

## TERREMOTOS EN EL LITORAL CENTRAL DEL PERÚ: ¿PODRÍA SER LIMA EL ESCENARIO DE UN FUTURO DESASTRE?

Nelson Morales-Soto<sup>1,2,a</sup>, Carlos Zavala<sup>3,b</sup>

### RESUMEN

En las páginas de la historia están registradas las amenazas del futuro. La historia sísmica del Perú muestra que vivimos en una zona de alta actividad sísmica, donde la ciudad de Lima ha sido protagonista en varias oportunidades de sismos destructores y otros fenómenos naturales asociados como los tsunamis. En este reporte se expondrán las razones del porqué un terremoto podría afectar a la ciudad de Lima en un futuro.

**Palabras clave:** Desastres naturales; Prevención y mitigación; Perú (fuente: DeCS BIREME).

## EARTHQUAKES IN THE CENTRAL COAST OF PERU: COULD IT BE LIMA THE SCENE OF A FUTURE DISASTER?

### ABSTRACT

In the pages of history are registered with the threats of the future. The seismic history of Peru shows that we live in an area of high seismic activity where the Lima city has been a protagonist on several occasions of destructive earthquakes and other natural phenomena associated such as tsunamis. In this report the reasons why an earthquake could affect the city of Lima in the future were exposed.

**Key words:** Natural disasters; Prevention and mitigation; Peru (source: MeSH NLM).

Aunque no se dispone de un método de predicción sísmica científicamente aceptado se reconoce que hay territorios con gran proclividad sísmica, aquellos ubicados en el Círculo de Fuego del Pacífico soportan el 80% de la actividad sísmica y volcánica del planeta. La historia de nuestro país muestra que el litoral es una zona de alta actividad sísmica, la ciudad de Lima ha sufrido terremotos destructores seguidos de grandes maremotos. Estos antecedentes recomiendan la aplicación de componentes de gestión del riesgo en proyectos públicos y privados, y el fortalecimiento de la mitigación y los preparativos para desastres así como el desarrollo de una cultura de la seguridad.

### LIMA METROPOLITANA Y EL CALLAO

La fundación española de la "Ciudad de los Reyes" se produce el 18 de enero de 1532, el trazo inicial, de bloques cuadrados y calles estrechas desarrolladas alrededor de la Plaza Mayor, imita el de las ciudades españolas. Lima, capital del Perú, se encuentra localizada en la costa central del país a orillas del océano Pacífico, entre las coordenadas 77° 03' W y 12° 04' S.

### TOPOGRAFÍA, SUELO Y GEOLOGÍA

Las características del suelo tendrán una importancia preponderante en el nivel de daños producidos por un terremoto de gran magnitud. Lima Metropolitana asienta en su mayor parte sobre una suave llanura de material aluvional con pendiente de 4-5% en dirección NE-SO.

Los depósitos aluviales proceden en su mayoría del delta del río Rímac o del río Chillón, los cuales por su pronunciada pendiente arrastran abundante material erosionado. El suelo de la zona central de Lima, conglomerado de canto rodado y grava en una matriz limo-arenosa y con una napa freática muy profunda, es sísmicamente adecuado por su compacidad y resistencia, mostrando capacidad de carga de 3 kg/cm<sup>2</sup>. En la parte central del Callao, los estratos superficiales de capas de arena limosas arcillosas y una napa freática a 2 ó 3 metros, otorgan una presión admisible de 0,5 a 1 kg/cm<sup>2</sup>; en La Molina el suelo es de sedimentos de limo-arena-arcilla con gravas y lodos, y la napa freática está a unos 13 metros, la resistencia del terreno es de 0,5 a 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Se reconocen como suelos sísmicamente desfavorables los de sedimentos aluviales arenosos en Chorrillos, los acantilados costeros y los depósitos de basura en las riberas del río Rímac y San Martín de Porres<sup>(1,2)</sup>.

### EXPANSIÓN

Lima tiene 8,154 millones de habitantes y representa el 30% de la población peruana al 2005 (Figura 1)<sup>(3,4)</sup>, gran parte del crecimiento de la ciudad ha sido invasivo y originado en la llegada de migrantes rurales que se han asentado en los arenales de la periferia, en quebradas de las estribaciones andinas o han ocupado antiguas viviendas del centro histórico, esto ha incrementado exponencialmente los problemas de urbanismo de Lima, y con ello su vulnerabilidad sísmica<sup>(5)</sup>.

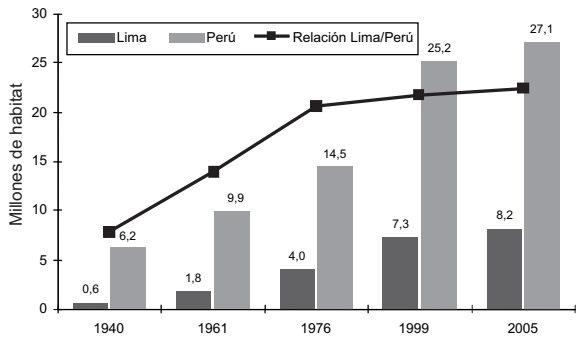
<sup>1</sup> Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

<sup>2</sup> Sociedad Peruana de Medicina de Emergencias y Desastres, Lima, Perú.

<sup>3</sup> Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

<sup>a</sup> Médico emergenciólogo; <sup>b</sup> Ingeniero civil.

**Figura 1.** Evolución de la población del área metropolitana de Lima y Callao en relación al resto del Perú (1940-2005) <sup>(3,4)</sup>.



**ANTECEDENTES SÍSMICOS**

Los historiadores han documentado una larga lista de eventos sísmicos que ocasionaron inmensa destrucción en la zona costera y andina del litoral central del país en los últimos cinco siglos <sup>(1,6-10)</sup>. La tabla 1 resume los datos de los terremotos destructivos que afectaron el litoral central del país, la figura 2 da cuenta de los terremotos ocurridos en los últimos cinco siglos en el Perú y la figura 3 expone las máximas intensidades sísmicas sentidas en cada región del país.



**Figura 2.** Mapa de sismos destructivos en el Perú 1500-1999. Fuente: Instituto Geofísico del Perú.

**HIPÓTESIS DE UN PRÓXIMO TERREMOTO EN LIMA**

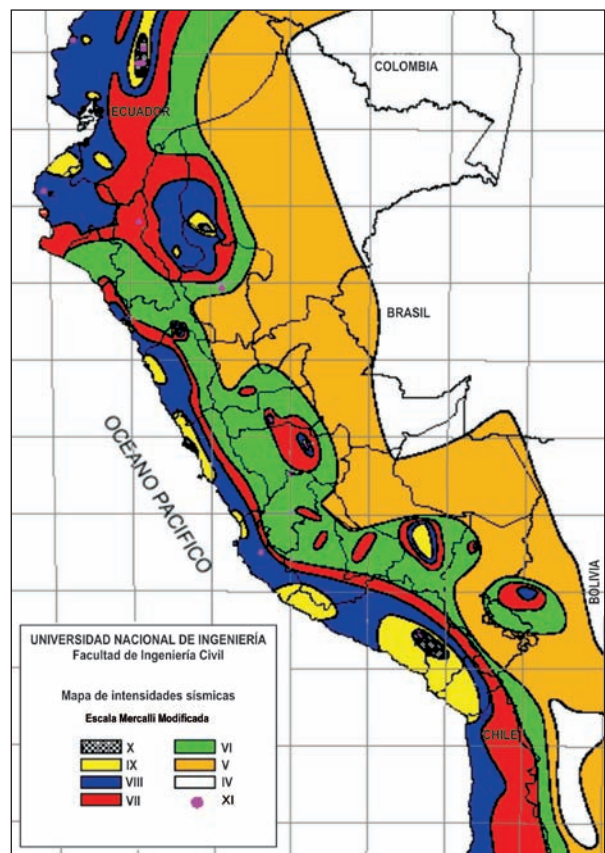
El litoral del país, como parte del Círculo de Fuego del Pacífico, ha sufrido el impacto de grandes terremotos algunos de los cuales fueron seguidos por maremotos, debe por tanto, esperarse la ocurrencia de sismos de diversa magnitud. La información precedente muestra las características fenomenológicas de los eventos y sus periodos de retorno <sup>(14,15)</sup>.

Se reconoce, además, que la vulnerabilidad urbana y social en la capital ha sido creciente, esta susceptibilidad, extensamente acumulada, podría tener gran importancia en la extensión de los daños del próximo impacto sísmico <sup>(1,14)</sup>. Eventos que, por su cercanía temporal y geográfica, pueden ser usados como referentes para estimar la extensión y gravedad de los daños, son el terremoto de 1940 en Lima <sup>(11)</sup>, el terremoto de 1970 en el litoral norte, cuya magnitud e intensidades ocasionaron inmensa destrucción <sup>(12)</sup> y el terremoto en Ica en agosto del 2007 <sup>(13)</sup>.

**EL TERREMOTO DE 1940 EN LIMA <sup>(11)</sup>**

El 24 de mayo de 1940, a las 11.35 horas de la mañana, se produjo un sismo de gran intensidad cuya magnitud se estimó en 6,6 Mb e intensidades que alcanzaron entre VII a VIII MM en Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Huacho.

El evento causó 179 muertes y más de 3500 personas resultaron heridas, ocasionó además cuantiosos daños materiales



**Figura 3.** Mapa de intensidades sísmicas a nivel nacional. Fuente: CISMID/FIC-UNI.

**Tabla 1.** Terremotos destructivos ocurridos en el litoral central del Perú en los últimos cinco siglos.

Fecha Hora	Características del evento	Descripción de los efectos
1552, julio 2 05.30 h		Algunos daños en Lima. El rey Carlos V ordenó que la altura de las construcciones se limitara a seis varas (5,2 m).
1578, junio 17 12.05 h	Intensidad: VII MM	Destrucción de casas, templos y el palacio del Virrey.
1586, julio 09 19.00 h		Destrucción de Lima y Callao, estuvo acompañado por maremoto. Cerca de 22 muertos.
1609, octubre 19 20.00 h		Destrucción similar al anterior. La Catedral sufrió fuertes daños.
1630, noviembre 27 10.30 h		Destrucción de algunos edificios, varios muertos.
1655, noviembre 13 14.45 h		Terremoto destructivo en Lima, agrietó la Plaza de Armas y la iglesia de los Jesuitas. Daños en el Callao.
1678, junio 17 19.45 h		Se produjo fuerte destrucción en Lima.
1687, octubre 20 04.15 h	Magnitud: 8,0 (Ritcher) Intensidad: IX MM	Fue el terremoto más destructor ocurrido en Lima desde su fundación. Lima y Callao quedaron reducidos a escombros. El maremoto en el Callao causó 100 muertes.
1746, octubre 28 22.30 h	Intensidad: X MM Epicentro: 11,6° S y 77,5° O	Es el terremoto más fuerte ocurrido en la historia de Lima donde de 3000 casas solo 25 quedaron en pie muriendo 1141 de sus 60 mil habitantes. El Callao fue totalmente destruido por un tsunami, muriendo 4800 de sus 5 mil habitantes. Fue sentido desde Guayaquil hasta Tacna.
1806, diciembre 01 <sup>(7,10)</sup>		Fuerte sismo de larga duración (1,5 a 2 minutos). Algunos daños.
1828, marzo 30		Fuerte sismo, 30 muertos.
1897, septiembre 20 11.25 h		Fuerte sismo causó daños en las edificaciones. En el Callao la intensidad fue muy alta.
1904, marzo 04 05.15 h	Magnitud: 7,2 (Ritcher) Intensidad: VII-VIII MM	Los mayores daños ocurrieron en La Molina, Chorrillos y el Callao.
1932, junio 19 21.23 h		Algunos daños en Lima, daños graves en el Rímac y el Callao.
1940, mayo 24 <sup>(11)</sup> 11.35 h	Magnitud: 8,2 Ms (Ritcher) Intensidad: VIII MM Aceleraciones = 0,4 g Epicentro: 11,2°S y 77,79°O (120 km NO de Lima) Hipocentro: 50 Km	Cinco mil casas destruidas en el Callao, 179 muertos y 3500 heridos en Lima, 80% de vivienda colapsada en Chorrillos, el malecón se agredió y hundió en tramos. Las construcciones antiguas en Lima sufrieron grandes daños. Averías en construcciones de concreto armado en el Callao (Compañía Nacional de Cerveza) y 2 edificios de la Universidad Agraria de La Molina Algunos hundimientos en la zona portuaria con daños a los muelles y la vía férrea. Interrupciones en la carretera Panamericana Norte por deslizamientos de arena en el sector de Pasamayo. Tsunami con retiro del mar a 150 m y retorno con olas de 3 m de altura que anegó totalmente los muelles
1966, octubre 17 16.41 h	Magnitud: 7,5 (Ritcher) Intensidad: VIII-IX MM Epicentro: 10,7°S y 78,7° O Hipocentro = 38 Km	Los mayores daños ocurrieron en San Nicolás, a 120 Km de Lima, IX MM, Huacho VIII MM y Puente Piedra. En Lima alcanzó VI MM en la parte central. En las zonas antiguas del Rímac y del Cercado, zonas adyacentes a los cerros y una banda a lo largo del río Rímac incluyendo el Callao llegó a VII MM. En La Molina VIII MM. La aceleración registrada fue de 0,4 g y el período predominante 0,1 seg. Los mayores daños se registraron en los edificios de poca altura, en edificios altos hubo grietas en muros de tabiquería.
1970, mayo 31 <sup>(12)</sup> 15.33 h	Magnitud: 7,8 (Ritcher) Intensidad: VIII MM Hipocentro: 35 km Aceleraciones: 0,1g Epicentro: 09,2° S y 78,8° O	Uno de los más destructivos sismos en el siglo en el hemisferio sur. La mayor destrucción ocurrió a 350 Km de Lima. Causó 65 mil muertes, 160 mil heridos y daños estimados en 550 millones de US\$. En Lima registró aceleraciones de 0,1 g a pesar que el epicentro estuvo a 400 Km al NO. Los mayores daños en Lima ocurrieron en La Molina.
1974, octubre 3 09.31 h	Intensidad: IX MM Aceleraciones=0,26g Epicentro: 12° S y 77,8° O	Con epicentro localizado a 70 Km al S-SW de Lima registró aceleraciones máximas de 0,26 g y período dominante de 0,2 seg. Los mayores daños ocurrieron en La Molina, VIII-IX, donde 2 edificios de concreto armado colapsaron y otros resultaron muy dañados. En el Callao y Chorrillos, VII-VIII algunas construcciones de concreto armado sufrieron daños y las de adobe colapsaron.
2007, agosto 15 <sup>(13)</sup> 18.41 h	Magnitud: Local: 7,0 (Ritcher) Momento: 7,9 Mw Intensidad: Pisco: VII-VIII MM Lima: VI MM Huancavelica: V MM Epicentro: 60 km Pisco Hipocentro: 40 km	El sismo causó la muerte a 593 personas, heridas a 1291, se censaron damnificados. Destruyó 48 208 viviendas, 45 500 otras quedaron inhabitables y 45 813 fueron afectadas; 14 establecimientos de salud fueron destruidos y 112 afectados.

MM: escala Mercalli modificada.

particularmente en construcciones de quincha y adobe. Se produjo un gran deslizamiento en los acantilados de la ahora llamada Costa Verde, en Lima. Algunas localidades quedaron en ruinas por el colapso total de casas y algunos templos, explicado por la baja calidad de su construcción.

Los efectos del sismo se sintieron en casi todo el país, alcanzando por el norte hasta Guayaquil, Ecuador, y por el sur hasta Arica, Chile (Figura 4). La extensión de la ruptura fue de 180 km con orientación NO – SE paralela a la línea de costa. Tras el retiro del mar, de unos 150 metros, ocurrió un tsunami con olas de hasta 3 metros de altura las cuales anegaron los muelles del Callao.

**EL TERREMOTO Y ALUVIÓN DE HUARAZ, 1970** <sup>(12)</sup>

A las 15 horas 23 minutos 28 segundos del domingo 31 de mayo de 1970 los pobladores de de la costa y sierra norte del país –departamentos de Ancash, Huánuco, La Libertad y Lima– sintieron un ruido sordo, creciente, interminable que pronto se acompañó de grandes remezones los cuales movieron las ciudades frenéticamente por cerca de un minuto, al final del cual se había producido la más grande destrucción física causada por un sismo en el reciente siglo en toda América.

El sismo alcanzó una magnitud de 7,8 grados en la escala Richter, tuvo epicentro marino en 9,4 grados Latitud Sur y 79,3 grados Longitud Oeste a 50 km frente a la costa de Ancash entre Casma y Chimbote con hipocentro a 24 km de profundidad. Hay evidencia que hubo tres movimientos separados en el mismo epicentro con espacios de 15 segundos. En la zona costera

de Chimbote, Casma y Huarney alcanzó una intensidad de VIII MM al igual que en una franja a lo largo del Callejón de Huaylas, en Lima llegó a VII MM, construcciones de material noble sufrieron grandes daños -incluso colapso- en zonas de suelo poco consistente. El movimiento sísmico fue sentido en 1,300 km a lo largo del litoral desde Nazca a Guayaquil y 300 km al este tierra adentro en un área de 350 000 km<sup>2</sup>.

A los tres minutos de ocurrido el sismo se produjo un aluvión en el Callejón de Huaylas al desprenderse la cornisa norte del nevado Huascarán arrastrando 50 millones de metros cúbicos de nieve, barro y rocas. La inmensa masa se deslizó por la ladera y sepultó tres ciudades, Yungay, Ranrahirca y Caraz, causando la muerte a unas 23 mil personas, 300 se salvaron al estar en el estadio de Yungay en las afueras de la ciudad y otras 92 también sobrevivieron porque estaban o alcanzaron el cementerio de la ciudad que se encontraba en un promontorio en medio de la zona inundada.

Las comunicaciones telefónicas con el interior quedaron interrumpidas, cuando se reanudaron se conoció que habían sido destruidos el puerto de Chimbote, Casma y Huarney, no hubo contacto con el Callejón de Huaylas, la Central Hidroeléctrica de Huallanca había quedado inoperativa y los caminos a la zona estaban destruidos, la zona más afectada quedó totalmente aislada del país, las aeronaves que sobrevolaron la zona de Huaraz y Anta reportaron carencia de visibilidad por una nube de polvo que ascendía hasta los 18 000 pies de altura.

El lunes 1 de junio, un oficial de policía transmitió por la radio de la mina Santo Toribio el primer mensaje que advertía la grave situación ocurrida en Huaraz, mencionó que la ciudad había quedado destruida y el Prefecto había fallecido, no había agua ni luz y el alimento era escaso, los sobrevivientes dormían a la intemperie, se necesitaban medicina, vacunas y sueros, que todas las comunicaciones estaban cortadas. A media mañana del segundo día se conoció que Yungay y Ranrahirca habían quedado sepultadas por el lodo, solo quedaban unos pocos cientos de sobrevivientes. Se preparó entonces el más grande operativo de ayuda ocurrido en la historia del país. El director de la Oficina Nacional de Informaciones en conferencia de prensa anunció que se estimaba una mortalidad de 30 000 personas, dos días después el número estimado ascendía a 50 000 muertes.

Cerca a 83 000 kilómetros cuadrados fueron afectados por el desastre, unos tres millones de personas y 250 pueblos sufrieron los efectos del evento, superando los efectos de todas las catástrofes vividas en el país incluyendo el terremoto de 1940 en Lima y Callao que causó la muerte de 10 000 personas. Los 50 mil fallecidos esa semana por el terremoto de Huaraz equivalían al 83% del total de muertes ocurridas en los nueve desastres precedentes en el Perú. El área de los departamentos afectados de La Libertad, Ancash, Huánuco y Lima sumaba 83 558,47 km<sup>2</sup> y era equivalente a la extensión de Bélgica, Holanda y la mitad de Dinamarca. El 80% de los afectados debió pernoctar al aire libre por la destrucción de sus casas.

Unas 100 mil viviendas quedaron totalmente destruidas totalizando 200 mil el número de unidades de habitación perdidas. El esfuerzo inmediato fue proveer agua para el consumo humano, energía eléctrica y cobertores; se proporcionaron 16 000 carpas para albergar 38 000 personas en el Callejón de



**Figura 4.** Mapa de isosistas del terremoto del 24 de mayo de 1940 <sup>(11)</sup>.

Huaylas. En junio, por vía aérea, se evacuaron 4 012 heridos, 790 niños, y trasladaron a 6 289 personas, se lanzaron 129 socorristas mediante paracaídas, y se movilizó un millón de kilos de alimentos a las zonas inaccesibles; se constituyó el "Comité de Reconstrucción y Rehabilitación en la Zona Afectada", CRYRZA.

La radioemisora oficial del Estado funcionó 24 horas al día recibiendo y transmitiendo mensajes de sobrevivientes y familiares, y reportando los nombres de las víctimas conforme se tenía acceso a esta información, con otras emisoras transmitieron unos 200 000 mensajes, el Gobierno decretó canceladas todas las deudas de las víctimas del terremoto, se exoneró de impuestos a la zona afectada por cinco años para la reconstrucción o adquisición de viviendas o el relanzamiento de empresas o negocios.

La catástrofe fue devastadora: 186 mil viviendas destruidas, 69 mil muertos, 150 mil heridos, más de un millón de damnificados. Los efectos sociales y económicos en la zona afectada fueron intensos, así como la migración. La ayuda humanitaria procedente del país y de casi todo el mundo fue abrumadora, la lección inolvidable. Este sismo ha sido considerado como el más mortífero del siglo XX en la región.

#### EL TERREMOTO DE ICA, AGOSTO DEL 2007

El 15 de agosto del 2007 a horas 18.41 h, se registró un sismo que duró aproximadamente 210 segundos, con epicentro marino a 60 km de Pisco-Ica, con profundidad hipocentral a 40 km, cuya magnitud alcanzó 7,0 en magnitud local y 7,9 en magnitud momento (Ritcher), sus intensidades registraron VII-VIII MM en Pisco, VI MM en Lima y V MM en Huancavelica<sup>(13)</sup>.

El evento causó la muerte a 593 personas, heridas a 1291, se censaron damnificados; destruyó 48 208 viviendas, otras 45 500 quedaron inhabitables y 45 813 resultaron afectadas; 14 establecimientos de salud fueron destruidos y 112 afectados<sup>(16)</sup>. Las actividades de asistencia a las víctimas merecieron críticas en la etapa de emergencia, al cumplirse seis meses del siniestro las encuestas de opinión pública mostraron insatisfacción por la lentitud en las tareas de rehabilitación y reconstrucción<sup>(17)</sup>.

La posibilidad de ocurrencia de un evento de esta magnitud en esa zona del país se había comunicado sin precisarse el tiempo de retorno (la sismología actual no lo permite) basado en el análisis de los terremotos previos según intensidad y lugar (áreas de ruptura), para ubicar las zonas donde se esperan sismos de gran magnitud<sup>(18,19)</sup>.

### CARACTERÍSTICAS DE UN PROBABLE TERREMOTO EN LIMA

La organización de los preparativos institucionales para responder a situaciones de emergencia y desastres se inicia por la construcción de escenarios hipotéticos de eventos probables, los cuales sirven para el diseño de los planes de contingencia. Deben tomarse en cuenta el registro histórico sobre antecedentes sísmicos de una región (*la amenaza*), la ocupación territorial, el crecimiento de las ciudades y las características urbanas y sociales, entre otros, que van modificando la escena (*la vulnerabilidad*).

Instituciones y reconocidos expertos han estudiado la amenaza tectónica y la vulnerabilidad de Lima, algunos han alertado sobre las consecuencias de eventos de alta magnitud<sup>(1,14,15,20-23)</sup>. Por ello, en el año 2000 preparamos un plan de respuesta del sector salud en un escenario probable de un terremoto destructivo en Lima Metropolitana y un maremoto en el Callao, el cual no está publicado, una versión actualizada se expone a continuación.

Para ello, se tomaron como insumos importantes la hipótesis del "Plan Pachacútec" y "Plan Wiracocha" para el simulacro de desastres en Lima<sup>(24,25)</sup>; la hipótesis de sismo máximo probable, empleada en el análisis de vulnerabilidad sísmica de hospitales del Perú<sup>(26)</sup>, así como los trabajos de Kuroiwa<sup>(14,21)</sup> y Alva<sup>(27)</sup>.

#### EL SISMO MÁXIMO PROBABLE: APROXIMACIÓN AL TEMA

**Hipótesis.** Un terremoto de gran magnitud con epicentro marino frente a Lima podría afectar el litoral central y la región andina correspondiente. Sus efectos podrían sentirse en gran parte del país.

#### Sustento.

1. El registro histórico revela que Lima ha sufrido el impacto de 43 grandes sismos pero los terremotos de 1586, 1655, 1687 y 1746 alcanzaron intensidades destructivas, IX a X en la escala de Mercalli Modificada<sup>(15,28)</sup>.
2. El Callao fue afectado por grandes maremotos en 1586, 1687 y 1746, produciendo este último pérdidas catastróficas<sup>(28)</sup>.
3. En tanto no se disponga de predicción científica para eventos sísmicos se emplea el criterio de recurrencia sísmica. La fórmula de Gutenberg y Richter, aplicada por Deza para la región sismotectónica de Lima (Log N = 5,63 - 0,85 Mb) establece que para un sismo de magnitud entre 7,8 Mb y 8,5 Mb el periodo de recurrencia sería aproximadamente de 100 años<sup>(1)</sup>.
4. Se reporta que en el presente siglo se activaron dos áreas sísmicas vecinas a Lima:
  - Chimbote-Huacho: activada en los sismos del 31 may 70 y 17 oct 74.
  - Lima - Pisco: activada en el sismo del 03 oct 74.
  - El área sísmica Huacho - Lima faltaría activarse (el epicentro del sismo del 24 may 40 es impreciso)<sup>(1,15)</sup>.

#### EL EVENTO SÍSMICO MÁXIMO PROBABLE

**Magnitud.** 7,5 a 8,0 grados Richter<sup>(15,26-28)</sup>.

**Intensidades máximas.** IX grados Mercalli Modificada<sup>(1,15,25)</sup>.

**Aceleraciones máximas previstas.** 360 gals<sup>(26,27)</sup>.

**Epicentro.** Frente a Lima<sup>(1,15,25)</sup>.

**Hipocentro.** Profundidad: 33 km<sup>(25)</sup>.

**Extensión afectada.** Presupone efectos destructivos en los departamentos de Lima, Ancash, Ica, Huánuco, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho y la Provincia Constitucional del Callao.

#### EL MAREMOTO PROBABLE

Esta hipótesis está sustentada en base al estudio del tsunami del 3 de octubre de 1974, 09h21m29s)<sup>(29)</sup>.

**Características.** Tren de olas de unos seis metros de altura que alcanzarán la línea costera poco después de ocurrido el terremoto.

**Epicentro:** 12,3 S, 8 W, a unos 40 km al oeste de Lima.

**Magnitud:** 7,5 grados Richter.

**Profundidad:** 13 km.

**Área de dislocación:** 117,50 km x 72,85 km.

**Dirección de las olas:** oeste-este u oeste-sureste.

**Velocidad de desplazamiento:** 837 km/h.

**Ancho de las olas:** hasta 200 km.

**Altura de las olas:** 6 a 7 metros.

**Tiempo gráfico (instrumental) de llegada a la costa:** 25 minutos al Callao.

**Tiempo medido de llegada:** 21 minutos al Callao.

**Tiempo de llegada para tsunamis de origen cercano:** 10 minutos (mayo de 1960).

**Zona de inundación:** de 300 a 600 metros tierra adentro (100 metros de inundación por cada metro de altura de la ola con decrecimiento estimado de 1%, el decrecimiento puede ser de 2% si la superficie es irregular o contiene construcciones u otros obstáculos).

**Extensión afectada.** El litoral, con probable extensión remota al Pacífico Sur. Afectará el puerto y la ciudad del Callao, caletas e instalaciones en áreas ribereñas (Figura 5). Los residentes del Callao expuestos al tsunami suman 385 806 personas (2005) (30).

**OTROS EVENTOS ADVERSOS POTENCIALES**

**Deslizamientos**

**Cuenca del río Rímac.**

- En Chosica y zonas aledañas existen 46 quebradas donde ocurren huaycos en la temporada estival (5). Deslizamientos y eventuales represamientos podría darse si coincide el sismo con la temporada de lluvias.
- El talud del río en el área de Lima Cercado podría colapsar, sobre ellos hay unos 14 asentamientos humanos. Una avenida extraordinaria de aguas comprometería la estabilidad de los taludes y desencadenaría su colapso en la margen izquierda entre el Puente del Ejército y el Puente Dueñas afectando a unas dos mil familias (31).

**Acantillados de la Costa Verde en Lima.** Los taludes son reconocidos como inestables, periódicamente hay precipitación del material de laderas.

**Carretera Panamericana Norte.** La antigua vía en el sector de Pasamayo podría afectarse por deslizamientos de arena con daños en la pista por la que discurre el tránsito pesado hacia/ desde la Capital.

**Carretera Central.** Deslizamientos de laderas montañosas en diversos tramos.

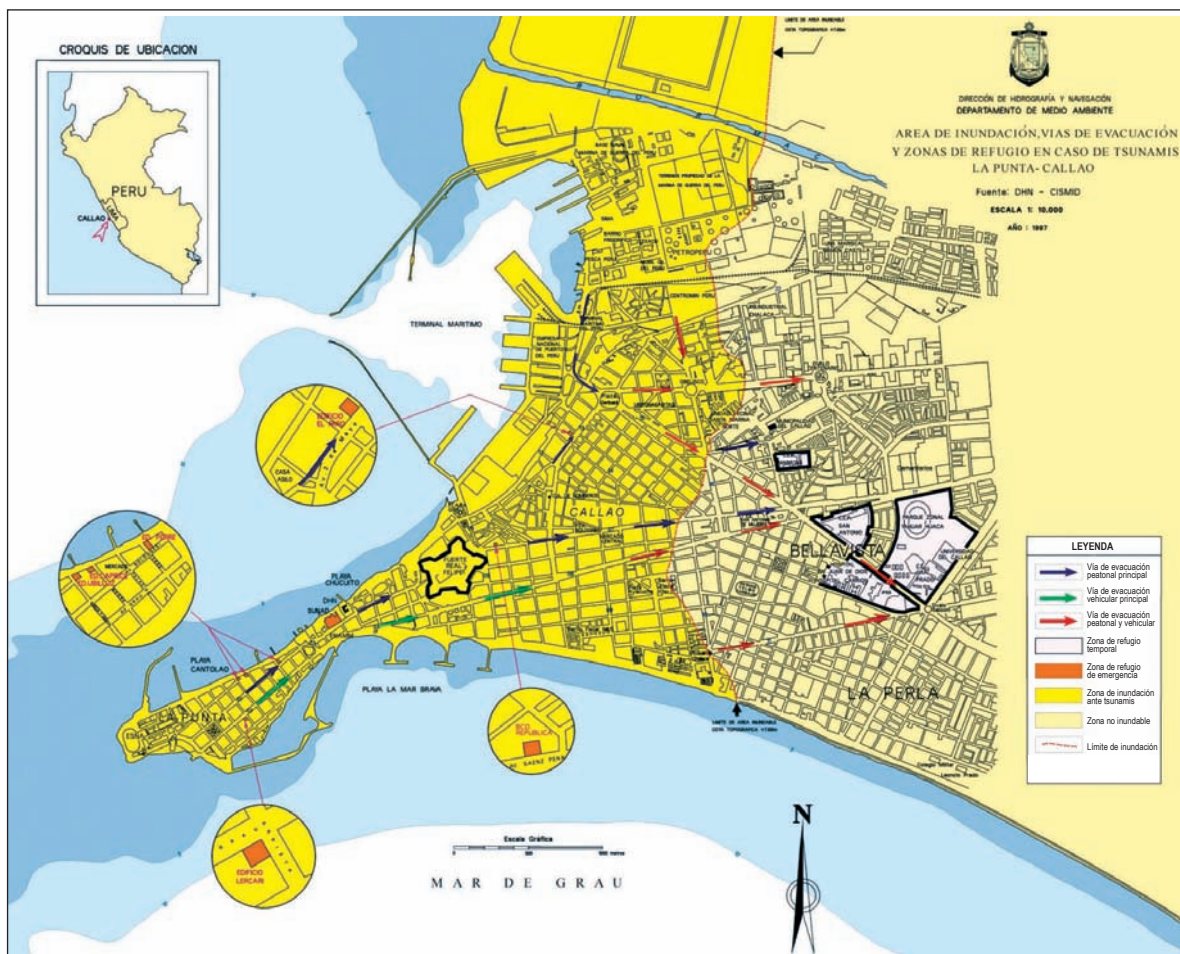


Figura 5. Mapa de inundación debido a probable tsunami en el Callao. Fuente: CISMID/FIC/UNI

**Incendios** <sup>(24,32)</sup>

- Zona portuaria del Callao.
- Refinerías y grandes depósitos de combustibles.
- Zonas industriales de Lima.
- Grandes mercados y centros de abasto.

**Desórdenes colectivos**

Estados de pánico. Podrían darse extensamente durante el impacto o mantenerse durante las réplicas en áreas con elevada destrucción o aislamiento o donde puedan ocurrir eventos secundarios como tsunamis e incendios.

Vandalismo y saqueos a la propiedad pública y privada. Podría favorecer su ocurrencia la coincidencia de ciertas condiciones tales como:

- Elevada densidad poblacional y pobreza <sup>(33)</sup>.
- Grave destrucción de infraestructura <sup>(1,24)</sup>.
- Alta incidencia delictiva y daños por causa externa <sup>(34)</sup>.
- Fallo o insuficiencia temporal de los sistemas de seguridad (policía, serenazgo, vigilancia privada, otros).

**Aislamiento en la ciudad de Lima**

Interior. A nivel urbano con diferente duración del aislamiento:

- Transitorio: por fallos en la semaforización, caída de postes, paneles publicitarios, torres de alta tensión o árboles.
- Prolongado: por hundimiento o ruptura de puentes o pasos a desnivel, colapso de taludes y grandes edificaciones sobre vías del transporte terrestre.

Exterior. Por daños en los accesos a la ciudad:

- Terrestres: Carretera central, antigua carretera norte. Tendría efecto prolongado sobre el transporte de personas y suministro de alimentos a la ciudad.
- Marítimos: Puerto del Callao, con efecto prolongado sobre el transporte de carga.
- Aéreos: Aeropuerto Internacional "Jorge Chávez", con efecto sobre el transporte de pasajeros y carga aérea <sup>(22)</sup>.

**CONCLUSIONES**

Los antecedentes históricos y la vulnerabilidad acumulada permiten esbozar las consideraciones siguientes:

**El sismo máximo probable**

- Un terremoto de magnitud entre 7,5 a 8,0 grados en la escala de Richter e intensidades entre VII y IX en la escala de Mercalli modificada, podría ocurrir en el litoral central del país <sup>(25-27)</sup>.
- Por la proximidad del epicentro a la ciudad de Lima en esta ciudad se registrarían las mayores intensidades sísmicas pero los efectos destructores se extenderían a otros departamentos vecinos que incluyen los de la sierra central alcanzando un área aproximada de unos 265 mil km<sup>2</sup> <sup>(25)</sup>.
- Las aceleraciones máximas previstas causarían gran exigencia estructural a las edificaciones expuestas <sup>(26)</sup>.

**La amenaza de maremoto**

- El sismo máximo probable con epicentro marino frente al litoral central del país podría ser seguido de un maremoto que alcanzaría la costa entre 21 a 30 minutos después de ocurrido el sismo <sup>(25,29)</sup>.
- Las olas del maremoto de hipótesis podrían tener unos 6 metros de altura y ocasionarían inundaciones súbitas en la costa 300 a 600 metros tierra adentro <sup>(25,29)</sup>.

- La inundación se daría en la zona de La Punta con daños por inundación en edificios de hasta tres pisos, de manera que las olas golpearían a las edificaciones llegando a niveles de 6 metros sobre el nivel del mar <sup>(36)</sup>.

**La amenaza de eventos adversos secundarios**

- El sismo máximo probable podría ocasionar múltiples deslizamientos que afectarían los cauces de los ríos que atraviesan Lima sea en las quebradas altas o, en el caso del río Rímac, en el centro de la ciudad donde hay taludes inestables, asimismo deslizamientos en los acantilados costeros de Lima y de laderas en la sierra y la costa norte podrían interrumpir las carreteras de acceso a la Capital <sup>(31,35)</sup>.
- El evento sísmico podría ser seguido de incendios en refinerías o plantas de almacenamiento de hidrocarburos, grandes industrias y mercados <sup>(25)</sup>.
- En las horas siguientes al terremoto podrían observarse desórdenes públicos con acciones de vandalismo y saqueo a la propiedad pública y privada <sup>(25)</sup>.
- Los efectos destructivos del terremoto podrían ocasionar algún grado de aislamiento de la ciudad tanto externo por interrupción de puentes y carreteras, como interno, por caída de torres y cables de alta tensión, grandes paneles, árboles y edificaciones elevadas o por caída de puentes o pasos a nivel <sup>(25)</sup>. Los efectos en el puerto del Callao y en el aeropuerto internacional de Lima podrían ocasionar retrasos en la movilización de pasajeros y carga.
- Las edificaciones, en su mayoría autoconstruidas, situadas en los conos de Lima, se encuentran cimentadas sobre suelos pocos competentes (arenales, pantanos, etc.) con la probabilidad de existencia de fenómenos asociados al sismo sobre los suelos, como la licuación y deslizamientos en taludes inestables <sup>(5)</sup>.

Los antecedentes sísmicos del litoral central sostienen la hipótesis del retorno, a un plazo no determinado, de un sismo que podría ocasionar daños en la capital y en los departamentos circundantes. Ante tan importante e inexorable amenaza es imperativo fortalecer la gestión del riesgo para lograr en un plazo razonable una reducción ostensible de la vulnerabilidad urbana y social, es también necesario fortalecer los preparativos institucionales y comunitarios para asegurar una respuesta asistencial y social concertada, oportuna y eficaz.

Es también recomendable mejorar las capacidades de gestión del riesgo de gobiernos locales e instituciones a fin de aplicar medidas efectivas de mitigación, desarrollar estudios de riesgo sísmico y aplicar sus resultados, y extender la educación de la población en medidas de protección y asistencia.

Desde el año 1993 la Universidad Nacional Mayor de San Marcos viene formando especialistas en Medicina de Emergencias y Desastres y Enfermería para Emergencias y Desastres, y se ha propuesto en el año 2004 la creación de un Sistema Nacional de Protección y Asistencia Médica de Emergencias y Desastres que permita la asistencia inmediata y universal de las víctimas de estas contingencias <sup>(37)</sup>.

La Sociedad Peruana de Medicina de Emergencias y Desastres ha propuesto una iniciativa para fortalecer la coalescencia de esfuerzos de los organismos públicos y privados, colegios profesionales y universidades, para apoyar el desarrollo de la mitigación a cargo de los entes rectores del Estado y de los preparativos institucionales y comunitarios para la protección y la asistencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Kuroiwa J.** Protección de Lima Metropolitana ante sismos destructivos: investigaciones efectuadas en el periodo 1973-1976. Lima. Defensa Civil; 1977.
2. **Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).** Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico de la Gran Lima –Fase I. Lima: Asociación Peruana de Empresas de Seguros, CISMID; 2003.
3. **Perú, Instituto Nacional de Estadística e Informática.** Tendencias del crecimiento urbano de Lima Metropolitana al año 2015. Lima: INEI; 1997.
4. **Perú, Instituto Nacional de Estadística e Informática.** Perú en cifras: indicadores demográficos. Lima: INEI; 2007. [Fecha de acceso: febrero 2007]. Disponible en: [www1.inei.gov.pe/perucifrasHTML/inf-dem/cua1.htm](http://www1.inei.gov.pe/perucifrasHTML/inf-dem/cua1.htm)
5. **Maskrey A, Romero G.** Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana. Lima: PREDES; 1986.
6. **Lastres JB.** Historia de la medicina peruana. Volumen I: La medicina incaica. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1951.
7. **Lastres JB.** Historia de la medicina peruana. Volumen II: La medicina en el Virreinato. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1951.
8. **Lastres JB.** Historia de la medicina peruana. Volumen III: La medicina en la República. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1951.
9. **Lastres JB.** Terremotos, hospitales y epidemias de la Lima Colonial. An Soc Peru Histor Med. 1940; 2: 30-41.
10. **Silgado E.** Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Lima: Instituto de Geología y Minería; 1978.
11. **Vilcapoma L.** Terremoto de Lima del 24 de Mayo de 1940. Lima: Instituto Geofísico del Perú; 1990
12. **Perú, Oficina Nacional de Información.** Cataclismo en el Perú. Lima: Atlántida; 1971.
13. **Tavera H.** El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007 (7.9 Mw). Lima: Instituto Geofísico del Perú; 2008.
14. **Kuroiwa J.** Protección de Lima Metropolitana ante sismos destructivos. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; 1997.
15. **Tavera H, Heras H.** Localización de áreas probables a ser afectadas por grandes sismos en el borde oeste de Perú: Estimación a partir de periodos de retorno local basado en la distribución de valores de "b". Bol Soc Geol Peru. 2002; 93: 63-71.
16. **Instituto Nacional de Defensa Civil.** Movimiento sísmico afecta severamente departamentos de Ica y sur de Lima. Informe de emergencia N° 134 (12/02/2008). Lima: INDECI; 2008.
17. **El Comercio.** Pisco: seis meses después. Lima, 15 de febrero del 2008, a1.
18. **Tavera H.** Crónica de un terremoto anunciado para la zona sur de la región central de Perú. En: Tavera H. El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007 (7.9 Mw). Lima: Instituto Geofísico del Perú; 2008. p. 7-12.
19. **Tavera H, Bernal I.** Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. Bol Soc Geol Peru. 2004; 98: 85-96.
20. **Ocola L.** Notas sobre el peligro sísmico de Lima y departamentos del sur del Perú. Lima: Defensa Civil; 1997.
21. **Kuroiwa J.** Riesgo sísmico de Lima Metropolitana (LM) y del Sur Oeste (S-W) del Perú. Lima. Defensa Civil; 1997.
22. **Roque R, Trefogli, C.** Actualización del plan de evacuación ante tsunamis en las costas del Callao y evaluación post-desastre (1995-1996). [Tesis de Bachiller] Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; 1996.
23. **Instituto Nacional de Desarrollo Urbano.** Diagnóstico sobre vulnerabilidad y riesgo de las áreas críticas de Lima Metropolitana. Lima: Ministerio de Vivienda; 1982.
24. **Instituto Nacional de Defensa Civil.** Plan de operaciones Pachacútec para desastres sísmicos. Lima: INDECI; 1999.
25. **Instituto Nacional de Defensa Civil.** Plan "Wiracocha" (para simulacro de desastre en la II Región). Lima: INDECI; 1999.
26. **Comunidad Económica Europea (ECHO), Ministerio de Salud (MINS), Instituto Peruano de Seguridad Social (IPSS), Organización Panamericana de la Salud (OPS).** Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de hospitales del Perú. Lima: ECHO/MINS/ IPSS/OPS; 1997.
27. **Alva J, Meneses J, Guzman V.** Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú. Tacna: V Congreso Nacional de Ingeniería Civil; 1984. Disponible en: [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17\\_a.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17_a.pdf)
28. **Silgado E.** Magnitud, frecuencia, período de retorno de terremotos y riesgos sísmicos en la costa del Perú entre 9° y 13° de latitud sur. Lima: Sociedad Geográfica de Lima; 1975.
29. **Kuroiwa J.** Tsunamis. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil; 1995.
30. **Defensa Civil.** Plan de evacuación Callao 2005. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil; 2005.
31. **Municipalidad de Lima.** Plan de emergencia metropolitano, 1999. Lima: Municipalidad de Lima; 1999.
32. **Arce-Palomino JL.** Grandes incendios urbanos: Mesa Redonda, Lima 2001. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2008; 25(1): 118-24.
33. **Saavedra-Castillo A.** Violencia y salud mental. Acta Med Peru. 2004; 21(1): 39-50.
34. **Anicama J, Vizcardo S, Carrasco J, Mayorga E.** Estudio epidemiológico sobre violencia y comportamientos asociados en Lima Metropolitana y Callao. Lima: Ministerio de Salud; 1999.
35. **Morales-Soto N.** Bases para un plan de respuesta del sector salud para un terremoto destructivo en Lima Metropolitana y maremoto en el Callao. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil; 2000.
36. **Delgado PA, García AC.** Plan de evacuación de ciudades afectadas por Tsunamis zona La Punta - Pucusana". Lima: CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; 1982.
37. **Morales-Soto N.** Grandes desastres... grandes respuestas. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2008; 25(1): 125-32.

---

**Correspondencia:** Dr. Nelson Raul Morales Soto, Sociedad Peruana de Emergencias y Desastres. Lima, Perú.  
 Dirección: Av. Alameda La Molina Vieja N.° 695, Dpto. 206. La Molina, Lima.  
 Teléfono: (511) 365 8891  
 Correo electrónico: [moralesotonelson@gmail.com](mailto:moralesotonelson@gmail.com)