

Los relojes deben mantener su ritmo

Juan Tomé

Amonaria cosmológica / Libros / Los relojes no miden el tiempo: textos complementarios

www.cosmologica.amonaria.com



Este texto se concibió como complemento del libro “Los relojes no miden el tiempo”. Aunque puede leerse como separata, gana sentido en relación con él.

La cualidad más apreciada de un reloj es su capacidad de mantener un ritmo constante y que es precisamente en esa cualidad en la que los mejores relojes, los atómicos, superan al resto.

Pero muchas experiencias relativistas prueban la desincronización de los mejores relojes, un hecho que admite al menos dos interpretaciones alternativas: una, la habitual, ligada a la idea de tiempo relativo, que los relojes varían sus ritmos ("marchan más deprisa o más despacio", "atrasan o adelantan") durante la experiencia; y otra, la que se adopta en el libro “Los relojes no miden el tiempo”, que los ritmos de los relojes se mantienen y que la desincronización se produce, simplemente, porque en las experiencias en cuestión unos relojes miden unas cosas y otros otras. En el texto "Hechos e interpretaciones", complemento del libro, se discuten esas alternativas.

Por otra parte, para contrastar experimentalmente si un reloj mantiene su ritmo o no se necesita comparar su ritmo con el de otro que se considere fiable. La comparación directa de los ritmos de dos relojes es posible entre relojes vecinos, pero no lo es entre relojes distantes. En otro texto complementario "Hechos e inferencias" se muestra que no existe ningún procedimiento de comparación directa de los ritmos de dos relojes distantes, y que por tanto, la idea de que los ritmos de los relojes se mantienen tiene, necesariamente, el carácter de hipótesis. Dado que esa hipótesis es un pilar fundamental de los argumentos de “Los relojes no miden el tiempo”, se presentan a continuación algunos textos con argumentos que la apoyan.

El primer argumento a favor de la hipótesis es que los relojes son ritmos patrón, y su constancia es necesaria, como ocurre con cualquier otro patrón de medida. La medida de duraciones sirve para comparar unas duraciones con otras, usando el patrón como intermediario de la comparación. Si los relojes no mantuvieran su ritmo, tales comparaciones no tendrían sentido.

Por ejemplo, cuando en la experiencia de Hafele y Keating se separan tres relojes sincronizados para hacerles seguir procesos distintos que empiezan a la vez, y se constata que marcan distinto cuando se juntan al terminar los tres procesos a la vez, se concluye que las duraciones de cada uno de los tres procesos fueron distintas. Si los patrones, los ritmos de los tres relojes, no hubieran sido los mismos en los tres procesos, sus medidas no serían comparables y no se podría concluir nada con sentido físico acerca de sus diferentes marcas.

Sazanov, El universo tetradimensional de Minkowski, p 224-226, cita a Einstein «... un reloj que se mueve con la velocidad v respecto de un sistema de referencia determinado, va en este sistema $1/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ veces más despacio que cuando (el mismo reloj) está en reposo respecto de ese mismo sistema de referencia», y a Landau «... los relojes que se mueven marchan más despacio que los fijos», y comenta: "Al lector de estas expresiones le es difícil evitar la idea errónea según la cual parece que [...] cada segundo, medido por un reloj en movimiento, dura más que un segundo medido por un reloj en reposo. ¡Como si en un mismo intervalo de tiempo cupiesen distintas cantidades de «segundos correctos», medidos por los relojes en reposo, y de segundos «retardados», «lentos», medidos por los relojes en movimiento! Pero está claro que si la unidad de medida estuviera sometida a cambios no podría cumplir sus funciones y ella misma tendría que ser comparada con algo constante.”

El segundo argumento a favor de la hipótesis es que la constancia del ritmo de los relojes es requerida por el Principio de Relatividad, que establece que las leyes de la física no pueden depender del movimiento relativo de los sistemas materiales. El ritmo de un reloj no puede verse afectado por el movimiento respecto a otro.

“Algunos lectores pueden [...] tener la sensación de que, de alguna manera, el rápido movimiento ha afectado el mecanismo del reloj haciendo que este marce «realmente más despacio». Este punto de vista no es compatible con el primer postulado de relatividad. Los dos sistemas que se mueven uniformemente son, ambos, sistemas inerciales. Todas las leyes físicas en ellos, incluida la mecánica, son las mismas. Por lo tanto, los mecanismos de relojes idénticos funcionan de la misma manera en los dos sistemas. El movimiento no afecta a los relojes en lo más mínimo. (Smith, Introducción a la Relatividad Especial, epígrafe “¿Afecta el movimiento al mecanismo de un reloj?”, p 53-54)

Debe tenerse en cuenta además, en relación con este argumento, que cuando se habla de movimiento se trata siempre de movimiento relativo. Si el movimiento relativo afectara al ritmo de los relojes, cualquiera podría variar a capricho el de los relojes de su entorno, porque el observador, cambiando su estado de movimiento por decisión propia, decide qué objetos de su entorno se mueven y cuáles están en reposo respecto de él. Imaginemos, por ejemplo, que una persona está sentada en un banco de una plaza donde hay una torre con un reloj monumental. La persona lleva un reloj de muñeca, que siempre está en reposo respecto de ella, de forma que la persona en cuestión nunca verá variar su ritmo. Mientras la persona esté sentada, el reloj de la torre también está en reposo respecto de ella, así que mantendrá el mismo ritmo que el de su muñeca. Pero si de pronto, porque le apetece, la persona del banco se levanta y se pone a caminar, habrá hecho cambiar, por esa mera decisión de su voluntad, el ritmo del reloj de la torre, que ahora se mueve respecto de ella. Y si le da por pararse, el reloj de la torre volverá al ritmo que tenía mientras estuvo sentada. Pero, ¿y si otra persona que estuviera sentada en el banco le diera por levantarse y andar cuando la otra se sienta? ¿Qué hará con su ritmo el desconcertado reloj de la torre? Es evidente que llegamos al absurdo. El ritmo de un reloj es un hecho físico, regido por leyes físicas, y no puede cambiar al capricho de los observadores.

Taylor y Wheeler, *Spacetime Physics*, box “¿Marcha despacio *realmente* un reloj en movimiento?”, p 76-77, discuten el significado de «realmente» en esa pregunta. Primero dejan claro que se observan variaciones del ritmo de un reloj en movimiento y que también se observan consecuencias «reales» del ritmo lento observado. Es decir, que todo lo que se observa encaja con las variaciones observadas del ritmo. Pero luego añaden:

"¿Cambia algo realmente en un reloj cuando se mueve, de lo que resulte el cambio observado en su ritmo? ¡Absolutamente no! He aquí por qué: que un reloj en flotación libre esté en reposo o en movimiento en el sistema de referencia del observador está controlado por el observador. ¿Quiere usted que el reloj esté en reposo? ¡Muévase con él! ¿Quiere ahora que el reloj se mueva? ¡Cambie su velocidad, simplemente! Esto es cierto incluso cuando usted y el reloj estén separados por el diámetro del sistema solar. La velocidad del reloj está enteramente bajo su control. Por tanto, el tiempo entre sus tics medido en su sistema de referencia está determinado por sus acciones. ¿Cómo puede el cambio de movimiento de usted afectar el mecanismo interno de un reloj distante? No puede y no le afecta."

Galindo y otros, *Física 2º Bach*, p 279, señalan también —aunque de manera mucho más sucinta— al significado de «realmente» como clave para hacer compatible la afirmación de la constancia del ritmo de los relojes con la afirmación de que se observa que ese ritmo varía.

"¿Realmente retrasan los relojes al moverse? El adverbio «realmente» es ambiguo aquí. A los relojes en sí no tiene por qué pasarles nada; basta que nosotros mismos nos movamos respecto de ellos para apreciar la dilatación de sus tiempos. Su disminución de frecuencia es relativa, y desaparece con el movimiento. Pero sí es observable, y en ese sentido es real [...]"

Parece entonces que el argumento de la necesaria constancia de los patrones y los derivados de la aplicación del Principio de Relatividad fundamentan bien la hipótesis de la invariancia del ritmo de los relojes. Sin embargo, la explicación habitual, y la preferida en trabajos de divulgación de la Teoría de la Relatividad, de la desincronización de relojes es la basada en la variación de sus ritmos. Y hay que reconocer que el estatus de comúnmente aceptada que esa explicación tiene juega en contra de la hipótesis alternativa que se propone aquí. Aunque suponga tirar piedras, y gordas, contra el propio tejado, siguen textos que usan lenguaje asociado a la variación del ritmo de los relojes. Se trata de reconocer el peso de la explicación habitual y, en consecuencia, el atrevimiento de la explicación alternativa.

“La relatividad general predice que dos relojes ideales en movimiento relativo y que están sometidos a diferentes campos gravitatorios serán observados, en general, marchando a diferentes ritmos. Similarmente, el ritmo de un reloj con respecto a la coordenada tiempo de un sistema de referencia espacio-temporal, depende de la velocidad del reloj en ese sistema de referencia y del campo gravitatorio a que esté sometido. Para la sincronización de relojes y la realización de coordenadas tiempo (como TAI) ese desfase de ritmos debe ser

tenido en cuenta con una incertidumbre que esté por debajo de la estabilidad de frecuencia de los relojes en cuestión, esto es, todos los términos mayores que la inestabilidad del reloj deben ser corregidos.” (Wolf y Petit, “Relativistic theory for clock syntonization and the realization of geocentric coordinate times”, p 653)

“¿Qué sucede cuando dos grupos de relojes se mueven uniformemente, uno en relación al otro? El físico clásico contestaría: nada; ellos siguen con el mismo ritmo y es lo mismo usar los relojes en movimiento o en reposo para indicar el tiempo. [...] Pero ésta no es la única contestación posible. Podemos también imaginar que un reloj en movimiento tenga un ritmo distinto al de otro en reposo. [...] Una suposición no debe ser considerada como falta de sentido por el hecho de estar en desacuerdo con la física clásica. Es perfectamente posible imaginar que un reloj en movimiento modifique su ritmo, mientras la ley de tal cambio sea la misma para todos los SC inerciales. [...]

No hay nada misterioso ni irracional en todo esto. En la física clásica se había supuesto siempre que los relojes en movimiento y en reposo tienen la misma marcha [...]. Pero si la velocidad de la luz es la misma en todos los SC, si la teoría de la relatividad es válida, debemos sacrificar [esa suposición] de la física clásica. Es difícil librarse de prejuicios profundamente arraigados, pero no tenemos otra salida. Desde el punto de vista de la teoría de la relatividad, los viejos conceptos parecen arbitrarios. ¿Por qué creer [...] en un flujo absoluto del tiempo, idéntico para los observadores de cualquier SC? [...] El tiempo se determina con relojes [...] y el resultado de su determinación puede depender del comportamiento de dichos relojes [...]. Nada nos autoriza a creer que han de comportarse como nosotros quisiéramos. La observación indica indirectamente, por los fenómenos del campo electromagnético, que se modifica efectivamente el ritmo de un reloj [...]; cosa que, basándonos en los fenómenos mecánicos, no podríamos prever.” (Einstein e Infeld, La física, aventura del pensamiento, p 159-162).

Es necesario hacer dos comentarios a estos textos para intentar taponar la vía de agua que abren en la línea de flotación de los argumentos que sostienen la hipótesis de invariancia del ritmo de los relojes:

Es cierto, como dice el primer texto (un texto técnico) que “relojes ideales en movimiento relativo y que están sometidos a diferentes campos gravitatorios *serán observados*, en general, marchando a diferentes ritmos.” He puesto en cursivas el *serán observados*, porque es clave. Entre los teóricos de la relatividad no es necesario añadir nada a ese *serán observados*. Todos entienden que *serán observados por observadores en Sistemas de Referencia distintos al propio del reloj observado*. Y si se les preguntara: ¿y qué se observaría si se permanece junto al reloj que está en movimiento relativo o que están sometidos a un campo gravitatorio?, contestarían: “nada, se vería el reloj marchando

como si estuviera en reposo o en ausencia de gravedad.” Entre teóricos de la relatividad no es necesario tomarse tantas molestias de lenguaje, hacerlo todo tan prolijo.

El texto de Einstein e Infeld es divulgativo, escrito para no especialistas, y como muchos textos de divulgación dirige sus argumentos a la negación del tiempo absoluto. Si se quiere negar el tiempo absoluto pero, a la vez, se dice que los relojes indican el tiempo, no hay alternativa: relojes que indiquen el tiempo relativo deben marchar a ritmos relativos distintos. Lo único que se les pide es que cumplan el principio de relatividad, es decir, que todos los observadores de esas variaciones de ritmo sean equivalentes, que no haya observadores privilegiados que puedan ser árbitros absolutos para decidir sobre ellas.

Pero debe quedar claro que si se niega que los relojes midan el tiempo, la asociación entre tiempo relativo y ritmo relativo se rompe, de forma que aceptar como hipótesis el mantenimiento del ritmo de los relojes no supone aceptar el tiempo absoluto y la vuelta a la física clásica. La explicación de la desincronización de relojes que se propone en “Los relojes no miden el tiempo” acepta los hechos relativistas como hechos probados y los postulados de la relatividad como fundamento de la explicación. Lo que pasa es que, al negar que los relojes midan el tiempo, sea absoluto o relativo, hace que esos hechos y esos postulados sean compatibles con la hipótesis de que los relojes mantienen su ritmo.

Bibliografía

Einstein, A. e Infeld, L., 1939, La Física, aventura del pensamiento, Ed Losada, Buenos Aires, 1969

Galindo, A. y otros, 1998, Física 2º Bach, Ed Mc Graw Hill, Madrid

Sazanov, A., 1988, El universo tetradimensional de Minkowski, Ed Mir, Moscú, 1990

Smith, J., 1965, Introducción a la Relatividad Especial, Ed Reverté, Barcelona, 1969

Taylor, E. Wheeler, J., 1992, Spacetime physics: introduction to special relativity, 2nd ed., Ed Freeman and company, New York

Wolf, P. y Petit, G., 1995, “Relativistic theory for clock synchronization and the realization of geocentric coordinate times”, Astronomy and Astrophysics, vol 304, p 653-661