

MITIGACIÓN DE DEFORMACIONES INDUCIDAS POR LAS GRIETAS DEL SUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

GABRIEL AUVINET Y JESÚS SÁNCHEZ

Desde hace varios decenios, se han observado grietas en el suelo de la Ciudad de México, principalmente en Texcoco y en las alcaldías de Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta. Los elementos continuos ubicados en la superficie del terreno que están en contacto con las grietas, como el pavimento,

las edificaciones y la infraestructura hidráulica, presentan diversos tipos de daño.

Las grietas más destructivas presentan un escalón y son causadas por los asentamientos diferenciales asociados al hundimiento regional (Auvinet *et. al.*, 2017). El fenómeno de agrietamiento se agravó a raíz de los sismos de septiembre de 2017 y se han presentado algunos escalones que alcanzan hasta 1 m de altura. Para mitigar los daños, el Instituto de Ingeniería de la UNAM propuso sustituir superficialmente el terreno natural por material granular que no transmita tensiones (arena o grava sin finos). La solución (Auvinet *et. al.*, 2019) consiste en construir sobre la grieta un dentellón de arena llamado “Caja disipadora de deformaciones unitarias” (Fig. 1).

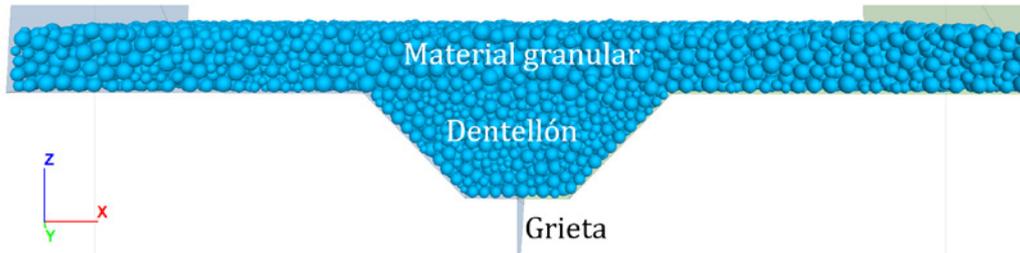


Figura 1. Modelo 3D de la Caja disipadora de deformaciones unitarias

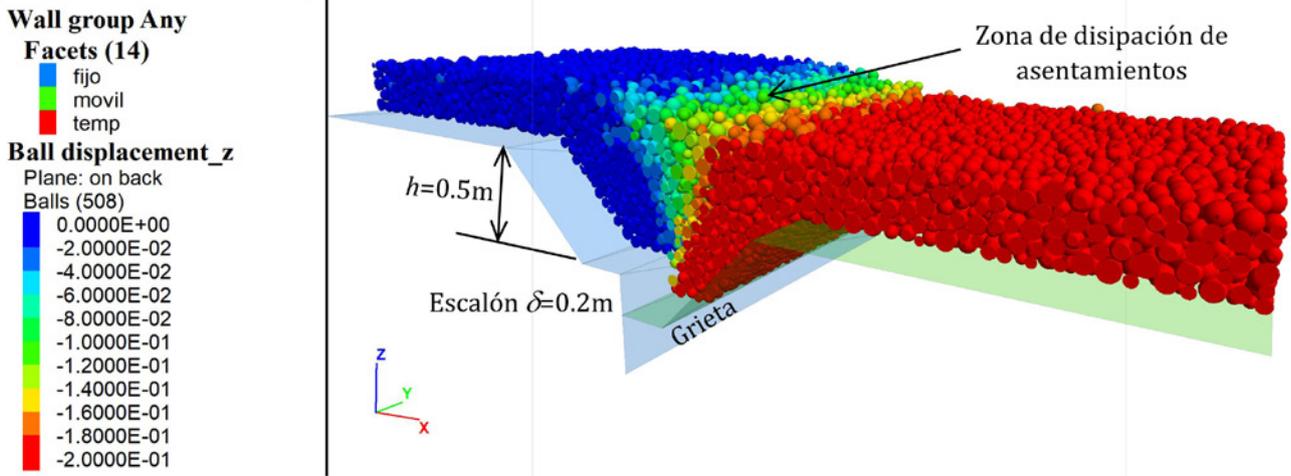


Figura 2. Desplazamientos verticales en una caja disipadora de profundidad $h=0.5$ m

El diseño de la caja disipadora se realiza con la ayuda de simulaciones numéricas. Se recurre al Método de Elementos Discretos (DEM) que representa la interacción mecánica entre un conjunto de partículas individuales (Cundall y Strack, 1979). El programa PFC (Itasca, 2016) permite reproducir los fenómenos físicos que ocurren en la caja disipadora.

Las simulaciones muestran que cuando se desarrolla un escalón en la grieta, se presentan desplazamientos relativos entre los granos de arena en una región cercana a la grieta. En la superficie del pavimento de una vialidad se genera una superficie inclinada, cuya pendiente depende principalmente de la profundidad h del dentellón (Fig. 2).

El concepto de caja disipadora puede también aplicarse a la mitigación de daños en la infraestructura hidráulica. La Fig. 3 presenta la simulación de los efectos de una grieta con escalón sobre un tubo de drenaje de 2.44 m de diámetro protegido con material granular. Se observa que el material no cohesivo distribuye los asentamientos a lo largo del tubo y que se mantiene el contacto tubo-terreno.

Las edificaciones pueden también protegerse en cierta medida insertando una caja disipadora en la cimentación. Los modelos DEM reproducen cualitativamente los mecanismos de fracturamiento de las viviendas de mampostería y ponen en evidencia el mejor comportamiento de estas

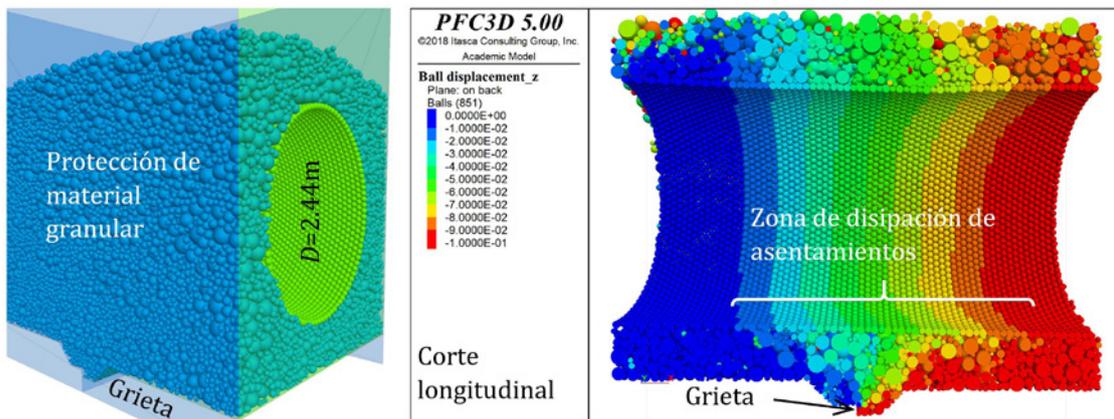


Fig. 3. Modelo DEM para analizar los efectos de las grietas sobre un tubo de drenaje protegido con material granular

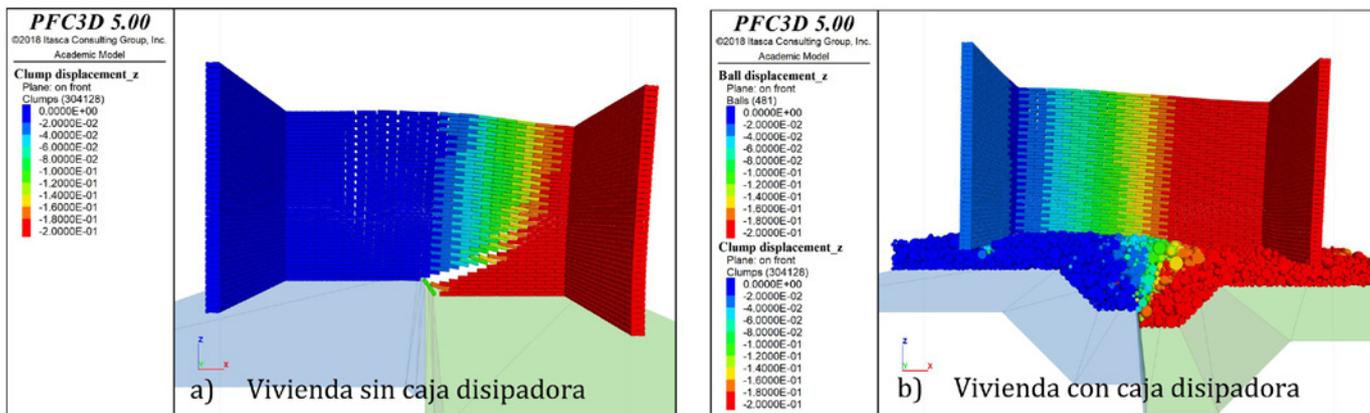


Fig. 4. Modelos DEM de viviendas de mampostería

edificaciones en presencia de la caja disipadora (Fig. 4). En este caso se recurre a un algoritmo especial para simular los ladrillos (Taghavi, 2011) en PFC.

El desarrollo de estos modelos ha sido de gran utilidad para emitir recomendaciones prácticas para el Comité de Grietas de la Comisión para la Reconstrucción de la Ciudad de México. Al mismo tiempo, ha permitido avanzar en el dominio del enfoque de medios discontinuos aplicado a la ingeniería geotécnica que se encuentra actualmente en pleno auge.

Referencias

Auvinet, G.; Méndez, E. y Juárez, M. (2017). "El subsuelo de la ciudad de México" (The Subsoil of Mexico City), Vol III, Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad de México.

Auvinet, G.; Sánchez J. y Pineda A. (2019). Mitigación de daños ocasionados por grietas en el suelo. Artículo sometido a: Ingeniería, Investigación y Tecnología. México.

Cundall P. y Strack O. (1979). A discrete numerical model for granular assemblies. Géotechnique, 29, Núm. 1, pp. 47-65.

Itasca Consulting Group Inc. (2016). Particle Flow Code. Minneapolis, USA.

Taghavi R. (2011). Automatic clump generation based on mid-Surface, 2nd FLAC/DEM Symposium. Melbourne, Australia.

