

# Sin coartada: ¿sé a qué hora no estuviste sincronizado en tus clases!

**¿Te preguntaste alguna vez cómo hace tu teléfono móvil para saber a qué hora estuviste en cada lugar que recorriste y con esa información armar tu historial? Conoce la importancia de la correcta sincronización de los relojes atómicos.**

Mateo no tenía ni la menor sospecha de que su celular registraba cada uno de sus desplazamientos, segundo a segundo. Pero una mañana recibió un mensaje en su correo electrónico que decía: “Hola, Mateo. Te recordamos que los datos recogidos en el historial de tu cuenta de Google se eliminarán el 1 de diciembre de 2022. Si quieres conservar esos datos antes de que se eliminen descarga una copia”.

La nota le explicaba que a partir del historial de ubicaciones era posible crear una cronología de datos, un mapa personal con fechas, horas, minutos y segundos de los sitios visitados y los trayectos recorridos, desde que empezó a usar el celular.

Inmediatamente y con gran curiosidad ingresó a ese historial a través de un enlace incluido en el mensaje para ver qué datos había. Sus ojos no podían creer lo que veía. Los últimos tres años de su vida estaban condensados en varias pantallas. La información detallaba qué lugares había visitado con más frecuencia en una especie de ranking de los “top 10”.

En cada momento de su vida, los sitios que había recorrido eran mostrados con nombre y apellido: Parque Metropolitano Simón Bolívar (Colombia), Cerro de Monserrate (Colombia), Estadio Olímpico de Sochi (Rusia), Jardines de Luxemburgo (Paris...) e incluían los datos exactos de

la hora, día, mes y año que él se había detenido en cada uno de los lugares enumerados.

Al ver toda esa información junta, su asombro se transformó en una extraña, casi indescriptible sensación. Se preguntó cómo Google es capaz de armar ese historial de ubicaciones. Y al buscar en Internet halló la respuesta.

## ¿Relojes indiscretos?

Se enteró que los teléfonos móviles te permiten optar entre activar y desactivar el historial de zonas horarias, aunque, si los desactivas, es aún posible que algunos datos se sigan guardando igual, debido al uso de otros servicios.

Pero se preguntaba cómo era posible que el celular advirtiera cuándo había estado en los lugares detectados. Leyó que el tiempo lo es todo cuando se trata de la configuración de la ciudad a dónde una persona viaja; la hora está relacionada directamente con su ubicación geográfica en el mundo, ya que basta ubicar el famoso meridiano de Greenwich y desplazarse a izquierda o a derecha, restando o sumando horas para saber la hora de un país. Es como si viajaras al pasado o al futuro en un mismo día solo aplicando aritmética.



Se parte de una referencia de tiempo internacional denominada Tiempo Universal Coordinado o UTC, (sigla seleccionada para ser usada en todos los idiomas como solución intermedia entre el inglés y el francés) y a partir de ésta, y según la posición geográfica de cada país, se calcula la hora local. Por ejemplo, la mayoría del historial de Mateo indicaba que estuvo en (UTC-5) que está asociado con Colombia, su país de nacimiento; cuando el historial decía que estuvo en (UTC+3) en 2018 inmediatamente Mateo buscó una foto con sus papás de ese año cuando estuvo en el Mundial de Fútbol en Rusia exactamente en el Estadio Olímpico de Sochi; otro dato curioso era el dato (UTC+1) en 2019, Mateo recordó que ese año sus abuelos lo llevaron a ver el *Tour de Francia de Ciclismo* y se dieron el paseo por los Jardines de Luxemburgo.

Si bien los teléfonos celulares tienen como objetivo principal servir como un sistema de telecomunicaciones, cuando se configura para saber la hora de referencia de una ciudad se está relacionando no solamente una ubicación geográfica sino también una indicación de tiempo confiable.

Cada satélite lleva un reloj atómico (de rubidio o de cesio) que proporciona las referencias para la transmisión de datos. Transmiten constantemente señales en forma de frecuencias de radio moduladas que contienen varias piezas de información codificada, entre ellas, la marca de tiempo.

Los relojes atómicos, que están alojados en los satélites, deben ser capaces de funcionar durante al menos 12 horas. El desfase de sincronización debe tener un valor de 1/100 de un microsegundo, lo que significa que en el peor de los casos tendrían un error de 1 segundo hasta después de transcurridos 140 000 años.

De distintas maneras, los relojes atómicos han transformado nuestra relación con el tiempo, convirtiéndose en componentes claves en diferentes campos tecnológicos y para varias actividades en las que es indispensable garantizar la hora y fecha exacta. Su uso se ha extendido también al mundo de las finanzas, donde se requieren relojes muy exactos para garantizar –tanto al usuario como a todo el sistema–, la hora y la fecha exacta en que se realizan las transacciones en línea.

## De estrellas y átomos de cesio

A lo largo de la historia, el tiempo se ha medido de diferentes formas, muchas de ellas vinculadas con elementos de la naturaleza, como por ejemplo las estrellas.

Hasta 1967, el segundo —la unidad del tiempo— se estimaba en relación con el movimiento de rotación de la

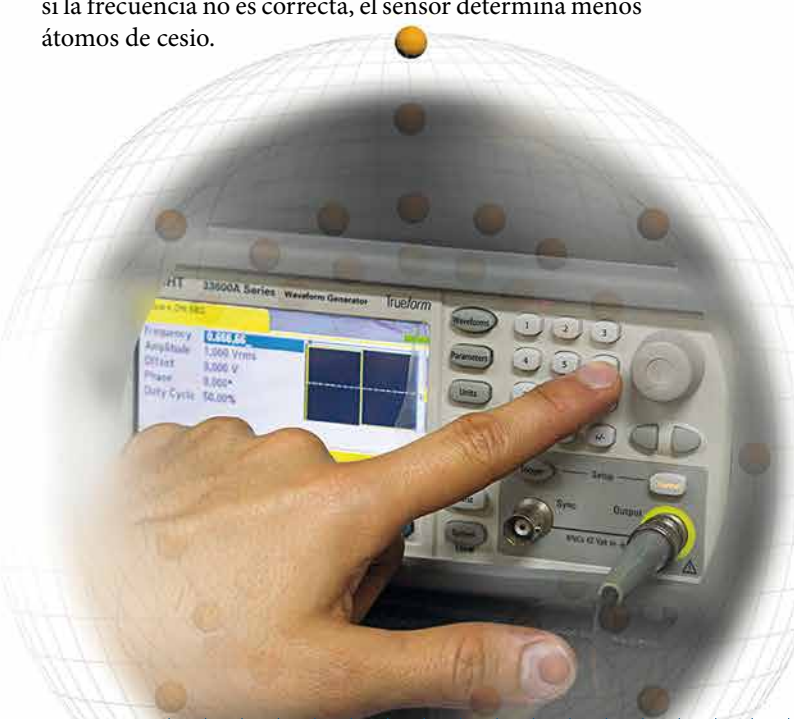
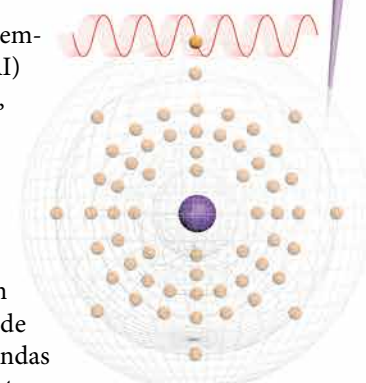
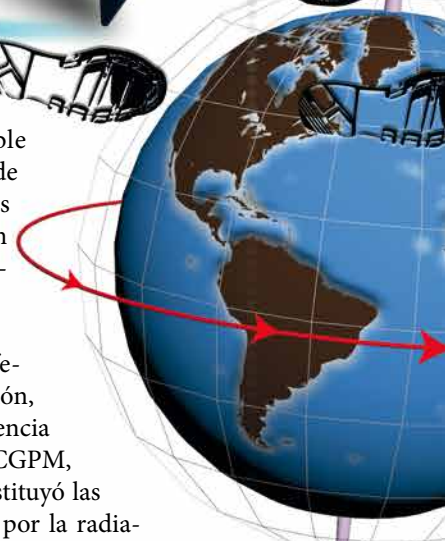
Tierra. Pero a fines del siglo XIX se dieron cuenta que el día solar era inestable (debido a la forma elíptica de la órbita de la Tierra) y que las mediciones que se derivaban de ese patrón perdían precisión y exactitud.

Se fueron proponiendo diferentes mecanismos de medición, hasta que en 1967 la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM, por sus siglas en francés) sustituyó las observaciones astronómicas por la radiación de átomos.

El elegido para dar paso al Tiempo Atómico Internacional (TAI) fue el átomo de cesio-133, estableciéndose el uso de 340 relojes atómicos ubicados en distintas partes del mundo para realizar las mediciones.

Para determinar el paso de un segundo, un reloj atómico de cesio cuenta la cantidad de ondas de frecuencia de radiación electromagnética que recibe.

El flujo de átomos de cesio en estado de mayor energía es detectado por un sensor en el reloj. Si la frecuencia de las ondas de radio es exacta, los átomos de cesio continúan fluyendo a través del sensor a su velocidad máxima. Pero si la frecuencia no es correcta, el sensor determina menos átomos de cesio.



En este caso, envía una señal eléctrica al oscilador de cuarzo que altera la frecuencia para que resulte la adecuada. Este proceso, que se conoce como circuito de retroalimentación, hace posible que los relojes atómicos se corrijan a sí mismos.

Los satélites GNSS<sup>1</sup> transmiten constantemente señales en forma de frecuencias de radio moduladas. Estos mensajes de navegación, que viajan a la velocidad de la luz porque son ondas electromagnéticas, contienen varias piezas de información codificada, entre ellas, la marca de tiempo de su reloj atómico. La navegación por satélite se realiza a través de esa información de tiempo.

Cada satélite GNSS tiene un reloj atómico principal que envía la información de marca de tiempo utilizada para la navegación. Sin embargo, la mayoría de los satélites suelen tener más de un reloj atómico, ya sea para mejorar el rendimiento o para actuar como respaldo en caso de falla o problemas.

## 15 horas, 2 minutos, 48 segundos...

Los relojes atómicos son empleados también para una función importantísima: determinar la hora oficial nacional de cada país.

El Tiempo Universal Coordinado o UTC es el principal estándar de tiempo por el cual el mundo regula los relojes y el tiempo.

Se obtiene a partir del Tiempo Atómico Internacional, un estándar de tiempo calculado a partir de una media ponderada de las señales de los relojes atómicos localizados en cerca de 70 laboratorios nacionales de todo el mundo.

Los Institutos Nacionales de Metrología suelen ser los encargados de calcular y determinar la hora oficial en su país. En Colombia, por ejemplo, es el Instituto Nacional de Metrología (INM). La hora legal para el territorio de la República de Colombia es la del Tiempo Universal Coordinado disminuido en 5 horas (UTC-5).

De esta manera, si tenemos en cuenta que un error de un microsegundo puede ocasionar una diferencia de 300 metros en la ubicación, Mateo podría tratar de justificar por qué el martes 6 de septiembre a las 15 horas, 2 minutos y 48 segundos en lugar de estar en clases se encontraba en el Parque Metropolitano Simón Bolívar.

AUTORES: CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA),  
LIZ CATHERINE HERNÁNDEZ  
Y ALEXANDER GUTIÉRREZ (COLOMBIA).

<sup>1</sup> Sistema Global de Navegación por Satélite - siglas del término en inglés.

Ilustraciones: Alberto Parra del Riego.

Fotos cedidas por el  
INM - Instituto Nacional  
de Metrología de  
Colombia.