

Un segundo extra

Por: Germán Morales Chávez

Definir qué es el tiempo aún es tema de profundas reflexiones e investigaciones, comprender su naturaleza es algo que se sigue intentando y es motivo de largos tratados y reflexiones; por lo menos es más sencillo (o así puede parecer) medirlo, es decir, definir un patrón con el cual comparar el transcurso o duración de algún evento.

Medir el tiempo ha sido una necesidad práctica que se remonta a épocas de la prehistoria y cuyos rastros se puede hallar en diversas culturas. Por supuesto, hoy sigue siendo vital para nuestra sociedad.

Era vital saber cuánto falta para que las manadas de animales, de los cuales los nómadas se proveían de alimento y abrigo, comenzarán su migración estacional, debían alistarse, tener todo preparado. Posteriormente la actividad agrícola requirió mayor detalle para alistar siembras, cosechas y planificar todo el proceso agrícola. La importancia de los sucesos en el mundo que rodeaba a nuestros antepasados y un primer intento de explicación llevaron al nacimiento de mitos y leyendas. Estas actividades vitales se entremezclaron con fiestas, ofrendas y solicitud de bienaventuranza. Los movimientos aparentes de los astros en el cielo, funcionaban como un gran reloj y trata de comprender su funcionamiento requirió miles de años.

Los movimientos aparentes del Sol en la esfera celeste¹ (en especial), permitieron definir patrones de medición del tiempo satisfactorios en aquellas épocas. Sin embargo, el estudio de la naturaleza fue requiriendo mayor precisión. Hace más de un siglo atrás se comprendió que el movimiento de rotación terrestre no es constante a lo largo del tiempo y que nuestro planeta va disminuyendo su rapidez de rotación. Esto implicó la necesidad de buscar mejores definiciones de la unidad de medición de tiempo: el *segundo*.

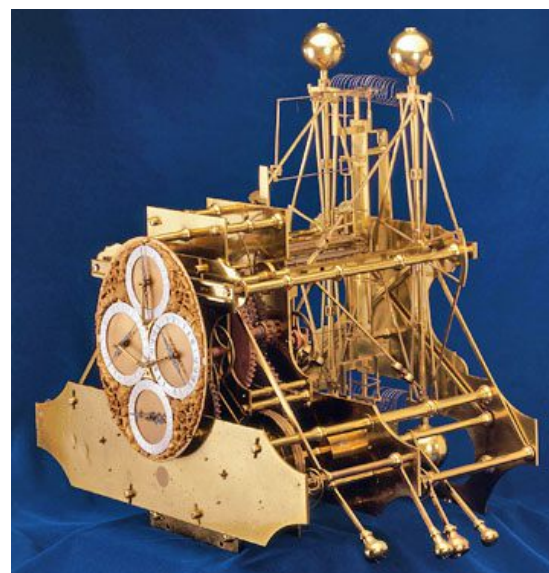


Fig. 1 Relojes de J. Harrison, fueron fundamentales para la determinación de la longitud (una aplicación crítica para la navegación). Marcan el comienzo del empeño por conseguir medir el tiempo de manera cada vez más precisa y fiable. La historia de esto, la pudimos ver en las últimas proyecciones que hicimos para todo público al finalizar la gestión 2016, este mes de diciembre.

¹ Todos saben que se trata de los movimientos de la Tierra, pero para muchos fines pensar en ellos como movimientos del Sol o de la Tierra lleva a obtener los mismos valores de periodicidad, que es el tema que nos interesa en esta oportunidad.

Hasta mediados del siglo XX la definición de segundo estaba basada en mediciones y conceptos astronómicos. Pero el desarrollo de la tecnología² permitió construir relojes mucho más precisos y con fluctuaciones muchísimo menores que las de la rotación terrestre.

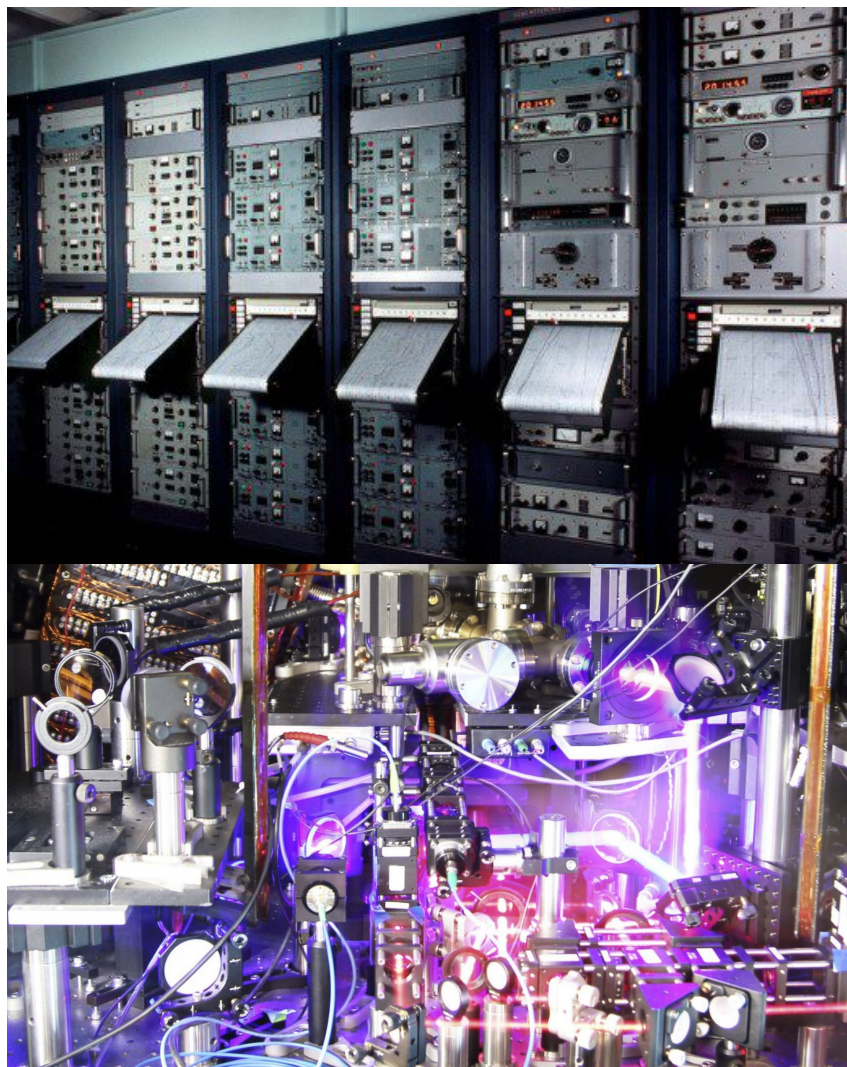


Fig. 2 Relojes atómicos del siglo XX al siglo XXI, la precisión alcanzada es tal que es posible ver como son afectados por aspectos relativistas, la rapidez con que la tierra se mueve, los efectos de la gravedad en la medición del tiempo, etc.

En esencia, para construir un reloj, se necesita algún proceso repetitivo, cuya periodicidad sea fiable y tengamos la seguridad de que se repite de la misma manera una y otra vez, pueden existir fluctuaciones en dichos procesos oscilantes y existe un límite en nuestra capacidad de medir cuántas veces se producen dichas oscilaciones; esto será lo que determine el grado de confianza en nuestro reloj y la precisión de éste.

En palabras sencillas, como ejemplo, pensemos en un reloj con un péndulo que cumple una oscilación por segundo; en tal caso no será posible medir fracciones de segundo, dado que el mecanismo no permite estimar partes más pequeñas que un segundo. Pero, si construimos un reloj que realiza mil oscilaciones por segundo, podremos entonces apreciar fracciones de segundo y nuestro error rondará la milésima de segundo³.

El desarrollo de relojes basados en cristales de cuarzo durante la primera mitad del siglo XX fue un gran avance para la astronomía y la ciencia en general, para mediados de dicho siglo los primeros relojes atómicos elevaron el grado de precisión de forma dramática y hasta el día de hoy su mejoramiento ha alcanzado niveles impresionantes.

² Se debe tener muy en cuenta que los grandes avances tecnológicos son posibles gracias a nuestra mejor comprensión de la naturaleza y sus leyes. Así la ciencia se alimenta de nuevas tecnologías logradas gracias a los avances teóricos y prácticos.

³ Por simplicidad, no adentraremos en mayores detalles, pero considérese que si podemos conseguir un proceso que genera mil oscilaciones por segundo, estaremos en la capacidad de dividir el segundo en mil partes. Por lo tanto, se puede pensar que si encontramos un proceso que realice más oscilaciones aún (millones, billones, etc.), entonces mejoraremos la precisión de nuestro reloj.

Actualmente, el error de uno de estos relojes está por la trillonésima parte de un segundo⁴, en palabras simples, esto implica que estos relojes adelantarán o retrasarán un segundo al cabo de 31 mil millones de años (valor superior a la edad de nuestro universo⁵). A modo de comparación, téngase en cuenta que un reloj de pulsera actual, que utilizan cristales de cuarzo, puede atrasar o adelantar un segundo al cabo de unos cuantos días (dependiendo de diversos factores, lo cual es mucho más preciso de lo que se conseguía con los relojes mecánicos que antiguamente usábamos y que al día de hoy muchos lectores no habrán tenido la oportunidad de conocerlos siquiera).

¿Cuál es la finalidad y utilidad de semejante precisión? Se podría escribir una larga lista de aplicaciones y necesidades, comenzando por la investigación científica y terminando en diversas aplicaciones técnicas, como los sistemas de comunicación que requieren para su sincronización relojes extremadamente precisos, los receptores GPS determinan su posición en base a las señales transmitidas por los satélites que orbitan nuestro planeta y que llevan cada uno un reloj atómico; mejorar estos relojes, significa mejorar la precisión en la determinación de la posición geográfica sobre nuestro planeta.

Para finalizar, debemos referirnos al tema que motivó este artículo. ¿De qué segundo extra hablamos?

De acuerdo a las definiciones actuales de segundo y de control del tiempo, el cuál se basa en los relojes atómicos (recibe el nombre de Tiempo Atómico Internacional –TAI-). Se requiere realizar de cuando en cuando ajustes entre el denominado TAI y el Tiempo Universal Coordinado, en base al cual se ajustan los relojes civiles y se miden diversas observaciones astronómicas).

No es afán de esta nota entrar en detalles técnicos, por lo tanto, indicaremos que la idea general en estos ajustes, es que cuando es necesario se debe aumentar o disminuir un segundo para la coordinación entre el TAI y la rotación terrestre que sufre de variaciones fácilmente perceptibles con estos relojes tan precisos.

Estos ajustes se anuncian con 6 meses de anticipación para que todos los sistemas puedan prepararse con tiempo. Comúnmente se añade un segundo dado que la rotación terrestre tiene una tendencia a disminuir su rapidez de rotación, pero no se presenta a intervalos regulares. Los dos últimos ajustes se realizaron el 30 de junio de 2012 y el 30 de junio de 2015.

Este 2016, el segundo extra ocurrirá el 31 de diciembre a media noche en Tiempo Universal, eso corresponde a las 20 horas de Bolivia de este sábado 31. El último minuto contendrá el segundo extra, así que los relojes que manejamos unos pocos de los que trabajamos en

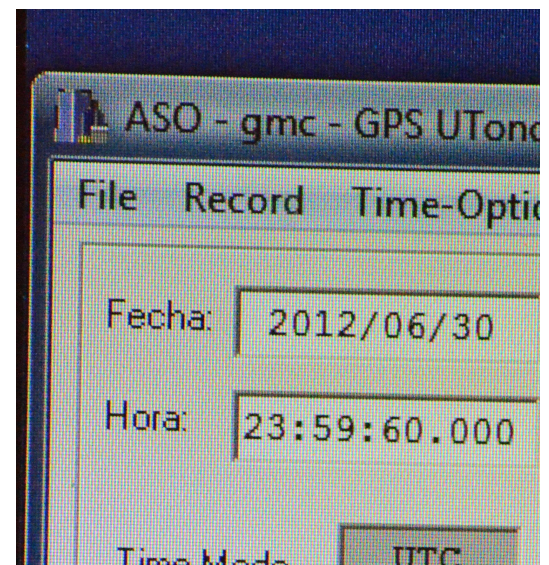


Fig. 3 Segundo extra el 30 de junio de 2012, capturado del sistema de tiempo desarrollado hace casi dos décadas atrás en ASO, por el autor del presente artículo.

⁴ Esto es 10^{-18} s, lo que equivale a escribir 0.000 000 000 000 000 001 s. La s es el símbolo de segundo.

⁵ Se estima que la edad del Universo es (en números redondos) de 14 mil millones de años (14×10^9 años). El Sol se formó hace unos 5 mil millones de años (5×10^9 años) y los planetas un poco después del Sol.

esto, mostrarán al acercarse a medianoche de Tiempo Universal: las 23:59:58, 23:59:59, las 23:59:60 y recién las 00:00:00. Ese 23:59:60 no existe en los minutos, dado que en cada minuto hay 60 segundos (del 00 al 59).

En pocas palabras el último minuto tendrá 61 segundos. Los relojes civiles, y muchos de los sistemas de nuestro país no mostrarán el ajuste a la hora correcta, hasta varios segundos, minutos y a veces días, después de esto; de hecho la mayoría de los relojes en nuestro país, no muestran la hora correcta. Eso ya fue comentado hace años y sería tema para otro artículo.

Como curiosidad este año fue bisiesto, es decir con 366 días, además contará con un segundo extra, lo que lo hará un año un poco más largo aún...



Aprovechamos la ocasión para desear a todos nuestros lectores y seguidores de nuestros correos electrónicos, nuestras páginas web y de Facebook, que el próximo 2017 sea un año lleno de dicha y prosperidad y por supuesto lleno de noches estrelladas para seguir disfrutando del encanto de la naturaleza y del Universo del cual formamos parte.

Artículo publicado el 29 de diciembre, verano de 2016