



Fotógrafo: Diego Dourjeanni

Autor:

Gustavo Larrea Gallegos, alumno PUCP

El viernes 28 de octubre de 1746, un terremoto de magnitud 9 Mw azotó la ciudad de Lima y Callao. El movimiento ha sido el más intenso del que se tiene registro. Según algunos cronistas, este movimiento fue seguido media hora después por un maremoto con olas de tal altura que embarcaciones fondeadas en el puerto pasaron por encima de las murallas y tejados de las casas. El puerto del Callao desapareció junto a sus habitantes que fueron arrastrados por el reflujó del mar.

Durante esos años, la población total de Lima y Callao era aproximadamente de 65000 habitantes. El terremoto y el maremoto cobraron la vida de alrededor de 6000 personas, cantidad que representaba alrededor del 8% de la población, cifra que sería considerada catastrófica hoy en día.

Lo que vino después de la tragedia quedó plasmado en la retina de los sobrevivientes. Tan sólo 20 casas quedaron en pie de las 3000 que conformaban la ciudad. El Hospital Santa Ana se desplomó y un centenar de enfermos murieron. De igual forma, el convento de Carmen Bajo colapsó y se perdió a más de la mitad de la comunidad religiosa de Lima.

Actualmente, la ciudad de Lima tiene alrededor de 9 millones de habitantes y crece con una acelerada tasa de 1.6 por ciento anual (INEI 2013). Las 3000 casas existentes en 1746 no son significativas frente a las 2.3 millones de viviendas que ahora se extienden a lo largo de Lima Metropolitana (INEI 2012).

Aunque ha cambiado mucho la ciudad desde ese entonces el peligro sísmico no ha disminuido; pese a ello, la población ha olvidado el historial de desastre que posee Lima. Terremotos como los ocurridos en Pisco (2007) y Camaná (2001) han demostrado lo vulnerable que son los sistemas sismorresistentes de las construcciones tradicionales de la costa peruana e incluso de edificaciones relativamente modernas.

Información: El grado de destructividad (riesgo) depende esencialmente de dos factores: el peligro sísmico (magnitud, frecuencia, distancia epicentral, suelo, geología, etc.) y de la vulnerabilidad (diseño sismorresistente, calidad de construcción, etc.).

Lima y el peligro sísmico

El Perú es uno de los países con mayor peligro sísmico del mundo. Esto se debe, principalmente, al fenómeno de subducción de la placa de Nazca (oceánica) por debajo de la Sudamericana (continental). Este desplazamiento genera sobre el plano de fricción de ambas placas un número ilimitado de sismos de diversas magnitudes a diferentes niveles de profundidad (H. Tavera et al. 2002).

Información: El fenómeno de subducción es la principal fuente sísmogénica en el Perú. Los sismos ocurridos al interior del continente son de menor magnitud pero pueden ser igual de dañinos debido a su superficialidad (H. Tavera et al. 2002) como el ocurrido en Paruro, Cusco, el 27 de setiembre de este año

“

El Perú es uno de los países con mayor peligro sísmico del mundo. Esto se debe, principalmente, al fenómeno de subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana.

”

Hasta el momento, no existen métodos o técnicas que permitan predecir con exactitud el lugar, tamaño y la fecha de ocurrencia de un evento sísmico. Sin embargo, se han desarrollado métodos estadísticos que permiten establecer zonas en las que existe una mayor probabilidad de ocurrir un movimiento sísmico y aproximar su magnitud.



Figura 1. Muchas de las viviendas de adobe en el centro de Lima no han sido refaccionadas, estas son altamente vulnerables.

En una publicación del año 2002, H. Heras y H. Tavera, mediante el modelo de asperezas y utilizando registros de sismos de los últimos 60 años, identificaron diferentes zonas de peligro sísmico en la costa peruana. Los autores concluyeron que las zonas frente a la costa de Arequipa, Ancash y la costa Norte de Lima son las que presentan mayor probabilidad de ser afectadas por un sismo de magnitud Ms mayor o igual a 7.2.⁽¹⁾

(1): Estos resultados corresponden a una publicación del Instituto Geofísico del Perú:

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 T₀; H. Tavera, H. Heras, 2002

Pese al rango de error propio de la metodología, estos resultados siguen siendo importantes, ya que indican la existencia de una notable acumulación de energía en diferentes zonas de la costa peruana.

Información: El modelo de asperezas (seismic gap) propone que el terremoto se inicia en una zona donde no se han producido terremotos en mucho tiempo, a la cual se denomina “Zona de Gap sísmico” o zona con gran acumulación de energía.

Se espera que eventualmente esta energía acumulada se libere y se transmita a través de la corteza en forma de ondas sísmicas. El efecto que estas ondas puedan generar dependerá de una serie de condiciones locales. Estas condiciones, también llamadas efecto de sitio, son las respuestas del terreno a la onda sísmica y que pueden amplificar la amplitud y la frecuencia de las ondas. Este nivel de amplificación del suelo depende fundamentalmente de la topografía, espesor, distribución de los estratos y de sus propiedades mecánicas; por ello, es fundamental conocer las características del suelo, así como entender su comportamiento en condiciones dinámicas. La importancia de caracterizar las diferentes zonas de la ciudad (y alrededores) radica principalmente en el hecho de que **el suelo de Lima no es uniforme y presenta muchas variaciones en tramos muy cortos.**

Información: “Se conoce que un terremoto resulta de la deformación del suelo a lo largo del cual, la energía acumulada es liberada cuando sobrepasa la resistencia de la roca e irradiada bajo la forma de calor y de ondas sísmicas, las mismas que se propagan a través de toda la tierra.” (H. Tavera)

¿TSUNAMI?

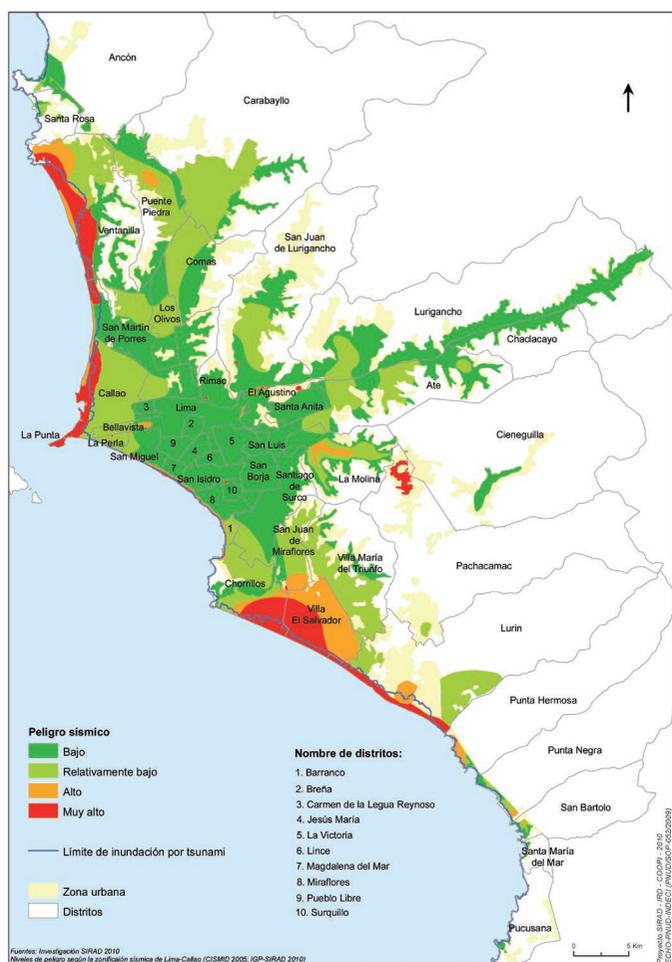
Las ondas generadas en la liberación de energía tienen también un efecto sobre la masa de agua, a este fenómeno se le denomina tsunami. La energía se presenta a través de grandes olas que se desplazan a gran velocidad hasta impactar en la costa. En la costa peruana se tiene un registro de tsunamis de más de 500 años, con 117 tsunamis generados por sismos (Silgado, 1978).

En el año 2010, el Estudio SIRAD, publicó un mapa de zonas de peligro sísmico y de inundación por tsunami en Lima y Callao basado en el trabajo de zonificación sísmica del CISMID (2005). En este estudio se cataloga el peligro sísmico de acuerdo a las diferentes Zonas sísmico - geotécnicas (mapa 1.0) que corresponden a diferentes tipos de suelo, desde afloramientos rocosos hasta rellenos. (Tabla 1.0).

Zonas sísmico-geotécnicas	Suelos correspondientes	Peligro sísmico
Zona I	Afloramientos rocosos y estratos de grava	Bajo
Zona II	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial	Relativamente Bajo
Zona III	Arena eólica (sin agua)	Alto
Zona IV	Arena eólica (con agua)	Muy Alto
Zona V	Rellenos	Muy Alto

Fuente: CISMID / APESEG (2005), Estudio SIRAD (2010)

Zonas de peligro sísmico y de inundación por tsunami en Lima y Callao



Escenario sísmico de referencia: terremoto hipotético (magnitud = 8.5 Mw), con epicentro en el mar, frente al Callao, que corresponde al terremoto más probable que podría ocurrir en Lima. Estudio SIRAD, 2010

A partir de estos resultados se puede ver que las zonas con mayor peligro sísmico se encuentran en las partes norte y suroeste, aunque existen también zonas de alto peligro en ciertos sectores de La Molina y El Agustino. Las zonas centrales de la ciudad presentan relativamente un bajo peligro a comparación de las demás, y se puede incluso pensar que son menos vulnerables a un terremoto, suposición que no es necesariamente cierta.

Entre los resultados obtenidos a partir del mapa, resulta alarmante observar que muchas de las zonas con alto peligro sísmico de Lima son también zonas inundables en caso de incidencia de tsunami, lo cual representa un peligro de mayor consideración.

Ya somos conscientes de la existencia del peligro, ¿es suficiente?

En el caso de un terremoto, no es posible alterar de forma antropogénica su ocurrencia, por lo que la única manera de disminuir el riesgo es mediante la reducción del daño que este pudiera ocasionar. Este último aspecto es lo que se denomina vulnerabilidad y es, en otras palabras, la predisposición o susceptibilidad que tiene una comunidad a ser afectada por algún fenómeno desestabilizador (O. D. Cardona, 2003)

Cuando nos referimos a la vulnerabilidad de una ciudad es muy complicado tener un solo parámetro en consideración. La vulnerabilidad depende de diferentes factores que pueden variar de forma significativa en distintos sectores a lo largo de la zona referida.

En el análisis de riesgo sísmico, evaluar la vulnerabilidad estructural es primordial debido a que el derrumbamiento de las estructuras produce gran cantidad de muertes y deja a la población sin vivienda (Estudio SIRAD 2010). Para evaluar la vulnerabilidad estructural es necesario tomar en cuenta características de la construcción de la estructura, tales como el material predominante, el tipo de diseño, la antigüedad de la edificación, la participación de un ingeniero civil en el diseño o construcción y demás factores que puedan incidir en la vulnerabilidad.

Información: El terremoto de Pisco del 2007 produjo más de 1 millón de metros cúbicos de escombros solo en las ciudades de Pisco e Ica” (Estudio SIRAD 2010)

En la ciudad de Lima, el ladrillo y el concreto son los materiales predominantes en la construcción. La rápida expansión de la ciudad y la falta de un adecuado control han permitido el aumento de viviendas autoconstruidas, muchas de estas se encuentran sobre suelos malos y no recibieron ningún tipo de asesoramiento técnico.

En las viviendas antiguas los materiales predominantes son el adobe y la quincha. En el caso del adobe, este material se caracteriza por su alta rigidez estructural pero poca resistencia. En situaciones de sismo, el adobe puede colapsar súbitamente.

Resultados nada alentadores...

Los resultados de las diferentes evaluaciones de vulnerabilidad no son nada alentadores. Según un importante estudio realizado por PREDES el año 2009, en el escenario de un sismo de magnitud 8.0 Mw con intensidad máxima VII y con epicentro frente a Lima, más de 200 000 viviendas quedarían destruidas y cerca de 350 000 serían inhabitables. Esto indicaría

que cerca del 30% de la población perdería sus viviendas (R. Calderón, PLAM 2035)

Otro estudio que evidencia esta diferencia es el realizado en 23 de los hospitales bandera de la ciudad de Lima (SIRAD 2010). En el análisis de vulnerabilidad estructural se determinó que varios hospitales presentan indicadores muy altos. La metodología de este análisis se basó en dos medidas: la determinación de la frecuencia natural de edificio y la evaluación de la sensibilidad de los edificios a la resonancia del suelo.

Pese a que muchas de estas estructuras se encontraban en zonas con bajo peligro sísmico (mapa 1.0), el análisis de vulnerabilidad estructural muestra que varios de los hospitales están en riesgo debido a su antigüedad y a que fueron construidos sin tomar en cuenta criterios sismorresistentes.

“

Varios de los hospitales están en riesgo debido a su antigüedad y a que fueron construidos sin tomar en cuenta criterios sismorresistentes.

”

En el caso de edificios educativos (colegios públicos de la ciudad de Lima) se han desarrollado avances en la evaluación del riesgo sísmico y la vulnerabilidad de las estructuras. A través del programa CAPRA, en una alianza con el Banco Mundial, se desarrolló un método probabilístico para evaluar el riesgo basado en indicadores asociados directamente a las consecuencias de los sismos en la sociedad. Los resultados muestran 92% de los colegios de Lima y Callao quedarían inoperativos después de un sismo con un periodo de retorno ocasional, afectando así a más de 545 mil alumnos. Las zonas con mayor concentración de daños serían los distritos de Ventanilla, Ancón, Callao, San Juan de Lurigancho, Ate, San Juan de Miraflores y Villa el Salvador. Se estima también que en un periodo de retorno de 500 años y solo en colegios públicos de Lima, la pérdida bordea los 600 millones de soles, cifra que supera en 11 veces el fondo de emergencia del 2013. (S. Santa Cruz, 2014)

Información: El proyecto CAPRA-PUCP es un proyecto de asistencia técnica (TAP) relacionado al proceso de entrenamiento, capacitación y ejercicio en modelación probabilística del riesgo de desastres. Fue realizado por el Ministerio de Economía y Finanzas en coordinación con el Banco Mundial.

Es de esperar que extrapolando este estudio a otros tipos de edificaciones la cifra de pérdida se incremente y sea evidente el alarmante déficit que tiene el país para afrontar una situación de desastre.



Figura 2. Mucha gente ubica sus viviendas en lugares altamente peligrosos.

¿Solo las estructuras se verán afectadas?

Lima presenta diferentes características demográficas y urbanas que cambiaron sustancialmente debido al acelerado crecimiento poblacional de los últimos años. En este ámbito, una serie de servicios básicos funcionan de manera crítica en condiciones habituales.

Hoy en día, la red de agua y desagüe funciona al límite de su capacidad e incluso existen sectores de la ciudad que no son abastecidos de agua potable. Lima depende, casi en su totalidad, de la producción de la planta La Atarjea. Con una producción de 15 m³/s, esta planta constituye más del 70% de agua producida por SEDAPAL. Este hecho evidencia uno de los principales problemas del recurso agua en Lima: la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento en situación de emergencia. Esto se debe a la total dependencia que tiene la ciudad de esta potabilizadora.

“

Hoy en día, la red de agua y desagüe funciona al límite de su capacidad e incluso existen sectores de la ciudad que no son abastecidos de agua potable.

”

Comentarios Finales

Se puede ver que ante la ocurrencia de un sismo de magnitud importante, el colapso de las edificaciones es solo uno de los problemas que tendremos que afrontar. La generación de escombros, el desabastecimiento de energía o la inaccesibilidad por el colapso de vías de transporte son situaciones que empeorarían la catástrofe. Comenzar un cambio en el panorama es una tarea en la que todos podemos contribuir; el gobierno, mediante la instauración de adecuadas políticas de control en la construcción y estrategias que detengan la autoconstrucción; los ingenieros, mediante adecuados diseños sismorresistentes; y los ciudadanos, mediante la difusión de una conciencia de prevención entre la comunidad.



Referencias

- Estudio SIRAD: Recursos De Respuesta Inmediata Y De Recuperación Temprana Ante La Ocurrencia De Un Sismo Y/o Tsunami En Lima Metropolitana Y Callao. Lima: Proyecto INDECI-PNUD-ECHO, 2011. Impreso.
- Heras, Hernán, and Hernando Tavera. "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"." Boletín De La Sociedad Geológica Del Perú 93 (2002): P. 7-16. Impreso.
- Bernal, Isabel, Hernando Tavera, and Yanet Antayhua. "Zonas Sismogénicas En Perú: Volúmenes De Deformación, Gráficos Polares Y Zonificación Preliminar." Boletín De La Sociedad Geológica Del Perú 93 (2002): 31-44. Impreso.
- Pérez-Mallaína, Pablo Emilio. Retrato De Una Ciudad En Crisis. La Sociedad Limeña Ante El Movimiento Sísmico De 1746. Sevilla: Consejo Superior De Investigaciones Científicas, Escuela De Escuela De Estudios Hispanoamericanos, Pontificia Universidad Católica Del Perú E Instituto Riva-Agüero, 2011. Impreso.
- Calderón, Rodrigo. "¿Qué Tan Vulnerables Somos Ante Un Sismo?" Plam Lima Y Callao 2035. Web. 20 Oct. 2014.
- Salgado Ferro, Enrique. Historia De Los Sismos Más Notables En El Perú: 1513-1974. Lima, 1978. Impreso.
- Cardona, Omar. "La Necesidad De Repensar De Manera Holística Los Conceptos De Vulnerabilidad Y Riesgo, "Una Crítica Y Revisión Necesaria Para La Gestión"" (2001). Centro De Estudios Sobre Desastres Y Riesgos CEDERI.
- Diseño De Escenario Sobre El Impacto De Un Sismo De Gran Magnitud En Lima Metropolitana Y Callao. Lima: Centro De Estudios Y Prevención De Desastres - PREDES, 2009. Impreso.
- Tavera, Hernando. "El Proceso De Ruptura Sísmica: Barrera O Aspereza?" Boletín De La Sociedad Geológica Del Perú 83 (1992): P. 69-73. Instituto Geofísico Del Perú.
- Santa Cruz, Sandra. "Locales Escolares Públicos." SISMOS: LECCIONES APRENDIDAS. Capítulo de Estudiantes ACI - PUCP. , Lima. 4 May 2014. Ponencia.