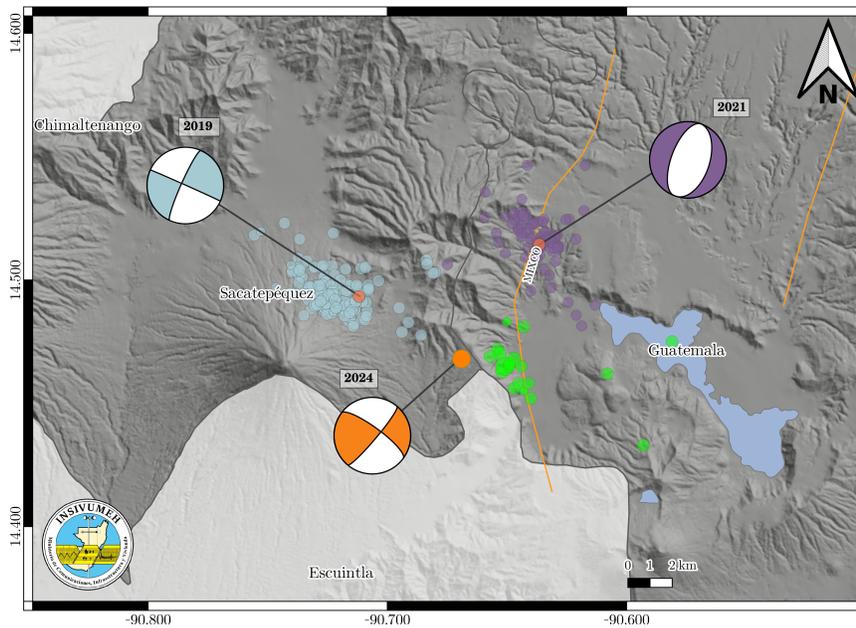


## Secuencia Sísmica en el límite departamental de Guatemala - Sacatepéquez

Enero de 2024

INS-DG-SS-RT-2024-01



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS  
GEOFÍSICOS

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

MARZO DE 2024

INSIVUMEH  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS  
GEOFÍSICOS

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

JEFE DEL DEPARTAMENTO:

Lic. Robin Onelio Yani Quiyuch

COORDINADOR DE SISMOLOGÍA

Ing. Diego Andrés Castro Rojas

MONITOREO SÍSMICO:

Lic. José Antonio Tojil Jiménez

Inga. Helen Marina Morán Chén

Tec. Nancy Gabriela Xol Castellanos

Tec. Luis Alberto Arriola

Tec. Dulce Pamela Calán Chon

Tec. Irene Almadaly Ligorria Sierra

Tec. Brando Leonel Coc Chen

Tec. Carlos Enrique Perez Tórtola

INSTRUMENTACIÓN Y COMPUTACIÓN:

Ing. Oscar Anibal Chamalé Grijalva

Joshua David Paz Garcia

Williams Alexander Juarez Jimenez

Walter René Perez Morales

Pablo Roberto Castellanos Diéguez

## Índice

1. Introducción	3
2. Descripción de la actividad	3
2.1. Secuencia de sismos . . . . .	3
3. Contexto geológico	6
3.1. Falla de Jalpatagua y su extensión hacia el oeste de Guatemala	6
4. Mecanismo focal	9
5. Antecedentes de la actividad sísmica en el límite departamental de Sacatepéquez y Guatemala	10
6. Instalación de sensor sísmico	11
7. Reporte instrumental de intensidades	14
8. <i>ShakeMap</i>	15

## 1. Introducción

El presente reporte contiene información sobre los distintos parámetros de los sismos registrados en el límite departamental entre Guatemala y Sacatepéquez, a partir del evento de ML3.5 ocurrido el miércoles 16 de enero de 2024, a las 10:26 hora local. Esto incluye la distribución temporal y espacial de las réplicas registradas, el mecanismo focal del evento principal y las mediciones de intensidades sísmicas instrumentales y shakemap asociados a dicho evento. Estos productos fueron obtenidos en la Sección de Sismología de INSIVUMEH a través del análisis de los registros de la Red Sismológica Nacional (RSN).

Esta región ha presentado actividad sísmica en años anteriores, entre estas actividades destacan: el enjambre sísmico ocurrido entre marzo y abril del año 2019, donde se registraron más de 400 eventos con profundidades menores a 10km, y la secuencia de al menos 80 sismos ocurrida el 23 de febrero de 2021.

## 2. Descripción de la actividad

### 2.1. Secuencia de sismos

El día 16 de enero del 2024 a las 10:26 hora local, se registró un evento sísmico de magnitud ML3.5, con epicentro en el límite del departamento de Sacatepéquez y Guatemala, el cual fue reportado sensible por la población circundante, incluyendo la Ciudad Capital.

Durante el desarrollo de esta actividad fueron localizados 17 eventos sísmicos, el último de los cuales ocurrió a las 18:01 hora local, del mismo día [Figura 1].

La figura 2 muestra la distribución temporal de estos eventos, donde también puede observarse que el rango de magnitudes preliminares oscilan entre 0.8ML y 3.5 ML; en tanto que las profundidades varían entre 1 y 12 km. Dadas las magnitudes extremadamente bajas, es probable que la mayoría de estos sismos no hayan sido percibidos por la población.

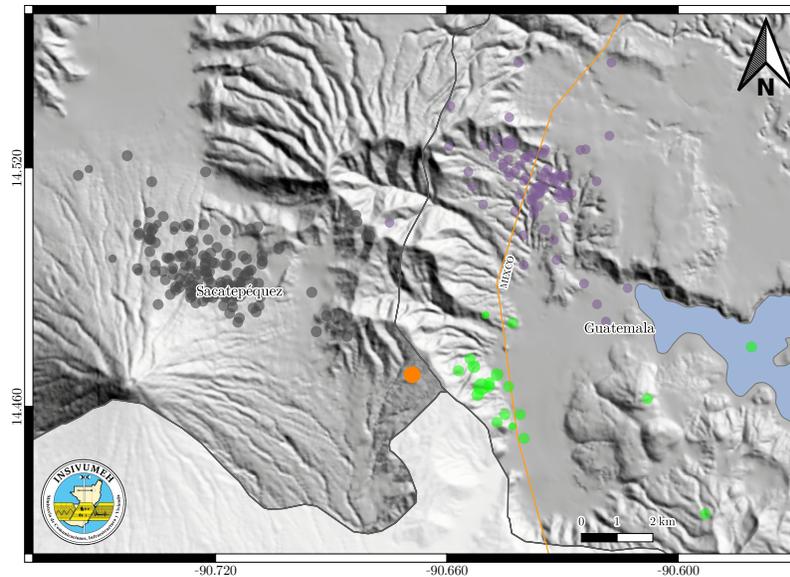


Figura 1: Mapa que muestra la sismicidad detectada en la zona desde el año 2019. En color verde y naranja, los sismos registrados y reportados sensibles respectivamente. En color gris los sismos registrados durante el enjambre de 2019. En color morado los sismos registrados durante la secuencia de 2021. La línea de color naranja representa la parte oeste de la estructura del graben de Guatemala.

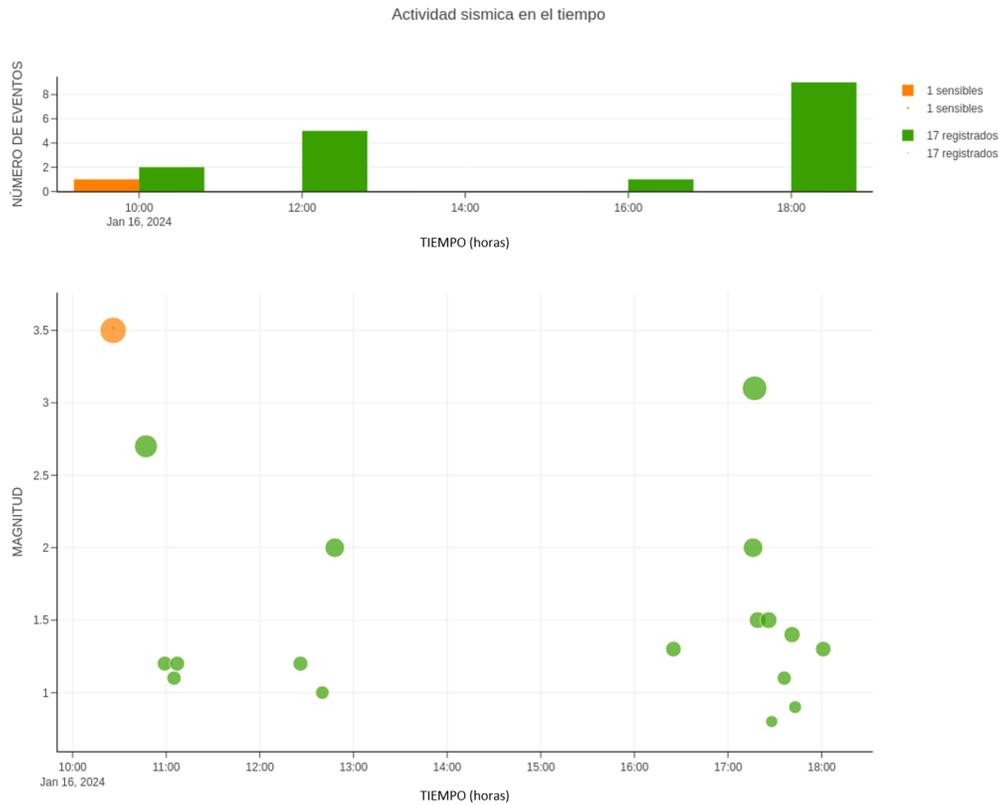


Figura 2: Gráfico donde se muestra la distribución temporal (UTC), de los eventos sísmicos registrados por la RSN (Magnitud  $> 0,8$ ) de la secuencia registrada en el límite de los departamentos de Guatemala-Sacatepéquez.

En la estación más cercana, PCG (en el volcán de Pacaya), se contabilizaron 52 sismos en total, de los cuales solo se pudieron localizar 17, debido a la baja magnitud de los demás, solo fueron registrados en esa estación.

## 3. Contexto geológico

### 3.1. Falla de Jalpatagua y su extensión hacia el oeste de Guatemala

El margen convergente que ocurre entre la placa de Cocos y la placa de Caribe al sur del país y el movimiento transformante que ocurre entre la placa Norteamericana y placa Caribe al centro de Guatemala, generan una deformación que se aloja en las placas continentales, siendo parte de esta, la falla de Jalpatagua que acomoda el movimiento dextral de la región, situada entre la fosa oceánica y el arco volcánico de Guatemala conocida como *forearc* o antearco. (Figura 3).

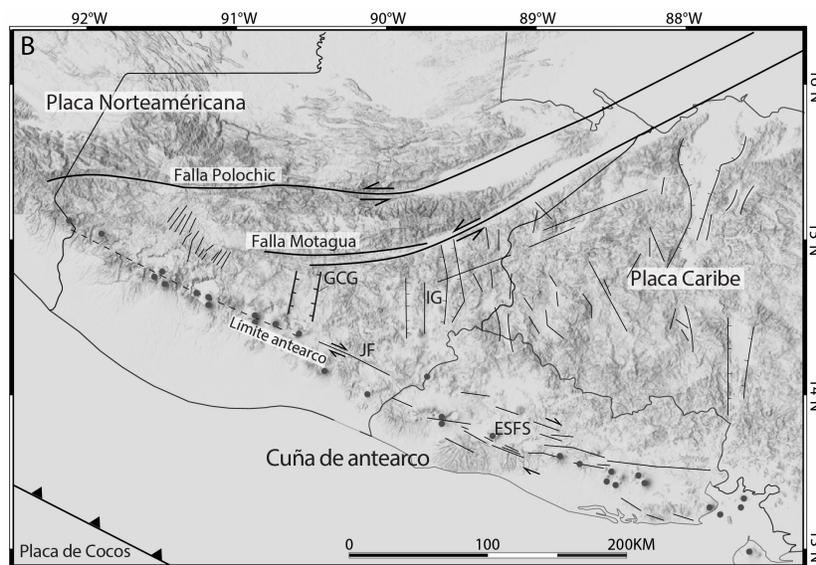


Figura 3: Visión general de las principales placas tectónicas y los sistemas de fallas en el norte de América Central. Se observa también los límites generales del sistema de fallas de antearco dextral que se extienden desde Guatemala hasta Costa Rica (Authemayou et al., 2011). Nombres abreviados, JF-Falla de Jalpatagua; ESF-Sistema de fallas de El Salvador; GCG graben de la Ciudad de Guatemala; IG graben de Ipala. Imagen modificada de Garnier et al. (2021)

Garnier et al. (2021), documentaron e interpretaron la deformación en la zona de falla Jalpatagua, dividiéndola en tres secciones: sección este, central y oeste, parte del estudio incluyo mayor detalle las fallas menores, análisis geocronológico en afloramientos, análisis de lineamientos y nuevas velocidades obtenidas mediante el sistema de posicionamiento global (GPS), en la que encontraron una tasa de deslizamiento de  $7,1 \pm 1,8$  mm/año a lo largo de la falla de Jalpatagua.

La sección oeste, de especial interés en este reporte debido a la actividad sísmica registrada, se encuentra limitada por la parte occidental de la caldera de Amatitlán y a hacia el sur por la extensión del graben de la Ciudad de Guatemala, en general debido a que en la zona se encuentra el arco volcánico activo, la deformación que ocurre en la corteza superior puede ser complicada.

En el estudio de Garnier et al. (2021), relatan no haber encontrado alguna evidencia de la continuación de la falla Jalpatagua hacia el occidente del país. Los afloramientos estudiados (localización 1 y 2, de la figura 4), evidencian una estratigrafía y fallamiento diferente que en las otras dos secciones, siendo estas, en la localización 1, fallas normales con rumbos E y NNW con metros de desplazamiento que ocurren en depósitos de téfra de Amatitlán y fallas cubiertas por depósitos mas jóvenes.

En la localización 2, fueron encontradas numerosas fallas normales orientadas con rumbos NNW con desplazamientos de decenas de centímetros, que cortan depósitos de capas de escoria, pómez y ceniza de poco espesor, cuya estratigrafía esta condicionada en su mayoría por flujos volcánicos y actividad reciente relacionada al volcán de Pacaya. En la sección central Garnier et al. (2021), si observaron conjunto de fallas de deslizamiento de rumbo, así como fallas normales y en la parte este las fallas observadas fueron normales con rumbo NW.

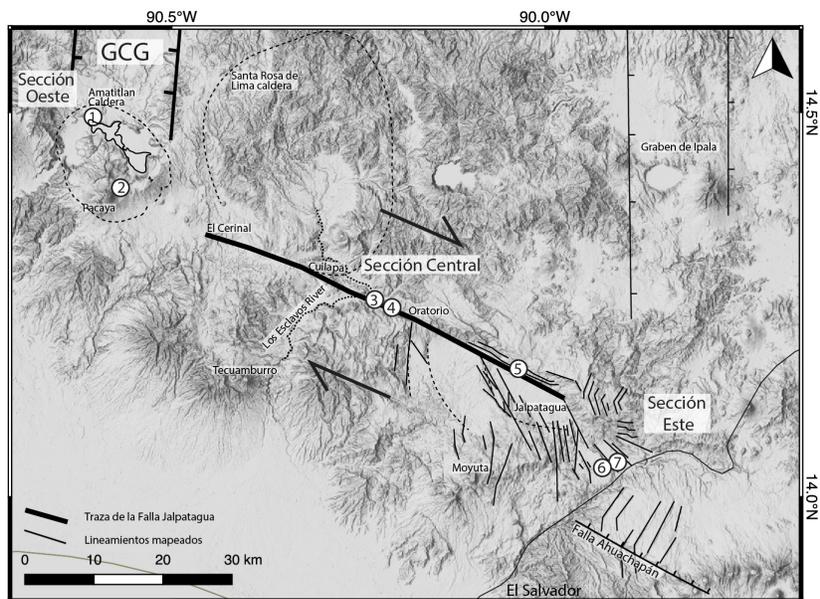


Figura 4: Detalle de las principales estructuras y lineamientos de fallas en la zona de Jalpatagua con las secciones estudiadas por Garnier et al. (2021). Modelo de elevación digital de 20 m de Guatemala y El Salvador (colaboradores de OpenStreetMap, 2015). GCG: Graben de la ciudad de Guatemala. Modificado de Garnier et al. (2021)

## 4. Mecanismo focal

Para el evento sísmico de magnitud ML3.5, fue posible estimar el mecanismo focal a través del software FMNEAR Delouis (2014), el cual sugiere un mecanismo de falla lateral derecha, consistente con los tipos de fallas locales que se encuentran paralelas a la cadena volcánica centroamericana, incluyendo la falla de Jalpatagua (Figura 5). Esto sugiere que se trata de una actividad sísmica de un fallamiento local, los cuales son muy comunes en la región, descartando su asociación con algún incremento de actividad volcánica.

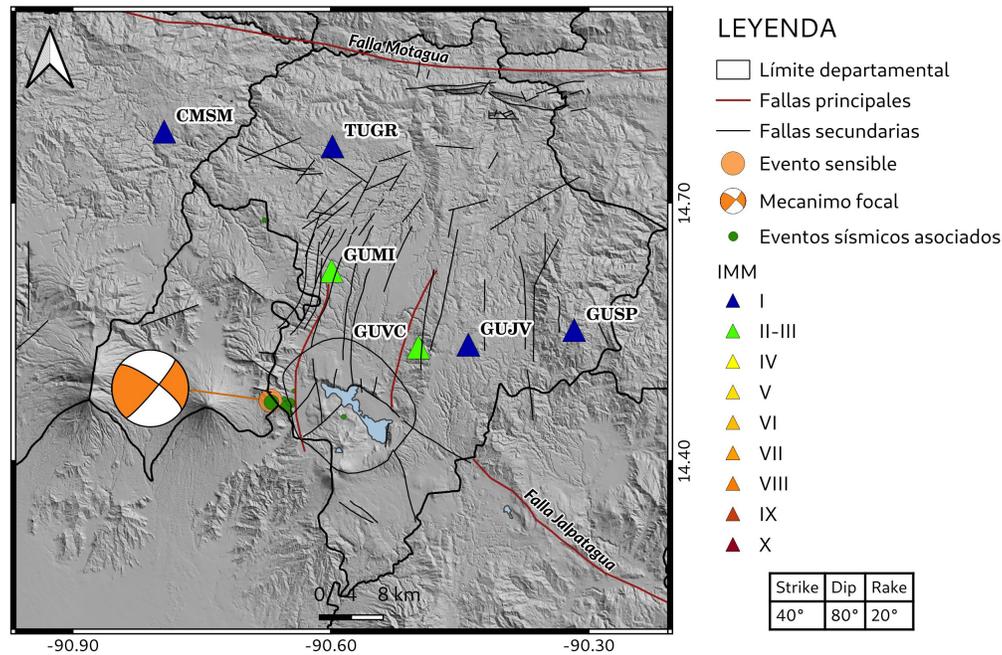


Figura 5: Mapa que muestra el mecanismo focal del evento principal (en naranja), réplicas (en verde) y fallas principales en el departamento (líneas rojas). Adicional, las estaciones con registro de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM), y en la tabla de la parte inferior derecha, el plano nodal del mecanismo focal.

## 5. Antecedentes de la actividad sísmica en el límite departamental de Sacatepéquez y Guatemala

La parte occidental de la falla Jalpatagua ha presentado sismicidad en años anteriores, tal como el enjambre de 2019 (INSIVUMEH (2019)), ocurrido en el departamento de Sacatepéquez con un evento principal de magnitud 4.6 y un aproximado de 400 réplicas, que se desarrollaron temporalmente en los meses de marzo y abril. Estos eventos registraron profundidades de hasta 8km y el mecanismo focal encontrado fue de movimiento transcurrente (figura 6), asociado a la actividad de la parte oeste de la zona de falla de Jalpatagua.

Posterior a esta actividad en el año 2021 se desarrollo una secuencia sísmica (INSIVUMEH (2021)), que inicio con eventos de magnitudes entre 1.9 y 3.2 durante 5 días, en los cuales eventos de magnitudes de 2.8 y 2.5 fueron sensibles por la población con profundidades menores a 10km, llegando a ser el evento principal de magnitud 4.0, esta secuencia continuó en la zona durante 3 días más, llegando a ser un total de más de 80 sismos (figura 6). Con el método de *First Motion*, o de polaridad de primeras llegadas, para el evento principal de magnitud 4.0 el mecanismo focal encontrado fue normal, asociado a la falla de Mixco, la cual aflora al oeste del sistema de grabens que ocurre en ciudad de Guatemala.

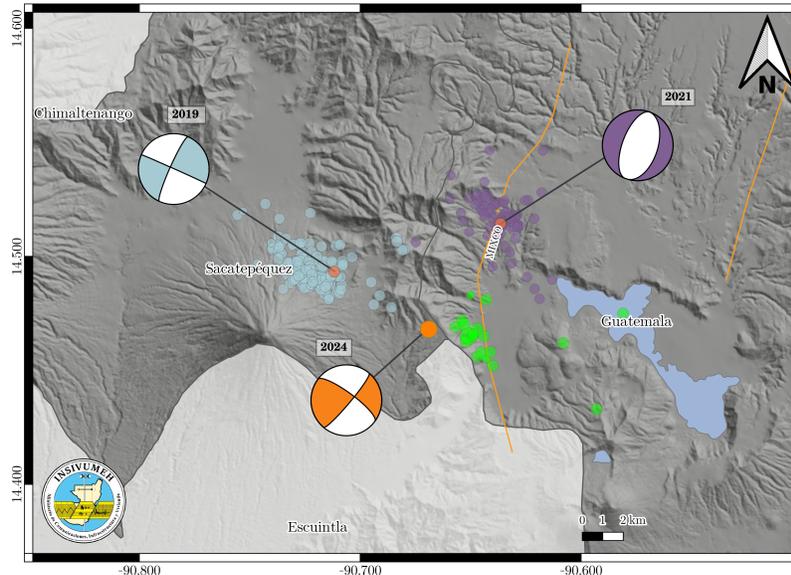


Figura 6: Mapa de la sismicidad con sus respectivos mecanismos focales. Círculos de color celeste, enjambre de 2019, en color morado secuencia de 2021 y sismicidad actual círculos color verde y en naranja los eventos reportados sensibles de cada actividad.

## 6. Instalación de sensor sísmico

Debido a la actividad sísmica que se estaba desarrollando, el día miércoles 17 de enero, personal de la sección de sismología y computación científica del Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos, instaló un sensor sísmico de banda ancha con la finalidad de mejorar la cobertura azimutal de la RSN (figura 7).

La estación sísmica esta ubicada en San Juan el Obispo, Sacatepéquez (SAOB, código de estación), la cual queda en constante observación por el personal técnico de monitoreo (figura 8).

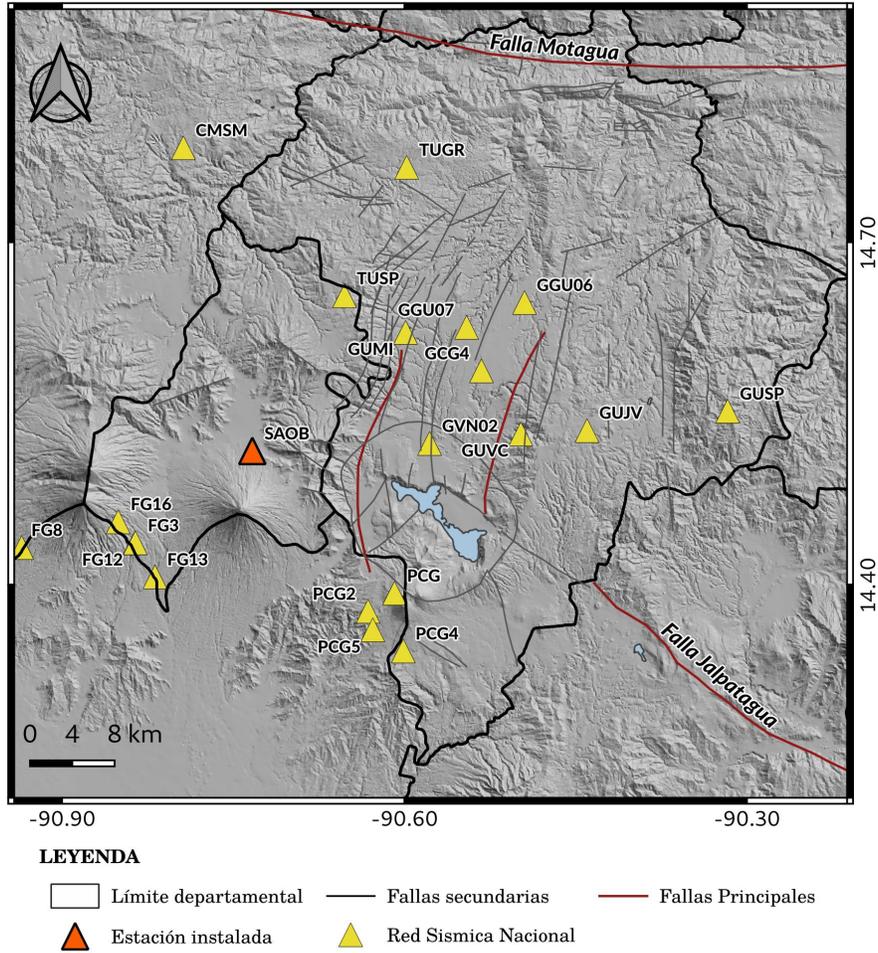


Figura 7: Mapa de ubicación de sensor sísmico instalado, para el monitoreo de la actividad.



Figura 8: Proceso de instalación de la estación SAOB.



(a) Izquierda



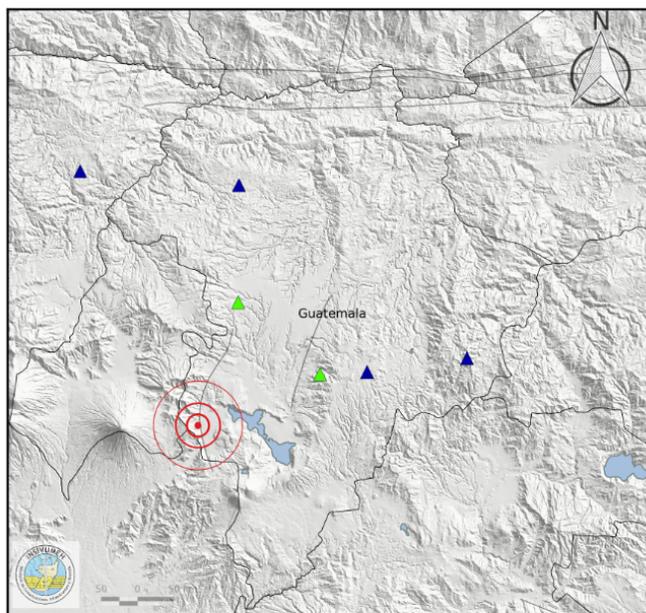
(b) Derecha

Figura 9: Configuración del sistema fotovoltaico (**Izquierda**) y configuración del sensor (**Derecha**).

## 7. Reporte instrumental de intensidades

La información macrosísmica es de interés debido a que aporta valiosa información para evaluar la intensidad del evento sísmico. En la figura 10, se muestra el mapa de intensidad instrumental y su equivalente con la escala de Mercalli Modificada, en donde expresa mediante una escala de colores la sacudida del suelo.

Estos datos son obtenidos por el registro de los sismómetros y acelerografos desplegados en el territorio nacional, cuya información contribuye en en la toma de decisiones por parte de las autoridades para actuar en los sitios o lugares con posibles afectaciones.



### INFORMACIÓN DEL EVENTO SÍSMICO

Tiempo de origen (hora local)	Latitud (N)	Longitud (O)	Profundidad (km)	Magnitud
2024-01-16 10:26:49	14.46897507	-90.64855194	1.5	3.5

Relación de Sacudida percibida e intensidad de la escala de Mercalli Modificada, según Wald, et al (1999)

Sacudida percibida	No sentido	Debil	Stuave	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Severo	Violeno	Extremo
IMM	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

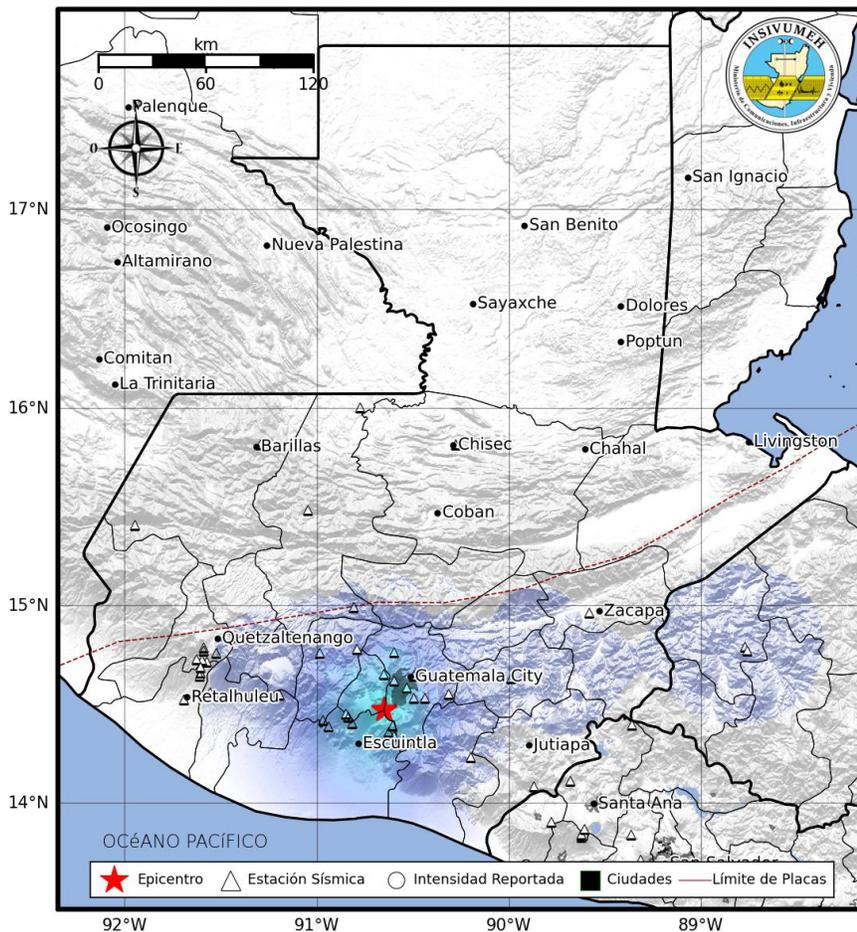
Figura 10: Mapa de intensidades instrumentales de la región cercana al epicentro, del evento sísmico de ML 3.5.

## 8. *ShakeMap*

El ShakeMap o mapa de sacudidas es un mapa de color, que muestra la distribución espacial de la intensidad de movimiento del suelo que produce un sismo en una región. Esta información es obtenida a través de registros instrumentales y de modelos que describen el posible comportamiento del suelo ante un sismo.

Para generar este producto, la sección de sismología del Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos del INSIVUMEH mediante la Red Sísmica Nacional -RSN-, socios locales y otros centros sismológicos internacionales. El mapa de sacudidas (*ShakeMap*) que se realizó para el sismo de 3.5ML ocurrido el 16 de enero, registró intensidades de hasta IV en escala de Mercalli Modificada para el municipio Guatemala, mientras que para otros municipios se registraron intensidades máximas de II-III.

Mapa de Intensidad Instrumental  
 Fecha: martes, 16 de enero de 2024 | Hora Local: 10:26:49  
 Magnitud: 3.5 | Latitud N: 14.469 | Longitud O: -90.649 | Prof.: 1.5km |  
 ID:INSIVUMEH



MOVIMIENTO	No Sentido	Débil	Suave	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte	Severo	Violento	Extremo
DAÑO	Ninguno	Ninguno	Muy Poco	Poco	Moderado	Moderado/Mucho	Mucho	Severo	Desastroso
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSIDAD	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Escala por Worden et al. (2012)

Versión 1: Procesado 2024-01-16T16:46:20Z



© Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala, C.A. (INSIVUMEH 2024.)

Figura 11: Mapa de Guatemala con la distribución espacial de las intensidades. El degradado de colores hace referencia a la intensidad de movimiento del suelo en escala de Mercali Modificada, de acuerdo a su aceleración (PGA) y velocidad (PGV) pico registrados, propuesto por Worden et al. (2012).

## Referencias

- Christine Authemayou, Gilles Brocard, Ch Teyssier, T Simon-Labric, A Gutiérrez, EN Chiquín, and S Morán. The caribbean–north america–cocos triple junction and the dynamics of the polochic–motagua fault systems: Pull-up and zipper models. *Tectonics*, 30(3), 2011.
- Bertrand Delouis. Fmnear: Determination of focal mechanism and first estimate of rupture directivity using near-source records and a linear distribution of point sources. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 104:1479–1500, 06 2014. doi: 10.1785/0120130151.
- Bridget Garnier, Basil Tikoff, Omar Flores, Brian Jicha, Charles DeMets, Beatriz Cosenza-Murales, Douglas Hernandez, Griselda Marroquin, Luis Mixco, and Walter Hernandez. An integrated structural and gps study of the jalpatagua fault, southeastern guatemala. *Geosphere*, 17(1):201–225, 2021.
- INSIVUMEH. Reporte de la actividad sísmica tipo enjambre en el departamento de sacatepéquez, durante los meses de marzo y abril de 2019, Aug 2019. URL [http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES\\_SECCION\\_SISMOLOGIA/REPORTES\\_TECNICOS/2019/reporte\\_enjambre\\_sacatepequez.pdf](http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_SECCION_SISMOLOGIA/REPORTES_TECNICOS/2019/reporte_enjambre_sacatepequez.pdf).
- INSIVUMEH. Secuencia sísmica registrada entre los departamentos de guatemala y sacatepéquez, Mar 2021. URL [http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES\\_SECCION\\_SISMOLOGIA/REPORTES\\_TECNICOS/2021/reporte\\_especial-4.pdf](http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_SECCION_SISMOLOGIA/REPORTES_TECNICOS/2021/reporte_especial-4.pdf).
- CB Worden, MC Gerstenberger, DA Rhoades, and DJ Wald. Probabilistic relationships between ground-motion parameters and modified mercalli intensity in california. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(1):204–221, 2012.