

Figura 2.3.4-6 Distribución de Terremotos (desde 1984 a 2001)

### 3) Frecuencia de Terremotos

El registro de la actividad sísmica constante provee una base para estadísticas preliminares. Simplemente viendo los registros de datos de 1984 a 2001, un registro de 17 años, es suficiente para establecer algunas tendencias. La Tabla 2.3.4-6 muestra las estadísticas básicas.

Tabla 2.3.4-6 Frecuencia de Terremotos (considerando todas las fuentes)

Magnitud	Epicentros '84-'01	Frecuencia	Intervalo de Retorno
4 to 5	3605	212/año	1.7 días
5 to 6	196	11.5/año	4.5 semanas
6 to 7	5	0.3/año	3.4 años

Se debe recordar que estas estadísticas son simplemente promedios y pueden no aplicarse uniformemente a través de todo el territorio. Eso significa que un período de retorno de un mes simplemente nos dice que un temblor especificado ocurrirá en alguna parte de Guatemala aproximadamente en un mes. Aunque hay registros de 17 años, el último terremoto en Guatemala con una magnitud mayor de 7 fue hace 26 años, y no está incluido en este grupo de datos. Si se usa un registro más largo de sismicidad para análisis, se incluirán los terremotos

más grandes. Pero la frecuencia de terremotos no cambiará mucho para  $M \leq 7.0$ . Además, usando un registro más largo de sismicidad, no necesariamente dará estadísticas más precisas debido a los pocos sensores y la poca sensibilidad de los mismos.

Los terremotos históricos (algunos que ocurrieron después de la conquista de los Españoles hasta 1976) han sido resumidos por D. T. Tocher, T. Turcotte, y J. Hobgood (1978). Muchos de los daños causados por terremotos ocurrieron al sur de las fallas de San Agustín y Motagua. Los daños reportados se proveyeron para las regiones con ciudades grandes, alrededor de las ciudades de Guatemala y Quetzaltenango. Aunque la causa para la repetición de estos terremotos destructivos no es clara todavía, la identificación de los centros sísmicos y la relación de los terremotos a los movimientos de dislocación deberá ser examinada en el futuro.

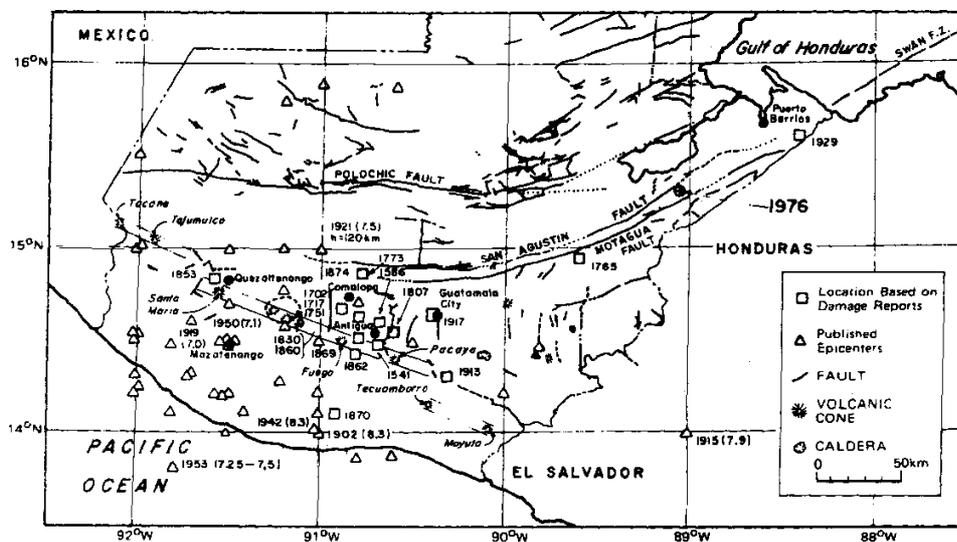


Figura 2.3.4-7 Sismicidad Histórica de Guatemala ( -1976 )

#### 4) Tipos de Fallas

##### a) Falla de Rumbo (Direccional)

Este tipo de falla se caracteriza por un movimiento lateral ya que los dos bloques se mueven a lo largo del plano de falla paralelo a cada otro pero en dirección horizontal opuesta.

En la superficie, el terreno se puede romper en este patrón horizontal u otro patrón más

complejo dependiendo de la geología y geometría de las condiciones de la falla. Este tipo de falla es muy común y ocurre en áreas sísmicamente activas.

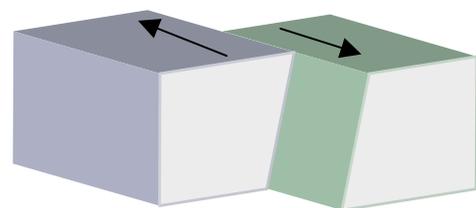
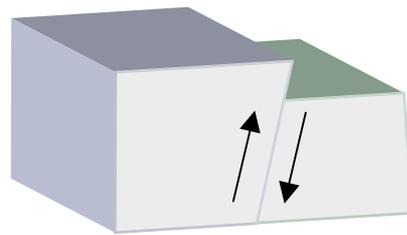


Figura 2.3.4-8 Falla de Rumbo (Direccional)

**b) Falla de Buzamiento o Echado (Transversal)**

Este tipo de falla se caracteriza por un movimiento vertical cuando los dos bloques se mueven a lo largo del plano de falla paralelo a cada otro pero en dirección vertical opuesta. En la superficie, el terreno se puede romper en este patrón vertical u otro patrón más complejo dependiendo de la geología y geometría de las condiciones de la falla.



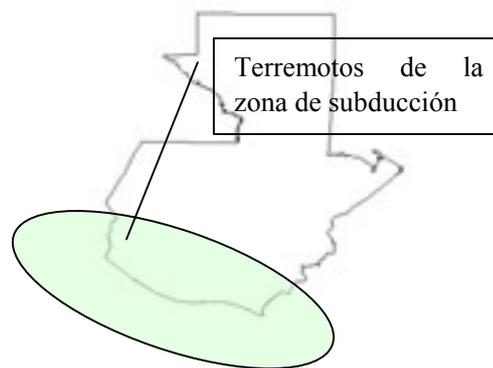
**Figura 2.3.4-9 Falla de Buzamiento o Echado (Transversal)**

**5) Tipos de Terremotos**

En esta región, la actividad sísmica puede ser clasificada en 3 categorías básicas o tipos: a) zona de subducción, b) Arco volcánico y c) Interplaca. Cada uno de estos tipos de terremotos tiene características individuales e influencia diferentes áreas.

**a) Terremotos de la Zona de Subducción**

Los terremotos de la zona de Subducción ocurren en o cerca de la zona de subducción de Cocos-Caribe. La sismicidad es generalmente muy profunda (más de 20 km) y asociada con fallamiento de echado o buzamiento que tiene una componente de movimiento vertical. La profundidad de estos temblores amortiguan los efectos del movimiento, así que los terremotos pequeños producidos en la zona de subducción raramente producen daños o son sentidos. Los grandes terremotos de la zona de subducción son infrecuentes pero cuando ocurren afectan toda la costa del Pacífico y las regiones de tierras altas (Ciudad de Guatemala, Quetzaltenango, Mazatenango, Escuintla).



**Figura 2.3.4-10 Terremotos de la Zona de Subducción**

Para este tipo de terremotos a más lejos la tierra interior desde la costa del Pacífico, más profundo el centro sísmico. Los terremotos representativos de este tipo son los de 1902 (M=7.5) y el de 1942 (M=8.3).

### b) Terremotos de Fallas Menores a lo largo del Arco Volcánico

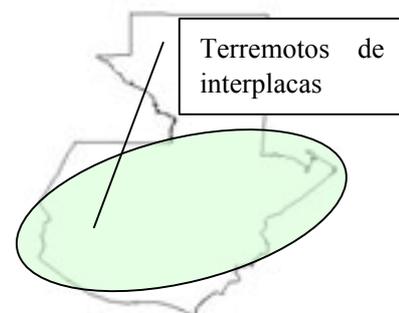
Los terremotos del arco volcánico están asociados con la actividad volcánica y son relativamente superficiales y limitados en área y magnitud. También son conocidos como terremotos de la corteza superior debido a que generalmente ocurren a profundidades inferiores a 20 km. La magnitud raramente es mayor de 6.5 pero aún una magnitud de 5.7 puede ser destructivo. Esto es debido a que estos terremotos se originan en zonas superficiales asociadas con el arco volcánico. También, el arco volcánico es prominente a lo largo de toda la costa del Pacífico, así que esta área es susceptible a los terremotos del arco volcánico. Esto incluye la Ciudad de Guatemala, Quetzaltenango, Mazatenango, y Escuintla dentro del área de estudio. Los terremotos del arco volcánico son una amenaza muy significativa.



**Figura 2.3.4-11 Terremotos del Arco Volcánico**

### c) Terremotos de Interplacas (Norteamérica-Caribe y Cocos-Caribe)

Los terremotos de interplacas incluyen todos aquellos asociados con los límites entre las placas del Caribe y de Norte América. Estos son generalmente superficiales (menos de 20 km de profundidad) y son conocidos también como terremotos de la corteza superior. Sin embargo, el mecanismo de los terremotos interplaca es bastante diferente de los del arco volcánico. En Guatemala los terremotos de interplaca son producidos primariamente a lo largo de fallas asociadas con el límite interplaca. Estos pueden ser muy grandes, y ya que generalmente son superficiales, pueden ser muy destructivos sobre grandes áreas. Este tipo de terremotos a menudo causa daños destructivos en las regiones interiores. Ejemplos típicos son el de 1976 y los terremotos cerca de Puerto Barrios en 1999 y cerca de Chimaltenango en 1773.



**Figura 2.3.4-12 Terremotos de Interplacas**

## 6) Condiciones Geológicas de las Areas de Estudio Sismológicas

### a) Area de Ciudad de Guatemala

La ciudad de Guatemala está localizada en el Valle de Guatemala, en el Graben de Guatemala, a lo largo del parte-aguas continental. La geología subyaciendo la ciudad es

primariamente de depósitos de pómez, que están localmente retrabajados e intercalados con depósitos lacustres o de paleosuelos. También existen áreas menores de rocas volcánicas más antiguas (terciario). Estos depósitos de ceniza están sujetas a la erosión muy rápida y por eso el valle tiene cárcavas profundamente erosionadas. Varias fallas en el área de Mixco han sido documentadas y se han observado sus movimientos, lo que confirma que algunas de estas fallas actualmente son activas. Los niveles de agua subterránea en los sedimentos subyacentes varían entre 5 a 330 metros bajo la superficie, con los niveles más superficiales en las áreas más bajas. La profundidad promedio es de 83 metros bajo la superficie

#### **b) área de la Ciudad de Quetzaltenango**

La ciudad de Quetzaltenango está localizada en el Valle de Quetzaltenango, una cuenca topográfica en las tierras altas volcánicas atrás de la cadena de volcanes a lo largo de la costa del Pacífico. La cuenca topográfica está llena de depósitos de Ignimbrita (pómez y rocas piroclásticas), que tienen un espesor de aproximadamente 100 metros. El área al sur de la ciudad está limitado por depósitos más recientes de escombros de avalanchas y otras rocas volcánicas, y el último está caracterizado por acantilados muy inclinados e inestables que tienen una historia de deslizamientos disparados por lluvias o terremotos. Hay varias pequeñas fallas en el valle con localizaciones inferidas que no parecen estar activas. Los niveles de agua subterránea en los sedimentos subyacentes varían entre 2 y 62 metros bajo la superficie, con los niveles más superficiales en pozos superficiales y en áreas adyacentes a las corrientes. El promedio de profundidad es de aproximadamente 20 metros bajo la superficie.



**Foto2.3.4-1 Pozo en La Línea, Quetzaltenango**

#### **c) Mazatenango**

Mazatenango está localizado sobre la base de la pendiente del Pacífico, al pie de varios volcanes, siendo el más prominente el de Santa María y el más viejo de Santo Tomás. Estos volcanes proveen una constante fuente de sedimentos que están siendo transportados a la planicie costera del Pacífico. La geología local consiste de depósitos de abanicos volcánicos de origen fluvial o lahárico. No hay rasgos estructurales en esta área, sin embargo, el área costera del Pacífico está situada entre la zona volcánica del Pacífico y

la trinchera costera de Meso-América, ambas asociadas con la zona de subducción Cocos-Caribe. El nivel del agua subterránea subyaciendo los sedimentos es de 254 m bajo la superficie en ciertos pozos.

#### **d) Escuintla**

Escuintla está localizada en la base de la pendiente del Pacífico, al pie de varios volcanes, siendo los más prominentes el de Agua y el de Fuego. Estos volcanes proveen una fuente constante de sedimento que son transportados hacia la planicie costera del Pacífico. La geología local consiste de varios sedimentos fluviales y lahares y depósitos volcanoclásticos. En el mapa geológico (1:250,000) hay 2 fallas que están representadas cerca de Escuintla. Sin embargo, no se muestra el movimiento a lo largo de estas fallas, y las mismas no aparecen en el mapa geológico más detallado de 1:50,000, por lo tanto, son probablemente asociadas con gran volcanismo prehistórico y no son actualmente activas. No es seguro si estas fallas se han realmente localizado en el área o solamente se han inferido. Los niveles de agua subterránea en el área varían desde pozos artesianos hasta 30 m bajo la superficie. La profundidad promedio es de aprox. 10 m bajo la superficie. Hay un pozo precisamente al norte de la ciudad (San Antonio Calvillo) el cual es artesiano y la profundidad del agua incrementa hacia el sur. Los manantiales en el área confirman los niveles de agua subterránea dentro de la ciudad y los pozos alrededor de la misma muestran la distribución de los niveles de agua en el área. Los ingenieros del Departamento de Agua Municipal indicaron sobre un mapa la tendencia general de los niveles de agua subterránea alrededor del área de Escuintla.

#### **e) 5. Puerto Barrios**

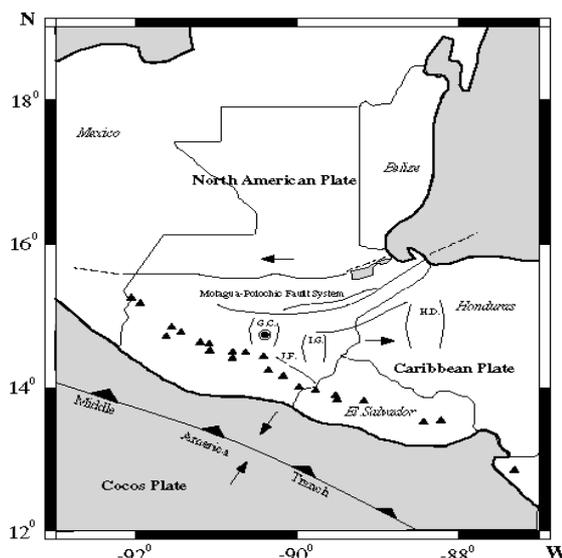
Puerto Barrios está localizada en la Bahía de Amatique en la ensenada a la Bahía de Santo Tomás a lo largo de Costa Caribe de Guatemala. Se localiza al este de la terminal de ferrocarriles, es un importante puerto industrial y comercial. La geología del área es altamente diversificada debido a la influencia de ambas placas la del Caribe y la de Norte América. Regionalmente hay rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas variando desde el Paleozoico al Cuaternario. Los mapas geológicos detallados son muy limitados en alcance y disponibilidad; el mapa más ampliamente disponible y conocido es el de la edición de 1970 en escala 1:500,000. Se obtuvieron varios otros mapas relacionados a las actividades de exploración de petróleo, pero su alcance es muy limitado a las áreas de exploración. Puerto Barrios no es específicamente un área de exploración de petróleo. Localmente Puerto Barrios está localizado sobre formaciones sedimentarias de aluviones del Cuaternario y varias otras más antiguas (Terciario superior). El área alrededor de Puerto

Santo Tomás se caracteriza por rocas carbonatadas del Pérmico, con un afloramiento de rocas carbonatadas del Cretáceo. Los más prominentes rasgos estructurales son la falla de Motagua, varias otras fallas asociadas con la zona de fractura de Swan, y plegamiento (anticlinal y sinclinal). Las fallas en el área son directamente relacionadas al movimiento de placas y por lo tanto una fuente constante de actividad sísmica. Cerca de la costa, los niveles del agua subterránea son muy superficiales, cerca del nivel del mar. Más tierra adentro donde las elevaciones son de varios metros, el agua subterránea es un poco más profunda pero todavía cerca del nivel del mar. Los niveles de agua subterránea en el área varían desde 0.5 a 21 m bajo la superficie, dependiendo cuán lejos tierra adentro esté el pozo.

**(5) Antecedentes Vulcanológicos**

**1) Distribución de Volcanes en Guatemala**

El frente volcánico de Guatemala se extiende a lo largo de la zona de subducción de las placas del Caribe y de Cocos. Los estratovolcanes se alinean a lo largo de este frente. Guatemala tiene cerca de 288 volcanes y estructuras que parecen haberse originado de volcanes (INSIVUMEH, 2000), los cuales mayormente pertenecen a esta zona volcánica a lo largo de la costa del Pacífico. Dentro de estos, solamente han sido registradas las actividades eruptivas de tiempos históricos<sup>1</sup> para ocho volcanes: Tacaná, Santa María, Santiaguito, Cerro Quemado, Atitlán, Acatenango, Fuego, y Pacaya.



**Figura 2.3.4-13 Distribución de los principales volcanes en Guatemala**

<sup>1</sup> Tiempos anotados en los documentos históricos: Prácticamente a partir de la época del dominio español

## 2) Características de los volcanes para los que se elaborará mapa de amenaza

**Tabla 2.3.4-7 Volcanes para los cuales se elaborará mapa de amenaza**

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Departamento
Tacaná	15°08' N	92°07' W	4,092m	San Marcos/ México
Santiaguito	14°44' N	91°34' W	2,500m	Quetzaltenango
Cerro Quemado	14°48' N	91°31' W	3,197m	Quetzaltenango
Pacaya	14°23' N	90°36' W	2,552 m	Escuintla/Guatemala

(Fuente: Volcanes en Guatemala, INSIVUMEH(2000))

### a) Volcán Tacaná

#### ◆ Sinopsis de Historia de Erupciones

No hay registro de erupciones magmáticas en tiempos históricos sino solamente de actividades de gases de fumarolas con pequeñas erupciones freáticas.

Las actividades de fumarolas han ocurrido en 1855, 1878, 1900 a 1903, 1949 a 1950, y 1986 a 1987. La última actividad creó un pequeño cráter a una elevación de 3,600 m sobre el pie de montaña al nor-oeste.

Aunque no hay registros de erupciones magmáticas en tiempos históricos, debe de haber habido definitivamente colapsos de edificios, avalanchas de escombros, flujos piroclásticos, flujo de lava, y flujo de escombros durante los tiempos geológicos<sup>2</sup>. Sin embargo, no hay informe de investigación que identifique un período de erupción o una cantidad total de eyección.

Orillas de caldera que parecen haber resultado de colapso de edificios se encuentran al lado este de la cima del Volcán Tacaná. Debido a que todos los bordes de la caldera están abiertos hacia el lado oeste, las avalanchas de escombros deben haber bajado hacia el lado oeste (lado Mexicano) del volcán.

Sobre el lado Guatemalteco, se encuentran depósitos de pequeña escala en las cuencas altas del Río Majadas sobre el pie nor-este del volcán.

Aunque se encuentran marcas de flujos piroclásticos (flujos de pómez) que bajaron hacia Córdoba, Unión Juárez (ambos del lado Mexicano) sobre el pie de montaña sur-sureste, los detalles son aún desconocidos debido a que los estudios geológicos no han avanzado todavía en ese aspecto.

Los flujos de lava se encuentran al pie de montaña en los lados norte y sur. Hay flujos de lava altamente viscosa de andesita y dacita. Su período de erupción es desconocido.

#### ◆ Casos de erupción a ser considerados

No hay registros de erupciones magmáticas en los tiempos históricos que puedan ser

usados como referencia para la elaboración de mapas de amenaza. Respecto de los tipos de erupciones y escalas en los mapas de amenaza, deberán ser consideradas las erupciones en los tiempos geológicos.

◆ Patrones de erupción y causas de desastre

De acuerdo al examen actual, se han considerado cuatro patrones de erupción y causas de desastre, tal como sigue:

- Erupción pliniana (caída de cenizas y flujo piroclástico)
- Colapso de edificio (avalancha de escombros y explosión lateral o voladura)
- Flujo de lava
- Gas volcánico
- Ocurrencia de lahar y flujo de escombros debido a lluvia después de la erupción

#### **b) Volcán Santiaguito**

◆ Sinopsis de Historia de Erupciones

El Santiaguito es un volcán combinado hecho de cuatro domos de lava (Caliente, La Mitad, El Monje, y El Brujo) formados sobre el pie sur del volcán Santa María. El volcán Santa María tuvo una erupción Pliniana en Octubre de 1902, generando un cráter de 1,000 m de longitud y 700 m de ancho en el pie sur-oeste.

En el volcán Santiaguito, un domo de lava formado en 1922 en este cráter, continúa sus actividades eruptivas desde su formación hasta el presente. Este volcán ha tenido repetidamente flujos de lava, flujos piroclásticos y caída de tefra. En particular, tuvo una erupción Pliniana y subsecuente flujo piroclástico en 1929.

Desde 1978, las descargas de cenizas volcánicas que cayeron en la cuenca y la erosión del cuerpo del volcán se han vuelto activos. Siempre que ha llovido estas sustancias fluyen hacia los ríos y hacia la cuenca baja como flujos de lodo y lahares. El lahar que bajó al Nima II golpeó varias de las aldeas aguas abajo. Los lahares siempre están ocurriendo cuando hay una fuerte lluvia.

◆ Casos de erupción a ser considerados

La erupción más destructiva fue la de Santa María en 1902 antes de formarse el volcán Santiaguito. La cantidad total de eyección a este tiempo varía dependiendo de los estudios, y se estima en 8.3km<sup>3</sup> según el estudio de depósitos y de 20km<sup>3</sup> del estudio de concentración de cristales. Las columnas de erupción subieron tan alto como 28km. La tasa de erupción de materiales piroclásticos se estima ser de 1.2×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>/s en promedio (Williams y Self, 1983).

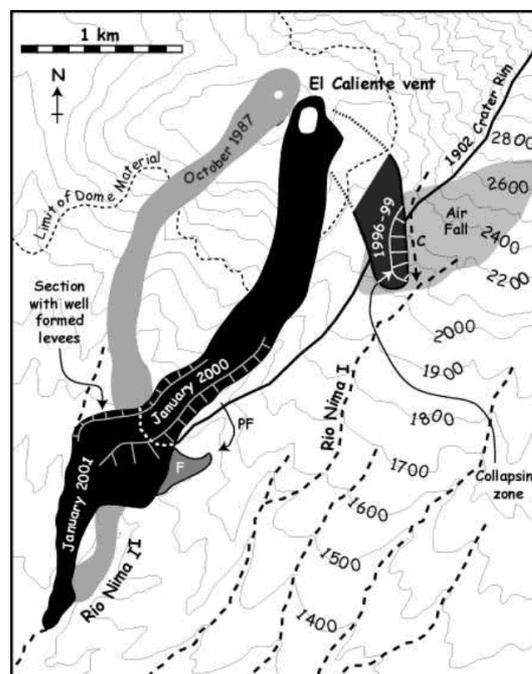
---

<sup>2</sup>Se refieren a los tiempos prehistóricos, que son eras aclaradas por estudios geológicos.

---

La siguiente más destructiva erupción fue la de tipo Pliniano de 1929. En este tiempo, parte del domo colapsó y ocurrió un flujo piroclástico que bajó a las cuencas del Río Nimá y Río Tambor por unos 10 km hasta llegar cerca del El Palmar. La cantidad total de materiales piroclásticos fue de más de  $1.5 \times 10^7 \text{m}^3$  y el rango de influencia significativa se extendió hasta casi  $15 \text{km}^2$ .

Por otro lado, también se deberán considerar los lahares que continúan produciendo serios daños en varios años. Sin embargo, las descargas recientes de lava deberán ser consideradas porque una de las causas de suministro de materiales de lahar es los flujos de lava. La Figura 2.3.4-14 muestra la distribución de flujos de lava reciente.



**Figura 2.3.4-14 Distribución de flujos de lava en años recientes**

(fuente: Smithsonian homepage, INSIVUMEH)

◆ Patrones de erupción y causas de desastre

De acuerdo al examen, se han considerado cinco patrones de erupción y causas de desastre, tal como sigue:

- Erupción pliniana (caída de cenizas y flujo piroclástico)
- Colapso de edificio (avalancha de escombros y explosión lateral o voladura)
- Flujo de lava
- Ocurrencia de flujo piroclástico debido a colapso de domo de lava
- Gas volcánico
- Ocurrencia de lahar y flujo de escombros debido a lluvia después de la erupción

**c) Cerro Quemado**

◆ Sinopsis de Historia de Erupciones

La única erupción histórica es el flujo de lava de 1818. Sin embargo, durante los tiempos geológicos se han identificado varias etapas de actividad.

La última actividad fue un evento ocurrido hace unos 1,150 años. Colapsó un sector en la ladera nor-oeste, produciendo una avalancha de escombros que bajó al valle del Llano del Pinal por 6 km, alcanzando el oeste de Quetzaltenango. Se ha podido conocer, a través del estudio de clasificación de relieve, que se formó un domo de lava en el sitio de colapso. Desde los cráteres central y sur, se reconocieron dos etapas de flujo de lava, que se habían formado previo a este evento, y ambos fueron el resultado de actividades en la segunda mitad del Holoceno. Al este de la montaña se formó el flujo de lava Paxmux en el Holoceno, que es considerado como parte de Cerro Quemado, en base a los constituyentes y similitudes morfológicas, aunque no se traslapa con otras unidades de Cerro Quemado.

Como otros volcanes que han estado activos previo a este evento, está el flujo de lava La Pradera al norte de Cerro Quemado y Volcán Almolonga, y rodeado de domos de lava al este. Se puede encontrar comúnmente que a lo largo del lado norte de Quetzaltenango y alrededor de Almolonga, se acumularon depósitos de flujo piroclástico (ignimbrita Los Chocoyos), cuando se formó la caldera de Atilán hace 84,000 años.

◆ Casos de erupción a ser considerados

Las actividades de erupción de Cerro Quemado se caracterizan por el flujo de lava altamente viscosa y la subsiguiente formación de domos de lava. Sin embargo, el Cerro Quemado tuvo una erupción catastrófica hace unos 1,150 años. Este evento incluye tales fenómenos como el desarrollo de un criptodomo, colapso de edificio, avalancha de escombros, explosión lateral y subsecuente flujo piroclástico, formación de domos de lava en el sitio de colapso, y subsecuente ocurrencia de flujo de escombros. Abajo se resumen los eventos en base principalmente a la homepage MTU.

Los depósitos de avalancha de escombros acumulados hace 1,150 años están distribuidos sobre 13 km<sup>2</sup> en el valle de Llano del Pinal. El espesor de los depósitos es de 5 a 7 m en los extremos y de 10 m en promedio. El volumen de estos depósitos es de aproximadamente 0.13 km<sup>3</sup>. Hay más de 150 montículos, relieve característico de avalancha de escombros.

Los depósitos de la explosión (voladura) lateral que ocurrió después de la avalancha de escombros cubre unos 40 km<sup>2</sup> al oeste de Cerro Quemado. Estos depósitos se acumularon sobre la montaña del volcán Siete Orejas al lado opuesto, por una extensión de 500 m o más. Estos depósitos se considera que ocurrieron simultáneamente a la avalancha de escombros, debido a que estos y los depósitos de avalancha de escombros son continuos,

y no se encuentra discontinuidad debido a la meteorización o erosión. Si se asume que el espesor promedio de los depósitos es de 10 a 25 cm, el volumen de la voladura lateral es de 0.004 a 0.012 km<sup>3</sup>.

Adicionalmente, los depósitos de flujo piroclástico conteniendo mucha piedra pómez están apilados sobre los depósitos de la voladura lateral. Los depósitos son de un espesor máximo de 6 m y son más gruesos en posiciones más bajas. Debido a que los depósitos se encuentran principalmente sobre el extremo sur (cuenca alta) del valle del Llano del Pinal y cerca de Siete Orejas, se asume que no se han originado de la parte del escarpe de Cerro Quemado, sino que son los depósitos de voladura lateral acumulados sobre los alrededores de los distritos montañosos que fueron destruidos después (Conway et al., 1992).

◆ Patrones de erupción y causas de desastres

De acuerdo al examen hasta ahora, se han considerado cuatro patrones de erupción y causas de desastre, tal como sigue:

- Erupción pliniana (o vulcaniana) (caída de cenizas y flujo piroclástico)
- Colapso de edificio (avalancha de escombros, voladura lateral y flujo piroclástico)
- Flujo de lava
- Gas volcánico
- Ocurrencia de lahar y flujo de escombros debido a lluvia después de la erupción

**d) Volcán Pacaya**

◆ Sinopsis de Historia de Erupciones

El volcán Pacaya, un complejo volcánico de gran escala formado al sur de la caldera del de Amatitlán, ha tenido las siguientes actividades en el pasado. La historia de las erupciones del volcán Pacaya está descrita en detalle por Kitamura (1995).

A mediados del Pleistoceno, ocurrió un flujo de pómez en gran escala y se generó la caldera de Amatitlán.

Hace unos 110,000 a 84,000 el estratovolcán ancestral repitió muchas veces el flujo de lava de andesita y la erupción de escoria. El relieve de este cuerpo volcánico todavía permanece en el nor-oeste a nor-este de las calderas Laguna.

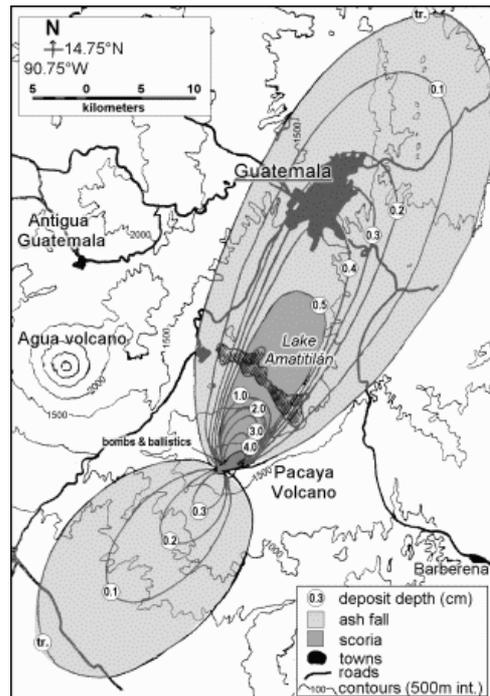
Las actividades volcánicas hace 52,000 a 20,000 años empezaron desde la caída de pómez cerca de la actual ciudad de Amatitlán y repitió la caída de pómez al menos cinco veces formando varios domos de lava. En este período de actividad se produjeron la erupción de pómez desde las calderas Laguna, la erupción magmatofreática desde el cráter El Durazno, y la formación de domos de lava sobre la costa sur-este del Lago de Amatitlán.

La próxima actividad de erupciones ocurrió hace unos 12,000 a 3,000 años. Durante este período erupcionó escoria y flujos de lava desde Cerro Grande a Cerro Chiquito y

desde el cono inicial del volcán Pacaya, y se formaron los domos de lava.

El período de actividad desde hace 1,500 años hasta el presente, comenzó con la erupción de escoria desde el “cono inicial”. Después de varias veces de erupción de escoria, el cono inicial colapsó y se desplazó una avalancha de escombros hacia el pie de montaña sur-oeste hace unos 1,200 años (Kitamura, 1995). Después de este evento, ha erupcionado escoria desde la caldera en forma de herradura y el Cerro Chino hasta el presente. Mientras tanto, el cono MacKenney creció en la caldera y se formó el Cerro Chino.

Se han registrado muchas erupciones en los tiempos históricos. La erupción en 1565, la primera registrada en la historia, produjeron bastante caída de cenizas produciendo serios daños a Antigua Guatemala. La siguiente gran erupción ocurrió en 1651 cuando cayeron cenizas volcánicas y continuaron erupciones menores hasta el final del siglo XVII. En 1775, ocurrió una erupción en Cerro Chino, cayendo gran cantidad de ceniza volcánica en la Antigua Guatemala, y un flujo de lava bajó al pie sur de la montaña. Erupciones menores ocurrieron desde 1846 a 1880, los detalles de las mismas son desconocidos. Después en 1960, solamente ocurrieron fumarolas y el volcán se volvió quieto. Desde 1961, el volcán entró en un período activo y repetidamente expulsó flujos de lava. En 1987 y 1991, ocurrieron relativamente grandes acompañadas por caída de cenizas. En 1995, ocurrieron lahares que mataron una niña en Los Ríos. En 1996, hubo flujo de lava y erupciones con caída de cenizas, y los residentes evacuaron. El 20 de Mayo de 1998, una erupción continuó por cinco horas y las cenizas volcánicas transportadas por un viento cayeron sobre la Ciudad de Guatemala por más de cuatro horas (Figura 2.3.4-15). Unos tres días después de este incidente, el Aeropuerto La Aurora fue cerrado. El 18 de Septiembre de ese mismo año, ese mismo aeropuerto fue cerrado por 35 horas debido a la caída de cenizas volcánicas. Las actividades desde finales de 1999 hasta el principio de 2000 fueron las más violentas en los pasados 35 años. La lava bajó hacia el los lados norte, sur-oeste y sur de la montaña, siendo causa de la evacuación de unos 1,500 residentes.



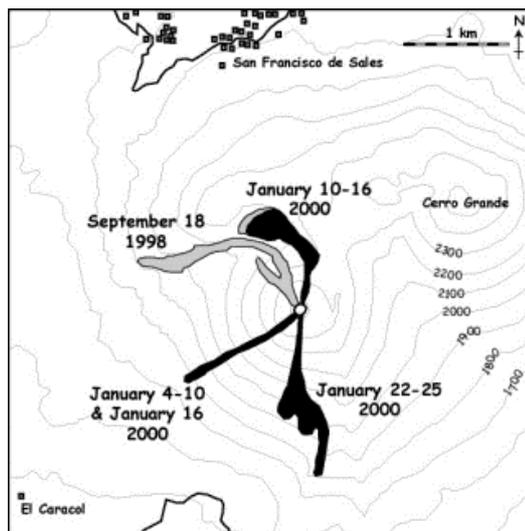
**Figura 2.3.4-15 Distribución de ceniza volcánica de la erupción en mayo de 1998**

(Fuente: INSIVUMEH)

◆ Casos de erupción a ser considerados

Las actuales actividades están limitadas a erupciones con explosiones de magma desde el cono de MacKenney. Sin embargo, las erupciones desde el Cerro Chino deberán ser consideradas, debido a las mismas fueron registradas en los siglos XVI y XVIII. Las características del período reciente activo son la caída de escoria, ceniza volcánica y flujo de lava. Estos eventos deberán ser considerados debido a su alta tasa de ocurrencia. Como se describe en la Sección 1-3, los vientos este y sur-oeste son prevalecientes sobre el volcán Pacaya, así que es requerida una precaución extra en las áreas de sotavento (incluyendo la parte central de la Ciudad de Guatemala). Durante la erupción de 20 de Mayo de 1998, la cantidad total de ceniza volcánica fue de aproximadamente  $2.3 \times 106 \text{m}^3$  y el área cubierta con la ceniza alcanzó unos  $800 \text{km}^2$ .

Durante la erupción de Enero de 2000, los gases volcánicos se subieron tan alto como 8 km y cayeron más de 30 cm de tefra sobre los lados sur y sur-este. En las aldeas vecinas, se evacuaron 1,500 residentes. Esta erupción causó nuevos flujos de lava. El 4 de Enero empezó a bajar un flujo de lava desde la cima del cráter, y llegó 1 km abajo sobre el costado sur-oeste del pie de la montaña por el 10 de Enero. Luego el segundo flujo de lava bajó la ladera norte de unos  $30^\circ$  a  $40^\circ$ . Este flujo de lava cubrió aproximadamente la misma área como la que ocurrió en Septiembre de 1998. Desde el 22 al 24 de Enero el flujo de lava bajó la ladera sur.



**Figura 2.3.4-16 Distribución de los flujos de lava debido a las erupciones en años recientes**

(Fuente: Smithsonian homepage, INSIVUMEH)

Respecto de las erupciones en tiempos geológicos, se encuentran casos de erupciones con aún más serias influencias.

Deberá ponerse atención también a un colapso de edificio en el Volcán Pacaya, y una subsiguiente avalancha de escombros y erupción desde cerca del Cerro Grande al Cerro Chiquito, así como también al vapor magmático resultante de la intrusión de magma cerca del Lago Amatitlán, tal como la caldera Laguna, con un lago en el cráter, y el cráter El Durazno. Avalanchas de escombros han bajado por los lados oeste y sur desde el cuerpo del volcán que formó una caldera en forma de herradura abierta al lado sur-oeste. Estos depósitos se distribuyeron desde el cráter por unos 25 km aguas abajo a lo largo del Río Metapa. La avalancha de escombros sobre el pie de montaña oeste está distribuida arriba del tributario de Río Marinala 2 km al oeste de El Patrocinio. También se encuentran depósitos de voladuras acumulados sobre los depósitos de avalancha de escombros hasta a unos 12 km lejos del cráter.

◆ Patrón de erupciones y causas de desastre

De acuerdo al examen hasta ahora, se han considerado cuatro patrones de erupción y causas de desastre, tal como sigue:

① Erupciones en años recientes (Cantidad de erupción total: del orden de  $10^6\text{m}^3$ )

- Estromboliana o vulcaniana (caída de cenizas y erupción de escorias)
- Flujo de lava
- Gas volcánico
- Ocurrencia de lahar y flujo de escombros debido a lluvia después de erupción

- ② Erupciones de hace unos 1,200 años
  - Colapso de edificio (avalancha de escombros y voladura lateral)
  - Erupción de cenizas volcánicas y piedra pómez
- ③ Erupciones de hace unos diez o varias decenas de miles años
  - Erupción freato-magmática

## (6) Antecedentes sobre Deslizamientos

### 1) General

Estrictamente hablando, los deslizamientos son solamente uno entre varios procesos de la categoría de remoción de masas y de terrenos inestables a los cuales principalmente los taludes de tierra se ven sometidos bajo ciertas condiciones. Algunos otros son los derrumbes, flujos o coladas de tierra, caída de rocas, reptación, asentamientos, etc.

Esta clasificación se ha hecho tomando en cuenta criterios actuales en varios países incluyendo Suiza, España, Japón, EE.UU., Latino América, etc.

### 2) Inventario de Deslizamientos en INSIVUMEH

De acuerdo al inventario de deslizamientos que ha sido recolectado por el INSIVUMEH (1991), para el período 1881-1991, la distribución deslizamientos en base a los factores de disparo para los departamentos considerados en el área de estudio actual para deslizamientos, es como se muestra en la Tabla 2.3.4-8. Es de señalar que la clasificación original detalla los eventos de remoción de masa como derrumbes, flujos, caída de rocas, asentamientos, deslizamientos, y flujo de escombros. Aparentemente la clasificación ha sido obtenida exclusivamente de artículos de periódicos.

**Tabla 2.3.4-8 Factores de Disparo que Producen Remoción de Masas (Solo Area de Estudio)**

Departamento	Total Eventos	Lluvia		Terremoto		Actividad Humana		Desconocido	
	No.	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Guatemala	133	99	74	10	8	3	2	21	16
Sacatepequez	14	7	50	4	3	1	7	2	14
Chimaltenango	38	19	50	11	29	4	11	4	11
Quetzaltenango	14	4	29	0	0	6	43	4	29
Totonicapán	17	14	82	0	0	0	0	3	18
Sololá	49	44	90	0	0	1	2	4	8
Huehuetenango	52	43	83	1	2	0	0	8	15
Quiché	28	23	82	1	4	1	4	3	11
<b>TOTAL</b>	<b>345</b>	<b>253</b>	<b>73%</b>	<b>27</b>	<b>8%</b>	<b>16</b>	<b>5%</b>	<b>49</b>	<b>14%</b>

Período: 1881-1991