

a. Deslizamientos y pendientes

Se debe notar que hay solamente una cantidad limitada de datos de deslizamientos comparado con derrumbes, y que aquellos tienen un poco de problema en términos de confianza estadística. Además, se deberá tener en cuenta que es difícil determinar solamente una pendiente para deslizamientos que ocupan una gran área.

Examinamos la relación existente entre deslizamientos y pendientes mediante el uso de datos para las tres áreas sujetas a estudio detallado. Muchos deslizamientos ocurrieron en ángulos de 10° a 30° y algunos también sobre taludes suaves con ángulos entre 5° a 10° .

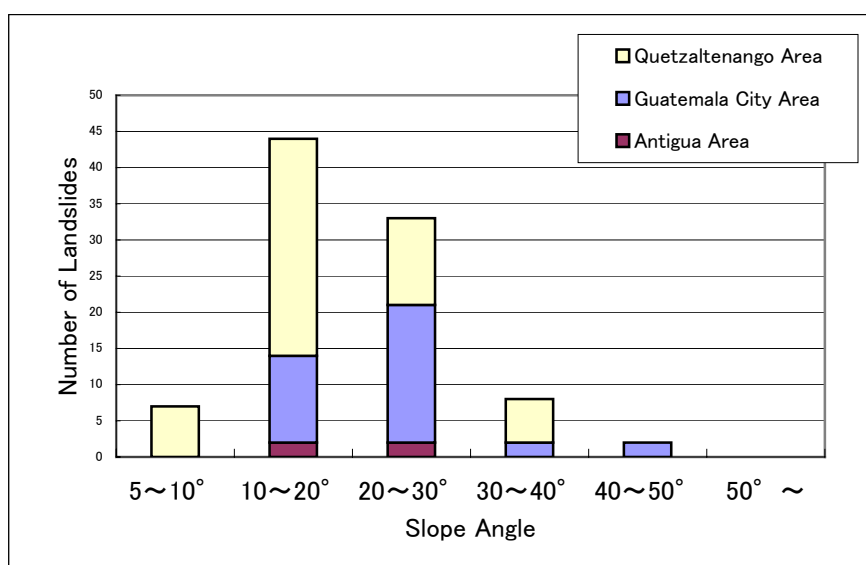


Figura 2.3.8-41 Número de Deslizamientos en Función de la Pendiente

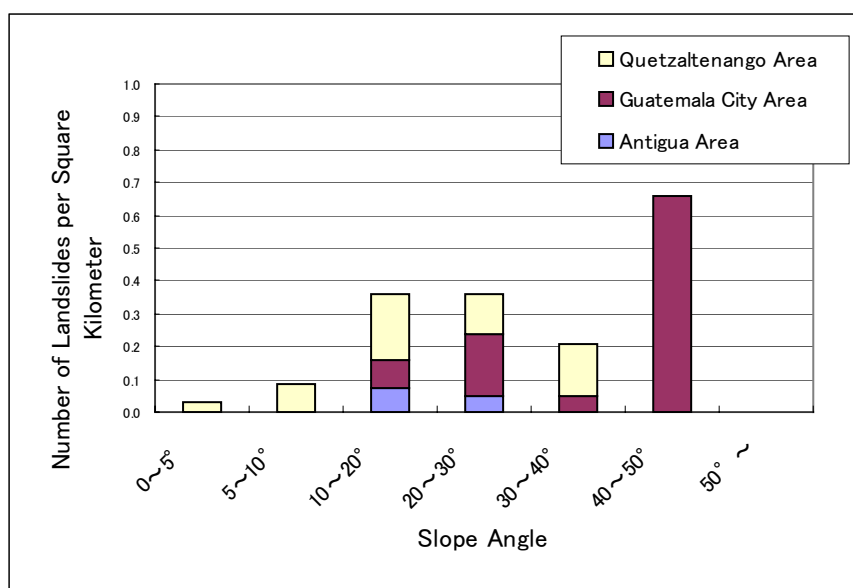


Figura 2.3.8-42 Número de Deslizamientos en Función de Angulo de Talud, por Km²

b. Deslizamientos y geología

En función de los rasgos geológicos se observaron muchos deslizamientos (Figura 2.3.8-43) distribuidos en la región nor-oeste, es decir, CPsr (rocas sedimentarias y metamórficas del Carbonífero al Pérmico), JKts (rocas sedimentarias del Jurásico a Cretácico), I (rocas Plutónicas), Ksd (rocas sedimentarias del Cretácico), Pzm (rocas metamórficas del Paleozoico) y Pc (rocas sedimentarias del Pérmico). En otras áreas ocurrieron muchos deslizamientos en Tv (rocas volcánicas del Terciario) y Qp (pómez del Cuaternario). Se puede resumir que la mayoría de los deslizamientos ocurrieron en rocas sedimentarias y metamórficas.

Cuando se observa en términos de número de deslizamientos por unidad de área (Figura 2.3.8-44), se observa que ocurrieron deslizamientos en Qp (pómez del Cuaternario) y Tv (rocas volcánicas del Terciario) comúnmente en todas las áreas. Nos llama la atención el resultado excepcional para I (rocas Plutónicas) y Ksd (rocas sedimentarias del Cretácico) en el área de Ciudad Guatemala, y KTsb (rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario) en el área de Quetzaltenango.

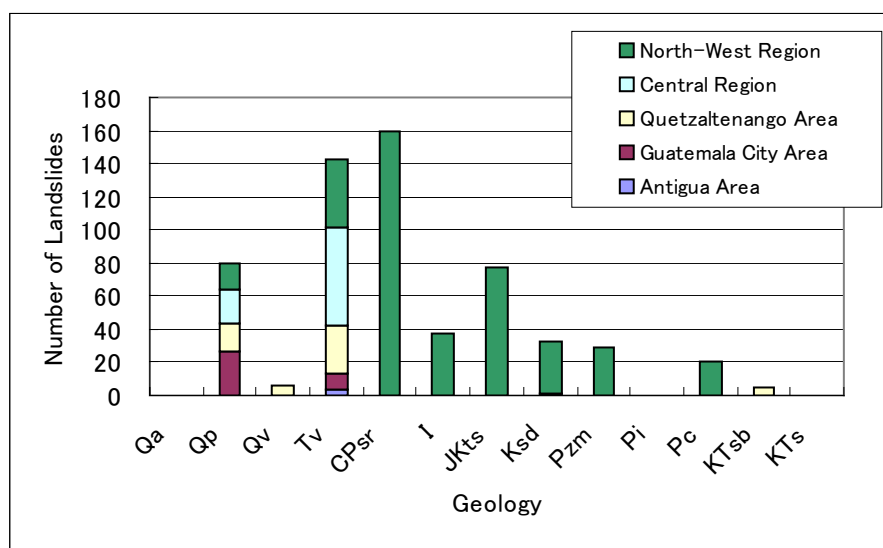


Figura 2.3.8-43 Número de Deslizamientos y Derrumbes por Rasgos Geológicos (Global)
(Los tipos geológicos son los mismos de Figura 2.3.8-39).

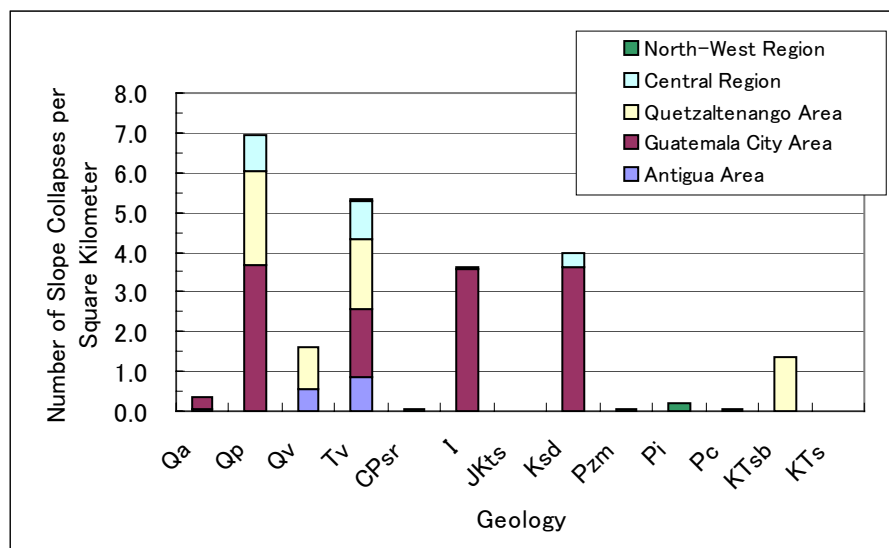


Figura 2.3.8-44 Número de Deslizamientos en Función de Rasgos Geológicos, por Km²
(Los tipos geológicos son los mismos de Figura 2.3.8-39).

d) Causas que producen los derrumbes y deslizamientos

Es difícil clarificar el período en el cual ocurren los deslizamientos y derrumbes en las tres áreas. En otras palabras es difícil clarificar el umbral sísmico que causa los deslizamientos y derrumbes. Después del terremoto de 1976, muchos investigadores incluyendo a Edwin L.Harp, Gerald F. Wiczorek, y Raymond C. Wilson (1978 y 1981) desarrollaron investigaciones al respecto.

De acuerdo a ellos, los deslizamientos y derrumbes ocurrieron frecuentemente en el grado IX como se define en la escala de Intensidad Modificada de Mercalli (IMM) y ocurrió selectivamente en localizaciones aparentemente frágiles en términos de topografía y rasgos geológicos definidos en los grados VIII y VII.

Casualmente, los deslizamientos en San Salvador y Santa Tecla debido al terremoto de El Salvador que golpeó en Enero de 2001, también ocurrieron en el grado VII de la escala de IMM.

En base los casos pasados de deslizamientos y derrumbes, podríamos tener capacidad de determinar el umbral de movimiento del terreno que los dispare. La escala de IMM establece que los deslizamientos se producen en intensidades de VII (los pequeños) y de más de X (los grandes). Así, debería establecerse la correspondencia de esta regla con los datos conocidos de previos terremotos (del 4-2-1976 en la Falla del Motagua). Para el caso del terremoto del 4-2-1976, en la Figura 2.3.8-45 se muestra la distribución de las intensidades sísmicas y deslizamientos para el área afectada.

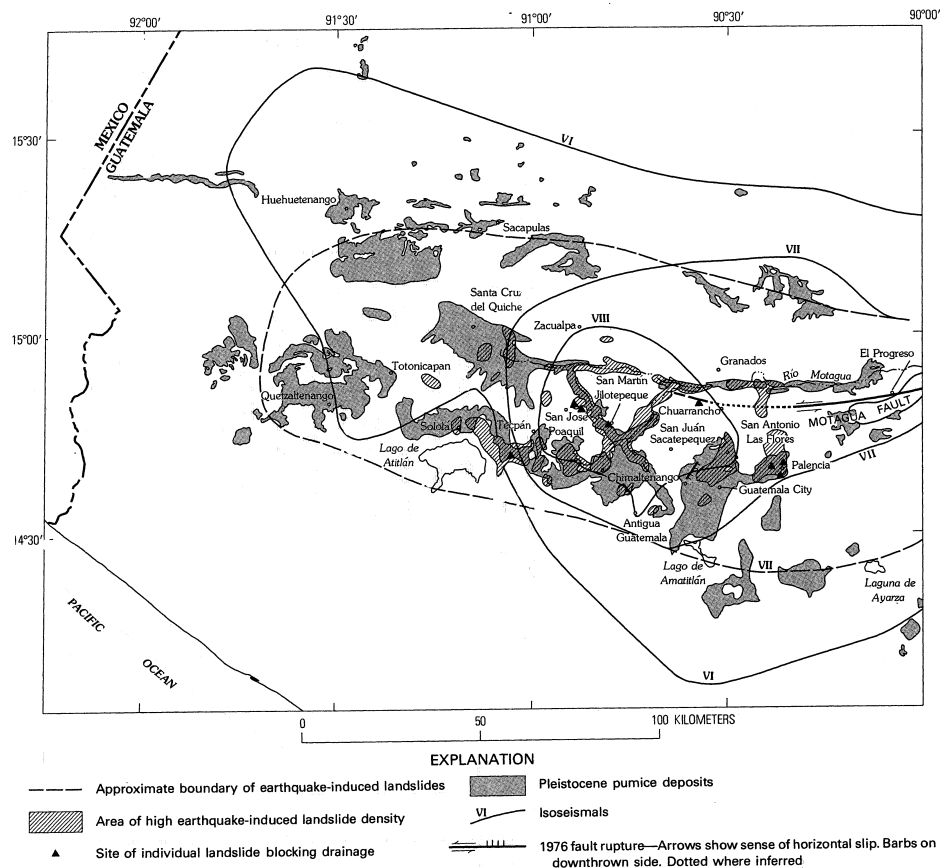


Figura 2.3.8-45 Sur-oeste de Guatemala, mostrando las áreas de alta densidad de deslizamientos inducidos por el terremoto, distribución de depósitos de pómez del Pleistoceno (Bonis y otros, 1970; Koch y McLean, 1975), líneas isosísmicas (Espinosa y otros, 1976), ruptura de falla (Plafker y otros, 1976), y límites aproximados de área afectada por deslizamientos (según E.L. Harp, y otros, 1981).

Se conoce que la amplificación topográfica del movimiento del terreno depende del ángulo de incidencia de las ondas de llegada, su frecuencia y la geometría de la superficie reflectora. Las más grandes amplificaciones se producen en ondas casi horizontales con longitudes de onda igual a o más pequeñas que las dimensiones del cañón (paredes de separación).

De acuerdo al inventario de deslizamientos de INSIVUMEH, las precipitaciones causaron el 73% de los deslizamientos y derrumbes que ocurrieron en los departamentos de la región central y sur de Guatemala entre 1881 a 1991. En el caso del Huracán Mitch, una precipitación de 200 mm por día, o una de 300 mm en dos días en la Ciudad de Guatemala, causó muchos derrumbes. En el desastre de Ciudad Vieja de 13 de Junio de 2002, una precipitación de 70 mm en un DIA causó un flujo de escombros. Se estima que la duración de esa precipitación de 70 mm fue de dos horas.

Debido a que el INSIVUMEH no mide la precipitación horaria en toda el área de

estudio, no se puede identificar detalladamente la cantidad de precipitación horaria que influencia la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes en esa área. Sin embargo, se asume que los derrumbes ocurren si hay una precipitación diaria de aproximadamente 100 mm y que mucha de la lluvia cae en corto tiempo y que muchos de los derrumbes ocurren siguiendo una precipitación de unos pocos centenares de milímetros por varios días. La Figura 2.3.8-46 muestra la relación entre desastres por derrumbes y las precipitaciones en cierta área de Japón. Mientras que la precipitación antecedente (DIA anterior) determina el contenido de humedad del subsuelo, la precipitación diaria o de pocas horas puede constituir un disparador. Así, la ocurrencia de derrumbes debido a la lluvia debería ser estimada de acuerdo a estos dos índices.

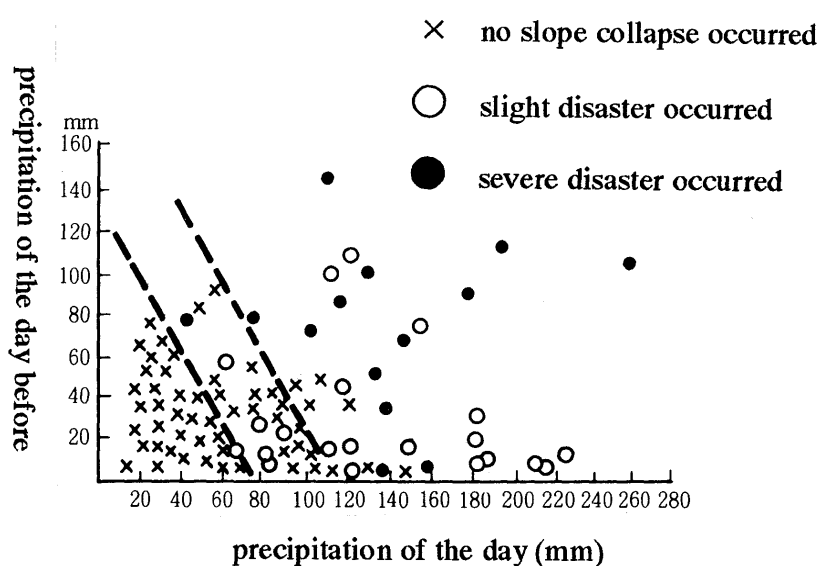


Figura 2.3.8-46 Relación entre la precipitación antecedente y la precipitación diaria
(Observatorio Meteorológico de Aomori, Japón, 1986)

Resumen de las Condiciones Bajo las Cuales Pueden Ocurrir los Deslizamientos y Derrumbes:

- Terremoto:** En áreas con intensidad de grado IX o más alto de la escala IMM, ocurren grandes deslizamientos, y en muchos taludes ocurren con frecuencia derrumbes y caídas de rocas.
 En áreas con intensidad de grado VII a VIII en la misma escala, ocurren deslizamientos esporádicos, y localmente ocurren con frecuencia derrumbes y caídas de rocas.
 En áreas con intensidad VI de la misma escala, ocurren esporádicamente derrumbes y caídas de rocas.
- precipitación:** Con una precipitación diaria de 200 mm o mas, ocurren frecuentemente derrumbes y flujo de escombros, mientras que los deslizamientos y caídas de rocas son esporádicos.
 Con una precipitación diaria de 100 a 200 mm, concentrada en unas pocas horas, frecuentemente ocurren derrumbes y flujo de escombros, mientras que los deslizamientos y caídas de rocas son esporádicos.
 Con una precipitación diaria de 100 a 200 mm durante muchas horas, esporádicamente ocurren derrumbes, flujo de escombros y deslizamientos.
 Con una precipitación diaria entre 70 a 100 mm concentrada en una a dos horas, esporádicamente ocurren derrumbes y flujo de escombros.

Nota: Los deslizamientos debido a lluvias solamente pueden ocurrir si el contenido de humedad del subsuelo ha incrementado.

e) Definición de rangos de amenaza

En la evaluación de rangos de amenaza de derrumbes y deslizamientos, se evaluaron en forma exhaustiva tres elementos: pendientes, clasificación de relieve, y rasgos geológicos. En base a las definiciones de los Tabla 2.3.8-15 a Tabla 2.3.8-17 se asignaron los siguientes rangos de amenaza: A, el más peligroso; B, bastante peligroso; C, poco peligroso; y D, seguro.

Tabla 2.3.8-15 Puntaje de la Evaluación de Rangos de Amenaza de Derrumbes en Ciudad de Guatemala

		Pendiente					
		0-10°	10-20°	20-30°	30-40°	40-50°	50° -
Geología	Qp	0	1	3	5	5	3
	Tv	0	1	3	5	3	3
Derrumbe	Existente	5					
	No existente	0					

Qp: Pómez de Cuaternario, Tv: Rocas Volcánicas del Terciario

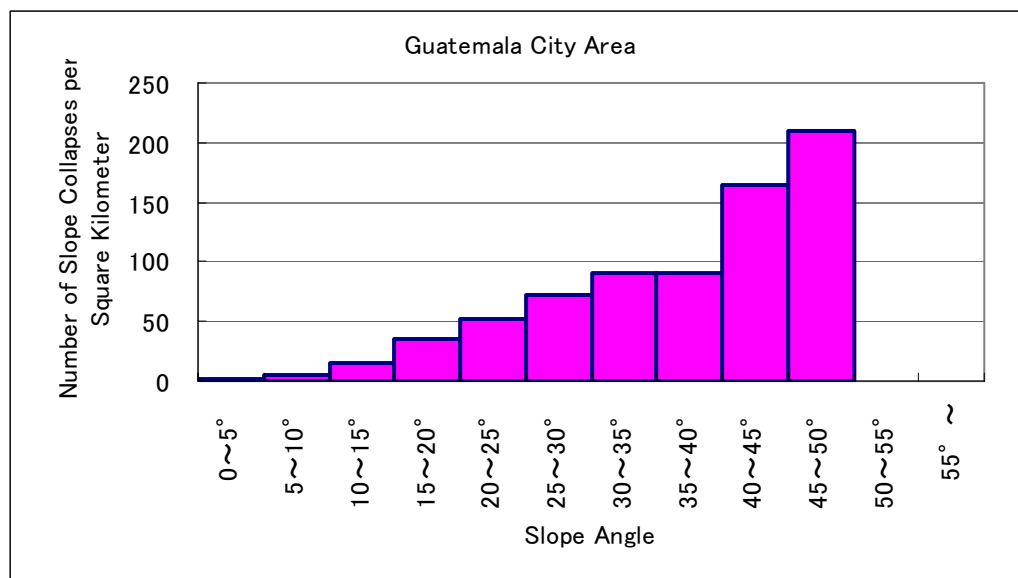


Figura 2.3.8-47 Número de derrumbes por pendiente (por Km²) en área de Ciudad Guatemala

Tabla 2.3.8-16 Puntaje de evaluación de amenaza de derrumbes en el área de Quetzaltenango

		Pendiente					
		0-10°	10-20°	20-30°	30-40°	40-50°	50° -
Geología	Qp	0	1	3	1	1	1
	Qv	0	0	1	3	3	3
	Tv	0	1	1	3	5	5
Pared de Caldera y de Cráter		0	0	3	1	1	1
Derrumbe	Existente	5					
	No existente	0					

Qp: Pómez del Cuaternario, Qv: Rocas Volcánicas del Cuaternario, Tv: Rocas Volcánicas del Terciario

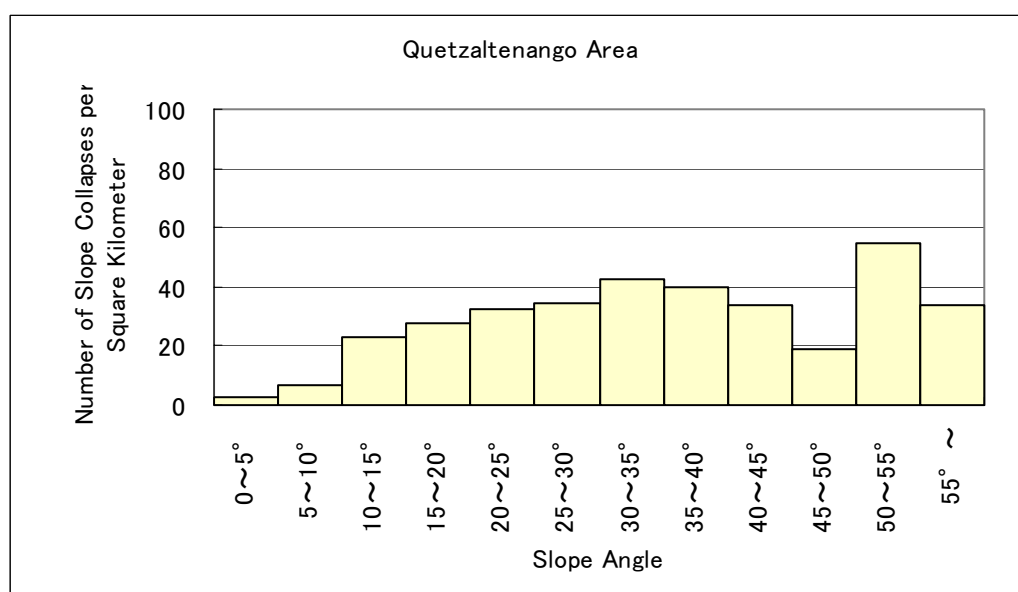
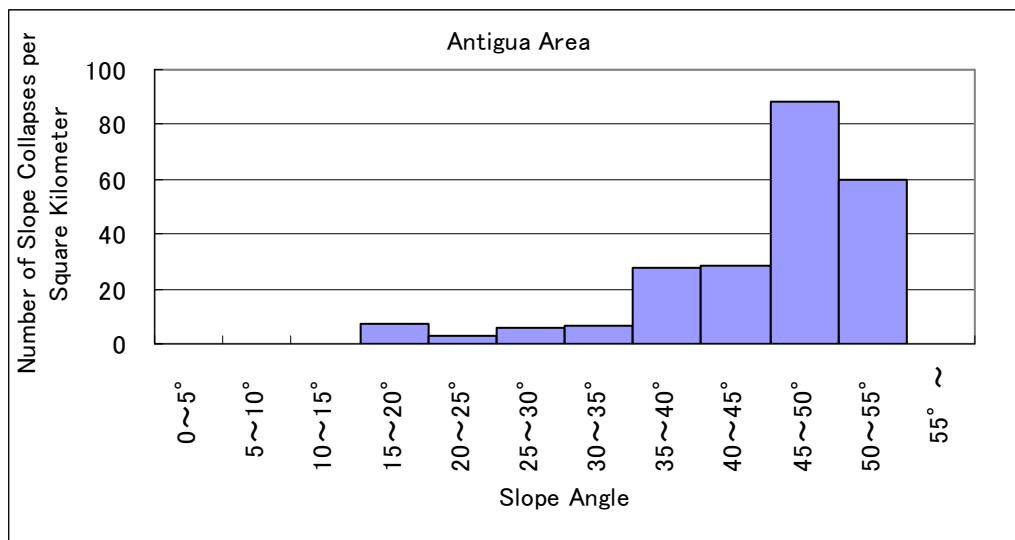


Figura 2.3.8-48 Número de derrumbes por pendiente (por Km²) en área de Quetzaltenango

Tabla 2.3.8-17 Puntaje de evaluación de amenaza de derrumbes en área de Antigua

		Pendiente					
		0-15°	15-30°	30-35°	35-45°	45-55°	55° -
Geología	Qv	0	3	1	1	1	1
	Tv	0	1	1	3	5	3
Derrumbe	Existente	5					
	No existente	0					

Qv: Rocas Volcánicas del Cuaternario, Tv: Rocas Volcánicas del Terciario

**Figura 2.3.8-49 Número de derrumbes por pendiente (por Km²) en área de Antigua****Tabla 2.3.8-18 Clasificación de Rangos de Amenaza de Derrumbes**

Rango de Amenaza	Definición	Restricción en uso de la tierra, etc.
A (puntaje:5)	Areas en las cuales el terremoto de Guatemala (1976) o precipitaciones posteriores causaron derrumbes o existen derrumbes evidentes que pueden reactivarse en el futuro	El uso de la tierra debería restringirse debido a que los derrumbes pueden dañar edificios y estructuras.
B (puntaje:3)	Areas cerca del rango A con similares condiciones topográficas y geológicas que las del rango A.	Se aconseja evitar uso de la tierra para residencias debido a que pueden ocurrir nuevos derrumbes.
C (puntaje:1)	Areas con taludes donde no han ocurrido derrumbes y donde, debido a sus condiciones geológicas, no es probable que ocurran derrumbes	No hay problema en el uso de la tierra siempre que se ponga atención en los terraplenes, cortes, y drenajes en los taludes, si el área tiene suficiente distancia desde el talud.
D (puntaje:0)	Areas con taludes suaves o planos donde no ocurrirán derrumbes	No se debe tener cuidado por derrumbes, si el área tiene suficiente distancia desde el talud.

Tabla 2.3.8-19 Criterios de evaluación de Rango de Amenaza de Deslizamientos

Concepto de Evaluación	Angulos	Tipo Geomorfológico	Geología
Precisión de Datos	Cuadrícula	Polígonos	Polígonos
Comentarios		Solamente se evaluaron relieves donde habían ocurrido deslizamientos. No se consideraron otras áreas.	Se tomaron y analizaron las geologías donde habían ocurrido deslizamientos con frecuencia. En relación a la edad, muchos deslizamientos ocurrieron en rocas metamórficas y sedimentarias.

f) Presunción de Area de Diseminación de Escombros

Aun las casas en áreas planas donde no puede ocurrir un deslizamiento o derrumbe, podrían ser dañadas por deslizamientos o derrumbes detrás de ellas. Una casa o edificio localizado en un valle plano o en una meseta consistente de pómez puede estar en peligro dependiendo de la distancia entre ella y el talud. Si se da una alta prioridad a las vidas de las personas, es más importante considerar como un derrumbe puede afectar casas y carreteras.



Figura 2.3.8-50 Influencia de Derrumbe sobre Casas bajo un Acantilado (Pagina Web del Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte de Japón)

El Tabla 2.3.8-20 muestra los datos estadísticos de aproximadamente 2,000 derrumbes que ocurrieron en Japón. De acuerdo a esos datos, la distancia a la cual los escombros de los derrumbes se diseminan van desde el 1% de la altura del terreno colapsado a cerca de 13 veces esa distancia. La tasa promedio de diseminación (Longitud / altura) es de 52%, y la más frecuente es de aproximadamente 30%. Para este estudio establecimos la distancia de diseminación a 50% de la altura del talud, aunque eso varía de acuerdo al contenido de humedad de los escombros o la pendiente inmediatamente bajo el terreno de colapso. A propósito los deslizamientos de Santa Tecla en San Salvador debido al Terremoto de El Salvador del 13 de Enero de 2001, causó diseminación de escombros hasta una distancia cinco veces la altura del talud.

Tabla 2.3.8-20 Estadísticas de Derrumbes en Japón

	Altura H:m	Ancho W:m	Profundidad D:m	Volumen V:m ³	Tasa de diseminación (Longitud / altura)
Promedio	16.6	17.6	1.6	335	0.52
Más Frecuente	10-20	10-20	1-1.5	100>	0.2-0.39
Min. a Max.	1.3-200	2-120	0.25-8	1-15000	0.01-12.9

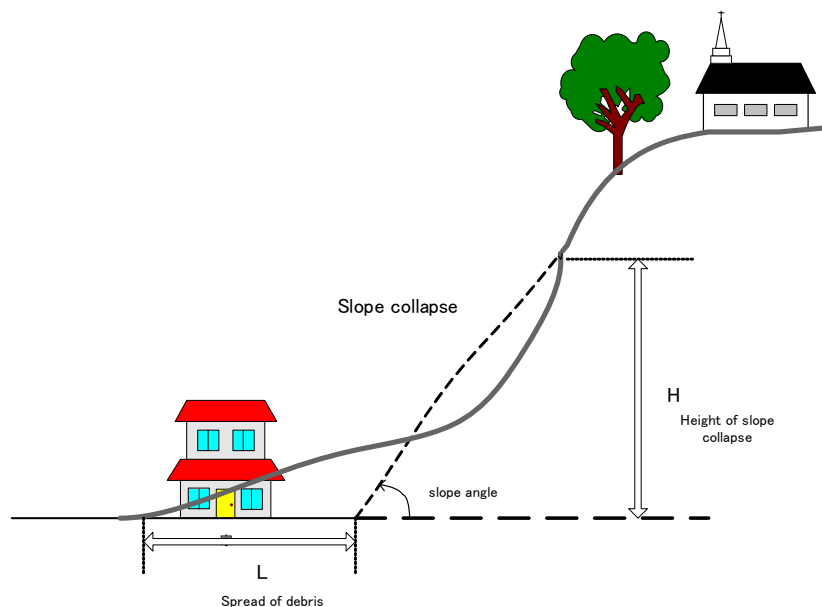


Figura 2.3.8-51 Perfil Esquemático de Derrumbe

Resumen de Distancia a que Llegan los Escombros de Deslizamientos y Derrumbes

- ◎ Escombros pueden diseminarse a una distancia del 50% de la altura del talud
- ◎ Un gran deslizamiento o derrumbe puede diseminar escombros a mayor distancia
- ◎ Un derrumbe por fuertes lluvias tiende a diseminar escombros a una mayor distancia que un derrumbe debido a terremoto.

4) Area de Estudio Global (región Nor-Oeste y región Central)

a) Identificación de las Areas con Concentración de Deslizamientos, Derrumbes, Cárcavas, y Principales Carreteras Vulnerables a Desastres de Taludes

Los mapas indicando la distribución de áreas con concentración de deslizamientos, derrumbes y cárcavas se muestran en las Figura 2.3.8-52 y Figura 2.3.8-53. Estos mapas están en la interpretación de fotografías aéreas, estudio de campo suplementario, e información suministrada por Ing. Geol. Manuel Mota de INSIVUMEH.

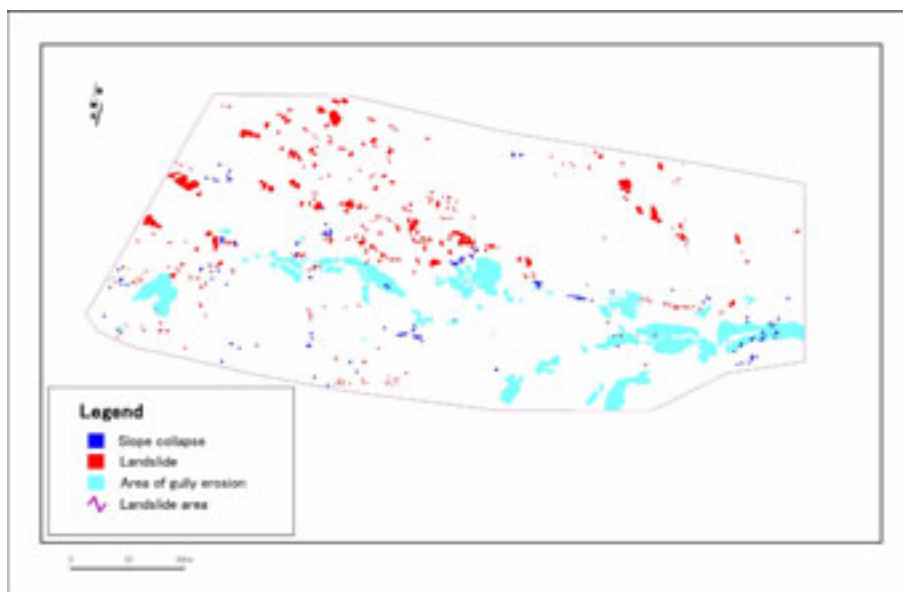


Figura 2.3.8-52 **Áreas con Concentración de Deslizamientos, Derrumbes y Cárcavas en la región Nor-Oeste**

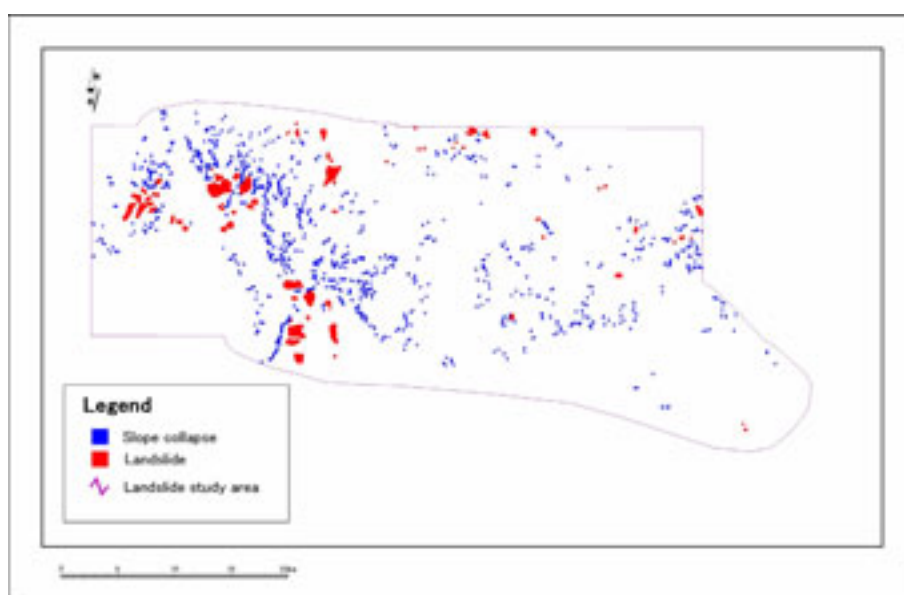


Figura 2.3.8-53 **Áreas con Concentración de Deslizamientos, Derrumbes y Cárcavas en región Central**

b) Clasificación de Pendientes y Mapeo

Se elaboro un mapa de clasificación de pendientes para las regiones Nor-Oeste y Central. La Figura 2.3.8-54 y la Figura 2.3.8-55 muestra esos mapas.

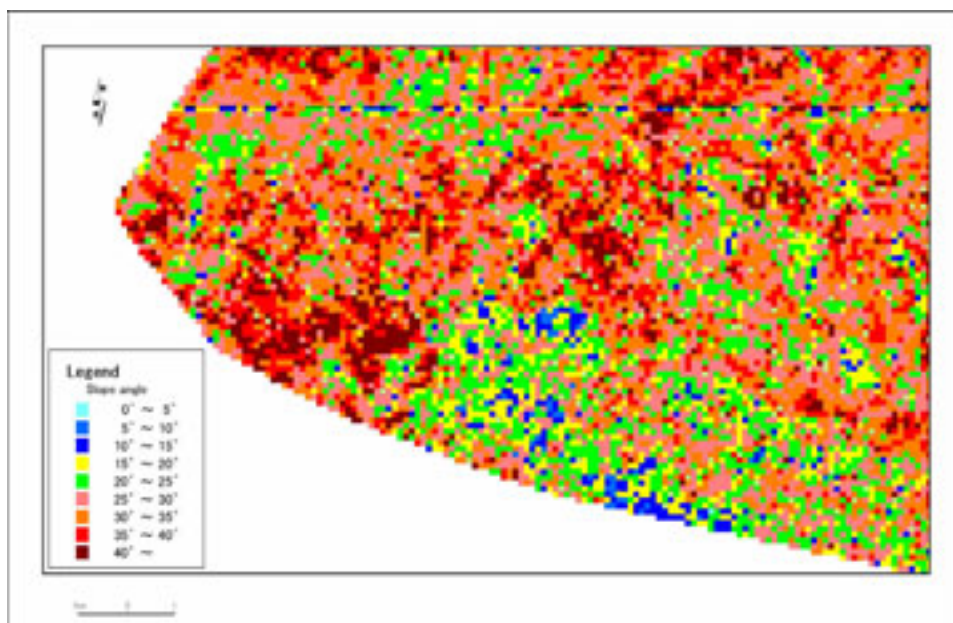


Figura 2.3.8-54 Mapa de Clasificación de Pendientes en región Nor-Oeste

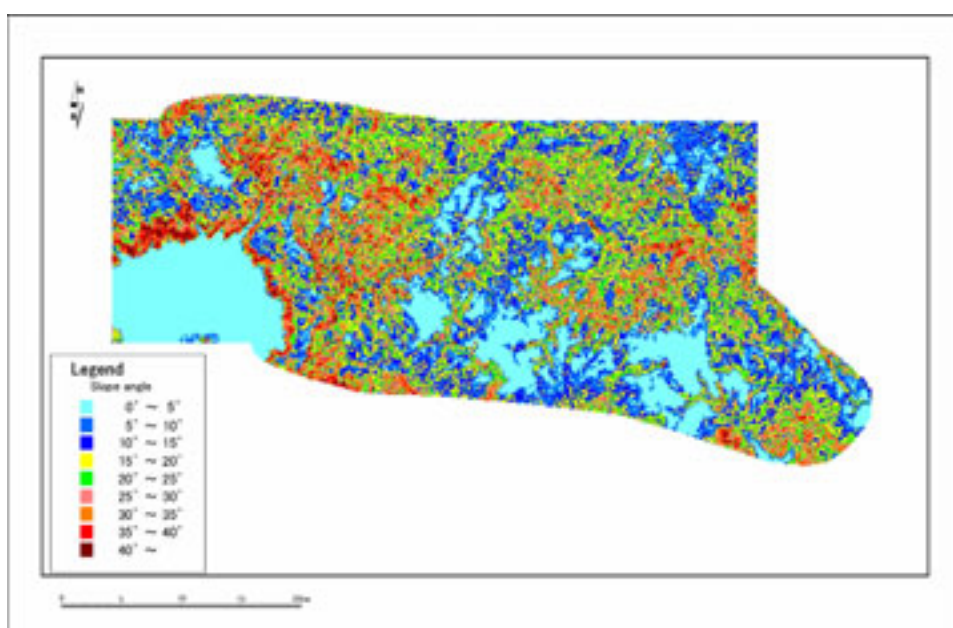


Figura 2.3.8-55 Mapa de Clasificación de Pendientes en región Central

c) Relación entre Deslizamientos y Pendientes

La distribución de estos deslizamientos, etc. fue superpuesta sobre el mapa de clasificación de pendientes para comprender la relación entre deslizamientos y pendientes. La relación entre deslizamientos y pendientes en las dos áreas se muestra en la Figura 2.3.8-56 y Figura 2.3.8-57.

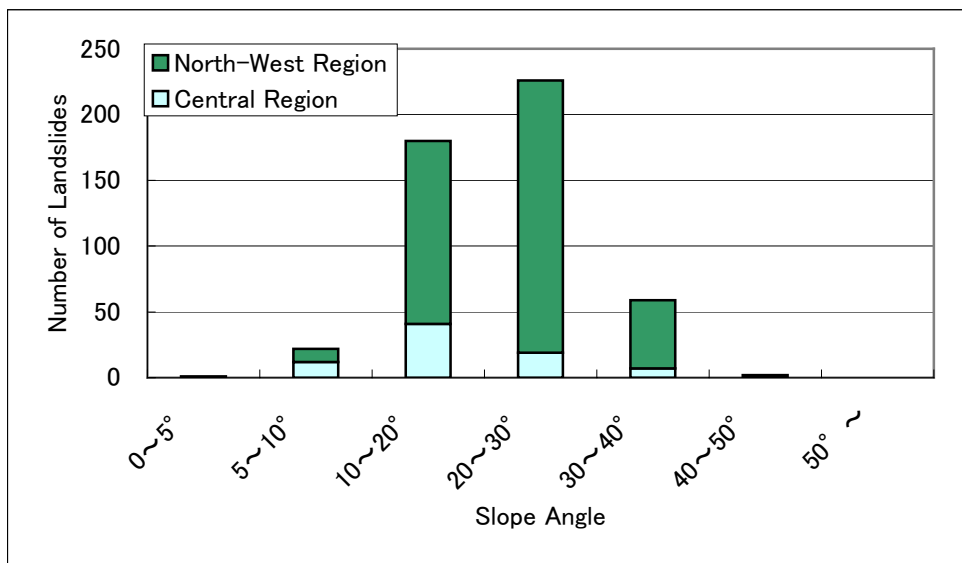


Figura 2.3.8-56 Número de Deslizamientos y Derrumbes en Función de la Pendiente (Global)

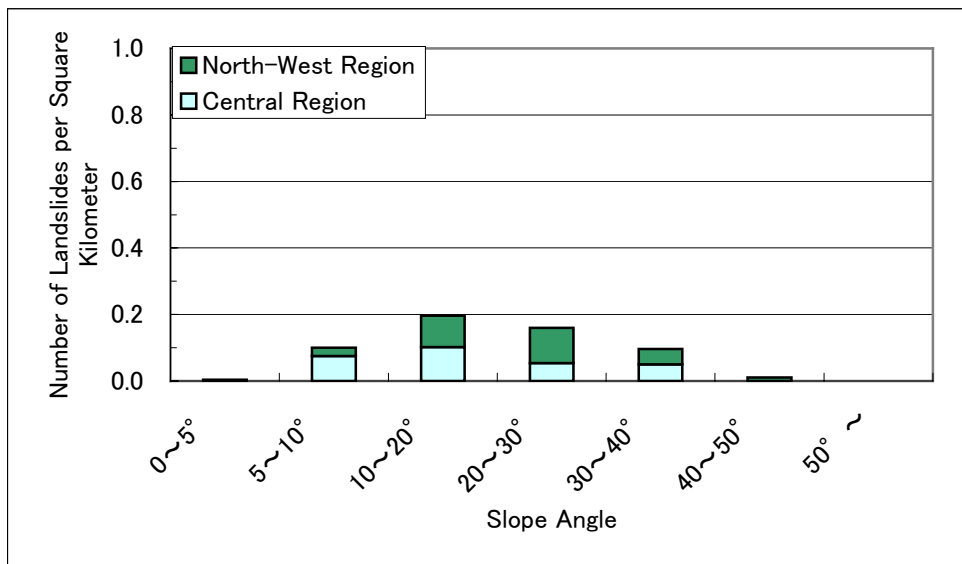


Figura 2.3.8-57 Numero de Deslizamientos y Derrumbes en Función de la Pendiente, por Km²

d) Relación entre Deslizamientos y Geología

La distribución de deslizamientos en las dos áreas se superpuso sobre los datos geológicos, con una precisión correspondiente a una escala de 1:250,000 proporcionados por MAGA, para comprender la relación entre deslizamientos y rasgos geológicos (Figura 2.3.8-58 y Figura 2.3.8-59).

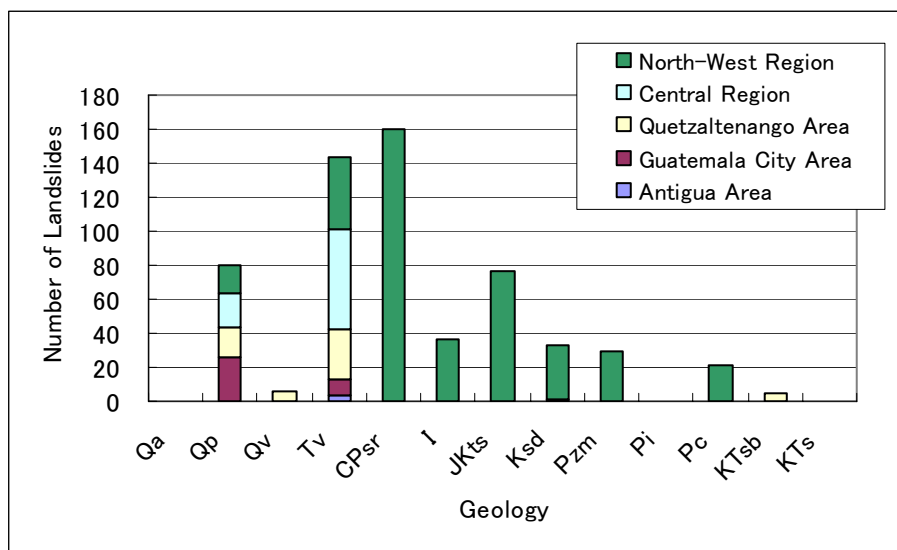


Figura 2.3.8-58 Número de Deslizamientos y Derrumbes en Función de los Rasgos geológicos (Global)

(Los tipos geológicos son los mismos de Figura 2.3.8-39).

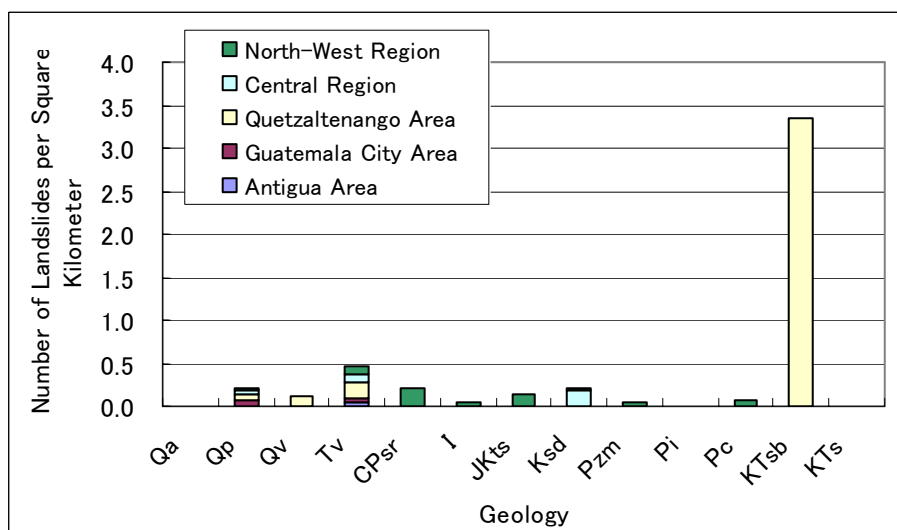


Figura 2.3.8-59 Número de Deslizamientos y Derrumbes en Función de los Rasgos Geológicos, por Km²

(Los tipos geológicos son los mismos de Figura 2.3.8-39).

e) Sobreposición de Deslizamientos sobre Mapas de Pendientes

Para las regiones Nor-Oeste y Central decidimos no elaborar un mapa de amenaza de deslizamientos sino sobreponer el mapa de clasificación de pendientes sobre el mapa de distribución de deslizamientos y derrumbes, a efecto de evaluar la probabilidad de deslizamientos y derrumbes. Estos mapas no son mapas de amenaza indicando la amenaza de deslizamientos, sino solamente un tipo de datos usados para examinar los riesgos de deslizamientos.

(5) Inundaciones

1) Bosquejo de Simulación

Se hizo mapa de amenaza de inundaciones para cuatro ríos: María Linda, Achiguate, Acomé, y Samalá.

Los mapas de amenaza se elaboraron siguiendo el método y secuencia mostrado en la Figura 2.3.8-60 y Tabla 2.3.8-21. Para el Río Samalá, el mapa de amenaza fue elaborado a través de simulación de inundaciones. Para los tres ríos restantes, los mapas de amenaza se elaboraron a través de clasificación de relieve y análisis de historia de desastres.

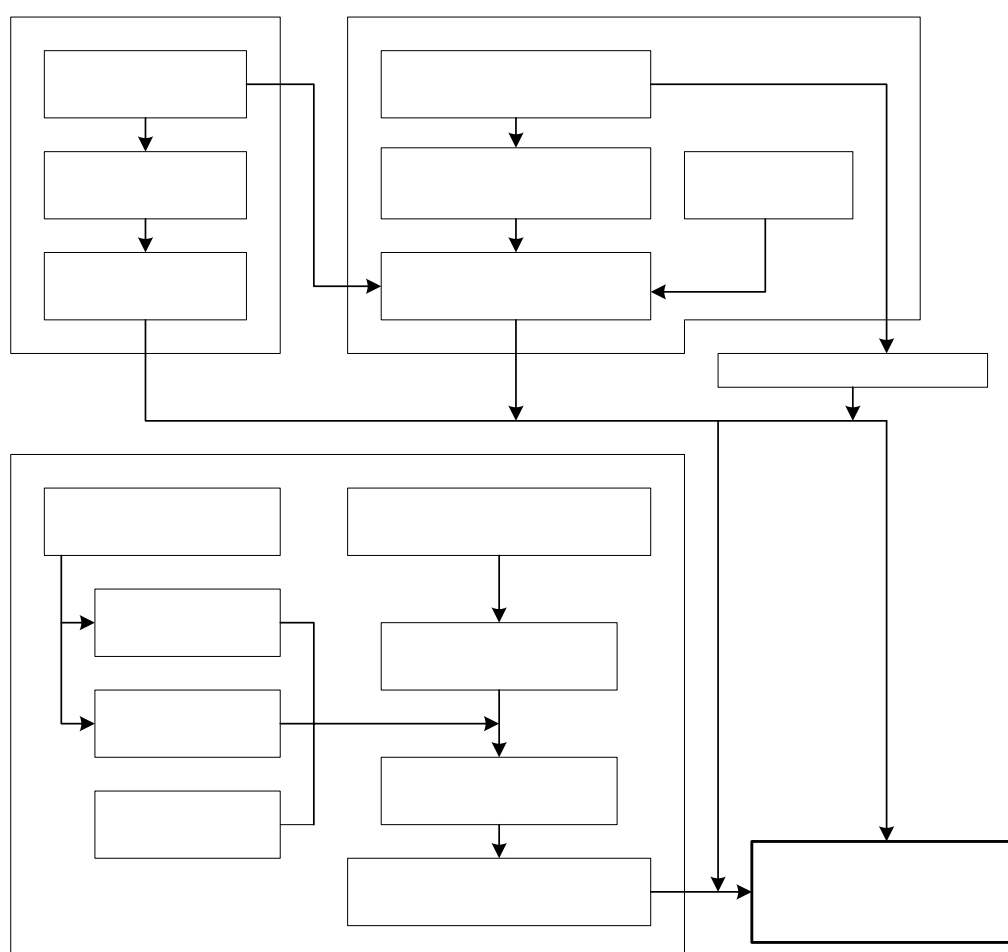


Figura 2.3.8-60 Flujo de la Elaboración de Mapa de Amenaza de Inundaciones

Tabla 2.3.8-21 Método para elaborar mapa de amenaza de inundaciones

Río	método de Elaboración de Mapa de Amenaza de Inundaciones
María Linda	Clasificación geológica, interpretación de fotografías aéreas, e historia de desastres (Huracán Mitch y otros desastres históricos)
Achiguate	
Acomé	
Samalá	Otros métodos y simulación de inundaciones

2) Magnitud de inundaciones meta

En los mapas de amenaza se utilizaron tres escalas de inundaciones esperadas tal como se muestra en el Tabla 2.3.8-22. Sin embargo, estas escalas de inundaciones no están basadas sobre datos probables de precipitaciones sino que son asumidos en base a las situaciones en que ocurrieron pasadas inundaciones y la experiencia del personal de INSIVUMEH.

Tabla 2.3.8-22 Niveles esperados de inundaciones

Nivel de Amenaza	Frecuencia de inundación	Comentarios
A	Una vez cada cinco años	Inundaciones que ocurren frecuentemente debido a lluvias torrenciales y que inundan las áreas bajas a lo largo de los ríos
B	Una vez cada diez a quince años	Inundaciones que ocurren debido a huracanes, etc. de menor escala que el Huracán Mitch. Inundaciones que principalmente inundan las áreas bajas a lo largo de ríos y costas.
C	Una vez cada veinte a treinta años	Inundaciones tan grandes o mayores que las que ocasiono el Huracán Mitch.

3) Método de simulación de inundaciones

a) Diagrama de flujo global

La simulación de inundaciones en el Río Samalá se corrió tal como sigue:

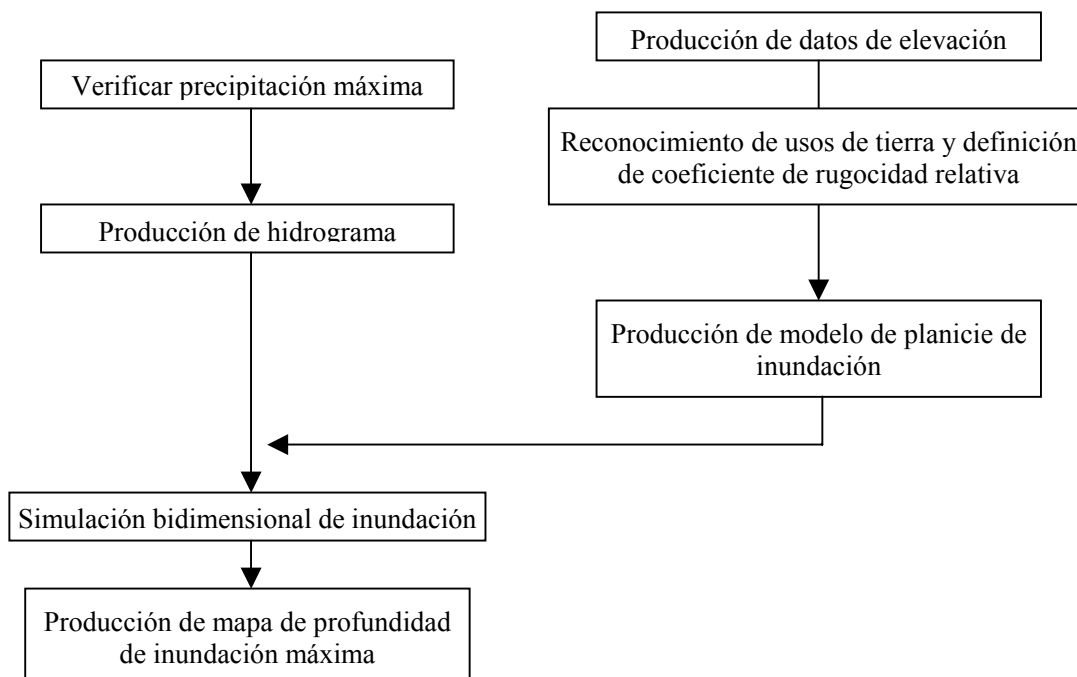


Figura 2.3.8-61 Método de Simulación de Inundaciones

b) Producción de datos de elevación

En base a los datos del Modelo de elevación Digital (MED) a intervalos de 40m vertical y horizontal, en un ortofotomapa con escala 1:10,000, se incluyeron dieciséis valores de elevación en una cuadrícula de cálculo, y fueron promediados para ser usados como el promedio de elevación del terreno de la cuadrícula de cálculo.

c) Reconocimiento de usos del suelo y establecimiento del coeficiente de rugosidad relativa.

En base a las fotografías aéreas y el estudio de campo, se evaluaron en una cuadrícula las características del terreno y se fijó un coeficiente de rugosidad relativa de la cuadrícula.

d) Producción del higrógrafo (fijar inundación)

INSIVUMEH mide el nivel del agua del Río Samalá en Candelaria. Para elaborar el higrógrafo se usaron los datos del 20 a 22 de Septiembre de 1974, durante lo cual se registro el nivel de agua más alto. Se fijó el Nivel A de inundación como el registro de inundación alta de 1974; nivel C como el caudal más grande que ocurre cada 50 años, en base a los cálculos de INSIVUMEH, es decir 1,084 m³/seg; y nivel B como el valor intermedio.

e) Simulación de inundación bi-dimensional

Para encontrar el trazo del flujo de la inundación se usó el siguiente modelo de flujo turbulento bi-dimensional:

- Ecuación de Continuidad

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

- Ecuación de Movimiento (dirección x)

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

- Ecuación de Movimiento (dirección y)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho}$$

Donde, $M = uh$, $N = vh$, H : nivel de agua, h : profundidad del agua, g : aceleración de la gravedad, ρ : densidad del agua, u : velocidad de corriente en dirección x , v : velocidad de corriente en dirección y , τ_{bx} : fuerza friccional de fondo en dirección

x que trabaja sobre el flujo de agua, y τ_{by} : fuerza friccional de fondo en dirección y que trabaja sobre el flujo de agua.

Las fuerzas friccionales τ_{bx} y τ_{by} pueden ser expresadas como se muestra abajo en la ecuación de Manning:

$$\tau_{bx} = \rho g n^2 \sqrt{(u^2 + v^2)} \cdot u / h^{1/3}$$

$$\tau_{by} = \rho g n^2 \sqrt{(u^2 + v^2)} \cdot v / h^{1/3}$$

Se tomaron las diferencias entre las ecuaciones arriba descritas (ecuación de continuidad, ecuaciones de movimiento, y fuerzas friccionales de fondo). Luego, se uso un esquema escalonado que define profundidad del agua h en el centro de una cuadrícula y los caudales M, N y la velocidad de corriente u, v en los lados de la cuadrícula. Luego se obtuvo una solución mediante el cálculo digital.

Tabla 2.3.8-23 Definición de Condiciones

Concepto definido	Condición
Tamaño de cuadrícula	Cuadrícula de 120m
Uso de la tierra	Coefficiente de rugosidad relativa: Curso del río principalmente cubierto de grava: $n=0.033$ Curso del río cubierto principalmente de arena: $n=0.027$ Planicie de inundación: $n=0.060$
Area de estudio	Puente Castillo Armas al estuario
Escala de inundación	A: Registro de inundación alta que ocurrió del 20 al 22 de Sept/1974 (Caudal máximo de 218.7 m ³ /seg) B: Inundación de una escala intermedia entre A y C (Caudal máximo de 542 m ³ /seg) C: inundación de una vez cada 50 años (Caudal máximo de 1,084 m ³ /seg) como es definido por INSIVUMEH
Modelo de inundación	Modelo de flujo turbulento bi-dimensional

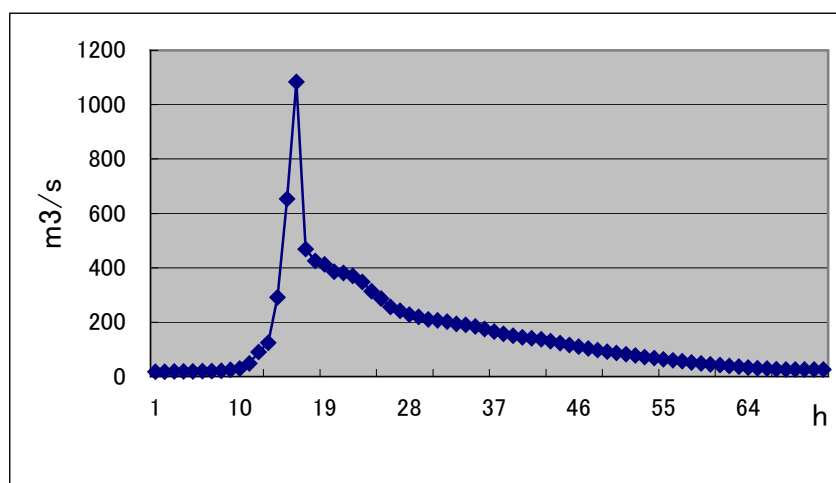


Figura 2.3.8-62 Higrógrafo (Nivel de inundación C)

4) evaluación por método geomorfológico

Debido a que el relieve del río originalmente se forma por frecuentes inundaciones y flujo de sedimentos sobre el río, es posible identificar un factor, es decir, desastre que ha formado el relieve, mediante la interpretación de fotografías aéreas y el estudio de campo.

Se hizo la evaluación de amenaza para los ríos María Linda, Achiguate, y Acomé, haciendo un análisis geomorfológico basado en los mapas geomorfológicos, y la historia de desastres basada en la interpretación de fotografías aéreas. Por otra parte, para el Río Samalá, se usaron los mapas geomorfológicos durante el proceso de estimación del área de inundación desde los datos digitales obtenidos a través de simulación de inundaciones, de tal manera que esos datos digitales y las condiciones del relieve quedaron correctamente reflejados.

En general, la clasificación de relieve basada en la interpretación de fotografías aéreas y los niveles de amenaza de inundaciones tienen la relación descrita en Figura 2.3.8.63. Sin embargo, los ríos tienen diferentes relaciones entre relieves y niveles de amenaza de inundaciones dependiendo de la diferencia vertical entre el nivel de agua y la superficie del relieve, su distancia desde los ríos, la dirección de flujo de los ríos, y la existencia de bordos.

En particular, sobre la Costa Sur, la zona desde las montañas a la costa es una planicie de inundación con pocas diferencias verticales. Un relieve así tiene la característica de encontrar ciertos fenómenos tales como entradas de corrientes de inundación en la dirección externa de las curvas de los ríos, es decir, hacia ríos divergentes y canales de irrigación, así como también desborde de corrientes en las confluencias de ríos.

En base a la clasificación de relieves, se evaluó en forma exhaustiva los rangos de amenaza de inundaciones de las áreas de estudio, mediante confirmación de campo, historia de desastres y entrevista a los residentes.

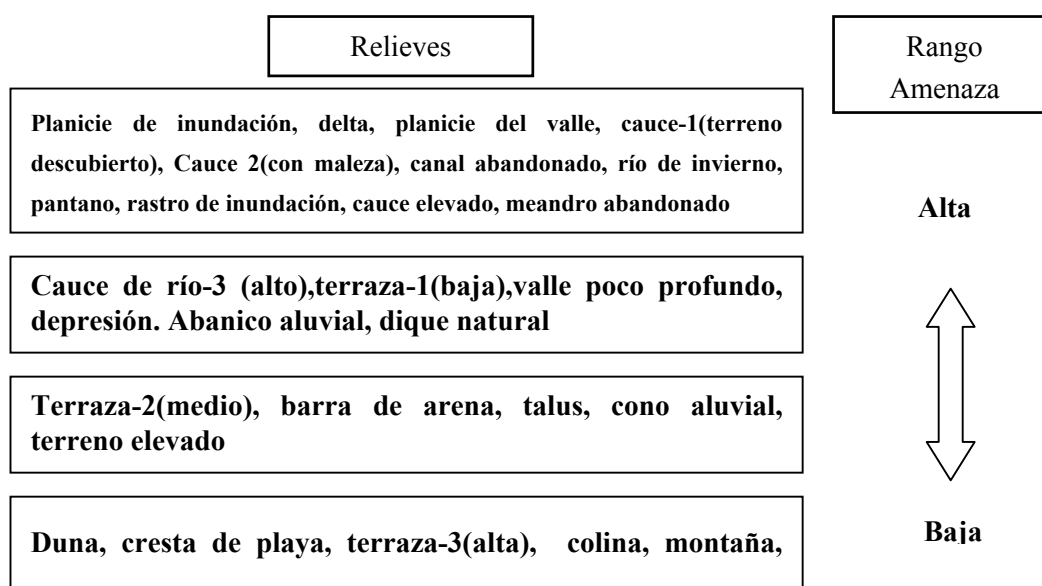


Figura 2.3.8-63 Relación entre relieves y rango de amenaza de inundaciones

Para el Río Samalá, se ejecuto un estudio a lo largo del río y en forma cruzada, mediante el uso de fotografías aéreas del río, y se elaboraron 150 vistas de secciones cruzadas y longitudinales, para cada 0.5km desde el estuario hasta el punto de km 68.

En este río hay poca diferencia vertical entre el cauce y las tierras alrededor de aguas abajo desde cerca del punto de km 54 (cerca de San Sebastián). Cuando se eleva, el río empieza a inundar las tierras alrededor del curso del río.

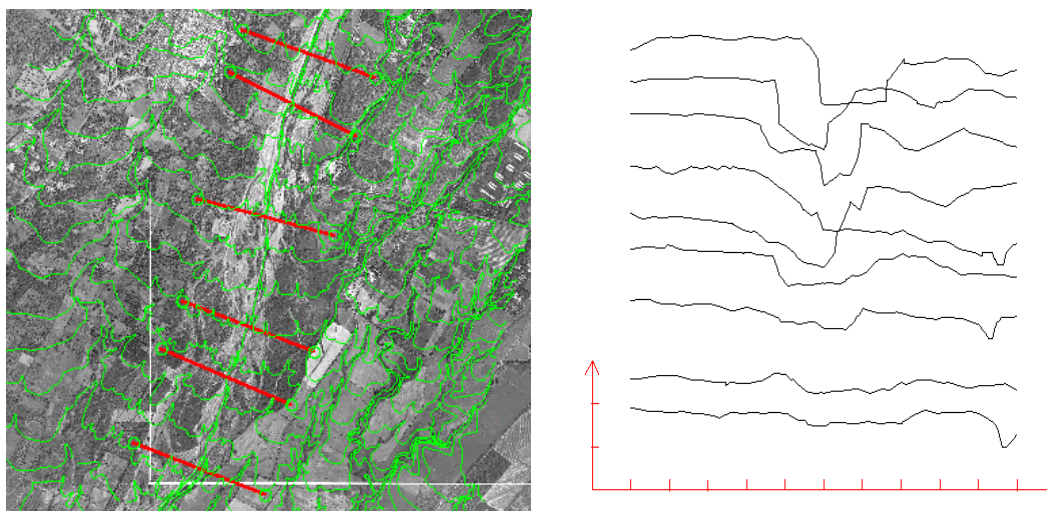


Figura 2.3.8-64 Vista de Sección del Río Samalá

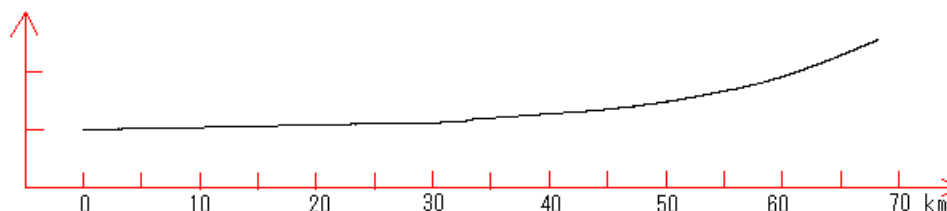


Figura 2.3.8-65 Vista de Sección Longitudinal del Río Samalá

2.3.9 Resultados de mapeo de amenaza

(1) Lista de mapas de amenaza

Mediante las discusiones con las organizaciones del Gobierno de Guatemala, principalmente con INSIVUMEH, los mapas de amenaza serán mejorados para hacerlos más de uso amigable y fácil de comprender. La Tabla 2.3.9-1 muestra la lista de mapas de amenaza creados por Noviembre de 2003.

Tabla 2.3.9-1 Lista de Mapas de Amenaza a ser Creados

Tipo de Amenaza	Area de Estudio	Número de Hojas		
		1:50000	1:25000	1:20000
Sísmica	Ciudad Guatemala			
	Quetzaltenango			1
	Mazatenango			1
	Escuintla			(combinada)
	Puerto Barrios			1
Volcánica	Tacaná	1		
	Santiagouito		5	
	Cerro Quemado		4	
	Pacaya		4	
Deslizamientos	Ciudad Guatemala		4	
	Quetzaltenango		3	
	Antigua		1	
	Región Nor-Oeste	14		
	Región Central	5		
Inundaciones	Río Samalá		5	
	Ríos Acomé • Achiguate • María Linda		12	

Nota: La escala de amenaza sísmica se discutirá con INSIVUMEH posteriormente.

(2) Áreas de Estudio de Amenaza Sísmica

1) Ciudad de Guatemala

a) Resultados de estimación de amenaza de movimiento de terreno y licuefacción

Las amenazas sísmicas se estiman para los sismos máximos en las siguientes fallas o zonas:

- (a) Mixco
- (b) Sta. Catarina Pinula
- (c) Jalpatagua, segmento oeste
- (d) Chixoy-Polochic, segmento central

- (e) Motagua, segmento oeste
- (f) Motagua, segmento central
- (g) Subducción, segmento superficial
- (h) Subducción, segmento profundo

La distancia más cercana de cada falla al centro del área de estudio es 11, 4, 16, 76, 23, 31, 89, y 89 km, respectivamente.

(a) Mixco

Se espera que la Ciudad de Guatemala tendrá una intensidad de nivel VII u VIII. La intensidad sísmica es especialmente fuerte en el área que se extiende del oeste del área de estudio, cerca de la falla, al área central. En las regiones de colinas y montañas, la intensidad sísmica sería de nivel VI. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 150 a 1020 cm/seg/seg, y la máxima velocidad, entre 7 a 58 cm/seg. La amenaza de liquefacción alcanzaría niveles altos en las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas, y Las Vacas.

(b) Sta. Catarina Pinula

Se espera que el área de Ciudad Guatemala sufriría una fuerte sacudida con una intensidad sísmica de nivel VIII. La intensidad sísmica es alta especialmente en el centro del área de estudio, cerca de la falla. En otras áreas, la intensidad sísmica sería de nivel VII. En las regiones de colinas y montañas, la intensidad sísmica sería de nivel VI. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 170 a 1020 cm/seg/seg y la máxima velocidad entre 8 a 57 cm/seg. La amenaza de licuefacción alcanzaría altos niveles a lo largo de las tierras bajas de los ríos Pinula, Las Minas, y Las Vacas.

(c) Jalpatagua, Segmento Oeste

Se espera que la Ciudad de Guatemala pueda alcanzar una intensidad sísmica de nivel VII. La intensidad sísmica alta de nivel VIII, sería cerca de la falla, especialmente en la parte sur del área de estudio. En la región de colinas y montañas la intensidad sísmica sería de nivel VI. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 120 a 930 cm/seg/seg, y la máxima velocidad sería entre 6 a 52 cm/seg. La amenaza de licuefacción es posible en las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas, y las Vacas. La liquefacción alcanzaría niveles altos en las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula y Las Minas, en la parte sur del área de estudio, cerca de la falla.

(d) Chixoy-Polochic, Segmento Central

Se espera que la Ciudad de Guatemala pueda alcanzar una intensidad sísmica de nivel VI o

VII. La intensidad sísmica sería alta en las tierras bajas a lo largo de los Ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas. La intensidad sísmica para las colinas y montañas sería de nivel V. La máxima aceleración que se alcanzaría sería de 80 a 270 cm/seg/seg, y la máxima velocidad entre 5 a 19 cm/seg. Se espera que no habrá amenaza de licuefacción en este caso.

(e) Motagua, Segmento Oeste

Se espera que el área de la Ciudad de Guatemala tendría una intensidad sísmica de nivel VII u VIII. La intensidad sísmica sería alta especialmente en la parte norte del área de estudio, cerca de la falla, y las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas. En las regiones de colinas y montañas, la intensidad sísmica alcanzaría nivel VII en la parte norte del área de estudio, cerca de la falla, y nivel VI en otras áreas. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 180 a 910 cm/seg/seg, y la máxima velocidad entre 10 a 56 cm/seg. La amenaza de licuefacción es posible en las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas con niveles de amenaza alto o bajo.

(f) Motagua, Segmento Central

Se espera que el área de la Ciudad de Guatemala alcanzaría una intensidad sísmica de nivel VII. La intensidad sísmica de la parte nor-este del área de estudio, cerca de la falla, y la de las tierras bajas a lo largo del Río La Vacas sería de un nivel VIII. En las regiones de colinas y montañas, la intensidad sísmica alcanzaría el nivel VII en la parte nor-este del área de estudio, cerca del epicentro, y nivel VI en otras áreas. La aceleración máxima alcanzaría aproximadamente 150 a 740 cm/seg/seg y la velocidad máxima entre 8 a 49 cm/seg. La amenaza de licuefacción es posible en las tierras bajas a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas, con alto o bajo nivel de amenaza.

(g) Subducción, Segmento Superficial

Se espera que el área de la Ciudad de Guatemala tendrá una intensidad sísmica de nivel VI. La intensidad sísmica en región de colinas y montañas alcanzaría un nivel de V. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 70 a 270 cm/seg/seg, y la máxima velocidad sería de 4 a 16 cm/seg. La amenaza de licuefacción es posible en las tierras bajas a lo largo de los Ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas, con bajo nivel de amenaza.

(h) Subducción, Segmento Profundo

Se espera que el área de la Ciudad de Guatemala tendrá una intensidad sísmica de nivel VI. La intensidad sísmica en región de colinas y montañas alcanzaría un nivel de V. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 80 a 270 cm/seg/seg, y la máxima velocidad sería de 4

a 16 cm/seg. La amenaza de licuefacción es posible en las tierras bajas a lo largo de los Ríos Pinula, Las Minas y Las Vacas, con bajo nivel de amenaza.

En general, el suelo superficial del área de la Ciudad de Guatemala, se puede clasificar en región de colinas y de montaña, la cuenca con acumulación espesa de depósitos de flujo piroclástico, y las tierras bajas a lo largo de los ríos, los cuales constituyen valle disecado. Como resultado de la estimación de movimiento del terreno, este sería más fuerte en las cuencas y las tierras bajas a lo largo de los ríos comparado con la región de colinas y montañas. Se estima una intensidad sísmica de nivel VIII, incluyendo el área de ciudad, especialmente en el caso del sismo máximo con su falla fuente en la parte superficial de la corteza terrestre cerca de la Ciudad de Guatemala, tales como en: (1) Mixco, (2) Sta. Catarina Pinula, (3) Jalpatagua, segmento oeste, (5) Motagua, segmento oeste, y (6) Motagua, segmento central. Por lo tanto, se espera daño considerable principalmente a las edificaciones pobremente construidas o mal diseñadas. La posibilidad de licuefacción está limitada a las tierras bajas principalmente a lo largo de los ríos Pinula, Las Minas, y Las Vacas. Es necesario considerar los desastres causados por licuefacción cerca de Petapa, Guatemala, donde el área de la ciudad está formada a lo largo del río. Si se produce licuefacción, pueden ocurrir desastres tales como asentamiento o inclinación de estructuras, daños a instalaciones subterráneas, o agrietamientos o protuberancias en la superficie de las carreteras.

b) Posibilidad de movimiento superficial acompañando los terremotos

La Ciudad de Guatemala está constituida por un gran graben. Debido a que el graben se formó continuamente aún después de la acumulación de los flujos pumíticos Los Chocoyos, el movimiento de la superficie puede ocurrir a través de movimiento tectónico cada vez que haya un gran terremoto con su epicentro cerca de la Ciudad de Guatemala. Adicionalmente al movimiento del terreno se puede generar abultamiento o grietas en la superficie. Se estableció una zona de falla y ruptura en base a los abultamientos y grietas que ocurrieron durante el terremoto de Guatemala en 1976, en los relieves relacionados a las fallas activas reconocidas por fotos aéreas y en las fallas indicadas en los mapas geológicos. Como existe la zona de falla de Mixco en el área centro-oeste de la Cuenca de Guatemala, se pueden generar fácilmente abultamientos y grietas en la dirección nor-nor-este a sur-sur-este. Los abultamientos son generalmente bajos en lado este, pero hay zonas de falla que son bajas en el lado oeste cerca de Villa Nueva.

En la parte este de la cuenca de Guatemala, está la zona de falla de Santa Catarina, donde los abultamientos y grietas en la dirección nor-nor-este a sur-sur-este se generan fácilmente. Aunque esta zona de falla es baja en el lado oeste, no se reconocieron muchas grietas o abultamientos durante el terremoto de Guatemala de 1976. Comparado con la

zona de falla de Mixco, la falla de Santa Catarina puede que no sea muy activa.

2) Quetzaltenango

La amenaza sísmica se estima para el segmento oeste de la falla Chixoy-Polochic, segmento superficial de zona de subducción, y segmento profundo de zona de subducción. La distancia más cercana desde cada falla al centro del área de estudio es de 55, 74 y 75 km, respectivamente.

a) Segmento Oeste de Chixoy-Polochic

Se espera que en el área de Ciudad de Quetzaltenango y las áreas localizadas al norte de la ciudad tendrán una intensidad sísmica de nivel VII. La intensidad sísmica de otras áreas alcanzaría nivel VI. La máxima aceleración sería de entre 130 a 420 cm/seg/seg y la máxima velocidad de aproximadamente 25 cm/seg. Se espera que no habrá amenaza de licuefacción.

b) Segmento Superficial y Profundo de Zona de Subducción

En ambos casos el área de la Ciudad de Quetzaltenango y las áreas localizadas al norte de la ciudad alcanzarían nivel VII. La intensidad sísmica del área sur-oeste de la ciudad alcanzaría nivel VI, y aquella de la región volcánica al sur de la ciudad llegaría a nivel V. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 110 a 360 cm/seg/seg, y la máxima velocidad sería entre 6 a 18 cm/seg. Se espera que no habría amenaza de licuefacción.

Con respecto a terremotos causados por subducción, el resultado muestra que el movimiento del terreno es mayor en Quetzaltenango que en Mazatenango y Escuintla, aunque el primero está localizado más lejos de la zona fuente. Esto es debido a la diferencia de profundidades del basamento o de los sedimentos. En los últimos, en los cuales los estratos de grava están distribuidos sobre un basamento poco profundo, tienen mejores condiciones del terreno que el primero, en el cual los depósitos de flujos piroclásticos están distribuidos en un gran espesor sobre un basamento profundo.

3) Mazatenango

Las amenazas sísmicas se estiman para los segmentos superficiales y profundos de la zona de subducción. La distancia más corta desde cada fuente al centro del área de estudio es de 61 a 62 km, respectivamente.

En ambos casos se espera que el área entera alcance una intensidad sísmica de Nivel VI, una aceleración máxima de aproximadamente 270 a 330 cm/seg/seg, y una velocidad máxima de unos 12 a 13 cm/seg. Se espera que no habrá amenaza de licuefacción.

4) Escuintla

Las amenazas sísmicas se estiman para los segmentos superficiales y profundos de la zona de subducción. La distancia más corta desde cada fuente al centro del área de estudio es de 64 en ambos casos.

En ambos casos se espera que el área entera alcance una intensidad sísmica de Nivel VI, una aceleración máxima de aproximadamente 110 a 260 cm/seg/seg, y una velocidad máxima de unos 6 a 12 cm/seg. Se espera que no habrá amenaza de licuefacción.

5) Puerto Barrios

La amenaza sísmica se estima para el segmento este de la falla Chixoy-Polochic y el segmento este de la falla Motagua. La distancia más cercana desde cada falla al centro del área de estudio es de 14 a 18 km, respectivamente.

a) Segmento Este de Falla Chixoy-Polochic

Se espera que las intensidades sísmicas de la planicie costera que se extienden desde el área de la ciudad incluyendo el aeropuerto del Puerto Santo Tomás de Castilla y las tierras bajas a lo largo de los ríos Pichilingo, Escondido, y Cacao, alcanzarían el nivel VIII. La intensidad sísmica de otras áreas alcanzaría el nivel VII. La máxima aceleración alcanzaría aproximadamente 290 a 810 cm/seg/seg, y la máxima velocidad, unos 16 a 42 cm/seg. La amenaza de licuefacción alcanzaría niveles muy altos para la planicie costera y altos para el área cerca del aeropuerto y las tierras bajas a lo largo de los ríos.

b) Segmento Este de Falla Motagua

Se espera que la intensidad sísmica de la planicie costera se extienda desde el área cerca de la desembocadura del Río Cacao al Puerto Santo Tomás de Castilla, y alcanzaría el nivel VIII. La intensidad sísmica de otras áreas alcanzaría el nivel VII. La máxima aceleración sería de aproximadamente 280 a 660 cm/seg/seg, y la velocidad máxima de uno 15 a 33 cm/seg. La amenaza de licuefacción sería muy alta para la planicie costera y alta para las tierras bajas a lo largo de los ríos.

En ambos casos, tanto la amenaza de movimiento del terreno como de licuefacción tienden a ser más altos en la planicie costera, extendiéndose desde el área de la ciudad cerca del aeropuerto al Puerto de Santo Tomás de Castilla, debido al hecho que los terrenos blandos están distribuidos en la planicie costera. Esta área puede sufrir grandes desastres por terremoto debido a la concentración de la población y de inversión. En las áreas donde ocurriría licuefacción, se espera que ocurran desastres tales como sedimentación e inclinación de las instalaciones y estructuras del puerto, causadas por flujo lateral, de

aquellas instalaciones subterráneas causadas por flotación o sedimentación. Debido a que las grietas y abultamientos pueden ser generados sobre la superficie de carreteras por causa de la licuefacción, se le debe dar la debida consideración a la influencia que ello puede tener en el aeropuerto.

La estimación de muy alta amenaza de licuefacción no significa que la licuefacción ocurrirá en el área entera. Se debe comprender que en este caso hay alta posibilidad de licuefacción.

(3) Area de Estudio de Amenazas Volcánicas

1) Volcán Tacaná

a) Caída de Cenizas

Si hubiera una caída de cenizas similar a la causada por la erupción del volcán Santa María en 1902, las cenizas volcánicas se espera que se acumularían en más de 2 metros en el lado de sotavento del cráter en el área de estudio. Si el viento sopla fuerte, casi no habría caída de cenizas en el lado de barlovento. Sin embargo, si el viento es débil, las cenizas se pueden acumular más de 10 cm aún en el lado de barlovento.

b) Rocas Expulsadas

Si un bloque de un diámetro de 1.5 m es expulsado desde una posición cerca de la cresta de una montaña con una velocidad inicial de 250 m/seg, puede caer dentro del área a una distancia aproximada de 3.9 km desde el cráter. Esta área incluye Vega del Volcán, San Rafael, La Hacienda, y Tonimá. Como los bloques con menor tamaño son llevados hacia sotavento, el área afectada puede incrementar.

c) Flujo Piroclástico

El área peligrosa que puede alcanzar el flujo piroclástico se estima por el modelo del cono de energía. Un flujo piroclástico con baja movilidad y de la escala que ocurrió en Santiaguito en 1922 puede alcanzar el cañón a lo largo del Río Suchiate sobre el lado sureste y el cañón a lo largo del Río Coatán en el norte. Sin embargo, no cruzará la línea de cresta cerca del Cerro Checambá sobre el lado noreste a este. Si ocurriera un flujo piroclástico de gran escala, el área de peligro se expandirá y aún el área de Sibinal sería incluida en la zona peligrosa al lado este.

d) Flujo de Lava

Si fluye lava desde una posición cerca de la cresta, en la mayoría de los casos podría fluir abajo hacia el lado Mexicano. Sin embargo, si abre el cráter en el lado Guatemalteco, la lava fluiría en la dirección de Tojcul o Vega del Volcán. Si la lava fluye desde la ladera, puede fluir abajo hacia el valle inmediatamente bajo del cráter y alcanzar los Ríos Las Majadas o La Laja.

e) Lahar

El lugar donde se genera un lahar varía dependiendo del estado de acumulación de cenizas volcánicas o la precipitación. Sin embargo, hay una posibilidad de que el lahar sea generado en el área clasificada como la *planicie del valle* sobre el mapa geomorfológico. De Diciembre a Abril, cuando el viento es alto en el aire con dirección predominante de norte a este, hay una alta posibilidad de que las cenizas volcánicas se acumulen en el lado Guatemalteco. Después de eso, el lahar puede ser generado en la época de lluvia. La mayoría de las áreas peligrosas son los valles donde hay casas distribuidas dispersamente. Sin embargo, hay algunos pueblos localizados en las áreas peligrosas tales como Vega del Volcán y Sibinal.

f) Colapso de Edificio Volcánico

Si un edificio volcánico colapsa, la avalancha de escombros puede fluir abajo al lado Mexicano debido a la topografía. Si el edificio volcánico colapsa hacia el lado de Guatemala, el área en el cual se pueden dar aún avalancha de escombros de pequeña escala pueden alcanzar al cañón del Río Suchiate sobre el lado sureste, el cañón del Río Coatán sobre el lado norte, y Sibinal en el lado este. Sin embargo, en el lado noreste, el área está limitada al oeste de la línea de cresta cerca del Cerro Checambá. Si el colapso es a gran escala, el área afectada incrementará, y la avalancha de escombros puede posiblemente llegar a una área amplia excluyendo la Montaña Los Madrones y las tierras altas de Sierra Madre.

g) Gas Volcánico

Debido a que el gas volcánico es más pesado que el aire, el gas volcánico saliendo a chorros del cráter fácilmente fluye a lo largo de la topografía del valle. En lo que se refiere al Volcán Tacaná, el valle al cual fluiría el gas volcánico desde la cresta está limitado al talud del norte. Sin embargo, la influencia se considera pequeña debido a que esta área está localizada lejos de las aldeas. Si se genera un cráter lateral, las aldeas a lo largo del valle posiblemente pueden ser afectadas por la ceniza volcánica.

2) Volcán Santiaguito

a) Caída de Cenizas

Si hubiera una caída de cenizas similar a la causada por la erupción del volcán Santa María en 1902, las cenizas volcánicas se espera que se acumularían en más de 2 metros en el lado de sotavento del cráter en el área de estudio. Si el viento sopla fuerte, casi no habría caída de cenizas en el lado de barlovento. Sin embargo, si el viento es débil, las cenizas se pueden acumular más de 10 cm aún en el lado de barlovento. De acuerdo a la dirección del viento, las cenizas se pueden acumular más de 2 m en las ciudades tales como Quetzaltenango y Retalhuleu y se pueden anticipar serios daños humanos.

b) Rocas Expulsadas

Si un bloque de un diámetro de 1.5 m es expulsado desde una posición cerca de la cresta de una montaña con una velocidad inicial de 250 m/seg, puede caer dentro del área a una distancia aproximada de 3.6 km desde el cráter, y no alcanzaría las aldeas. Como los bloques con menor tamaño son llevados hacia sotavento, el área afectada puede incrementar.

c) Flujo Piroclástico

Si ocurriera un flujo piroclástico de escala similar al que ocurrió en 1922 las áreas peligrosas podrían considerarse como sigue. Si el flujo piroclástico se genera cerca del cráter Caliente, fluiría hacia abajo a lo largo de los ríos Nimá I y Nimá II. Si el flujo piroclástico se genera cerca del cráter El Brujo, fluiría a lo largo del Río El Tambor. El flujo piroclástico fluiría hacia el Río Samalá y luego hasta cerca de la Finca San Luis o San Martín Zapotitlán, pero la nube de la explosión de ceniza acompañando al flujo piroclástico posiblemente afecte todas las aldeas a lo largo del valle o San Sebastián en el área aguas abajo.

d) Flujo de Lava

Si fluye lava desde una posición cerca del cráter Caliente, el cual está activo ahora, entonces fluiría abajo a lo largo de los ríos Nimá I y Nimá II. Si el centro de la actividad eruptiva se mueve hacia el lado oeste, la lava fluiría hacia el Río Tambor. Con la efusión repetida de lava, pueden haber cambios en la topografía de la zona alta y en la ruta del flujo de lava. La lava no alcanzaría las aldeas, pero con el progreso del suministro de sedimentos, se puede generar un lahar.

e) Lahar

La amenaza de lahar se evalúa para los ríos Nimá I y Nimá II mediante estimación numérica. El Río Nimá I puede inundar en la Finca Santa Marta o en El Palmar. En la zona debajo de la confluencia de los ríos Samalá y Nimá II, el río se puede desbordar y las tierras agrícolas y carreteras vecinas pueden sufrir daños. Según la evaluación de amenaza basada en la topografía todas las corrientes de montaña en el pie de monte del sur tiene la posibilidad de generación de lahar. En la parte aguas arriba del valle de Llano del Pinal en el norte del pie de monte del Volcán Santa María, hay amenaza de lahar.

f) Colapso de Edificio

Si el Domo Santiaguito colapsa, la avalancha de escombros alcanzaría Finca El Faro y Finca La Florida, aún si la escala de la avalancha es pequeña. Si un colapso de gran escala ocurre, la avalancha de escombros puede alcanzar hasta Retalhuleu. Si el Volcán Santa María colapsa, se considera que la avalancha de escombros llegaría cerca de San Felipe aún si la escala del colapso fuera pequeña.

g) Gas Volcánico

Debido a que el gas volcánico es más pesado que el aire, el gas volcánico saliendo a chorros del cráter fácilmente fluye a lo largo de la topografía del valle. En lo que se refiere al Volcán Santiaguito, el gas volcánico fluiría fácilmente hacia el lado sur. Sin embargo, la distancia desde el cráter hasta la aldea es muy larga, así que la influencia se considera pequeña.

3) Volcán Cerro Quemado**a) Caída de Cenizas**

Si hubiera una caída de cenizas similar a la causada por la erupción del volcán Santa María en 1902, las cenizas volcánicas se espera que se acumularían en más de 2 metros en el lado de sotavento del cráter en el área de estudio. Si el viento sopla fuerte, casi no habría caída de cenizas en el lado de barlovento. Sin embargo, si el viento es débil, las cenizas se pueden acumular más de 10 cm aún en el lado de barlovento. De acuerdo a la dirección del viento, las cenizas se pueden acumular más de 2 m en las ciudades tales como Quetzaltenango y Retalhuleu y se pueden anticipar serios daños físicos y humanos.

b) Rocas Expulsadas

Si un bloque de un diámetro de 1.5 m es expulsado desde una posición cerca de la

cresta de una montaña con una velocidad inicial de 250 m/seg, puede caer dentro del área a una distancia aproximada de 3.6 km desde el cráter, lo cual incluye el extremo sur de Quetzaltenango, Almolonga, Llano del Pinal, Chicavioc, Las Majadas, El Chorro, y La Calera. Como los bloques con menor tamaño son llevados hacia sotavento, existe la posibilidad de que el área afectada pueda incrementar.

c) Flujo Piroclástico

Si se genera un flujo piroclástico cerca de la cresta actual, posiblemente puede fluir abajo hacia el Valle de Llano del Pinal y alcanzar la parte oeste de Quetzaltenango. Si fluye hacia el lado este, el flujo piroclástico afectará con alta probabilidad las áreas de las ciudades de Quetzaltenango y Almolonga. Además, el flujo piroclástico es acompañado de nube de explosión de ceniza volcánica, lo cual afectará más amplias áreas cerca y corriente debajo de a donde corre el flujo piroclástico.

d) Flujo de Lava

Si fluye lava desde una posición cerca de la cresta actual, puede alcanzar la carretera y casas en el valle de Llano del Pinal sobre el lado oeste. Debido a que la lava que erupció en 1818 está bloqueando, el nuevo flujo es difícil que alcance a Chicué en el lado este. Si la lava fluye desde la ladera oeste, el flujo de lava puede llegar al área amplia del valle de Llano del Pinal. La lava expulsada desde la ladera este puede alcanzar la carretera nacional 9S, y los ríos Almolonga y Samalá.

e) Lahar

Debido a que el Volcán Cerro Quemado está cubierto de lava, la amenaza de lahar es baja. Sin embargo, el lahar puede ser generado en el pie de ladera del Volcán Siete Orejas o del Volcán Santa María. También con estas áreas peligrosas que están cerca del <volcán Santiaguito, el lahar se puede generar debido a lluvias después de la acumulación de cenizas volcánicas desde Santiaguito. También hay una amenaza de lahar sobre la carretera nacional a lo largo de los ríos Almolonga y Samalá.

f) Colapso de Edificio

Si el edificio volcánico colapsa, la avalancha de escombros fluiría hacia el lado oeste o el norte, y alcanzaría casi toda el área del valle de Llano del Pinal y la parte sur de la Ciudad de Quetzaltenango, aún si la avalancha es de pequeña escala. Si la avalancha de escombros fluye hacia el lado este, alcanzaría Almolonga. Además, tiene la amenaza de llegar cerca de La Estancia de la Cruz a lo largo del Río Samalá. Si se genera una

avalancha de escombros de gran magnitud, tendría el amenaza de alcanzar el área entera de la Ciudad de Quetzaltenango.

g) Gas Volcánico

Debido a que el gas volcánico es más pesado que el aire, el gas volcánico saliendo a chorros del cráter fácilmente fluye a lo largo de la topografía del valle. En lo que se refiere al Volcán Cerro Quemado, el gas volcánico fluiría hacia las aldeas de Xetuj, Llano del Pinal, Candelaria Xecac, y Las Canoas, dependiendo del lugar donde aparezca el cráter.

4) Volcán Pacaya

a) Caída de Ceniza

Si hubiera una caída de cenizas similar a la del 20 de Mayo de 1998, en el lado de sotavento de los vientos altos en el aire, las cenizas volcánicas se acumularán más de 10 cm en el área dentro de 5 km desde el cráter, más de 5 en el área dentro de 7.5 km desde el cráter, y más de 1 cm en el área dentro de 15 km desde el cráter. Según la dirección del viento, las cenizas volcánicas se podrían acumular entre 0.1 a .5 mm aún en la Ciudad de Guatemala. De Diciembre a Marzo cuando los vientos del sur son dominantes, las cenizas pueden caer en la Ciudad de Guatemala si una erupción de gran escala ocurre en este período. En el área dentro de 5 km desde el cráter, hay varias aldeas tales como San Vicente Pacaya, El Patrocinio, El Cedro, Mesillas Bajas, etc.

b) Rocas Expulsadas

Si un bloque de un diámetro de 1.5 m es expulsado desde una posición cerca de la cresta de una montaña con una velocidad inicial de 150 m/seg, puede caer dentro del área a una distancia aproximada de 1.6 km desde el cráter. Por lo tanto, tales rocas expulsadas no llegarían a las aldeas. Sin embargo, como se incluyen en esta área al Cerro Chino y la cola de montaña, los daños pueden ocurrir a la antena y las instalaciones de mantenimiento. Como los bloques con menor tamaño son llevados hacia sotavento, existe la posibilidad de que el área afectada pueda incrementar.

c) Flujo de Lava

Debido a que los lados norte y este están bloqueados por el extremo de la caldera, el flujo de lava fluiría desde el oeste al sur. Si fluye hacia el lado suroeste, se expandiría lateralmente en el pie de ladera, haciendo que fluya en una menor distancia. Por lo tanto, el flujo de lava no alcanzaría la carretera la carretera que conecta El Patrocinio y Los Pocitos,

pero puede cruzar la carretera si la lava fluye al lado sur o norte.

d) Lahar

Los valles a lo largo de la carretera sobre el margen sur del Lago Amatitlán pueden sufrir lahar. Colonia Loma del Rito, Finca el Embeleso, Granja el Rincón, y Finca el Llano están localizados a la salida de valles y pueden ser fácilmente afectados por lahar. El pie de monte del Volcán Pacaya está cubierto por flujo de lava donde el lahar no puede ocurrir fácilmente. Sin embargo, en el pasado los lahares ocasionaron daños a Los Ríos y El Patrocinio y todavía pueden recibir daños en el futuro. Los valles están muy cortados cerca de El Cedro, el cual puede convertirse en una fuente de lahar.

e) Colapso de Edificio

Si un edificio volcánico colapsa, la avalancha de escombros fluiría al lado suroeste. Sin embargo, fluiría cerca de Finca Berlín, Finca El Tulillo, y Finca Santa Fe, a lo largo del Río Metapa, aún si la escala es pequeña.

f) Gas Volcánico

Debido a que el gas volcánico es más pesado que el aire, el gas volcánico saliendo a chorros del cráter fácilmente fluye a lo largo de la topografía del valle. En lo que se refiere al Volcán Pacaya, el gas volcánico fluiría fácilmente hacia los lados oeste y sur debido a que hay un extremo de caldera hacia los lados este y norte. Sobre el talud sur, usualmente hay árboles marchitos y muertos afectados por el gas volcánico.

(4) Area de Estudio de Deslizamientos

1) Ciudad de Guatemala

En el área de la Ciudad de Guatemala, hay taludes cortados de flujos de pómez y los taludes en región montañosa del este y oeste están ocupados por rocas volcánicas del terciario. La amenaza de deslizamientos es mayor en los taludes de pómez. Los taludes que tienen rango A de amenaza se encuentran mayormente en la parte norte del área de estudio. Los taludes de la Zona 6, 17, 18 a lo largo del Río Las Vacas, los taludes en Zonas 2 y 7 en las cuencas de los ríos El Zapote y La Barranca y los taludes en la cuenca del Río Saraya, están clasificados con rango A de amenaza. Durante los períodos de fuertes lluvias, el agua se recolecta de las áreas planas, lo cual es el área de la ciudad, y el agua superficial se recolecta de los valles poco profundos hasta la cabecera de los barrancos, donde se está formando un agujero profundo. En los taludes laterales de valles donde hay puntos de borde, la amenaza de deslizamientos es altamente

posible que empiece desde esa área. No hay muchas casas bajo los puntos de borde debido a que los taludes son muy abruptos, pero las casas justamente encima de los puntos de borde tienen la posibilidad de ser afectados por un deslizamiento.

En el área de Chinautla, localizada al norte de Ciudad Guatemala, han ocurrido grandes deslizamientos con frecuencia y los estratos de pómez fácilmente colapsan en gran escala por la erosión lateral de los ríos

En los valles de las cuencas de los ríos Villalobos y Molino localizados al sur de Ciudad de Guatemala, los taludes de los barrancos muestran estratos de pómez con rango A de amenaza. Los taludes en Zona 14 a lo largo del Río Pinula y los taludes de las Zonas 13 y 21 en la cuenca del Río Guadrón también tienen rango A de amenaza.

Las regiones de montaña a los lados este y oeste de la cuenca de Guatemala tienen rango de amenaza A y B para derrumbe. Sin embargo, en las caras de corte de talud de carretera, la amenaza de caída de rocas es alta debido a que las rocas volcánicas meteorizadas del terciario las constituyen piedra pómez.

Al tiempo del terremoto de 1976, se ha dicho que no mucha gente vivía sobre los taludes o en las áreas cercanas a ellos. Sin embargo, mucha gente, especialmente gente pobre, ha venido a vivir a estos taludes con pendientes menores a 20 grados. Por lo tanto, los desastres anticipados pueden ser mayores de lo previsto.

2) Quetzaltenango

La ciudad de Quetzaltenango está localizada en el Valle de Quetzaltenango, una cuenca intermontana en las altiplanicies volcánicas. Esta cuenca está llena con depósitos de pómez que han provisto un área relativamente plana para el desarrollo de la ciudad.

No hay muchos terrenos colapsados en la Ciudad de Quetzaltenango, y las áreas con rango A de amenaza de derrumbe son limitadas. En los taludes cortados de flujo de pómez en tierras altas extendiéndose desde San Cristóbal a Totonicapán en la parte norte del área de estudio, hay taludes con rango A para desastre por derrumbe. Sin embargo, los deslizamientos que han ocurrido en estos taludes fueron mayormente de pequeña escala en los cuales solamente se removió la parte superficial. Hay taludes bastante empinados que tienen rangos A y B a lo largo de los valles aguas arriba del Río Siguila a Olinstepeque y Cajolá, que consisten de estratos de pómez. La Pedrera, está localiza en una parte de flujo de lava desde el Volcán Cerro Quemado o justo bajo el domo de lava. En los taludes se pueden apreciar bloques agrietados de lava. Hubieron caídas de rocas durante terremotos y lluvias. La amenaza es permanente debido a las rocas fracturadas en la punta del acantilado. Hay unas cuarenta casas del Barrio Santa Ana, que están en peligro de daños por caída de rocas.

Debido a que el talud que continúa desde el Volcán Siete Orejas está cubierto de granos de

cenizas volcánicas desde la erupción de los volcanes Cerro Quemado y Santa María, el agua superficial no se genera fácilmente y los taludes tampoco colapsan fácilmente. Hay muchos taludes empinados en el área de la cuenca de Río Ocosito de la caldera de Siete Orejas, que tienen rango A y B de amenaza. Sin embargo, debido a que no hay muchos lugares ocupados por la gente, esto no causa problema.

3) Antigua

Aún cuando está comprendida dentro del área de estudio de deslizamientos, no se ha encontrado evidencia de grandes deslizamientos en esta área. Los taludes de las montañas o laderas son suficientemente empinados como para colapsar, pero solamente ocurren pequeñas caídas de rocas en los cortes de taludes de CA-1 y la carretera nacional No.10. Una de las razones probablemente es que, dado que el área está cubierta por pómez de caída, la gran capacidad de infiltración de los materiales no permite gran escorrentía durante las fuertes lluvias, y por otro lado, no hay susceptibilidad a terremotos debido a lo liviano y alta adhesión de los granos de pómez.

En el área de Antigua, los taludes que tienen rango A de amenaza están limitados a las montañas del este y las caras de talud de carreteras. No se puede decir que no hay posibilidad de deslizamiento sobre la superficie de deslizamiento de cenizas volcánicas arcillosas, pero la amenaza es muy baja.

4) Región Nor-oeste

La región nor-oeste es el área de montañas altas con elevaciones de 1000 a 3700 msnm. Debido a que la geología es complicada y débilmente reflejados los movimientos tectónicos, y hay muchos taludes muy empinados, el peligro de deslizamientos es alto.

La región que se extiende desde Cuilco a Tacaná consiste de granito profundamente meteorizado, y los deslizamientos ocurren muchas veces en las laderas superiores y los taludes suaves cerca de la cima de la montaña. Se usan amplias áreas de laderas como tierras agrícolas (milpas de maíz) y allí se localizan casa en forma dispersa. De esa manera fácilmente se produce flujo de suelo de los estratos superficiales. En los valles transversos localizados de sur a norte a lo largo del Río Cuilco, hay grandes deslizamientos en forma dispersa.

En el área cerca de Huehuetenango, los valles están llenos de depósitos de flujos piroclásticos procedentes de Los Chocoyos que forman flujos de pómez en tierras altas, y los valles están siendo cortados. En las laderas que se usan como zonas agrícolas, hay muchas cárcavas y hay una gran posibilidad de generación continua de grandes cantidades de arena y tierra. Los flujos de pómez de tierras altas están siendo erodados por invasión lateral acompañada de flujo de los ríos en zigzag.

Sobre los taludes a lo largo de las carreteras al oeste de Aguacatán, se encuentran colapsos en esquistos meteorizados o cerca de los límites de los estratos. Los colapsos ocurren en los taludes superiores e inferiores de las carreteras, y estos pueden caer a las carreteras. De esta manera, la carretera entre Aguacatán y Chiantla puede ser bloqueada.

En los taludes al norte de Sacapulas, existen filitas meteorizadas, y así la amenaza de deslizamientos es alta. Adicionalmente en los taludes al sur del pueblo, hay corrientes de montañas (quebradas) con amenaza de flujo de escombros.

Corre una línea tectónica en el área de estudio de este a oeste, y también emerge una zona de fractura acompañando a esa línea.

5) Región Central

En la región central hay vestigios de rasgos topográficos causados por el terremoto de Guatemala de 1976. Se encuentran muchos deslizamientos o derrumbes de tipo plano (caídas), que colapsaron desde la cima del talud con diferencias de elevación de 150 a 200 m. Los deslizamientos y derrumbes pueden ocurrir fácilmente al tiempo de fuertes terremotos o precipitaciones en el futuro. Es difícil predecir los lugares donde pueden ocurrir grandes deslizamientos. Sin embargo, se puede decir que hay amenaza de deslizamientos en los grandes taludes invadidos por ríos, que tienen una geología irregular, que contienen estratos de arcillas, y que tienen fallas. En las áreas de las cuencas de los ríos Teculchaya, Coloyá, y Los Chocoyos se estima que fácilmente pueden ocurrir deslizamientos de gran magnitud.

Por otra parte, en los taludes empinados con pendientes mayores de 50 grados, se observan muchas áreas colapsadas en las cuales los estratos superficiales de flujo de pómez han colapsado como estratos delgados. La cantidad de tierra colapsada no es mucha, pero esos colapsos ocurrirán frecuentemente con pequeñas lluvias o pequeños terremotos.

En un terremoto con IMM de más de grado IX, fácilmente ocurrirán deslizamientos de gran escala sobre taludes consistentes de depósitos de flujo de pómez. En las áreas teniendo una intensidad entre VIII a VII, los deslizamientos ocurrirán ocasionalmente, y localmente ocurrirán frecuentes derrumbes y caídas de rocas. En lo que se refiere a precipitación, cuando la lluvia diaria sea mayor de 100 mm, ocurrirán frecuentes derrumbes y flujo de escombros.

La carretera conectando Sololá y Panajachel pasa a través de un agudo acantilado. En la mitad de la ladera se observan rocas agrietadas, y permanecen restos de piedra pómez de bloques que se desprendieron en el pasado. En el evento de un terremoto, fácilmente ocurrirá caída de rocas y habrá gran posibilidad de un bloqueo de la carretera. En tiempo de lluvia, algunas rocas que permanecen como piedras flotantes, serían más inestables, debido al flujo de suelos, lo cual producirá la caída de rocas.

(5) Area de Estudio de Inundaciones

1) Cuenca del Río Samalá

a) Resultados de simulación

Las simulaciones se hicieron en tres tipos de inundaciones, y se obtuvieron resultados sobre el área máxima inundada, la profundidad de inundaciones, y el tiempo de llegada de cada tipo de inundación. Se crearon los mapas de amenaza a partir de los resultados de simulación, la clasificación de relieve y la historia de desastres.

b) Area cerca de Retalhuleu

El área aguas arriba del puente Castillo Armas (CA-2) está situada en terrazas. Debido a que las terrazas están localizadas 5 a 6 m más alto que el cauce del río, no se producirá inundación. En el área cerca del Puente Castillo Armas, el ancho del río se ha estrechado. De acuerdo a INSIVUMEH, cuando este puente fue diseñado, tenía 20 m arriba del cauce. Actualmente, el canal del río se mantiene mediante el dragado de los sedimentos. Sin embargo, si el cauce del río se eleva aún más de la altura actual, ambos márgenes podrían ser inundados.

En el área aguas abajo del Puente Castillo Armas, las terrazas bajan gradualmente. Por lo tanto la carretera nacional (CA-2) es altamente posible que sea inundada, teniendo un grado de amenaza A. El pueblo de San Sebastián está localizado lejos del río y no será inundado en el presente. Sin embargo, puede ser inundado si el cauce del río sube en el futuro. En el área aguas debajo de San Sebastián, el cauce del río está extendido y no hay diferencia de elevación desde la superficie de las terrazas en ambos márgenes. Por esta razón la inundación se dispersará fácilmente. El flujo de la inundación correrá hacia el área aguas arriba del Río Ixpatz y el Río Maricón aún a una escala pequeña de inundación. Por lo tanto, el valle se clasifica rango A para amenaza de inundaciones y las áreas de alrededor como rango B y C.

c) Area cerca de cuenca media

La corriente principal de la inundación fluye en el canal actual del río y fluye hacia valles poco profundos hacia el Río Ixpatz conforme se curva el río. Esta área tiene terrazas. Sin embargo, si el cauce del río de la corriente principal se eleva aún más, esta área puede también ser inundada también. Por lo tanto, el área cerca del canal del río se clasifica con rango A de amenaza y las terrazas de alrededor del canal del río con rango B y C.

En el área aguas abajo de La Lolita, el centro de la corriente de inundaciones corre

hacia el Río Oc, y el nivel del agua sube de 2 a 5 m. La inundación no alcanzará la superficie de terrazas sobre el margen izquierdo. Sin embargo, sobre el margen derecho, debido a que existe una amplia planicie de inundación hacia el Río Ixpatz, es altamente posible que sea inundado.

En esta planicie de inundación, se producirán inundaciones de pequeña escala hacia el canal del Río Samalá, pero la inundación de gran escala se dispersará a la planicie de inundación entera. Sin embargo, como la mayoría de las inundaciones fluyen por el cauce actual o el canal antiguo, se considera que son superficiales y se dispersan ampliamente.

Por otra parte, la inundación que fluye hacia el Río Ixpatz, no se dispersa desde el canal del río actual, si la inundación es de pequeña escala. Sin embargo, en tiempos de inundaciones de gran escala, se pueden inundar las tierras bajas o depresiones a lo largo del río, especialmente la aldea de Nueva Candelaria.

d) Area aguas abajo del Río

La inundación corre a lo largo del Río Oc hacia el canal Viejo del Río Samalá. Durante el curso de su recorrido, fluye hacia valles poco profundos tales como Zanjón Cordoncillo sobre la terraza del margen izquierdo. Muchas inundaciones fluyeron hacia los valles poco profundos, continuaron a Laguna Madre Vieja, sobre el margen izquierdo de los ríos Oc y Samalá. Si las inundaciones futuras depositan arena y tierra, la planicie de inundación se puede expandir a estos valles poco profundos en diez o más años. En el área más aguas abajo del río, la mayoría de las inundaciones fluirán hacia la Laguna Güiscopoyol.

Por otra parte, el Río Samalá unido con el Río Ixpatz corre hacia el valle poco profundo sobre el margen derecho antes de la confluencia con el Río Oc. Este valle poco profundo pasa a través de Agrario Las Victorias, pero la aldea completa no será inundada.

e) Area cerca de la desembocadura del río

En la desembocadura del río, las dunas o bancos de arena a lo largo de la playa obstruyen el flujo. Por esta razón, el flujo de la inundación se dispersa a lo largo de la línea de costa y corre hacia pantanos y lagunas dentro de la línea de dunas.

2) Cuenca del Río Acomé

a) Area cerca de La Gomera

El área cerca de La Gomera no será inundada ampliamente debido a que la cuenca tributaria es pequeña. Por lo tanto, la terraza 1, cerca de 1 m más alta que el cauce del río, está clasificada con rango A de amenaza, y la terraza 2, localizada más alto que la terraza 1,

se clasifica con rango B. El pueblo de la Gomera está localizado en la planicie de inundación, pero está clasificado con rango C, debido a que está localizado más alto que las áreas arriba mencionadas.

b) Planicie de inundación desde La Gomera a la costa

El área que se extiende en la costa es una planicie de inundación. No hay una división topográfica clara para dividir los niveles de inundación, pero los pantanos a lo largo del río y la planicie de inundación se clasifican con rango A, y las áreas fuera de ellas como rango B. La curvatura del río tiene de inundación en la dirección del talud socavado. Además, como el río corre hacia abajo, se inunda más fácilmente debido que se pierde la diferencia de altura entre río y planicie de inundación. La planicie de inundación localizada lejos del Río Acomé tiene baja amenaza de inundación por este río. Sin embargo, hay amenaza de ser inundada por los pequeños ríos y los ríos separados del Río Achiguate, así que tiene rango C. Esta planicie de inundación es altamente afectada por inundaciones de los ríos separados del Río Achiguate bajo fuertes lluvias tales como las del Huracán Mitch.

c) Area cerca de la desembocadura del río

Como las dunas se forman en dos líneas a lo largo de la costa, el drenaje al mar no es suficiente y se generan inundaciones detrás de las dunas. Por esta razón, el área detrás de las dunas, los pantanos entre ellas, y la planicie de inundación, se clasifican en rango A de amenaza. Las dunas tienen poca posibilidad de ser inundadas debido a que están localizadas más de 4 m más altas que la planicie de inundación. La alteración artificial del terreno (salina) se clasifica como rango A debido a que está rodeada de un bordo.

d) Area cerca del pueblo Sipacate

Como el pueblo de Sipacate está localizado sobre una duna, no puede ser inundado. Sin embargo, los pantanos alrededor del pueblo están localizados en zonas bajas y tienen topografía en los que fácilmente pueden absorber agua, por lo tanto se clasifican con rango A. Debido a que la carretera a La Gomera está construida sobre bordos, es menos posible que sea inundada.

3) Cuenca del Río Achiguate

a) Area cerca de Antigua Guatemala

Como el Río Guacalate cerca de Antigua Guatemala tiene pequeña área de cuenca

para recolectar agua y las tierras altas están cubiertas por cenizas volcánicas (pómez de caída) que tienen alta permeabilidad, así que la posibilidad de ser inundada en gran escala es baja. Sin embargo, hay depresiones superficiales en ambos márgenes del río, y siendo que este tipo de topografía es más fácilmente inundable, se ha clasificado con rango A. Alrededor de esta área, hay zonas con rango B o C, pero las áreas externas de 200 a 300 m desde el río tienen poca posibilidad de ser inundadas. Por otra parte, el Río Pensativo, el cual es un ramal del Río Guacalate, se inunda frecuentemente. Las inundaciones ocurren a la salida del valle, y sumergen las áreas a lo largo del río. En el área de la Ciudad de Antigua, pueden ocurrir inundaciones en las cuales se pueden inundar algunas calles, pero no la ciudad entera.

b) Área cerca de Ciudad Vieja

Esta área es estrecha y está encajonada entre la región montañosa por el margen izquierdo, y la lava del volcán de agua por el margen derecho. Si el Río Guacalate se represara por flujos de escombros del Volcán de Agua debido a fuertes lluvias, se podría formar una laguna en el área aguas arriba. Por lo tanto esta área de aguas arriba se clasifica como de rango B o C. En los ríos corriendo desde el pie del Volcán de Agua, el cauce del río se elevará debido al canal fijo del río. Por lo tanto, la amenaza de flujo de escombros o flujo de lodo debido a chubascos es alta, así que estos ríos se clasifican con rango A.

La inundación del Río Guacalate no afecta las tierras bajas del norte de San Miguel Dueñas. Sin embargo, como el agua se puede estancar temporalmente y formar lagunas, se clasifica como B o C.

c) Área desde Alotenango a Escuintla

Esta área está encajonada por los volcanes de Agua, Acatenango, y Fuego, formando un valle profundo. Por esta razón no tiene amenaza de inundación. En el área aguas abajo, se forman terrazas en ambos márgenes. Estas y los cauces de los ríos tienen una diferencia de altura. Debido a estas diferencias los cauces 1 y 2 se clasifican con rango A, y el cauce 3 y terraza 1 como rango B. La inundación no alcanzará las terrazas más altas 2 y 3.

d) Área cerca de Escuintla

En esta área cerca de Escuintla el río se hace un poco más amplio. De la diferencia de alturas de las unidades geomorfológicas, los cauces 1 y 2 que tienen los más bajos niveles se clasifican con rango A de amenaza; el cauce 3 con rango B, y la terraza 1 con rango C. Cerca del puente CA-2, como el nivel del margen derecho es levemente más bajo, el río puede ser inundado por una inundación de gran escala y fluir hacia el Río Provincia. El

área aguas abajo será inundada fácilmente debido a que la diferencia de altura del cauce y la planicie de inundación es pequeña. La inundación puede sumergir la Finca Los Cerritos desde el separado Río Tulito. Por otra parte, como la Ciudad de Escuintla está localizada sobre una terraza y una colina (depósito de escombros de rocas) las inundaciones del Río Guacalate no le presentan peligro. Sin embargo, pueden ser inundadas ambas márgenes del Río Limoncillo ya que forman valles poco profundos.

e) Area cerca de Masagua

De la diferencia de altura de varias unidades geomorfológicas, los cauces 1 y 2 están clasificados con rango A de amenaza; y el cauce 3 y las áreas bajas a lo largo del río se clasifican con rango B y C. Masagua no se ha inundado debido a que está localizada a 5 m más alto del cauce del río.

f) Area cerca de la confluencia de los ríos Guacalate y Achiguate

La inundación se esparcirá en un área de amplio rango desde el punto de confluencia de los dos ríos, debido a la pequeña diferencia de altura entre el cauce del río y los terrenos circundantes y el traslape de dos descargas de inundación. Especialmente debido a que el cauce del Río Achiguate es amplio y deteriorado, durante el tiempo de fuertes lluvias, se suministran muchos flujos desde el sur del Volcán de Fuego.

Los cauces 1 y 2, tienen los niveles más bajos, por lo que tienen rango A de amenaza. El cauce 3, el cual es aproximadamente 3 m más alto que los cauces 1 y 2 y la planicie de inundación a lo largo del río, tienen rango B. El área inundada de la planicie de inundación depende de la descarga de la inundación, la diferencia sutil de altura de los terrenos, y la existencia de carreteras, árboles, y casas, pero se asume que es de unos 500 m a ambas márgenes del río. Con una inundación de gran escala, la planicie entera puede ser ampliamente inundada.

g) Planicie de inundación extendiéndose desde la confluencia a la costa

En esta área, se separan muchos ríos del Río Achiguate, y no hay una corriente principal bien definida. Cuando los caudales se incrementan, las inundaciones corren hacia esos ríos separados y se expanden. Esto ocurre especialmente en el margen izquierdo. Con la inundación a los ríos Dolores (seco) y Limón, el área a ser inundada se expande. Además, entre el Río Achiguate y estos ríos no hay características geomorfológicas que obstruyan la inundación, y aún una inundación de pequeña escala puede invadir el Río Limón. Por otra parte, el Río Achiguate está separado hacia la Quebrada del Pilar o muchos ríos secos sobre el margen derecho, pero tienden a fluir hacia el margen izquierdo. Por lo tanto, la

inundación no se expande fácilmente.

h) Area alrededor de la desembocadura

Debido a que la desembocadura del río tiene una característica geomorfológica por la cual es obstruido por una duna, la inundación se expande fácilmente en el pantano o la planicie de inundación en la parte trasera de la duna. Por lo tanto, el pantano en esta parte es clasificado como de rango A de amenaza; y el área exterior al pantano como rango B. Hay ríos secos y vestigios de inundación en algunos lugares, los cuales se considera que se convierten en los centros de flujo en tiempos de inundación.

i) Area cerca del Puerto San José

Como los pantanos cerca del Puerto San José y el área a lo largo del Zanjón Chilate están localizados a la misma altura que el agua superficial, tienen rango A de amenaza. El pueblo del Puerto San José tiene rango B debido a es inundado algunas veces por pequeños ríos. Las dunas a lo largo de la costa y Puerto Quetzal en la alteración artificial de terrenos, están localizadas más alto que las planicies de inundación circundantes. Sin embargo, como fueron inundadas en el tiempo del Huracán Mitch, tienen rango C. Las dunas localizadas en altos niveles del Puerto San José no tienen peligro de ser inundadas.

4) Cuenca del Río María Linda

a) Región Montañosa

Como el Río María Linda fluye a lo largo del valle en la región montañosa, solamente el cauce se clasifica con rango A, B y C. En la zona un poco aguas abajo donde el valle se amplía, la terraza 3 tiene rango B, y la terraza 2 rango C debido a la diferencia de alturas desde el cauce.

b) Area cerca de Las Flores

A lo largo del Río María Linda, como la diferencia de altura entre el cauce y la terraza es de 2 a 3 m, el área no será inundada por inundaciones de pequeña escala. La porción de curvatura del río fácilmente es inundada debido a que el flujo se hace más lento en este punto. Además, como la superficie de la terraza de esta área es levemente más baja que los alrededores, tiene rango B de amenaza. Otras terrazas cerca del río tienen rango C. Al tiempo del Huracán Mitch, la aldea de Las Flores fue inundada a una profundidad de 1 m.

El área cerca de Brito también tiene rango B debido a que la curvatura del río fácilmente es inundada. La terraza 2, donde hay una aldea tiene rango C. La planicie de

inundación aguas abajo tiene rango C debido a que su altura es igual a la del cauce. Por otra parte, la terraza 3 entre los ríos Asuchillo y Michatoya y la meseta de depósitos de avalancha de escombros sobre el margen derecho del Río Michatoya no tienen amenaza de inundación debido a que hay suficiente diferencia de altura desde el cauce del río.

c) Area cerca de confluencia de los ríos María Linda, Asuchillo, y Michatoya

Como no hay pendiente en el cauce y aún el punto de confluencia no está claramente definido, el flujo de la inundación no corre suave corriente abajo. Por esta razón, la planicie de inundación a lo largo del río tiene rango A de amenaza, y el área fuera de la planicie de inundación tiene rango B. Como la planicie de inundación que se extiende desde esta área a la costa es plana, no tiene una topografía propia para detener la inundación, por eso el área completa tiene rango C. Los puntos donde los canales se separan tienen rango B debido a que el río puede inundar hacia la dirección del canal. La extensión de la inundación depende de la pequeña diferencia de altura y de la existencia de carreteras o caminos y canales.

d) Planicie de Inundación

El área cerca del río y los pantanos a lo largo del río tienen rango A de amenaza, y las áreas circundantes tienen rango B. Especialmente las porciones curvadas del río tienen la característica que el río inunda hacia el talud socavado. Debido a que los pantanos cerca de la confluencia con el Río Naranjo no tienen límite claro del río, aún las inundaciones de pequeña escala se diseminarán ampliamente y serán poco profundas. En algunos lugares hay bordos a lo largo del río. Estos bordos tienen un efecto temporal para detener las inundaciones de pequeña escala y pueden cambiar temporalmente la dirección del flujo, pero no pueden resistir una inundación que exceda las de pequeña escala o el oleaje del agua por mucho tiempo.

e) Area cerca de Iztapa

Debido a que hay dos líneas de dunas a lo largo de la línea de costa, el agua que fluye del río es mansa y el río se inunda fácilmente atrás de las dunas. Por esta razón, el área atrás de las dunas, los pantanos entre las dunas, y la planicie de inundación se clasifican con rango A de amenaza. Además, la duna en la segunda línea que tiene menor nivel tiene rango B. Algunas de las dunas en Iztapa y Puerto Viejo generalmente tienen baja posibilidad de ser inundadas. Sin embargo, como la desembocadura del Río María Linda tiene un drenaje estrecho como cuello de botella y tiene un área de cuenca muy amplia, se

puede recolectar una gran cantidad de flujo de inundación, y el nivel del agua puede subir fácilmente comparado con el Río Acomé. Por lo tanto, las dunas cerca de la desembocadura del río tienen rango C y el grado de amenaza baja según sea mayor la distancia desde la desembocadura del río.

2.3.10 Mapa de Amenaza SIG

Durante el estudio elaboramos varios mapas relacionados a los mapas de amenaza. Además, recolectamos varios mapas relacionados propiedad de las organizaciones concernidas, incluyendo INSIVUMEH. Mientras que los mapas previamente eran manejados como basados en papel, los computadores y software proporcionados por JICA nos permiten que mucha de la información sea ahora manejada usando SIG.

Creamos el SIG de mapas de amenaza para organizar los mapas y permitir a INSIVUMEH manejar fácilmente la información geográfica relacionada a información de desastres. Este sistema se propone facilitar la acumulación futura de datos de desastres y el manejo de mapas de amenazas, que se espera contribuirá a realzar la eficiencia de operaciones de INSIVUMEH y, consecuentemente, mejorar la resistencia a desastres de Guatemala. Además, los ingenieros de INSIVUMEH han participado en entrenamiento de SIG como parte de la transferencia de tecnología del grupo de estudio, y podrán mejorar sus destrezas tecnológicas mediante SIG. Se recomienda que en el futuro, INSIVUMEH maneje varios datos de mapas incluyendo los existentes en este sistema.

La Figura 2.3.10-1 muestra la estructura del mapa de amenaza SIG.

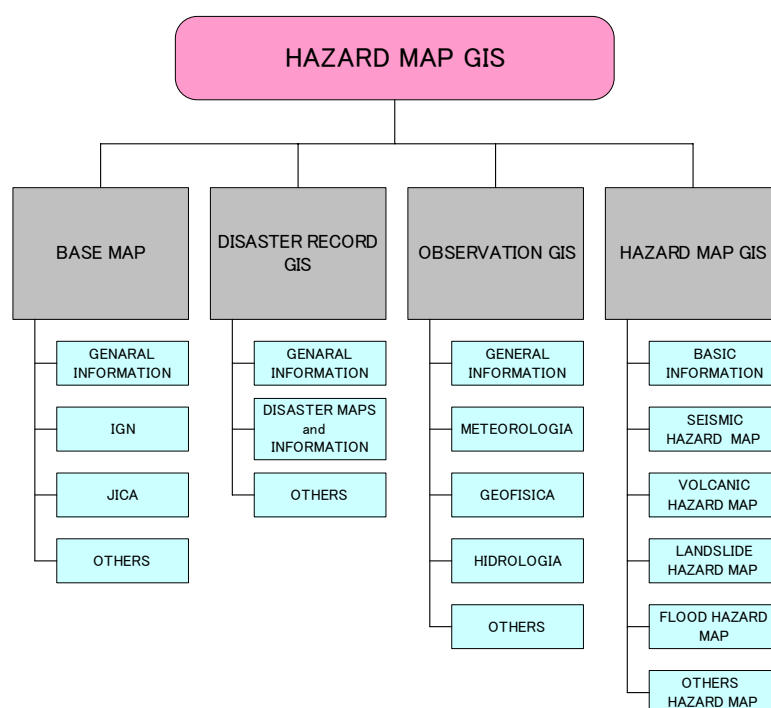


Figura 2.3.10-1 Bosquejo de Mapa de Amenaza SIG

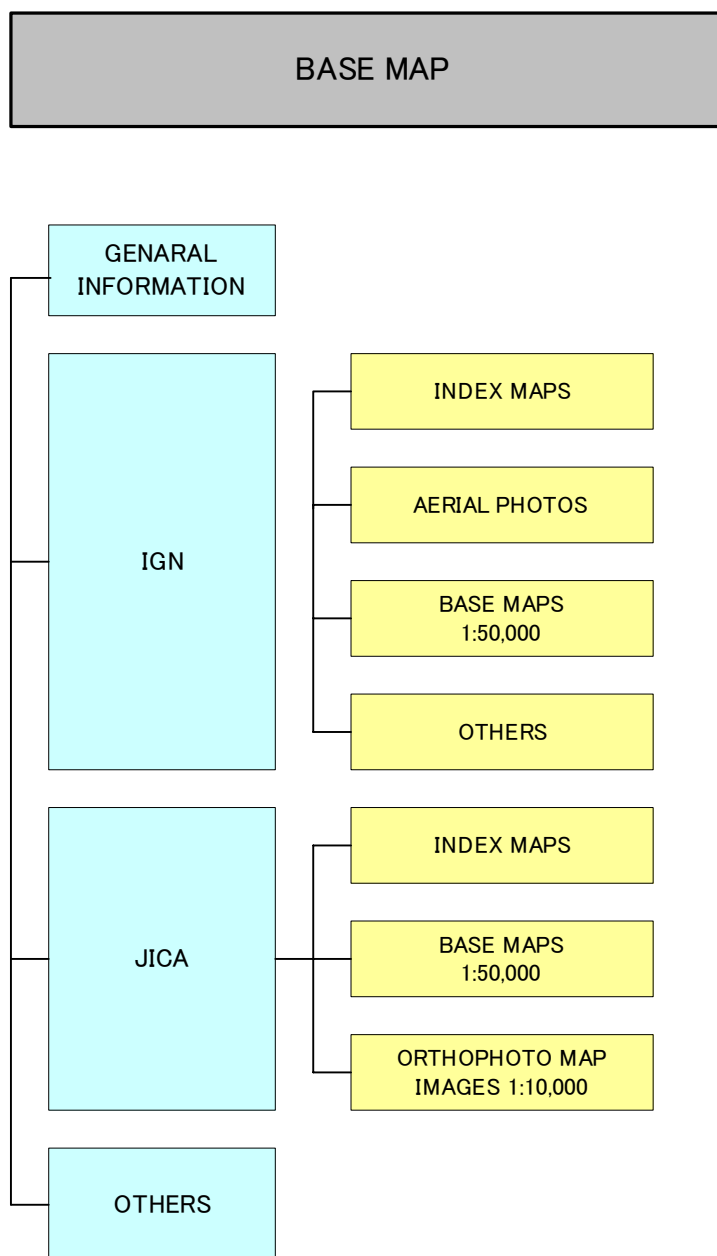


Figura 2.3.10-2 Estructura de Base de Datos de Mapas Básicos