



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



SISMO DE LIMA DEL 07 DE ENERO, 2022 (M5.6) Y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO EN LIMA Y CALLAO

Informe Técnico N°003-2022/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Enero, 2022

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Informe Técnico

Sismo de Lima del 07 de enero, 2022 (M5.6) y niveles de sacudimiento del suelo en Lima y Callao

Autores

Hernando Tavera
Estela Centeno
Cristian Mamani

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

SISMO DE LIMA DEL 07 DE ENERO, 2022 (M5.6) Y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO EN LIMA Y CALLAO

Lima – Perú
Enero, 2022

RESUMEN

El día 07 de enero ocurre un sismo de magnitud M5.6 con epicentro a 19 km al noreste de la ciudad de Lima y a una profundidad de 119 km, produciendo en superficie altos niveles de sacudimiento del suelo en Lima y Callao. Las estaciones acelerométricas administradas por el IGP, SENCICO y UNI-CISMID permitieron observar que el comportamiento dinámico de los suelos en Lima Metropolitana y Callao es variable, siendo importante la información a fin de evaluar posibles escenarios ante la ocurrencia de sismos de mayor magnitud.

Los resultados muestran que las mayores aceleraciones se registraron en las componentes horizontales del sacudimiento del suelo de los distritos de Ventanilla (NS=194 cm/s²; EO=218 cm/s²); Comas (NS=198 cm/s²; EO=207 cm/s²), Independencia (NS=198 cm/s²; EO=171 cm/s²) y La Molina (NS=209 cm/s²; EO=249 cm/s²). Los niveles de aceleración registrados en cada estación son debidos a la calidad de los suelos y de ocurrir un sismo de mayor magnitud, es de esperarse que las mayores aceleraciones se repitan en estos mismos distritos.

La ubicación y profundidad de la fuente que dio origen al sismo de Lima influyó en los valores altos de aceleraciones registrados y en los efectos en superficie como deslizamientos de piedras y tierra en zonas de pendiente alta, así como el desprendimiento de piedras en paredes de viviendas precarias ubicadas en los alrededores de Lima.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- SISMO DE LIMA DEL 07 ENERO, 2022

2.1.- Parámetros hipocentrales

2.2.- Intensidades

2.3.- Réplicas y orientación de la fuente sísmica

3.- NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO

3.1.- Mapas de iso-aceleraciones

3.1.1.- Componente norte-sur

3.1.2.- Componente este-oeste

3.1.3.- Componente vertical

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

En el borde occidental de América de Sur se desarrolla el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y en el caso del Perú, se realiza a una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999). Este proceso es responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente sobre todo el territorio peruano y de la ocurrencia de sismos de diversas magnitudes con focos ubicados a variadas profundidades. Esos sismos tienen su origen en tres fuentes sismogénicas: la fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera y deformación cortical a niveles superficiales.

En Perú, la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y debido a la mejor cobertura de la Red Sísmica Nacional (RSN) a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), cada año se registra y reporta un promedio de 800 sismos percibidos en superficie por la población. En la actualidad, el análisis de la distribución espacial de la sismicidad en el Perú (Figura 1) ha permitido identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas, todas descritas ampliamente por Tavera y Buforn (2001) y Bernal y Tavera (2002). En este sentido, los sismos con origen en la superficie de fricción de placas y con magnitudes mayores a M7.0, son menos frecuentes y cuando ocurren producen importantes daños en áreas costeras relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de junio de 2001 (M8.2) y en Pisco, el 15 de agosto de 2007 (M8.0).

Los sismos con origen en los procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales son menos frecuentes, pero cuando ocurren, producen daños de consideración en áreas relativamente pequeñas, por ejemplo, los sismos del Alto Mayo (San Martín) del 30 de

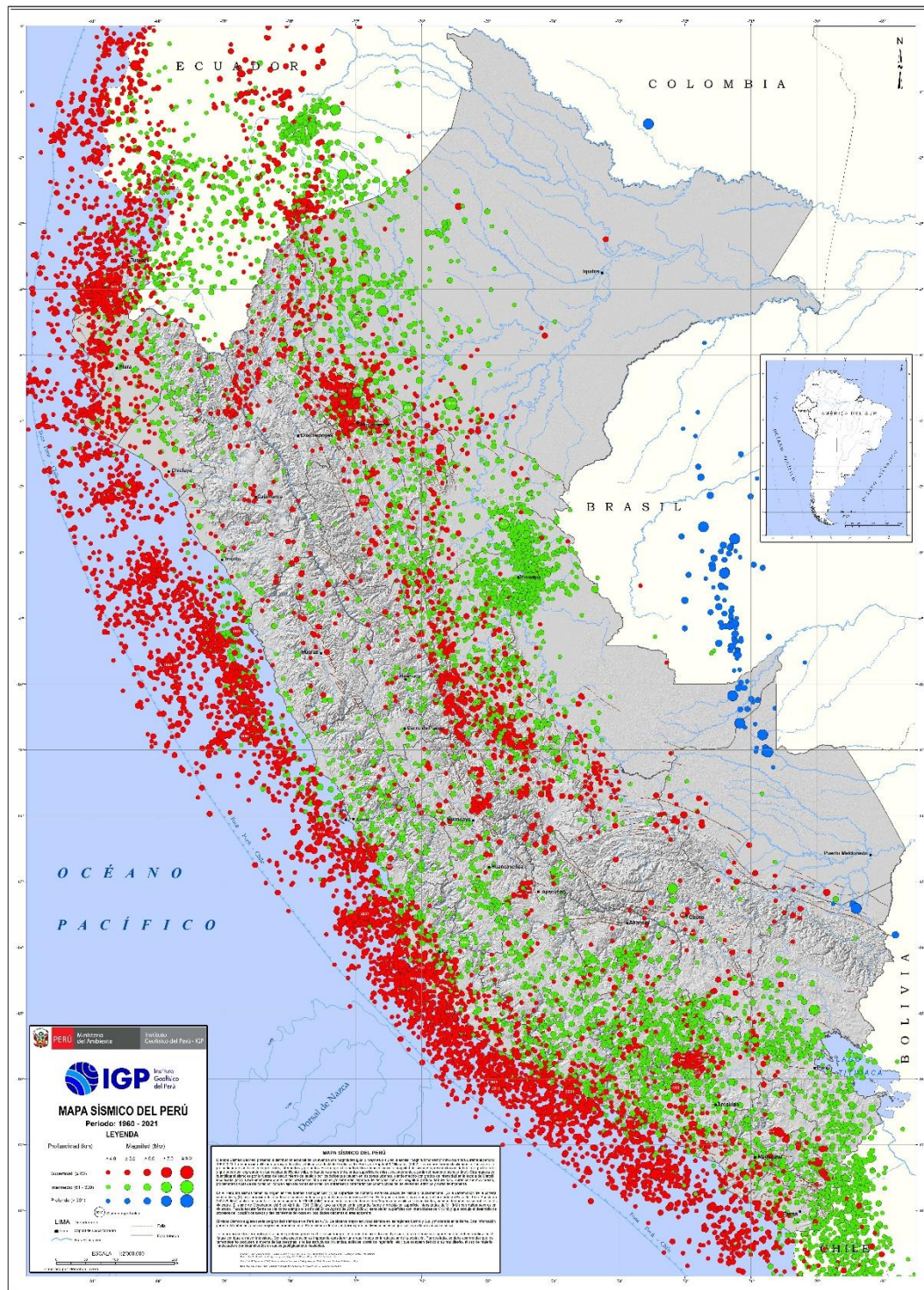


Figura 1.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2021. La magnitud de los sismos es diferenciada por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de estos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

mayo de 1990 y 5 de abril de 1991, ambos con magnitudes de M6.0. Los sismos con foco intermedio también son poco frecuentes y cuando ocurren pueden generar altos niveles de sacudimiento del suelo, así como un gran radio de percepción y algunas veces daños leves en viviendas y procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos de tierra y piedras inestables en zonas de gran pendiente.

En el borde occidental de la región central del Perú, el día 07 de enero del 2022 ocurre un sismo de magnitud moderada (M5.6) y epicentro ubicado a 19 km al NE de la ciudad de Lima. El sismo ocurrió a una profundidad de 119 km (foco intermedio) y en general, presentó un área de percepción con radio desde el epicentro, del orden de 200 km, siendo mayor su intensidad en Lima Metropolitana y el Callao. En este informe se presenta los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, características de la fuente sísmica y los niveles de sacudimiento del suelo en Lima y Callao.

2.- SISMO DE LIMA DEL 07 DE ENERO, 2022

En el borde occidental de la región central del Perú, el día 07 de enero del 2022 ocurre un sismo de magnitud moderada (M5.6) que produjo importantes niveles de sacudimiento del suelo en Lima Metropolitana y Callao. El análisis de los parámetros hipocentrales del sismo, su mecanismo focal y la evaluación de los niveles de sacudimiento del suelo permitirán comprender los niveles de riesgo de las áreas urbanas ante la posible ocurrencia de un sismo de mayor magnitud.

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 07 de enero del 2022 fueron obtenidos utilizando información de las estaciones sísmicas que integran la Red Sísmica Nacional (RSN) y los valores reportados por el Centro Sismológico Nacional son:

Tiempo Origen:	10h 27 min del día 07 de enero, 2022 (Hora Universal) 05h 27 min del día 07 de enero, 2022 (Hora Local)
Latitud Sur:	-11.96°
Longitud Oeste:	-76.88°
Profundidad:	119 km
Magnitud:	M5.6
Epicentro:	A 19 km al NE de la ciudad de Lima
Intensidad Máxima:	VI (MM) en Lima Metropolitana y el Callao

En la Figura 2 se presenta la ubicación del epicentro del sismo del 07 de enero 2022, junto a los epicentros correspondientes a los sismos ocurridos en la región central del Perú entre los años 1960 al 2021

(>M4.5). El epicentro del sismo de Lima se ubica en el borde occidental de la cordillera de los Andes y en una zona donde se tiene la ocurrencia continua de sismos de profundidad intermedia (Círculos verdes).

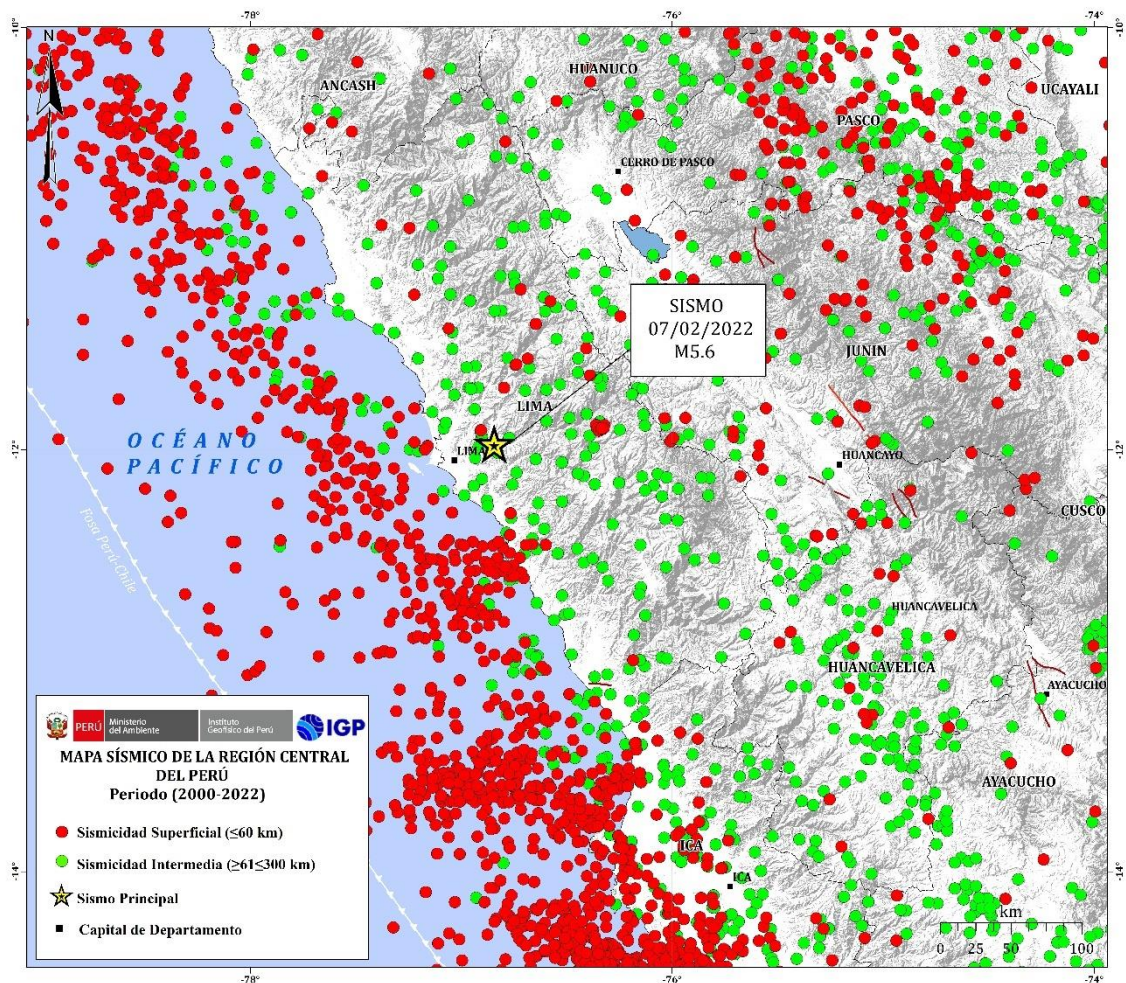


Figura 2.- Distribución espacial de la sismicidad en la región central del Perú. La profundidad de los sismos es indicada con el color de los símbolos. La estrella indica la ubicación del sismo de Lima del 07 de enero del 2022.

En profundidad, el foco del sismo de Lima sigue el patrón de sismicidad definido para esta región; es decir, los sismos ocurren al inicio de la fosa peruano-chilena para luego distribirse sobre un plano inclinado que sigue un ángulo del orden de 30° hasta una profundidad de 100-120 km, para luego continuar su distribución de manera casi horizontal hasta distancias de 700 km desde la fosa (Figura 3). En

conjunto, la distribución en los sismos en profundidad, sugieren que los que se inician en la fosa peruano-chilena configuran hasta los primeros 60 km de profundidad, la geometría de la superficie de fricción entre las placas de Nazca y Sudamérica (círculos rojos), y por debajo de dicha profundidad, los sismos ocurren debido a la deformación interna de la placa de Nazca que se introduce por debajo del continente (círculos verdes).

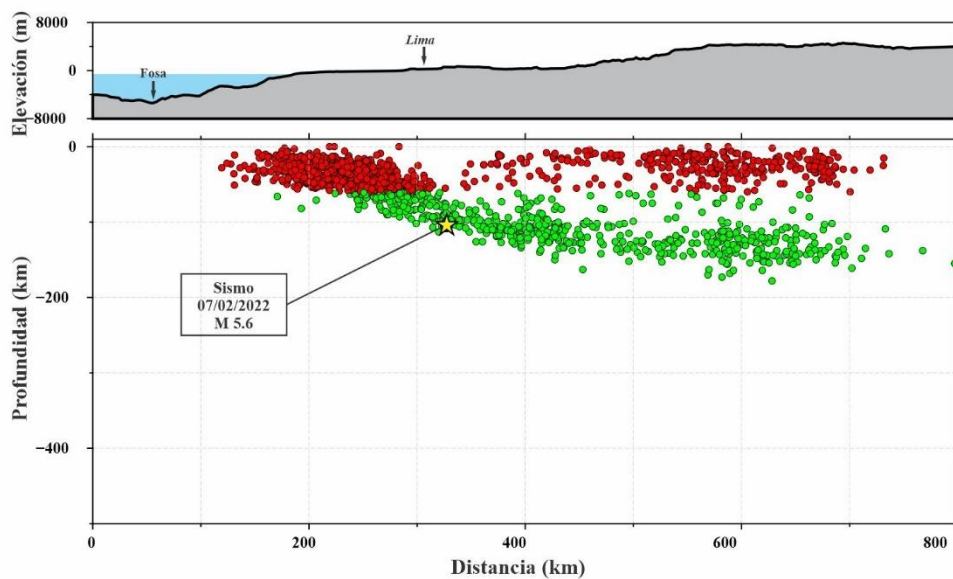


Figura 3. Sección vertical de la sismicidad en la región central del Perú y ubicación del hipocentro del sismo de Lima del 07 de enero, 2022.

En general, la distribución espacial de la sismicidad en profundidad ha permitido configurar la geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción y tal como se observa en la Figura 4, en las regiones centro y norte, la placa de Nazca se introduce por debajo del continente hasta una profundidad de 100-120 km para luego desplazarse de manera casi horizontal; mientras que, en la región sur, lo hace de manera continua hasta los 350 km de profundidad. Estas tendencias de sismicidad y geometrías de la subducción fueron ya descritas por Stauder (1975), Cahill y Isacks (1991), Tavera y Buforn (2001).

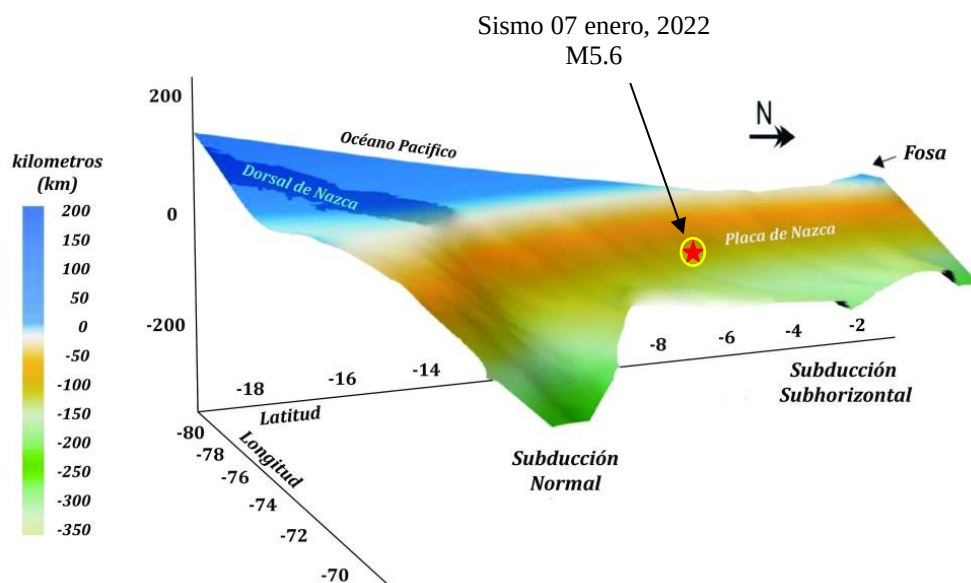


Figura 4.- Geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción en el borde occidental del Perú. Debido a la subducción normal, en la región sur se tiene la presencia de cadenas volcánicas.

2.2.- Intensidades

Después de ocurrido el sismo de Lima, se realizó la evaluación del radio de percepción del sacudimiento del suelo y los posibles daños y efectos que el sismo podría haber producido en el entorno de su epicentro. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de cada área urbana y la información obtenida fue interpretada con la escala de Mercalli Modificada (Figura 5):

Lima, Callao, Ancón, Chilca, Mala, Santa Clara y Chosica (Intensidad VI-MM): El sacudimiento del suelo fue intenso y causó pánico en toda la población. Muchas personas salieron a las calles. En las viviendas se produjo la fuerte vibración de puertas, ventanas y caída de objetos pequeños inestables. En Santa Clara, desprendimiento de rocas con daños a viviendas precarias. En Villa el Salvador, grietas de gran longitud en suelos arenosos.



Canta, Huacho, Cañete, Matucana, San Mateo (Intensidad V-MM):

El movimiento del suelo fue fuerte y percibido por casi todas las personas, muchos salieron a las calles con temor. En las viviendas se produjo la vibración de ventanas y puertas. Caída de piedras en carretera Central.

Chincha, Tambo de Mora y Barranca (Intensidad IV-MM):

El movimiento de los suelos es percibido por la población con moderada intensidad. Algunas personas salieron a las calles. Leve vibración de ventanas y puertas.

El sismo de Lima fue perceptible hasta distancias del orden de 200 km; es decir, desde la localidad de Huarmey por el norte, Paracas por el sur y Cerro de Pasco por el este, generando diferentes niveles de sacudimiento del suelo y reacciones de la población, pero sin causar daños personales, ni materiales

2.3-. Réplicas y orientación de la fuente sísmica

Después de ocurrido el sismo de Lima del 07 de enero 2022, no se registró ninguna réplica. En la Figura 6 se muestra los sismogramas obtenidos de las estaciones ubicadas en la Isla San Lorenzo (39 km en dirección SO) y Guadalupe (260 km en dirección SSE), y en ellos se observa que no existe el registro de señales que indiquen la ocurrencia de réplicas, al menos en las primeras 07 horas después de ocurrido el sismo.

Asimismo, para el análisis de la fuente sísmica que dio origen al sismo de Lima del 07 de enero, se ha considerado el mecanismo focal publicado por la USGS (2022), el mismo que describe que el sismo fue producto del desarrollo de esfuerzos por extensión en dirección NE-SO (paralelos a la

dirección del desplazamiento de placas), propio de sismos generados a niveles de profundidad superiores a 70 km. Este mecanismo focal indica que los planos de ruptura se orientan en dirección paralela a la línea de costa o perpendicular a la dirección de desplazamiento de placas (Figura 7).

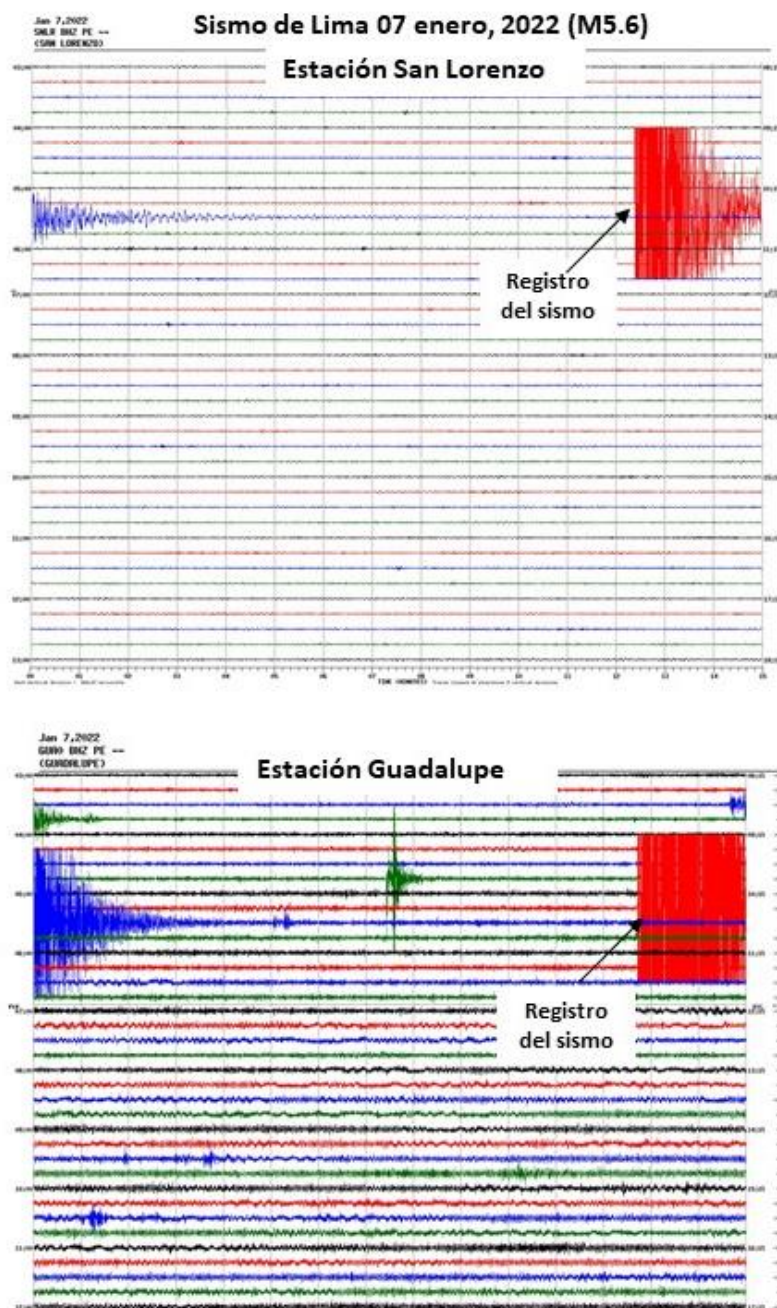


Figura 6.- Sismogramas de las estaciones de San Lorenzo y Guadalupe. Obsérvese que después del sismo no se ha registrado réplicas.

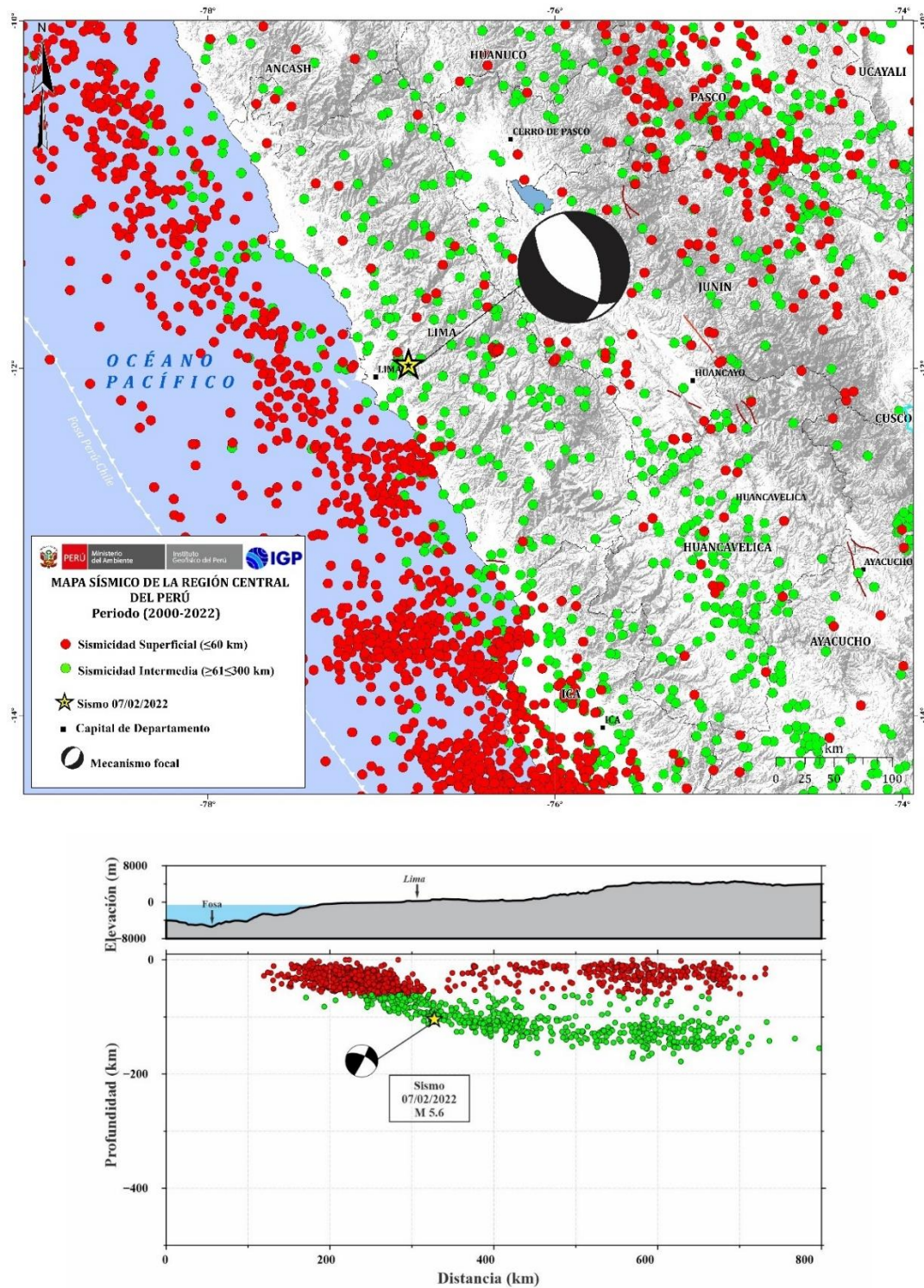


Figura 7.- Mecanismo focal para el sismo de Lima del 07 de enero, 2022. El mecanismo focal indica que, durante la ocurrencia del sismo, actuaron fuerzas extensivas.

3.- NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO

El sismo de Lima del 07 de enero 2022 (M5.6), presento como característica que produjo diversos niveles de sacudimiento del suelo en las áreas urbanas de Lima Metropolitana y Callao, ambas ubicadas en dirección SO con respecto al epicentro del sismo y distancia del orden de 19 km. En este escenario, es importante remarcar que ante la ocurrencia de un sismo los daños en una determinada área urbana no dependen solo de las características del evento sísmico, sino también de la calidad de las construcciones y sobre todo, de la composición geológica de los suelos y de su comportamiento dinámico ante las demandas sísmicas; es decir, los suelos responden de diferente manera a las fuerzas actuantes en base a sus propiedades físicas.

En la Figura 8, se presenta el mapa de distribución de suelos para la Lima y Callao elaborado por el Proyecto SIRAD (2011) y el CISMID (2005). Según esta información, los suelos en buena parte de los distritos de Villa el Salvador y Chorrillos; así como en la zona costera del Callao y Ventanilla, están compuestos por arenas eólicas con y sin agua; además de suelos de rellenos en donde, a la ocurrencia de un sismo, se esperaría que las ondas sísmicas se amplifiquen generando procesos de deslizamientos, asentamientos y licuación de suelos (áreas de color rojo y naranja). A esta clasificación se suma una pequeña área del distrito de La Molina. Las áreas de color amarillo consideran a los distritos compuestos por suelos granulares finos y sueltos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial, tienen un comportamiento dinámico moderado a la ocurrencia de un sismo. Los suelos que responderían de manera adecuada se encuentran en las áreas de color verde y estarían compuestas por materiales compactos y en algunos lugares por roca.

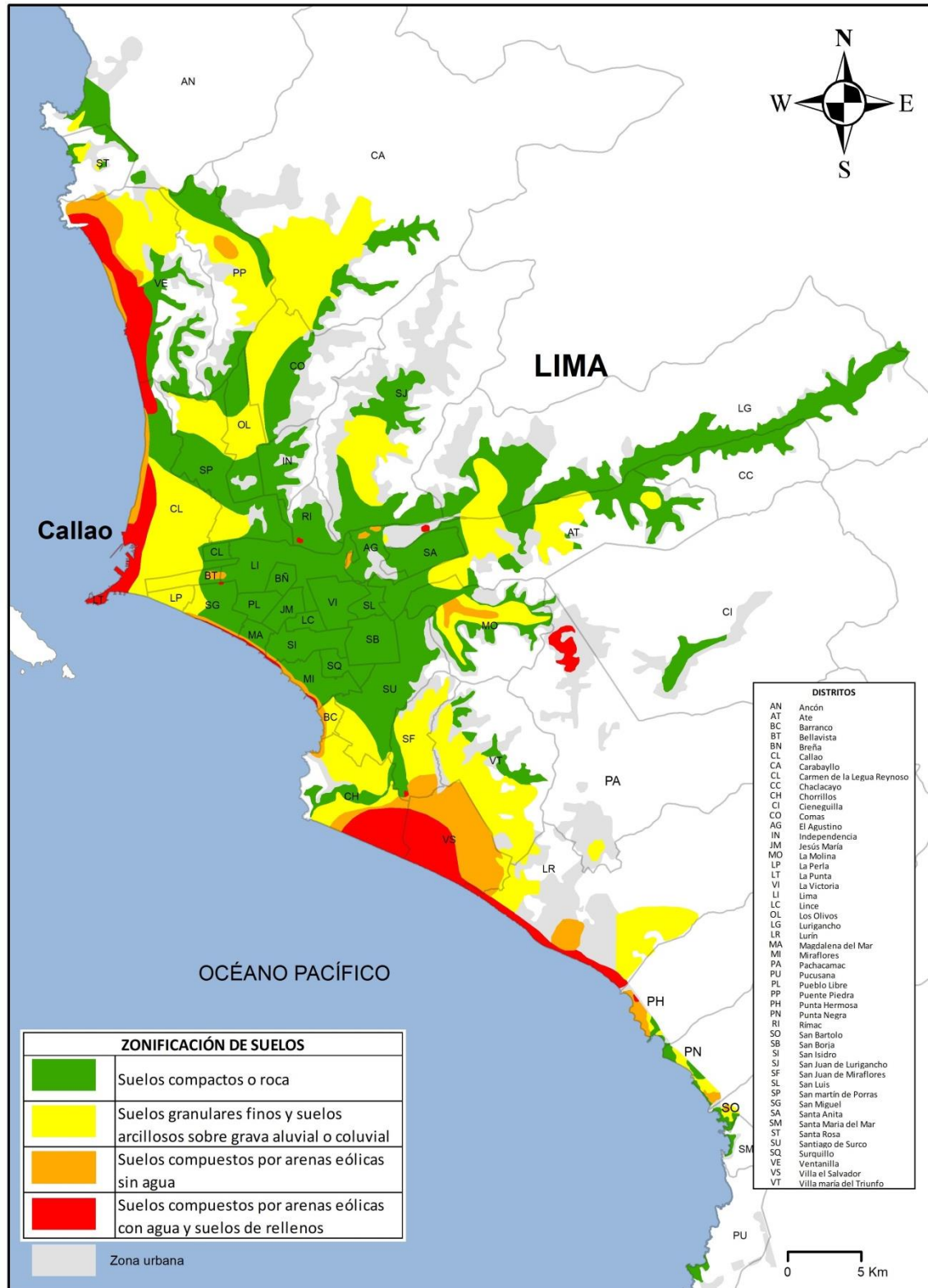


Figura 8.- Mapa de zonificación geotécnica de suelos para Lima y Callao según el Proyecto SIRAD (2011) y CISMID (2005).

3.1.- Mapas de iso-aceleraciones

El sacudimiento del suelo en Lima Metropolitana y Callao durante la ocurrencia del sismo de Lima del 07 de enero 2022 (M5.6), fue registrado por las estaciones de aceleración administradas por el IGP, SENCICO y UNI-CISMID, haciendo un total de 44 datos con los cuales se elaboraron los respectivos mapas de iso-aceleraciones o de sacudimientos del suelo.

3.1.1.- Componente norte-sur

El análisis y evaluación de las aceleraciones registradas en la componente horizontal norte-sur de cada estación acelerométrica muestra los siguientes resultados (Figura 9):

- *Entre los distritos de Comas, Independencia, Rímac, Los Olivos, Puente Piedra y Ventanilla, se ha registrado aceleraciones máximas entre 100 y 198 cm/s²*
- *En los distritos de La Molina, y Lurín se ha registrado aceleraciones máximas entre 123 a 209 cm/s²,*
- *En el resto de los distritos se ha registrado aceleraciones por debajo de 100 cm/s².*

3.1.2.- Componente este-oeste

El análisis y evaluación de las aceleraciones registradas en la componente horizontal este-oeste de cada estación acelerométrica muestra los siguientes resultados (Figura 10):

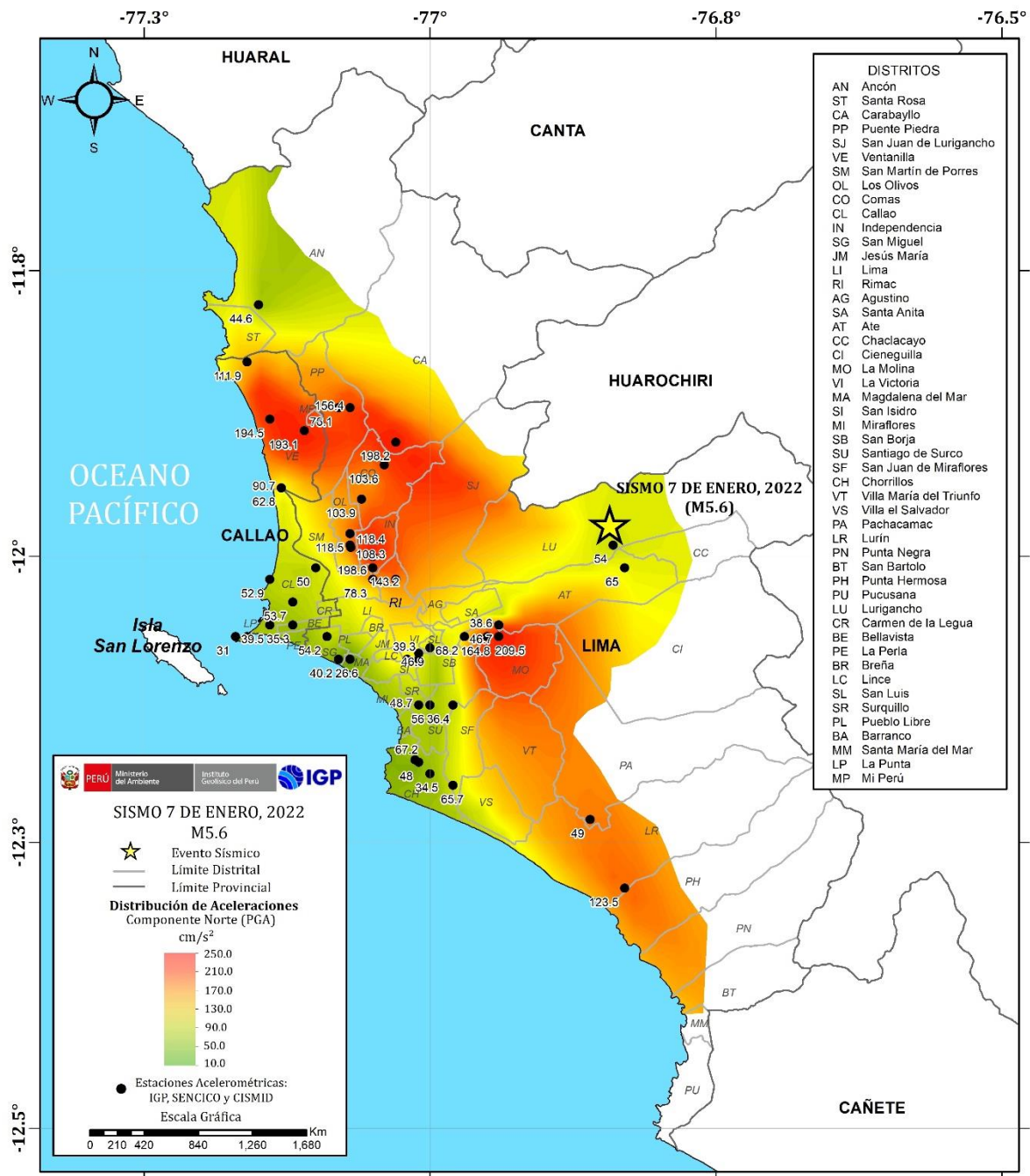


Figura 9.- Aceleraciones registradas en la componente norte-sur debido al sismo de Lima del 07 de enero, 2022.

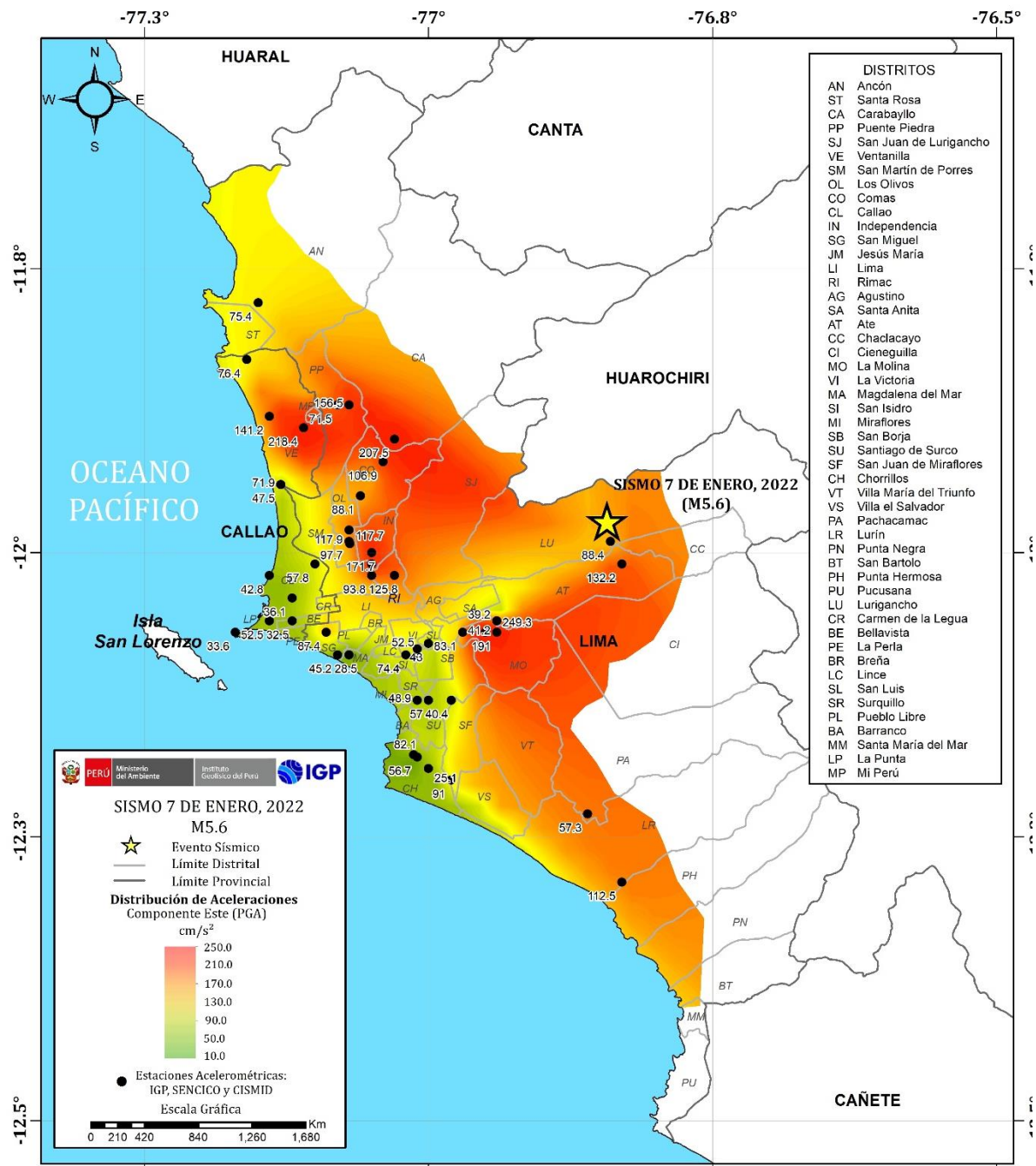


Figura 10.- Aceleraciones registradas en la componente este-oeste debido al sismo de Lima del 07 de enero, 2022.

- Entre los distritos de Rímac, Independencia, Comas, Los Olivos, Puente Piedra y Ventanilla, se ha registrado aceleraciones máximas entre 100 y 218 cm/s²
- En los distritos de La Molina, Ate y Lurín se ha registrado aceleraciones máximas entre 112 a 249 cm/s²,
- En el resto de los distritos se ha registrado aceleraciones por debajo de 100 cm/s².

3.1.3.- Componente vertical

El análisis y evaluación de las aceleraciones registradas en la componente vertical de cada estación acelerométrica muestra los siguientes resultados (Figura 11):

- Entre los distritos de Comas, Independencia, Puente Piedra y Ventanilla, se ha registrado aceleraciones máximas entre 80 y 116 cm/s²
- En los distritos de La Molina, Ate y Lurín se ha registrado aceleraciones máximas entre 83 a 101 cm/s²,
- En el resto de los distritos se ha registrado aceleraciones por debajo de 80 cm/s².

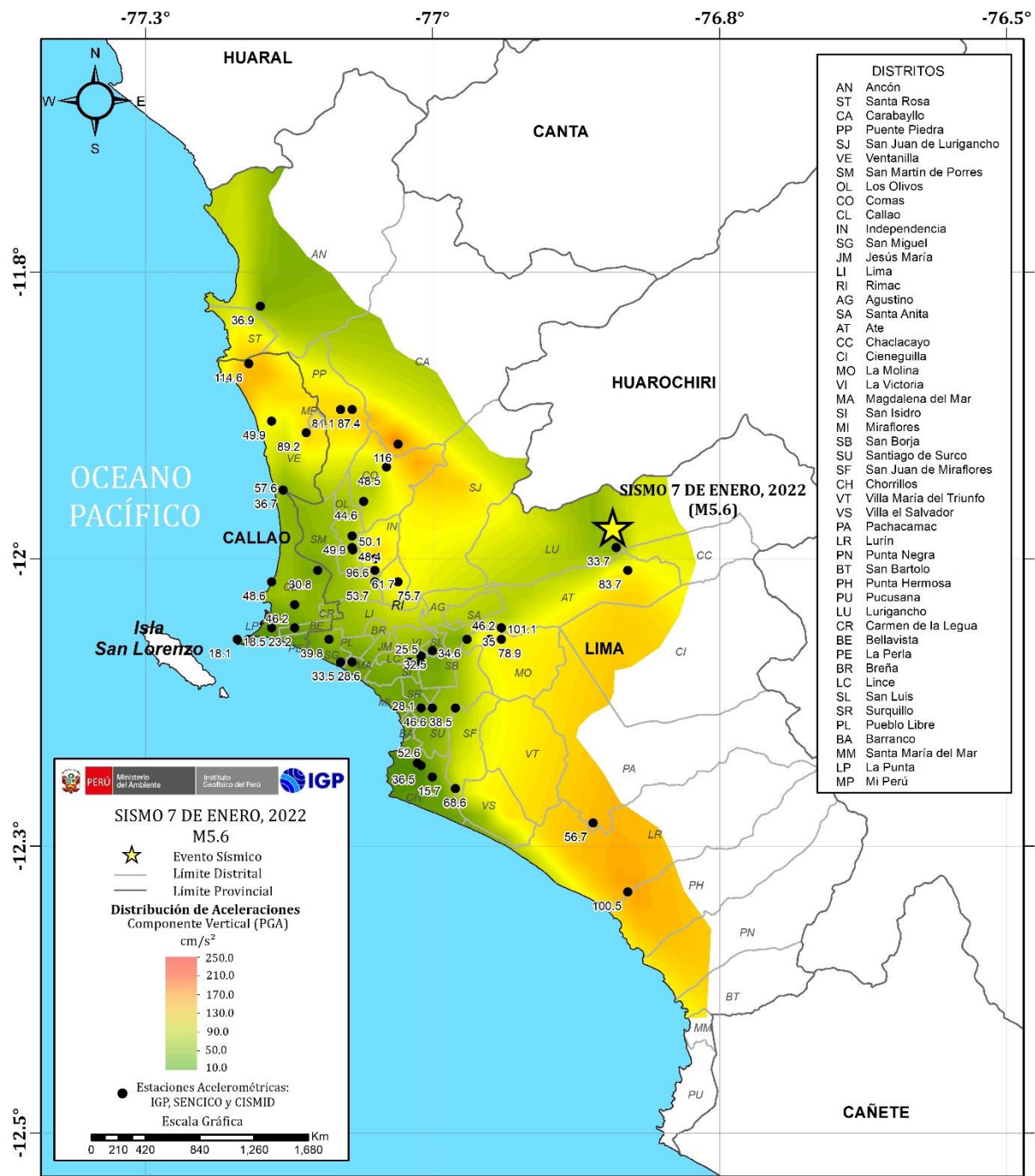


Figura 11.- Aceleraciones registradas en la componente vertical debido al sismo de Lima del 07 de enero, 2022.

En general, los mayores niveles de sacudimiento del suelo producidos por el sismo de Lima del 07 de enero 2022 (M5.6) y registrados por una densa red de estaciones acelerométricas distribuidas en Lima y Callao, muestran valores altos en los distritos de Comas-Independencia-Puente Piedra-Ventanilla, y en los distritos de La Molina y Ate. Estos niveles de aceleración son coherentes con la percepción de la población del sacudimiento del suelo producido por el sismo y reportados por diferentes medios de comunicación.

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

El sismo de Lima del 07 de enero de 2022, presento dos características importantes: la ubicación de su epicentro en continente cerca de la costa, a 19 km al NE de la ciudad de Lima y el haber ocurrido a una profundidad de 119 km; es decir, casi prácticamente por debajo de Lima Metropolitana. Sin embargo, este evento sísmico no es aislado, ya en el año 1993 ocurrió otro con similares características, epicentro en continente por debajo de Lima y a una profundidad de 90 km. Estos dos eventos sísmicos generaron en superficie efectos y daños similares, deslizamientos de piedras en carreteras y caída de piedras en los cerros circundantes de Lima y que dañaron a viviendas precarias.

Asimismo, según Tavera y Buforn (1999) en la zona continental, cerca de la costa central de la región Lima, desde el año 1968 se han producido hasta 5 eventos sísmicos intermedios a profundidades entre 80 y 120 km, todos con magnitudes entre M5.6 a M6.1 que generaron en superficie deslizamientos de piedras y tierra en carreteras; además de daños en viviendas precarias. De acuerdo con sus mecanismos focales, todos estos sismos ocurrieron debido a fuerzas de extensión orientados en dirección paralela al movimiento de las placas tectónicas. Estos sismos se produjeron por la deformación interna de la placa de Nazca en su proceso de desplazarse por debajo de la corteza continental (Figura 12).

Por otro lado, de acuerdo con su ubicación epicentral e hipocentral, estos sismos se distribuyen bordeando, de SE a NO al área de máximo acoplamiento sísmico definido por Tavera (2020) y Villegas et al, (2016) frente a la zona costera de la región Lima y Callao, confirmando la acumulación de esfuerzos producto del proceso de fricción de placas.

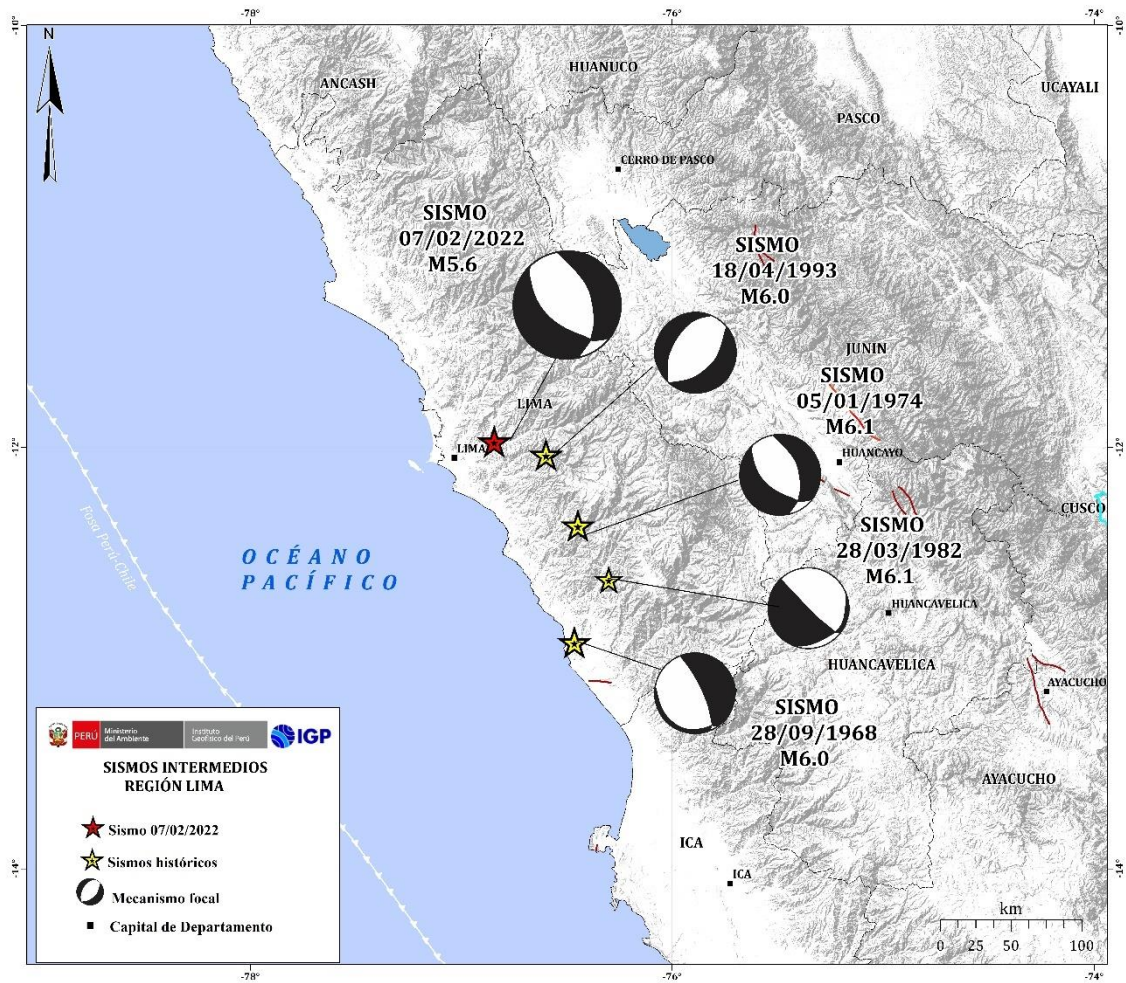


Figura 12.- Distribución espacial de sismos de foco intermedio ocurridos en la zona continental próximos a la costa. Los mecanismos de tipo normal definen el desarrollo de proceso de deformación por extensión en dirección predominante Este-oeste, paralelo al movimiento de las placas de Nazca y Sudamericana.

Según la Figura 13, los sismos con origen en la superficie de fricción de las placas de Nazca y Sudamericana (sismos interplaca), presentan sus epicentros en el mar y ocurren hasta una profundidad promedio de 60 km, todos como producto de los esfuerzos de compresión que movilizan ambas placas en sentido opuesto. Contrariamente, los sismos que ocurren a mayor profundidad tienen como origen la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente como producto de los esfuerzos tensionales que la arrastran por debajo del continente hasta distancias medias de 700 km (sismos intraplaca) o para pasar de una subducción normal a otra subhorizontal.

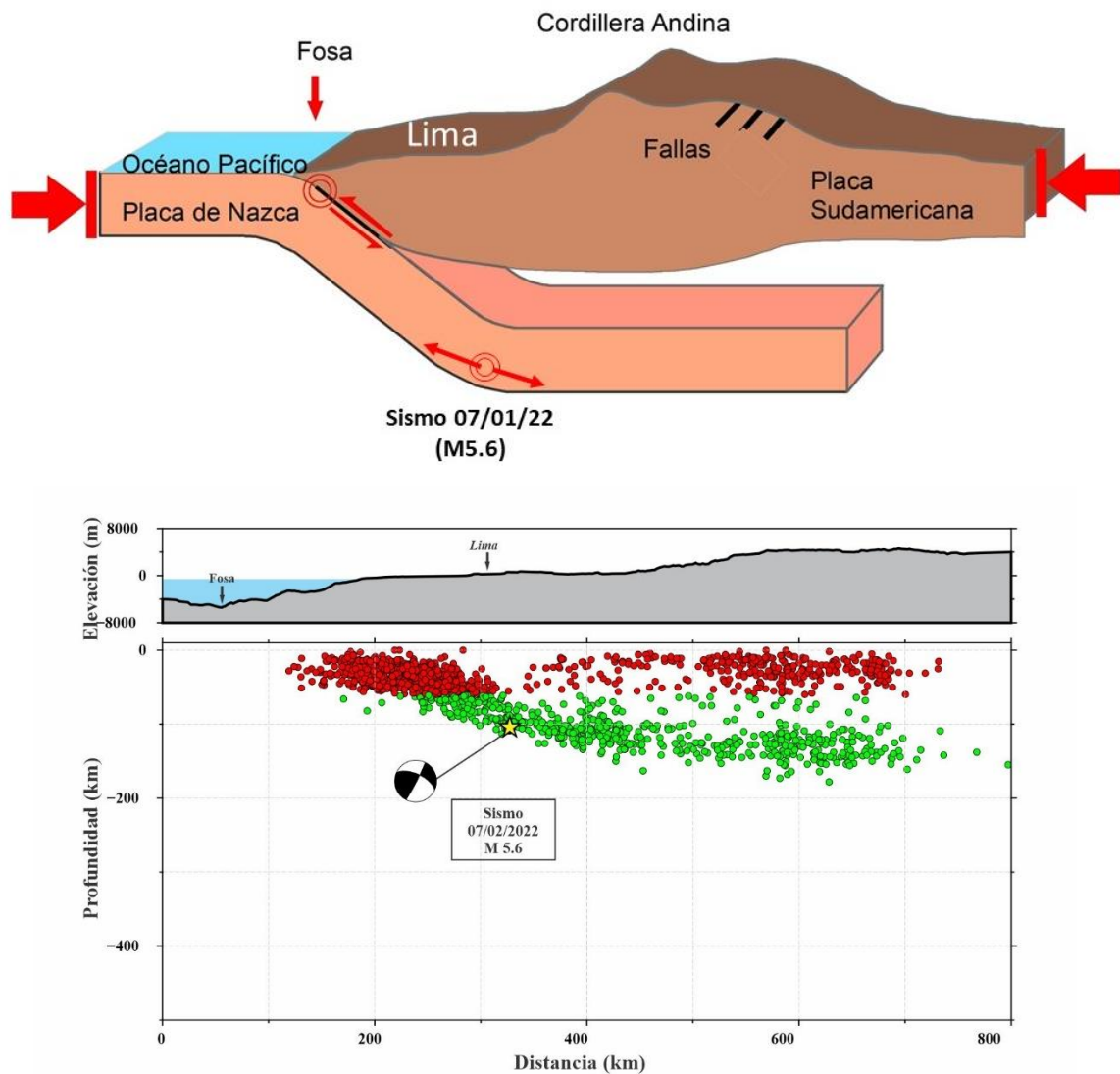


Figura 13.- Esquema que muestra el proceso de convergencia de placas en la región central del Perú y distribución de los focos sísmicos en profundidad. El sismo de Lima del 07 de enero 2022 (M5.6), se produce debido a fuerzas de extensión que se desarrollan en el interior de la placa oceánica por debajo de Lima.

Asimismo, es importante indicar que sismos con origen en la deformación interna de la placa de Nazca a profundidades mayores a 80 km, lejos de la superficie de contacto o fricción de placas, no contribuyen a liberar la energía acumulada en la zona de acoplamiento máximo ubicada frente a la costa de la región central del Perú (Tavera, 2020; Villegas et al, 2016). En esta zona, se espera ocurra un sismo con magnitud del orden de M8.8 que afectaría a toda el país.

CONCLUSIONES

- El 07 de enero ocurre un sismo de magnitud M5.6 con epicentro a 19 km al nor-este de la ciudad de Lima. Este sismo ocurrió a una profundidad de 119 km, estando su foco sísmico exactamente debajo de Lima Metropolitana. El radio de sacudimiento del suelo o percepción fue del orden de 240 km.
- Los principales daños y efectos producidos por el sismo en superficie fueron deslizamientos de piedras y tierra en carreteras, así como la caída de piedras cerca de viviendas precarias ubicadas en los alrededores de Lima.
- Las mayores aceleraciones del suelo fueron registradas en las componentes horizontales de las estaciones ubicadas en los distritos de Ventanilla, Comas, Independencia, Rímac, Ate y La Molina. En estos distritos, los niveles de aceleración registrados son debidos a la calidad de los suelos y de ocurrir un sismo de mayor magnitud, es de esperarse que las mayores aceleraciones se repitan en estos mismos distritos.
- La ubicación del epicentro e hipocentro del sismo de Lima muestra que tuvo su origen en la deformación interna de la placa de Nazca a profundidades mayores a 80 km, lejos de la superficie de contacto o fricción de placas; por lo tanto, tampoco contribuyen a liberar la energía acumulada en la zona de acoplamiento máximo ubicada frente a la costa de la Región Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, I. y Tavera, H (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú. Monografía, IGP, Lima-Perú, 63 pp.
- Cahill, T. and B. Isacks (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. JGR, <https://doi.org/10.1029/92JB00493>
- SENCICO (2022). Sismo de Lima del 07 de enero del 2022. Informe preliminar, 138 pag.
- CISMID (2022) Acelerogramas del Sismo de Lima del 07 de enero del 2022. 12 pag.
- CISMID (2005). Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en 42 distritos de Lima y Callao, APESEG.
- De Mets, C., Gordon, R., Aarhus, A., y Stein, S. (1980). Current plate motions. Geophys. J. Int., 101, 425-478.
- INDECI (2021). Movimiento sísmico de magnitud 5.0 en el distrito de Chilca – Lima. Reporte Complementario N°2211-21/4/2021 COEN-INDECI
- Norabuena, E., Dixon, T., Stein S. y Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca – South America and Nazca-Pacific plate motions. Geophys. Res. Lett. 26, 3405-3408.
- SIRAD (2011). Recursos de respuesta inmediata y recuperación temprana ante a ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima Metropolitana y Callao. COOPI – IRD.
- Stauder, W. (1975). Subduction of the Nazca Plate under Peru as evidenced by focal mechanisms and by seismicity. JGR, <https://doi.org/10.1029/JB080i008p01053>
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. Journal of Seismology, 5, 519-540.
- Tavera, H. y Buforn, E. (1999). Parámetros de la Fuente sísmica del terremoto de Lima del 18 de abril de 1999 (6.4 Mw). Volúmen Jubilar Nro. 6, SGP.

