

una alarma de ocurrencia de flujo de lodo, lo cual sería entre 50 y 70 mm.

Tabla 2.3.3-10 Registros de Precipitación (Junio 2002)

Fecha	Volcán de Agua	Ciudad vieja
3	51.8 mm	
4	23.5 mm	
5	0.0 mm	
6	0.0 mm	
7	10.5 mm	
8	5.9 mm	4.6 mm
9	2.5 mm	0.0 mm
10	8.8 mm	6.4 mm
11	22.5 mm	0.0 mm
12	19.0 mm	4.1 mm
13	71.8 mm	76.1 mm
14	0.0 mm	0.0 mm
15	9.5 mm	0.0 mm

(Fuente: registros de INSIVUMEH)

c) Elaboración de Mapa de Desastre

Se elaboró un mapa de desastre (Figura 2.3.3-14) usando un mapa ortofoto en escala 1/10,000 basado en los resultados de la investigación de campo. Para elaborar este mapa, usamos el SIG para marcar la localización donde ocurrió el flujo de lodo, el rango en que se acumuló, y el embalse que se formó.

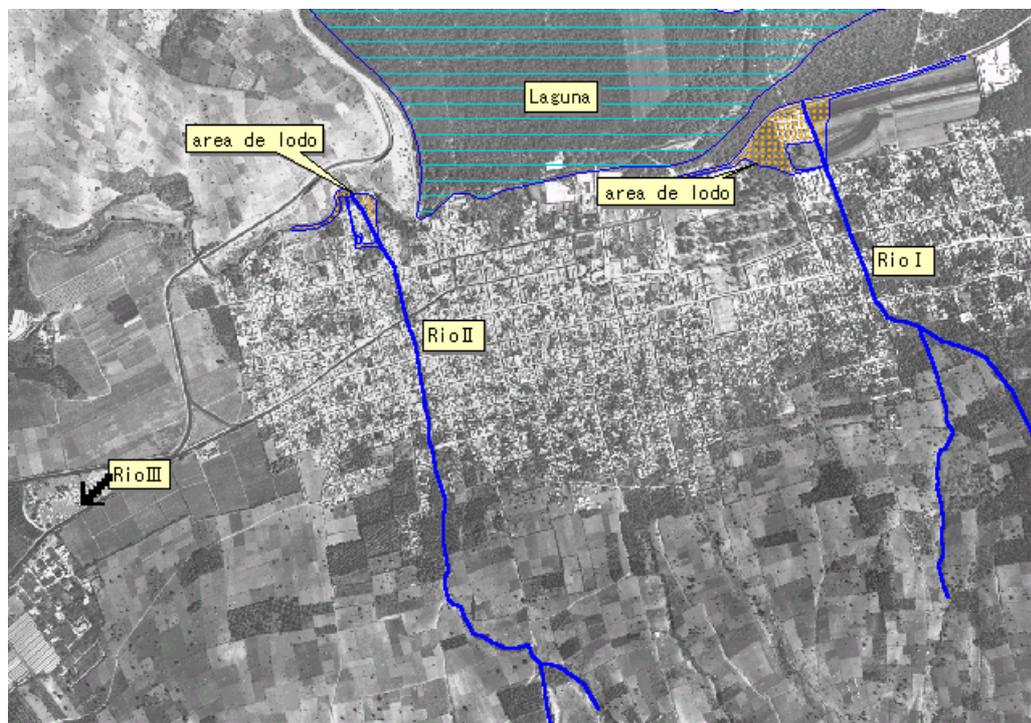


Figura 2.3.3-14 Mapa de Desastre en Ciudad Vieja, 13 Junio 2002

d) Propuesta de Políticas para Contramedidas

Se considera que sería efectivo la plantación de árboles en la cuenca alta con el propósito de retardar el caudal pico, así como también instalar estructuras en la cuenca media para prevenir erosión del cauce y lateral, y el suministro de sedimentos. También es necesario bajar el cauce de los ríos y ampliar el curso en la cuenca baja para permitir el incremento de flujo de agua. Sin embargo, estas medidas se aplican a contrarrestar la descarga de sedimentos debido a la concentración de escorrentía superficial. Serían necesarias otras medidas para la descarga de sedimentos debido a derrumbes que ocurrieran aguas arriba.

Tabla 2.3.3-11 Políticas para Contramedidas

	Río I	Río II	Río III
Cuenca Alta	Plantación de árboles	Plantación de árboles	Plantación de árboles
Cuenca Media	Instalación de obras de revestimiento o gaviones	Instalación de obras de revestimiento o gaviones	Instalación de revestimiento o gaviones
Cuenca Baja	Expansión del curso Excavación del cauce Instalación de alcantarillas Instalación de obras de revestimiento	Expansión del curso Excavación del cauce Instalación de obras de revestimiento	Expansión del curso Excavación del cauce Instalación de obras de revestimiento Expansión de alcantarillas

2) Flujo de lodo a lo largo de CA9

Las fuertes lluvias del 19 de Junio de 2002 causó que una pequeña quebrada de la montaña hiciera arrastre de sedimentos que se originaron en el talud oeste (pared de caldera de Amatitlán) a lo largo de CA9 en el sur-oeste del pueblo de Amatitlán, lo cual cerró temporalmente el paso de vehículos. Los sedimentos arrastrados hacia CA9 consistían principalmente de suelos mezclados con conglomerados. El canal al cual desembocó el flujo de lodo era de uno a dos metros de ancho y fue excavado en las cercanías de CA9 pero no tenía revestimiento. El basamento del talud parece consistir de andesita meteorizada de la época del Plioceno del Período Terciario. Aunque el flujo de lodo se originó en la parte superior de las paredes de la caldera de Amatitlán, no hubo colapso extensivo allí.



Foto 2.3.3-3 Los sedimentos arrastrados hacia CA9

2.3 Mapeo de Amenaza

2.3.1

2.3.2

2.3.3

2.3.4 Estudio de Ambiente Natural

(1) Propósito y Descripción

El ajuste y evaluación de los datos de ambiente natural son los conceptos más importantes en la creación de mapas de amenaza. Los datos de ambiente natural recolectados y ajustados pueden ser rudamente clasificados en factores de causa primaria y de incentivos tal como se muestra abajo.

1) Factores de causa primaria

- Relieves (topografía de fallas, taludes, deslizamientos, topografía de volcanes, topografía fluvial, actividades artificiales, etc.)
- Rasgos geológicos (tipo de rocas, fallas, depósitos de flujos piroclásticos, condición de meteorización, condición de terreno)

2) Factores de causa incentivo

- Clima (precipitación, viento, huracanes)
- Terremotos (hipocentro, magnitud, forma de onda sísmica)
- Actividad volcánica (actividad de magma, vapor, gas volcánico, terremotos)
- Condiciones hidrológicas (nivel de agua, velocidad, depósitos en cauce de río, condición de agua subterránea)

Con una mayor precisión y detalles de la información de ambiente natural, se pueden crear mapas de amenaza más precisos. Si estos datos son digitalizados y usados con GIS, se puede crear en forma efectiva un mapa de amenaza.

(2) Antecedentes Geológicos

Guatemala se caracteriza por una estructura geológica compleja con ocurrencia de rocas de virtualmente todas las edades y tipos. Adicionalmente, el entorno tectónico contribuye a la variedad de rasgos estructurales encontrados en Guatemala. Guatemala está localizada en la unión de 3 placas tectónicas: Placa de Cocos, Placa del Caribe y Placa de Norte América. La unión de las placas del Caribe y de Norte América forma un límite conocido como zona de transformación con movimientos laterales entre las placas. La unión de las placas del Caribe y de Cocos forma un límite conocido como zona de subducción con movimientos verticales entre placas. Cada placa tiene diferentes tipos y edades de rocas y las uniones de estas placas crea zonas de rocas que han tenido cambios por presión y calor intensos. El resultado es una colección diversa de rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas. Sin embargo, el ambiente

geológico de Guatemala es muy dinámico debido al constante movimiento de las placas. La placa de Cocos está en subducción debajo de la placa del Caribe a una tasa de 5 a 7 cm por año, y la placa de Norte América se está moviendo lateralmente a una tasa de 2.7 cm por año (Minster y Jordan, 1978; Sykes y otros, 1982; De Mets y otros, 1990). Las tasas de movimiento son con respecto a la placa del Caribe. Este movimiento constante de placas es también el responsable de los numerosos volcanes y la constante actividad sísmica.

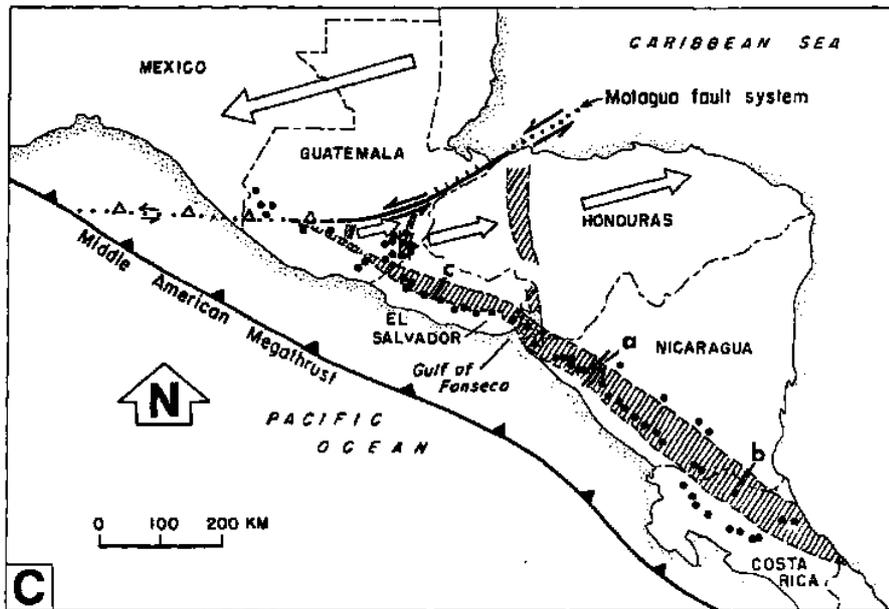


Figura 2.3.4-1 Movimiento de Placas alrededor de Guatemala (G. Plafker, 1978)

Varias fallas importantes y menores ocurren en Guatemala como resultado de la actividad tectónica. Las fallas principales son las de Chixoy-Polochic, Motagua, San Agustín, Jocotán y Chamelecón que están asociadas con el límite de las placas Caribe y de Norte América. Las fallas menores incluyen la de Jalpatagua y las fallas asociadas con los Grabens de Mixco e Ipala. La mayoría de estas fallas son activas y son fuente de constante sismicidad. Adicionalmente la zona de subducción asociada con el límite entre las placas de Cocos y del Caribe es una fuente de fallamiento profundo y activa sismicidad.

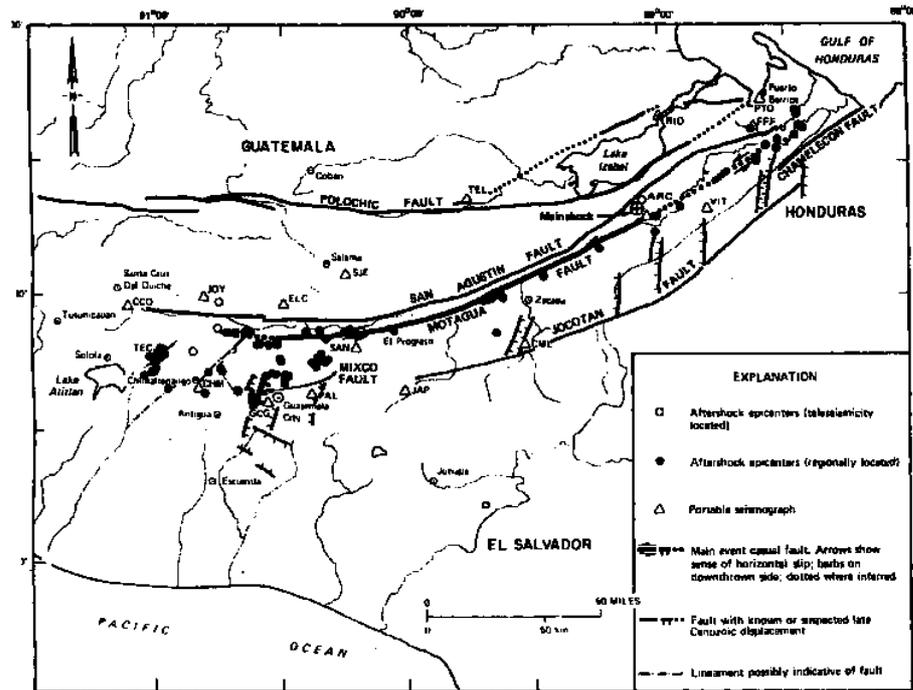


Figura 2.3.4-2 Localización de Epicentros de Réplicas del Terremoto de 1976 y Fallas

(Geología tomada de G. Plafker, 1976; epicentros tomados de C.J.Langer y otros, 1976)

Con respecto a la amenaza sísmica de las áreas de estudio, se han recolectado datos de varios pozos para revelar la condición del terreno. No se han recolectado datos de perforaciones debido a que no existen regulaciones o autoridad para arreglarlos. Por lo tanto, usando los datos de pozos y las secciones geológicas existentes, se han elaborado nuevas secciones transversales.

(3) Antecedentes Meteorológicos

1) Precipitación

Los datos de precipitación son requeridos antes de desarrollar el estudio de desastres por inundaciones. Mediante el análisis de los datos de precipitaciones, se pueden conocer las características de una región tales como precipitación, intensidad de las lluvias, y cambios estacionales. También mediante el estudio de la precipitación durante los desastres anteriores, se puede estimar los daños por inundaciones en el futuro.

En este estudio se recolectaron y analizaron los datos de precipitación de los puntos de observación climáticos alrededor de los ríos comprendidos dentro del área de estudio. La Tabla 2.3.4-1 numera las localizaciones de los puntos objeto de observación y los períodos de recolección de datos.

Tabla 2.3.4-1 Ubicación de puntos de observación y períodos de los datos

Código	Nombre de Punto de Observación	Localización			Período recolección de datos
		Latitud Norte (°)	Longitud Oeste (°)	Altitud (m)	
31101	SAN MARTIN JILOTEPEQUE	14.78	90.79	1800	1969.3 – 1996.5
31401	SANTA CRUZ BALANYA	14.69	90.92	2080	1966.1 – 2000.11
50114	SABANA GRANDE	14.37	90.83	730	1970.1 – 2001.3
0117	ESCUINTLA	14.29	90.78	321	1974.1 – 1993.5
50805	PUERTO DE SAN JOSE	13.95	90.83	6	1973.1 – 2001.4
51008	CAMANTULUL	14.32	91.05	280	1970.10 – 2001.4
51208	TIQUISATE	14.29	91.37	70	1969.4 – 1996.7
60100	INSIVUMEH CD. GUATEMALA	14.59	90.53	1502	1928.1 – 2001.4
131401	LABOR OVALLE	14.87	91.51	2380	1970.1 – 2001.4
150108	RETALHULEU	14.52	91.70	205	1988.1 – 1995.10
150302	EL ASINTAL	14.59	91.72	355	1969.1 – 1996.6
150901	LOS BRILLANTES	14.56	91.62	345	1988.2 – 1993.3
200103	CHOJOJA	14.55	91.49	430	1971.3 – 1996.4

En esta sección la precipitación mensual es ordenada por ubicación. La precipitación de cada mes es un valor promedio para los datos del período. Un valor promedio es el total de precipitación de meses sin observaciones faltantes, dividido por el número de años en ese período.

La Figura 2.3.4-3 muestra la precipitación mensual en cada punto de medición, que varía grandemente dependiendo de la localización. La precipitación en la áreas de tierras altas tales como Labor Ovalle, San Martín Jilotepeque, Santa Cruz Balanya, e INSIVUMEH, son cerca de la mitad o un cuarto de aquellas medidas en los puntos de medición de las tierras bajas en el lado del Pacífico. En particular, la precipitación promedio en Septiembre en Chojoja es de aproximadamente 650 mm. En cualquier punto de medición, sin embargo, la precipitación comúnmente tiende a ser menor en la estación seca y mayor en la estación lluviosa.



Figura 2.3.4-3 Precipitación mensual en cada punto de observación

2) Huracanes

Un huracán es una depresión tropical en el Pacífico Este y el Atlántico con una velocidad de viento de 33m/seg (63 nudos) o mayor. La República de Guatemala está localizada cerca de la latitud de 15 grados norte, muy cerca de donde se originan los huracanes. Así los huracanes a menudo se aproximan a este país antes de haberse desarrollado. Sin embargo, en raras ocasiones un huracán puede mantener gran fuerza e influenciar el país por largo tiempo, que fue el caso del Huracán Mitch. Esta sección dá un vistazo a la ocurrencia de huracanes en años recientes en el Pacífico Este y al Atlántico. También describe los huracanes que se aproximaron a Guatemala.

La Tabla 2.3.4-2 enumera los huracanes y otros fenómenos que ocurrieron en esta región en los últimos diez años. Se usa la clasificación por máxima velocidad del viento basada en la escala de Saffir-Simpson tal como se muestra en la Tabla 2.3.4-3.

Tabla 2.3.4-2 Número de huracanes y otros fenómenos

Año	Pacífico Este		Atlántico	
	Huracán	DT y TT	Huracán	DT y TT
2000	6	15	8	10
1999	6	9	8	8
1998	9	7	10	4
1997	10	12	3	5
1996	5	4	9	4
1995	7	3	11	10
1994	10	10	3	4
1993	11	4	4	4
1992	16	11	4	3
1991	10	4	4	4
Promedio	9.0	7.9	6.4	5.6

Tabla 2.3.4-3 Definiciones de un huracán y otros fenómenos

Símbolo	Nombre	Máxima velocidad del viento
DT	Depresión Tropical	Menor de 34 nudos
TT	Tormenta Tropical	34 a 63 nudos
Huracán	Huracán	64 nudos o mayor

En los últimos diez años, ocurrieron un promedio anual de 17 huracanes y otros fenómenos en Pacífico Este, mientras que en el Atlántico fueron 12 eventos. La Tabla 2.3.4-4 enumera, dentro de estos, los huracanes y otros fenómenos que se aproximaron a la República de Guatemala. Un huracán con bastante fuerza a menudo se aproxima a Guatemala de Septiembre a Noviembre.

Tabla 2.3.4-4 Huracanes y otros fenómenos que se han aproximado a Guatemala

Año	Nombre	Mínima presión atmosférica (hPa)	Máxima velocidad del viento (nudos)	Período
2000	Rosa	993	55	03-08 NOV
2000	Keith	942	115	28 SEP - 06 OCT
1999	Katrina	999	35	28 OCT-01 NOV
1998	Mitch	917	155	22 OCT-05 NOV
1998	Lester	960	100	15-26 OCT
1997	Rick	980	75	07-10 NOV
1997	Olaf	990	60	26 SEP -12 OCT
1997	Andres	1000	45	01-06 JUN
1996	Kyle	1001	45	11-12 OCT
1996	Dolly	987	70	19-23 AGO
1996	Douglas	946	115	29 JUL - 06 AGO
1995	Opal	916	130	27 SEP - 05 OCT
1993	Gert	970	85	14-21 SEP
1993	Bret	1002	50	4-11 AUG

La mínima presión atmosférica, máxima velocidad de viento y período, no son los valores cuando el huracán se aproximó a Guatemala, sino los valores desde que el mismo se desarrolló hasta que se debilitó.

3) Viento

Esta sección describe el viento de la parte superior, el cual es útil para la evaluación de un desastre por erupción volcánica. Las cenizas volcánicas alcanzan el aire superior durante la erupción, es llevada por el viento superior y cae en la regiones sobre el lado de sotavento. Así las cenizas volcánicas influyen diferentes regiones dependiendo de la dirección del viento. Sin embargo, podemos estimar las regiones de alto riesgo identificando la dirección del viento prevaleciente.

Hay más pocos puntos de observación para el viento superior que para aquellos a nivel del terreno. Sin embargo, los datos desde un punto de observación relativamente

distante pueden ser usados porque el viento superior no es fácilmente influenciado por los relieves. La Figura 2.3.4-4 muestra los puntos de observación aerológica en los cuales los datos son recolectados por la WMO.

Esta figura muestra que no existe punto de observación aerológica en Guatemala. Sin embargo, pueden ser usados los datos recolectados en los puntos de observación aerológica de Belice y Honduras.

En el pasado, el viento superior fue observado en Guatemala. En los mapas de amenaza volcánica creados hasta ahora, se usaron datos de altitud de 10,000 a 50,000 pies para la evaluación de riesgo por caída de materiales piroclásticos (Figura 2.3.4.5). Sin embargo, cuando se usan estos datos, no se indican las direcciones y velocidades de viento por altitudes, y por tanto hay que asumirlas. De estos datos podemos aprender que los vientos nor-este a este son

prevalecientes de Diciembre a Mayo, y que los vientos oeste son prevalecientes de Junio a Noviembre.

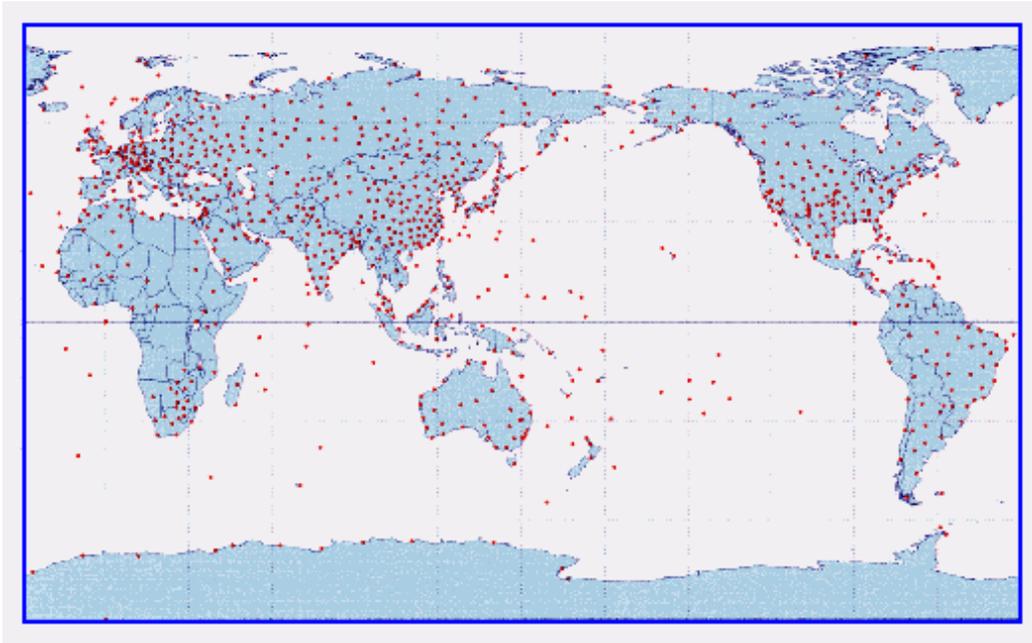


Figura 2.3.4-4 Puntos de observación aerológica en el mundo (Fuente: JMA homepage)

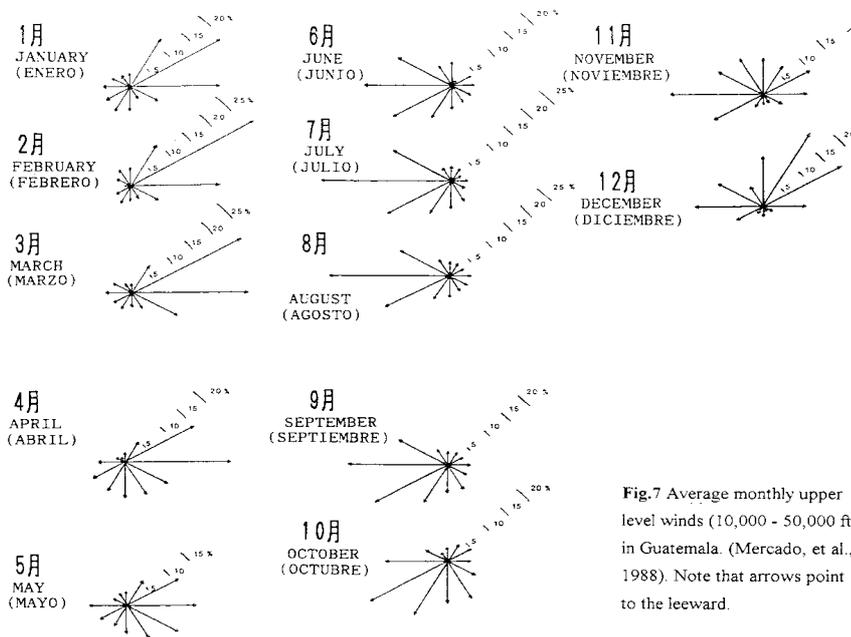


Figura 2.3.4-5 Datos del viento superior usado en el pasado (Fuente: Kitamura,1995)

El INSIVUMEH ha observado el viento superior desde 1981 hasta 1983. En este estudio el Ing. Garavito del Departamento de Climatología extrajo los datos de viento superior en las fechas y horas cuando los vientos parecían soplar típicamente este y oeste. Así, se extrajeron los

datos de 12:00 de 2 de Marzo de 1983 (UT) y 12:00 de 19 de Octubre de 1983 (UT). Ambos de estos datos fueron observados en el aire superior del Aeropuerto La Aurora. La Tabla 2.3.4-5 enumera las direcciones y velocidades de viento por altitudes sobre las fechas y horas de observación. En esta Tabla, la dirección de viento representa un ángulo del lado del viento medido según las manecillas del reloj desde el norte.

Tabla 2.3.4-5

Datos del viento superior

Altitud (m)	Dirección Viento (°)	Veloc. Viento(m/s)
1496	25	4
1541	25	4
1835	24	2
1866	24	2
2043	145	1
2054	145	1
2268	145	2
2598	158	2
3054	204	3
3171	217	3
3747	272	6
3785	273	6
4213	280	8
4333	279	9
444	278	9
4796	270	9
5135	272	10
5486	278	10
5879	299	8
5972	304	8
6308	323	7
6691	325	7
7380	300	12
7584	297	13
7871	297	14
852	273	12
8856	267	14
9694	260	15
10282	263	13
10751	272	15
10968	276	15
11134	279	15
12456	278	18
13199	277	16
13306	277	16
14254	279	13
15337	281	7
15671	281	7
16614	0	0
17202	0	0
17856	252	5
17998	252	6
18145	253	6
18297	254	6
18615	245	6
18866	255	6
19129	209	10
19406	210	10
19502	210	10
19803	211	10
19909	216	9
20129	231	8
20474	255	7

Altitud (m)	Dirección Viento (°)	Velocidad Viento(m/s)
1496	10	4
1512	10	4
1704	7	5
1827	6	5
2015	8	7
2026	8	7
2218	13	7
2535	24	5
2568	26	5
2748	42	4
2862	50	4
3141	62	4
3415	58	5
3635	53	6
3747	53	6
3873	51	6
4222	47	6
4381	45	6
4394	45	6
4570	43	6
4932	41	9
5090	42	8
5840	63	9
6655	46	12
6966	45	10
7546	41	14
8323	31	14
8531	28	13
9173	24	13
9630	22	15
10463	10	15
10883	14	13
11729	28	18
12344	27	29
13185	32	40
14127	57	25
15201	46	17
15579	46	13

Izq: 12:00 de 2/Marzo/1983 (UT)

Der: 12:00 de 19/Octubre/1983 (UT)

La dirección de viento representa un ángulo del lado del viento medido según las manecillas del reloj desde el norte.

(4) Antecedentes Sismológicos

1) Datos de Epicentros

La sección de Sismología del INSIVUMEH mantiene una red de sensores sísmicos para recolectar los datos sísmicos en Guatemala. Estos datos son transmitidos a INSIVUMEH donde los datos son procesados y almacenados en una base de datos. Estos datos contienen los epicentros y otros datos relacionados. Aunque el número y sensibilidad de los sensores es limitado, esto se refleja en el banco de datos. La distribución de los datos está limitada por la red de sensores y el umbral de la magnitud es ≥ 3.0 por la sensibilidad de los sensores. El banco de datos está disponible para otras agencias y el público bajo solicitud y son distribuidos por correo electrónico a miembros de una lista de correo. Los datos que estuvieron disponibles y fueron usados para análisis son de las series de 1984 a 2001, con adiciones recientes para actualizarlas. Los datos fueron clasificados y seleccionados para aislar datos válidos en la región de Guatemala. Las magnitudes menores a 4 no fueron usados para los análisis.

2) Distribución de Terremotos

La actividad sísmica no está uniformemente distribuida. La más densa concentración de epicentros está a lo largo de la costa del Pacífico. Esto está claramente asociado con la zona de subducción, precisamente cerca de la costa que se extiende bajo la costa de Guatemala.

La región montañosa conocida como de tierras altas, y que se extiende hacia el Este al Caribe tiene una menor densidad, pero aún tiene una concentración significativa de epicentros. Esto corresponde a las regiones de actividad sísmica entre placas y del arco volcánico. Desde el centro de Guatemala al Norte hay algunos epicentros indicando que hay alguna actividad sísmica en aquella región. Esta actividad puede estar relacionada al fallamiento secundario asociado con la zona interplaca, sin embargo, esto no está claro. La Figura 2.3.4-6 muestra la distribución de epicentros y perfiles para mostrar la relación a profundidad. Los epicentros a lo largo de la costa del Pacífico son más profundos y consistentes con la zona de subducción. Numerosos terremotos superficiales están relacionados con la sismicidad del arco volcánico. Aunque el número de terremotos no es tan grande, hay varios terremotos con magnitudes de 5 a 6 que ocurrieron a lo largo de fallas de Motagua del sistema Chixoy-Polochic. Los grandes terremotos están generalmente asociados con la sismicidad de las zonas interplaca y de subducción, así que hay dos rangos de hipocentros. Los hipocentros superficiales y los hipocentros asociados a la zona de subducción que se distribuyen aproximadamente formando un plano inclinado al norte están asociados con la zona de subducción Caribe-Norte.