

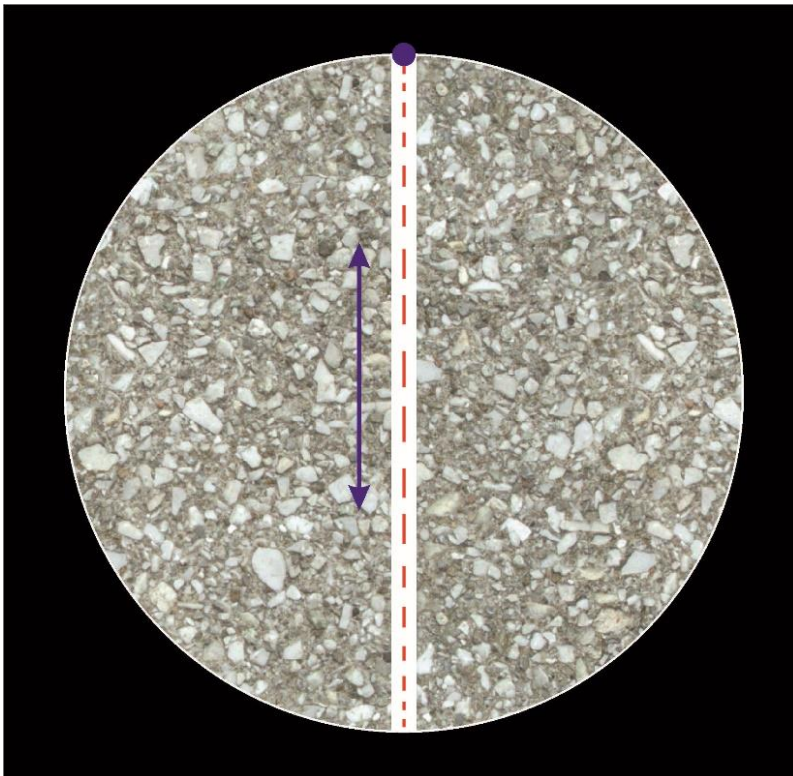
VIAJE A LAS ANTÍPODAS EN ASCENSOR

Divertimentos sobre la gravedad

Antonio Bernal González

Publicado en la revista Astronomía, Madrid, abril de 2022

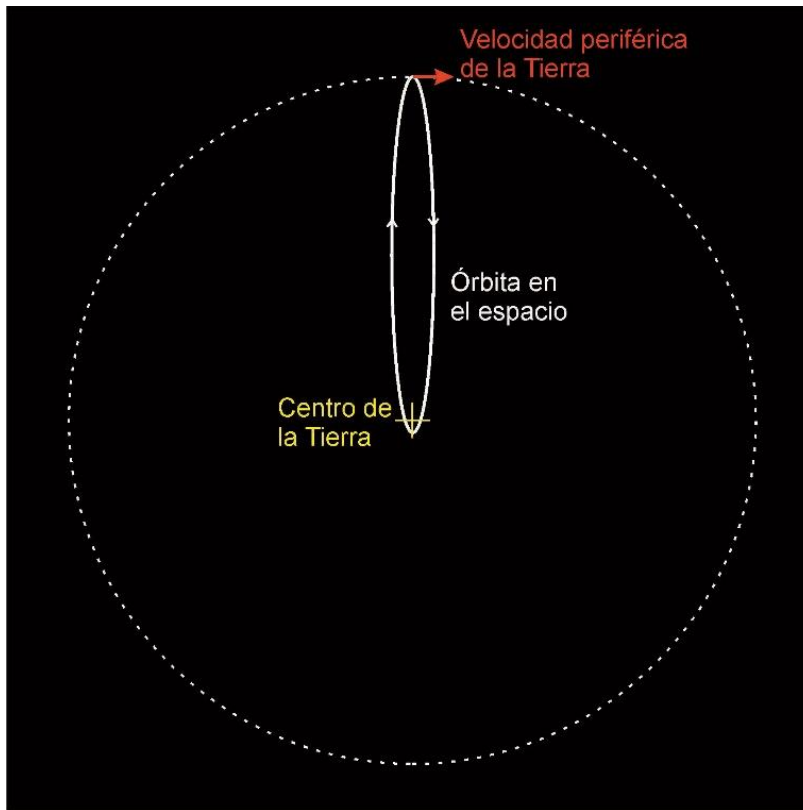
Estando todavía en la escuela primaria me solía distraer pensando en dejar caer una piedra en un agujero vertical cavado en el suelo, tan profundo, que llegaba hasta el otro lado del mundo. En mi fantasía, el proyectil llegaba a las antípodas, se devolvía por el mismo agujero hasta el punto de partida para luego repetir el ciclo indefinidamente. Nunca me detuve a pensar, porque no lo sabía, que en el interior de la Tierra hay un líquido ardiente, o que la resistencia del aire impide que las oscilaciones sean eternas. La piedra iba aumentando su velocidad hasta llegar al atractor central en el que se concentra la gravedad terrestre y luego disminuía al alejarse hasta llegar a las antípodas donde cambiaba el sentido de su marcha. Era como una pelota que bota y rebota sin perder altura en cada salto (ver figura 1). Incluso llegué a imaginar una cabina de ascensor en lugar de la piedra y una manera de embarcar y desembarcar por medio de un ascensor real, como los de los edificios, que se pone al lado de la cabina proyectil en el último tramo de llegada a la superficie, cuando ya la velocidad es muy baja. Ahora, después de décadas de mi invento fantástico, quise ponerle números y obtuve como resultado una gran desilusión.



Mi fantasía infantil era la de un proyectil que se deja caer en un pozo que atraviesa la Tierra y oscila indefinidamente.

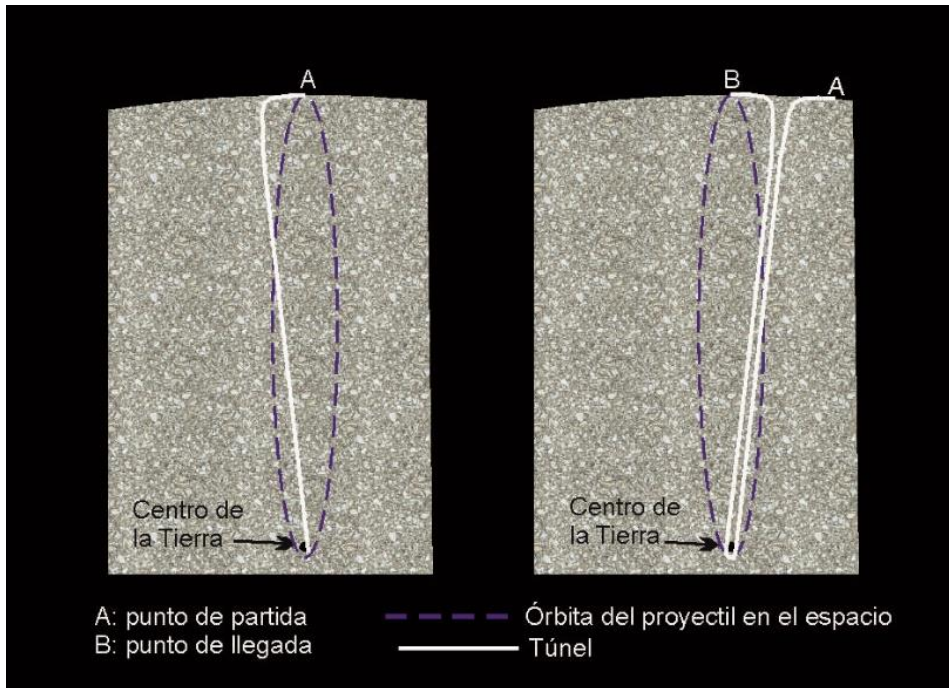
Para mis cálculos mantuve las premisas originales: la Tierra es sólida y uniforme en todo su volumen, no hay resistencia del aire y la gravedad del planeta se concentra en un punto en el centro de la Tierra. Esta última suposición no funciona en la realidad porque el material que va dejando atrás tira de él en sentido contrario. Además, para simplificar los cálculos, la boca del túnel la situé sobre la línea del ecuador terrestre. Acepté, eso sí, que la Tierra gira –condición

que no tenía mi idea original—, por lo cual el proyectil parte con una velocidad horizontal igual a la velocidad periférica de la Tierra, que le impide seguir una trayectoria en línea recta. Es como si la Tierra no existiera, sino sólo el atractor central inmaterial y el proyectil con su velocidad inicial horizontal. Bajo esas condiciones, el proyectil orbita alrededor del punto central siguiendo una trayectoria kepleriana. Si la velocidad horizontal inicial fuera unos 28000 km/h, la órbita sería circular, pero, puesto que la velocidad periférica de la Tierra es de sólo 1600 km/h (en el ecuador), la órbita será una elipse muy alargada, como se ve en la figura 2. Mi decepción está en que el proyectil no llega a las antípodas, sino que se devuelve desde el centro para buscar el punto de partida original.



Si la Tierra desapareciera y sólo quedara su gravedad en el centro y su velocidad periférica, el proyectil trazaría una órbita elíptica.

La elipse tendrá un apogeo (punto más alejado del centro de la Tierra) en la superficie terrestre, justo en el sitio del espacio en el que se deja caer la piedra y un perigeo a sólo 11 kilómetros del centro. El tiempo total que tarda la piedra en recorrer su órbita hasta regresar al punto de partida en el espacio es poco menos de 30 minutos y al pasar cerca del centro de la Tierra la velocidad habrá superado los 32000 km/h. El problema grave, sin embargo, no es la velocidad. Un minuto después del lanzamiento la piedra estará experimentando 50 *g* (50 veces la gravedad en la superficie) y 15 minutos después habrá subido a más de 300 mil *g*. El cuerpo humano no puede soportar más de 42 *g* de manera sostenida. Mi cabina ascensor con todos sus pasajeros, se desintegrarían en mil pedazos. Quien quiera adentrarse un poco en los cálculos de la órbita puede estudiarlos en www.puntovernal.es/escritos/ En el apartado Astronomía encontrará Órbita de un proyectil.



Si quisiéramos cavar el túnel de mi fantasía infantil para lanzar en él una piedra que salga por la boca opuesta sin tocar paredes, tendría que tener forma de pie de copa invertida. En ausencia de la Tierra, el proyectil describe la elipse de color morado. Pero, puesto que la Tierra gira, cuando el proyectil regresa al punto de partida, el punto de arranque habrá girado hasta A

Ahora viene la pregunta: ¿Suponiendo que el proyectil soportara esa tremenda aceleración, qué forma debería tener el túnel para que bajara hasta el centro y subiera de nuevo sin tocar las paredes? En los 30 minutos que la piedra tarda en trazar su elipse en el espacio, la Tierra habrá girado 7,5 grados, de tal manera que el proyectil vendría a aparecer hacia el oeste del punto de partida. La forma del túnel no será elíptica, sino que seguirá la curva con forma de pie de copa mostrada en la figura 3. El punto de salida estará 837 km al oeste de la boca del agujero. A escala planetaria es tan poco, que, si hiciéramos la boca de entrada en la costa Este de la isla de Borneo, la boca de salida estaría justo en la costa Oeste de la misma isla.

¡Cuántas fantasías se les hicieron realidad a los grandes inventores! La mía, por el contrario, naufragó en las condiciones extremas del centro del planeta.