

# AFINANDO EL TIC-TAC TECNOLÓGICO DE LA SOCIEDAD

REPORTAJE



Maidier EIZMENDI



Si apenas somos capaces de percibir un segundo sin que éste se escape hacia el pasado, imagínese pensar en su millo-nésima o en su billonésima parte. Pues muchas de las nuevas tecnologías –el GPS por ejemplo– se basan en esas minúsculas fracciones de tiempo y son posibles gracias al reloj atómico. A pesar de los avances realizados en este área, numerosos investigadores siguen trabajando con el afán de medir y fraccionar el tiempo con mayor precisión aún.

**T**ic-tac, tic-tac... La obsesión por dividir el tiempo viene de antaño. Esa búsqueda dio lugar a los relojes. Fueron los de sol los primeros que se emplearon; posteriormente vinieron las clepsidras o relojes de agua, los de arena, los de péndulo... Hoy son los relojes atómicos los que miden el tiempo con mayor exactitud.

«En lo fundamental, un reloj atómico funciona como cualquier otro. Un reloj es un dispositivo que oscila periódicamente con gran precisión, constancia y estabilidad. La particularidad de los relojes atómicos es que la oscilación que utilizan es muy rápida y extremadamente estable, más estable que ninguna otra cosa conocida. Lo que oscila también difiere: en el péndulo lo hace una masa; en un reloj de cuarzo, un cristal de esa materia; en los relojes atómicos oscila un campo eléctrico». Así lo define el físico y catedrático de la EHU-UPV Gonzalo Muga. «El átomo –prosigue– puede pasar de un nivel energético a otro con ayuda de un campo eléctrico, pero sólo si el campo oscila con la frecuencia adecuada, ajustada a la transición; esa oscilación es la que se utiliza como el tic-tac del reloj».

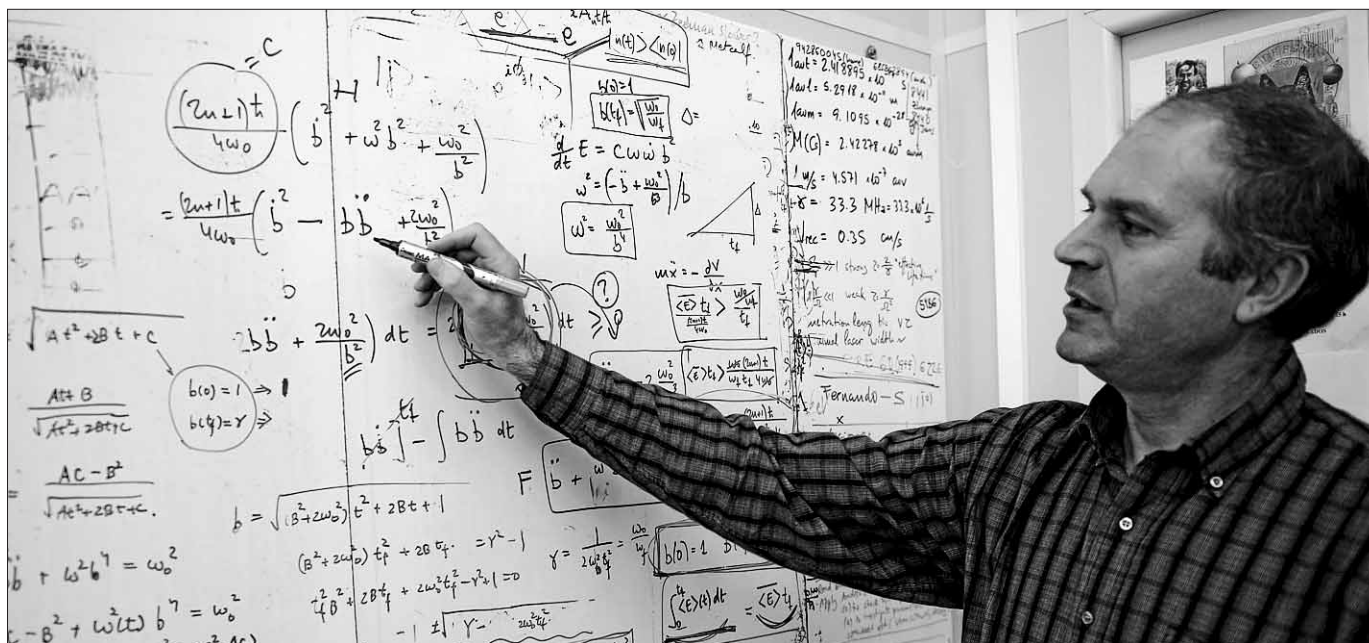
#### APLICACIONES DIVERSAS

Mayoritariamente se utiliza el átomo del cesio y es en base a él como se define el segundo desde 1967. «El segundo son 9.192.631.770 oscilaciones del campo que excita una transición entre dos niveles del cesio». Asegura Muga que se podía haber elegido otra cifra, pero se eligió ésta «para que se ajustase a las definiciones astronómicas que existían y que tenían como referencia la rotación y traslación de la Tierra».

Los relojes atómicos, tal y como explica el miembro electo de la Sociedad Americana de

Los relojes atómicos permiten una precisión mayor a la hora de organizar el tiempo. Muchas aplicaciones tecnológicas se basan en ello.

THINKSTOCK



Física, además de ser extremadamente fiables –los más avanzados necesitarían 50 millones de años para acumular un desfase de un segundo–, permiten fraccionar el tiempo de tal manera que es posible analizar o sincronizar procesos o dispositivos en una escala mucho más reducida que la del microsegundo o incluso el nanosegundo.

Afirma, en este sentido, que el tiempo es la medida que con mayor precisión se mide. «Es el gran organizador de nuestras vidas, incluso al nivel del milisegundo es imprescindible para algunos aspectos tecnológicos».

Sí, el reloj atómico tiene aplicaciones tangibles en nuestra vida cotidiana: «Para nosotros un segundo más o menos no es nada, pero para muchas otras cosas se necesita una precisión mucho mayor». Una de sus aplicaciones más cercanas la encontramos en el GPS. «En realidad este dispositivo no mide distancias directamente, sino tiempos. El aparato en sí mide el tiempo de llegada de las señales emitidas por los relojes atómicos de varios satélites y, conociendo la posición exacta de los emisores, determina la posición del receptor», matiza.

La tecnología atómica también es utilizada por las compañías eléctricas, para sincronizar los generadores y para comprobar consumos o pérdidas. «Las compañías deben mantener una frecuencia constante; si no, los electrodomésticos no funcionarían correctamente;

además, midiendo las fluctuaciones con respecto al valor que debería tener la oscilación de la corriente alterna pueden verificar el estado o necesidades de la red».

Junto a las empresas eléctricas, las compañías telefónicas, las de transporte, internet, y las vinculadas a las telecomunicaciones son las mayores beneficiarias de esta tecnología. «En el caso de las telecomunicaciones, los usuarios reciben las señales que se envían mediante paquetes de información etiquetadas temporalmente; gracias a la precisión de los relojes atómicos es posible reordenarlos correctamente y aumentar la cantidad de información transmitida», razona.

**PARA EVITAR FRAUDES**

Una aplicación quizás más llamativa es la de las entidades bancarias: «Deben saber exactamente el momento en el que el comprador y el vendedor realizan la operación, para evitar fraudes y errores». En definitiva, tal y como afirma Muga, los relojes atómicos son el tic-tac tecnológico de la sociedad actual.

A pesar de la precisión que estos dispositivos ofrecen actualmente, muchos grupos y organismos siguen profundizando en este área. Además, casi todos los estados disponen de un laboratorio oficial de tiempo-frecuencia encargado de establecer la hora oficial. Todos ellos están coordinados por el Buró Internacional de Pesas y Medidas de París, que se

Gonzalo Muga, en su despacho de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UPV-EHU, realizando cálculos en una pizarra. Luis JAUREGIALTZO | ARGAZKI PRESS

encarga de fijar la hora universal promediando los resultados de los relojes atómicos distribuidos por todo el mundo vinculados al centro.

Su aplicación científica también es importante, porque los relojes atómicos se emplean para poner a prueba las teorías fundamentales de la física, tales como la de la relatividad o la mecánica cuántica. «Con relojes ultraprecisos podrían llegar a detectarse pequeños errores de la teoría de la relatividad que lleven a su modificación», puntualiza.

Su grupo de trabajo investiga, sobre todo, cómo mejorar la precisión y estabilidad de estos relojes: «Hay que tener en cuenta que cada diez años aproximadamente se mejora incluso hasta diez veces su precisión. Eso quiere decir que la física que describe los procesos del reloj atómico tiene que ser más cuidadosa y fijarse en efectos que hasta ahora han pasado desapercibidos». Aclara que el átomo no está quieto cuando atraviesa la zona iluminada por el campo y que hasta el momento era suficiente tratar este movimiento de manera aproximada «mediante las leyes clásicas de Newton»; sin embargo, «con los avances que se están dando, es necesario describir el movimiento del átomo con una teoría física más avanzada y exacta, la mecánica cuántica».

**TAMBIÉN EN EL ESPACIO**

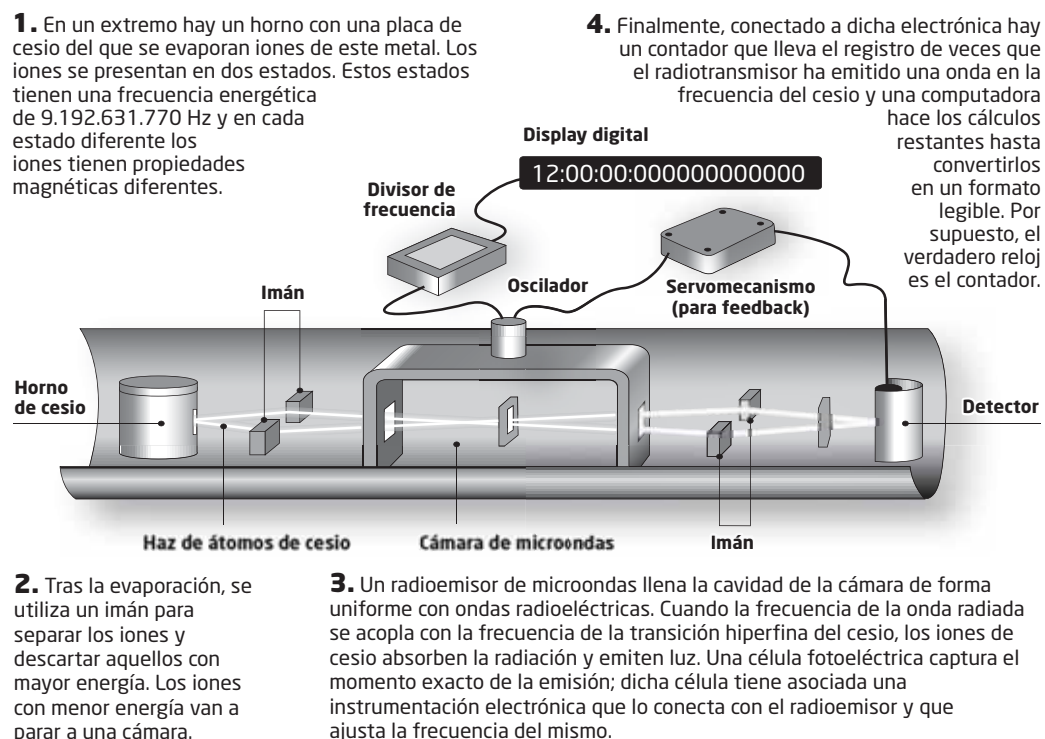
Precisamente, Muga y su equipo trabajan analizando los efectos del movimiento cuántico en el reloj, «para evitarlos o corregirlos». Otros grupos de trabajo se afanan en investigar con otros materiales, tales como «los iones de calcio o los del mercurio, que presentan transiciones más estables». Esta carrera por la precisión y el perfeccionamiento ha llegado incluso al espacio, a donde se han enviado varios relojes atómicos. «En el espacio son aún más precisos porque evitan las perturbaciones debidas a la gravedad».

Todos estos avances hacen pensar a Muga que es previsible que la definición del segundo pueda variar más pronto que tarde. «Actualmente, la transición que se toma como referencia oficialmente está en la zona de frecuencias de microondas. En investigación, sin embargo, se están considerando frecuencias mucho mayores, en la zona de la luz visible, que proporcionan un tic-tac (el período de la oscilación) mucho más breve. En su día, cuando se elaboró la definición del segundo, se carecía de la tecnología precisa para contar una a una estas oscilaciones tan rápidas, pero actualmente existe».

A mediados del siglo pasado los científicos discutían si la definición del segundo se debía ajustar o no al movimiento de la Tierra, pero el debate se resolvió claramente a favor del tiempo atómico. Actualmente cada cierto tiempo hay que añadir un segundo al año para que el tiempo atómico oficial y la rotación de la Tierra coincidan. Y es que, según apunta el profesor, a causa de una serie de fenómenos, la rotación de la Tierra no proporciona un tiempo tan estable como el de los relojes atómicos. «Influye, por ejemplo, la fricción de las mareas, que es responsable de que el día de hace seiscientos millones de años fuera mucho más corto que el actual, con apenas 21 horas», explica. Pero también interviene el calentamiento global: «Los glaciares se derriten y la tierra que soportaba el enorme peso del hielo cerca de los polos y del eje de rotación se eleva a costa de otras zonas; entonces, como ocurre con los patinadores cuando pliegan sus brazos, la Tierra tiende a rotar más deprisa, aunque se dan también efectos opuestos debido a la redistribución de las masas de agua». A este respecto, Muga afirma que el objetivo principal debe ser lograr que la definición del segundo sea lo más precisa y estable posible. Y si no se ajusta a la rotación terrestre, «tanto peor para la Tierra», comenta entre risas.

**Así funciona un reloj atómico de cesio**

Mientras el reloj mecánico depende de un péndulo para funcionar, el atómico trabaja con la frecuencia de las transiciones energéticas en los átomos. El sistema electrónico del reloj marca un segundo cuando han ocurrido 9.192.631.770 periodos de oscilación del campo eléctrico.



30 millones

de años. Los relojes atómicos actuales sufren un desfase de un segundo en ese periodo de tiempo.