2022/09/22: Boletín del Servicio Mareográfico Nacional del Instituto de Geofísica de la UNAM

Reporte final: Registro en las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional del tsunami producido por el sismo de magnitud 7.7 ocurrido en Michoacán

RESUMEN

El día 19 de septiembre de 2022 a las 13:05:09 centro de México CDT se registró un sismo de magnitud 7.7, con epicentro en las coordenadas Lat: 18.24º norte y Lon: 103.29º oeste, a una profundidad de 15 km, y ubicado a 63 km al sur de Coalcoman, Michoacán. El Servicio Mareográfico Nacional, operado por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, quien mantiene un monitoreo constante del nivel del mar en las costas de México, inició su protocolo de vigilancia de eventos de tsunami, el cual incluye, además del registro de la información del nivel del mar, la revisión de los boletines de alertamiento emitidos por las autoridades nacionales e internacionales.

Únicamente se registraron perturbaciones en el nivel del mar asociadas al tsunami en las estaciones de Puerto Vallarta, Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Zihuatanejo y Acapulco API. La estación donde se registró la mayor amplitud pico a pico de las ondas del tsunami es Manzanillo, con 1.749 m, le siguen las estaciones de Zihuatanejo con 1 m, Lázaro Cárdenas con 0.90 m, Acapulco con 0.69 m y Puerto Vallarta con 0.41 m. La estación que primero comenzó a registrar el tsunami fue Puerto Vallarta, apenas 5 minutos después de ocurrido el sismo, le siguen Lázaro Cárdenas, que recibió las primeras ondas 10 minutos después del sismo, Manzanillo 21 minutos después, Zihuatanejo 31 minutos después y finalmente Acapulco, que registró las primeras ondas de tsunami 43 minutos después de ocurrido el sismo.

1. Caracterización del evento por parte del Servicio Sismológico Nacional

A través de su cuenta oficial en la red social Twitter, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) publicó los datos preliminares del sismo, así como posteriores actualizaciones de la magnitud, profundidad y coordenadas del epicentro. En la Tabla 1 se puede ver que el SSN originalmente determinó una magnitud preliminar de 6.8 para el evento a las 13:09 CDT (4 minutos después de ocurrido el sismo), posteriormente esta magnitud fue actualizada a 7.4 a las 13:23 CDT (18 minutos después de ocurrido el sismo) y la magnitud final para evento, 7.7, fue publicada por primera vez a las 15:28 CDT (2 horas 22 minutos después del sismo).

No.	Fecha y hora de publicación	Información publicada
1	19/09/2022 13:09 CDT	Magnitud 6.8, hora de ocurrencia CDT 13:05:07, profundidad 10 km, epicentro Lat 18.24 Lon -103.18
2	19/09/2022 13:23 CDT	Magnitud 7.4, hora de ocurrencia CDT 13:05:09, profundidad 15 km, epicentro Lat 18.22 Lon -103.29
3	19/09/2022 15:28 CDT	Magnitud 7.7, hora de ocurrencia CDT 13:05:09, profundidad 15 km, epicentro Lat 18.22 Lon -103.29

Tabla 1. Publicaciones realizadas por el SSN en Twitter donde se reportaba por primera vez la magnitud del sismo o alguna actualización de la misma.

2. Caracterización del evento por parte del U.S. Tsunami Warning System

Por su parte, el U.S. Tsunami Warning System publicó en su portal web 11 boletines referentes a este evento, de entre los cuales destacan la primera notificación de ocurrencia del sismo, y la primera actualización de la magnitud, los cuales podemos ver en la Tabla 2. Cabe destacar que en esta ocasión la primera estimación de la magnitud del sismo del U.S. Tsunami Warning System fue más acertada que la realizada por el SSN, y que la magnitud final que determinaron para el evento fue de 7.6.

No.	Fecha y hora de publicación	Información publicada
1	19/09/2022 13:09 CDT	Magnitud 7.5, hora de ocurrencia CDT 18:05, profundidad 10 km, epicentro Lat 18.2 Lon -103.4
2	19/09/2022 13:43 CDT	Magnitud 7.6, hora de ocurrencia CDT 18:05, profundidad 10 km, epicentro Lat 18.2 Lon -103.4

Tabla 2. Publicaciones realizadas por el U.S. Tsunami Warning System en su portal web.

3. Boletines de alertamiento del Centro de Alerta de Tsunamis

El Centro de Alerta de Tsunamis (CAT) emitió para este evento un total de 10 boletines, los cuales fueron publicados entre las 13:09 y las 23:45 CDT del día 19 de septiembre de 2022. En los boletines se reportaron las alturas máximas medidas en diversas estaciones de la red de monitoreo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis, así como la eventual cancelación de la alerta por tsunami para distintos estados de la república. El resumen de todo lo publicado se puede ver en la Tabla 3.

No.	**Tipo de boletín**	**Fecha y hora de emisión**	**Observaciones**
1	Informativo	19/09/2022 13:09 CDT	Basado en el primer reporte emitido por el SSN, no se esperaba la generación de variaciones del nivel del mar.
2	Alertamiento	19/09/2022 13:23 CDT	Se esperaban variaciones anómalas del nivel del mar de hasta 82 cm por encima del nivel de marea.
3	Seguimiento	19/09/2022 14:10 CDT	Se reporta la altura observada en 5 sitios, siendo la mayor hasta el momento Lázaro Cárdenas con 0.37 m.
4	Actualización	19/09/2022 14:23 CDT	Contiene la misma información del boletín previo.
5	Seguimiento	19/09/2022 15:20 CDT	Se actualiza la magnitud del sismo a 7.7 y se reporta la altura observada en 7 ubicaciones, siendo la mayor Manzanillo con 0.95 m.
6	Seguimiento	19/09/2022 16:10 CDT	Se actualiza la información de la altura máxima medida en 7 ubicaciones.
7	Seguimiento	19/09/2022 18:10 CDT	Se reporta que los registros de altura del tsunami comienzan a normalizarse en Jalisco, Colima y Michoacán.
8	Seguimiento	19/09/2022 20:00 CDT	Se cancela la alerta de tsunami para los estados de Jalisco y Oaxaca.
9	Seguimiento	19/09/2022 21:40 CDT	Se cancela la alerta de tsunami para el estado de Guerrero.
10	Cancelación	19/09/2022 23:45 CDT	Se cancela la alerta de tsunami para todo el Pacífico mexicano.

Tabla 3. Resumen de los boletines emitidos por el CAT para este evento.

4. Boletines del U.S. Tsunami Warnig System

El U.S. Tsunami Warnig System publicó un total de 11 mensajes al respecto de este evento, el primero de ellos a las 13:09 CDT (4 minutos después de ocurrido el sismo) y el último de ellos a las 18:13 CDT. En la Tabla 4 se muestra un resumen con la fecha y hora de emisión de los boletines, y el mensaje más importante del mismo.

No.	Fecha y hora de emisión	Observaciones
1	19/09/2022 13:09 CDT	Se menciona que se esperan ondas de tsunami peligrosas en la costa del Pacífico mexicano dentro de 300 km alrededor del epicentro del sismo. La magnitud del sismo se estima de 7.5.
2	19/09/2022 13:10 CDT	Se comunica que es demasiado pronto como para saber si se espera una amenaza para la isla de Hawaii.
3	19/09/2022 13:10 CDT	Se comunica que no hay amenaza de tsunami para la Samoa Americana.
4	19/09/2022 13:10 CDT	Se comunica que no hay amenaza de tsunami para la Costa Oeste norteamericana, la Columbia Británica y Alaska.
5	19/09/2022 13:10 CDT	Se comunica que no hay amenaza de tsunami para GUAM/CNMI.
6	19/09/2022 13:43 CDT	Se actualiza la magnitud del sismo a 7.6. Se comunica que se esperan ondas de 1 a 3 metros sobre el nivel de la marea astronómica en la costa de México, y de menos de 0.3 metros para Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú.
7	19/09/2022 14:07 CDT	Se amplía la lista de ubicaciones donde se esperan ondas de tsunami menores a 0.3 metros, a más de 50 ubicaciones alrededor del mundo.
8	19/09/2022 14:09 CDT	Se comunica que no hay amenaza de tsunami para Hawaii.
9	19/09/2022 17:13 CDT	Se reportan observaciones de Lázaro Cárdenas, Zihuatanejo, Puerto Vallarta, Manzanillo y Acapulco.
10	19/09/2022 18:13 CDT	Se levanta la amenaza por tsunami

Tabla 4. Resumen de los boletines emitidos por el U.S. Tsunami Warning System.

5. Registro en las estaciones de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional

El Servicio Mareográfico Nacional actualmente opera 27 estaciones mareográficas, de las cuales 12 se encuentran ubicadas en la costa del Pacífico. En estas estaciones se realiza un monitoreo permanentemente del nivel del mar y variables meteorológicas. Toda la información que se registra se transmite en tiempo casi real a la sede del Servicio Mareográfico Nacional en el campus Ciudad Universitaria de la UNAM, en la Ciudad de México.

Figura 1. Red de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional.

Únicamente se registraron perturbaciones en el nivel del mar asociadas al tsunami en las estaciones de Puerto Vallarta (3), Manzanillo (4), Lázaro Cárdenas (5) Zihuatanejo (6) y Acapulco API (8).

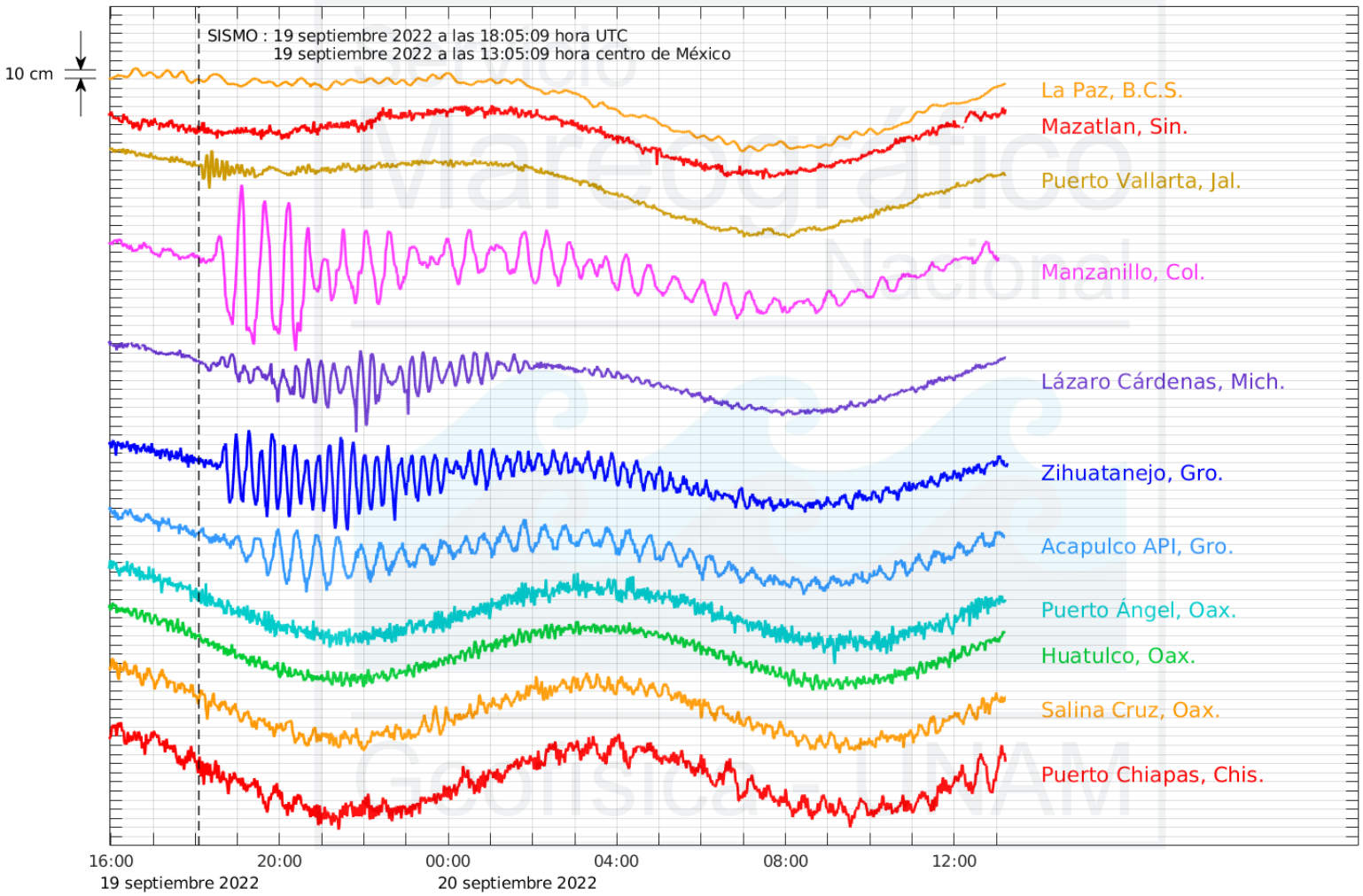

Figura 2. Nivel del mar registrado en todas las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional ubicadas en el Océano Pacífico. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa 10 cm. La línea punteada vertical en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

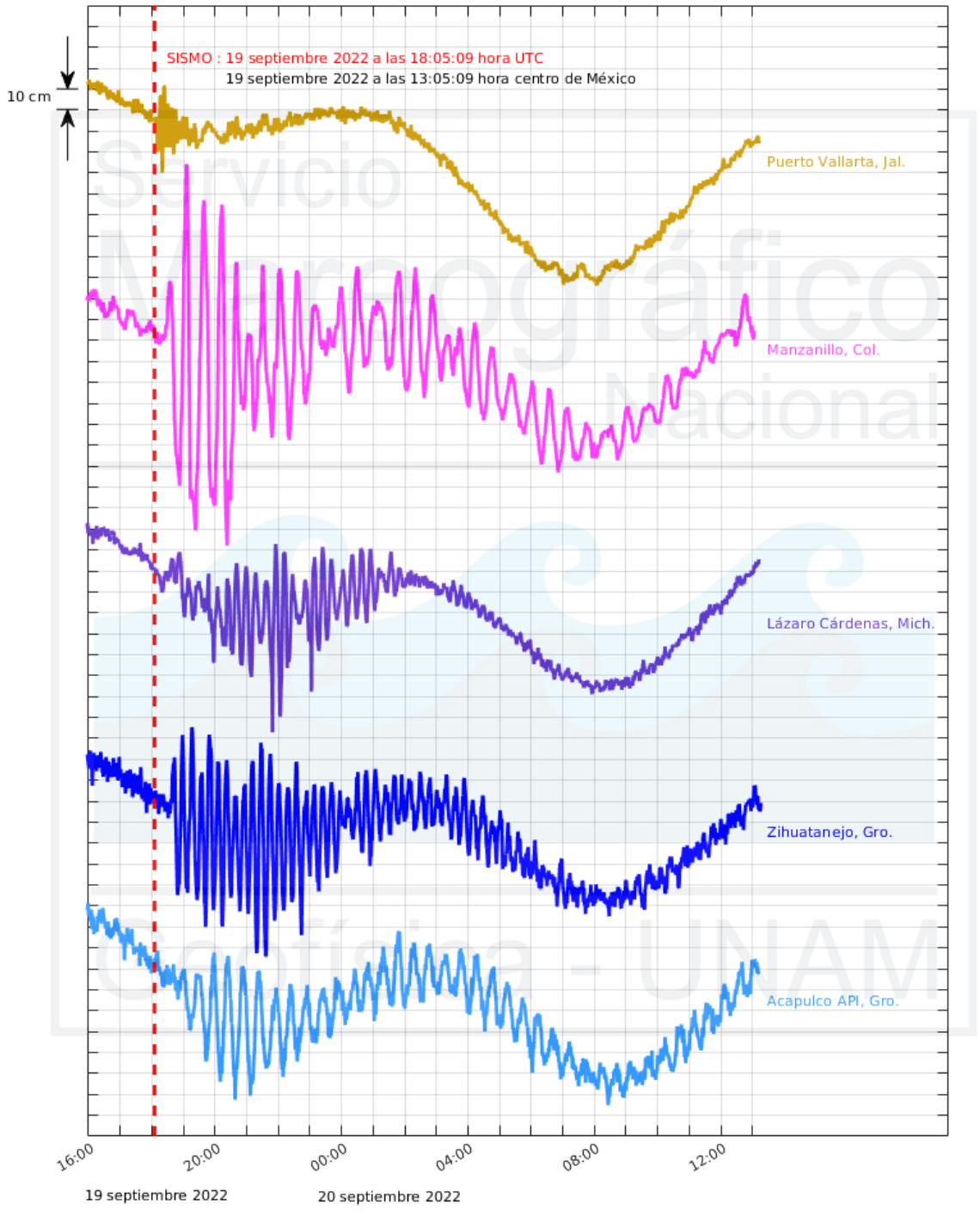

Figura 3. Nivel del mar de las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional ubicadas en el Océano Pacífico que registraron alguna perturbación asociada al tsunami. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 10 cm. La línea vertical en color rojo corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

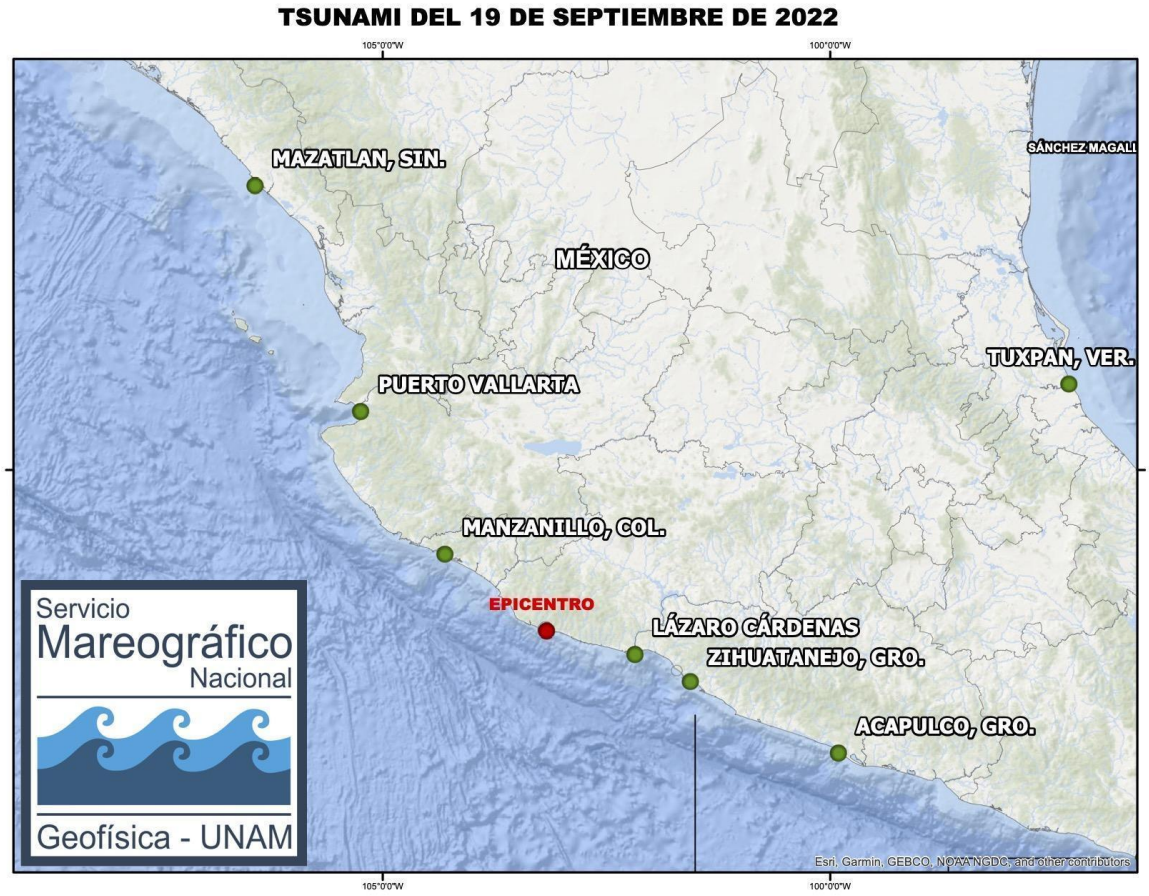

Figura 4. Mapa que muestra la ubicación del epicentro del sismo en color rojo, y de las estaciones de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional más cercanas al mismo.

La respuesta del residual y la duración de la perturbación es diferente para cada estación por la geomorfología costera, la cual depende a su vez de la interacción y dinámica de factores hidrológicos, geológicos y climáticos. En las figuras siguientes se analiza a detalle las propiedades del tsunami.

En la Figura 5 se muestra el residual de la estación de Puerto Vallarta (señal del nivel del mar a la cual se le ha removido la marea astronómica, para dejar únicamente las perturbaciones provocadas por el tsunami). El primer arribo de las ondas del tsunami se detectó a las 18:10 horas UTC, con un período de 10 minutos y con una amplitud máxima de 41.7 cm registrada a las 18:20 horas UTC.

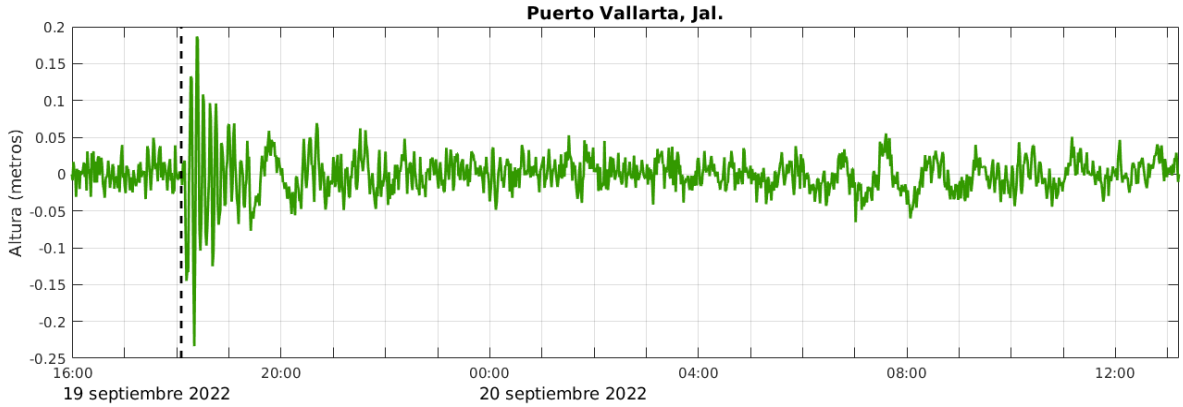

Figura 5. Residual (datos medidos - pronóstico de marea astronómica) calculado en la estación de Puerto Vallarta, Jal. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 5 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 6 se muestra el residual de la estación de Manzanillo. El primer arribo de las ondas del tsunami se observó a las 18:26 horas UTC, con un período de 30 minutos, y una amplitud máxima de 1.749 m registrada a las 19:05 horas UTC.

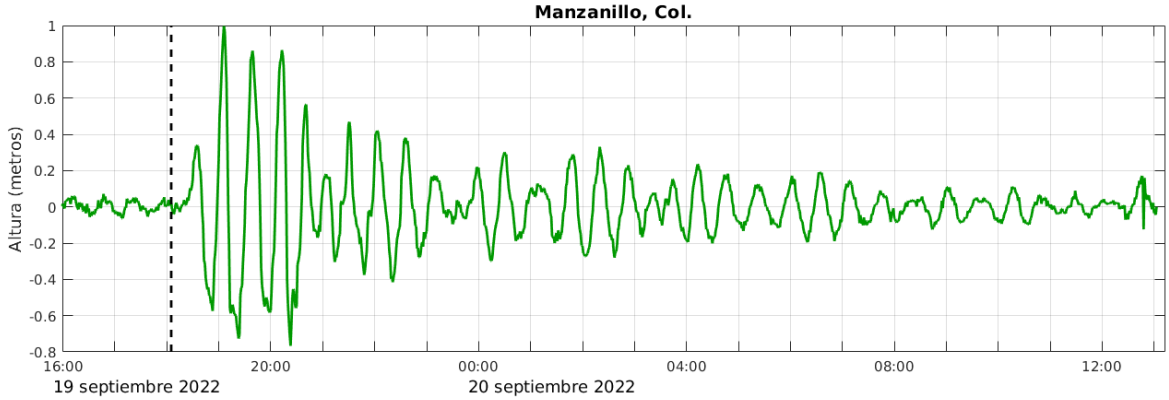

Figura 6. Residual (datos medidos - pronóstico de marea astronómica) calculado en la estación de Manzanillo, Col. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje

vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 20 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 7 se muestra el residual de la estación de Lázaro Cárdenas. El tiempo de arribo de las primeras ondas del tsunami fue tan solo 10 minutos después de ocurrido el sismo, con un periodo de 15 minutos, y una amplitud máxima de 90 cm registrada a las 21:49 horas UTC.

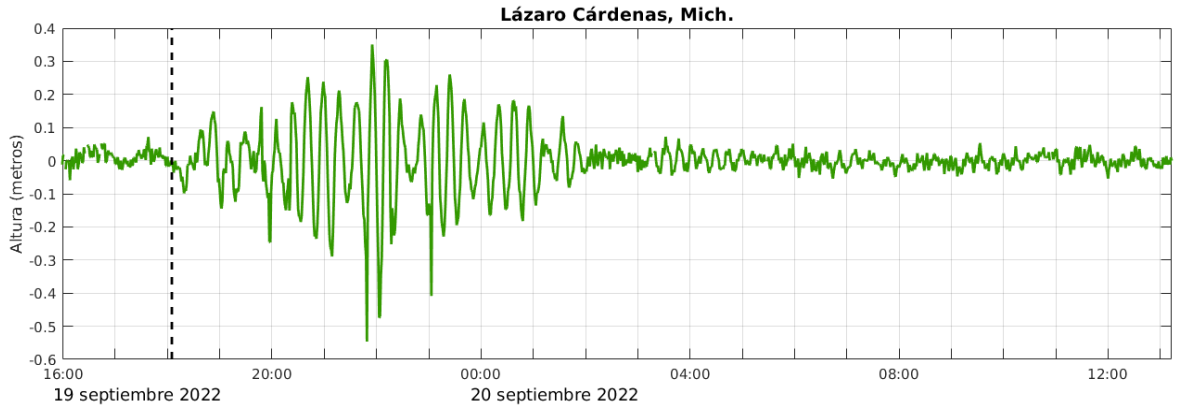

Figura 7. Residual (datos medidos - pronóstico de marea astronómica) calculado en la estación de Lázaro Cárdenas, Mich. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 10 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 8 se muestra el residual de la estación de Zihuatanejo. El tiempo de arribo fue a las 18:36 hora UTC, con un período de 15 minutos y una amplitud máxima de 1 m registrada a las 21:27 horas UTC.

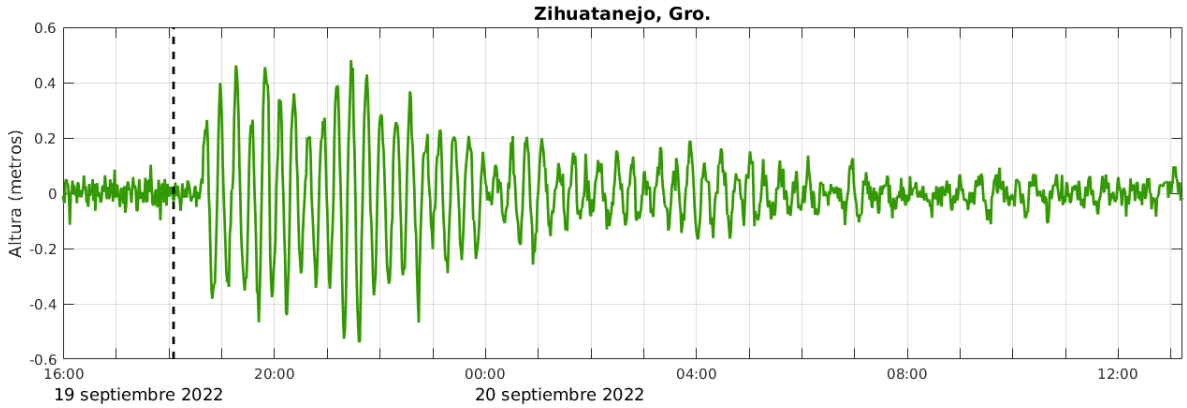

Figura 8. Residual (datos medidos - pronóstico de marea astronómica) calculado en la estación de Zihuatanejo, Gro. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 20 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 9 se muestra el residual de la estación de Acapulco API. El tiempo de arribo se observa a las 18:48 hora UTC, con período de 30 min y una amplitud máxima de 69 cm a las 20:25 hora UTC.

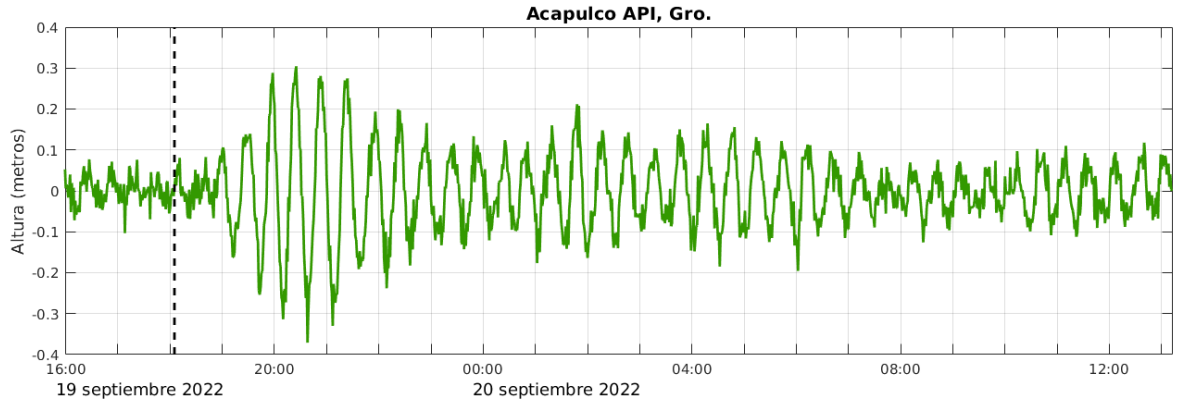

Figura 9. Residual (datos medidos - pronóstico de marea astronómica) calculado en la estación de Acapulco API, Gro. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 10 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

De la gráfica 10 a la 15 se muestra el decaimiento de energía, así como el tiempo que duró la oscilación en cada una de las estaciones mareográficas.

En la Figura 10 se muestra que la duración de perturbación en Puerto Vallarta fue de 6:10 horas después de la ocurrencia del sismo y la máxima amplitud se tiene en el primer grupo de ondas. El hecho de que la onda llegará a Puerto Vallarta antes que Manzanillo es motivo de estudio que no se contempla en este reporte.

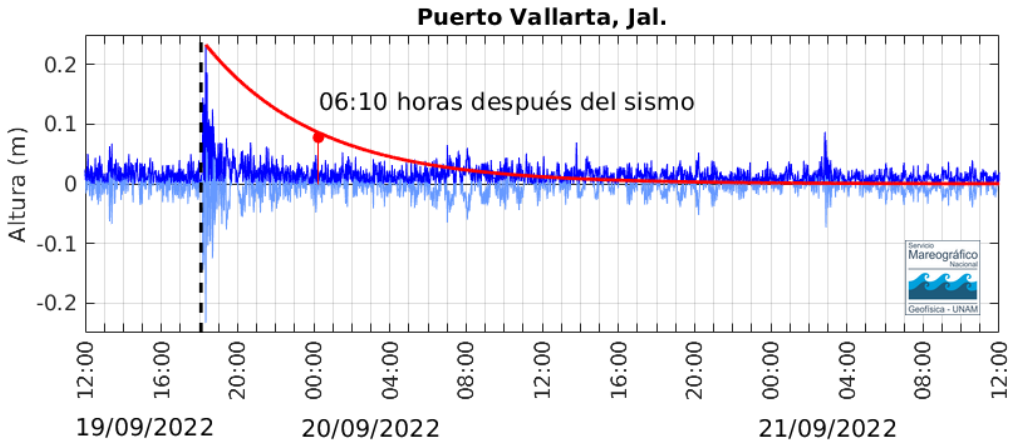

Figura 10. Decaimiento de energía calculado en la estación de Puerto Vallarta, Jal. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 10 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 11 se muestra el decaimiento de energía en Manzanillo. La duración de la perturbación fue de 20:37 horas y las amplitudes más representativas se encuentran en el primer grupo de ondas. El comportamiento del residual de Manzanillo presenta similitudes con el de Acapulco API y Zihuatanejo.

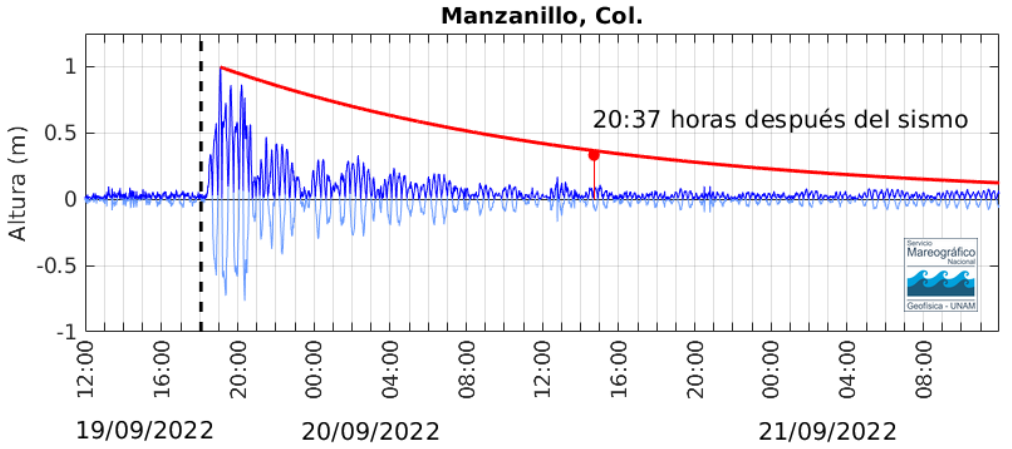

Figura 11. Decaimiento de energía calculado en la estación de Manzanillo, Col. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 50 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 12 se muestra el decaimiento de energía en Lázaro Cárdenas. La duración de la perturbación fue de 11:31 horas y las amplitudes máximas se registraron en el tercer grupo de ondas. El comportamiento de la respuesta en Lázaro Cárdenas es distinta a otras estaciones mareográficas del lado del Pacífico.

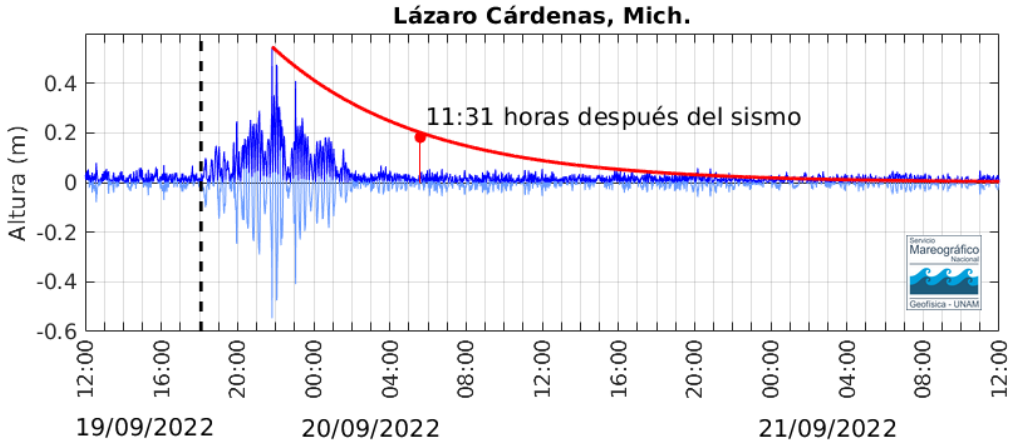

Figura 12. Decaimiento de energía calculado en la estación de Lázaro Cárdenas, Mich. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 20 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 13 se muestra el decaimiento de energía de Zihuatanejo. La duración de la perturbación fue de 12:34 horas y las amplitudes máximas se registraron en el segundo grupo de ondas, a diferencia de Manzanillo y Acapulco API que se encuentran en el primer grupo.

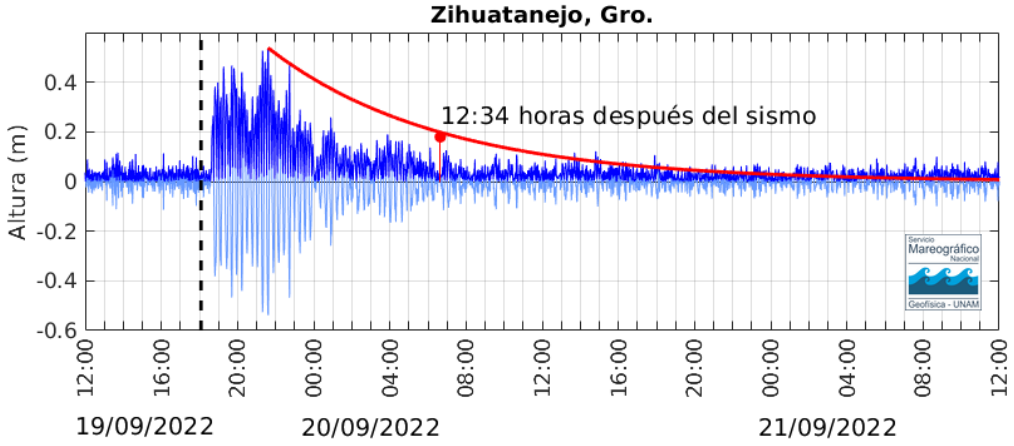

Figura 13. Decaimiento de energía calculado en la estación de Zihuatanejo, Gro. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 20 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Figura 14 se muestra el decaimiento de energía de Acapulco API. La duración de la perturbación fue de 20:32 horas y las amplitudes máximas se observan en el primer grupo de ondas. Acapulco API y Manzanillo muestran casi la misma duración de perturbación, mismo período y respuesta de residual.

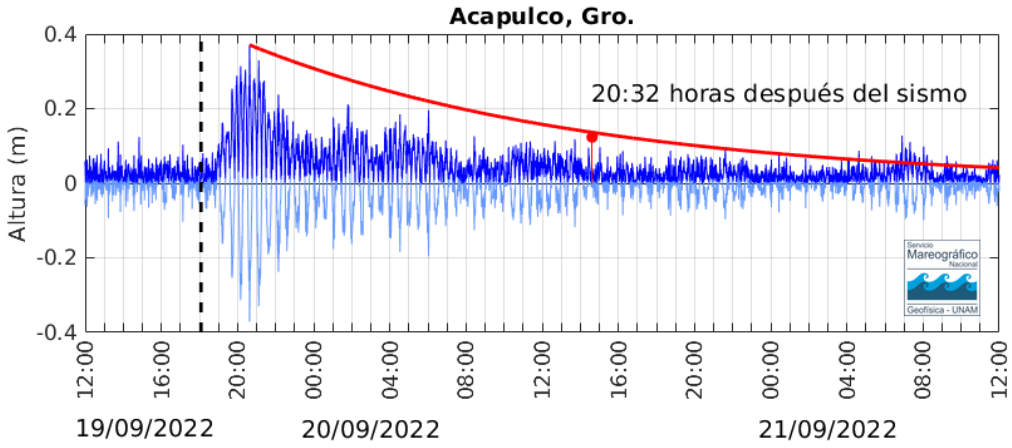

Figura 14. Decaimiento de energía calculado en la estación de Acapulco API. El eje horizontal corresponde a la fecha (hora UTC) y el eje vertical a las alturas, donde cada rectángulo representa una altura de 20 cm. La línea en color negro corresponde a la hora de ocurrencia del sismo.

En la Tabla 5 se recopilan los datos del tsunami de acuerdo a lo registrado en cada una de las estaciones de monitoreo, en horario UTC.

Estación	Hora de arribo (UTC)	Amplitud máxima registrada (metros)	Período (min)	Hora de la amplitud máxima registrada (UTC)	Duración de la perturbación (horas)
Puerto Vallarta, Jal	18:10	0.417	10	18:20	06:10
Manzanillo, Col.	18:26	1.749	30	19:05	20:37
Lázaro Cárdenas, Mich.	18:15	0.900	15	21:49	11:31
Zihuatanejo, Gro.	18:36	1.000	15	21:27	12:34
Acapulco, Gro.	18:48	0.690	30	20:25	20:32

Tabla 5: Resumen de las amplitudes máximas registradas, período y duración del evento en las estaciones de monitoreo del nivel del mar.

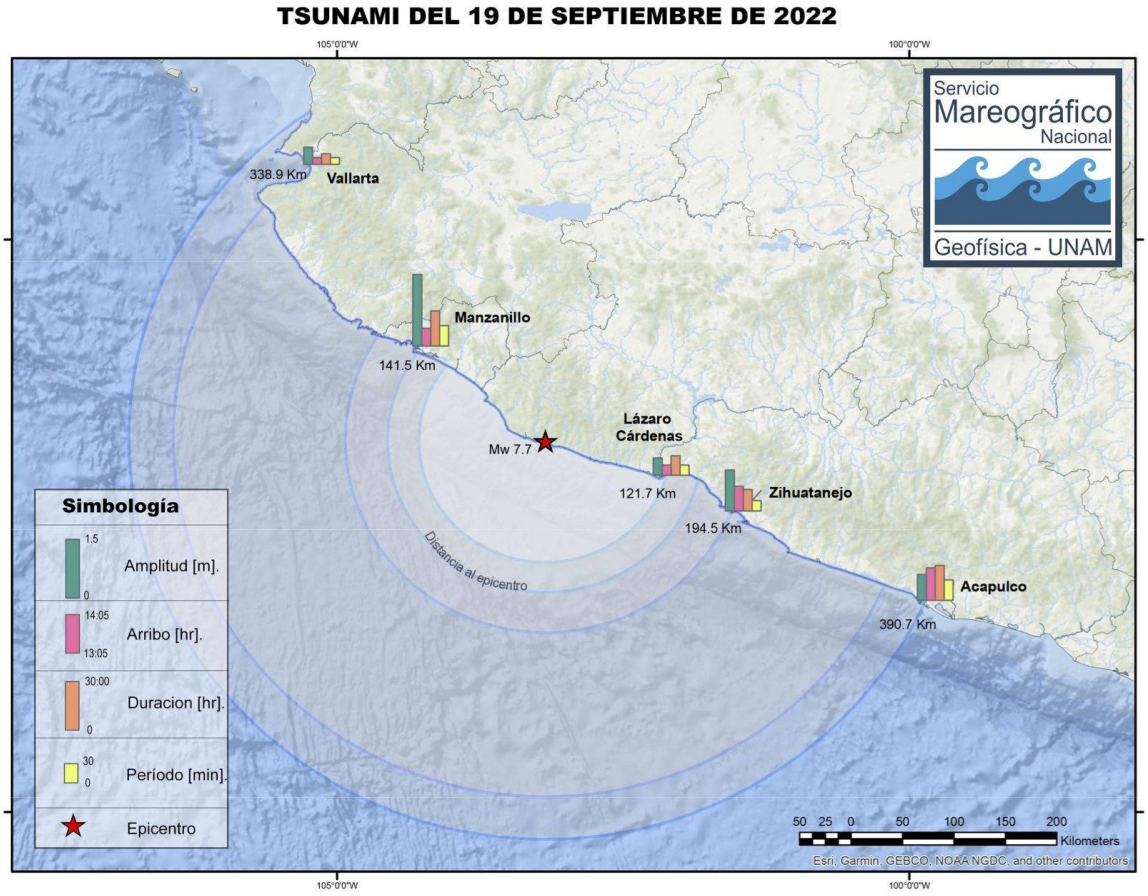

Figura 15. Mapa que resume las características principales del tsunami: amplitud, hora de arribo, duración y periodo.

6. Definición de tsunami

Los tsunamis (de las palabras japonesas tsu puerto y namis olas) son grandes ondas de gravedad generadas por un impulso. La mayoría de tsunamis importantes son generados por desplazamientos verticales del suelo oceánico durante megaterremotos (megathrust earthquakes) en zonas de subducción, aunque esta no es la única causa, ya que una erupción volcánica, un deslizamiento de tierra, e inclusive la caída de un meteorito pueden desplazar grandes cantidades de agua y generar un tsunami. En aguas profundas, las ondas de tsunami viajan a gran velocidad (entre 600 y 800 km/h) y tienen alturas menores a un metro. A medida que el tsunami entra en aguas someras (de poca profundidad) la velocidad de las ondas disminuye considerablemente a algunas decenas de km/h, y la altura de las ondas (amplitud) aumenta, por lo que se vuelven más peligrosas para las poblaciones ubicadas en las costas.

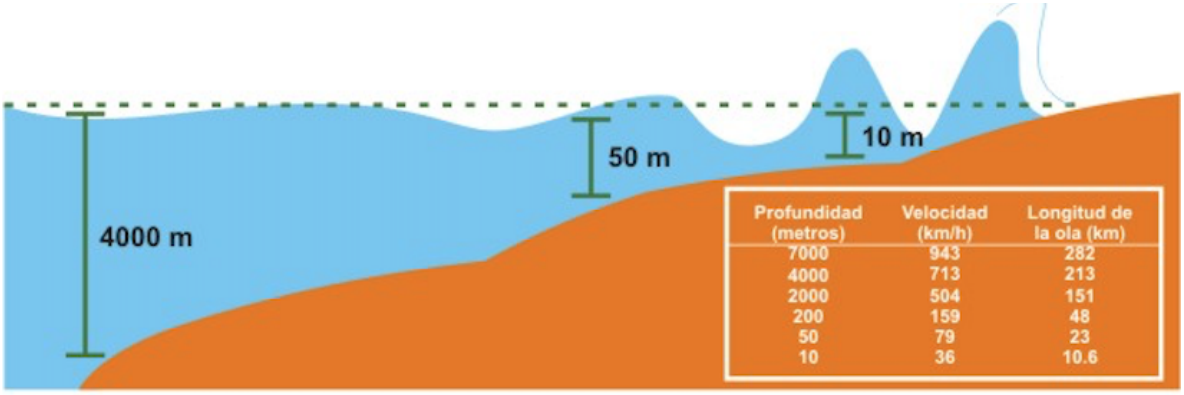

Figura 16: Cambio en la altura y velocidad de la onda de tsunami a medida que disminuye la profundidad.

Ing. Miriam Arianna Zarza Alvarado, Auxiliar de Servicios Geofísicos.
M. en C. Octavio Gómez Ramos, Jefe del Servicio Mareográfico Nacional.

Grupo de Trabajo del Servicio Mareográfico Nacional

- http://www.mareografico.unam.mx/portal/index.php?page=creditos

Este reporte ha sido generado por el Servicio Mareográfico Nacional (SMN) el 19 de septiembre de 2022, y puede ser consultado, utilizado y difundido para fines de investigación, didácticos o de divulgación. Si lo utiliza, le solicitamos que haga constar su procedencia, mencionando la siguiente referencia:

- SMN (2022): Reporte final: Registro en las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional del tsunami producido por el sismo de magnitud 7.7 ocurrido en Michoacán, Grupo de Trabajo del Servicio Mareográfico Nacional, Instituto de

Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México. URL: http://www.mareografico.unam.mx

La información aquí contenida no debe ser considerada como definitiva. El SMN continúa recibiendo nuevos datos del nivel del mar y meteorológicos. Para consultar los últimos datos registrados por la red de monitoreo del SMN, es posible realizar una búsqueda en el portal electrónico www.mareografico.unam.mx, en la sección de "Estaciones".

Consulte nuestro Aviso legal, Términos de Uso y Privacidad en la siguiente dirección electrónica:

https://www.geofisica.unam.mx/recursos/docs/IGEF_aviso_privacidad_20190802.pdf

Servicio Mareográfico Nacional
Geofísica - UNAM

www.mareografico.unam.mx

Preguntas y comentarios
mareografico@igeofisica.unam.mx

Anexo 1
Ligas a los Boletines del U.S. Tsunami Warning System

- Boletín 1: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/1/WEZS42/WEZS42.txt
- Boletín 2: https://www.tsunami.gov/events/PAAQ/2022/09/19/rigy8l/1/WEAK53/WEAK53.txt
- Boletín 3: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/1/WEGM42/WEGM42.txt
- Boletín 4: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/2/WEPA40/WEPA40.txt
- Boletín 5: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/3/WEPA40/WEPA40.txt
- Boletín 6: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/2/WEHW42/WEHW42.txt
- Boletín 7: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/4/WEPA40/WEPA40.txt
- Boletín 8: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/5/WEPA40/WEPA40.txt
- Boletín 9: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/6/WEPA40/WEPA40.txt
- Boletín 10: https://www.tsunami.gov/events/PHEB/2022/09/19/22262001/7/WEPA40/WEPA40.txt