

Misterios de la arena

Un nuevo modelo de movimiento de granos puede perfeccionar métodos de fabricación de materiales

Jugar con arena es algo que generalmente hacen los niños en la playa. Aunque los físicos, que conservan la misma curiosidad por el mundo que los niños y se desvelan por descubrir sus secretos, también pueden divertirse con un puñado de arena. Y descubrir interesantes fenómenos. Un ejemplo de ello es el trabajo recientemente publicado por un investigador brasileño, realizado junto a dos alemanes. El trío detectó un comportamiento de los granos de arena que todavía no había sido descrito y solamente se observa cuando los mismos son sacudidos horizontalmente: la expansión y el colapso repetidos del conjunto de granos.

La arena, del mismo modo que otros materiales granulares, ejerce un poder casi hipnótico sobre la gente. Formados por granos en estado sólido, esos materiales se comportan a veces como un sólido y otras como un líquido, sin que los granos sufran ningún cambio de estado físico. Resulta difícil no quedar perplejo al tomar un puñado de arena y observar cómo se escurre entre los dedos, como si fuera agua, o también, al sentir que se comporta como un sólido al caminar sobre ella. “La explicación de este comportamiento es un problema que ya lleva 200 años”, dice Jason Gallas, físico de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul y de la Universidad Federal de Paraíba, quien participó en el estudio. “Michael Faraday, más conocido por sus trabajos sobre electromagnetismo, también realizó experiencias con materiales granulares”. En sus ensayos, el físico inglés se preguntó: ¿cómo definir cuándo los materiales granulados se comportan como sólidos y cuándo actúan como fluidos, al escurrir en un reloj de arena, por ejemplo?



Gallas y sus colegas Thorsten Pöschel y Dirk Rosenkranz, de la Universidad Friedrich-Alexander, en Erlangen, Alemania, no trabajaron específicamente en el problema que atormentó a Faraday. Pero descubrieron algo que, en un futuro, puede generar aplicaciones para la ingeniería de materiales sofisticados. Mediante un experimento bastante sencillo, colocaron material granulado –granos de cuarzo, de óxido de aluminio y de óxido de hierro– en una bandeja de acrílico que fue agitada en diferentes frecuencias y amplitudes bajo el control de una computadora. Y observaron lo que ocurría.

Sacudidos horizontalmente, entre 22 y 29 veces por segundo, los granos se desplazaban, sumergiéndose junto a las paredes del recipiente y emergiendo en la región central. A medida que los granos se movían, el conjunto se expandía lentamente, ocupando un volumen mayor en la zona central de la bandeja, para a continuación sufrir un colapso abrupto y retornar al volumen original.

Lo complejo fue interpretar lo que había ocurrido. Como el flujo de granos es constante, el volumen también debería serlo, ya que la cantidad de arena que se hunde en los bordes es la misma que sube en el área central.

Casi vacío

La primera explicación que surge es que, a medida que los granos se desplazan, el aire se acumula debajo de ellos y provoca la expansión. Pero los investigadores corroboraron que no necesariamente se trata de eso. Ellos repitieron los experimentos en un ambiente con baja presión (casi vacío) y obtuvieron idéntico resultado. “Si el aire aportara a tal efecto, su contribución sería ínfima”, dice Gallas.

El grupo tiene una hipótesis para explicar lo que sucede, que se relaciona con un fenómeno denominado

dilatación de Reynolds. Descrito por Osborne Reynolds en 1885, este fenómeno ayuda a explicar la tendencia de los materiales granulares a expandir su volumen como consecuencia del reordenamiento de los granos. “A grandes rasgos, podemos pensar en términos de los antiguos puentes de piedra construidos sobre los ríos”, ejemplifica Gallas.

Del mismo modo que esas construcciones tenían como base pilares unidos por arcos de piedra, se imagina que el movimiento de los granos genera una reestructuración tridimensional del material, que origina algo similar a los arcos abriendo espacios vacíos entre las partículas. No obstante, mediante la acumulación de más y más granos, la estructura colapsa y se compacta.

Una forma de probar la hipótesis sería realizar simulaciones computadas demostrando *in silico* los efectos observados. Sin embargo, aunque Thorsten y Gallas son expertos en simulaciones, no existe la perspectiva de realizarlas de inmediato. Pese a ser un experimento sencillo, la realización de simulaciones virtuales en tres dimensiones sería bastante complicada porque involucra un elevado número de partículas.

“Este artículo es uno de los más relevantes entre nuestras investigaciones recientes”, comenta Pöschel, quien lidera un numeroso grupo de estudios de materiales granulares en Alemania. En realidad, pasaron más de 15 años desde la primera observación del efecto hasta su publicación. Uno de los motivos fue que el investigador del grupo de Pöschel que comenzó con el experimento consiguió otro empleo y abandonó al equipo. “Recién ahora lo reanudamos”, dice Gallas, quien pasó nueve meses en Erlangen trabajando en el problema.

Gallas enfatiza que el interés del grupo es la ciencia básica: ayudar en la comprensión de los complejos fenómenos que ocurren con los materiales granulares. Pero subraya que esas investigaciones podrían generar aplicaciones en un futuro. La ingeniería de materiales se vería muy beneficiada, en especial, en áreas tales como la fabricación de cerámicas ultraduras, que involucra la compactación y el procesamiento de granos. Comprender cómo se comportan los gránulos de la materia prima puede ayudar a compactar mejor el material, obteniendo un producto de mayor calidad.

Lo mismo vale para la industria de los CDs y DVDs. Los discos se fabrican a partir de material plástico granulado. No obstante, el proceso de manufactura es imperfecto. “En el proceso industrial de fabricación de esos objetos resulta común que haya pérdidas de hasta un 30%. Es demasiado”, dice Gallas, destacando que el camino con miras a mejorar esos índices consiste en comprender las sutilezas que atañen a los fenómenos involucrados.

Él y sus colegas están entusiasmados con el nuevo efecto, tan evidente y aún así desconocido, en el movimiento de los granos. Pero reconocen que se hallan lejos de comprenderlo completamente. Eso por no mencionar otros fenómenos que podrían descubrirse, a medida que se realicen nuevos estudios. “Tan sólo es el comienzo”, dice el brasileño.

Artículo científico

PÖSCHEL, T. *et al.* [Recurrent inflation and collapse in horizontally shaken granular materials. Physical Review E. 2012.](#)