

## 1. INTRODUCCIÓN

El Salvador es el país más pequeño y más densamente poblado de la región de Centro América. Se encuentra delimitado al Sur por el Océano Pacífico, su área cubre 21,040.79 km<sup>2</sup> y su población alcanza los 5,744,113 habitantes.

El Salvador es un país con una gran sismicidad y el riesgo de padecer terremotos, deslizamientos de tierras, aludes y tsunamis catastróficos es real y complejo, por lo que es prioritario prepararnos para este tipo de eventos que sin ninguna duda se van a presentar en el futuro.

Los tsunamis han sido considerados fenómenos naturales que causan daños menores para Centro América en comparación con los daños provocados por fenómenos más frecuentes. Sin embargo datos históricos muestran que tsunamis han causado muerte y destrucción en todo Centro América, muchos de los cuales han sido olvidados.

Las costas de Centro América están expuestas a tsunamis generados por sismos localizados frente a ellas, tanto como a los que son generados por sismos distantes localizados desde la zona de Alaska hasta Sur América.

A lo largo del segmento de costa de Centro América que se extiende desde el Oeste de Nicaragua hasta el Sur de México, la actividad sísmica reciente más fuerte está caracterizada por sismos de una magnitud mayor a 6.0, los cuales son resultado de la subducción oblicua de la placa de Cocos debajo de la placa del Caribe.

La sección de la zona mesoamericana de subducción localizada en la costa pacífica de El Salvador ha generado grandes terremotos en los últimos cien años. Además la deformación de la subducción de la placa de Cocos a profundidades de 40 km ha causado grandes terremotos como el del 13 de Enero de 2001 de una magnitud de 7.6 grados, 40 km mar adentro de la costa. Este ambiente de terremotos de gran magnitud hace que particularmente la costa de El Salvador sea vulnerable a los tsunamis.

La actividad sísmica es muy frecuente y perjudicial en El Salvador. Los mayores terremotos, con magnitud Ms entre 5 y 7.7 (Dewey et al, [2004]), se espera que ocurran en los próximos 10 años (Rose et al, [2004]).

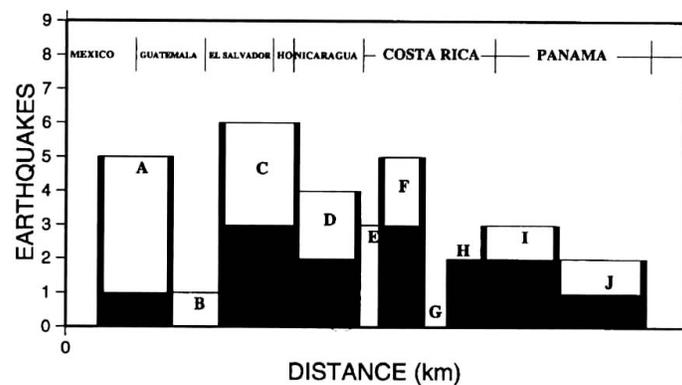


Figura 2. Frecuencia de terremotos de magnitud Ms>7 ocurridos a lo largo de la costa Pacífica de Centro América entre 1539 y 1996. Las barras corresponden a los tramos costeros indicados en la Figura 2. El área negra representa la frecuencia de tsunamis (Fernández, M., [2000])

Se han registrado 49 tsunamis en las costas de Centroamérica entre los años 1539 y 1996, 37 de ellos registrados en la costa pacífica y 12 en el Caribe (Molina, E., [1997]).

Segment	Country	Total of Large Earthquakes	Total of Tsunamis	%
A	Mexico-Guatemala	5	1	20
B	Guatemala	1	0	0
C	El Salvador-Honduras	6	3	50
D	Nicaragua	4	2	50
E	Costa Rica	3	0	0
F	Costa Rica	5	3	60
G	Costa Rica	0	0	---
H	Costa Rica	2	2	100
I	Costa Rica-Panama	3	2	67
J	Panama	2	1	50
Total		31	11	

Tabla 1. Porcentaje de Grandes Terremotos generadores de tsunamis en Centro América. (Fernández, M., [2000])

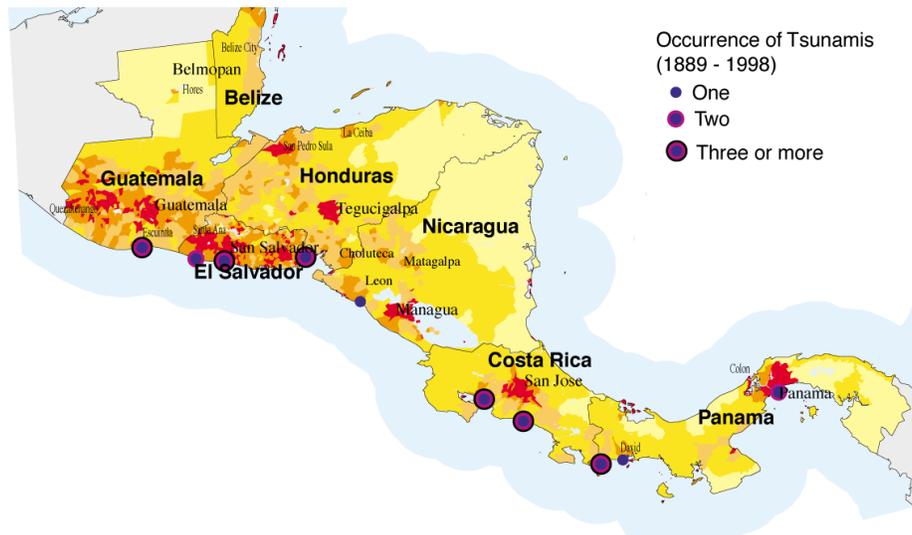


Figura 1. Ocurrencia de Tsunamis en la costa Pacífica de Centroamérica entre 1889 y1998. Fuente: INETER, Nicaragua.

El Salvador ha sido azotado por 11 tsunamis entra 1859 y 1997 (ver Tabla 2), nueve de ellos registrados en el siglo XX, todos ellos generados por terremotos y ninguno asociado a deslizamientos, que ocasionaron pérdidas de vidas humanas y destrucción de infraestructuras y cultivos. Los tsunamis son generados principalmente por sismos en la zona de subducción, y como estos son impredecibles.

El incremento en los reportes de tsunamis durante el siglo XX se debe a la mejora en las comunicaciones a nivel global y al crecimiento de la población en las comunidades costeras. El aspecto negativo de dicho crecimiento es que más personas están expuestas al riesgo de tsunamis.

No	Date-Time	Elat	Elon	Ed	Em	Tsunami location	Tm	Te
1	1859-0826	13.00	87.50	ND	6.2	Gulf of Fonseca	1.5	CO-CA
2	1859-1209	13.75	89.75	40	7.0	Acajutla	1.5	CO-CA
3	1902-0226	13.00	89.50	30	7.0	Garita Palmera	2.0	CO-CA
4	1906-0131	01.00	81.30	ND	8.1	The entire coast	2.0?	NA-SU
5	1906	ND	ND	ND	ND	Los Negros Beach	-1.0	ND
6	1919-0629	13.50	87.5	>40	6.7	Gulf of Fonseca	-1.0	CO-CA
7	1950-1005	10.00	85.70	<60	7.7	The entire coast	-1.0	CO-CA
8	1950-1023	14.30	91.80	S	7.3	Gulf of Fonseca	-1.0	CO-CA
9	1957-0310	51.63	171.40	ND	8.1	The entire coast	3.0	PA-NO
10	1960-0522	38.20	73.50	32	8.5	The entire coast	4.0	NA-SU
11	1992-0901	11.70	87.40	S	7.2	Gulf of Fonseca	-2.5	CO-CA

Note: S—Shallow earthquake with macroseismic or instrumental evidence for a focus in the upper crust, No.—Number of the event, Elat—Earthquake latitude, Elon—Earthquake longitude, Ed—Earthquake depth, Em—Earthquake magnitude (Ms), Tm—Tsunami Magnitude (Imamura-Iida Tsunami Magnitude Scale, in Molina, 1997), Te—Tectonic environment, CO-CA—Cocos-Caribe Margin, NA-SU—Nazca-South American Margin, PA-NO—Pacific-North American Margin, ND—No Data. From Fernández et al., 2000.

Tabla 2. Tsunamis ocurridos en El Salvador entre 1859 y 1997.  
Fuente: Tsunami hazards in El Salvador, M. Fernández, M. Ortiz y R. Mora, 2004

Dentro de los 11 eventos de tsunamis ocurridos en El Salvador, dos han causado daños mayores en la costa salvadoreña.

El primero ocurrido el 26 de febrero de 1902 debido a un terremoto localizado frente a las costas de El Salvador y Guatemala de magnitud 7.0 (magnitud Ms) que generó un tsunami que inundó toda la costa del departamento de Ahuachapán desde la playa de Garita Palmera hasta el departamento de La Paz. Alrededor de 100 personas murieron en Barra de Santiago y 85 en La Paz. Adicionalmente hubo daños en propiedades de Acajutla y Cara Sucia, abarcando aproximadamente 120 kilómetros de la costa salvadoreña.

El segundo evento ocurrió el 10 de marzo de 1957 y fue generado por un sismo de magnitud 8.1 (magnitud Ms) con epicentro en las islas Aleutianas, Alaska. El tsunami fue de regular fuerza y causó daños en la costa salvadoreña generando algunas muertes. El naciente en ese entonces puerto de Acajutla se vio afectado cuando una ola de varios metros destruyó un sector del mismo.

## 2. VULNERABILIDAD DE LA COSTA SALVADOREÑA

La necesidad de establecer un sistema de alerta ante tsunamis para salvar vidas en caso de tal evento ha sido recientemente reafirmada por el desastroso evento Asiático del 26 de Diciembre de 2004.

La primera medida de prevención ante el fenómeno de los tsunamis consiste en admitir que los tsunamis son una realidad en las costas salvadoreñas y que su potencial destructivo no debe priorizarse por su frecuencia de ocurrencia. La educación de la población en materia de prevención y la operación de un sistema de alerta de tsunamis son los ingredientes básicos para mitigar la pérdida de vidas y de bienes materiales.

Como los sismos y por ende los tsunamis no son predecibles, la planificación se basa en escenarios que se obtienen simulando las características del tsunami a partir de características de sismos ocurridos y la batimetría (curvas de nivel en el fondo del mar) y topografía (curvas de nivel en tierra) de la Zona Costero-Marina. El grado de vulnerabilidad está en función de la degradación ambiental y ordenamiento territorial de la Zona Costero-Marina.

El Salvador posee 36 municipios costeros que están expuestos a diversas amenazas, siendo una de ellas los tsunamis los cuales requieren de un Sistema de Alerta Temprana para atender estos eventos. El diseño y puesta en marcha de un sistema de alerta temprana para tsunamis incluye: medición sistemática o monitoreo; procesamiento y análisis de los datos; comunicación oportuna de hallazgos; planificación; reducción de la vulnerabilidad.

La ocurrencia de un tsunami de gran intensidad en la zona generaría una importante tragedia debido a la gran densidad de población que vive en la zona costera así como por las infraestructuras costeras existentes (puertos, industrias petroleras, fábricas, carreteras, hoteles, etc.).

Existen nueve importantes comunidades expuestas al riesgo de tsunamis a lo largo de la costa de El Salvador: La Unión, San Rafael de Tasajera, El Zapote, Marcelino, La Libertad, El Majahual, Acajutla, Barra de Santiago y Garita Palmera.

La Unión, La Libertad y Acajutla son los puertos más grandes de El Salvador y son lugares y donde la mayoría de los residentes de las costas están concentrados, por lo que se consideran de las localidades de mayor importancia en la zona costera salvadoreña.

## 2.1 Municipio de Acajutla

Acajutla es un importante Puerto marítimo ubicado en la zona occidental de El Salvador que cuenta con una extensión territorial de 116.59 km<sup>2</sup> y se encuentra en la zona Suroeste del Departamento de Sonsonate. Está limitado al Norte por Guaymango y Santo Domingo de Guzmán, al Este por el municipio de Sonsonate, al Sur por el Océano Pacífico y al Oeste por Jujutla. Se divide en 9 cantones y 84 caseríos. Su acceso es por carretera pavimentada proveniente de Sonsonate y por la carretera del Litoral.

El casco urbano es grande y su forma es completamente dependiente de la zona portuaria. Cuenta con todos los servicios básicos de agua, energía eléctrica, aguas negras, tren de aseo, teléfono, internet, correos, tres puestos de policía, Juzgado de Paz, Migración y Aduanas. Existe una agencia del sector agrícola (Beneficio de Café), pero las oportunidades laborales no dependen de este rubro.

La Población total según censo realizado en el año 2007 es de 52,359 habitantes, los cuales se concentran cerca del área del puerto. Del total de habitantes, 25,561 son hombres y 26,789 mujeres. La población urbana es 25,237 habitantes y la rural 27,122 habitantes. En términos comparativos con los otros municipios del departamento, la calidad de las viviendas en Acajutla presenta menor precariedad en cuanto a los materiales de construcción, lo cual la hace vulnerable ante las amenazas naturales como los tsunamis.



Mapa de Acajutla

## 2.2 Municipio de La Libertad

La Libertad es un Puerto marítimo ubicado en la zona central de El Salvador que cuenta con una extensión territorial de 789.72 km<sup>2</sup> y se encuentra en la zona Sur del Departamento de La Libertad. Está limitado al Norte por Zaragoza, Rosario de Mora, Panchimalco, Nueva San Salvador, Comayagua y San José Villanueva; al Noreste por Olocuilta, al Este por el municipio de San Luis Talpa, al Sur por el Océano Pacífico y al Oeste por Tamanique. Se divide en 11 cantones y 28 caseríos. Su acceso es por carretera pavimentada proveniente de San Salvador y por la carretera del Litoral.

La Población total según censo realizado en el año 2007 es de 72,024 habitantes, la cual se encuentra concentrada a lo largo de la costa, lo cual la hace altamente vulnerable a los tsunamis.

El casco urbano es grande depende de la zona portuaria. Cuenta con todos los servicios básicos de agua, energía eléctrica, aguas negras, tren de aseo, teléfono, internet, correos, tres puestos de policía, Juzgado de Paz.



Mapa de La Libertad

## 2.3 Departamento de La Unión

La Unión está conformada por la ciudad portuaria de La Unión y su bahía, las islas del Golfo de Fonseca y la estrecha planicie del litoral de Intipucá-El tamarindo. Se encuentra ubicada al oriente del país conectada por las dos carreteras más importantes: La carretera Panamericana y del Litoral, en sus fronteras colinda con Honduras y con Nicaragua por medio del Golfo de Fonseca.

Política y administrativamente, tiene 987 km<sup>2</sup> de extensión, abarca seis municipios y 62 cantones. Los municipios son La Unión, Conchagua, Intipucá; Meanguera del golfo; Pasaquina y San alejo con sus cantones.

La topografía es ondulada predominante por cerros de mediana altura y con sus zonas mas bajas ocupadas por manglares. Las islas en el Golfo de Fonseca muestran un relieve cercanos a los 500 msnm, mientras que los islotes (Zacatillo, Martín Pérez, Pirigallo, Perico, etc.) son pequeños conos volcánicos que van de los 100 a los 60 msnm.

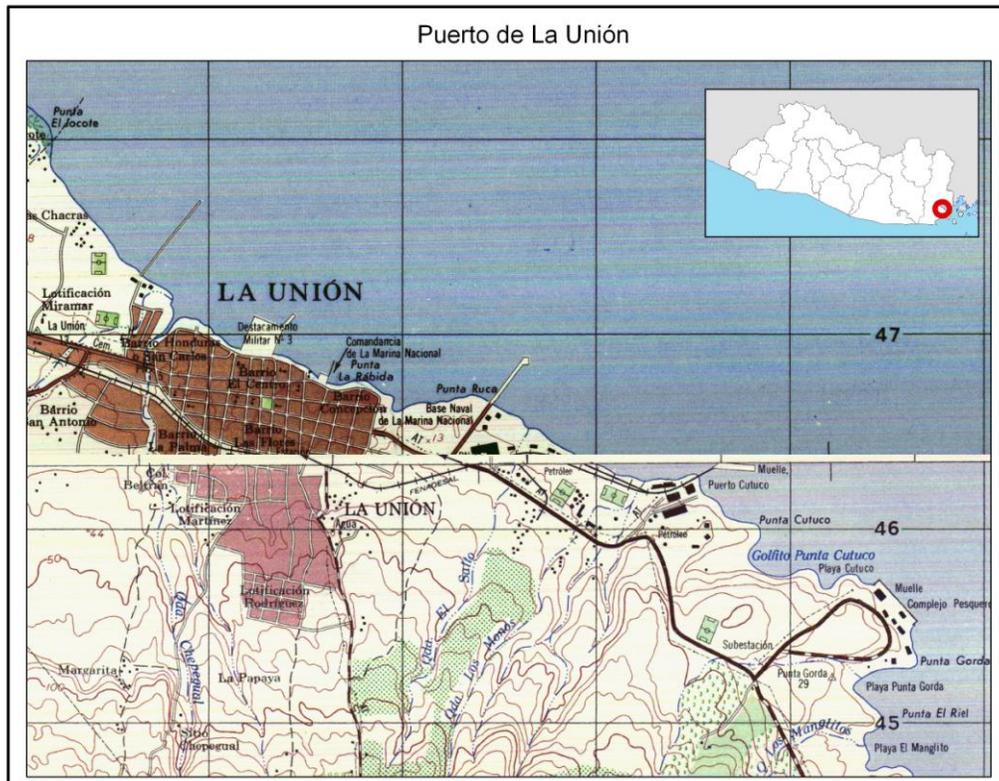
La Unión posee una población de 137 mil habitantes, siendo los municipios de Conchagua y La Unión los más poblados, donde se concentra el 60 %de la población, esto se debe a la conexión por medio de la Carretera Panamericana con San Miguel, así como por la cercanía con el puerto de Cutuco. El municipio con menor población es Meanguera del Golfo con un 4 % de la población total.

Existe una moderada densidad de asentamientos rurales con tendencia urbano-rural en el área constituida por el municipio de La Unión y la parte norte del municipio de Conchagua; otra concentración se localiza al sur de Conchagua, alrededor del Estero de El Tamarindo.

Además para se ha experimentado un aumento en la concentración de la población debido a la construcción del puerto.

Se cuenta con dos Puertos, el puerto pesquero de CORSAIN donde se ha instalado empresa industrial de pesca, así como el recién construido puerto de La Unión, el cual es el puerto más grande de Centroamérica con capacidad para atracar barcos más grandes que los que recibe actualmente el canal de Panamá.

La Unión abarca los seis municipios litorales más orientales del país, la ubicación al litoral y la apertura internacional del nuevo Puerto de La Unión, la definen como un destino territorial y de desarrollo de la Región.



Mapa de La Unión

### **3. FUNCIONES Y ACTUACIÓN DEL SERVICIO OCEANOGRÁFICO NACIONAL**

El Servicio Oceanográfico Nacional pertenece a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la Cultura (UNESCO), y al Sistema del Pacífico para la Alerta de Tsunamis (conocido actualmente como PTWS), lo cual le permite monitorear la posible generación de un tsunami en la cuenca del Océano Pacífico que pueda impactar las costas de El Salvador como efecto de un terremoto.

El Servicio Oceanográfico Nacional dentro del SNET es el responsable de la emisión de alertas de tsunamis por sismos generados frente a las costas de El Salvador y de avisar a los responsables nacionales de elaborar e implementar un procedimiento de respuesta ante la eventualidad, es decir, la Dirección General de Protección Civil del Ministerio de Gobernación de El Salvador.

Así mismo, el Servicio Oceanográfico Nacional se encuentra de manera permanente conectado a los centros para la alerta de tsunamis que emiten avisos de advertencia, alerta o peligro de tsunamis originados por sismos lejanos, que pueden incluir los tiempos de arribo del tsunami a diferentes localidades en la línea de costa. Para el caso de El Salvador, en el océano Pacífico se cuenta con el Centro del Pacífico para la alerta de Tsunamis (PTWC), el Centro de la Costa Oeste y Alaska para la Alerta de Tsunamis (WCATWC), Centros del Sistema para la Alerta de Tsunamis de la Agencia Meteorológica del Japón (JMA).

Para el desarrollo del monitoreo de tsunamis en el Océano Pacífico el Servicio Oceanográfico cuenta con un protocolo de operación y comunicación que consiste en analizar los parámetros de un sismo localizados en la cuenca del Pacífico, evaluando la distancia del epicentro (proyección del hipocentro en la superficie terrestre), profundidad del hipocentro (punto de fractura de la corteza terrestre) y magnitud del terremoto. Así mismo evalúa la información emitida por los Centros de Alerta de Tsunamis del Pacífico. A medida de que están disponibles más datos sísmicos se puede estudiar la velocidad del terremoto que está correlacionado con el potencial de generar un tsunami que pueda afectar las costas de El Salvador.

Esta información es hecha llegar a la población de manera inmediata a través de todos los medios masivos de comunicación, así como a través de las instituciones encargadas de la respuesta ante éstos fenómenos.

De igual manera El Salvador pertenece a grupos de trabajo de los Sistemas de Alerta de Tsunamis del Pacífico y El Caribe (ICG/PTWS y ICG/CARIBE) con el objeto de compartir experiencias con otros países de estos sistemas en el establecimiento de sistemas de alerta temprana por tsunamis a nivel nacional y regional.

Sin embargo, el Servicio Oceanográfico Nacional aún carece de las herramientas y metodologías necesarias para la elaboración de mapas de amenaza y riesgo de las costas salvadoreñas ante tsunamis a través de la simulación numérica de éstos eventos por medio de modelos numéricos, como el utilizado en el proyecto europeo TRANSFER, el cual ha sido desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de España conjuntamente con el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IH-Cantabria).

A través de este proyecto se han desarrollado metodologías para la elaboración de mapas de inundación y riesgo y se han generado modelos numéricos que han sido aplicados en las costas españolas, metodologías y herramientas que pueden ser utilizadas en El Salvador por medio de la ayuda del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de España para la elaboración de mapas de amenaza y riesgo de las costas salvadoreñas ante tsunamis.

### **3.1. Monitoreo Sísmico en El Salvador**

Para realizar el monitoreo sísmico en El Salvador, se tiene actualmente en operación una red de 22 estaciones sismográficas de periodo corto, 1 estación de banda ancha, y 23 estaciones acelerográficas (ver mapa).

Los datos de las estaciones de periodo corto se reciben en tiempo real por medio de radio frecuencias (UHF) en el rango (410 a 465 Mhz). Los datos de las estaciones acelerográfica se obtiene por medio de Modem o visitas al lugar de la estación. La estación de banda ancha se encuentra ubicada en la central sísmica y se tiene acceso por medio de LAN.

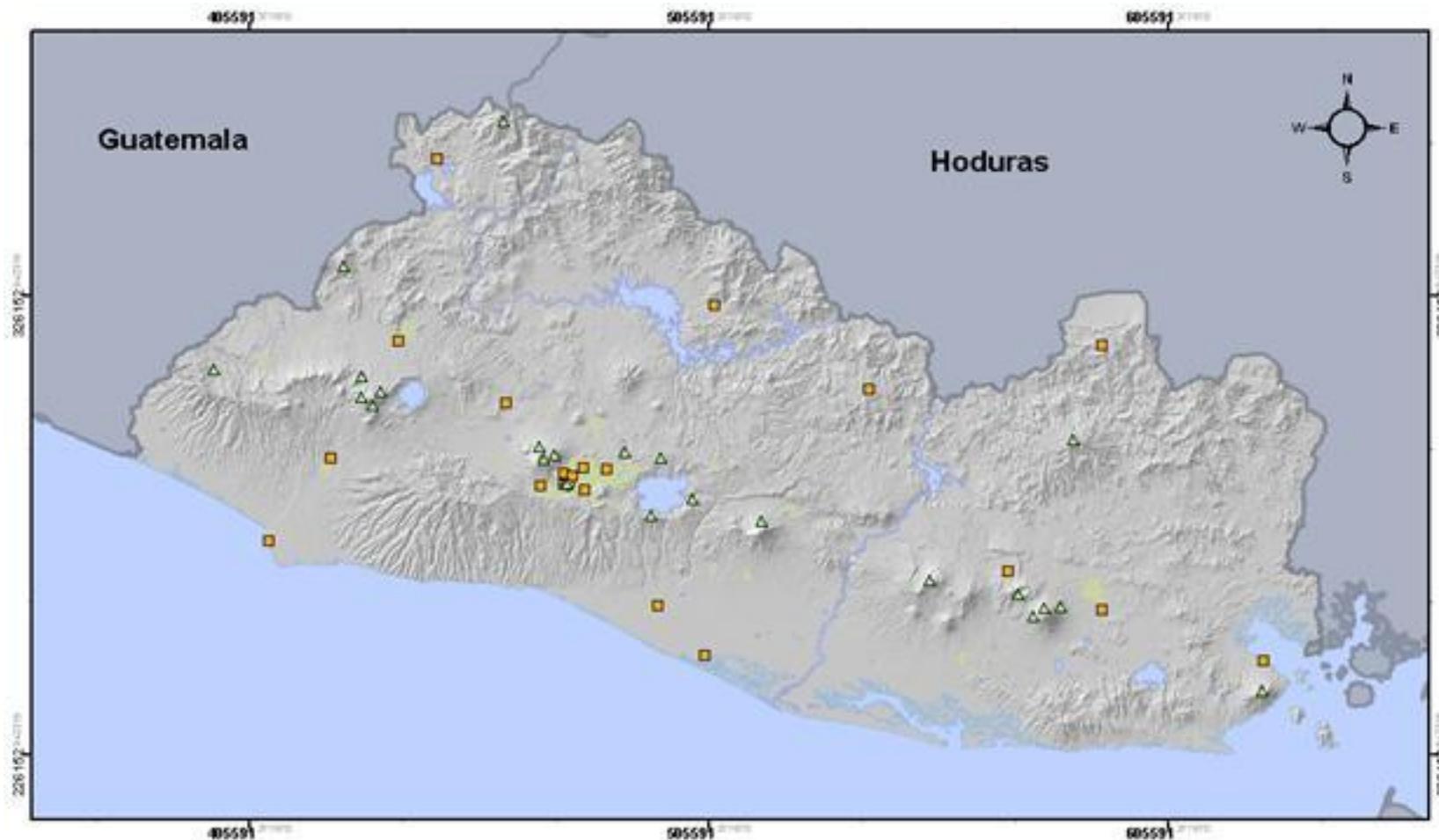
El equipo sísmico es de diferentes marcas y modelos, entre los que podemos mencionar: S-13, SS-1, L4, L22, Etna, SMA1 retrofit STS-2, episensor.

La adquisición, procesamiento y análisis de los datos sísmicos se realiza con los sistemas EARTHWORM y SEISAN. Ambos sistemas son ampliamente utilizados en la región centroamericana, lo que facilita el intercambio de datos entre los observatorios de la región.

A través de internet se comparten señales sísmicas en tiempo real y cercano al tiempo real con INETER en Nicaragua, CASC en Costa Rica, OSOP en Panamá, RSPR en Puerto Rico. Adicionalmente se utilizan datos de la red sísmica Global (DWPF, TEIG, TGUH, BCIP, SJG, SDV, OTAV, PAYG) para hacer localizaciones automáticas. Las localizaciones automáticas se realizan con el sistema EarlyBird desarrollado por el centro de alerta de Tsunamis de Alaska.

Actualmente se carece de suficientes estaciones sísmicas de banda ancha, que permitan localizar y analizar sismos de magnitudes grandes de forma automática, sismos que por su tamaño tiene un alto potencial de generar Tsunamis (solo contamos con una estación de banda ancha).

Adicionalmente es de indicar que en el marco del proyecto "Desarrollo de Estudios Geológicos y Sismológicos en El Salvador" financiado por la AECID, se esta desarrollando un estudio Paleosísmico y Paleovolcánico en la Zona de Falla de El Salvador (ZFES) con la colaboración del Dr. José Martínez Díaz de la Universidad Complutense de Madrid y con el apoyo de la Dra. María Belén Benito de la Universidad Politécnica de Madrid, así como de otros investigadores españoles.



**Simbología**

△	Sismográfica
○	Banda Ancha
■	Acelerográfica
■	Sitios Poblados

**Red de Monitoreo Sísmológico del SNET**



Proyección Cónica Conformal de Lambert  
Datum Norteamericano de 1927

25 125 0 25

100000 m

octubre de 2008





**BASE DE DATOS DE TSUNAMIS QUE HAN IMPACTADO LAS COSTAS DE EL SALVADOR**

Fecha			Sismo				Tsunami					
Año	Mes	Día	País	Latitud	Longitud	Magnitud	Lugar	Distancia (kilómetros)	Tiempo (horas)	Altura de arribo (metros)	Daños	
											Muertes	Monto (millones \$)
1859	8	25	Guatemala	13.0 N	87.5 W	6.2	La Unión	51	-	Desconocido		
1859	12	8	Guatemala	13.0 N	89.8 W	7.0	Acajutla	15	-	Desconocido		
1902	2	26	Guatemala	13.5 N	89.5 W	8.3 <sup>1</sup>	Acajutla	37	-	Desconocido	100	5-25
							Barra de Santiago	58	-	Desconocido	85	
							La Paz	-	-	Desconocido		
1950	10	5	Costa Rica	11.0 N	85.0 W	7.7	La Libertad	545	0.10	Desconocido		
							La Unión	401	0.10	Desconocido		
1950	10	23	Guatemala	14.3 N	91.7 W	7.1	La Unión	433	0.10	Desconocido		
1952	11	4	Rusia	52.8 N	159.5 E	9.0	La Libertad	10,183	17.7	0.58		
1957	3	9	USA	51.3 N	175.6 W	9.1	Acajutla	8,548	14.9	0.30		Menos de 1
							La Unión	8,706	15.1	0.20		
1960	5	22	Chile	39.5 S	74.5 W	9.5	La Unión	6,036	10.5	0.50		
1964	3	28	USA	61.1 N	147.5 W	9.2	Acajutla	6,988	11.7	0.20		
							La Unión	7,112	11.7	0.10		
1985	9	19	Chile	18.19 N	102.53 W	8.0	Acajutla	1,452		0.29		
2004	12	26	Indonesia	3.29 N	95.98 E	9.0	Acajutla	18,038	31.9	0.16		

