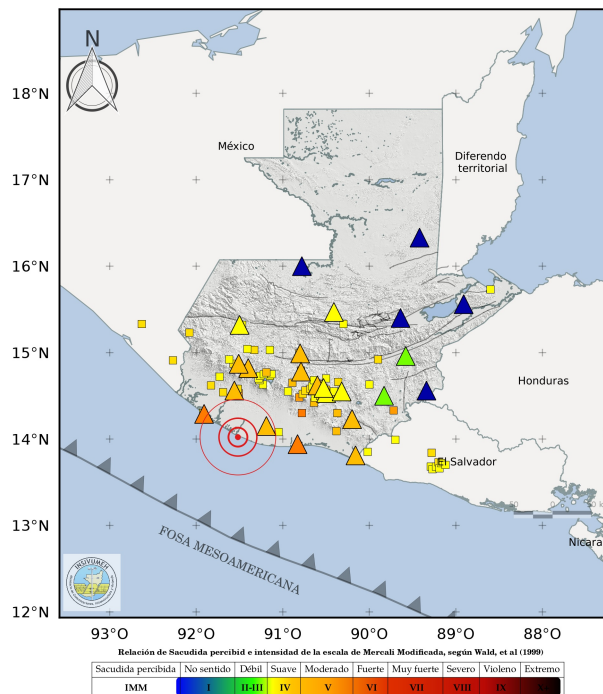


Sismo de M 6.2, del 16 de febrero de 2022 asociado a la zona de subducción

INS-DG-SS-RT-2022-001



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS
GEOFÍSICOS

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

2022-03-08

ELABORADO POR: Robin O. Yani Quiyuch, Diego A. Castro Rojas,
Ludwing O. Asturias Alquiay

INSIVUMEH
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS
GEOFÍSICOS
SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

DIRECTOR GENERAL:
Lic. Willson Wyller García Morales

JEFE DEL DEPARTAMENTO:
Lic. Robin Onelio Yani Quiyuch

COORDINADOR DE SISMOLOGÍA
Ing. Diego Andrés Castro Rojas

MONITOREO SÍSMICO:
Lic. Ludwing Osmar Asturias Alquiay
Luis Alberto Arriola
Kevin Carlos Enrique Chun Quinillo

INSTRUMENTACIÓN Y COMPUTACIÓN:
Byron Alfonso Paiz Cardenaz
Williams Alexander Juarez Perez
Walter René Perez Morales
Pablo Roberto Castellanos Diéguez

Índice general

1. Introducción	4
2. El sismo de Mw 6.2 del 16 de febrero de 2022	5
2.1. Descripción general	5
2.1.1. Sismo principal	5
2.1.2. Réplicas asociadas	5
2.1.3. Tensor de Momento y Mecanismo Focal	6
2.2. Intensidades Sísmicas Instrumentales	9
2.2.1. Validación de las Intensidades Sísmicas Instrumentales con Reportes de la Población	11
2.2.2. Relación de las Intensidades Sísmicas con Daños Re- gistrados	13
3. Conclusiones	16
4. Agradecimientos	17
5. Anexos	18
Bibliografía	19

Introducción

El presente reporte contiene la descripción de distintos parámetros del sismo del 16 de febrero de 2022 en la república de Guatemala: la estimación de su magnitud (M_{ww} 6.2), las réplicas generadas junto con su distribución temporal y espacial, el mecanismo focal y las mediciones de intensidades sísmicas instrumentales asociadas a dicho evento, obtenido por la Sección de Sismología del INSIVUMEH a través del análisis de los registros de la Red Sismológica Nacional (RSN).

Además, se realiza un análisis de las intensidades sísmicas instrumentales con reportes de la población, tanto de intensidades sísmicas estimadas a partir de encuestas en línea (DYFI?, USGS) como de los daños generados por el sismo, compilado por la SE-CONRED.

Los resultados que se presentan a continuación han sido posibles gracias a las importantes mejoras instrumentales en la Red Sismológica Nacional (RSN), el mantenimiento en operaciones de la misma y de los recursos informáticos, la vigilancia sísmica continua y un esfuerzo administrativo permanente. Por otro lado, la cooperación inter-institucional para el intercambio de datos sísmicos ha sido fundamental para la mejor calidad de los resultados.

El sismo de Mw 6.2 del 16 de febrero de 2022

2.1. Descripción general

2.1.1. Sismo principal

El día 16 de febrero de 2022 a las 01:12 horas (hora local) un sismo de magnitud M 6.2 se generó en la zona de subducción, en la región inferior de la zona de contacto entre las placas de Cocos y del Caribe.

Por medio del análisis de los registros sísmicos de la Red Sismológica Nacional (RSN), el epicentro se ubicó en el Departamento de Escuintla, cerca de Suchitepéquez (Figura 2.1). El evento sísmico tuvo una profundidad de aproximadamente 70 km y las ondas sísmicas generadas alcanzaron gran parte del territorio nacional. Éste fue sensible en la mayoría de departamentos del país y causó daños menores en algunas localidades (CONRED, 2022).

La zona donde se ubican los hipocentros, tanto del sismo principal como de las réplicas, ha sido de constante actividad sísmica, habiendo identificado algunas secuencias sísmicas a lo largo de los últimos años, sin haber generado algún sismo de magnitud significativa.

2.1.2. Réplicas asociadas

Aunque los sismos en la zona de actividad han decaído significativamente, se siguen generando a la fecha de la presente publicación, lo que sugiere una región de productividad sísmica alta. Posterior al sismo principal, hasta el 28 de febrero, se localizaron 220 réplicas (ver Figura 2.2), con magnitudes entre 2.4 y 4.7 (Figura 2.3(a)), la mayoría con profundidades entre 40 y 80 km (Figura 2.4(b)), de las cuales 8 fueron reportadas sensibles.



Figura 2.1: Epicentro del sismo de M 6.2 del 16 de febrero de 2022.

De acuerdo a las localizaciones preliminares, la actividad sísmica se encuentra ubicada en la región de la subducción donde la placa de Cocos se dirige hacia el manto superior (zona intraplaca o *slab*). La Figura 2.4 es un corte transversal de la zona de actividad. Puede observarse claramente la distribución de epicentros que nos da una idea de la geometría del *slab* a esas profundidades (Alvarado y Yani, 2016)

2.1.3. Tensor de Momento y Mecanismo Focal

Un mecanismo focal es una solución del plano de falla de un determinado sismo, en la cual se describen dos posibles direcciones y orientaciones del desplazamiento de falla que pudo haber generado la señal registrada en las estaciones sísmicas (Lowrie, 2007).

Una de las formas de derivar los mecanismos focales es con base en soluciones del tensor de momento de los eventos sísmicos, las cuales son estimadas a partir del análisis de las formas de onda registradas por las estaciones sísmicas mediante procesos de inversión. Otra técnica consiste en la identificación de la llamada “polaridad” de las primeras llegadas que se registran en la componente vertical de un sismograma proyectadas en un plano.

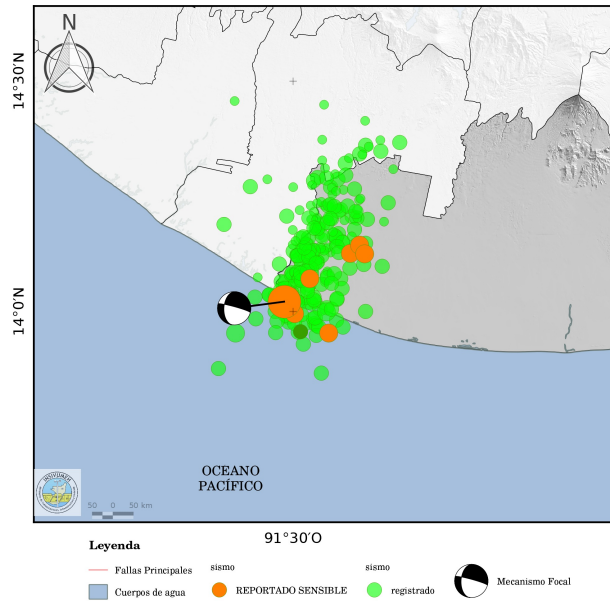


Figura 2.2: Distribución epicentral de las réplicas asociadas al sismo de M 6.2 del 16 de febrero de 2022.

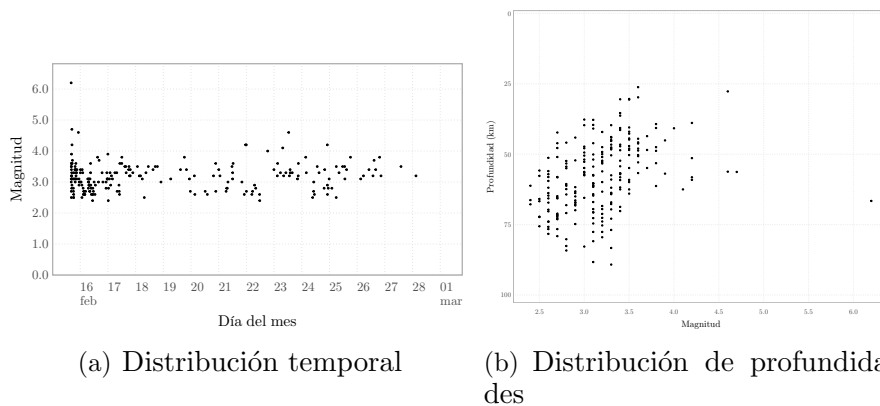
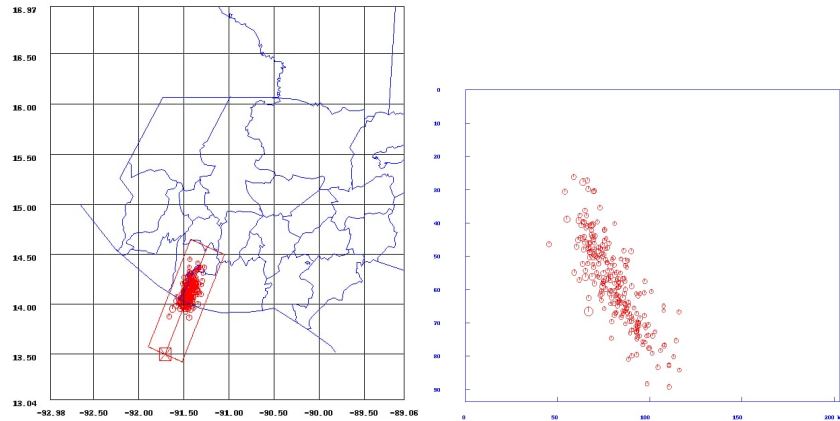


Figura 2.3: Distribución temporal y de profundidad de las réplicas asociadas al sismo de M 6.2.

Por lo general, éstos se representan con símbolos llamados *Beach Balls* o Pelotas de Playa, en los cuales se puede reflejar el plano de falla y el plano auxiliar (perpendicular al plano de falla). Pudiendo estimar también si



(a) Selección de área para perfil (b) Perfil de la actividad sísmica

Figura 2.4: Vista de perfil de la actividad sísmica, en la cual puede observarse claramente la geometría del slab. Uso del software SEISAN.

un sismo está asociado a un movimiento de falla transcurrente (*strike-slip*), normal (*normal*), inversa (*thrust*) o una combinación de estas (p.ej. normal + transcurrente) (Lowrie, 2007).

A manera de ejemplo, en este reporte se presentan los resultados de dos técnicas, una mediante la inversión de la Fase W (Kanamori y Rivera, 2008) y otro a través de las polaridades de los registros sísmicos, utilizando el programa FOCMEC en el software sismológico SEISAN (Havskov y Ottemöller, 1999). En ambos casos se utilizaron registros sísmicos locales y regionales y el mecanismo focal estimado corresponde a un movimiento combinado de falla normal y transcurrente (ver Figura 2.5), esto, sumado a la profundidad del foco o hipocentro (aproximadamente 70 km), confirma que dicho sismo se generó en la zona intraplaca, donde este tipo de mecanismos pueden tener lugar (Ye, L., *et al.*, 2014).

Aunque las dos soluciones tienen similitudes, la obtenida con la fase W es la más confiable, dado que dicho método es altamente eficiente para sismos de magnitudes moderadas a grandes (Hayes, *et al.*, 2009). Esta solución final se ha incluido en la Figura 2.2.

de este tipo, a profundidades intermedias, pueden provocar fuertes sacudidas debido a las caídas de esfuerzos relativamente grandes observadas (Ye, L., *et al.*, 2014).

Cuadro 2.1: Relación entre intervalos de valores de aceleración pico (PGA) y velocidad pico (PGV) del suelo con la Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) según Wald, *et al.* (1999).

Sacudida percibida	No sentido	débil	suave	moderado	fuerte	muy fuerte	severo	violento	extremo
Daño potencial	ninguno	ninguno	ninguno	muy poco	poco	moderado	moderado a alto	alto	muy alto
PGA (% g)	<0.17	0.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PGV (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
IMM	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Las estimaciones de intensidades sísmicas se realizaron a través la medición de aceleraciones máximas o aceleraciones pico de las componentes de registro horizontal de los acelerómetros de la RSN, que pueden relacionarse con la tradicional escala de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) como se muestra en el Cuadro 2.1. Aunque estas relaciones han sido estimadas para California (Wald, *et.al.*, 1999) pueden dar una idea de la sacudida del suelo en el territorio nacional, como se mostrará más adelante.

Los registros sísmicos fueron corregidos y procesados para obtener el movimiento real del suelo utilizando el software Seismic Analysis Code (SAC). Además, se cuenta con algunos sensores de velocidad que tienen la particularidad de no saturarse ante sismos fuertes en el campo cercano, por lo que se logró obtener también valores pico de velocidad, los cuales complementan geográficamente los datos de intensidad sísmica obtenidos, esto se muestra en la Figura 2.6.

Aunque la validez de los valores estimados se reduce a las cercanías del punto de registro, las mediciones instrumentales permiten tener una idea rápida de las intensidades sísmicas en las distintas regiones del país. La obtención de un mapa completo de intensidades instrumentales (p.ej. ShakeMap, USGS), requiere de consideraciones teóricas y un conocimiento detallado de condiciones geológicas locales para una buena representación. Ha quedado evidenciado en distintas ocasiones que la respuesta de sitio juega un papel importante durante sismos fuertes en Guatemala.

Según los registros tanto de aceleración como de velocidad, de las estaciones sísmicas de la RSN, las intensidades máximas alcanzadas fueron de VI en la Escala de Mercalli Modificada (IMM) como se puede ver en la Figura

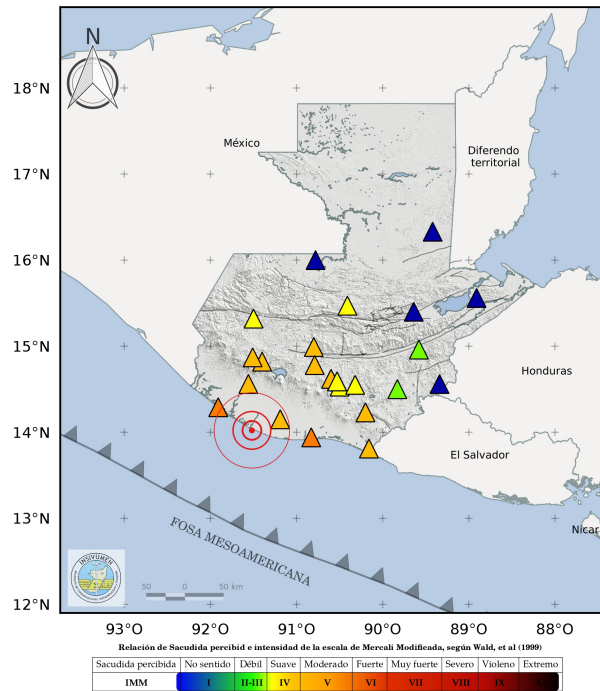


Figura 2.6: Mapa con los valores de IMM instrumental para cada estación sismológica (triángulos) de acuerdo a su valor de PGA o PGV, según Wald, *et al.* (1999) .

2.7, pero dado que los niveles de sacudida dependen también de las condiciones del suelo, es posible que en otras regiones no instrumentadas se hayan alcanzado intensidades ligeramente superiores o inferiores en las cercanías de los puntos de registro (ver Figura 2.9).

Los resultados del procesamiento de sismogramas (sensores de velocidad y aceleración) se muestran en el Cuadro 2.2 y las Figuras 2.8(a) y 2.8(b).

2.2.1. Validación de las Intensidades Sísmicas Instrumentales con Reportes de la Población

Ante la ocurrencia de sismos fuertes, muchas personas reportan sus experiencias a través de la herramienta ¿Lo sentiste? (DYFI, por sus siglas en inglés) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) a través de una encuesta diseñada para poder estimar de forma

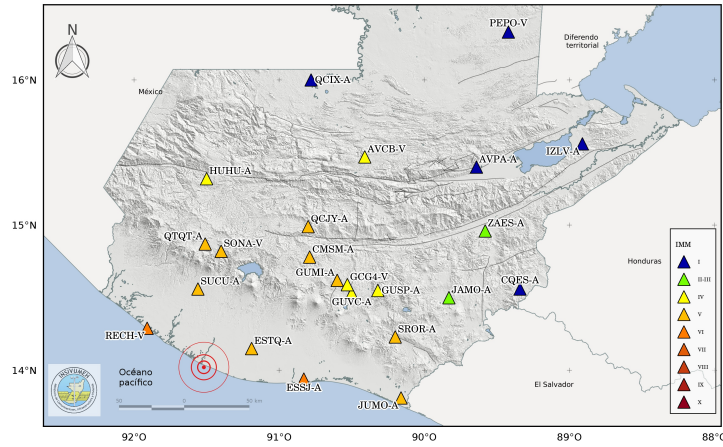
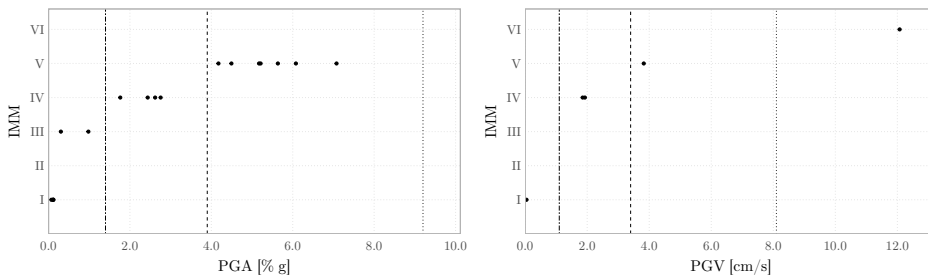


Figura 2.7: Mapa con los valores de IMM para cada estación sismológica de la RSN (triángulos), se muestra el código de cada estación sísmica, colocando al final la letra “A” para los canales de aceleración y con “V” los de velocidad.



(a) Valores instrumentales de aceleración y su relación con IMM (b) Valores instrumentales de velocidad y su relación con IMM

Figura 2.8: Valores instrumentales de aceleración y velocidad obtenidos de los registros de la RSN y su relación con la IMM. De izquierda a derecha, las líneas verticales punteadas representan el límite superior de las intensidades III, IV y V propuestos por Wald, et. al., (1999), como se describe en el Cuadro 2.1

cuantitativa la intensidad percibida en sus localidades, en la escala de Mercalli Modificada. Esto provee una valiosa herramienta para validar las intensidades instrumentales calculadas con la RSN.

Cuadro 2.2: Tabla de intensidades instrumentales en la escala de Mercalli Modificada (IMM), los valores de aceleración pico (PGA), están en %g, mientras que los valores de velocidad pico (PGV) en cm/s. La distancia se mide en kilómetros, del epicentro a la estación sísmica.

ESTACIÓN	DISTANCIA	PGA/PGV	IMM	MOVIMIENTO
ESTQ-A	38	5.211	V	moderado
RECH-V	51	12.073	VI	fuerte
SUCU-A	59	6.078	V	moderado
SONA-V	89	3.824	V	moderado
QTQT-A	93	4.175	V	moderado
CMSM-A	115	7.076	V	moderado
GUMI-A	119	4.494	V	moderado
GUVC-A	123	2.619	IV	suave
GUSP-A	141	1.763	IV	suave
HUHU-A	143	2.755	IV	suave
SROR-A	144	5.172	V	moderado
JUMO-A	148	5.635	V	moderado
JAMO-A	189	0.304	II-III	débil
QCIX-A	232	0.122	I	no percibido
ZAES-A	233	0.980	II-III	débil
CQES-A	242	0.114	I	no percibido
AVPA-A	253	0.111	I	no percibido
IZLV-A	328	0.070	I	no percibido
PEPO-V	340	0.044	I	no percibido

Aunque debe considerarse que en repetidas ocasiones las respuestas de DYFI están ubicadas geográficamente en sitios preferenciales como la Ciudad Capital y regiones turísticas; en general, para el sismo del 16 de febrero, las estimaciones obtenidas instrumentalmente y a través de encuesta, son muy consistentes. Esto puede observarse en la Figura 2.9.

2.2.2. Relación de las Intensidades Sísmicas con Daños Registrados

La Secretaría Ejecutiva de la SE-CONRED, registró 92 incidentes relacionados con grietas estructurales, derrumbes, entre otros, en 11 Departamentos

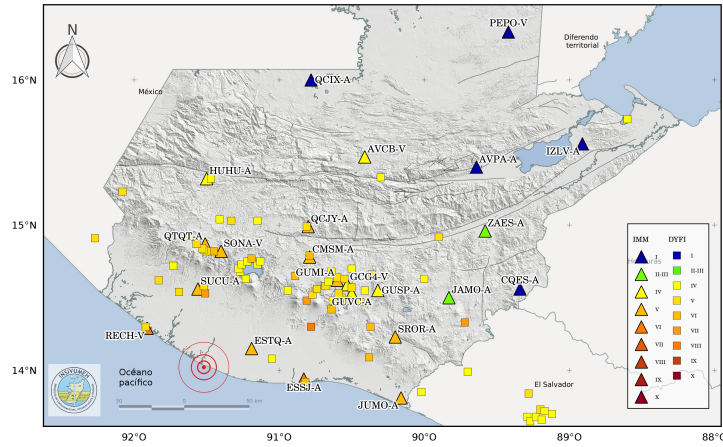


Figura 2.9: Mapa con los valores de IMM instrumental para cada estación sismológica de la RSN (triángulos) y la ubicación de los reportes de la población (cuadros) a través de DYF (USGS, 2022).

del país, siendo los más afectados los Departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá y Quetzaltenango (CONRED, 2022). Los daños registrados pueden verse en la Figura 2.10.

Ante distintos eventos con potencial de generar daños en varios departamentos del país, la CONRED activa su sistema escalonado para dar respuesta a la población (CONRED, 2019) pudiendo recabar información de los efectos ocurridos. Como cabe esperar, es posible que algunos daños no hayan sido reportados en algunos sitios, pero la densidad de reportes en los departamentos descritos, sugieren que en dichas ubicaciones se experimentaron fuertes sacudidas, como también lo señalan las medidas instrumentales y reportes de la población, aunque estos reportes no corresponden a lugares cercanos al epicentro. Esto puede deberse también a otros factores, como la densidad de población y de infraestructura, al tipo de construcción, efectos de sitio, entre otros.

Los factores que desencadenan los daños ante la exposición de las ondas sísmicas pueden ser variados y estar relacionados entre sí. El tipo de suelo o geología de los sitios son también fundamentales, en ocasiones, un suelo blando o poco consolidado favorecerá la amplificación de las ondas sísmicas, mientras que suelos rocosos tenderán a amortiguarlas. Además, el contenido de frecuencias registrado en un sismograma también contiene información

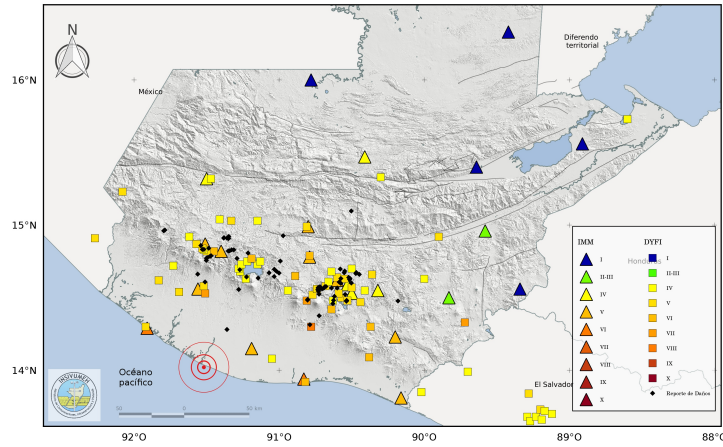


Figura 2.10: Mapa con los valores de IMM instrumental de la RSN (triángulos), reportes de la población (cuadros) a través de DYF (USGS, 2022) y ubicación de daños reportados (puntos) por la SE-CONRED (CONRED, 2022).

sobre los efectos que el sitio sea capaz de generar, lo que puede dar lugar a que algunas construcciones específicas estén propensas a sufrir daños. Esto, por supuesto, requiere de un análisis exhaustivo que está fuera del alcance de este reporte.

Conclusiones

- El sismo del 16 de febrero de 2022 se generó en la zona intraplaca de la subducción, con una magnitud de M_w 6.2.
- Más de 220 réplicas se han generado en la zona de actividad, las cuales claramente reflejan la geometría del slab a las profundidades estimadas, en su mayoría entre 40 y 80 kilómetros.
- Mediante la inversión de la fase W fue posible obtener la magnitud de momento (M_w) y el mecanismo focal del evento principal, correspondiendo a un mecanismo combinado de falla normal y transcurrente.
- Se lograron obtener intensidades sísmicas instrumentales compatibles con la escala de Intensidad de Mercalli Modificada, demostrando ser una buena herramienta para la rápida obtención de dicho parámetro en las comunidades donde las estaciones sísmicas se encuentran instaladas. También para tener un panorama general de los efectos del sismo a nivel nacional y la validación de datos para la futura construcción mapas de intensidades generales.
- Los daños reportados por la CONRED corresponden en gran medida a los reportes de intensidades de la población, correspondiendo también a varios sitios de registro instrumental. La distribución de daños, en su mayoría no cercanos a la región epicentral, puede deberse a varios factores, como densidad de población e infraestructura, falta de reportes en otras regiones, características de la fuente sísmica o bien, efectos locales del suelo en las zonas de los daños reportados.

Agradecimientos

Gracias al intercambio de registros sísmicos con el Servicio Sismológico Nacional (SSN) de México, de la Red Sísmica de la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) en Honduras, la Red de Monitoreo Sísmico del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en El Salvador y del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) de Nicaragua, fue posible obtener algunos de los resultados mostrados en este reporte.

Por otra parte agradecemos a las instituciones nacionales: Colegio Julio Verne, quienes comparten en tiempo real los registros de su estación sísmica de banda ancha con la RSN; Centro Universitario del Norte (CUNOR) de la USAC, por proporcionarnos espacio para la instalación de una estación sísmológica y a la SE-CONRED, por la comunicación de los datos sobre daños reportados.

Anexos

El catálogo de la actividad sísmica de este reporte puede descargarlo en el siguiente link:

- http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_TECNICOS/INS-DG-SS-RT-2022-001/CATALOGO.csv

Los registros sísmicos del evento principal (aceleración y velocidad) de la RSN están disponibles en:

- http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_TECNICOS/INS-DG-SS-RT-2022-001/FORMA_DE_ONDA.zip

Si utiliza datos de este reporte por favor citar la Red Sismológica Nacional como:

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (1976). Red Sismologica Nacional [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/GI>

Bibliografía

- [1] Alvarado, R. y Yani, R. *Estudio de la Zona de Subducción en el Pacífico Guatemalteco en Base a las Características de sus Sismicidad*. Tesis de licenciatura, ECFM-USAC. Agosto, 2016. <https://ecfm.usac.edu.gt/sites/default/files/2016-09/TesisTotal.pdf>
- [2] CONRED. *Informe Sismos de Magnitud 6.2 del 16/02/2022*. Coordinadora Nacional par la Reducción de Desastres, Informe 008, viernes 18 de febrero de 2022.
- [3] Dirección de Respuesta SE-CONRED. *Plan Nacional de Respuesta (PNR)*. Coordinadora Nacional par la Reducción de Desastres, 2019.
- [4] Lowrie, W. *Fundamentals of geophysics*. Segunda Edición. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- [5] Havskov and Ottemöller. *SeisAn Earthquake analysis software*, Seis. Res. Lett., 70, 1999. <http://www.uib.no/en/rg/geodyn/54592/software>
- [6] Hayes, G., Rivera and Kanamori, H. *Source Inversion of the W-Phase: Real-time Implementation and Extension to Low Magnitudes*. . Seismological Research Letters, 2009. <https://doi.org/10.1785/gssrl.80.5.817>
- [7] Kanamori, H. and Rivera, L. *Source inversion of Wphase: speeding up seismic tsunami warning*. Geophysical Journal International, Volume 175, Issue 1, October 2008, Pages 222–238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03887.x>
- [8] SEISMIC ANALYSIS CODE (SAC) [11/11/2013 (Version 101.6a)]. Copyright 1995 Regents of the University of California
- [9] USGS. Did You Feel it?. M 6.2 - 0 km SSE of Nueva Concepción, Guatemala. 2022-02-16 07:12:25 (UTC)
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000gl8w/dyfi/intensity>

- [10] Wald, D., Quitariano, V., Heaton, T. y Kanamori, H. *Relationship between peak ground acceleration, peak ground velocity and Modified Mercalli Intensity in California*. Earthquake Spectra, Vol. 15, No. 3, Agosto 1999.
- [11] Ye, L., Lay, T., and Kanamori, H. *The 23 June 2014 Mw 7.9 Rat Islands archipelago, Alaska, intermediate depth earthquake*. Geophys. Res. Lett., 41, 6389–6395, 2014. doi:10.1002/2014GL061153