

Cuando el tiempo se volvió preciso: el reloj de péndulo de Christiaan Huygens

When Time Became Precise: The Pendulum Clock of Christiaan Huygens

 Everzon Domínguez-Castillo*

Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: efdominguez@uce.edu.ec

Recibido 09 marzo de 2026; aceptado 26 de marzo de 2026; publicado 06 de abril de 2026

Resumen

La medición precisa del tiempo representó durante siglos un desafío científico y tecnológico. En 1656, el matemático y físico neerlandés Christiaan Huygens desarrolló el primer reloj de péndulo preciso, basado en el principio del isocronismo del péndulo observado previamente por Galileo Galilei. Este trabajo analiza el contexto científico en el que surgió este invento, las limitaciones de los relojes mecánicos anteriores y el funcionamiento del mecanismo que permitió mejorar notablemente la exactitud en la medición del tiempo. Asimismo, se analiza el perfeccionamiento del reloj de péndulo, destacando su versión de mayor precisión.

Palabras clave: Reloj de péndulo, medición del tiempo, isocronismo del péndulo, Christiaan Huygens, historia de la física.

Abstract

Accurate time measurement was a major scientific and technological challenge for centuries. In 1656, Christiaan Huygens developed the first precise pendulum clock, based on the principle of pendulum isochronism previously observed by Galileo Galilei. This paper analyzes the scientific context in which this invention emerged, the limitations of earlier mechanical clocks, and the mechanism that significantly improved timekeeping accuracy. It also reviews the subsequent development of time-measurement instruments.

Keywords: Pendulum clock, time measurement, pendulum isochronism, Christiaan Huygens, history of physics.

* Autor de correspondencia: efdominguez@uce.edu.ec





1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad consultamos la hora en teléfonos móviles, relojes digitales o pantallas de computador casi sin reflexionar sobre ello. Sin embargo, durante gran parte de la historia medir el tiempo con precisión representó un desafío técnico y científico considerable.

Surge entonces una pregunta fundamental: ¿cómo lograron los científicos, de los siglos anteriores, construir dispositivos capaces de medir el tiempo con regularidad cuando aún no existían circuitos electrónicos ni relojes de cuarzo?

En el siglo XVII, el matemático y físico neerlandés Christiaan Huygens, cuya imagen se presenta en la Figura 1, se enfrentó precisamente a este problema. Inspirado por observaciones anteriores de Galileo Galilei, Huygens desarrolló el primer reloj de péndulo verdaderamente preciso, una invención que transformó la forma en que la humanidad medía el tiempo durante más de dos siglos.



Figura 1. Retrato de Christiaan Huygens (1629 – 1695), matemático y físico neerlandés que diseñó el primer reloj de péndulo en 1656, logrando por primera vez una medición más precisa del tiempo (Netscher, 2023).

2. DESARROLLO

2.1. Christiaan Huygens en el contexto de la revolución científica

Para entender el origen del reloj de péndulo, primero hay que situarnos en la Europa del siglo XVII. Se trataba de un período de profundas transformaciones en el conocimiento científico, en el que la comprensión del universo estaba cambiando rápidamente gracias a figuras como Johannes Kepler, René Descartes y Galileo Galilei. Durante esta época, la física comenzó a separarse progresivamente de la filosofía natural para convertirse en una ciencia basada en la observación, experimentación y matemáticas (Shapin, 2018).

En ese ambiente intelectual creció Christiaan Huygens, nacido en 1629 en el seno de una familia acomodada y muy influyente de los Países Bajos. Su padre, Constantijn Huygens, era diplomático, poeta y un hombre profundamente conectado con el mundo cultural y científico de Europa. Gracias a ello, el joven Huygens tuvo acceso a educación de primer nivel y estableció contacto con algunos de los pensadores más importantes de su tiempo (Herivel, 2025).

Huygens participó activamente en la comunidad científica europea. Mantuvo correspondencia con matemáticos y astrónomos de varios países y más tarde se vinculó con instituciones científicas emergentes, como la recién fundada Royal Society (Sociedad Real) de Londres y en la Académie des Sciences (Académica de Ciencias) en Francia. Su trabajo no se limitó al estudio de los relojes: también realizó importantes contribuciones en óptica, astronomía y mecánica. Sin embargo, su invento más influyente sería el reloj de péndulo (Britannica, 2025).

2.2. El problema de medir el tiempo con precisión

Antes del siglo XVII ya existían relojes mecánicos, pero su precisión era limitada. La mayoría utilizaba un mecanismo llamado escape de



rueda de corona con balancín. En este sistema una rueda dentada giraba impulsada por un peso o un resorte, mientras una barra oscilante detenía y liberaba su movimiento de manera alternada (Cartwright, 2023).

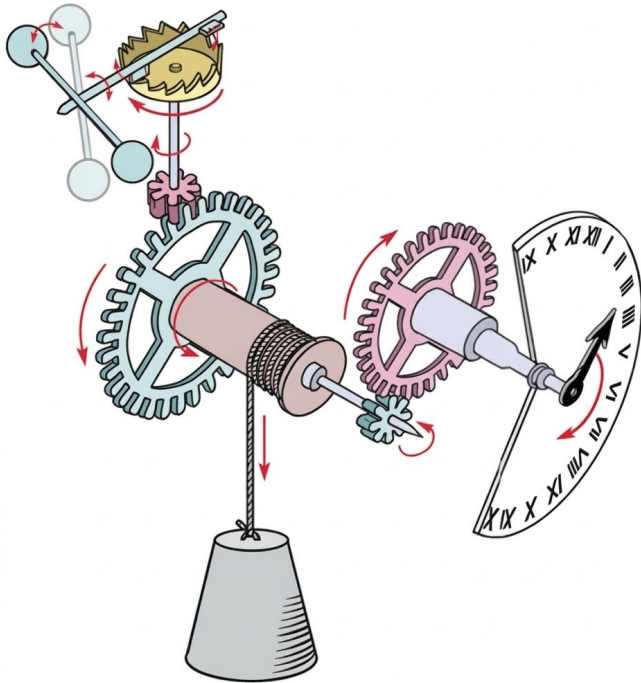


Figura 2. Diagrama de un reloj antiguo con mecanismo de escape de balancín, activado por la gravedad de un peso acoplado. Este sistema era notablemente impreciso, ya que su ritmo dependía directamente de la fuerza variable del peso y la fricción (Museo del Tiempo y los Relojes, s.f.)

Aunque este sistema permitía que el reloj avanzara paso a paso, el movimiento no era muy regular. Factores como la fricción, el desgaste de las piezas o pequeñas variaciones en el movimiento del balancín provocaban grandes errores acumulados.

En muchos casos estos relojes podían adelantarse o atrasarse entre 10 y 15 minutos por día, un margen de error que hoy resultaría inaceptable, pero que en aquella época era relativamente común. Para corregir estas desviaciones, las personas solían ajustar sus relojes tomando como referencia señales públicas, como los relojes de torre o campanarios, o bien mediante observaciones astronómicas sencillas, por ejemplo, identificando el mediodía cuando el sol alcanzaba su punto más alto en el cielo (Landes, 1983).

Aun así, la falta de precisión en la medición del tiempo se volvía un problema serio, especialmente para la astronomía y la investigación científica, dado que conocer la hora con exactitud era fundamental para realizar observaciones celestes más confiables y coordinar experimentos científicos con precisión (Rogers, 2022).

2.3. Galileo Galilei y el descubrimiento del isocronismo del péndulo

La idea clave que permitiría mejorar la precisión de los relojes había sido observada décadas antes por Galileo. Según la tradición, mientras observaba una lámpara oscilando en la catedral de Pisa, notó que el tiempo que tardaba en completar cada oscilación era prácticamente el mismo, incluso cuando el movimiento era más amplio o pequeño (Asimov, 2022).

Este fenómeno se conoce como isocronismo del péndulo. En la actualidad se sabe que el período de oscilación de un péndulo depende principalmente de su longitud y de la aceleración de la gravedad, siendo prácticamente independiente para pequeñas amplitudes del movimiento cuando las oscilaciones son pequeñas.

Teóricamente se sabe que el período T de un péndulo simple puede aproximarse mediante la expresión 1.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

donde L es la longitud del péndulo y g la aceleración de la gravedad.

Esta relación implica que, si la longitud del péndulo se mantiene constante, el tiempo que tarda en completar cada oscilación también permanecerá prácticamente constante. A partir de sus observaciones, Galileo reconoció que esta regularidad podía utilizarse para medir el tiempo; sin embargo, nunca llegó a construir un reloj funcional basado en ella.

No obstante, existen bocetos y propuestas



de un mecanismo que emplearía un péndulo para regular el movimiento del reloj, tal como se ilustra en la Figura 3. Décadas después, Christiaan Huygens retomaría esta idea y lograría transformarla en un dispositivo mecánico real, conocido como el reloj de péndulo (Rogers, 2022).

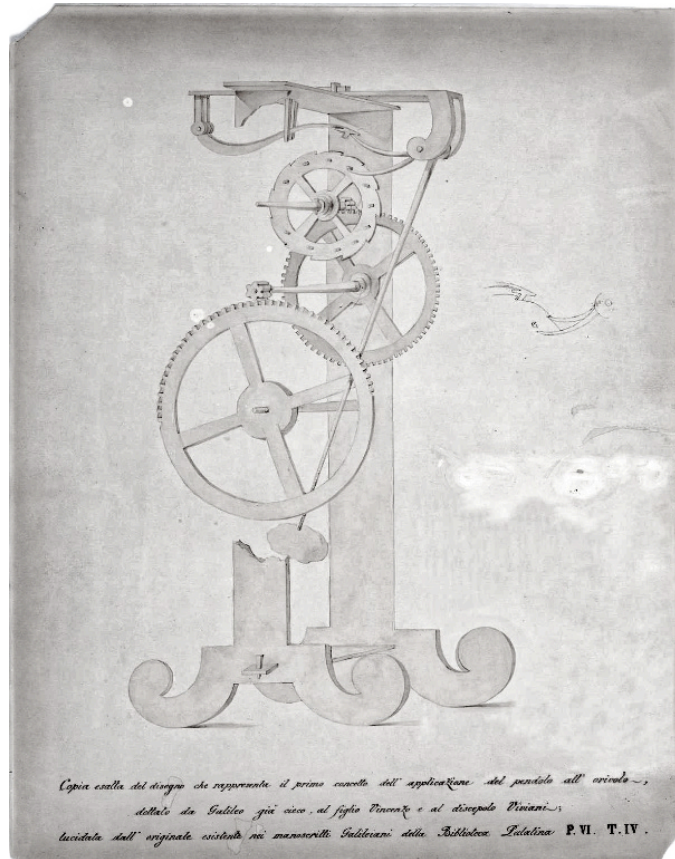


Figura 3. Ilustración del prototipo de reloj de péndulo concebido por Galileo Galilei. El diseño propone un mecanismo en el que un péndulo regula el movimiento de un sistema de engranajes, permitiendo dividir el tiempo en intervalos regulares. Aunque la idea fue planteada por Galileo, el dispositivo nunca llegó a construirse completamente (Science Museum, London, 2023).

2.4. El ingenioso mecanismo del reloj de péndulo

Para convertir la idea del reloj de péndulo en un mecanismo real, Christiaan Huygens trabajó junto al relojero neerlandés Salomon Coster. Mientras Huygens desarrollaba el principio físico del péndulo isócrono y el diseño del sistema, Coster se encargó de construir los primeros relojes basados en ese concepto. Esta colaboración permitió transformar una idea teórica en un dispositivo mecánico capaz de medir el tiempo con mucha más precisión

que los relojes existentes hasta ese momento (Ichim, 2025).

El funcionamiento del reloj de péndulo se basa en la conversión y regulación controlada de la energía potencial gravitatoria. Como se ilustra en el diagrama detallado de la Figura 4, la fuente de energía es una pesa suspendida que está acoplada a un tambor (A) mediante una cuerda que desciende lentamente por efecto de la gravedad.

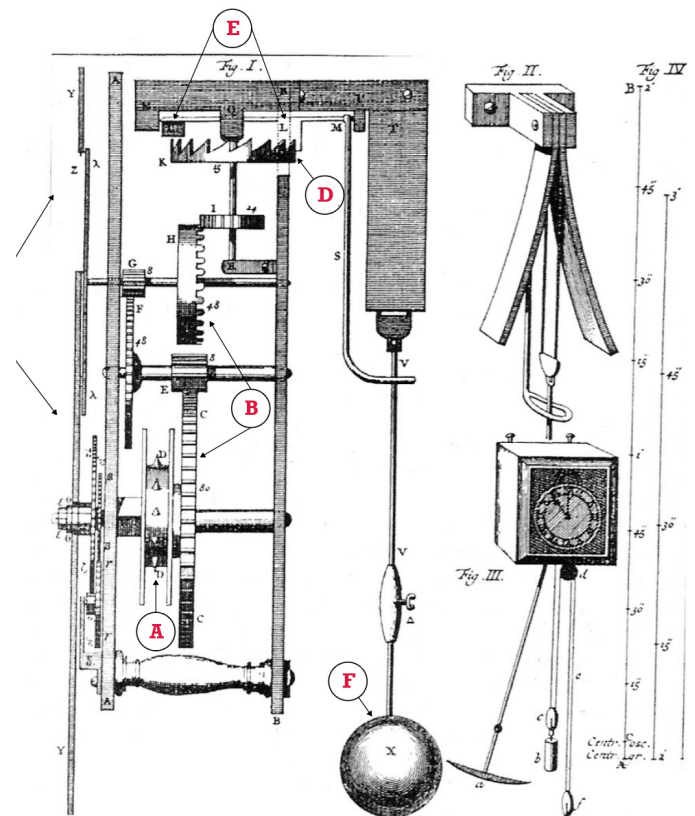


Figura 4. Diseño del reloj de péndulo desarrollado por Christiaan Huygens en 1656. El reloj cuenta con un péndulo (F) que regula el movimiento del reloj y permite medir el tiempo con mucha precisión (Mathews, 2000).

Al caer, la pesa libera energía que se transmite a través de un conjunto de engranajes multiplicadores de velocidad. El movimiento inicia desde la gran rueda dentada, y se propaga mediante piñones a ruedas sucesivas (B), incrementando la velocidad de giro hasta llegar al sistema de regulación. Este tren de rodaje no solo transmite la energía, sino que también lleva el movimiento hacia el mecanismo de las agujas del reloj (C) reduciendo la velocidad mediante una desmultiplicación precisa para que las manecillas avancen al ritmo adecuado



para marcar horas y minutos.

Para controlar y fragmentar este flujo de movimiento continuo, existe una pieza fundamental llamada mecanismo de escape. Como se aprecia en la parte superior de la Figura 4, este mecanismo (D) consta de una rueda con dientes de sierra que tiende a girar constantemente impulsada por la fuerza transmitida desde la pesa suspendida (A).

La rueda de escape (D) actúa como un regulador rítmico de la energía. Aunque intenta girar bajo tensión, es detenida y liberada alternativamente por unas paletas (E), que están conectadas a una varilla vinculada al péndulo oscilante (F).

De este modo, el mecanismo de escape (cuyo mecanismo se encuentra amplificado en la Figura 5) no solo controla el avance del reloj, permitiendo que la rueda avance un diente por cada oscilación, sino que también transfiere pequeños impulsos de energía al péndulo en cada ciclo. Estos impulsos compensan las pérdidas debidas a la fricción y a la resistencia del aire, permitiendo que el movimiento oscilatorio se mantenga estable en el tiempo (Kelly, 2007).

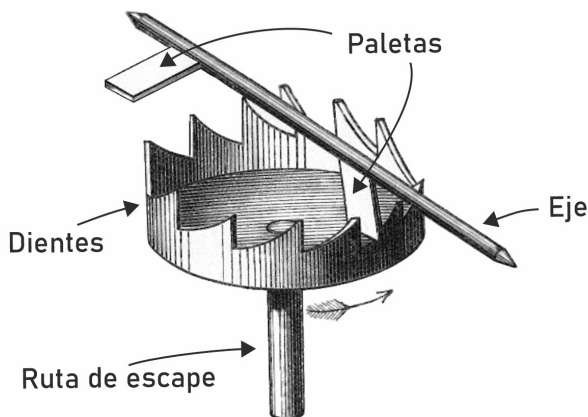


Figura 5. Ilustración del mecanismo de escape de un reloj de péndulo. Se observa la rueda de escape con dientes en forma de sierra, que gira de manera controlada, y la paleta que interactúa con dichos dientes. Este sistema permite liberar el movimiento de la rueda de forma intermitente, transmitiendo impulsos periódicos al péndulo y regulando así el avance del reloj. (Evers, 1860).

2.5. La trayectoria cicloidal y el perfeccionamiento del reloj de péndulo

Aun con un mecanismo bastante desarrollado, Christiaan Huygens observó que el período del péndulo del reloj no era constante cuando cambiaba la amplitud de las oscilaciones. Para mejorar la precisión, Huygens propuso incluir un mecanismo formado por dos placas metálicas en forma de mejillas que obligaría al péndulo a seguir una trayectoria cicloidal en lugar de un simple arco circular.

Una cicloide es la curva que describe un punto en el borde de una rueda al rodar sobre una superficie, tal como se muestra en la Figura 6A. Así, cuando el péndulo oscilaba, el hilo se apoyaba parcialmente sobre las mejillas, modificando su trayectoria y acercándola a una cicloide (Figura 6B). Con esta modificación Huygens logró un movimiento verdaderamente isócrono, es decir, el período se mantuvo constante independientemente de la amplitud de la oscilación (Rogers, 2022).

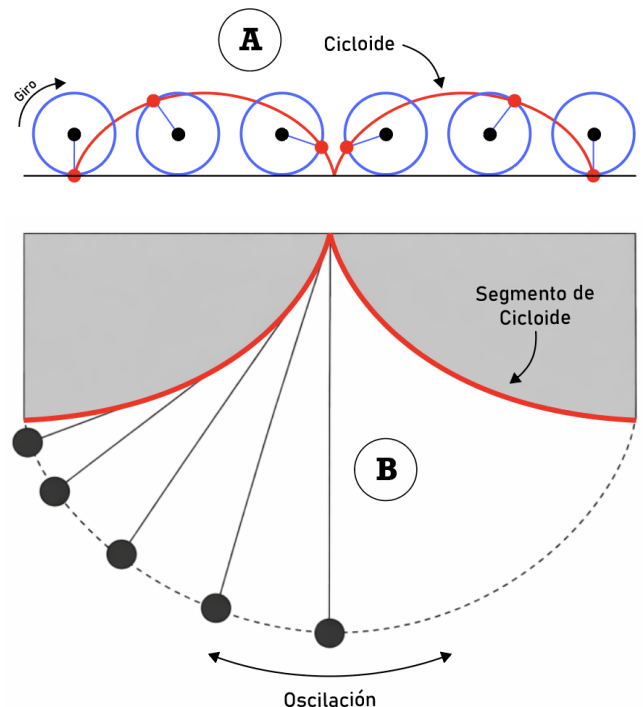


Figura 6. (A) Generación de una cicloide mediante el rodamiento de un círculo. (B) Se observa láminas laterales en forma de mejillas que obligan al péndulo a seguir una trayectoria cicloidal. Al garantizar un periodo de oscilación independiente de la amplitud (isocronismo), Huygens logró que el reloj de péndulo alcanzara una precisión sin precedentes en los relojes de la época (Nishiyama, 2013).



Aunque muchos relojes funcionaron con gran precisión sin este refinamiento adicional, la propuesta de Huygens mostró hasta qué punto la física y las matemáticas podían utilizarse para perfeccionar una máquina aparentemente simple.

Gracias a esta mejora en la precisión, los observatorios astronómicos pudieron realizar mediciones mucho más exactas del movimiento de los astros, permitió mejorar la sincronización de experimentos científicos y contribuyó al desarrollo de relojes públicos más confiables en ciudades europeas.

También benefició a la organización de las actividades diarias, ya que los relojes comenzaron a marcar el tiempo de manera más consistente que antes. Este avance contribuyó a transformar la forma en que las sociedades comprendían y utilizaban el tiempo. Dejó de ser una referencia aproximada y pasó a convertirse en una magnitud que podía medirse con bastante exactitud (Siegel, 2023).

2.6. La evolución del reloj de péndulo: Un avance en la precisión

Con el paso del tiempo, los relojeros fueron perfeccionando el diseño original del reloj de péndulo. Se desarrollaron péndulos más estables, mecanismos de escape más eficientes y sistemas para compensar los efectos de la temperatura, factores que podían afectar la exactitud del movimiento. Gracias a estas mejoras, algunos relojes de péndulo de alta precisión, conocidos como relojes reguladores, llegaron a presentar errores de apenas unos pocos segundos por semana, algo notable para un sistema completamente mecánico (Siegel, 2023).

El perfeccionamiento de esta tecnología continuó durante los siglos posteriores. Un ejemplo destacado es el Shortt-Synchronome clock, desarrollado en 1921 por el ingeniero británico William Hamilton Shortt. Este reloj utilizaba un sistema de dos péndulos sincronizados, donde el péndulo principal oscilaba dentro de una cámara de vacío para

minimizar la resistencia del aire, mientras que un péndulo secundario transmitía el movimiento al mecanismo del reloj, tal como se muestra en la Figura 7. Gracias a este diseño, el reloj de péndulo alcanzó una precisión extraordinaria, un desfase de un segundo por año, convirtiéndose durante varias décadas en uno de los relojes más precisos jamás construidos y siendo utilizado como referencia de tiempo en observatorios y laboratorios científicos (Matthys, 2004).

3. CONCLUSIONES

El desarrollo del reloj de péndulo representó un avance decisivo en la historia de la medición del tiempo. A partir de las observaciones



Figura 7. Reloj sincrónico Shortt (1921), compuesto por dos péndulos acoplados: el primario, ubicado en una cámara de vacío (izquierda), y el secundario (derecha), encargado de accionar el mecanismo del reloj. Este diseño permitía aislar el sistema regulador de perturbaciones externas y mejorar la estabilidad del movimiento (National Institute of Standards and Technology, 2023)

sobre el movimiento del péndulo realizadas por Galileo Galilei, Christiaan Huygens logró



transformar un fenómeno físico natural en un sistema mecánico capaz de regular con gran precisión el funcionamiento de un reloj.

La incorporación del péndulo como elemento regulador, junto con el uso de engranajes, pesas y el mecanismo de escape, permitió reducir drásticamente los errores que tenían los relojes anteriores. Lo que antes podía desviarse varios minutos al día pasó a medirse con una precisión sin precedentes para la época, marcando un punto de inflexión en la evolución de la relojería y en la capacidad de la ciencia para cuantificar el tiempo. Durante varias décadas estos relojes se utilizaron como referencia de tiempo en observatorios y laboratorios antes de la aparición de los relojes atómicos.

El reloj de péndulo de Huygens marcó un punto de inflexión en la historia de la ciencia. Al transformar un concepto físico, el movimiento oscilatorio, en una herramienta funcional, mejoró significativamente la medición del tiempo en su época. Este desarrollo destaca la importancia de traducir la teoría científica en aplicaciones concretas para resolver desafíos reales. Asimismo, su perfeccionamiento a lo largo del tiempo, evidenciado en diseños de alta precisión como el reloj de péndulo sincronizado de Shortt, demuestra cómo la mejora continua de estos sistemas permitió alcanzar niveles de exactitud sin precedentes dentro de la relojería mecánica.

4. REFERENCIAS

- Asimov, I. (2022). Momentos estelares de la ciencia. Alianza Editorial. Obtenido de <https://clementemat.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/momentos-estelares-de-la-ciencia.pdf>
- Britannica, T. e. (2025). When was the pendulum clock invented? Obtenido de Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/question/When-was-the-pendulum-clock-invented>
- Cartwright, M. (2023). World History Encyclopedia. Obtenido de Los relojes en la Revolución Científica: <https://www.worldhistory.org/trans/es/2-2315/los-relojes-en-la-revolucion-cientifica/>
- ECURED. (2019). Reloj de péndulo. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Reloj_de_p%C3%A9ndulo#:~:text=largo%20del%20tiempo,-Funcionamiento,escape%20de%20%C3%A1ncora%20de%20Graham.
- Evers, H. (1860). A handbook of applied mechanics. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0G8DAAAAQAAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=A+handbook+of+applied+mechanics.+evers&ots=VJGe8546jX&sig=U0xfRugBuzDgcU9pCzfBuhwk-_o&redir_esc=y#v=onepage&q=A%20handbook%20of%20applied%20mechanics.%20evers&f=false
- Herivel, J. (2025). Christiaan Huygens. Obtenido de Enciclopedia Británica: <https://www.britannica.com/biography/Christiaan-Huygens>
- Ichim, D. (2025). SJX Watches. Obtenido de ¿Quién inventó la espiral?: <https://watchesbysjx.com/2025/02/hairspring-hooke-huygens.html#:~:text=Antes%20de%20que%20Huygens%20introdujera,Harrison%20con%20su%20cron%C3%B3metro%20marino%20.>
- Kelly, H. C. (2007). Clock Repairing as a Hobby. Skyhorse Publishing Inc. Obtenido de <https://books.google.com.ec/>
- Mathews, M. R. (2000). Time for Science Education. Springer Science & Business Media. Obtenido de <https://books.google.com.ec/>
- Matthys, R. J. (2004). Accurate Clock Pendulums. OUP Oxford. doi:<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198529712.002.0006>
- Museo del Tiempo y los Relojes. (s.f.). Obtenido de Mecanismos de relojes de torre: <https://www.watchmuseum.ru/portfolio/mekhanizmy-bashennykh-chasov>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). NIST. Obtenido de The Second: Past, Present and Future: <https://www.nist.gov/si-redefinition/second-past>
- Nishiyama, Y. (2013). The brachistochrone curve: The problem of quickest descent. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 409--419. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Yutaka-Nishiyama-2/publication/259604957_The_brachistochrone_curve_The_problem_of_quickest_descent/links/00b7d52ce2bcab572a000000/The-brachistochrone-curve-The-problem-of-quickest-descent.pdf
- Rediscovering pendulum clocks. (s.f.). Obtenido de Soprana: <https://www.soprana.com/clocks-timeandwatches/?lang=en>
- Rogers, C. (2022). Relojes de péndulo de Huygens. Obtenido de EBSCO: <https://www.ebsco.com/research-starters/history/huygenss-pendulum-clocks>
- Science Museum, London. (2023). World History Encyclopedia. Obtenido de Galileo's Design for a Pendulum Clock: <https://www.worldhistory.org/image/18067/galileos-design-for-a-pendulum-clock/>
- Shapin, S. (2018). The scientific revolution. University of Chicago press. Obtenido de <https://books.google.com.ec/>
- Siegel, E. (2023). La física de por qué falló el primer reloj de Estados Unidos. Obtenido de Big Think: <https://bigthink.com/starts-with-a-bang/physics-first-clock-america-failed/#:~:text=Un%20>



reloj%2C%20dise%C3%B1ado%20y%20
construido,la%20gravedad%20explica%20
por%20qu%C3%A9.&text=Uno%20de%20los%20
primeros%20relojes,lo%20largo%20de%20un%20
mes.&text=Inventad

INFORMACIÓN DE LA REVISTA

Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>

e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 9, abril 2026

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec