

Introducción al fenómeno de licuación sísmica

La *licuación sísmica*, o simplemente *licuación* es un fenómeno complejo que suele cubrirse en cursos de postgrado como ingeniería sísmica geotécnica. Por lo tanto, esta breve nota busca explicar en forma introductoria el fenómeno de licuación sísmica (también llamada *licuefacción* en algunos países) que suele ocurrir en ciertos tipos de suelos al experimentar sismos moderados a fuertes.

La Figura 1 muestra esquemáticamente una estructura construida sobre un suelo potencialmente licuable. En la figura también se muestran ondas de corte (o S) generadas por el sismo que al propagarse a través del suelo potencialmente licuable inducen un historial de esfuerzos cortantes. Estos esfuerzos τ generados en el terreno debido al paso de las ondas sísmicas (en particular las ondas de corte) generan en el suelo un aumento en las presiones de poros que si crecen suficientemente pueden llevar al suelo a la condición crítica donde el esfuerzo efectivo de confinamiento es igual a cero. Un suelo con esfuerzo efectivo cero hace que el suelo tenga un comportamiento equivalente a un líquido, y de allí el término *licuación*. En la figura de arriba los esfuerzos cortantes generados por el sismo deben ser de suficiente magnitud y duración para inducir niveles de presiones de poros suficientemente grandes para licuar el suelo. Esto ocurre cuando el esfuerzo efectivo de confinamiento se reduce, por lo menos instantáneamente, a cero. Los suelos con potencial a licuación alto incluyen arenas sueltas en estado saturado y limos no plásticos en estado saturados, entre otros. Por lo tanto, dentro del contexto de eventos sísmicos, podemos definir licuación como **un fenómeno donde un suelo pierde substancialmente su resistencia al corte y rigidez debido al incremento rápido de las presiones de poros debido al sismo.**

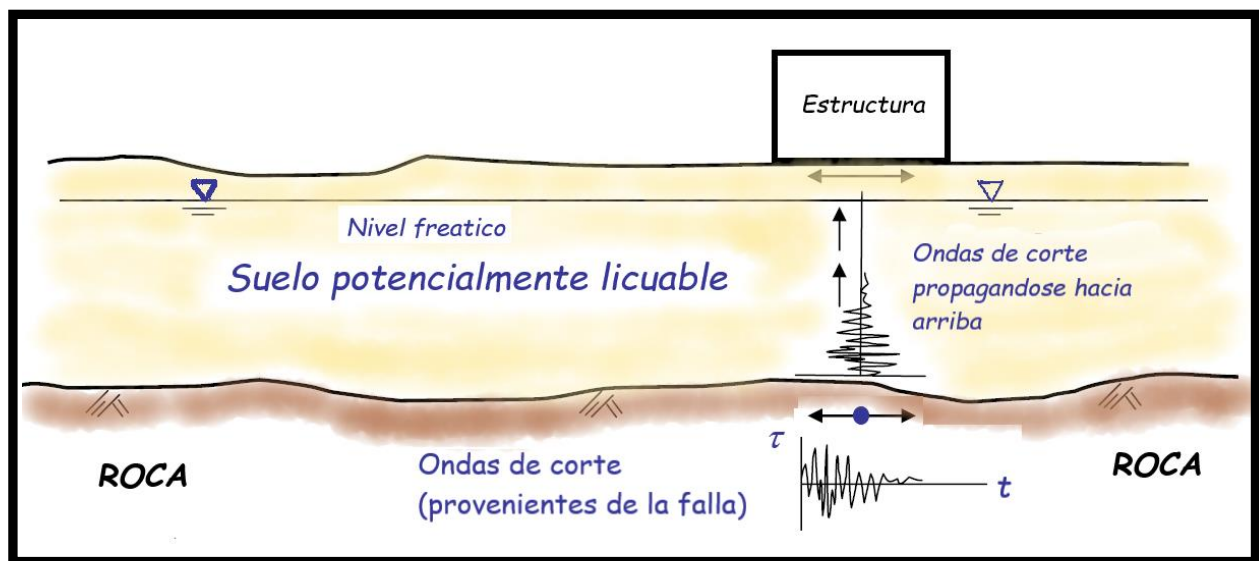


Figura 1 - Esquema mostrando generación del fenómeno de licuación sísmica

El fenómeno de licuación adquirió importancia luego de la gran cantidad de daños ocasionados por los terremotos históricos de Niigata, Japón en 1964 ($M_w = 7.6$) y el de Alaska de 1964 ($M_w = 9.2$). Los daños relacionados a licuación suelen estar asociados a deformaciones excesivas en el terreno que al licuarse pierde resistencia y rigidez. La ocurrencia de licuación sísmica en el campo comúnmente se manifiesta en la forma de volcanes de eyección (o “sand boils”) donde el suelo licuable al estar sujeto a presiones de poros muy altas puede salir a la superficie como se muestra esquemáticamente en la Figura 2.

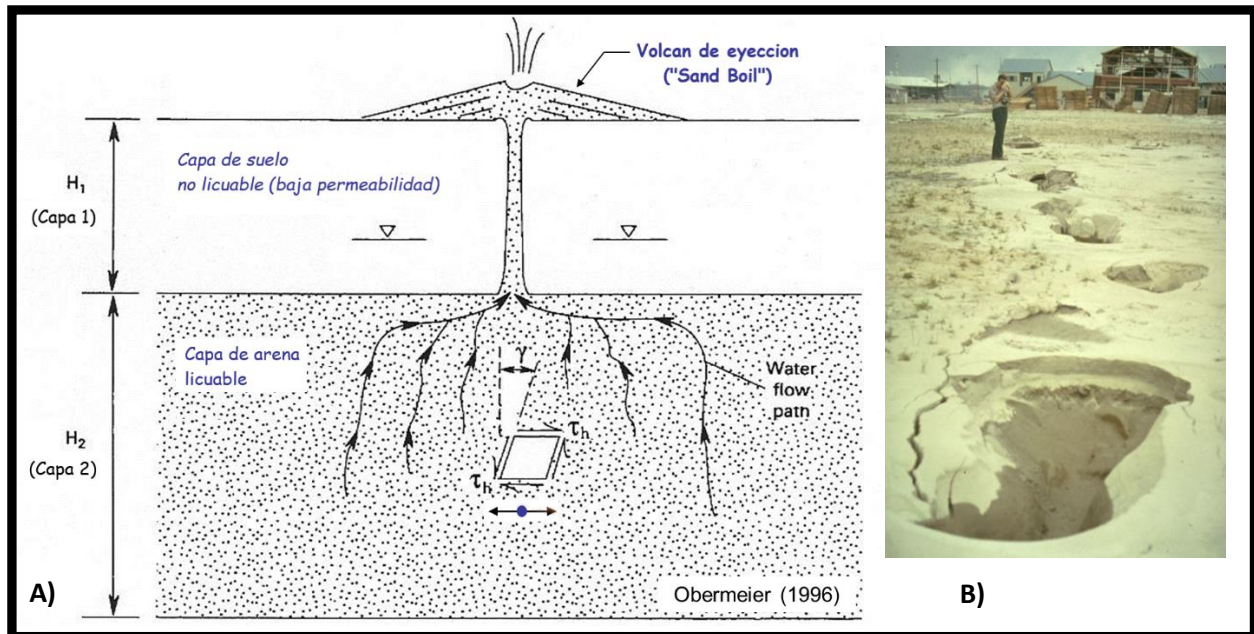
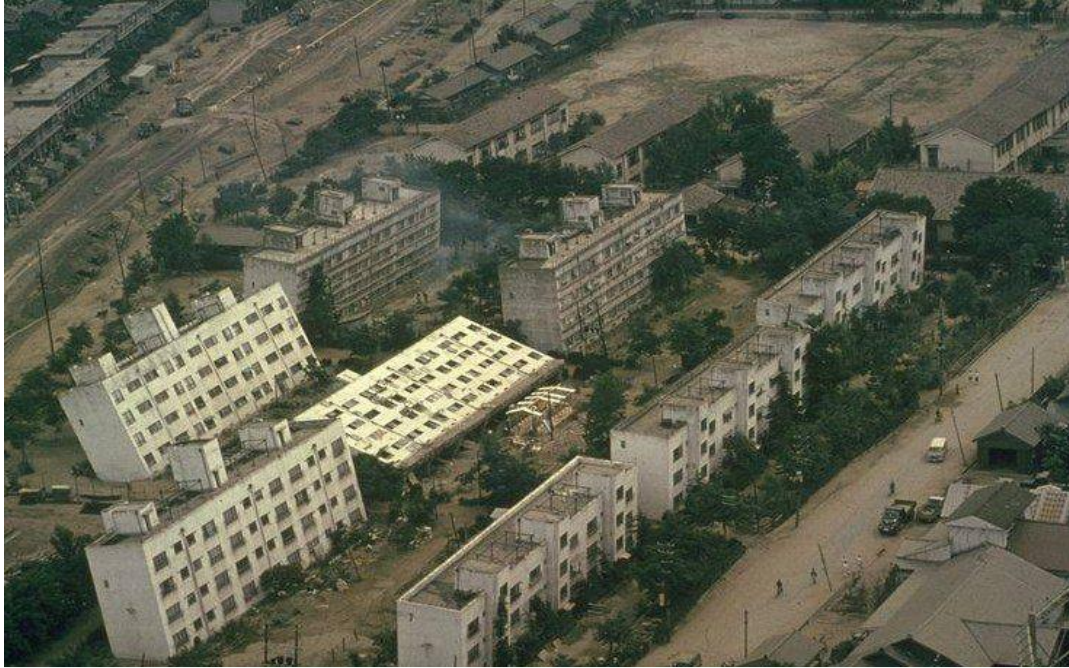


Figura 2 - Generación de un volcán de eyección o “sand boil” debido a licuación sísmica

Los volcanes de eyección (“sand boils”) como los que se muestran en la foto de la Figura 2 se suelen manifestar en lugares con superficie del terreno horizontal y en áreas alejadas de edificios o cargas altas. Las fallas de estructuras e infraestructura relacionadas al fenómeno de licuación sísmica suelen involucrar *fallas por capacidad portante*, como por ejemplo el que se muestra en la foto de la Figura 2A, o por *corrimiento lateral* (“lateral spreading”) (Figura 2B).



A) Falla capacidad portante de edificios debido a licuación de suelo a causa del terremoto ocurrido en Niigata, Japón, en 1964 (Foto de portada de libro de Kramer)



B) Corrimiento lateral (“Lateral spreading”) debido a licuación de suelo a causa del terremoto de Loma Prieta en 1989 (Foto S.D. Ellen, USGS).

Figura 3 – Fotos de tipos de falla asociadas a licuación sísmica

Debido a los sismos fuertes que han ocurrido y a las réplicas siguen ocurriendo en el suroeste de Puerto Rico una misión de reconocimiento de campo de GEER (“Geotechnical Extreme Events Reconnaissance”) (<http://www.geerassociation.org/>) financiado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) está en estos días documentando daños geotécnicos asociados a estos eventos. Esta misión GEER es co-liderada por la Dra. Alesandra Morales (profesora de Ingeniería Civil del RUM) y este servidor. Adicional a los co-líderes, el equipo GEER incluye varios profesores del RUM (e.g., Drs. Stephen Hughes de Geología, Juan Bernal, y Luis Suarez de Ing. Civil). Aunque esta misión GEER aún está en progreso y no se han evaluado en detalle las fotos y datos de campo, se comparte en esta nota (véase la Figura 4) de forma preliminar unas fotos recolectadas por el equipo GEER. Esta figura muestra ejemplos de daños geotécnicos como los discutidos arriba. Por ejemplo, la foto de Figura 4A enseña una falla en el área de La Guancha en Ponce que muestra características similares a corrimiento lateral, y en la Figura 4B se muestra una foto que muestra volcanes de eyección (“sand boils”) encontrados en la comunidad costera de Guayanilla.



Figura 4 -Fotos de Misión GEER en Puerto Rico progreso en enero de 2020

Espero que esta breve nota introductoria haya servido para entender mejor el importante fenómeno de licuación sísmica. Sin embargo, en esta nota no se discutió cómo se evalúa el potencial de licuación utilizando métodos empíricos como el método simplificado de Seed e Idriss. Este tema se podría discutir en una futura nota en esta página de Facebook. Invito a la Dra. Morales a continuar con este tema.

Nota preparada por el Dr. Miguel A. Pando, Drexel University, 17 de enero de 2020.