

## El artilugio de mi abuelo

Una mezcla de incredulidad y de asombro se apoderó de mí en aquel instante. Cuanto más se esforzaba mi mente infantil en develar aquel misterio, más imposible me parecía lo que estaba observando: dos tenedores ensartados en un corcho se mantenían en perfecto equilibrio sobre la punta de un alfiler. Más increíble aún; por más que mi abuelo desplazaba aquel artilugio hacia un lado o hacia otro, el conjunto se mantenía en equilibrio, oscilando desafiante sobre la punta del alfiler. Mi dulce abuelo, que sólo intentaba entregarme un poco de diversión, seguramente no contaba con el agobiante interrogatorio al que luego sería sometido. ¿Qué fuerza misteriosa mantenía en equilibrio aquel artilugio? ¿Por qué oscilaba? ¿Contradecía aquello las leyes físicas conocidas? Muy a mi pesar, pronto descubrí que los conocimientos científicos de mi abuelo eran insuficientes. Debieron transcurrir más de dos décadas para que mis preguntas fueran debidamente respondidas. La explicación se me hizo evidente poco después de concluir mis estudios de física, mientras recordaba aquella asombrosa experiencia infantil.



*Figura 1. El artilugio de mi abuelo. Dos tenedores ensartados en un corcho atravesado por un alfiler.*

Si tienes a mano un corcho, un alfiler y dos tenedores, entonces te sugiero que antes de continuar con la lectura, construyas el artilugio que aparece en la figura 1. Al impulsarlo de un lado o de otro, descubrirás que el artilugio oscila, manteniendo un perfecto equilibrio en la punta del alfiler. A menos que se tenga una sólida formación en física, observar aquel vaivén puede resultar una experiencia desconcertante. Para explicar este curioso fenómeno, debemos introducir una noción que, pese a formar parte de la jerga popular, pocas veces es usada en forma correcta. Me refiero a la noción de *centro de gravedad* (*c.g.*). Como su nombre sugiere, el *c.g.* de un objeto es el punto de aquel donde se ejerce la fuerza de gravedad. En otras palabras, el *c.g.* actúa como si toda la masa del cuerpo estuviera concentrada en ese punto. Para expresarlo en términos prácticos, si un objeto cualquiera fuese suspendido desde su *c.g.*, entonces dicho objeto permanecería en equilibrio, sin desplazarse ni rotar. Del mismo modo, si un objeto es colocado sobre un punto de apoyo ubicado directamente bajo su *c.g.*, entonces el objeto permanece en equilibrio. Como ejemplo, una varilla larga, de masa uniforme, se equilibra en su centro geométrico, que coincide con su *c.g.* En general, si un cuerpo posee un eje de simetría, su *c.g.* coincide con dicho eje; si existe un punto de simetría, entonces coincide con dicho punto. Por lo tanto, el *c.g.* de una esfera se encontrará en su centro

geométrico; el de un triángulo estará ubicado donde se interceptan sus bisectrices; el de un cuadrado, donde se interceptan sus diagonales, etc. Un hecho muy interesante, y que para nuestros propósitos reviste gran importancia, es que el *c.g.* no siempre se encuentra en el interior del cuerpo. Así por ejemplo, si tienes un anillo, el *c.g.* estará situado justo en su centro, donde no existe masa.

Ahora debemos preguntarnos ¿dónde se encuentra el *c.g.* de nuestro artilugio? Si observas atentamente cualquiera de las figuras, notarás que existe simetría respecto a un eje (una recta) que coincide con el alfiler, de modo que el *c.g.* se ubica sobre dicho eje. Sin embargo, y en esto radica el punto central de la explicación, el *c.g.* se encuentra por debajo de la punta del alfiler (véase la figura 2). Si llamamos  $M$  a la masa del artilugio, resulta que éste se comporta como un objeto de masa  $M$  que cuelga por debajo del punto de apoyo del alfiler. Para decirlo sin rodeos, el artilugio actúa como si fuese un péndulo. Esto explica su estabilidad y las oscilaciones que lo caracterizan. Puedes ver, por tanto, que la sensación de que el artilugio desafía las reglas del equilibrio se debe a que su *c.g.* se encuentra fuera de él.

Existe, además, otro hecho del mayor interés respecto a nuestro artilugio, y que suele pasarse por alto en un primer momento: cuando oscila de costado, el periodo del vaivén resulta considerablemente menor que cuando oscila de frente (véase la figura 2). Dicho en otros términos, la frecuencia de las oscilaciones de costado resulta bastante mayor que de frente. Para aquellos no familiarizados con la noción de *periodo*, basta señalar que corresponde al tiempo que le toma al artilugio en completar un vaivén, es decir, es el tiempo empleado desde que observamos al artilugio en una determinada posición, hasta que regresa a esa misma posición luego de oscilar. La frecuencia, en cambio, corresponde al número de oscilaciones completadas en un intervalo fijo de tiempo.

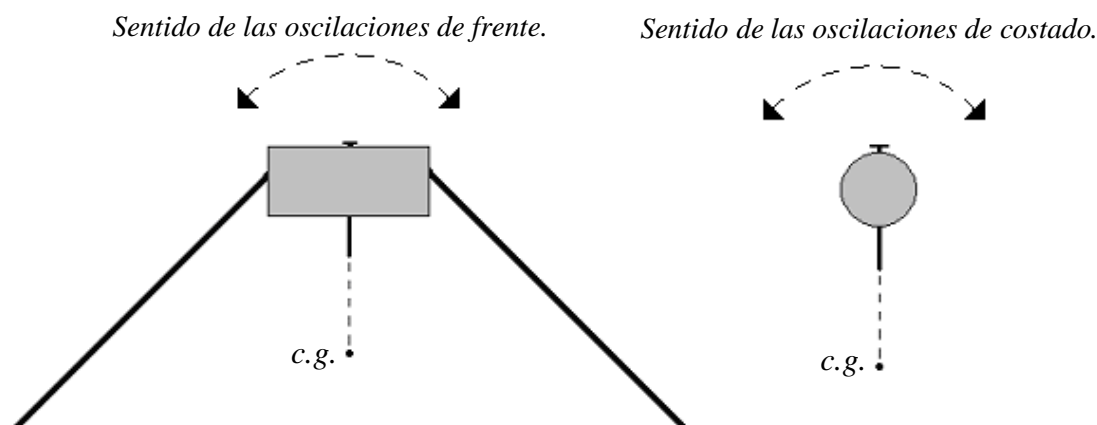


Figura 2. El centro de gravedad (*c.g.*) del artilugio. Para mayor claridad, en el primer dibujo la inclinación de los tenedores se ha exagerado, y en el segundo, no aparecen los tenedores. Las líneas interrumpidas en la parte superior indican el sentido de las oscilaciones en los dos casos de interés, primero de frente, y luego de costado.

Ahora bien, existe una magnitud física llamada *momento de inercia* (*m.i.*) que es la responsable de esta diferencia en el periodo de las oscilaciones del artilugio. La idea central que debes retener es que el *m.i.* es a las rotaciones, como la *masa* es a los desplazamientos. Es decir, mientras la masa es una medida de la resistencia que un cuerpo opone a ser acelerado, el *m.i.* es una medida de la resistencia que un cuerpo opone a ser rotado. Mientras mayor es el *m.i.* de un cuerpo, más dificultad se encuentra al intentar rotarlo. El *m.i.* depende de la distribución de la masa en torno al eje de giro. Cuanto mayor es la cantidad de masa que se encuentra localizada a una distancia apreciable del eje de rotación, mayor resulta el *m.i.* del cuerpo. Esto significa que, a diferencia de la masa, su magnitud no es constante. Su valor

depende del eje en torno al cual se efectúa la rotación. Por ejemplo, si tomas un lápiz de mina, de esos que tienen goma de borrar incorporada, y lo giras con la punta de tus dedos índice y pulgar respecto a un eje que lo atraviese desde su punta hasta el lugar donde va la goma de borrar, encontraras muy poca dificultad en rotarlo. Sin embargo, si lo tomas desde su centro, manteniendo tus dedos índice y pulgar perpendiculares al lápiz, notarás mayor dificultad al girarlo. En este último caso, a diferencia del primero, existe mayor cantidad de masa distribuida a una distancia considerable del eje de rotación. Si en lugar de un lápiz utilizas una barra larga y pesada, los efectos descritos se hacen mucho más evidentes.

Imagina ahora que el artilugio realiza una rotación completa de frente ( $360^\circ$ ) en torno al punto de apoyo del alfiler. Con ello puedes definir un eje de rotación desde el frente, el cual, naturalmente, pasará por el punto de apoyo del alfiler y será paralelo al suelo. De igual forma, usando este mismo punto de apoyo, imagina ahora que el artilugio efectúa una rotación completa de costado. De este modo puedes definir un eje de rotación de costado, que será paralelo al suelo y perpendicular al anterior. Ahora bien, si has seguido las explicaciones con atención, podrás notar que el *m.i.* respecto a un eje de frente, es mayor que respecto a un eje de costado. Se concluye, por lo tanto, que el artilugio ha de encontrar mayor dificultad para oscilar de frente que de costado, de modo que en este último caso el periodo de las oscilaciones ha de ser necesariamente menor. No deja de sorprenderme que un objeto tan modesto como el artilugio de mi abuelo, pueda contener tanta física interesante.

Antes de concluir este artículo, una pequeña reflexión: por fortuna, mi dulce abuelo tuvo la sabiduría de abandonar este mundo muchos años antes de que su nieto estuviera en condiciones de atormentarle con la explicación que ustedes acaban de leer.

*Jorge Pinochet I.*

*Licenciado en física, Universidad Católica de Chile.*