

Hexbugs: experimentos de comportamiento colectivo con partículas autopropulsadas baratas

I. Zuriguel¹, G. A. Patterson^{2,3}, D. Parisi^{2,3}, L. A. Pugnali² y A. Garcimartín¹

¹Dpto. de Física y Mat. Apl., Fac. de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona, España

²Instituto Tecnológico de Buenos Aires, CONICET, Lavardén 315, 1437 C. A. de Buenos Aires, Argentina

³Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

El uso de partículas autopropulsadas artificiales como ejemplo simple y controlable de materia activa está adquiriendo gran relevancia en los últimos años [1]. Aunque por su importancia biológica la mayoría de los estudios se han centrado en partículas autopropulsadas microscópicas inmersas en un fluido, también es cierto que en esta escala se disparan tanto las dificultades experimentales como la complejidad de los problemas. Así pues, la utilización de materia activa compuesta por partículas macroscópicas que interactúan simplemente por contactos físicos, emerge como una solución interesante a la hora de reducir el número de variables implicadas en los distintos problemas.

En relación al modo en que las partículas macroscópicas se pueden propulsar, podemos diferenciar entre dos tipos de situaciones dependiendo de si la excitación es externa o interna. En el primer caso por ejemplo, partículas anisótropas sobre una base vibrada verticalmente pueden desplazarse [2] o rotar [3, 4] dependiendo de su diseño, el cual puede ser fácilmente modificado gracias al desarrollo de la impresión 3D. Para el caso de la excitación interna, sin embargo, diseñar partículas apropiadas es más costoso si se quieren obtener en gran número. Es en este punto donde puede resultar enormemente útil la utilización de *Hexbugs*, partículas autopropulsadas que fueron ideadas como un juguete [fig. 1 (a)].

En este póster presentaremos un estudio del comportamiento de *Hexbugs* al pasar por un estrechamiento [5] y lo relacionaremos con el caso de descarga de silos vibrados y evacuación de personas por puertas angostas. En concreto, se mostrará que el flujo es intermitente con una estadística, tanto en el caso de los tiempos de flujo como en el de los de atasco, idéntica a los ejemplos anteriormente mencionados. Además, la naturaleza de las partículas utilizadas posibilita mantener su número constante en el interior del recinto, facilitando la exploración de este parámetro que resulta clave en el tipo de dinámica que se desarrolla.

D. Maza, Vibrot, a simple device for the conversion of vibration into rotation mediated by friction: Preliminary evaluation, PLoS ONE **8**, e67838 (2013).

[4] C. Scholz and T. Pöschel, Velocity distribution of a homogeneously driven two-dimensional granular gas, Phys. Rev. Lett. **118**, 198003 (2017).

[5] G. A. Patterson, P. I. Fierens, F. S. Jimka, P. G. König, A. Garcimartín, I. Zuriguel, L. A. Pugnali, and D. R. Parisi, Clogging transition of vibration-driven vehicles passing through constrictions, Phys. Rev. Lett. **119**, 248301 (2017).

[6] A. Deblais, T. Barois, T. Guerin, P.-H. Delville, R. Vaudaine, J.-S. Lintuvuori, J.-F. Boudet, J.-C. Baret, and H. Kellay, Boundaries control collective dynamics of inertial self-propelled robots, Phys. Rev. Lett. **120**, 188002 (2018).

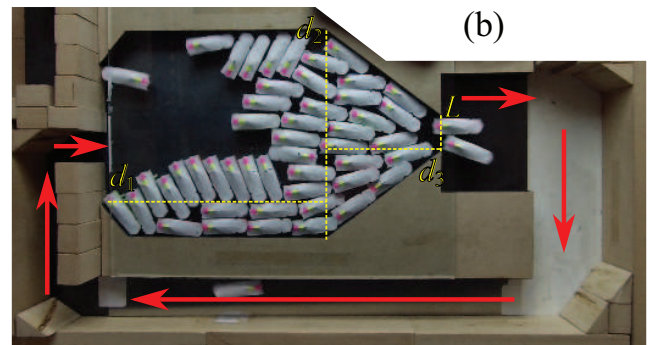
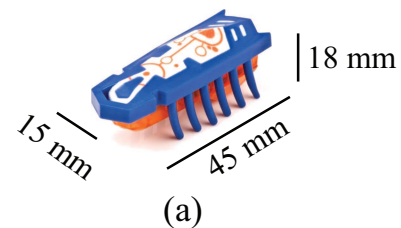


Fig. 1. (a) Fotografía de un *Hexbug* con sus dimensiones. (b) Fotografía de la celda por la que se hacen circular estas partículas autopropulsadas para estudiar la formación de atascos. Las paredes condicionan enormemente el movimiento de los *Hexbugs* [6], así que, jugando con la geometría del circuito se puede conseguir que la circulación se dé en la dirección que indican las líneas rojas.

[1] C. Bechinger, R. di Leonardo, H. Löwen, C. Reichhardt, G. Volpe, and G. Volpe, Active particles in complex and crowded environments, Rev. Mod. Phys. **88**, 045006 (2016).

[2] J. Deseigne, O. Dauchot, and H. Chaté, Collective motion of vibrated polar disks, Phys. Rev. Lett. **105**, 098001 (2010).

[3] E. Altshuler, J. M. Pastor, A. Garcimartín, I. Zuriguel, and