

EL PRIMER LIBRO DE MATEMÁTICAS QUE LLEGA AL
NÚMERO 1 EN LAS LISTAS DE *BEST SELLERS* DE GRAN BRETAÑA

π -FIAS MATEMÁTICAS



EQUIVOCARSE
NUNCA
HA SIDO TAN
DIVERTIDO

MATT PARKER

CRÍTICA

Π -fias matemáticas

*Equivocarse nunca ha sido
tan divertido*

Matt Parker

Traducción castellana de
Pedro Pacheco González

CRÍTICA
BARCELONA

Primera edición: febrero de 2020

Pifias matemáticas. Equivocarse nunca ha sido tan divertido
Matt Parker

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Humble Pi. A Comedy of Maths Errors*

© 2019 by Matthew Parker

© de la traducción, Pedro Pacheco González, 2020

© Editorial Planeta S. A., 2020
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-9199-191-5
Depósito legal: B. 1209 - 2020
2020. Impreso y encuadernado en España por Liberdúplex

El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como papel ecológico y procede de bosques gestionados de manera sostenible.

Contenidos

0	Introducción	313
1	Perdiendo la noción del tiempo	305
2	Errores en ingeniería	281
3	Microdatos	257
4	Mala forma	233
5	No puedes contarlos	207
6	No cuadra	185
7	Probabilidad y error	165
8	Inversiones y errores	141
9	Redondeando	119
9,49	Tan pequeño que pasa inadvertido	99
10	Unidades, convenciones y ¿por qué no podemos llevarnos todos bien?	85
11	Estadísticas como a mí me gustan	63
12	Tmtnlteoea Aortaioel	39
13	No computa	13
	Así pues, ¿qué hemos aprendido de nuestros errores?	4, 294, 967, 287
	<i>Agradecimientos</i>	4, 294, 967, 277
	<i>Listado de ilustraciones</i>	4, 294, 967, 275
	<i>Índice analítico</i>	4, 294, 967, 273

Uno

PERDIENDO LA NOCIÓN DEL TIEMPO

El 14 de septiembre de 2004, unos ochocientos aviones estaban realizando vuelos de larga distancia sobre el sur de California. Un error matemático estaba a punto de amenazar las vidas de decenas de miles de pasajeros. De buenas a primeras, el Centro de Control del Tráfico Aéreo de Los Ángeles perdió el contacto de voz por radio con todos los aviones. El pánico cundió de manera justificada.

La comunicación por radio estuvo caída durante unas tres horas, tiempo durante el cual los controladores utilizaron sus móviles personales para contactar con otros centros de control del tráfico aéreo para que los aviones resintonizaran sus comunicaciones. No se produjo ningún accidente, pero, en medio de ese caos, diez aviones volaron más cerca unos de otros de lo que permite la reglamentación (5 millas náuticas horizontalmente, o 2.000 pies verticalmente); dos pares pasaron a unas dos millas uno del otro. Se retrasaron cuatrocientos vuelos que aún estaban en tierra y otros seiscientos fueron cancelados. Todo ello debido a un error matemático.

Los detalles oficiales sobre la naturaleza exacta de qué fue lo que falló son muy escasos, pero sabemos que fue debido a un

error de cronometraje en los ordenadores del centro de control. Parece ser que los sistemas de control del tráfico aéreo contaban el tiempo empezando en 4.294.967.295 y descontando una unidad cada milisegundo. Lo que significa que tardarían 49 días, 17 horas, 2 minutos y 47,296 segundos en llegar a cero.

Por lo general, la máquina se reiniciaría antes de que eso pasara, y la cuenta atrás empezaría de nuevo desde 4.294.967.295. Por lo que sé, algunas personas eran conscientes del problema potencial, por lo que la norma de actuación era reiniciar el sistema al menos cada treinta días. Pero esta era solo una forma de bordear el problema; no se hacía nada para corregir el error matemático subyacente, es decir, que nadie había comprobado cuántos milisegundos habría en el tiempo de ejecución del sistema. Así pues, en 2004, funcionó accidentalmente durante cincuenta días seguidos, alcanzó el cero y se apagó. Ochoientos aviones que sobrevolaban una de las mayores ciudades del mundo corrieron un gran riesgo porque, básicamente, alguien no escogió un número lo suficientemente grande.

Rápidamente, algunos culparon a una reciente actualización de los sistemas informáticos para que utilizaran una variante del sistema operativo Windows. Algunas de las primeras versiones de Windows (muy especialmente Windows 95) sufrían exactamente el mismo problema. Siempre que iniciabas un programa, Windows contaba los milisegundos para dar el «tiempo del sistema» que haría funcionar al resto de programas. Pero, una vez que el tiempo del sistema Windows llegaba a 4.294.967.295, volvía a empezar de cero. Algunos programas (controladores, que permiten que el sistema operativo interactúe con dispositivos externos) tendrían repentinamente un problema con el tiempo al contar hacia atrás. Estos controladores necesitan tener una noción del tiempo para asegurarse de que los dispositivos están respondiendo con regularidad y no se cuelgan durante mucho tiempo. Cuando Windows les informó de que el tiempo había empezado abruptamente a ir hacia atrás, dejarían de funcionar y con ellos todo el sistema.

No está del todo claro si el culpable fue el propio Windows o si fue una nueva parte del código informático del sistema del centro de control. Pero, sea lo que fuere, sí que sabemos que el culpable es el número 4.294.967.295. No fue lo suficientemente grande para los ordenadores caseros de la década de 1990 y no lo era para el control del tráfico aéreo a principios de la década del 2000. Oh, y tampoco fue lo suficientemente grande en 2015 para el Boeing 787 Dreamliner.

El problema del Boeing 787 está en el sistema que controlaba los generadores eléctricos. Al parecer, controlaban el tiempo utilizando un contador que sumaba una unidad cada 10 milisegundos (es decir, cien veces en un segundo), y se paraba en 2.147.483.647 (sospechosamente cerca de la mitad de 4.294.967.295...). Esto significa que el Boeing 787 podía perder su suministro eléctrico si estaba en marcha de forma continua durante 248 días, 13 horas, 13 minutos y 56,47 segundos. Esa cifra era tan grande que la mayoría de los aviones se reiniciaban antes de que hubiera un problema, pero era lo suficientemente corta como para que fuera factible quedarse sin suministro eléctrico. La Administración Federal de Aviación describió la situación de esta manera:

El contador interno del *software* de las unidades de control del generador (GCU por sus siglas en inglés) se desbordará después de 248 días de suministro continuo, haciendo que la GCU pase a modo seguro. Si las cuatro GCU principales (asociadas con los generadores instalados en el motor) fueran puestas en marcha al mismo tiempo, después de 248 días de suministro continuo, las cuatro pasarán a modo seguro al mismo tiempo, con lo cual se pierde todo el suministro eléctrico AC, sea cual sea la fase del vuelo.

Creo que «sea cual sea la fase del vuelo» es la forma oficial de la FAA de decir: «Se podría apagar en pleno vuelo». Su versión oficial de lo que había que hacer para que el vuelo no tuviera proble-

mas era que había que realizar «tareas de mantenimiento de manera reiterada para la desactivación del suministro eléctrico». Es decir, cualquiera que tuviera un Boeing 787 tenía que recordar apagarlo y encenderlo de nuevo. Es la forma habitual de arreglar un problema informático. Desde entonces, Boeing ha actualizado su programa para solucionar el problema, para que preparar el avión para el despegue no tenga que implicar un reinicio rápido.

Cuando 4,3 millones de milisegundos no son suficientes

Así pues, ¿por qué Microsoft, el Centro de Control de Tráfico Aéreo de Los Ángeles y Boeing se pondrían como límite un número supuestamente arbitrario de alrededor de 4,3 millones (o su mitad) cuando se trata de controlar el paso del tiempo? Sin duda, da la impresión de que se trata de un problema muy extendido. Hay una pista muy importante si transformamos el número 4.294.967.295 en binario. Escrito con el código informático de ceros y unos pasa a ser 11111111111111111111111111111111; una cadena de treinta y dos unos consecutivos.

La mayoría de los humanos nunca necesitan ni acercarse a los circuitos actuales y al código binario en los que están basados los ordenadores. Solo necesitan preocuparse por los programas y aplicaciones que utilizan en sus dispositivos y, ocasionalmente, el sistema operativo en el que funcionan esos programas (como Windows o iOS). Todos ellos utilizan los dígitos habituales (del 0 al 9) del sistema de numeración de base 10 que todos conocemos y amamos.

Pero bajo todo esto se encuentra el código binario. Cuando alguien utiliza Windows en un ordenador o iOS en un móvil, está interactuando solo con la interfaz gráfica del usuario, o GUI (por sus siglas en inglés), que en inglés se pronuncia deliciosamente «gooey» (empalagoso)). Por debajo de la GUI es donde todo se complica. Hay capas de código informático que recogen los clics

del ratón y los desplazamientos hacia la izquierda que hace con él el humano que utiliza el dispositivo y los convierte en el riguroso código máquina de unos y ceros que es el nativo de los ordenadores.

Si, en un pedazo de papel, dispusiéramos de un espacio para solo cinco dígitos, el número más grande que podríamos escribir sería 99.999. Habríamos llenado cada lugar con el dígito más grande disponible. Lo que los sistemas de Microsoft, el control de tráfico aéreo y Boeing tienen en común es que eran sistemas de números binarios de 32 bits, lo que significa que, por defecto, el número más grande que pueden escribir es treinta y dos unos en binario, o 4.294.967.295 en base 10.

Era ligeramente peor en sistemas que quisieran usar uno de los treinta y dos espacios para algo más. Si quisieras utilizar ese pedazo de papel con espacio para cinco símbolos para escribir un número negativo, necesitarías dejar el primer espacio libre para colocar en él un signo positivo o negativo, lo que implicaría que podrías escribir todos los números existentes entre -9.999 y $+9.999$. Se cree que el sistema de Boeing utilizaba esos «números con signo», por lo que, una vez ocupado el primer espacio,¹ solo disponían de sitio para un máximo de 31 unos, lo que se traduce en 2.147.483.647. Contar solo centisegundos en lugar de milisegundos, les facilitaba más tiempo, pero no el suficiente.

Afortunadamente, es un problema que ya es pasado. Los sistemas informáticos modernos son, por regla general, de 64 bits, lo que les permite, por defecto, utilizar números mucho mayores. El valor máximo posible sigue siendo, por supuesto, finito, por lo que cualquier sistema informático está asumiendo que finalmente será apagado y encendido de nuevo. Pero si un sistema de 64 bits cuenta milisegundos, no alcanzará ese límite hasta que hayan pasado 584,9 millones de años. Por lo que el lector no ne-

1. Por supuesto, no podemos grabar un símbolo + o - en un número binario, por lo que se utiliza un sistema para indicar positivo o negativo utilizando el propio sistema binario, pero sigue necesitando un bit de espacio.

cesita preocuparse: necesitará hacer un reinicio solo dos veces cada millardo de años.

Calendarios

Los métodos análogos para controlar el tiempo que utilizamos antes de la invención del mundo de los ordenadores, al menos, nunca dejarán de utilizarse por completo. Las manecillas de un reloj pueden seguir girando; se pueden añadir nuevas páginas al calendario a medida que van pasando los años. Olvidaos de los milisegundos: solo hay que preocuparse, como antaño, de los días y los años, y no cometeremos errores matemáticos que nos arruinen el día.

O eso es lo que pensó el equipo ruso de tiro cuando llegaron a los Juegos Olímpicos de 1908, celebrados en Londres, un par de días antes de la fecha prevista para el comienzo de la prueba internacional de tiro, el 10 de julio. Pero, si el lector se fija en los resultados de las Olimpiadas de 1908, verá que están listados todos los países, pero no aparece ningún resultado del equipo ruso en la disciplina de tiro. Y eso es porque lo que era 10 de julio para los rusos era 23 de julio en Gran Bretaña (y, de hecho, en la mayor parte del mundo). Los rusos estaban utilizando un calendario diferente.

Parece extraño que algo tan sencillo como un calendario pueda funcionar tan mal como para que un equipo de deportistas internacionales se presente en las Olimpiadas dos semanas tarde. Pero los calendarios son mucho más complejos de lo que pueda parecer; da la impresión de que dividir con antelación el año en días no es tan fácil y existen diferentes soluciones para los mismos problemas.

El universo nos ha dado solo dos unidades con las que medir el tiempo: el año y el día. Todo lo demás es una creación de la humanidad para intentar hacer la vida más fácil. Cuando el disco protoplanetario se congeló y se separó dando lugar a los planetas tal como los conocemos, la Tierra se creó con una cierta cantidad de momento angular, que la mandó volando de viaje alrededor

del Sol y girando a medida que avanza. La órbita en la que acabamos es la que nos dio la longitud que tiene el año y la velocidad del giro de la Tierra nos dio la longitud del día.

Excepto que no encajan a la perfección. ¡No existe ninguna razón por la que deberían! Se trata solo del lugar donde fueron a parar esos pedazos de roca desde el disco protoplanetario, hace miles de millones de años. La órbita de un año de duración de la Tierra alrededor de Sol ahora necesita 365 días, 6 horas, 9 minutos y 10 segundos. Para simplificarlo, podemos decir que son 365 días y un cuarto de día.

Esto significa que, si celebramos la Nochevieja después de un año de 365 días, la Tierra todavía tarda un cuarto de día más en volver al punto en el que estábamos la Nochevieja pasada. La Tierra está girando alrededor del Sol a una velocidad de unos 30 kilómetros por segundo, por lo que esta Nochevieja estaremos a unos 650.000 kilómetros de distancia de donde estábamos el año pasado. Por lo tanto, si la promesa de Año Nuevo que hemos hecho es no llegar tarde a ningún sitio, ya la hemos incumplido.

Esto pasa de ser una inconveniencia menor a ser un problema importante porque el periodo orbital de la Tierra controla las estaciones. El verano del hemisferio norte se produce más o menos en el mismo punto de la órbita terrestre cada año porque ese es el lugar donde la inclinación de la Tierra se alinea con la posición del Sol. Después de cada año de 365 días, el año del calendario se aleja un cuarto de día de las estaciones. Después de cuatro años, el verano empezaría un día más tarde. En menos de cuatrocientos años, un espacio de tiempo que equivaldría a la duración de una civilización, las estaciones se habrían desplazado tres meses. Después de ochocientos años, el verano y el invierno se habrían cambiado de lugar el uno por el otro.

Para solucionar este inconveniente, tenemos que modificar ligeramente el calendario para tener el mismo número de días que la órbita. De alguna manera, necesitábamos dejar de tener el mismo número de días cada año, pero sin tener que utilizar una frac-

ción de día; la gente se enfadaría si su día empezara a una hora que no fuera la medianoche. Necesitábamos vincular un año con la órbita terrestre sin romper el vínculo entre la duración de un día y la rotación de la Tierra.

La solución que la mayoría de las civilizaciones adoptó fue variar el número de días en un año cualquiera para que, de esa manera, haya un número fraccionario de días por año (como promedio). Pero no existe una única forma de hacerlo, razón por la que todavía existen unos pocos calendarios rivales en la actualidad (los cuales empiezan en momentos diferentes de la historia). Si en algún momento usted tiene acceso al móvil de un amigo, métase en los ajustes y cambie su calendario por el budista. De repente estará viviendo en la década de 2560. Puede intentar convencerle de que se acaba de despertar de un coma.

Nuestro calendario moderno principal proviene del calendario republicano romano. Tenían solo 355 días, que eran bastantes menos de los requeridos, por lo que se insertó un mes entero entre febrero y marzo, añadiendo así veintidós o veintitrés días al año. En teoría, este ajuste se podría utilizar para que el calendario cuadrara con el año solar. En la práctica, era asunto de los políticos del momento decidir qué mes extra era el que había que insertar. Dado que esta decisión podía alargar su año de mandato o acortar el de un oponente, la motivación no siempre fue que el calendario cuadrara.

Rara vez un comité político es una buena solución para un problema matemático. Los años previos al 46 a. e. c. fueron conocidos como los «años de la confusión», ya que se añadían y quitaban meses extra sin tener mucho que ver con el momento en el que era necesario hacerlo. Al no tener noticias de los cambios, las personas que viajaban lejos de Roma tendrían que adivinar cuál era la fecha cuando regresaban a casa.

En el año 46 a. e. c., Julio César decidió arreglar este embrollo con un calendario nuevo y previsible. Cada año tendría 365 días, el número entero más cercano al valor verdadero, y los cuartos

de día adicionales se acumularían y se sumarían al cuarto año, el cual pasaría a tener un único día añadido. ¡Había nacido el año bisiesto con un día extra!

Para que todo volviese a cuadrar desde el principio, el año 46 a. e. c. consiguió un récord mundial de 445 días. Además del mes añadido entre febrero y marzo, se insertaron dos meses más entre noviembre y diciembre. Y entonces, a partir del año 45 a. e. c., se insertaron los años bisiestos cada cuatro años para mantener el calendario sincronizado.

Bueno, casi. Hubo un error administrativo inicial, ya que el último año de un periodo de cuatro años se contaba dos veces como el primer año del siguiente periodo, por lo que los años bisiestos se estaban colocando realmente cada tres años. Pero este error fue descubierto, arreglado y, en el año 3 e. c., todo empezó a funcionar como era debido.

La audacia del papa

Pero Julio César fue traicionado, aunque mucho tiempo después de su muerte, por la diferencia de 11 minutos y 15 segundos existente entre los 365,25 días por año que su calendario ofrecía y el tiempo real existente entre las estaciones, que era de 365,242188792 días. Una desviación de once minutos por día no parece tan grave en un inicio; las estaciones se moverían únicamente un día cada 128 días. Pero después de más o menos un milenio ese desvío se acumularía. Y la joven y advenediza religión cristiana había fijado su celebración de la Pascua coordinándola con las estaciones y, a comienzos del siglo XVI, existía una diferencia de diez días entre la fecha y el inicio real de la primavera.

Y ahora un dato concreto. Se dice con mucha frecuencia que los años del calendario juliano de 365,25 días eran demasiado largos si los comparamos con la órbita de la Tierra. ¡Pero eso no es verdad! La Tierra tarda 365 días, 6 horas, 9 minutos y 10 segundos en completar su órbita: solo un poquito más de 365,25 días.

El calendario juliano es demasiado corto en comparación con la órbita terrestre. Pero es demasiado largo en comparación con las estaciones. Resulta curioso, pero las estaciones no encajan perfectamente con el año orbital.

Ya hemos llegado al punto en el que hemos de hablar de la mecánica orbital. A medida que la Tierra rota alrededor del Sol, la dirección de su inclinación también cambia, pasando de señalar directamente hacia el Sol a hacerlo en dirección opuesta cada 13.000 años. Un calendario que reflejase perfectamente la órbita terrestre seguiría intercambiando las estaciones cada 13.000 años. Si factorizamos la precesión axial de la Tierra (el cambio en su inclinación) en su órbita, el tiempo entre estaciones es de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45,11 segundos.

El movimiento de la inclinación de la Tierra nos da 20 minutos y 24,43 segundos extra por órbita. Por lo tanto, el auténtico año sideral (literalmente, «de las estrellas») basado en la órbita es más largo que el calendario juliano, pero el año tropical basado en las estaciones (que es el que nos preocupa en la actualidad) es más corto. Y lo es porque las estaciones dependen de la inclinación de la Tierra respecto al Sol, no de la posición real de la Tierra. El lector tiene mi permiso para fotocopiar esta parte del libro y pasársela a cualquiera que se rija por el tipo de año erróneo. Podría sugerirle que su propósito de Año Nuevo sea comprender qué significa realmente el término «nuevo año».

Año sideral

31.558.150 segundos = 365,2563657 días
365 días, 6 horas, 9 minutos, 10 segundos

Año tropical

31.556.925 segundos = 365,2421875 días
365 días, 5 horas, 48 minutos, 45 segundos

Este ligero desajuste entre el año juliano y el tropical pasó tan inadvertido que, en el año 1500 e. c., la inmensa mayoría de los países de Europa y partes de África estaban utilizando el calendario juliano. Pero la Iglesia católica estaba harta de que la muerte de Jesús (que se celebraba según las estaciones) se distanciara de su nacimiento (el cual se celebraba un día señalado). El papa Gregorio XIII decidió que se tenía que hacer algo. Todo el mundo tendría que adaptarse a un nuevo calendario. Afortunadamente, si hay algo que el papa puede hacer, es convencer a un montón de gente para que cambie su comportamiento por razones aparentemente arbitrarias.

Lo que ahora conocemos como calendario gregoriano no fue diseñado realmente por el papa Gregorio (estaba demasiado ocupado haciendo las cosas que hacen los papas y tratando de convencer a la gente para que cambiase su comportamiento), sino por el médico y astrónomo italiano Luis Lilio. Lamentablemente, Lilio murió en 1576, dos años antes de que la comisión encargada de reformar el calendario presentara el que él había diseñado (ligeramente modificado). En 1582, gracias al pequeño impulso en forma de amenaza que supuso una bula papal, una parte importante del mundo se pasó al sistema del nuevo calendario ese mismo año.

El avance del calendario de Lilio fue mantener el año bisiesto cada cuatro años que ya estaba en el calendario juliano, pero eliminó tres de esos días bisiestos cada cuatrocientos años. Los años bisiestos eran todos los años que eran divisibles por cuatro, y lo que sugirió Lilio fue eliminar los días añadidos de los años que también fueran múltiplos de 100 (además de esos que también eran múltiplos de 400). Eso da un promedio de 365,2425 días por año; extraordinariamente cerca del deseado año tropical de unos 365,2422 días.

A pesar de que es un calendario mucho mejor matemáticamente, dado que este nuevo sistema nació como consecuencia de las vacaciones católicas y fue promulgado por el papa, los paí-

ses anticatólicos eran a su vez anticalendario gregoriano. Inglaterra (y, por extensión en esa época, Norteamérica) se aferró al antiguo calendario juliano durante otro siglo y medio, tiempo durante el cual su calendario no solo se alejó otro día de las estaciones, sino que también era diferente al utilizado en la mayor parte de Europa.

Este problema se agravó aún más porque el calendario gregoriano tuvo un efecto retroactivo, recalibrando el año como si siempre se hubiera estado utilizando (en lugar de la opción del juliano). Gracias al poder del papa, se decretó que se eliminarían diez días del mes de octubre de 1582 y, por lo tanto, en los países católicos, al 4 de octubre de 1582 le siguió inmediatamente el 15 de octubre. Todo esto hace que, por supuesto, los datos históricos sean un poco confusos. Cuando las tropas inglesas desembarcaron en la isla de Ré el 12 de julio de 1627 como parte de la guerra anglo-francesa, el ejército francés estaba preparado para repeler el ataque, pero era el 22 de julio. Eso ocurrió el mismo día. Al menos, para ambos ejércitos, era jueves.

Sin embargo, dado que el calendario gregoriano se aceptó más por conveniencia con las estaciones y menos porque el papa lo ordenaba, otros países fueron adoptándolo gradualmente. Una ley del Parlamento británico de 1750 señala que no solo las fechas de Inglaterra difieren de las del resto de Europa, sino que también difieren de las de Escocia. Por lo que Inglaterra cambió, pero sin ninguna mención directa al papa; simplemente se refirieron de forma indirecta a «un método para corregir el calendario».

Inglaterra (que por entonces aún incluía algunas —pocas— partes de Norteamérica) cambió de calendario en 1752, reajustando sus fechas eliminando once días de septiembre. De ese modo, al 2 de septiembre de 1752 le siguió el 14 de septiembre de 1752. A pesar de lo que el lector pueda leer en internet, nadie se quejó por haber perdido once días de sus vidas y nadie se paseó con una pancarta que dijera: «Devolvednos nuestros once días». Es-

toy seguro de una cosa: visité la Biblioteca Británica en Londres, la cual alberga una copia de cada periódico publicado en Inglaterra, y busqué artículos de la época. No aparecía en ellos queja alguna, solo anuncios en los que se vendían calendarios nuevos. Los fabricantes de calendarios estaban viviendo su época dorada.

El mito de que la gente protestó contra el cambio de calendario parece proceder de debates políticos antes de las elecciones de 1754. El partido de la oposición atacó todas las medidas que había adoptado el otro partido durante su mandato, incluyendo el cambio de calendario y el hecho de haberles robado once días. Este suceso fue inmortalizado en *La campaña electoral*, una serie de pinturas al óleo de William Hogarth. Los únicos que manifestaron alguna preocupación fueron personas que no querían pagar unos impuestos anuales para un año de 365 días que en realidad tuvo menos. Una queja legítima, sin duda.

Rusia no cambió de calendario hasta 1918, año cuyo mes de febrero empezó el día 14 en lugar del 1 para así reajustarse con todos los demás que utilizaban el calendario gregoriano. Este hecho debió de pillar a más de uno por sorpresa. Imagine que se despierta pensando que le quedan dos semanas para San Valentín y resulta que ese día ya ha llegado. Este nuevo calendario significa que los rusos habrían llegado a tiempo a las Olimpiadas de 1920, si hubieran sido invitados, pero en ese espacio de tiempo, Rusia se había convertido en la Rusia Soviética y no fue invitada por razones políticas. A los siguientes Juegos Olímpicos sí que acudieron los deportistas rusos. Se celebraron en 1952 en Helsinki, donde por fin consiguieron una medalla de oro en tiro.

A pesar de todas estas mejoras, nuestro calendario gregoriano actual sigue sin ser perfecto. Una media de 365,2425 días por año es aceptable, pero no es exactamente 365,2421875. Seguimos desincronizados veintisiete segundos por año. Esto significa que nuestro calendario gregoriano actual se habrá alejado un día entero cada 3.213 años. Las estaciones aún se invertirán una vez

cada medio millón de años. Y el lector se alarmará al saber que... ¡todavía no existe ningún plan para arreglar este desvío!

De hecho, con escalas de tiempo tan largas, tenemos otros problemas de los que preocuparnos. A medida que el eje de rotación de la Tierra se va moviendo, la trayectoria orbital de la Tierra también se modifica. La trayectoria que sigue es una elipse, y los puntos más cercano y lejano dan una vuelta alrededor del sistema solar aproximadamente una vez cada 112.000 años. Pero, incluso entonces, el tirón gravitacional de otros planetas puede cambiarlo. El sistema solar es un auténtico lío.

Pero la astronomía le dio a Julio César una última alegría. La unidad de año luz, es decir, la distancia que recorre la luz en un año (en el vacío), se especifica utilizando el año juliano de 365,25 días. Por lo que se puede decir que medimos nuestro cosmos actual utilizando una unidad definida en parte por un antiguo romano.

El día en el que el tiempo se detendrá

A las 3.14 h del martes 19 de enero de 2038, una gran parte de nuestros modernos microprocesadores y ordenadores dejará de funcionar. Y eso será debido al modo en el que almacenan el tiempo y la fecha. Los ordenadores personales ya tienen bastantes problemas haciendo un seguimiento de cuántos segundos han pasado mientras están encendidos; las cosas empeoran cuando también necesitan mantenerse al día con la fecha. El control del tiempo les ha supuesto a los ordenadores los mismos problemas que suponía mantener sincronizado un calendario con el planeta, con el añadido de las limitaciones modernas de la codificación binaria.

Cuando los primeros precursores del internet moderno empezaron a estar disponibles a principios de la década de 1970, era necesario disponer de un sistema de control del tiempo que fuera consistente. El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

creó un comité de especialistas y, en 1971, sugirieron que todos los sistemas informáticos podrían contar las fracciones sexagesimales de un segundo a partir del inicio de 1971. La energía eléctrica que alimentaba a los ordenadores ya llegaba a una frecuencia de 60 hercios, por lo que se simplificaban las cosas al utilizar esta frecuencia dentro del sistema. Muy astutos. Excepto que un sistema basado en 60 hercios sobrepasaría el espacio disponible en un número binario de 32 dígitos en poco más de dos años y tres meses. Ya no parece una medida tan inteligente.

Por lo que el sistema se recalibró para contar el número de segundos enteros desde el inicio de 1970. Este número se almacenó como número binario signado de 32 dígitos, lo que permitía un máximo de 2.147.483.647 segundos: un total de más de sesenta y ocho años contando desde 1970. Y esto lo decidieron así miembros de la generación que en esos sesenta y ocho años previos a 1970 habían visto a la humanidad avanzar desde la invención de la primera aeronave propulsada de los hermanos Wright a humanos bailando sobre la superficie de la Luna. Estaban convencidos de que en el año 2038 los ordenadores no se parecerían en nada a los de su época y ya no utilizarían el tiempo Unix.

Y, sin embargo, aquí estamos. Hemos recorrido más de la mitad de ese camino y seguimos con el mismo sistema. El reloj está haciendo tictac (literalmente).

Sin duda, los ordenadores han cambiado tanto que no se parecen en nada a los de esa época, pero en sus entrañas se sigue utilizando el tiempo Unix. Si el lector está utilizando cualquier variante de dispositivo Linux o un Mac, allí está, en la mitad inferior del sistema operativo, justo debajo de la GUI. Si tiene un Mac a su alcance, abra la aplicación Terminal, que es el acceso al funcionamiento real de su ordenador. Escriba **date +%s** y pulse intro. Justo enfrente de usted aparece el número de segundos que han pasado desde el 1 de enero de 1970.

Si está leyendo esto antes del miércoles 18 de mayo de 2033, aún no ha llegado a los 2 millardos de segundos. Menuda fiesta

será. Por desgracia, en mi zona horaria, serán más o menos las 4.30 h. Recuerdo la noche de juerga que pasé el 13 de febrero de 2009 junto a algunos compañeros, para celebrar que habíamos llegado al segundo 1.234.567.890, justo después de las 23.31 h. Jon, mi amigo programador, había escrito un programa que nos daba la cuenta atrás exacta; todos los demás clientes del bar estaban muy confundidos al pensar que estábamos celebrando el día de San Valentín una hora y media antes de lo que tocaba.

Celebraciones aparte, ahora hemos sobrepasado de sobra la mitad de la cuenta atrás que nos conducirá a la destrucción. Después de 2.147.483.647 segundos, todo se detendrá. Microsoft Windows tiene su propio sistema para controlar el tiempo, pero MacOS está desarrollado directamente sobre Unix. Y más importante aún, muchos procesadores informáticos importantes que se utilizan en un montón de dispositivos, desde servidores de internet hasta lavadoras, están funcionando utilizando algún descendiente de Unix. Son vulnerables al efecto 2038.

No culpo a las personas que pusieron en marcha el tiempo Unix. Estaban trabajando con aquello que tenían a su disposición en aquella época. Los ingenieros de la década de 1970 pensaron que los que vendrían después de ellos arreglarían los problemas que ellos estaban causando (típico de los *baby-boomers*). Y, para ser justos, sesenta y ocho años son muchos años. La primera edición de este libro se publicó en 2019, y en algunos momentos pienso que he de mencionarlo para aquellos que lo lean en el futuro. Puede que incluya frases como «en el momento en el que escribo esto» o que estructure cuidadosamente el lenguaje para que este deje abierta la posibilidad de que las cosas cambien y progresen en el futuro para que así el libro no quede completamente desfasado. Puede que usted esté leyendo esto después de alcanzar los 2 millardos de segundos en el año 2033; lo tengo en cuenta.

Ya se han dado algunos pasos para encontrar una solución. Todos los procesadores que utilizan números binarios de 32 dí-

gitos son conocidos por defecto como sistemas de 32 bits. Cuando alguien se compra un portátil, puede que se pare a comprobar cuál es su arquitectura, pero los Mac llevan utilizando un sistema de 64 bits desde hace casi una década y la mayoría de los servidores informáticos también se han pasado a 64 bits. Resulta molesto que algunos sistemas de 64 bits sigan controlando el tiempo como un número signado de 32 bits, por lo que todavía pueden jugar con sus amigos ordenadores antiguos, pero, en la mayoría de los casos, si compramos un sistema de 64 bits será capaz de controlar el paso del tiempo durante bastante más tiempo.

El valor más grande que podemos almacenar en un número signado de 64 bits es 9.223.372.036.854.775.807, y ese número de segundos equivale a 292,3 millardos de años. Es en momentos como este que la edad del universo pasa a ser una unidad de medida útil: el tiempo Unix de 64 bits durará 21 veces la edad actual del universo desde ahora. Hasta, y suponiendo que por entonces no utilicemos otra actualización, el 4 de diciembre del año 292277026596 e. c. todos los ordenadores dejarán de funcionar. Será un domingo.

Una vez que vivamos en un mundo que sea completamente de 64 bits, podremos decir que estamos a salvo. La pregunta es: ¿actualizaremos la infinidad de microprocesadores presentes en nuestras vidas antes del 2038? Necesitamos, o nuevos procesadores o un parche que fuerce a los antiguos a utilizar un número inusualmente grande para almacenar el tiempo.

Esta es una lista de todos los aparatos a los que les he tenido que actualizar su *software* recientemente: lámparas, un televisor, el termostato de mi casa y el reproductor multimedia que se enchufa a mi televisor. Estoy bastante seguro de que todos ellos son sistemas de 32 bits. ¿Se actualizarán a tiempo? Dada mi obsesión con tener el *firmware* al día, seguro que sí. Pero habrá un montón de sistemas que no se actualizarán. También hay procesadores en mi lavadora, lavaplatos y en el coche, y no tengo ni idea de cómo actualizarlos.

Es fácil hablar de esto como si se tratase de una segunda llegada del efecto 2000, el efecto del milenio que nunca llegó a ocurrir. Ese era un caso de *software* de más alto nivel que almacenaba el año como un número de dos dígitos que dejaría de funcionar después de llegar a 99. Gracia al esfuerzo de mucha gente, prácticamente todos los dispositivos fueron actualizados. Pero el hecho de haber evitado un desastre no significa que este no haya sido una seria amenaza. Es un riesgo bajar los brazos porque el efecto 2000 se haya llevado tan bien. El efecto 2038 requerirá actualizar códigos informáticos mucho más fundamentales y, en algunos casos, los propios ordenadores.

Véalo usted mismo

Si quiere ver cómo funciona el efecto 2038, busque un iPhone. Puede que lo que voy a explicar funcione en otros móviles, o puede que un día actualicen el iPhone para arreglar este problema. Pero, de momento, el cronómetro incorporado aprovecha el reloj interno y guarda su valor como un número signado de 32 bits. La dependencia del reloj provoca que, si pone el cronómetro en marcha y luego modifica la hora hacia atrás, el tiempo transcurrido en el cronómetro saltará súbitamente hacia delante. Modificando la hora y la fecha adelante y atrás en su teléfono, usted puede incrementar el tiempo del cronómetro a un ritmo alarmante. Hasta que alcance el límite de 64 bits y se cuelgue.

Fechas y F-22

¿Cuán difícil puede resultar saber qué fecha es hoy? ¿O será? Puedo afirmar con seguridad que el tiempo Unix de 64 bits funcionará el 4 de diciembre del 292.277.026.596 e. c. porque el calendario gregoriano es muy predecible. A corto plazo, es muy fácil y cubre un ciclo cada pocos años. Permitiendo los dos tipos de años (bisiesto y normal) y los siete días posibles en los que puede empezar un año, existen tan solo catorce calendarios posibles.

Cuando fui a comprar un calendario de 2019 (año no bisiesto que comienza en martes), sabía que era el mismo que el del año 2013, por lo que podía comprar uno de ese año a un precio rebajado, pero, por su atractivo retro, me quedé con uno de 1985.

Si le importa la secuencia de años, el calendario gregoriano completa un ciclo completo cada cuatrocientos años después de haber pasado por todos los años bisiestos posibles. Por lo que el día de hoy es exactamente el mismo día que hace cuatrocientos años. El lector podría pensar que es fácil de programar en un ordenador. Y lo es, si el ordenador se queda quietecito. Pero si este se desplaza, las cosas se complican.

Error que se puede encontrar en internet

¡¡¡BUENA SUERTE A TODOS!!! Este año, diciembre tiene 5 lunes, 5 sábados y 5 domingos. Esto ocurre una vez cada 823 años. Eso se llama bolsa de dinero. Así que compártalo y el dinero le llegará en 4 días. Basado en el Feng Shui chino. Aquel que no lo comparta se quedará sin dinero. Compártalo en menos de 11 minutos después de leerlo. No hace daño a nadie, así que yo lo hice. SOLO POR DIVERSIÓN.

Este es uno de los memes habituales de internet que afirman que algo sucede solo cada 823 años. No tengo ni idea de dónde han sacado el número 823. Pero, por alguna razón, internet está plagado de afirmaciones que aseguran que el año actual es especial y que lo que hace que lo sea no se repetirá hasta dentro de 823 años.

Ahora puede responder tranquilamente y decir que en el calendario gregoriano nada puede suceder con una frecuencia menor que una vez cada cuatrocientos años. SOLO POR DIVERSIÓN.

Y, dado que un mes solo puede tener cuatro posibles duraciones y puede empezar en siete días diferentes, existen realmente solo veintiocho disposiciones posibles para los días de un mes. Cosas como estas sí que pasan solo cada pocos años. (Y no es algo que esté basado en el Feng Shui chino.)

En diciembre de 2005, entró en servicio el primer avión de combate F-22 Raptor. Citando a las Fuerzas Aéreas de Estados

Unidos (USAF por sus siglas en inglés), «el F-22 es un avión de combate multimisión único que combina sigilo, supercrucero, maniobrabilidad avanzada y aviónica integrada que lo convierten en el avión de combate más capaz del mundo». Pero, para ser justos, esto lo extraje de la presentación del presupuesto del F-22 con el que las fuerzas aéreas estaban intentando justificar su gasto. La USAF hizo números y calculó que, en 2009, el coste de cada F-22 era de 150.389.000 dólares.

Es cierto que el F-22 se caracterizaba por tener aviónica integrada. En los aviones antiguos, el piloto estaba pilotando físicamente el avión con controles que utilizaban cables para levantar y bajar alerones, y así con todo. No era el caso del F-22. Todo se hace a través de un ordenador. ¿Cómo, si no, puedes conseguir una maniobrabilidad avanzada y habilidad en el combate? Los ordenadores son el camino a seguir. Pero, al igual que ocurre con los aviones, los ordenadores son buenos y bonitos hasta que se estrellan.

En febrero de 2007, seis F-22 estaban volando de Japón a Hawái cuando todos sus sistemas dejaron de funcionar de repente. Todos los sistemas de navegación estaban desconectados, los sistemas que informaban de la cantidad que quedaba de combustible dejaron de funcionar y lo mismo le ocurrió a una parte de los sistemas de comunicación. No fue debido al ataque de un enemigo o a un astuto sabotaje. Simplemente, el avión había sobrepasado la línea internacional del cambio de fecha.

A todo el mundo le gusta que el mediodía sea cuando el sol cae directamente sobre sus cabezas: el momento en el que una parte de la Tierra está señalando directamente al Sol. La Tierra gira hacia el este, por lo que, cuando es mediodía para nosotros, todo el mundo situado al este ya ha pasado su mediodía (y ahora ya ha sobrepasado al Sol), mientras que todos aquellos situados más al oeste de nuestra posición están esperando su turno para llegar al sol del mediodía. Esta es la razón por la que, si nos movemos hacia el este, cada zona horaria aumenta más o menos en una hora.

Pero, finalmente, eso tiene que parar; no puedes seguir desplazándote en el tiempo de forma constante mientras viajas hacia el este. Si, por arte de magia, pudiéramos dar la vuelta al planeta a una velocidad superrápida, no volveríamos al punto en el que empezamos y descubriríamos que es un día completo en el futuro. En algún punto hay que encontrarse con el final de un día, bien, del día de ayer. Al pasar sobre la línea internacional del cambio de fecha, retrocedes (o adelantas) un día completo en el calendario.

Si le resulta difícil de entender, no se preocupe, no es el único. La línea internacional del cambio de fecha provoca toda clase de confusiones, y quien fuera el que programó el F-22 debió de sufrir lo suyo para solucionarlo. Las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos no han confirmado qué es lo que provocó ese fallo (solo que lo arreglaron en un plazo máximo de 48 horas), pero parece ser que el tiempo saltó repentinamente un día y el avión se «asustó» y decidió que apagarlo todo era lo mejor que se podía hacer. Los intentos en pleno vuelo no tuvieron éxito, por lo que, aunque los aviones todavía podían volar, los pilotos no podían pilotarlos. Los aviones tuvieron que volver a casa con dificultades siguiendo a su avión de reabastecimiento.

Ya se trate de un avión de combate moderno o de un gobernante de la antigua Roma: más tarde o más temprano, el tiempo nos alcanza a todos.

Calend-obvio

El programador Nick Day me envió un correo electrónico cuando se percató de que el calendario de los dispositivos iOS parecía que fallaba en 1847. De repente, febrero tenía 31 días. Y enero 28. Julio es extrañamente variable; diciembre había desaparecido por completo. Para los años anteriores a 1848, los encabezados de los años habían desaparecido. Si el lector abre el calendario por defecto de un iPhone en «vista anual», solo necesita un par de segundos deslizando frenéticamente el dedo hacia abajo para ver esto.

Jan	Feb	Mar			
1 2	1 2	1 2 3 4 5 6			
3 4 5 6 7 8 9	3 4 5 6 7 8 9	7 8 9 10 11 12 13			
10 11 12 13 14 15 16	10 11 12 13 14 15 16	14 15 16 17 18 19 20			
17 18 19 20 21 22 23	17 18 19 20 21 22 23	21 22 23 24 25 26 27			
24 25 26 27 28	24 25 26 27 28 29 30	28 29 30			
	31				
Apr	May	Jun	Jan	Feb	Mar
1 2 3 4	1	1 2 3 4 5 6	1	1	1 2 3 4 5
5 6 7 8 9 10 11	2 3 4 5 6 7 8	7 8 9 10 11 12 13	2 3 4 5 6 7 8	2 3 4 5 6 7 8	6 7 8 9 10 11 12
12 13 14 15 16 17 18	9 10 11 12 13 14 15	14 15 16 17 18 19 20	9 10 11 12 13 14 15	9 10 11 12 13 14 15	13 14 15 16 17 18 19
19 20 21 22 23 24 25	16 17 18 19 20 21 22	21 22 23 24 25 26 27	16 17 18 19 20 21 22	16 17 18 19 20 21 22	20 21 22 23 24 25 26
26 27 28 29 30 31	23 24 25 26 27 28 29	28 29 30 31	23 24 25 26 27 28 29	23 24 25 26 27 28 29	27 28 29 30
	30		30 31	30 31	
Jul	Aug	Sep	Apr	May	Jun
1 2 3	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5
4 5 6 7 8 9 10	8 9 10 11 12 13 14	6 7 8 9 10 11 12	4 5 6 7 8 9 10	8 9 10 11 12 13 14	6 7 8 9 10 11 12
11 12 13 14 15 16 17	15 16 17 18 19 20 21	13 14 15 16 17 18 19	11 12 13 14 15 16 17	15 16 17 18 19 20 21	13 14 15 16 17 18 19
18 19 20 21 22 23 24	22 23 24 25 26 27 28	20 21 22 23 24 25 26	18 19 20 21 22 23 24	22 23 24 25 26 27 28	20 21 22 23 24 25 26
25 26 27 28 29 30 31	29 30	27 28 29 30 31	25 26 27 28 29 30 31	29 30	27 28 29 30 31
Oct	Nov		Sep	Oct	Nov
1 2	1 2 3 4 5 6 7		1 2 3 4	1	1 2 3 4 5 6
3 4 5 6 7 8 9	8 9 10 11 12 13 14		5 6 7 8 9 10 11	2 3 4 5 6 7 8	7 8 9 10 11 12 13
10 11 12 13 14 15 16	15 16 17 18 19 20 21		12 13 14 15 16 17 18	9 10 11 12 13 14 15	14 15 16 17 18 19 20
17 18 19 20 21 22 23	22 23 24 25 26 27 28		19 20 21 22 23 24 25	16 17 18 19 20 21 22	21 22 23 24 25 26 27
24 25 26 27 28 29 30	29 30 31		26 27 28 29 30 31	23 24 25 26 27 28 29	28 29 30 31

1848

Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar
1 2	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4	1 2 3 4
3 4 5 6 7 8 9	7 8 9 10 11 12 13	6 7 8 9 10 11 12	8 9 10 11 12 13 14	5 6 7 8 9 10 11	5 6 7 8 9 10 11
10 11 12 13 14 15 16	14 15 16 17 18 19 20	13 14 15 16 17 18 19	15 16 17 18 19 20 21	12 13 14 15 16 17 18	12 13 14 15 16 17 18
17 18 19 20 21 22 23	21 22 23 24 25 26 27	20 21 22 23 24 25 26	22 23 24 25 26 27 28	19 20 21 22 23 24 25	19 20 21 22 23 24 25
24 25 26 27 28 29 30	28 29	27 28 29 30	29 30 31	26 27 28	26 27 28 29 30 31
31					
Apr	May	Jun	Apr	May	Jun
1 2	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4	1	1 2 3 4 5 6	1 2 3
3 4 5 6 7 8 9	8 9 10 11 12 13 14	5 6 7 8 9 10 11	2 3 4 5 6 7 8	7 8 9 10 11 12 13	4 5 6 7 8 9 10
10 11 12 13 14 15 16	15 16 17 18 19 20 21	12 13 14 15 16 17 18	9 10 11 12 13 14 15	14 15 16 17 18 19 20	11 12 13 14 15 16 17
17 18 19 20 21 22 23	22 23 24 25 26 27 28	19 20 21 22 23 24 25	16 17 18 19 20 21 22	21 22 23 24 25 26 27	18 19 20 21 22 23 24
24 25 26 27 28 29 30	29 30 31	26 27 28 29 30 31	23 24 25 26 27 28 29	28 29 30 31	25 26 27 28 29 30
			30		
Jul	Aug	Sep	Jul	Aug	Sep
1 2	1 2 3 4 5 6	1 2 3	1	1 2 3 4 5	1 2
3 4 5 6 7 8 9	7 8 9 10 11 12 13	4 5 6 7 8 9 10	2 3 4 5 6 7 8	6 7 8 9 10 11 12	3 4 5 6 7 8 9
10 11 12 13 14 15 16	14 15 16 17 18 19 20	11 12 13 14 15 16 17	9 10 11 12 13 14 15	13 14 15 16 17 18 19	10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23	21 22 23 24 25 26 27	18 19 20 21 22 23 24	16 17 18 19 20 21 22	20 21 22 23 24 25 26	17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 29 30	28 29 30 31	25 26 27 28 29 30	23 24 25 26 27 28 29	27 28 29 30 31	24 25 26 27 28 29 30
31			30 31		
Oct	Nov	Dec	Oct	Nov	Jan
1	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4	1 2
2 3 4 5 6 7 8	8 7 8 9 10 11 12	4 5 6 7 8 9 10	8 9 10 11 12 13 14	5 6 7 8 9 10 11	3 4 5 6 7 8 9
9 10 11 12 13 14 15	13 14 15 16 17 18 19	11 12 13 14 15 16 17	15 16 17 18 19 20 21	12 13 14 15 16 17 18	10 11 12 13 14 15 16
16 17 18 19 20 21 22	20 21 22 23 24 25 26	18 19 20 21 22 23 24	22 23 24 25 26 27 28	19 20 21 22 23 24 25	17 18 19 20 21 22 23
23 24 25 26 27 28 29	27 28 29 30	25 26 27 28 29 30 31	29 30 31	26 27 28 29 30 31	24 25 26 27 28 29 30
30 31					31

Pero ¿por qué 1847? Hasta donde yo sé, Nick fue la primera persona en darse cuenta de esto, y no pude encontrar ninguna relación obvia entre el tiempo Unix y los números de 32 y 64 bits. Pero tenemos una hipótesis de trabajo...

Apple tiene más de un tiempo disponible a su disposición y en ocasiones utiliza el tipo de datos CFbsoluteTime, es decir, el número de segundos pasados desde el 1 de enero de 2001. Y si un dato de tipo CFbsoluteTime se almacena como número de 64 bits signado dedicando algunos de los dígitos a los decimales (un valor en coma flotante de doble precisión), quedarían tan solo 52 bits de espacio para el número entero de segundos.

El número más grande que se puede expresar como número binario de 52 bits es 4.503.599.627.370.495, y si contamos hacia atrás todos esos microsegundos (en lugar de segundos) desde el 1 de enero de 2001, acabamos el viernes 16 de abril de 1858..., que podría ser la razón por la que se estropea más o menos en esa fecha... tal vez. ¡Bueno, es lo mejor que se nos ha ocurrido!

Si cualquier ingeniero de Apple nos puede proporcionar una respuesta definitiva, por favor que se ponga en contacto con nosotros.