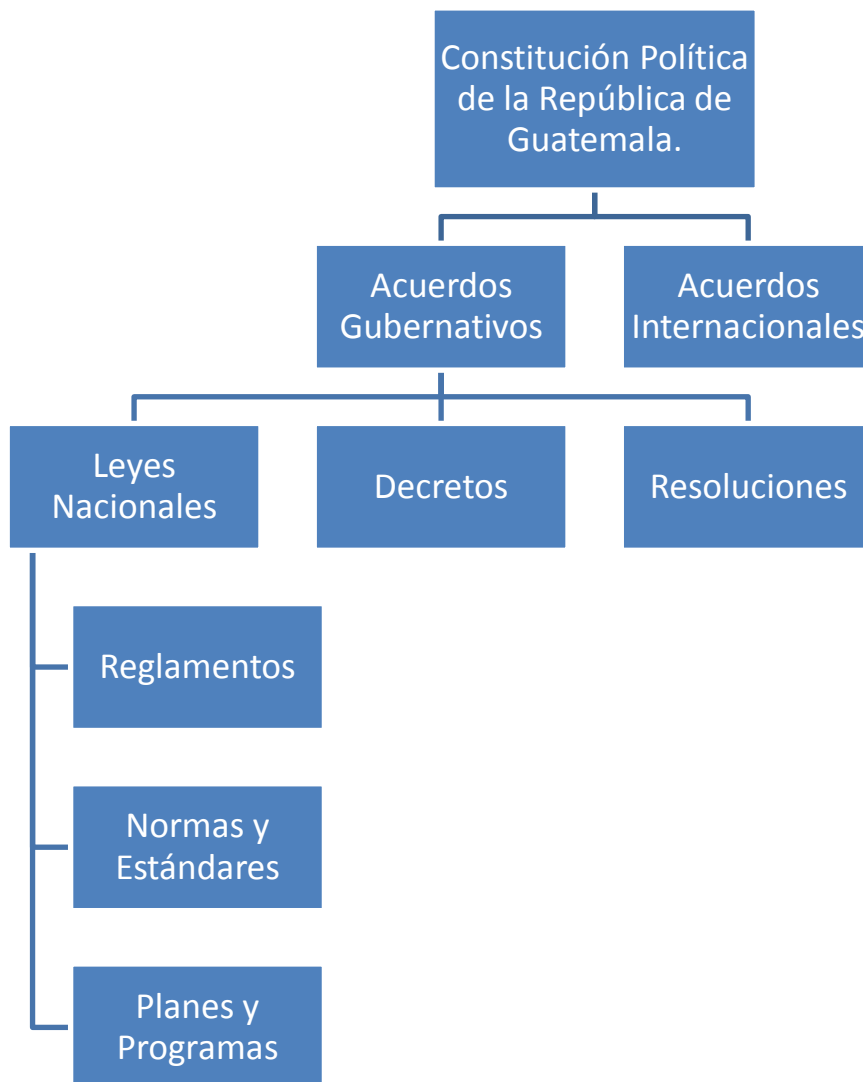
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la ocupación del espacio.
- e) La creación de toda clase de incentivos y estimula para fomentar programas.
- f) Iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del Medio ambiente; El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos.
- g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias Para la obtención de energía.
- h) Salvar y curar aquellos cuerpos de agua que estén amenazando o en grave Peligro de extinción.
- i) Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley''.

Con la Resolución del Acuerdo 173-2010 en el artículo 3 "Interpretación y Aplicación del Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.", se crea la herramienta que orienta, direcciona é indica las gestiones relacionadas con el medio ambiente y obra civil.

Su finalidad es el cumplimiento de la ley de protección y mejoramiento del medio ambiente.

La estructura del marco jurídico de una evaluación ambiental es la siguiente:

Figura 14. **Esquema del marco jurídico ambiental en Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Prevención en el ámbito municipal, autoridades involucradas y acuerdos**

Los desastres son el resultado de procesos que se desarrollan en tiempos y espacios definidos, son la materialización de los riesgos. El manejo de éstos implica la intervención de diferentes instancias institucionales, tanto públicas como privadas.

Según el Código Municipal (Decreto 12-2002) en los artículos:

Artículo 67. ``Gestión de intereses del municipio. El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio``.

Artículo 68. Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) ``Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato;
- b) Construcción y mantenimiento de caminos de acceso a las circunscripciones territoriales inferiores al municipio;
- c) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas;

- e) Autorización de las licencias de construcción de obras, públicas o privadas, en la circunscripción del municipio;
- i) Promoción y gestión de parques, jardines y lugares de recreación;
- l) Promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio''.

Artículo 69. ``Obras y Servicios a Cargo del Gobierno Central. El Gobierno Central u otras dependencias públicas podrán, en coordinación con los planes, programas y proyectos de desarrollo municipal, prestar servicios locales cuando el municipio lo solicite''.

Estos artículos dictaminan el desarrollo, bienestar humano de la población de los municipios y del entorno natural que los rodea.

### **3.2.1. Decreto número 11-2002 Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural**

Artículo 8. Algunas de las funciones de los Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural son:

- b) ``Promover y facilitar la organización y participación efectiva de la población y de sus organizaciones en la priorización de necesidades, problemas y sus soluciones, para el desarrollo integral de la región.
- d) Formular las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo de la región, tomando en consideración los planes de desarrollo departamentales y enviarlos al Consejo Nacional para su incorporación a la Política de Desarrollo de la Nación.

- e) Dar seguimiento a la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo regionales; verificar y evaluar su cumplimiento y, cuando sea oportuno, proponer medidas correctivas a las entidades responsables''.

Los Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural tramitarán con celeridad los asuntos que le sean planteados por los consejos departamentales de su jurisdicción.

Artículo 14. Funciones de los consejos comunitarios de desarrollo. La Asamblea Comunitaria es el órgano de mayor jerarquía de los Consejos Comunitarios de Desarrollo y algunas de sus funciones son:

- E) ``Formular las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo de la comunidad, con base en la priorización de sus necesidades, problemas y soluciones, y proponerlos al Consejo Municipal de Desarrollo para su incorporación en las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio.
- F) Dar seguimiento a la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo comunitarios priorizados por la comunidad, verificar su cumplimiento y, cuando sea oportuno, proponer medidas correctivas al Consejo Municipal de Desarrollo a las entidades correspondientes y exigir su cumplimiento, a menos que se demuestre que las medidas correctivas propuestas no son técnicamente viables.
- G) Evaluar la ejecución, eficacia e impacto de los programas y proyectos comunitarios de desarrollo y, cuando sea oportuno, proponer al Consejo

Municipal de Desarrollo las medidas correctivas para el logro de los objetivos y metas previstos en los mismos.

- H) Solicitar al Consejo Municipal de Desarrollo la gestión de recursos, con base en la priorización comunitaria de las necesidades, problemas y soluciones.
- I) Velar por el buen uso de los recursos técnicos, financieros y de otra índole, que obtenga por cuenta propia o que le asigne la Corporación Municipal, por recomendación del Consejo Municipal de Desarrollo, para la ejecución de los programas y proyectos de desarrollo de la comunidad.
- J) Informar a la comunidad sobre la ejecución de los recursos asignados a los programas y proyectos de desarrollo comunitarios.
- K) Promover la obtención de financiamiento para la ejecución de los programas y proyectos de desarrollo de la comunidad.

A nivel de Ministerios de Estado, existen competencias específicas relacionadas con ambiente y recursos naturales, así:

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, es la entidad que formula y ejecuta la política de desarrollo agropecuario, hidrobiológico y de uso sustentable de los recursos naturales renovables, contando dentro de su organización con entidades que trabajan en temas específicos relacionados, como el Instituto Nacional de Bosques (INAB), la Dirección General de Servicios Pecuarios y dentro de ella, la Unidad Ejecutora para la Pesca y Acuicultura así como de singular importancia, la Oficina Reguladora de Áreas de Reservas Territoriales del Estado (OCRET).

- Ministerio de Energía y Minas, que formula la política nacional energética y propone la regulación y supervisión del sistema de exploración, explotación y comercialización de hidrocarburos y minerales, funciones que están establecidas en la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto 114-97 del Congreso de la República.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social tiene a su cargo lo relativo a coordinar las acciones tendientes a garantizar la salud de los habitantes del territorio, ejecutar acciones de saneamiento básico ambiental, protección de fuentes de agua, especialmente las destinadas a agua para consumo humano y otros temas relacionados.
- Ministerio de la Defensa Nacional, que tiene a su cargo el control y vigilancia de las áreas protegidas que se encuentren en zonas fronterizas. (Art. 244 de la Constitución Política de la República de Guatemala, 1°. De la Ley Constitutiva del Ejército de Guatemala, Art. 4°. Del Decreto 5-90 del Congreso de la República y Decreto 87-96 del 24 de octubre de 1996) Adicionalmente integra el Consejo Técnico Asesor de la CONAMA y a través de un representante de la Zona Militar No. 23 y Comandancia de la Base Aérea de Santa Elena, Petén, integra el Comité Coordinador de la Reserva de Biosfera Maya, ubicada en ese departamento.
- Ministerio de Cultura y Deportes que a través del Instituto de Antropología e Historia coordina las actividades relativas a la protección del patrimonio cultural del país.
- Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA), que tiene como objetivo primordial cambiar el medio agro-social así como planificar,



desarrollar y ejecutar la mejor explotación de las tierras incultas o deficientemente cultivadas.

La Fiscalía de Delitos Contra el Ambiente del Ministerio Público, es la instancia responsable de ejercer la persecución penal y dirigir la investigación de los delitos de acción pública. Los Juzgados de Primera Instancia, Narcoactividad y Delitos contra el Ambiente que conocen con exclusividad de los procesos penales de delitos contra el ambiente.

Es necesario también destacar que como auxiliares de la Fiscalía de Delitos contra el Ambiente, la Policía Nacional Civil cumple con su función de control y vigilancia a efecto de conservar el orden público a través de la persecución, captura y consignación de los transgresores de la ley.

Existen otras entidades que, indirectamente, se involucran en la gestión ambiental como el Instituto Nacional de Turismo (INGUAT).

### **3.2.2. Constitución Política de la República de Guatemala**

Teniendo el orden judicial máximo por jerarquía la constitución fundamenta el tema ambiental en los siguientes artículos:

Artículo 64. Patrimonio Natural: ``Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación y que mediante una ley específica se garantiza la creación y protección de parques nacionales, reservas, los refugios naturales y la fauna y la flora que en ellos exista``.

En el capítulo segundo, sección quinta (universidades) y la sección séptima de la Salud, Seguridad y Asistencia Social indica lo siguiente:

Artículo 82. Autonomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. ``La Universidad de San Carlos de Guatemala, es una institución autónoma con personalidad jurídica. En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del Estado y la educación profesional universitaria estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones.

Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales``.

Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico. ``El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación``.

Con este artículo nace la necesidad de las leyes y se apoya en el art. 171. el cual indica que el congreso tiene la potestad de Decretar, reformar y derogar las leyes. Con esta base es que se concretan las leyes de ambiente en la república de Guatemala, las cuales tienen como fin el bienestar de la población y el del territorio.

Artículo 125. Explotación de recursos naturales no renovables. ``Se declara de utilidad y necesidad públicas, la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables``.

El Estado establecerá y propiciará las condiciones propias para su exploración, explotación y comercialización.

Artículo 126. Reforestación. ``Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos, corresponderá exclusivamente a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas``.

Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección.

Artículo 127. Régimen de aguas. ``Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia``.

La finalidad de estos artículos es resguardar el medio ambiente y mantener un equilibrio ecológico, en base a ellos se elaboraron las leyes ambientales existentes.

### **3.2.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

Es la entidad del sector público especializada en materia ambiental, de bienes y servicios naturales del Sector Público. Al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y den sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional.

Articulando el que hacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.

#### **3.2.3.1. Reglamentos**

El Decreto 90-2000 del Congreso de la República creó el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales que absorbió al CONAMA. El Reglamento Interno del MARN fue aprobado por el Acuerdo Gubernativo 18-2001. La creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, conllevó a la reestructuración del CONAMA, habiendo conformado una serie de direcciones. De acuerdo a la organización interna del MARN, la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (DIGARN), es la responsable de aprobar los estudios de EIA.

El 6 octubre del 2007, fue aprobado el nuevo Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, según Acuerdo Gubernativo 431-2007, este contiene las directrices para la elaboración y presentación de los estudios de impacto ambiental. En el Título V se refiere a las categorías de los proyectos,

obras, industrias y cualquier otra actividad con base al Sistema CIIU (Código Internacional Industrial Uniforme).

El 15 de enero 2008 se publicó el Acuerdo Gubernativo 33-2008 el cual contiene reformas a los artículos 72, 74 y 78 del Acuerdo Gubernativo 431-2007, donde se estipula como requisito la participación pública durante la elaboración de los instrumentos de evaluación ambiental de proyectos.

Además, el MARN cuenta con términos de referencia para orientar el proceso de participación pública.

#### **3.2.4. Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres (COMRED)**

Para coordinar las acciones que hagan factible la reducción de los desastres en los municipios de Guatemala, se conformó la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres (COMRED).

La estructura de la COMRED en procedimientos administrativos y operativos, considera las acciones de estas etapas a realizar antes o después de quince días de suceder un desastre, lo natural es que se empleen los procedimientos operativos y administrativos normales.

Se debe estar consciente que el éxito de cualquier acción planificada depende de la eficiencia lograda en la etapa de prevención, por lo que es indispensable la realización de cursos de capacitación y divulgación, ejercicios de entrenamiento y simulacros, programas de acopio, y actualización y evaluación continua de riesgos, durante la etapa de prevención.

En las etapas de emergencia (urgencia, diagnóstico y socorro), debido a la naturaleza y duración de las acciones, en los primeros quince días después del impacto inicial, es indispensable emplear procedimientos ágiles y confiables.

Para ello se deberán utilizar los procedimientos de excepción previstos en la ley, conforme la declaratoria que para tal efecto haga el Organismo Ejecutivo.

De conformidad con lo establecido en el Reglamento de COMRED, el Ministerio de Finanzas Públicas proporcionará los fondos extraordinarios de acuerdo con la extensión y magnitud del desastre. La COMRED, deberá simultáneamente iniciar la ejecución del plan previsto, adaptándolo a las necesidades y circunstancias y nombrando un jefe de operaciones, responsable de las acciones conjuntas de todas las entidades participantes en el lugar del desastre, nombramiento que deberá ser divulgado ampliamente para que toda la población colabore.

Además, deberá organizar el Centro de Operaciones que estará integrado por las comisiones de trabajo previamente establecidas, incluyendo a los responsables de personal, auditoría (interna y de campo), tecnología y logística.

Al mismo tiempo, implementará una Sala de Operaciones con mobiliario y equipo para facilitar la información y la toma de decisiones, así: generador eléctrico, radio transreceptor, teléfonos, fax, fotocopadoras, planos y mapas de zonas críticas (geológicos, comunicaciones, riesgos y otros), gráficas e información básica relacionada con el inventario de recursos humanos y materiales afectados y disponibles, pizarrones de novedades, boletines, etc.

La principal función de COMRED, será salvaguardar la vida y los bienes de la población afectada, atendiendo en su orden las siguientes acciones:

búsqueda, rescate y socorro, evacuación, atención de la salud, alimentación, ropa y abrigo, techo, transporte, comunicaciones, orden y seguridad. Al cumplir su función, prioritariamente deberá atender a los grupos más vulnerables, es decir, ancianos, menores, enfermos, embarazadas y minusválidos.

Todos los procedimientos operativos y administrativos, como la integración y organización de COMRED se basan en las disposiciones, contenidos en el Decreto Ley 109-96.

- Objetivos por los que fue creada COMRED:
  - Constituir la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, con el conjunto de entidades públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales, ONG's y la obligación de proporcionar asistencia humanitaria en caso de desastres en el municipio de Guatemala.
  - Definir las responsabilidades y funciones de todos los organismos y entidades públicas y privadas, en las fases de atención, prevención, mitigación, preparación, manejo, rehabilitación, reconstrucción y desarrollo a que dan lugar las situaciones de desastres o de calamidad, especialmente la institución pública que deba tener la vigilancia en su aplicación.
  - Establecer el ámbito de aplicaciones de la ley, su obligatoriedad para las autoridades, organizaciones e instituciones de carácter público, privado y social, y en general, para todos los habitantes del municipio de Guatemala.

- Sentar las bases de una legislación flexible, que permita regular el normal crecimiento del municipio y al mismo tiempo, establecer limitaciones en el uso del suelo para disminuir la vulnerabilidad en función de la prevención y mitigación de los desastres.
- Aspectos que se contemplaron para la Institucionalización de COMRED:

Se definió la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, COMRED, como una entidad de derecho público, con una organización, sede y ubicación, definiendo el órgano máximo del mismo y sus integrantes, el ámbito de aplicación de la ley y las donaciones o ayudas privadas nacionales e internacionales, con lo que se establecerá la disponibilidad de fondos para enfrentar los desastres.

Así mismo, debe dictar las disposiciones internas propias de su funcionamiento, así como las necesarias para el cumplimiento de sus objetivos; se considera conveniente también incluir las relativas a la clasificación y definición de la tipología de los desastres.

La Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, COMRED, es presidida por el alcalde metropolitano como órgano máximo. Su jurisdicción territorial comprende el municipio de Guatemala, que constituye el área de aplicación de la presente ley y se integra a la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.

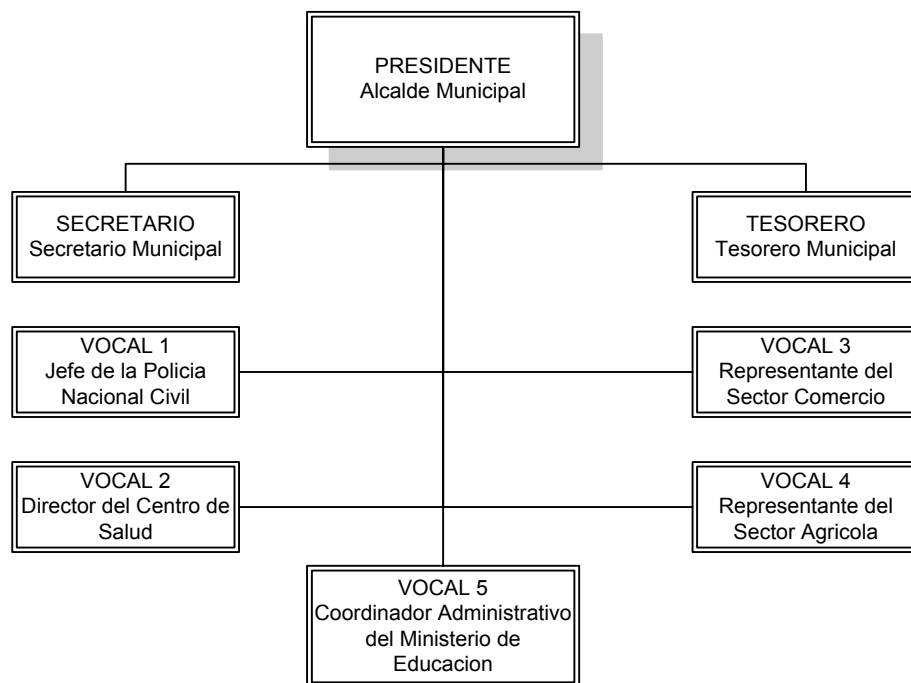
Además, se incluyen sus competencias, las unidades administrativas que ejecutarán sus disposiciones y los instrumentos de que disponen para tal fin. Sus atribuciones y funciones dentro de su actividad planificadora, previsor y su ejecutora.



En la estructura de la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, COMRED, en el nivel municipal, según Decreto 109-96, Artículo 9, inciso d, dice: La Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, comprende la jurisdicción de la totalidad del municipio y tendrá la siguiente composición:

Estará integrada por organizaciones públicas, privadas y ciudadanas del orden municipal y cuerpos de socorro del lugar, que por sus funciones y competencias, tengan o pueda tener en algún momento, relación con las actividades establecidas en la presente ley y su reglamento. Ver figura 15.

Figura 15. **Estructura de la COMRED**



Fuente: Asesoría Manuel Basterrechea Asociados. Desastres Naturales y Zonas de Riesgo en Guatemala. p.72.

Los integrantes de la coordinadora municipal, ejercerán sus funciones, el tiempo que permanezcan en los cargos públicos y en caso de cambio de los titulares, deberán entregar a su sucesor las funciones que le corresponden.

- Atribuciones de la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres:
  - Dictar las políticas, estrategias y lineamientos que regulan las acciones de los sectores público, privado y social en materia de protección civil.
  - Fomentar la participación activa y responsable de todos los sectores de la sociedad de Guatemala, en la formulación y ejecución del Plan Metropolitano de Emergencia.
  - Constituirse en sesión permanente en el caso de producirse un siniestro o desastre, a fin de encausar las acciones que procedan.
  - Aprobar el programa municipal y evaluar su cumplimiento, así como las acciones que se realicen en materia de protección civil, identificando problemas, causas y tendencia, proponiendo las normas y programas que permitan su solución.
  - Coordinar la acción interinstitucional en la ejecución de planes, programas, proyectos y acciones para la atención de desastres en el municipio de Guatemala.
  - Lograr la participación de la comunidad en la integración de la Coordinadora Municipal y en la ejecución de las acciones

tendientes a enfrentar en la mejor forma las emergencias por desastres naturales.

- Procurar un efectivo apoyo por parte del Gobierno central, así como la coordinación de las actividades que en infraestructura y equipamiento realizan los ministerios y órganos descentralizados del Estado en el municipio.
  - Establecer prioridades en la planificación, ejecución y evaluación de proyectos de emergencia de conformidad con su importancia, requerimientos financieros y de apoyo institucional.
- Organización:

En la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, la coordinación queda a cargo de la Municipalidad de Guatemala, en donde las entidades colaboradoras, centralizadas y descentralizadas, sean las entidades especializadas del Estado y de la misma municipalidad, a las cuales su propia ley constitutiva les señala su campo de competencia y que de acuerdo a la ley de orden público deben prestar su colaboración en caso de emergencia.

En la selección de las entidades que conforman esta directiva, debe procurarse que participen aquellas que tengan relación con los probables daños que se deriven de la ocurrencia de un desastre, y que designen personas con capacidad técnica para aportar los conocimientos y toma de decisiones más acertadas.

Esta Coordinadora Municipal, además deberá conformar al menos cinco comisiones de trabajo permanentemente establecidas (Comisión Operativa, de

Salud, Social, Técnica-Científica y de Albergues) y en general, coordinarse con las instituciones estatales, autónomas, semiautónomas, descentralizadas y de la iniciativa privada en su respectiva jurisdicción.

### **3.2.5. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)**

Se rige bajo la Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado (Decreto Legislativo 109-96) y su objetivo es prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres, que en el texto de la ley se denominará Coordinadora Nacional.

La Coordinadora Nacional está integrada por dependencias y entidades del sector público y del sector privado.

La Coordinadora Nacional tiene las siguientes finalidades:

- Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional.
- Organizar, capacitar y supervisar a nivel nacional, regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura en reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia, a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios.

- Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de su coordinación interinstitucional en las áreas afines a la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines.
- Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional.
- Elaborar planes y estrategias en forma coordinada con las instituciones responsables para garantizar el restablecimiento y la calidad de los servicios públicos y líneas vitales en casos de desastres.
- Impulsar y coadyuvar al desarrollo de los estudios multidisciplinarios, científicos, técnicos y operativos sobre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la reducción de los efectos de los desastres, con la participación de las Universidades, instituciones y personas de reconocido prestigio.
- La Junta Ejecutiva podrá: declarar de alto riesgo cualquier región o sector del país con base en estudios y evaluación científica y técnica de vulnerabilidad y riesgo para el bienestar de vida individual o colectiva. No podrá desarrollarse ni apoyarse ningún tipo de proyecto público ni privado en el sector, hasta que la declaratoria sea emitida en base a dictámenes técnicos y científicos de que la amenaza u ocurrencia ha desaparecido.
- Elaborar el reglamento de la ley (Decreto Legislativo 109-96).

Para los efectos de la ley (Decreto Legislativo 109-96), todos los ciudadanos están obligados a colaborar, salvo impedimento debidamente comprobado.

Los organismos del Estado, las entidades autónomas y descentralizadas de este y en general los funcionarios y autoridades de la administración pública, quedan obligados a participar en todas aquellas acciones que se anticipen a la ocurrencia de los desastres.

Las personas naturales o jurídicas, entidades particulares y de servicio lo realizarán conforme su competencia y especialidad. En el proceso de atención de los efectos de los desastres, todas las instituciones antes indicadas deben prestar la colaboración que de acuerdo con la ley les sea requerida.

### **3.3. Prevención pasiva**

La prevención pasiva se refiere al conjunto de acciones educativas, de elaboración y cumplimiento de reglamentos o disposiciones legales, de controles y actos similares que buscan prevenir o sensibilizar para evitar y reducir el efecto de un desastre; actúa en dos vías.

La primera tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad, en donde juega un rol básicamente reglamentario, de formación de conciencia de riesgo, de educación o de sensibilización frente al riesgo y los desastres.

En la segunda vía es de preparación y organización de la sociedad civil para enfrentar el desastre. Es también el campo donde un municipio o cualquier institución puede hacer más con mínimos recursos.

Esto se debe a que un gobierno municipal tiene potestad para realizar este tipo de prevención utilizando acciones e instrumentos como los siguientes:

### **3.3.1. Acciones de prevención**

- Plan estratégico de desarrollo municipal.
- Plan de ordenamiento territorial (zonificación y reglamentación del uso del suelo, zonificación ecológica- económica).
- Plan de mitigación.
- Reglamentos de construcción.
- Plan estratégico de desarrollo municipal.
- Plan de ordenamiento territorial (zonificación y reglamentación del uso del suelo, zonificación ecológica- económica).
- Plan de mitigación.
- Reglamentos de construcción.
- Otorgamiento condicionado de licencias de construcción o de habilitación urbana.
- Sistemas de monitoreo para zonas críticas.
- Coordinaciones interinstitucionales.
- Señalizaciones de las zonas de riesgo.
- Programas de educación preventiva (spots publicitarios, afiches, cartillas técnicas e instructivas, etc).

### **3.3.2. Acciones para la preparación y la atención de una emergencia**

- Programas de preparación para casos de emergencia (simulacros, cartillas de instrucciones, entrenamiento de líderes, organización de grupos, etc.) y programas de contingencia.
- Planes de emergencia o de contingencia.

- Planes de evacuación o reubicación de zonas críticas.

### **3.3.3. Acciones educativas**

Se consideran como entes rectores de la Política Nacional de Educación Ambiental las siguientes instituciones:

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Ministerio de Educación (MINEDUC).
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Dichos entes a su vez establecerán relaciones con los Consejos de Desarrollo Regionales, Departamentales y Municipales, Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) relacionadas a la gestión ambiental, asociaciones o gremios del sector privado productivo, instituciones educativas de nivel superior y otras organizaciones de la sociedad civil para coordinar el desarrollo de las acciones respectivas.

La educación ambiental se orientará con base a cinco líneas de política:

- Inclusión de la dimensión ambiental en todos los niveles del sistema de educación formal.
- Regionalización de la educación ambiental de acuerdo al contexto ecosistémico, étnico, y cultural.
- Coordinación de los sujetos e instituciones vinculados a la investigación, producción, comunicación y la educación ambiental.
- Incidencia en la población por medio de la educación no formal para la construcción de una cultura ambiental.



- Difusión de programas en materia ambiental a través de medios de comunicación masiva.

- 

Estas líneas políticas tienen su respectiva estrategia, se resume continuación.

Tabla VII. **Políticas de educación ambiental con estrategia**

1/1

<b>1. Inclusión de la dimensión ambiental en los niveles del sistema educativo nacional.</b>	a. Desarrollo de la educación ambiental en el subsistema escolar de educación a partir de un proceso de coordinación interinstitucional
	b. Gestión para obtener apoyo nacional e internacional en el cumplimiento de la ley de Fomento de Educación Ambiental Nacional de Educación Ambiental.
	c. Formación y capacitación de recurso humano para la promoción y fomento de la educación ambiental en el territorio nacional
<b>2. Regionalización de la educación ambiental de acuerdo al contexto ecosistémico, étnico y cultural.</b>	a. Identificación, caracterización y coordinación de los grupos que inciden en el quehacer ambiental impulsando la educación ambiental para el fortalecimiento de su gestión.
	b. Diseño de contenidos educativos que respondan a la identidad étnica vinculando la capacitación técnica y la sensibilización.

<p><b>3. Coordinación de los sujetos e instituciones vinculados a la investigación, producción, comunicación la educación ambiental.</b></p>	<p>a. Unificar criterios a nivel interinstitucional para el diseño de contenidos de los programas de educación ambiental a desarrollar.</p>
	<p>b. Creación y fortalecimiento de las relaciones de cooperación entre diversos actores interesados en la gestión de los problemas ambientales y de los recursos naturales.</p>
<p><b>4. Incidencia en la población por medio e la educación no formal en la constitución de la cultura ambiental</b></p>	<p>a. Participación en el diseño y desarrollo de programas de educación ambiental de acuerdo a la cultura étnica.</p>
	<p>b. Capacitación de líderes de grupos ecológicos en las comunidades urbanas y rurales</p>
<p><b>5. Difusión de programas en materia ambiental a través de medios de comunicación masiva.</b></p>	<p>a. Diseño de material didáctico como instrumento para el desarrollo de los programas educativos.</p>
	<p>b. Identificación de los medios masivos de comunicación de mayor cobertura en cada región del país.</p>
	<p>c. Establecimiento de convenios interinstitucionales e internacionales para el desarrollo de los programas de educación ambiental.</p>

Fuente: MARN-Política Nacional de Educación Ambiental. p.20.

### **3.3.3.1. Instrumentos**

- Consejo Nacional Permanente de Educación Ambiental (CONAPEA).
- Normativa de la Educación Ambiental:
- Ley de Fomento de la Educación Ambiental. (Decreto No. 74 – 96 del Congreso de la República).
- Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental. (Decreto No. 116 – 96 del Congreso de la República).
- Estrategia Nacional de Educación Ambiental (CONAMA, MINEDUC, Consejo Superior Universitario, 1991).
- Propuesta de Inserción del Componente Ambiental al proceso de Reforma Educativa (REDFIA 2001).

### **3.3.3.2. Monitoreo, evaluación y seguimiento de la política**

El MARN y el MINEDUC a través del CONAPEA desarrollará el sistema de monitoreo, evaluación y seguimiento de la Política de Educación Ambiental.

### **3.3.3.3. Elaboración y cumplimiento de reglamentos**

La elaboración de los reglamentos surge a través de la necesidad de implementar normativas para la gestión ambiental y hacerlos conocer por medio

de decretos los cuales se convierten en leyes que indican las directrices de una buena gestión ambiental a nivel público y privado.

El Ministerio de Recursos Naturales es el encargado de revisar los reglamentos y hacerlos valer por medio de acuerdos gubernativos, por ejemplo Acuerdo Gubernativo No. 23-2003, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, los acuerdos tienen una disposición legal que los ampara. Teniendo como objetivo amenizar la relación ambiental con empresas privadas o instituciones públicas. Con esto se constituye un mandato emitido por el Ministerio de Ambiente.

Los acuerdos son presentados al Congreso de la República para emitir un decreto, el cual busca una aprobación de ley, a ser aplicada a todo el pueblo de Guatemala y de carácter obligatorio, cuyo incumplimiento tiene una sanción.

#### **3.4. Prevención activa**

Se refiere a las obras y acciones destinadas a atacar directamente la fuente potencial de desastres, es decir, la amenaza. Este tipo de prevención requiere una base técnica, para lo cual es necesario una evaluación precisa de la fuente de amenaza, un buen conocimiento de su naturaleza y de su evolución temporal y nivel de peligrosidad que permita recomendar la obra, acción o medida más adecuada.

La elección de una obra o medida de tratamiento es siempre una cuestión delicada, por lo que debe ceñirse a determinados criterios que conjuguen la calidad y confiabilidad técnica con el realismo económico.

Por ningún motivo debe olvidarse que estamos en países pobres, donde los municipios cuentan con escasos recursos financieros y tienen otras prioridades, lo cual no debe significar que se abandone la prevención o se elija alternativas irreales o poco eficaces.

Hay que buscar un punto de equilibrio coherente, que combine una propuesta técnica viable, el interés institucional y la participación popular, con el fin de sensibilizar a la población frente al riesgo y lograr que se identifique con la acción emprendida o la obra ejecutada.

Las obras y medidas preventivas pueden orientarse hacia tres ejes o principios de acción:

- Eliminar o disminuir la fuente de amenaza: atacando directamente el fenómeno potencialmente desastroso mediante obras de estabilización o de tratamiento.
- Reducir sus efectos destructivos en la zona de impacto: actuando tanto sobre el fenómeno (obras de tratamiento parcial) como sobre los elementos vulnerables (obras de reforzamiento o de defensa).
- Alejar la fuente de amenaza: mediante reubicaciones, desviaciones de cauces.

A continuación se presentan algunos ejemplos de acciones o medidas a aplicar según el objetivo que se persigue.

Tabla VIII. **Principios de acción de las medidas de prevención**

Objetivos	Ejemplos de Acciones a aplicar
Eliminar la fuente de amenaza	Terrenos inestables: estabilizar el deslizamiento, obras de contención, drenaje, uso de explosivos para descargar zonas de derrumbe. Procesos torrenciales, inundaciones: manejo integral de cuenca.
Reducir efectos destructivos	Terrenos inestables: medidas constructivas. Procesos torrenciales y de inundación: construir obras de defensa ribereña
Alejar la fuente de amenaza o los elementos vulnerables	Todo tipo de amenazas: evacuación y reubicación hacia zonas más seguras. Inundaciones, deslaves, derrumbes: desviar cauce de río, construir diques de desviación.

Fuente: CARREÑO, Raúl. Guía metodológica para estudios indicativos de peligros. p.21.

### 3.4.1. Bases técnicas para reducir amenazas

Las clases de amenaza que se presentan en un mapa deben permitir apreciar el riesgo que se correría en un punto del espacio si se le daría a este un uso común. Son de especial interés las amenazas que ponen en peligro la vida humana y aunque en menor grado las que ponen en peligro los bienes de la comunidad, por ejemplo: las edificaciones importantes (hospitales, iglesias y

escuelas.) y los particulares (viviendas, animales, herramientas, mobiliario, etc.). Debido a la concentración de vidas humanas y de bienes que implica, el principal uso del espacio que puede significar riesgos elevados es, el de vivienda en asentamientos humanos (pueblos, barrios, urbanizaciones).

Por consiguiente, las clases de amenaza deberán sobre todo permitir una apreciación del riesgo que correrían, en un lugar del mapa, las vidas humanas (al exterior y al interior de casas o edificios comunes), así como los bienes en las edificaciones.

#### **3.4.1.1. Sistema de clasificación de amenazas por medio de colores**

Este sistema mide el grado de efecto que tiene una amenaza ante una población y se cataloga en peligro alto, medio, bajo y ningún peligro; esto se basa en una escala de colores la cual se detalla a continuación:

- Rojo (peligro alto):
  - Las personas están en peligro tanto al exterior como al interior de las viviendas o edificios.
  - Existe un alto peligro de destrucción repentina de viviendas y edificios.
  - Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una probabilidad de ocurrencia elevada y las personas, en este caso, están sobre todo amenazadas al exterior de las viviendas y edificios.

- La zona marcada en rojo corresponde esencialmente a una zona de prohibición.
- Anaranjado (peligro medio):
  - Las personas están en peligro al exterior de las viviendas o edificios, pero no al interior.
  - Las viviendas y edificios pueden sufrir daños, pero no destrucción repentina, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.
  - La zona anaranjada es esencialmente una zona de reglamentación, donde daños severos pueden reducirse con medidas de precaución apropiadas.
- Amarillo (peligro bajo):
  - El peligro para las personas es débil o inexistente.
  - Las viviendas y edificios pueden sufrir daños leves, pero puede haber daños fuertes al interior de los mismos.
  - La zona amarilla es esencialmente una zona de sensibilización.
- Blanco :
  - Ningún peligro conocido o despreciable según el estado del lugar.



### **3.4.1.2. Sistemas de Información Geográfica**

Cada día hay más organismos de planificación en la región que intentan emprender la mitigación de riesgos naturales mediante estudios de planificación del desarrollo. Sin embargo, aunque existan los conocimientos y los datos básicos en forma de mapas, documentos y estadísticas, a menudo falta un enfoque sistemático. La cantidad de información necesaria para el manejo de riesgos naturales, especialmente en el contexto de la planificación del desarrollo integrado, sobrepasa la capacidad de los métodos manuales y hace casi obligatorio el uso de técnicas computarizadas.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), pueden desempeñar un papel importante en este proceso, actuando como una herramienta para recolectar, organizar, analizar y presentar datos.

El SIG es un medio sistemático para recolectar varios trozos de información sobre una unidad de espacio geográfico. El concepto es similar a varias casillas de correo, cada una de las cuales representa un área específica. A medida que se identifica cada dato sobre un aspecto en particular (suelo, lluvia, población), puede ubicarse en la casilla correspondiente.

Como teóricamente la capacidad de almacenamiento de información de cada casilla no tiene límite, pueden compilarse grandes volúmenes de datos de manera ordenada, trazando un mapa con aquella información que revele las relaciones espaciales entre los distintos atributos, por ejemplo, desastres naturales, recursos naturales y fenómenos socioeconómicos. Consecuentemente puede ayudar a los planificadores a evaluar el impacto de los eventos naturales sobre actividades de desarrollo existentes o propuestas.

El uso de los SIG ofrece varias ventajas:

- Puede ser sorprendentemente barato; seleccionando correctamente el sistema y sus aplicaciones, evita el uso de equipos y expertos muy costosos. Típicamente, la mayor limitante no es la falta de fondos sino la falta de personal capacitado.
- Puede aumentar la productividad de un técnico.
- Puede brindar resultados de mejor calidad que los obtenidos manualmente, no importando su costo.
- Puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre organismos donde la eficiencia es de suma importancia.

La información a ser incluida en un SIG para el manejo de riesgos, se determinará de acuerdo a su nivel de aplicación (nacional, regional o local) y a su utilización: evaluaciones de amenazas, evaluaciones de vulnerabilidad, preparación y respuesta a desastres o actividades de auxilio y reconstrucción después de un desastre.

Por lo general existen tres categorías de información diferentes:

- Información sobre amenazas naturales, que señala la presencia y efecto de fenómenos naturales. Esta información debería incluir la ubicación, severidad, frecuencia y probabilidad de ocurrencia de un evento. Para los planificadores, la ubicación es la información más fácil de encontrar; el resto puede obtenerse a menudo en organismos sectoriales, centros de investigación y monitoreo de eventos naturales y, cada día más frecuentemente, en estudios de planificación del desarrollo integrado.

- Información sobre ecosistemas naturales (por ejemplo, las pendientes y su estabilidad, el caudal de los ríos, la cubierta vegetal), que proporciona la base para estimar el efecto que los eventos naturales pueden tener sobre los bienes y servicios que estos sistemas ofrecen, y que también determina los factores o condiciones que crean, modifican, aceleran y/o retardan la ocurrencia de un fenómeno natural.
- Información sobre la población e infraestructuras, que es la base para cuantificar el impacto potencial que tiene el evento natural sobre las actividades de desarrollo ya existentes o planeadas. Por ejemplo, los datos sobre infraestructuras vitales y asentamientos humanos son elementos críticos para preparar evaluaciones de vulnerabilidad y para iniciar las actividades de preparación y respuesta a un desastre. La mayor parte de estos datos están disponibles en la región.

El SIG puede usarse para el manejo de riesgos en diferentes niveles de la planificación del desarrollo. A nivel nacional, puede dar a los planificadores una idea general del área de estudio y de la situación con respecto a amenazas. A nivel regional, puede usarse al evaluar las amenazas para el análisis de recursos y la identificación de proyectos. A nivel local, puede utilizarse para formular proyectos de inversión y estrategias específicas de mitigación. En la siguiente sección se describirá la versatilidad de estos sistemas.

#### **3.4.1.2.1. Usos a nivel nacional**

A nivel nacional, los planificadores pueden utilizar los SIG para categorizar el terreno de acuerdo con las amenazas naturales y determinar hasta qué punto estos fenómenos naturales impone un peligro significativo. A este nivel, basta

conocer la ubicación para hacer una primera estimación sobre la situación general de las amenazas. Las distintas categorías son las siguientes:

- Áreas que no presentan amenazas, aptas para actividades de desarrollo.
- Áreas propensas a eventos naturales severos, en las cuales deben evitarse las actividades de desarrollo.
- Áreas peligrosas ya desarrolladas que necesitan medidas para reducir la vulnerabilidad.
- Áreas que requieren más evaluación sobre amenazas.

En las áreas propensas a eventos, los SIG pueden utilizarse para superponer la información sobre amenazas con los datos socioeconómicos o de infraestructuras (datos sobre densidad de población, ubicación de zonas urbanas, puertos, aeropuertos, carreteras, redes eléctricas), con el propósito de hacer una evaluación preliminar sobre la cantidad de personas y propiedades que están en peligro.

Esto puede proveer los elementos necesarios para identificar las medidas de mitigación estructurales y no estructurales que sean necesarias y que puedan ser incorporadas en proyectos de desarrollo sectorial integrado o en una estrategia nacional para reducir la vulnerabilidad.

La identificación de las instalaciones críticas, infraestructuras y poblaciones en áreas de alto peligro, también constituye el primer paso en una evaluación de vulnerabilidad para la preparación y respuesta a desastres.

#### **3.4.1.2.2. Usos a nivel regional**

A nivel regional, los SIG pueden utilizarse para el estudio más detallado de áreas específicas en lo que se refiere a su potencial de desarrollo y sus limitantes relacionadas con amenazas. Típicamente, la información a nivel nacional se complementa con información regional, mapas comprensivos y datos tabulares, incluyendo:

- Evaluaciones sobre amenazas utilizando información obtenida con técnicas de sensoramiento remoto (por ejemplo, fotografías aéreas e imágenes de satélite).
- Mapas indicando los límites de las planicies de inundación, áreas de deslizamientos, zonas sísmicas, áreas susceptibles a tsunamis, etc.
- Suelos, topografía, usos de la tierra, recursos hidráulicos, infraestructuras vitales y densidad de población, y estructuras.

Con este tipo de información es posible hacer un análisis más profundo que relacione las amenazas naturales con las actividades de desarrollo ya existentes o planeadas. Al igual que a nivel nacional, puede determinarse la vulnerabilidad de los segmentos más críticos de las instalaciones de producción, las infraestructuras y los asentamientos humanos, a fin de dar a la mitigación y preparación para desastres la adecuada prioridad dentro de la planificación del desarrollo.

Algunos ejemplos de los usos de un SIG a nivel regional son:

- Identificación de proyectos de inversión y preparación de perfiles de proyecto que muestren dónde deben tomarse en cuenta medidas de mitigación (protección contra inundaciones, estructuras resistentes a terremotos, etc.) dentro del diseño del proyecto.
- Preparación de proyectos de mitigación de riesgos para reducir el peligro de las tierras ya ocupadas.
- Pautas para los usos y la intensidad de uso de la tierra.

En el caso de estas aplicaciones, como así también de otras, se puede aprovechar la flexibilidad de escala de un SIG. Se pueden utilizar escalas pequeñas y medianas para el inventario de recursos y la identificación de proyectos; escalas medianas para perfiles de proyecto y estudios de prefactibilidad; y grandes escalas para estudios de factibilidad, trazado de mapas de zonas peligrosas y estudios de mitigación de riesgos. La información utilizada originalmente en una escala para un propósito determinado, puede usarse en el futuro en otra escala con diferente propósito.

Un SIG puede también utilizarse en este nivel para generar información sobre amenazas que no se encuentra disponible de manera inmediata. Por ejemplo, si se aplica a información sobre pendientes, precipitaciones y caudal de ríos, el SIG puede determinar los niveles máximos de inundación y precipitación. Los datos sobre deslizamientos pueden combinarse con datos de pendientes, materiales parentales e hidrológicos a fin de determinar la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento.

Esta síntesis puede ayudar a los planificadores a decidir dónde construir una represa o un embalse en el futuro a fin de prevenir los daños que pueda

causar una inundación, o para determinar dónde sería más conveniente en lugar de hacer mayores inversiones de capital o situar obras grandes, llevar a cabo actividades menos susceptibles a deslizamientos.

#### **3.4.1.2.3. Usos a nivel local**

Los planificadores pueden utilizar un SIG a nivel local para formular proyectos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, y para ubicar los elementos vulnerables de las infraestructuras vitales a fin de poner en práctica actividades de preparación y respuesta a emergencias. La presencia de una amenaza debería afectar la selección del lugar, el diseño de ingeniería y la factibilidad económica de los proyectos de inversión.

Las infraestructuras vitales son los elementos más críticos de un área. Deben ser lo menos vulnerables al daño como sea posible y deben ser reconocidas como prioritarias en la rehabilitación y reconstrucción de un desastre. En América Latina y el Caribe, muy pocos planificadores encontrarán mapas ya preparados de las infraestructuras vitales individuales o en conjunto. Donde éstos no existen, un SIG puede utilizarse para prepararlos. Algunos de los componentes que típicamente están incluidos son:

- Puertos y aeropuertos (primarios y secundarios, internacionales, nacionales y regionales, tanto privados como públicos).
- Hospitales, centros de salud y puestos médicos Estaciones de policía y bomberos.
- Escuelas, universidades, auditorios, centros de convenciones.

- Infraestructuras de energía y sistemas de suministro de la misma, incluyendo tuberías y líneas de transmisión.
- Red de carreteras (autopistas, rutas primarias y secundarias, puentes, túneles y vías ferroviarias).
- Instalaciones para atención de emergencias.
- Instalaciones de telecomunicaciones.

Una vez que el mapa de infraestructuras vitales ha sido preparado, puede combinarse con la información sobre amenazas para determinar cuáles son los segmentos más vulnerables e identificar las medidas de mitigación y actividades de preparación adecuadas.

#### **3.4.1.2.4. Pautas para la adquisición de un SIG**

Por más tentador que parezca, un SIG no siempre es aplicable a una situación determinada y puede no ser redituable. Los planificadores necesitan evaluar meticulosamente las necesidades de un SIG en términos de objetivos y aplicaciones específicas antes de decidir adquirirlo. Estas son algunas de las preguntas básicas que deben hacerse:

- ¿Qué actividades de planificación van a ser apoyadas por el SIG propuesto?
- ¿Para cuántas y para qué tipo de decisiones debe servir?
- ¿Cómo mejorará las actividades de planificación y la toma de decisiones?



- ¿Cuánta información, tiempo y capacitación se necesitarán para obtener los resultados esperados?
- ¿Es factible?
- ¿Cómo se implementarán los resultados obtenidos a nivel de instrucciones locales? Qué dificultades se pueden prever entre los administradores locales y los directivos?

Si después de hacerse estas preguntas se llega a una conclusión positiva, el próximo paso lógico es determinar qué SIG debe adquirirse y qué tipo de programas y equipos de computación van a utilizarse.

En general, la experiencia de la región demuestra que los SIG compatibles con computadores personales son los más prácticos para los planificadores que analizan asuntos de amenazas naturales en los proyectos de desarrollo integrado.

Si bien no producen mapas de gran calidad cartográfica o lo suficientemente detallados para diseños de ingeniería, son capaces de generar mapas a diferentes escalas e información tabular, útiles para varios análisis, diseños de proyectos y para la toma de decisiones, y son más económicos y relativamente simples de usar.

Entre los SIG compatibles con computadores personales existen innumerables posibilidades de combinar equipos y sistemas de computación. El sistema a elegirse debe ser simple y debe encajar en el presupuesto y las limitaciones técnicas del organismo.

Los sistemas sofisticados (y por ende caros), requieren más habilidades técnicas, pueden ser más difíciles de mantener y reparar localmente, y para el

análisis de mapas y manejo de amenazas específicamente, su capacidad extra puede no valer el costo adicional.

Dadas las limitantes financieras y técnicas de la región, sería adecuado comenzar utilizando un sistema modesto y luego expandirse de acuerdo a las necesidades del organismo.

#### **3.4.1.2.5. Uso de sensores remotos en evaluaciones de amenazas naturales**

El sensoramiento remoto es el proceso de grabar información por medio de sensores ubicados en un avión o en satélites. La técnica es aplicable al manejo de riesgos naturales ya que casi todos los fenómenos geológicos, hidrológicos y atmosféricos son eventos o procesos recurrentes que dejan huellas de los episodios anteriores.

Al revelar la ubicación de previos eventos y/o distinguir las condiciones en las que hay posibilidad de que éstos ocurran, la técnica permite identificar áreas que puedan ser expuestas a eventos naturales, de manera que se pueden incluir dentro del proceso de planificación las medidas necesarias para reducir el impacto social y económico de los desastres.

El sensoramiento remoto aéreo es útil en el manejo de amenazas naturales para enfocar las áreas prioritarias, verificar la interpretación de datos a pequeña escala y revelar características que son muy pequeñas para ser detectadas por las imágenes de satélite. Entre los sistemas aéreos disponibles, los más útiles para la evaluación de amenazas naturales y la planificación del

desarrollo integrado son las fotografías aéreas, radares aéreos y *scanners* térmicos infrarrojos. Cada uno tiene sus ventajas y sus limitaciones:

- La fotografía aérea es lo más parecido a lo que puede captar el ojo humano. La película puede ser blanco y negro (que es lo más económico), en color convencional o en color infrarrojo. Su uso está limitado por la cantidad de luz que haya y por las condiciones climáticas, pero sus imágenes son bastante más detalladas que las de un radar a la misma escala.
- Los radares aéreos son sensores activos que producen su propia luz y cuyas imágenes son como fotografías en blanco y negro. Generalmente necesitan alguien especializado que las interprete. Los radares pueden usarse a cualquier hora y en cualquier tipo de clima, y permiten estudiar un área con mayor rapidez y medir la distancia más precisamente que las fotografías aéreas.
- Los *scanners* térmicos infrarrojos utilizan un semiconductor sensible a la parte térmica infrarroja del espectro para producir imágenes que definan las características térmicas del terreno. La capacidad de las imágenes térmicas es inmejorable, pero dado que el sistema aéreo sólo puede utilizarse en bajas altitudes (por debajo de 3 000 metros), las áreas que cubre son más pequeñas que las de los radares o la fotografía aérea. Además, su técnica de grabación produce distorsiones inherentes en las imágenes finales.

A pesar de su gran utilidad, los estudios aéreos muy extensos son poco frecuentes, ya que generalmente exceden los límites de presupuesto de los

estudios de planificación y pueden proveer más información de la necesaria, particularmente en las primeras etapas.

Las técnicas de sensoramiento remoto por satélite son cada día más importantes desde el satisfactorio lanzamiento del Landsat 1 en 1972. Las mismas proveen el punto de vista sinóptico requerido por los estudios de planificación del desarrollo integrado. Dada la gama de elementos disponibles para el sensoramiento remoto aéreo y por satélite, la aplicación de los mismos varía de acuerdo a las ventajas y limitaciones de cada uno.

### **3.5. Riesgos naturales y planificación**

En términos económicos, el riesgo asociado a fenómenos naturales es un factor que debe ser evaluado e incluido en los cálculos y criterios de planificación; su análisis y mitigación no deben ser tomados como un gasto sino como una inversión.

La prevención de desastres es un factor de desarrollo y de seguridad; es una forma de medir y mejorar el bienestar, por cuanto la seguridad permite un mejor desenvolvimiento de las actividades humanas y garantiza su continuidad y progreso.

La planificación que incluye el factor riesgo natural se da en varios niveles: existe una planificación de origen centralizado, que corresponde al ámbito nacional, donde se definen especializaciones productivas, estrategias de compensación, priorización de inversiones e incluso criterios geopolíticos.

Existe una planificación regional que puede darse a escala de departamentos, regiones autónomas, cuencas, etc., donde el condicionante

geográfico o las interdependencias obligan a definir criterios concertados para distribuir mejor los recursos o tomar medidas compartidas.

Es importante tener presente que los límites y territorios municipales y departamentales no siempre responden a una lógica espacial o a un orden-  
unidad geográfico determinado; muchas veces se han establecido de manera arbitraria o por necesidades de diversa índole.

Por tanto, no todas las fuentes potenciales de desastre se ubican necesariamente dentro de la jurisdicción territorial de un municipio o un departamento. Hay fenómenos y procesos que se generan fuera de él, pero sus efectos se dan dentro del mismo o pueden abarcar varios municipios o departamentos.

Los casos de las inundaciones son los más representativos de este tipo de problemas: se generan en la parte alta de una cuenca y sus peores efectos se dan en la parte media y baja.

En caso de deslizamientos, éstos pueden generar avenidas torrenciales con capacidad de desplazarse a grandes distancias. La prevención y planificación que incluya el factor riesgo debe tomar en cuenta el concepto de peligro transferido.

Cuando se encuentra el problema de peligros transferidos, la evaluación de las amenazas debe, necesariamente, rebasar el ámbito territorial de un municipio.

En este caso se requiere la asociación de los municipios implicados para encomendar un estudio conjunto y planificar la aplicación de las propuestas compartidas.

### **3.5.1. Planificación**

Es la base teórica de toda acción; es la forma práctica de racionalizar el proceso de toma de decisiones en la acción del proyecto.

En un proceso bien planificado, todos los medios razonables dedicados a disminuir impactos se incorporan dentro de las alternativas durante el análisis de alternativas y el diseño del proyecto.

Una reducción significativa de los impactos puede lograrse con el uso cuidadoso de las opciones de análisis de alternativas y opciones de mitigación; es a través de estos medios que el proceso de evaluación de impacto ambiental funciona para prevenir los impactos ambientales significativos.

### **3.5.2. Proceso de planificación estratégica de proyectos**

En este proceso se detalla la estrategia a usar y se entiende el porque es de suma importancia llevar esto a cabo paso a paso, para poder lograr desenvolver un proyecto y su fin. A continuación se detalla:

- Definir la misión del proyecto: toda empresa o institución tiene una misión que define su propósito y que en esencia pretende contestar a la pregunta: ¿en qué proyecto estamos? El definir la misión de la organización obliga a la administración a definir el espacio de su producto o servicio.

No es lo mismo estar en el negocio de los ferrocarriles que en el negocio del transporte, estar en el negocio de la telefonía que en el negocio de las telecomunicaciones.

- Establecer objetivos: los objetivos son el fundamento de la planificación, la misión acelera el propósito de la empresa o la institución, los objetivos trasladan a la misión en términos concretos.
- Analizar los recursos de la organización: lo que la organización puede realizar está limitada por los recursos que posee y los que puede conseguir, lo que hace está condicionado a lo que puede hacer. Es necesario analizar los recursos: financieros, humanos y físicos de la organización, en base a estos se elaboran los planes.
- Examinar el ambiente: para asegurar resultados favorables es importante analizar y evaluar los factores externos; estos están en el ambiente que se desenvuelve la organización y pueden ser: legales, sociales, políticos, económicos, etc.
- Hacer predicciones: estos se refieren a las proyecciones de ingresos, gastos, utilidades, status político, inflación, tipo de cambio, tendencias, etc. Las predicciones pueden ser sobre factores externos (ambientales) o internos de la organización. En la medida que estas predicciones estén basadas en experiencia conocimientos objetivos en esa medida se acercarán lo más exactamente posible a los acontecimientos futuros.
- Analizar oportunidades y riesgos: después de analizar los recursos de la organización y las predicciones de factores internos y externos, se pueden establecer las oportunidades que favorezcan alcanzar los objetivos y las

metas así como los riesgos que se corran y que constituyen puntos críticos que pueden hacer fracasar el proyecto o la organización.

- Identificar y evaluar estrategias alternativas: una vez identificados los riesgos y las oportunidades, el planificador debe analizar y plantearse diversas estrategias alternativas que le permitan mejorar las oportunidades y minimizar los riesgos.
- Seleccionar la estrategia: las estrategias seleccionadas entre las analizadas, deben ser consistentes con la misión y los objetivos deseados y debe corresponder a los recursos disponibles.
- Instrumentar la estrategia: este es el último paso, esta requiere de una comunicación exitosa a todos los niveles de la organización. Si los funcionarios no logran corresponder al alcance de la estrategia ni su rol en ella, seguramente no alcanzarán los resultados deseados.

### **3.5.3. Programación de medidas de mitigación**

Las medidas básicas y más importantes a tomar en cuenta son:

- Medidas de ingeniería: han sido la solución más común para la mitigación de los impactos adversos debido a un proyecto. Por lo anterior, esta solución se considera como una parte del diseño de del proyecto. Los técnicos que estudian los impactos ambientales de un proyecto pueden proporcionar información valiosa para la selección de estas medidas; pero, el diseñador es el responsable de incluir dichas medidas en el proyecto en su conjunto.



- Medidas de manejo: involucran el conocimiento de las condiciones de operación del proceso con el fin de ajustarlas a las necesidades ambientales. Se basan en el reconocimiento de que existen niveles tolerables de impactos sobre el ambiente, los cuales pueden variar con el tiempo. Por lo tanto, los objetivos de estas medidas son monitorear las condiciones ambientales y el mantener un nivel de impacto dentro de los rangos aceptables y/o tolerables.
- Revisión de políticas: después que se han estudiado las medidas de ingeniería y de manejo puede que con ellas no sea factible alcanzar las normas y criterios ambientales existentes. Bajo estas circunstancias, puede ser conveniente la revisión de políticas que involucran una comparación, entre la necesidad de instituir un proyecto y el deseo de cumplir con las normas y/o criterios ambientales existentes. La revisión, imparcial y franca de las normas criterios y/o políticas no deben ser contrarias a los objetivos de la administración ambiental.

### **3.6. Identificación de la necesidad de un análisis de riesgos**

Desde el momento en que un municipio decide realizar planes de desarrollo o programas de ordenamiento territorial, está obligado a conocer las condiciones de riesgo, en general y para el caso específico, las condiciones de riesgo asociadas a fenómenos –amenazas- naturales que, en suma, puede ser un elemento crucial para definir o reorientar sus propuestas.

Aún cuando no se guarde memoria de eventos catastróficos en el pasado, nunca se descarta su eventual ocurrencia en el futuro.

Las municipalidades en general cuentan con poco presupuesto para su funcionamiento, sin embargo deben hacer esfuerzos para designar alguna partida para la realización de análisis de riesgos para garantizar que sus obras sean seguras y que sus planes de desarrollo sean bien formulados considerando todos los factores.

Es importante la participación de profesionales y técnicos de las municipalidades para que adquieran experiencia y darle seguimiento a las recomendaciones hechas por profesionales y consultores ambientales. Queda siempre abierta la alternativa de obtener el apoyo de la cooperación internacional, de las ONGs y del sector privado.

Una vez identificada la necesidad de realizar el estudio, es necesario contratar un equipo competente para realizar éste y la propuesta de Plan Municipal de Reducción de Desastres, para lo cual el municipio puede suscribir un contrato de consultoría de servicios profesionales que debe contemplar un mínimo de exigencias y otorgar un margen de seguridad y maniobra suficientes como para garantizar un producto útil, confiable y, sobre todo, realista.

Con el fin de asegurar la calidad de los productos, la elaboración del contrato de servicios debe ser cuidadosa y considerar en los Términos de Referencia, entre otros, lo siguiente:

- Definir el área geográfica para la realización de los trabajos.
- Definir el nivel de evaluación deseado (diagnóstico preliminar o evaluación de semidetalle).
- Definir claramente los productos esperados.

- Los productos deben mencionar claramente la procedencia de datos e informaciones (mapas topográficos, referencias bibliográficas, estadísticas), esto para evitar problemas de propiedad intelectual. De ser necesario se deben solicitar las autorizaciones de uso a las entidades pertinentes.
- Definir forma de entrega del informe, de tal manera que la información se presente en formato que sea compatible con los programas y equipos con que cuenta la municipalidad.
- Definir plazo para la ejecución del diagnóstico y/o la evaluación de semidetalle.
- Definir programa de trabajo conjunto, condiciones de participación de personal del municipio, visitas de campo, reuniones de concertación.
- Cláusula por derecho a revisión del trabajo a cargo de una persona, institución especializada u otra instancia.
- Cláusula que contemple un período de consultas tras la entrega del trabajo.

### **3.7. ¿Quiénes deben hacer el análisis de riesgos?**

Un análisis de riesgos es una tarea delicada que requiere una justa apreciación de los elementos, para no caer en la excesiva alarma o en el reconocimiento insuficiente del problema.

Los análisis de riesgos lo deben realizar:

- Consultores ambientales registrados en la Dirección General Ambiental y Recursos Naturales del MARN.

Además del conocimiento básico, se exige a los consultores ambientales conocimiento de otras disciplinas que le den una visión más amplia de los problemas a evaluar.

El estudio sobre el tema de riesgos asociados a fenómenos naturales, es un trabajo de equipo esencialmente múlti e interdisciplinario.

La especialidad de los integrantes del equipo dependerá del nivel de evaluación a desarrollar en el municipio.

Cabe señalar que para trabajar la parte de gestión es importante la integración de varios profesionales al equipo de trabajo, podrían participar en este tipo de estudios los siguientes profesionales: geólogos, ingenieros civiles, hidrólogos, ingenieros agrónomos, ingenieros forestales, especialistas en ciencias ambientales, geógrafos, planificadores y otras especialidades de ciencias sociales, siempre y cuando hayan recibido una formación adicional especializada y demuestren una cierta experiencia en el ramo.

Lo ideal es tratar de incorporar en el equipo a profesionales o técnicos de los municipios para intervenir en el trabajo.

La elección del equipo de expertos que realice el análisis de riesgo y la propuesta de Plan Municipal de Reducción de Desastres correspondiente demanda un mínimo de exigencias que garanticen la calidad y la fiabilidad de los trabajos.

Algo que siempre debe considerarse es que al equipo de trabajo debe incorporarse personal técnico del propio municipio, para participar en los trabajos, lo cual permitirá una mejor aplicación de las propuestas. Los siguientes requisitos asociados a especialidad son necesarios para que el equipo técnico pueda incorporarse al equipo de trabajo:

Tabla IX. **Requisitos y especialidad del equipo técnico**

<b>Requisitos</b>	<b>Especialidad</b>
Conocimientos y experiencia en geofísica, geotecnia y estudios de suelos.	Geólogos, geofísicos, ingenieros civiles, agrónomos y geógrafos.
Experiencia en análisis cartográfico y foto geológico.	Geólogos, agrónomos, geógrafos.
Conocimiento de interpretación y correlación de datos geotécnicos e hidrometeorológicos.	Ingenieros civiles, hidrólogos.
Experiencia en geodinámica interna y externa.	Geólogos.
Experiencia en terrenos inestables y procesos hidrogeológicos.	Geólogos, hidrogeólogos, ingenieros civiles, arquitectos, agrónomos, agrícolas, geógrafos.
Conocimientos de planificación urbana y acondicionamiento territorial.	Arquitectos, ingenieros civiles, geógrafos, sociólogos, planificadores.
Conocimientos de legislación sobre desastres, municipios, ecología.	abogados, ecólogos.
Manejo de cartografía digital.	Geógrafos, geólogos, agrónomos.

Fuente: CARREÑO, Raúl. Guía metodológica para estudios indicativos de peligros. p.64.

### **3.8. Supervisión y participación**

El papel del municipio no se limita a contratar el servicio de análisis de riesgo y a tratar de aplicar las recomendaciones. Como se indicó, su participación en el proceso de evaluación debe ser continua, no sólo para supervisar el trabajo de los especialistas, sino para proporcionar información,

dar a conocer sus puntos de vista y proyectos que puedan ser influenciados por la evaluación y permitir la participación popular.

La supervisión y participación activa del personal del municipio permitirá que éste se familiarice con el método de estudio, la terminología y la naturaleza del tema, lo cual facilitará el entendimiento y la aplicación de las propuestas.

Esta participación debe darse inclusive en el trabajo de campo y en la elaboración de las propuestas. Se plantea la necesidad de recurrir a una instancia de asesoría y supervisión externa (trabajo que podría ser cumplido por entidades como DIGARN), que controle algunos puntos técnicos y sirva para uniformizar y concentrar la información que se produzca, con miras a una gestión de datos y resultados más allá del municipio.

### **3.9. Participación ciudadana**

El proponente del proyecto u obra, conforme a los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, deberá involucrar a la población en la etapa más temprana posible en el proceso de elaboración del instrumento ambiental, (Art. 72 del Acuerdo Gubernativo 431-2007).

Las metodologías participativas están de moda. Tienen varias ventajas pero, también, inconvenientes. En el tema de los riesgos, la participación de la población esencial, incluso obligatoria, a fin de cuentas, es la población el sujeto de acción y de aplicación de las medidas preventivas y serán los actores de la gestión durante y después del desastre.

Su participación en las diferentes fases de evaluación y de prevención forma parte de la lógica de desarrollo de una conciencia de riesgo y prevención, de sensibilización y solidaridad.

No obstante a lo anterior, es importante tomar en cuenta que en los procesos participativos suelen ocurrir situaciones en las cuales los participantes tienden a caer en uno de dos extremos: por un lado, minimizar o negar la existencia del riesgo (por temor a perder el valor de sus tierras, a sufrir evacuaciones forzadas, etc.) y por otro lado, a exagerar las condiciones de riesgo, dadas las expectativas de recibir ayuda externa.

Todo esto es muy claro, y muy peligroso, en los experimentos de mapeo participativo, donde se nota un alto grado de distorsión de las informaciones.

En términos de información, la gente puede dar valiosos datos sobre ocurrencia de desastres en el pasado, signos o manifestaciones extrañas del terreno, información relacionada a desastres o amenazas, etc., pero esta debe ser evaluada y procesada para poder ser utilizada.

Lo que sí es recomendable, es explicar a la gente el trabajo que se hace, permitir que acompañen al equipo técnico en algunos trabajos de campo, consultarlos periódicamente sobre su propia percepción del problema y conocer sus propuestas.

Es también necesario que conozcan los productos finales de la evaluación, sobre todo las recomendaciones, para que se pueda orientar su participación y comprometerlos a involucrarse de manera organizada en las acciones de mitigación.

### **3.10. Validación**

Antes de aceptar el informe técnico final del análisis de ambiental, es recomendable que el documento presentado sea sometido a consulta ante los líderes comunales, las autoridades, personal técnico del municipio o de otros organismos gubernamentales y privados involucrados en el desarrollo.

Esta acción permite enriquecer el estudio e incorporar opiniones, información y elementos de análisis que podrían mejorar el resultado general. Al probarse se ingresara el documento al MARN, para hacer la resolución correspondiente.

#### **3.10.1. Resolución final**

La resolución final la emitirá el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, por medio de la unidad de calidad ambiental de la dirección general de gestión ambiental y de recursos naturales , en los casos de instrumentos de evaluación ambiental correspondientes a obras o proyectos de categorías A1 (Alto Impacto Ambiental), B1(moderado alto impacto ambiental) y B2( bajo impacto ambiental) del listado taxativo de proyectos.

Las resoluciones se emitirán en forma razonada, aprobando o improbando las evaluaciones ambientales correspondientes, incorporando los compromisos ambientales y el cumplimiento del manual de buenas prácticas ambientales.

En los casos de los proyectos o obras de categoría C (bajo impacto ambiental), no será necesario determinar lo relativo a la fianza de cumplimiento, en los demás sí.



La resolución que aprueba el instrumento de evaluación ambiental; cuando lo solicita el interesado, incluirá lo relativo al otorgamiento de la licencia de evaluación ambiental según la categoría del proyecto, previo al pago de la misma por parte del interesado y en un plazo máximo de ocho días le será entregada la licencia de evaluación ambiental. Se otorga en el entendido de que el proponente del proyecto u obra, cumplirá con las regulaciones, procedimientos, normas técnicas y requisitos legales y ambientales para cada caso en particular.

El incumplimiento de este compromiso por parte del proponente lo hará acreedor de las sanciones correspondientes según el caso y ocasionará la nulidad de la licencia. La licencia tiene tiempo de coeducación, y se renueva pidiendo por escrito al MARN, una inspección del proyecto u obra para verificar si ha cumplido con los lineamientos dados y si se determina que el proyecto está en condición verde, la renovación de la licencia será automática.

### **3.10.2. Vigencia de la resolución**

Cuando la resolución contenga una aprobación de un instrumento, su vigencia quedara sujeta a la entrega por parte del proponente a favor del MARN de la fianza de cumplimiento determinada en ella el plazo establecido de dicha resolución. Como requisito esencial para su vigencia, así como del cumplimiento en su caso de los requisitos que se le impongan como condicionales, los cuales deberá cumplir dentro del plazo que en ella se especifique, el cual no podrá exceder de quince días.

Si el instrumento de evaluación ambiental hubiere sido presentado con todos los requisitos solicitados para su admisión por el MARN, y no se tratara de proyecto o obra no viable ambientalmente, que presente riesgo ambiental

potencialmente alto o que produzca daño ambiental, el proponente o responsable del mismo podrá solicitar su aprobación automática , después de haber transcurrido treinta días hábiles de su presentación, sin que el MARN hubiere emitido resolución.

### **3.11. Aplicación de resultados**

Dentro de sus competencias, un municipio puede aplicar los resultados de un análisis de riesgos mediante ordenanzas e incorporar las recomendaciones técnicas en sus Planes Operativos Anuales (POA) de trabajo. Así también que toda obra emprendida por el municipio incorpore las recomendaciones dadas.

Aparte de las decisiones ligadas a la prevención activa (ejecución de obras de tratamiento), es en el campo de la prevención pasiva donde el municipio tiene un potencial mayor de maniobra efectiva para prevenir y mitigar los desastres.

Entre las acciones que puede tomar se tiene:

- Definir la zonificación de uso de suelos.
- Definir las áreas de no-urbanización relacionada con altos niveles de riesgo.
- Elaborar planes de mitigación.
- Normar los criterios constructivos (definir códigos constructivos y habilitaciones urbanas).
- Elaborar planes de emergencia y de contingencia.
- Normar y controlar la extracción maderera y proteger las áreas de reserva.

Uno de los instrumentos municipales de gestión es el Plan de Desarrollo Urbano, o el Plan Estratégico de Desarrollo Urbano.

En él se señala el estado actual del uso de suelos y establece las posibilidades de uso de los mismos en el futuro, en términos de racionalidad y de eficiencia, pero condicionado por el factor seguridad física.

Además de orientarse a resolver los problemas de urbanización, transporte, servicios, etc., el plan de desarrollo es fundamentalmente un indicador para la ubicación de infraestructuras y el uso del espacio.

En consecuencia, la incorporación del factor riesgo, asociado a fenómenos naturales, es imprescindible, pues a los criterios de optimización en la ubicación de infraestructura y mejoramiento de flujos de servicios y personas, se debe agregar el factor de seguridad para los mismos, por razones obvias:

- De nada sirve proponer obras o definir usos de un territorio o espacio si un evento natural puede destruirlos o afectarlos, si no se sabe cuál es la condición y nivel de seguridad física de cada sitio escogido.
- La incorporación del factor riesgo ligado a fenómenos o condiciones naturales debe hacerse de manera cuidadosa, sopesando los elementos favorables y las consecuencias desfavorables de una propuesta. Un terreno peligroso no siempre es sinónimo de inutilizable, ya que puede ser utilizado para cultivos u otros fines.

### **3.11.1. Reducción de riesgos y amenazas**

Conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre, involucra medidas estructurales y no estructurales para evitar o reducir las consecuencias de los fenómenos peligrosos. En el primer caso, las medidas se refieren a una intervención física de la amenaza y de la vulnerabilidad mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería para la protección de la población y sus bienes, y en el segundo caso se refieren a la regulación de usos del suelo, el fortalecimiento institucional, la educación y la preparación de la comunidad.

Se detallan a continuación:

#### Medidas estructurales

- Las construcciones deberán ser sismo-resistentes, debiéndose establecer y actualizar las normas para el mantenimiento de las construcciones, de acuerdo a los códigos y reglamentaciones vigentes.
- Limpieza y dragado de cauces de los ríos y quebradas de cauces secos para evitar posibles desbordes e inundaciones.
- Construir represas, diques y canales para controlar el curso de las aguas.
- Proteger las riberas de los cursos de agua contra probables erosiones.

#### Medidas no estructurales

- Ordenamiento urbano.
- Declarar como intangibles a los conos en donde desembocan de las quebradas verificando que nadie se asiente en ellos.
- En coordinación con los organismos responsables y competentes dictar y aplicar medidas de reforestación para prevenir los deslizamientos y erosión de las laderas de los ríos.

- Verificar que las comunidades no se asienten en las franjas marginales intangibles de los ríos.
- Promover la planificación del uso de tierras mediante la legislación adecuada.
- Priorizar la preparación y educación de las autoridades y población para crear una cultura de prevención.
- Evacuar los asentamientos humanos que se encuentran en áreas de peligro.
- Formular Estudios de Microzonificación.
- Formular el Estudio sobre el Plan de Prevención ante Desastres: uso del suelo y medidas de mitigación.
- Prever recursos presupuestales y orientar los mayores medios: humanos y materiales hacia las zonas donde se requiera reducir la vulnerabilidad.

En general, cuando se hace referencia a obras de protección y control para la prevención de desastres, en la mayoría de los casos, se está haciendo referencia al planteamiento de que mediante la intervención directa de la amenaza se puede impedir la ocurrencia del fenómeno que la caracteriza o controlar los efectos del mismo en el caso de que éste se presente. Estudios detallados acerca de las características de los fenómenos y análisis de la fuente generadora de eventos peligrosos, permiten la concepción de obras de protección y control que pueden prevenir o mitigar desastres provocados por inundaciones fluviales o costeras, sequías, deslizamientos, flujos de lodo, etc.

Las obras de protección y control más comúnmente conocidas son las construidas para la reducción del riesgo de inundación, como presas de regulación, canales, diques y otros tipos de trabajos de ingeniería relacionados con la adecuación de causas.

Por otra parte, algunos fenómenos tales como los terremotos, los huracanes, las erupciones volcánicas y los tsunamis no pueden ser intervenidos directamente, razón por la cual es necesario procurar reducir sus efectos de una manera diferente. En estos casos y otros en los cuales los costos de las obras de protección y control no pueden ser justificados dentro del contexto social y económico de la comunidad amenazada, solamente es posible reducir las consecuencias de su ocurrencia modificando las condiciones de vulnerabilidad física o funcional de los elementos expuestos.

Algunos ejemplos son el refuerzo de estructuras existentes de líneas viales, plantas industriales, edificaciones vulnerables, hospitales; expedición de códigos de construcción; reubicación de viviendas, de infraestructura o centros de producción ubicados en zonas de amenaza. En resumen, las medidas estructurales para la intervención de la vulnerabilidad física y funcional tienen como objetivo mitigar el riesgo modificando los niveles de vulnerabilidad y de exposición de los elementos en riesgo.

Las medidas no estructurales son de especial importancia para que en combinación con las medidas estructurales se pueda mitigar el riesgo de una manera efectiva y balanceada. Estas medidas pueden ser activas o pasivas.



#### **4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EJECUTAR OBRAS CIVILES EN ZONAS DE PELIGRO**

En este capítulo se dan a conocer lineamientos que pueden ser utilizados como elementos de base para un plan de desarrollo a nivel municipal.

Debido a que las recomendaciones o normas técnicas no siempre están al alcance de la población, es mejor ofrecer pautas para diferentes escenarios y situaciones.

Muchas veces se hace énfasis en las normas sismo resistentes, relacionadas a las construcciones para que éstas soporten movimientos sísmicos, pero que no soportan la investida (carga) de derrumbes, deslizamientos o inundaciones.

En lo referente a terrenos inestables e inundaciones, no existe una normativa de seguridad específica ni recomendaciones constructivas.

Se piensa que una vivienda o cualquier construcción que cumple las normas parasísmicas ya está protegida contra otros eventos naturales; sin embargo, se ha visto que los deslizamientos las destruyen o deterioran.

La prohibición absoluta de edificar en zonas de riesgo no es real cuando hay poca disponibilidad de terrenos seguros o el precio de éstos es inalcanzable para vastos sectores de la población.



La existencia de riesgo no descarta la posibilidad de edificar sobre un terreno amenazado, siempre y cuando el grado o nivel de amenaza sea bajo o no muy elevado.

Considerando la premisa de que un terreno amenazado puede ser utilizado bajo un principio de racionalidad, se pueden dar algunas recomendaciones generales.

Es preferible mantener un uso agrícola y forestal en los terrenos inestables de mediana a baja actividad. En lo posible, las zonas con deslizamientos más activos deben destinarse como áreas de reserva ecológica.

La habilitación urbana en sitios amenazados es posible dentro de ciertos límites y cuando ésta sea baja y, excepcionalmente, media, siempre que se tomen medidas preventivas mínimas.

Son posibles algunos usos de menor riesgo, como los destinados a usos particulares como almacenes (siempre que no sea de sustancias peligrosas), parques recreacionales, urbanizaciones de baja densidad, etc.

Los siguientes elementos pueden ser incorporados en los reglamentos de habilitación urbana y códigos de construcción:

- Incluir en las solicitudes de habilitación urbana, además de estudios de impacto ambiental, evaluaciones de amenazas, sobre todo cuando se está cerca o en áreas donde hayan ocurrido desastres o donde la cartografía indicativa señale alguna probabilidad de deslizamiento, deslave, inundación u otros tipos de amenazas.

- Extender los estudios geológicos por fallas superficiales a toda la región de la República de Guatemala, ya que a la fecha son exigidos solamente para construcciones en la ciudad de Guatemala.
- Las habilitaciones urbanas no deben permitirse en zonas, donde el grado de peligro alto (zonas rojas de los mapas indicativos de peligro), al pie de acantilados rocosos de pendiente superior a los 45 grados o donde la roca esté fracturada o alterada.
- Al borde de caminos donde hay cortes importantes de talud.
- En los bordes externos de plataformas que estén limitadas por acantilados rocosos fracturados o por encima de frentes de fuerte pendiente.
- En el lecho mayor o la llanura de inundación de los ríos.
- Los rellenos sanitarios o botaderos de basura y de desmonte, las lagunas de oxidación y plantas de tratamiento de aguas no deben ser instaladas en las llanuras de inundación de ríos, ni sobre depósitos sedimentarios no consolidados o cerca del borde de orillas fluviales ni obviamente, sobre deslizamientos.

#### **4.1. Zonas de deslizamiento**

Son las zonas que son propensas a deslizamientos, los cuales se producen cuando una gran masa de terreno o zona inestable, desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor. Los deslizamientos se inician cuando en las franjas alcanzan la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Los deslizamientos son un

tipo de corrimiento ingenierilmente evitables. Sin embargo, en general los otros tipos de corrimiento no son evitables.

#### **4.1.1. Recomendaciones constructivas**

Existen dos concepciones de obras sobre terrenos inestables: obras resistentes y obras flotantes. Las primeras tienden a soportar el empuje de las masas inestables y las segundas a adaptarse al movimiento.

El principio básico para construir sobre un terreno inestable de bajo peligro es que la construcción funcione como un bloque monolítico, es decir que si la obra se mueve por acción del deslizamiento, debe moverse como un solo bloque, impidiendo los movimientos diferenciales.

Para lograr este comportamiento lo mejor es amarrar los cimientos y utilizar materiales livianos:

- En viviendas rústicas o ligeras (madera, taquezal o prefabricada), utilizar vigas de amarre que conecten todos los pilotes que definen las esquinas de las casas, tanto arriba como abajo y vigas cruzadas en las esquinas.
- En viviendas de concreto utilizar vigas de amarre y arriostres, o plateas corridas de fundación.
- Evitarse la construcción de casas de adobe o de piedra, sin estructuras de amarre tipo viga y columna.
- Para viviendas de concreto amplias, es mejor optar por un diseño en bloque separado, lo que ayuda a reducir los daños.

- Otra forma de combatir el daño acumulativo que provocan los deslizamientos es usar elementos prefabricados que puedan ser reacomodados o reutilizados.
- Salvo las construcciones en concreto con cimentaciones corridas, se debe preferir el uso de materiales livianos y fácilmente reacomodables.

#### **4.1.2. Uso del suelo**

La mayoría de los fenómenos de inestabilidad afectan en zonas rurales, a terrenos agrícolas y forestales. Por lo que a continuación se ejemplifican algunas acciones para reducir el efecto negativo de las prácticas agroforestales:

- Deforestación

La deforestación indiscriminada o no planificada es una práctica que contribuye a generar o agravar los procesos de inestabilidad.

Por lo que se recomienda:

- La explotación forestal debe hacerse por el método del entresacado con rápido reemplazo de los ejemplares cortados.
- Es preferible combinar especies forestales en lugar de tener bosque de una sola especie.

- Cultivo

El exceso de deshierbe contribuye a aumentar la escorrentía y la infiltración de las precipitaciones, causando efectos negativos para la estabilidad de las laderas.

Por lo que se recomienda entre otras acciones:

- Los cultivos estacionales no deben cubrir superficies muy grandes.
- Combinar parcelas de cultivos permanentes con franjas forestales.
- Practicar el drenaje extendido, sobre todo en las parcelas agrícolas situadas sobre deslizamientos.
- Implementar prácticas de conservación de suelos.
- Evitar la construcción de zanjas de infiltración en áreas sometidas a deslizamientos ya que han demostrado ser contraproducentes pues contribuyen a aumentar la infiltración, lo cual acelera los deslizamientos o contribuye a formar coladas.

- Ganadería

- El tránsito de ganado agrava la erosión y compacta los suelos, lo que contribuye a acelerar deslizamientos y favorecer los deslaves.

- Planificar la ganadería y alentar la estabulación y cultivo de pastos por cuadrículas para reemplazar la ganadería trashumante.

En zonas de mediana a fuerte pendiente donde abunden los deslizamientos superficiales (conocidos también como cáscara de naranja y caminos de vaca) el pastoreo debe ser restringido, sobre todo en época de lluvias.

#### **4.1.3. Obras de estabilización de las zonas inestables**

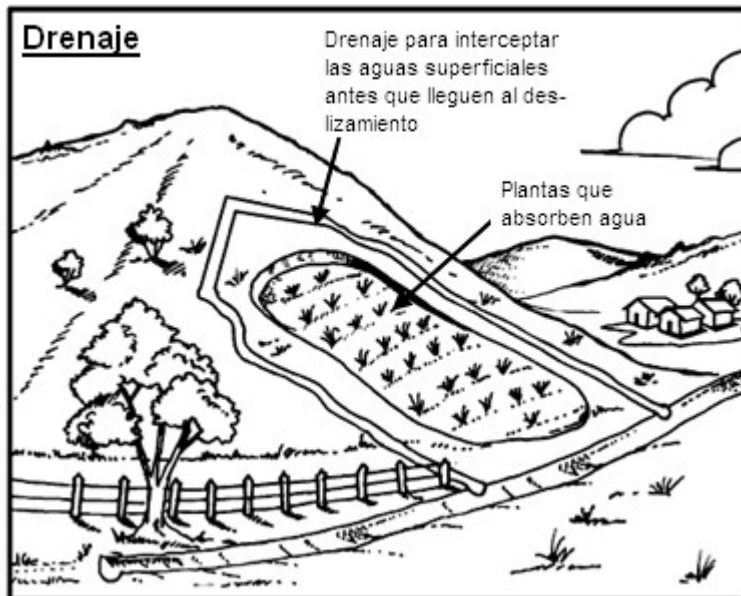
Existen varias medidas para estabilizar deslizamientos, muchas de ellas implican altos costos. Sin embargo, las medidas más simples no paran completamente el movimiento, que puede activarse con precipitaciones muy fuertes o con temblores.

##### **4.1.3.1. Drenaje**

Cuando hay presencia de arcilla en el suelo que se desliza, es importante evitar la infiltración de agua en la parte alta del deslizamiento. Se pueden interceptar y drenar las aguas antes que lleguen a la parte alta del deslizamiento.

Para esto se pueden construir zanjas de coronación bien impermeabilizadas (suelo-cemento o con cal), mantenidas limpias para no causar infiltraciones. Si esto no se garantiza, es mejor no hacer estas zanjas. Ver figura 16.

Figura 16. **Drenaje en terrenos inestables**



Fuente: NEUMANN, Alí. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p 93.

#### 4.1.3.2. **Vegetación**

Una ventaja de usar vegetación es que se estabiliza la zona de una forma natural, pero necesita tiempo para que la raíz de las plantas crezca y logre amarrar. Al usar este método hay que tomar en cuenta:

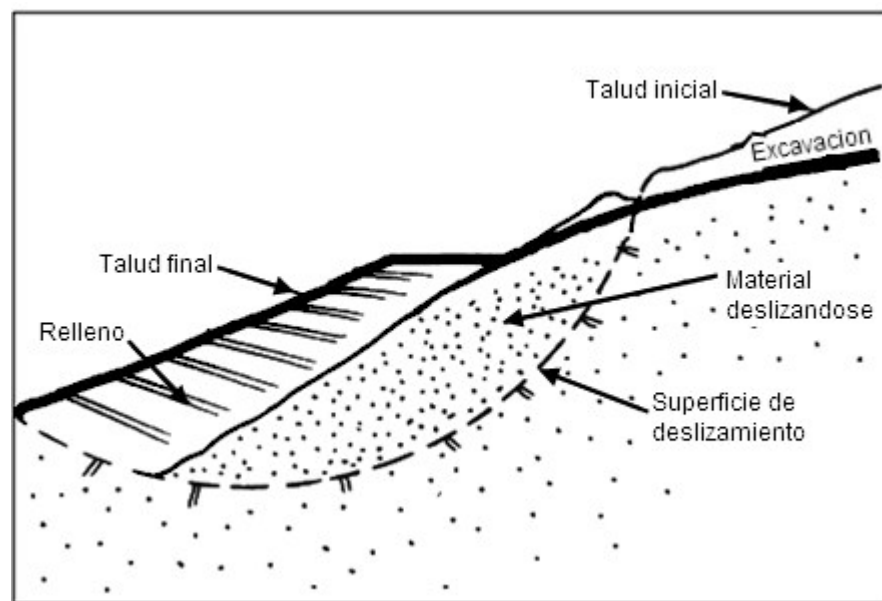
- Sembrar plantas hidrófilas (las que crecen en zonas pantanosas) puede ayudar a disminuir la cantidad de agua dentro del deslizamiento.
- Reforestar con plantas y árboles raíces profundas (como el vetiver, el espadillo y el eucalipto) puede servir para estabilizar deslizamientos superficiales con sus raíces.

#### 4.1.3.3. Modificación del talud

El objetivo es reducir la pendiente media del terreno.

- Terracedo del talud: se reduce la pendiente a través de la formación de terrazas sobre la pendiente. Se remueve el material de la parte alta y se fortalece el pie del deslizamiento. Ver figura 17.

Figura 17. Modificación de talud



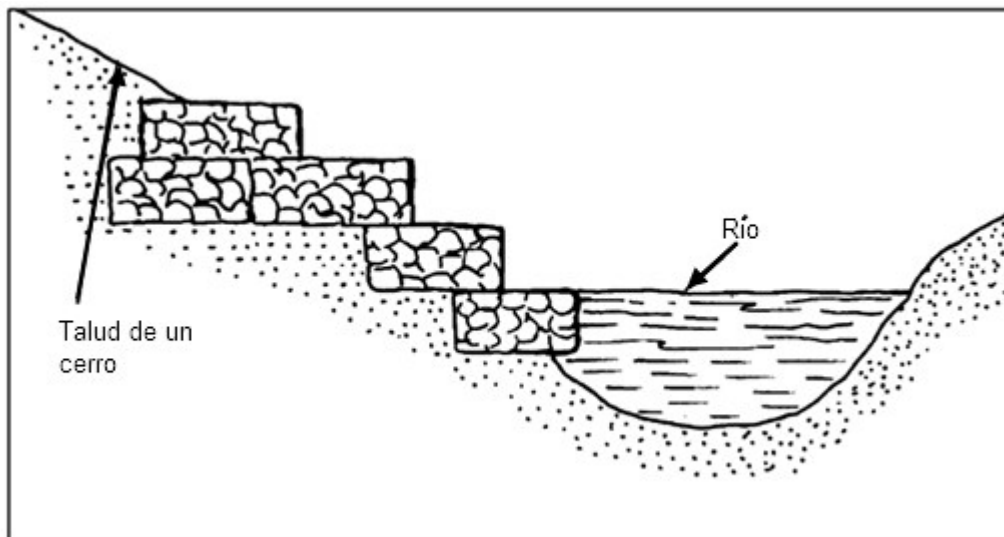
Fuente: NEUMANN Alf. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p. 94.



#### 4.1.3.4. Protección del pie del talud

Si existe peligro de erosión al pie del talud por un río o una quebrada, se puede proteger el terreno con estructuras flexibles (como gaviones) o rígidas (como muros de contención). Ver figura 18

Figura 18. Protección del pie del talud



Fuente: NEUMANN, Alí. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p. 95.

No es aconsejable lo siguiente:

- Pasar con canales de riego por las partes altas de los cerros que tienen deslizamientos.

- Excavar zanjas de infiltración en deslizamientos, porque incrementan innecesariamente la infiltración, aceleran los deslizamientos y favorecen los deslaves.
- Crear cualquier superficie horizontal o en contra pendiente dentro de los deslizamientos, por la misma razón, que el punto anterior.

## **4.2. Zonas de derrumbe**

Las zonas de derrumbe son las que están propensas al desplazamiento vertical de grandes masas de tierra, barro o piedra y generalmente sucede en zonas de suelos inestables, agudizándose la posibilidad de ocurrencia en épocas de lluvia.

### **4.2.1. Uso del suelo**

La regla general es no construir al pie o cerca de las zonas susceptibles de derrumbe. El poder destructor de este tipo de fenómenos y su carácter de súbitos los hacen extremadamente peligrosos.

Si se construye en zonas rocosas muy fracturadas (propensas a derrumbes), hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Evitar cortes muy grandes del talud.
- No construir pegado al corte del talud.
- Dejar un espacio de guarda.

- Reforzar el muro posterior de la construcción, de manera que actúe como muro de contención.

#### **4.2.2. Obras de defensa**

Existen obras de estabilización o de reducción del impacto de derrumbes, algunas de la cuales se mencionan a continuación:

- Enmallado de las paredes rocosas (cuando se comprueba que los bloques en desequilibrio son pequeños).
- Concreto proyectado (gunita), cuando la masa de rocas amenazante es de grano pequeño o inyección de cemento u otros aglomerantes.
- Clavado o anclaje: cuando el material que puede derrumbarse tiene forma tabular y su inclinación va en el sentido de la pendiente del terreno. Son obras caras.
- Muros de contención: se justifica cuando el frente de derrumbe es pequeño.
- Trincheras: excavaciones alargadas situadas al pie de los frentes potenciales de derrumbe. No deben ir muy pegadas a la pared, pues los bloques en caída pueden sobrepasarlo.
- Muros disipadores: se combinan con trincheras, aprovechando el material de la excavación que se acomoda delante de la trinchera para evitar el salto de rocas.

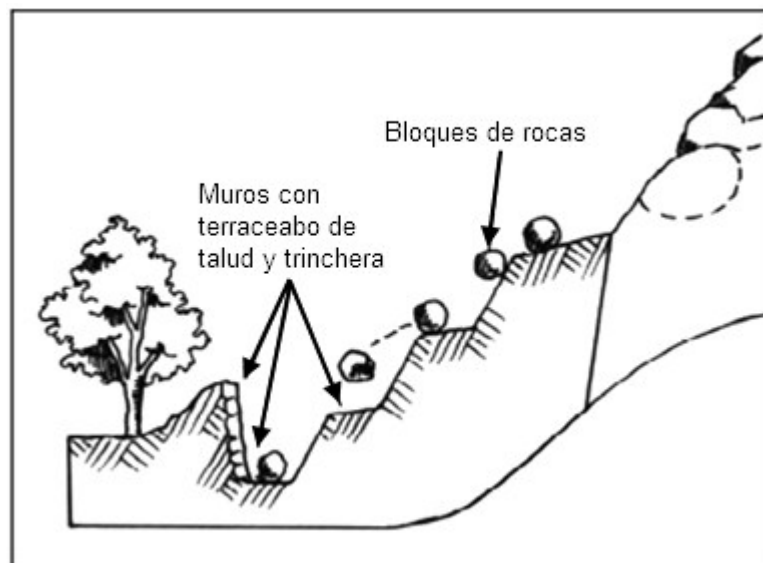
- Gradines o terrazas: si el movimiento de masas de rocas es muy importante y otras obras no son aplicables, se puede optar por reducir la carga de la zona susceptible, modificando su pendiente mediante gradas o escalones, que quitan carga a la masa inestable, de un lado, y, de otro, reciben y frenan los bloques que caen de la parte superior.

#### 4.2.2.1. Protección para derrumbes

Se recomienda hacer lo siguiente:

- Eliminar árboles del borde de los acantilados.
- Evitar construcciones muy pesadas al borde los mismos. Ver figura 19

Figura 19. Protección para derrumbes



Fuente: NEUMANN, Alí. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p. 99.

No es aconsejable lo siguiente:

- Plantar árboles en la corona de las zonas susceptibles.
- Realizar excavaciones con explosivos.

#### **4.3. Zonas de inundaciones**

Son zonas que en condiciones normales se encuentran secas, pero debido al efecto del ascenso temporal de lluvias intensas prolongadas, huracanes, dificultades locales en el drenaje de aguas pluviales; hacen que aumenten los niveles de río, lago ó afluente se ocupan de agua y se inundan.

##### **4.3.1. Uso del suelo**

La regla de seguridad más sencilla es prohibir cualquier implantación al borde de ríos y, al menos en la llanura de inundación o lecho mayor (zona plana ubicada a ambos lados del río y que comúnmente se inunda cuando ocurren incrementos del nivel de agua del río) de los ríos. En otros casos se opta por definir una franja de seguridad.

En la realidad estas disposiciones no se cumplen, ya sea por razones de disponibilidad de terrenos, por invasiones o por ventajas comerciales o especulación.

El uso agrícola es del todo factible, bajo la condición de asumir un riesgo aceptable, es decir la posibilidad de perder cosechas y tierras en algún momento.

Pero, mientras llega ese momento, las tierras inundables pueden y deben rendir beneficios.

Es más, su uso y mantenimiento permite pensar que algunas obras de defensa pueden ser edificadas como parte de los trabajos de mantenimiento o mejoramiento de suelos.

El lecho menor (es el canal por donde circula el agua de forma natural), no puede ser usado para construcciones de vivienda o servicios, pues la recurrencia de crecidas es allí mayor.

En áreas urbanas es preferible darle un uso recreativo o paisajístico (Alamedas, malecones o paseos, que, además sirvan como obras de contención o encauzamiento).

El lecho mayor puede ser ocupado bajo ciertas precauciones como:

- Construcción sobre cimientos altos.
- Construcción sobre pilotes sobresalientes.
- Barreras de protección.
- Desviación de cauces, cuando no son muy importantes.
- Las construcciones de adobe no son aconsejables; si se hacen, su cimentación y su sobre cimentación debe ser de mampostería de piedra con mortero o deben contar con zócalos altos de cemento.

- Excavación de canales de evacuación de crecidas.
- Cuando se trata de torrentes canalizados, especialmente en área urbana, es mejor acondicionar canales de disipación paralelos que capten cualquier exceso de agua.
- Una medida intermedia es acondicionar las calles con veredas altas, para que circule el agua excedente.
- Diques de protección en cauces con fuerte pendiente.

#### **4.3.2. Obras de defensa**

Las obras de defensa no necesariamente deben situarse allí donde se produjo el desborde, sino aguas arriba.

Otro parámetro a seguir es que se deben hacer obras de defensa allí donde existen elementos expuestos muy valiosos.

Se debe tomar en cuenta que a menudo la crecida es agravada u originada por la obstrucción de puentes, alcantarillas y canalizaciones debido a la presencia de ramas, árboles, grandes bloques de roca y basura, por lo que debe mantenerse un estricto plan de limpieza en los cauces.

- Es recomendable construir disipadores o peines a la entrada de centros poblados, en puntos donde un cauce comienza a angostarse o aguas arriba de cualquier obra de encauzamiento, etc.

- Los muros de contención y de encauzamiento no deberían ser fundados sobre aluviones o material de relleno.
- Para obras de defensa o contra la erosión de riberas, es preferible optar por enrocados, espigones o disipadores escalonados, ver figura 20. si no hay peligro de inundación. Las obras rígidas sólo son aconsejables donde haya afloramientos de roca, para tramos cortos o donde haya empuje de materiales poco cohesivos.
- El uso de muros de gaviones deberá darse donde se asegure su mantenimiento. Ver figura 21.
- En cauces anchos de orillas poco consolidadas, se recomienda la construcción de espigones o de desviar los lechos hacia el centro del cauce.
- En cauces estrechos de fuerte pendiente longitudinal, se deben hacer disipadores en forma de saltos con espigones de direccionamiento.
- Cerca de alcantarillas o a la entrada de canalizaciones se recomienda instalar peines o rastrillos que retengan ramas, árboles o bloques que puedan obstruir el cauce.
- Impedir la excesiva extracción de agregados del cauce de ríos, sobre todo cerca de puentes, muros de contención u otras edificaciones fundadas al borde de los ríos, pues favorecen la socavación.

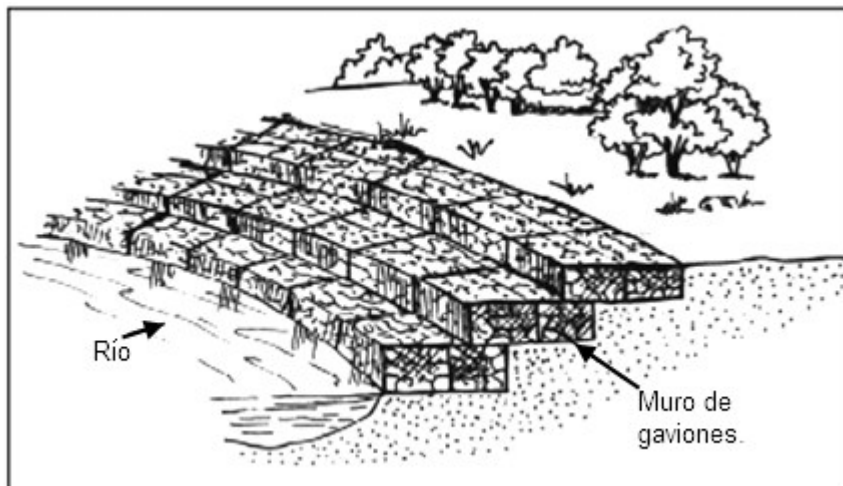


Figura 20. **Uso de espigones**



Fuente: NEUMANN, Alí. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p 104.

Figura 21. **Gaviones en ríos**



Fuente: NEUMANN, Alí. Instrumentos de Apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal. p.105.

### **4.3.3. Manejo integral de cuencas**

El incremento de las inundaciones y de la escorrentía en general que se da en los últimos tiempos no es casual ni episódico, sino que es parte del deterioro general de cuencas que vive el país, a causa de la deforestación acelerada, explotación agrícola extensiva y hasta migratoria, malas prácticas de riego y de conservación de suelos, incremento de la superficie urbanizada, etc.

Por lo expuesto, el tratamiento de las inundaciones no debe enfocarse sólo a la defensa de áreas vulnerables sino orientarse hacia políticas y programas de tratamiento integral de cuencas: reforestación, cultivos sostenibles, acondicionamiento de cauces, reducción de la impermeabilización de suelos.

En forma resumida se puede decir que manejo de cuencas hidrográficas es la gestión para manejar, aprovechar y conservar sus recursos naturales y los servicios ambientales que generan, en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad, sostenibilidad y desarrollo.

### **4.4. Zonas sísmicas**

Un sismo o temblor es un movimiento vibratorio que se origina en el interior de la tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas.

La liberación súbita de energía dentro del interior de la tierra es la causa de los sismos o temblores. Esto ocurre en función de reajustes que sufre la tierra mediante el movimiento relativo entre las placas tectónicas. Las zonas en donde se llevan a cabo este tipo de movimientos se conocen como fallas

geológicas, no obstante existen otras causas que también producen temblores, como los producidos por el ascenso de magma hacia la superficie de la tierra por medio de los volcanes.

#### **4.4.1. Marco tectónico regional**

Los terremotos, las erupciones, las fuerzas que forman las montañas son producto de un mismo fenómeno natural, conocido como la dinámica de la corteza terrestre. El modelo más aceptado para explicar el comportamiento de la corteza es la teoría de las placas tectónicas, la cual define la corteza terrestre como un cascaron fragmentado (a cada fragmento se le llama placa tectónica). Fuerzas generadas por el calor interno de la tierra, hacen que las placas se desplacen causando sismicidad, especialmente entre los bordes de las placas. De aquí la explicación en general del porqué de los terremotos y los volcanes en Guatemala es: suposición en el rompe cabezas tectónico; de hecho, Guatemala está situada en una triple intersección de placas tectónicas.

El marco tectónico regional muestra que el territorio nacional está repartido en tres placas: Norte Americana (NA), Caribe (CA) y Cocos (CO). El movimiento relativo entre ellas, su composición (oceánica y continental) y su edad geológica producen dos tipos de límites o zonas de contacto: el primero, tipo transcurrente entre las placas de Norte América y Caribe, cuya expresión en superficie son las grandes fallas de Chixoy-Polochic, Motagua-San Agustín y Jocotan-Chamelecon.

El segundo de tipo convergente entre las Placas de Cocos y Caribe, en este proceso la Placa de Cocos se incrusta por debajo de la Placa del Caribe, fenómeno conocido como subducción. Los rasgos topográficos asociados a este proceso son: la fosa y el arco volcánico mesoamericano.

Los estudios más recientes sobre sismos y tectónica han tratado los siguientes temas: la geometría y continuidad de la zona de subducción, la velocidad de convergencia y uniformidad del desplazamiento de la subducción, la triple unión de las placas Caribe, Cocos y Norte Americana.

Todo esto sirve de marco de referencia para el estudio del fenómeno sísmico en Guatemala. En un transcurso del siglo pasado y de los presentes años han ocurrido unos 70 terremotos en Centro América, de estos 40 asociados a los fallamientos superficiales cercanos al arco volcánico y 20 en la zona de subducción, 6 en los grandes fallamientos de Chixoy-Polochic y Motagua.

El resumen de los daños es: 17 000 muertos por sismos ocurridos en los fallamientos superficiales cercanos al arco volcánico; 2 000 muertos por sismos en la zona de subducción y 23 000 (terremoto de febrero 1976) en las grandes fallas de Chixoy-Polochic y Motagua. La principal fuente de amenaza sísmica en Centro América son las fallas superficiales cercanas al arco volcánico y a la mayoría de ciudades. Los terremotos producidos por este tipo de fallas son de magnitud moderada  $4,0 < M < 6,5$  y muy superficiales  $h < 15,0$  kilómetros. Y ocurren con mucha frecuencia a lo largo del arco volcánico centroamericano, en promedio de uno cada 2,5 años.

#### **4.4.2. Recomendaciones constructivas**

En un contexto de amenaza sísmica conocido, en un determinado lugar, el buen diseño estructural es el primer paso para lograr una baja vulnerabilidad ante sismos. Sin embargo, aspectos relativos a la concepción arquitectónica de una construcción (grado de simetría, distribución de las aperturas [puertas,

ventanas]), detalles constructivos y la calidad de los materiales de construcción pueden ser determinantes para el comportamiento ante sismos de una construcción, sobre todo cuando se trata de viviendas simples.

Las construcciones de madera con techos ligeros resultan muy adecuadas para zonas sísmicas debido a su flexibilidad y capacidad de absorción de energía, siempre y cuando la madera sea tratada para evitar su putrefacción o el ataque de polilla u hongos.

Las viviendas de adobe sin refuerzo con techos de tejas de barro, muy populares en el campo guatemalteco, son muy vulnerables a los sismos. Las principales causas que contribuyen a su mal comportamiento son:

- Escasa resistencia en tensión del adobe y escasa adherencia de los morteros de lodo.
- No se logra una buena liga entre los muros transversales.
- Alto grado de intemperismo.
- Aberturas en forma de puertas o ventanas no reforzadas
- Elevados pesos sobre los muros provenientes de sistemas de techos que se traducen en elevadas fuerzas sísmicas.

En cuanto al taquezal, es un sistema inadecuado para resistir fuerzas laterales si no se ligan bien los elementos, y la cubierta (por lo general muy pesada) no es capaz de transmitir sus fuerzas de inercia a los muros. Otro aspecto que atenta contra el buen comportamiento de este sistema, es que por

lo general se trata de construcciones muy viejas y por lo tanto la madera está podrida o atacada por hongos o polillas.

En lo referente a la mampostería simple (no reforzada), su comportamiento ante fuerzas sísmicas es inadecuado. La mayoría de estas estructuras fallan durante temblores.

Las construcciones de mampostería confinada, puede decirse que su comportamiento observado durante sismos ha sido satisfactorio. La contribución del marco perimetral de concreto reforzado es importante en cuanto a que provee al tablero de una mayor capacidad de deformación y de una liga muy efectiva con los elementos adyacentes.

En cuanto a la mampostería con refuerzo interior, si bien es cierto que en países desarrollados es de mucha utilización y se ha comprobado que en estos se ha logrado un buen comportamiento del sistema, en la práctica latinoamericana tiene una mala reputación y su comportamiento ha sido inadecuado. Principalmente por falta de supervisión durante el proceso constructivo.

Para el caso de edificios de vital importancia y edificios complejos, es recomendable que se hagan cálculos para verificar que la estructura resiste o por lo menos no falle completamente ante los fenómenos sísmicos fuertes.

### **4.4.3. Parámetros**

Parámetro es un dato que es tomado como necesario para analizar o valorar una situación. A partir del parámetro, una determinada circunstancia puede entenderse o situarse en perspectiva.

#### **4.4.3.1. Paredes, techos y elementos pesados**

A continuación se enlistan algunos parámetros a usar en elementos como: paredes, techos y elementos pesados usados para construir en zonas vulnerables a sismos.

- Las estructuras principales flexibles no deberían ser rellenas con bloques rígidos.
- Sobre las estructuras principales flexibles no deberían colocarse elementos muy pesados (por ejemplo tanques de agua).
- Las construcciones livianas no deberían llevar techos pesados.
- Los llamados pisos blandos (pisos con solo columnas y pocas paredes, sobre los cuales vienen otros pisos más rígidos) son particularmente peligrosos.

#### **4.4.3.2. Altura de las edificaciones**

A continuación se dan algunos parámetros a usar en el diseño de la altura de edificaciones a construir en zonas vulnerables a sismos y al utilizarlos se aplican como factores de seguridad en la estructura.

- La altura de las edificaciones es un factor de riesgo cuando éstas no se diseñan correctamente. Al menos que se haga un diseño profesional, es mejor que la altura no pase de uno o dos pisos.
- Es mejor que la altura de un edificio sea la misma en todas sus partes.
- Suelen ser peligrosos los balcones en voladizo y las terrazas externas.

#### **4.4.3.3. Detalles constructivos**

Los detalles son importantes en la construcción y suelen obviarse en la mayoría de las veces, pero en zonas vulnerables a sismos sería un error fatal obviarlos por la seguridad de la obra, a continuación se enlistan algunos detalles constructivos a utilizar en estas zonas:

- Los tipos de estructuras con bloques sólidos deberían tener columnas de concreto reforzado, y los bloques deberían ser fijados a las columnas.
- Las columnas deberían estar conectadas por refuerzos de acero a las fundaciones y a las soleras de coronamiento (vigas de concreto reforzado que dan la vuelta a la construcción, bajo el techo).
- Las estructuras de techo livianas deberían estar fijadas a la solera de coronamiento.

#### **4.4.3.4. Diseño de habitaciones**

A continuación se enlistan algunos parámetros a utilizar en el diseño de habitaciones en zonas vulnerables a amenazas, hay que tomarlos en cuenta ya que se aplican como factor de seguridad.



- Los diseños asimétricos suelen ser más vulnerables.
- Las aperturas en las paredes (puertas, ventanas) deberían estar distribuidas regularmente.
- Las aperturas en las esquinas son particularmente peligrosas.

#### **4.4.3.5. Calidad de materiales**

La calidad es importante en cualquier rama y al construir hay que tenerla presente ya que si los materiales no son los adecuados, la construcción es deficiente; por esta razón es básico tener en cuenta lo siguiente:

- La arena y la grava utilizadas deberían ser lavadas.
- Las piedras utilizadas deberían ser de buena calidad y cumplir con características requeridas.
- Los materiales tienen que ser certificados.

#### **4.4.3.6. Calidad del trabajo y de los acabados**

Como se mencionó en el inciso anterior la calidad es importante y no solo los materiales tienen que ser de calidad si no también el trabajo y los acabados en la aplicación de los mismos, se enlistan algunos lineamientos para esto:

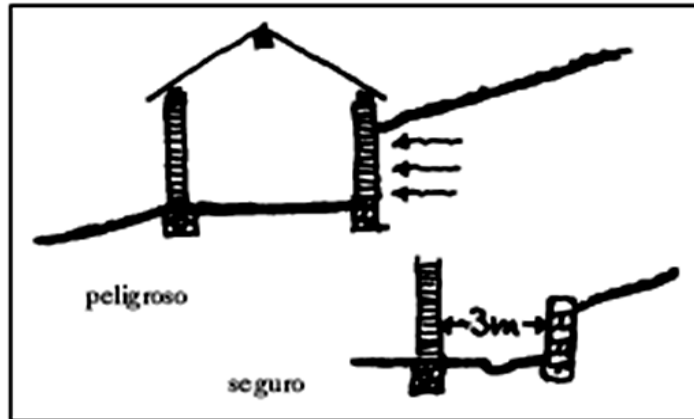
- Las mezclas de concreto y mortero deberían hacerse correctamente.
- Los refuerzos deberían ser correctamente preparados y dispuestos.
- Las paredes y fundiciones no deberían ser debilitados por huecos para instalaciones.
- Una adecuada protección contra humedad y los insectos (en el caso de elementos de madera o similares) es necesaria para garantizar una resistencia a largo plazo.

#### **4.4.4. Consideraciones locales**

Hay que tomar en cuenta lo siguiente, para diseñar y construir en zonas locales vulnerables a amenazas, estos parámetros en conjunto son para asegurar la obra en las siguientes circunstancias:

- Los muros y es techo deben ser construidos tan estables para que durante el sismo no sufran deformaciones.
- Los muros pueden sufrir deformaciones menores absorbiendo la energía cinética del sismo debido al cambio de la forma. En este caso el techo debe estar bien arriostrada con el muro. Hay que diseñar el techo como un elemento estructural aislado, es decir con las columnas exentas de los muros para que durante el sismo ambos sistemas tengan un movimiento independiente.
- Cuando se construye una vivienda en área de pendiente y esta se encuentra en una zona vulnerable a movimientos sismos hay que tener en cuenta los siguiente:
  - No debe ubicarse la vivienda en el corte de la pendiente del terreno debido a que los impactos horizontales de la tierra durante el sismo pueden provocar el colapso del muro; hay que dejar un espacio mínimo de tres metros. Ver figura 22.

Figura 22. **Ubicación de una vivienda al corte de la pendiente de un terreno**



Fuente: elaboración propia.

- No debe ubicarse la vivienda sobre una pendiente, para evitar el deslizamiento de la edificación. Ver figura 23.

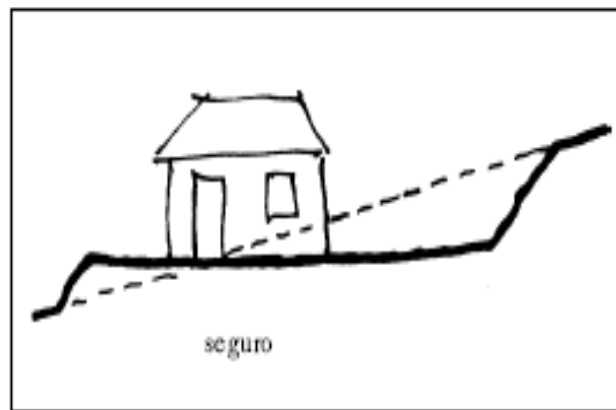
Figura 23. **Ubicación errónea de una vivienda en una pendiente de terreno**



Fuente: elaboración propia.

- En caso que se deba ubicar la vivienda en un terreno en pendiente se debe crear una plataforma, con suficiente distancia hacia los bordes de la pendiente. Ver figura 24.

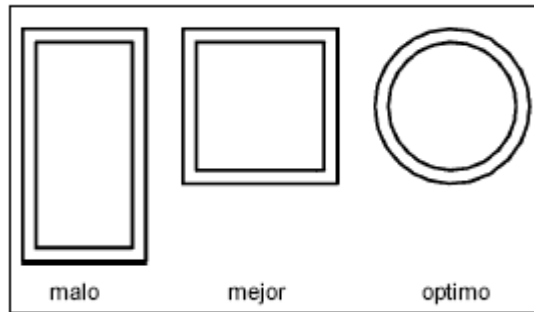
Figura 24. **Ubicación correcta de vivienda en la pendiente del terreno**



Fuente: elaboración propia.

- Para obtener estabilidad en la vivienda la forma de la planta forma un papel muy importante. mientras más compacta sea la planta, más estable será la vivienda. Una planta cuadrada es mejor que una rectangular y una circular es la forma óptima. Ver figura 25.

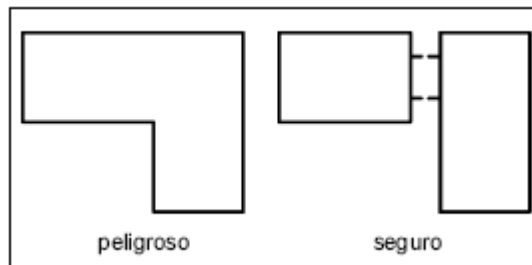
Figura 25. **Forma óptima de la planta de una vivienda en zona sísmica**



Fuente: elaboración propia.

Las plantas con ángulos no son recomendables, si fuese necesario se recomienda separar la unión y la misma debe ser flexible. Ver figura 26.

Figura 26. **Planta segura de vivienda en zona sísmica**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Zonas volcánicas

Guatemala es un país cuyas características geológicas le hacen sensible a sufrir sismos. Aquí se localizan más de 10 volcanes, muchos de ellos

Además, tres placas tectónicas se desplazan en el territorio. Estas propiedades dan como resultado terremotos de considerable magnitud y destrucción, siendo el último en 1976, y algunos estiman que ocurrirá uno de importancia en un intervalo de 50 años.

Aunque es sumamente difícil hacer descripciones breves de Guatemala y su actividad sísmica en cuanto a historia y origen, debido a sus volcanes y placas tectónicas, la Región Suroccidental VI y Central V están catalogadas como zonas volcánicas, debido a que actualmente se encuentran en estas regiones la mayoría de volcanes activos del país. Esto se ejemplifica en la figura 27.

Figura 27. **Volcán de Agua, Fuego, Acatenango y Cerro Yepocapa**



Fuente: <http://guatemalavolcanes.blogspot.com/>. Consulta: 17 de julio de 2012.

#### **4.5.1. Tipos de amenaza**

Investigaciones acerca de los volcanes incluyendo levantamientos geológicos y geofísicos, caracterizaciones petrográficas y geoquímicas de los productos emitidos. También se suele realizar dataciones para conocer la edad de la actividad o productos generados; sin embargo dado las condiciones económicas de los municipios, este tipo de estudio no es factible de realizar debido a su alto costo.

Los resultados de estos estudios constituyen la base para conocer el comportamiento eruptivo pasado, con el objetivo de entender el comportamiento actual y poder predecir el comportamiento futuro del volcán bajo estudio.

Entre los peligros asociados al volcanismo están: flujos de lava, flujos piroclásticos, terremotos, caídas de piroclastos y emisión de gases. Otros peligros provocados indirectamente son los deslizamientos de terrenos, avalanchas de detritos, maremotos, lahares e incendios y sismos.

##### **4.5.1.1. Flujos de lava**

Es material rocoso fundido debido a las altas temperaturas del interior de la tierra. Dada sus bajas velocidades el movimiento de los flujos de lava rara vez constituyen amenazas para la vida, sin embargo en casos excepcionales su velocidad de emisión puede variar considerablemente desde unos pocos metros a varios de kilómetros por hora dependiendo de la fluidez de la lava. El mayor peligro relacionado a flujos de lava representa el daño parcial o la destrucción total por enterramiento o incendio.

#### **4.5.1.2. Flujos piroclásticos**

Son masas calientes de material piroclástico y gases que se movilizan rápidamente a ras de la superficie a velocidades con un rango de diez a varios cientos de metros por segundo. Estos flujos son muy comunes en muchos volcanes andesíticos y dacíticos y en calderas silíceas, presentan una amplia gama de composición, temperatura y volumen.

El mayor peligro de una erupción volcánica radica en las coladas y flujos piroclásticos debido a la violencia y rapidez con que se desencadenan, arrasando todo lo encontrado en un alcance de hasta 10 kilómetros desde el centro eruptivo.

#### **4.5.1.3. Caídas de tefras**

La tefra está constituida por fragmentos de roca y lava que han sido expulsados hasta la atmósfera y que luego caen sobre la superficie terrestre. La tefra varía de tamaño desde ceniza (2 milímetros), a lapilli (2-64 milímetros) hasta bloques y bombas (< 64 milímetros) que pueden alcanzar diámetros de hasta varios metros. Las densidades varían desde pómez y escorias vesiculares de baja densidad, hasta cristales y fragmentos líticos muy densos.

Las caídas de tefra constituyen el peligro directo de mayor alcance derivado de erupciones, al incrementarse la distancia desde el centro de emisión la tefra presenta una disminución en el tamaño del grano y forma depósitos más delgados. Se considera que la devastación total puede ser producida bajo una potencia de 1 metro de tefra, mientras que bastan 40-50 centímetros para que mueran los árboles y apenas 10 centímetros para que se pierdan las cosechas y los pastos.



#### **4.5.1.4. Gases volcánicos**

El magma contiene gases disueltos, los cuales escapan hacia la atmósfera, tanto durante las erupciones como mientras el magma permanece en la superficie. Gases con composición geoquímica similar pueden también ser emitidos por sistemas hidrotermales. El gas volcánico más abundante es el vapor de agua, el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azufre, ácido sulfhídrico, cloro y flúor.

Los efectos de los gases volcánicos están relacionados directamente con su concentración, la cual decrece con la distancia desde su punto de emisión, ya que el gas es diluido por el aire. Normalmente los efectos nocivos están restringidos en un radio de 10 kilómetros desde el punto de emisión.

#### **4.5.1.5. Avalanchas de escombros**

Las caídas de escombros, los deslizamientos de masas y las avalanchas volcánicas pueden constituir tanto, eventos pequeños como movimientos de masa muy voluminosos.

Las avalanchas han ocurrido en estrato volcanes o conos compuestos, algunos han ocurrido después de varios meses de actividad precursora sísmica otras han ocurrido con aparente escaso aviso. Los factores que inducen este tipo de fenómenos son las alteraciones hidrotermales, las intrusiones magmáticas, la erosión y las fracturación, las cuales pueden causar superficies de deslizamiento.

Este debilitamiento progresivo puede conducir a que se produzca el deslizamiento, aunque es más probable que este se produzca a raíz de sismos

o terremotos. Estas avalanchas tienen mucha movilidad, por lo que viajan muy lejos. El impulso obtenido les permite vencer a su paso barreras topográficas de hasta centenares de metros de altura. Estas avalanchas destruyen lo que encuentran a su paso y cambian la topografía. Adicionalmente se pueden generar a partir de lahares y crecientes.

#### **4.5.1.6. Lahares y crecientes**

Los lahares son mezclas de fragmentos rocosos que presentan matriz arcillosa, movilizados por agua que fluyen rápidamente y se originan en las pendientes de los volcanes. Sus propiedades están controladas por el tamaño de los granos y el contenido de agua.

Los lahares y las crecientes son los miembros terminales de una serie continua de procesos que varían desde lahares densos dominados por flujos laminares hasta crecientes de aguas turbulentas.

Las crecientes incorporan cada vez más sedimentos convirtiéndose en lahares, este proceso se denomina hinchamiento. Por otro lado los lahares se diluyen sea por el incremento de contenido de agua o por la pérdida de sedimentos, transformándolos en flujos de crecientes muy concentrados denominados descargas terminales de lahar.

Existen varios mecanismos que pueden generar lahares y que están indirectamente relacionados a la actividad volcánica tales como: represas formadas por flujos de lava, avalanchas de escombros, flujos piroclásticos o bordes cratéricos que pueden fallar por desbordamiento o derrumbe, aguaceros torrenciales sobre tefra recientemente depositada u otro material no

consolidado también pueden formar lahares. También se pueden formar lahares cuando ocurren simultáneamente tormentas y columnas eruptivas convectivas.

Los lahares amenazan las vidas humanas y las propiedades tanto en las faldas de los volcanes como en los valles que los drenan. Debido a su alta densidad y a su velocidad, los lahares pueden destruir la vegetación y hasta estructuras importantes a lo largo de sus rutas, tales como puentes y poblados, de igual forma los depósitos de lahares pueden enterrar profundamente obras de infraestructura y campos cultivados.

También pueden rellenar canales de ríos, disminuyendo de esta manera su capacidad de drenaje de crecientes. Adicionalmente, un incremento en la sedimentación en los ríos impactados por lahares puede afectar la capacidad y la navegabilidad de estos canales.

Las áreas de inundación y la longitud de un lahar son altamente influenciadas por el volumen del material movilizado, la topografía y la granulometría entre otros, etc.

#### **4.5.2. Evaluación**

Para la evaluación de peligros asociados al volcanismo algunas veces se toma como premisa asumir que en general las mismas áreas de los alrededores de los volcanes serán afectadas por similares eventos eruptivos en el futuro y con una frecuencia igual que en el pasado. Para realizar una evaluación de peligros volcánicos se debe pasar por las etapas siguientes:

- Revisar los registros completos de las erupciones históricas del volcán área bajo estudio.

- Revisar la información referente a actividades pasadas con el objeto de evaluar los tipos y alcances esperados de una actividad volcánica futura.
- Obtener datos de campo: geológicos, estratigráficos, petrológicos y geoquímicos sobre naturaleza, distribución y volumen de los productos eruptivos.
- Identificar las áreas que podrían ser afectadas durante una erupción, incluyendo la elaboración de mapas de zonificación del peligro.

Es necesario disponer de datos sobre la extensión de los productos de erupciones pasadas y sus eventos relacionados con el fin de estimar la magnitud de estos eventos y así identificar las áreas que podrían ser afectadas por erupciones futuras.

La información sobre los peligros volcánicos obtenidos de estudios detallados de la historia eruptiva de un volcán y del comportamiento de volcanes similares puede ser presentada de diferentes maneras.

Un mapa de zonificación de peligros volcánicos es quizá la forma más adecuada de representarla, para lo cual se utilizan técnicas de mapeo geológico.

En tales mapas se determina una zonificación de peligros para cada evento indicando, además, el grado relativo de peligros. Para la delimitación de las zonas se debe considerar que las extensiones de los flujos de lava, de las corrientes piro clásticas o de los lahares dependen del volumen, movilidad, velocidad, por tanto los límites entre las zonas de peligros son aproximados.

Algunos métodos utilizados para realizar una zonificación de peligros para eventos o fenómenos específicos son los siguientes:

#### **4.5.2.1. Caidas de tefras**

La zonificación del peligro por este fenómeno se basa en la frecuencia y magnitud, expresada en volumen total de tefra caída durante episodios anteriores, o según la relación espesor / distancia del centro de emisión, para lo cual debe ser considerado la dirección de los vientos. La forma de las zonas de peligro toma en consideración la dirección predominante de los vientos y sus velocidades.

#### **4.5.2.2. Flujos piroclásticos**

Las zonas afectadas por este tipo de fenómeno varían ampliamente de un volcán a otro, debido a las diferencias de energía en cada volcán y en cada evento. Las zonas de peligro pueden definirse basados en los datos siguientes:

- La extensión de tales fenómenos en un tiempo dado.
- Posibles migraciones del centro de emisión.
- Modelos computarizados utilizando la relación altura de la columna eruptiva versus distancia, conocidos como métodos de líneas o conos de energía los que generan mapas con las dimensiones de las zonas de peligro.

#### **4.5.2.3. Lahares**

Las zonas de peligros para lahares comúnmente se definen basándose en la extensión y frecuencia de estos eventos. Los estudios que reconstruyen los niveles de inundación, velocidades, descarga y condiciones de los flujos de lahares pueden ayudar a delimitar con mayor precisión los límites en los fondos de los valles.

Se debe tener en consideración que tanto la profundidad, el ancho y la descarga de los lahares pueden variar rápidamente a lo largo del curso en dependencia del tamaño del grano, de la relación agua / sedimentos y de la forma del cauce.

#### **4.5.2.4. Flujos de lava**

Las zonas de peligro se establecen sobre la base de la frecuencia con la cual las áreas han sido cubiertas por flujos de lava en el pasado reciente, en términos geológicos.

Se considera también las longitudes y áreas de las coladas y los posibles centros de emisión, haciendo las consideraciones topográficas adecuadas con el fin de identificar áreas más susceptibles a ser inundadas por flujos de lavas que otras. El peligro se restringe al cauce de la colada, siendo su avance lento si la pendiente disminuye y se aleja de la boca eruptiva o centro de emisión.

### **4.5.3. Medidas constructivas de prevención**

Las medidas básicas para viviendas en zonas volcánicas son:

- Evitar la construcción de urbanizaciones en las faldas de un volcán, o simplemente reducir la vulnerabilidad del territorio y de la población, aprovechando la fertilidad de la tierra para la siembra, pero edificando sus viviendas en un radio mínimo de 10 kilómetros. esta distancia puede variar dependiendo de la clase de volcán próximo a las viviendas.
- En caso de que se produzca el fenómeno de erupción, es importante contar con un plan de emergencia que incluya aspectos como la instalación de una red de monitoreo, definición del sistema de alarma.
- Las viviendas tienen que ser construidas con techos muy inclinados (tenido un mínimo 45 grados de inclinación).
- Evitar el uso de la madera.

## CONCLUSIONES

1. La variabilidad del clima y el cambio climático, el uso irracional del suelo y la tala inmoderada de bosques, plantean cada vez más peligros a causa de las crecidas de ríos, fuertes lluvias, temblores, etc. Razón por la cual la vida útil de las obras civiles antes construidas disminuye y de las que se planean construir, necesitan tener criterios de diseño actuales para resguardar la infraestructura y lograr cumplir con su período de diseño y de esta manera lograr su servicio ante la población.
2. El adecuado desarrollo del análisis y evaluación ambiental, logra identificar los posibles impactos que podría ocasionar un proyecto al llevarse a cabo. También se logra determinar los cambios o modificaciones menores que deben llevarse a cabo y/o las medidas de mitigación más acertadas.
3. Para la planificación de grandes obras civiles, la tendencia que se sigue es la de incorporar equipos interdisciplinarios de profesionales que abarquen los diversos temas.
4. El desarrollo de los nuevos proyectos de ingeniería debe ser integral, es decir, que contemple aspectos técnicos, económicos y ambientales; así como la evaluación del proyecto, la tecnología en la utilización de materiales de construcción y que estos sean de calidad.



5. El estudio detallado del confort ambiental durante la planeación, programación, y el proceso de ejecución de proyectos de obra civil mejora el grado de satisfacción de los usuarios en su fase de operación (vida útil).

## RECOMENDACIONES

1. Tener un buen conocimiento de todos los aspectos que se ven implicados en el proceso de evaluación de impacto ambiental, además de las circunstancias y consideraciones previas, que fortalecerán la cobertura correcta de las expectativas y alcances proyectados.
2. La legislación actual indica las normas, parámetros y/o lineamientos que deben ser cumplidos sin excepción, los cuales velan por la protección del medio ambiente y los recursos naturales. Considerando lo anterior, es necesario que las personas, cuya actividad está involucrada en ser partícipes o responsables de efectuar las evaluaciones de impacto ambiental, busquen continuamente estar actualizadas en todas las nuevas legislaciones que son creadas.
3. Las medidas preventivas o correctivas, que son resultado de la evaluación de impacto ambiental, deben estar acompañadas de un programa de monitoreo; como lo establece la legislación actual. Este programa debe incluir un cronograma que debe ser cumplido a cabalidad, para que al encontrar alguna situación que no estuviese prevista pueda ser controlada y mitigada antes de que pueda causar un impacto mayor.

4. Enfatizar que al desarrollar proyectos que cuenten con medidas de mitigación apropiadas, el monitoreo constante y el seguimiento desde las condiciones iniciales, pasando por las fases de construcción, operación y abandono; busque lograr mantener el medio ambiente donde todos puedan cohabitar en armonía.
5. Es necesario prever a que riesgos naturales está expuesta la obra y de qué forma afecta esto, en las diferentes fases del desarrollo de la construcción.
6. Para cualquier diseño de obra civil es necesario conocer los registros históricos de los parámetros meteorológicos de interés.
7. El conocimiento del tiempo previsto a escala global, regional y local debe tomarse en cuenta en las decisiones relevantes en la elaboración del diseño de la infraestructura. Conocer el clima, "tiempo pasado", de una determinada región y cómo fluctúan las variables meteorológicas a lo largo del año y durante las estaciones climáticas, puede facilitar a las empresas una herramienta de trabajo para planificar actividades como construcción, ingeniería, arquitectura, turismo, industria alimentaria y textil, agricultura, recursos hídricos etc.
8. Implementar un procedimiento sistemático para el desarrollo de una evaluación ambiental, ayudará a identificar de una forma fácil y ordenada las actividades que pueden propiciar un impacto; así como también implementar un sistema de monitoreo el cual indique que medidas evitaren el deterioro innecesario de la obra civil asociado al medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente en viviendas de mampostería*. [en línea]. [ref. febrero de 2000]. Disponible en Web: <http://www.desenredando.org>.
2. CARREÑO, Raúl. *Apuntes del curso introducción a los terrenos inestables, Criterios de identificación de deslizamientos*. Informe inédito. Nicaragua, 1999. 38 p.
3. \_\_\_\_\_. *Guía Metodológica para la evaluación de los peligros naturales y la gestión de desastres*. Informe inédito. Nicaragua, 2000. 116 p.
4. COGUANOR. *Normas relacionadas con la industria de la construcción*. [en línea]. Guatemala. [ref. enero de 2010]. Disponible en Web: <http://www.coguanor.gob.gt/index.php?id=119>.
5. COSUDE. *Instrumentos de Apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales en el ámbito municipal*. [en línea]. [ref. agosto de 2002]. Disponible en Web: [http://www.crid.or.cr/crid/idrc/documentos/MA1/1143745212\\_Guia\\_Especial.pdf](http://www.crid.or.cr/crid/idrc/documentos/MA1/1143745212_Guia_Especial.pdf).
6. DUARTE, Julián. *Desastres Naturales y Zonas de Riesgo en Guatemala*. Guatemala: Programa de Desarrollo Comunitario, 2001. 102 p.

7. Guatemala. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental: Acuerdo Gubernativo No. 23-2003*. [en línea]. [ref. enero 2003]. Disponible en Web: [http://www.marn.gob.gt/sub/portal\\_sao/documents/leyes/gub-23-2003.pdf](http://www.marn.gob.gt/sub/portal_sao/documents/leyes/gub-23-2003.pdf). [Consulta: 15 de febrero de 2012].
8. \_\_\_\_\_. *Constitución Política de la República*. [en línea]. [ref. agosto 2002]. Disponible en Web: [http://www.cc.gob.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=219&Itemid=67](http://www.cc.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=219&Itemid=67). [Consulta: 14 de marzo de 2012].
9. \_\_\_\_\_. Congreso de la República. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente: Decreto No. 68-86*. [en línea]. [ref. noviembre 1986]. Disponible en Web: <http://www.conap.gob.gt/Members/admin/documentos/documentos-centro-de-documentacion/legislacion-ambiental/Ley%20de%20Proteccion%20y%20Mejoramiento%20del%20Medio%20Ambiente.pdf/view>. [Consulta: 7 de febrero de 2012].
10. \_\_\_\_\_. *Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural: Decreto No.11-2002*. [en línea]. [ref. abril de 2002]. Disponible en Web: [http://sistemas.segeplan.gob.gt/discode/sche\\$portal/documentos/ley\\_concejos\\_desarrollo\\_guatemala.pdf](http://sistemas.segeplan.gob.gt/discode/sche$portal/documentos/ley_concejos_desarrollo_guatemala.pdf). [Consulta: 19 de marzo de 2012].
11. \_\_\_\_\_. *Código Municipal: Decreto No.12-2002* [en línea]. [ref. mayo de 2002]. Disponible en Web: [http://gestionpublica.umg.edu.gt/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/codigo\\_municipal.pdf](http://gestionpublica.umg.edu.gt/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/codigo_municipal.pdf). [Consulta: 28 de marzo de 2012].

12. INSIVUMEH. *Folleto Volcanológico*. [en línea]. Guatemala. [ref. julio de 2010]. Folleto. Disponible en Web: <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/vulcanologia/especial.htm>
13. NEUMANN, Alí. *Apuntes de curso hidrología aplicada a los fenómenos torrenciales y de inundación*. Informe inédito. Managua, 2000. 87 p.
14. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Manual de Legislación Ambiental de Guatemala*. 3a ed. Guatemala: Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable, 1999. 350 p.
15. ZAMORA CORDERO, Mario. *La atención de los desastres naturales en Centroamérica: Seguridad 28*. Costa Rica: Instituto Universitario de la Paz y los Conflictos, 2006. 120 p.

