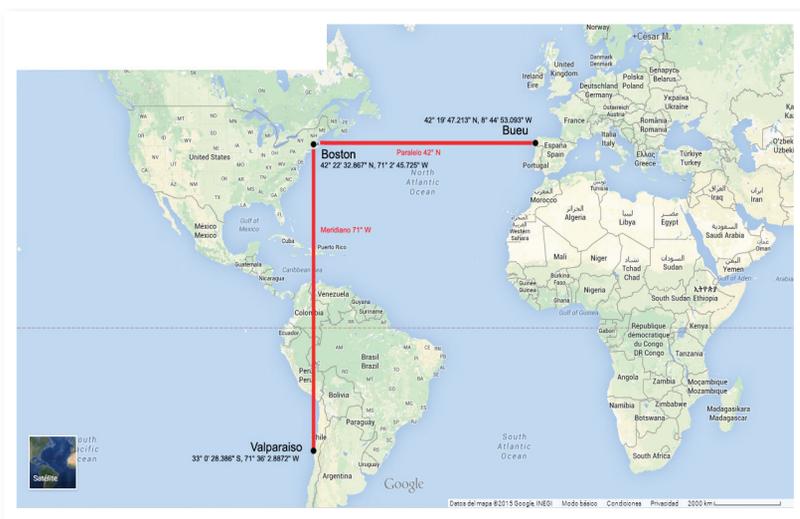


# LA HORA Y LA LONGITUD, UNA HISTORIA DE PERSEVERANCIA

Rodolfo Soria-Galvarro Derpich\*

*John Harrison tuvo que enfrentar una lucha contra las estructuras sociales y científicas de su época para imponer la mejor solución al problema de la longitud, reflejando de esta forma que la tenacidad, voluntad, conocimiento y capacidad profesional; finalmente permiten alcanzar el éxito y resultan aleccionadoras para sobreponerse a las adversidades.*



En tierra la ubicación se facilita al observar puntos notables, montañas, ríos, rocas, bosques, etc. Sin embargo, en las planicies y desiertos se tenía que recurrir a la observación de los cielos, para contar con referencias útiles. Obviamente que en el mar, apenas la costa dejaba de ser visible, se recurría a la observación de fenómenos naturales como olas, vientos, corrientes, etc., y también a los cambios en los astros del cielo.

**H**oy es fácil conocer la ubicación geográfica con pocos metros de error. Un celular inteligente, con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) entrega la ubicación en el mapa o carta náutica, junto con el dato de velocidad y dirección si se está en movimiento. Para qué decir de los sistemas que usan los buques y aeronaves, militares y civiles, que complementan a otros sensores para entregar imágenes muy cercanas a la realidad.

El estudio de éstos permitía mantener la dirección a avanzar, como también ubicar las naves de manera más precisa que la mera casualidad.

Actualmente, se tiene una cobertura casi total de cartografía, referencias comunes, exactitudes y mediciones impensadas hace sólo unas décadas. Pero no siempre fue así y el hombre tuvo que desarrollar todo su ingenio para conocer su ubicación, primero en un entorno cercano y luego para aventurarse a tierras y mares desconocidos.

El descubrimiento de la brújula y el desarrollo de instrumentos como el sextante, facilitaron la tarea. En el hemisferio norte, se goza de la presencia de la Estrella Polar, que señala el norte geográfico con bastante exactitud, mientras que en el sur, a falta de ésta, se requerían observaciones más complejas e imaginativas de las constelaciones celestes. Pese a ello, osados marinos se aventuraron más allá del mundo conocido y alcanzaron lejanas tierras, para ocuparlas, conquistarlas o establecer relaciones comerciales y sociales.

\* Contraalmirante. Oficial de Estado Mayor.

Con el tiempo, se desarrollaron nuevas naves, mejores instrumentos y se logró una mayor comprensión de las ciencias, enriqueciendo así el arte de navegar.

En la era de los descubrimientos, en el siglo XV y hasta bastante entrado el siglo XVIII, los navegantes podían conocer con relativa facilidad la latitud en la cual se encontraba la nave. La observación de los astros, en especial del sol al mediodía, junto a complejos cálculos, les permitía determinar la diferencia que tenían respecto a la línea del Ecuador. Lo anterior se podía complementar con derroteros de rutas navegadas, los cuales se mantenían en secreto, aunque podían obtenerse a través del hurto o compra ilegal. Así y todo, hacerse a la mar era una aventura arriesgada, con mucho de desconocido por la proa.

El problema difícil era determinar la longitud del momento. Durante siglos esta incógnita no pudo ser resuelta y se tendía a navegar controlando la latitud y luego de alcanzar la altura deseada, se gobernaba hacia el este o el oeste hasta avistar la costa. Cuando se buscaban continentes, el problema era relativamente simple, pero cuando eran islas y las referencias tenían mucho más de imaginación que de realidad, la situación era muy difícil.

### La importancia de la hora

La determinación de la longitud se hace en base al tiempo. Conociendo simultáneamente la hora local y la de un lugar de referencia, es posible convertir esta diferencia de horas en una separación geográfica. Como la Tierra demora 24 horas en completar una evolución de  $360^\circ$ , una hora equivale a un giro de  $1/24$ , o de  $15^\circ$ . Es decir, una hora de diferencia entre un punto y otro equivale a una diferencia de  $15^\circ$  de longitud al este o al oeste.

Todo lo anterior, que parece tan sencillo, no lo es si no se cuenta con cronómetros que mantengan la hora del punto de referencia. Los relojes de sol o arena no tenían la precisión necesaria y cuando aparecieron los relojes mecánicos, en especial los de péndulo, tampoco eran confiables. Los movimientos de los buques, los cambios de temperatura, la contracción o extensión de las partes, como también los cambios barométricos o de la gravedad de la

Tierra entre un lugar y otro, producían adelantos o atrasos inaceptables e incluso llevaban al reloj a su total detención.

Era una época difícil y muchos de los grandes navegantes como Colón, Vasco da Gama, Núñez de Balboa, Magallanes o Drake, consiguieron llegar donde iban, más por su tenacidad, buena suerte o por la gracia de Dios, que por el apoyo tecnológico para llevar su navegación.

El 1612, Galileo propuso utilizar la posición de las lunas de Júpiter como un reloj universal, haciendo posible determinar la longitud. El método requería observar las lunas desde la cubierta de una nave en movimiento y pese al empeño e ingenio colocado, no tuvo éxito y sólo sirvió para usos terrestres.

Las grandes potencias marítimas, como España, los Países Bajos, y algunas ciudades-estados de Italia, periódicamente ofrecían premios para quien elaborara un método efectivo. Sin embargo, fue Gran Bretaña la que dio finalmente el paso decisivo en esta materia.

### El desastre de las islas de Sorlingas (Scilly) y el Decreto de Longitud

Como ocurre en muchas ocasiones, grandes iniciativas reciben su impulso por desastres, que obligan a tomar medidas para evitar su repetición. Así fue como en 1707, durante la Guerra de Sucesión Española, Gran Bretaña había enviado una flota a Toulon, al mando de Sir Cloudesley Shovell.<sup>1</sup> La operación no fue exitosa y los británicos se vieron obligados a volver a Portsmouth vía Gibraltar. La escuadra consistía en 21 buques, de los cuales 15 eran de línea.

La navegación, marcada por malos tiempos, se hizo peor al ingresar al Golfo de Vizcaya y se desviaron de la ruta. El 22 de octubre, el escuadrón ingresó al canal de La Mancha, creyendo que navegaban seguros al oeste de la isla de Ushant, sin embargo, la mala estima y la incapacidad de calcular la longitud, había llevado a los buques cerca de las islas Sorlingas (Scilly) y antes que enmendaran el error, cuatro naves se destrozaron contra las rocas y cerca de 2.000 marinos perdieron la vida.

1. Captain Peter Hore, *The Habit of Victory*, pág 41. National Maritime Museum and Peter Hore, 2005.

Debido al desastre, el Parlamento Británico publicó el Decreto de Longitud de 1714,<sup>2</sup> y nominó a 22 comisionados al Consejo de Longitud, entre parlamentarios, administradores, académicos y oficiales de marina, quienes debían evaluar y financiar las proposiciones para desarrollar un método factible y útil para determinar la longitud en la mar. Los premios ofrecidos, en moneda de la época, eran:

- £10.000 para exactitudes dentro de 60 millas náuticas.
- £15.000 para cálculos dentro de 40 millas náuticas, y
- £20.000 por determinar la longitud dentro de 30 millas náuticas.<sup>3</sup>

## La lucha por la fama y el premio

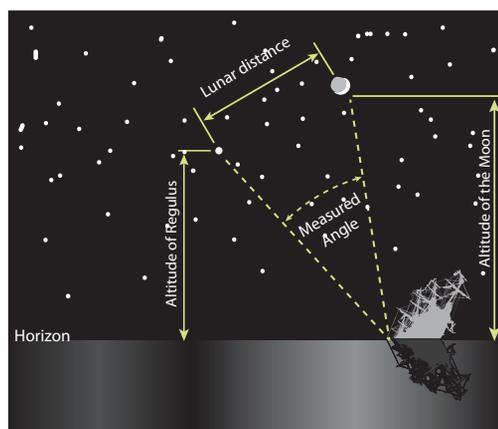
### ■ Método de las Distancias Lunares

Tobías Mayer, astrónomo alemán, había elaborado el método de Distancias Lunares para determinar la hora de un lugar de referencia, sin contar con relojes o cronómetros. Mayer produjo tablas de predicción de la posición de la Luna y las envió al Consejo de Longitud, donde se avaló que las predicciones eran exactas hasta medio grado, aunque los cálculos eran difíciles y demandaban mucho tiempo.

Una década después, el Astrónomo Real, reverendo Nevil Maskelyne y miembro del Consejo de Latitud, armado con estas tablas y luego de haber experimentado a bordo el método de las Distancias Lunares, propuso la publicación de las predicciones de estas distancias en un almanaque náutico, para determinar la longitud en la mar.

El método considera que la Luna demora 27,3 días en moverse 360°, por lo tanto, en una hora, se desplaza ½°, aproximadamente su propio diámetro. El ángulo formado por la Luna y otro cuerpo celeste, en un instante dado, es igual en cualquier parte del globo. Si se comparaba una medición de a bordo con las tablas que mostraban la hora en que dicho valor se daba en Greenwich, se podía conocer la diferencia de tiempo entre ellas y así determinar la longitud del momento.

Este método que parece tan simple, en realidad era muy complejo y requería varias correcciones.



■ Método de Distancias Lunares, de Tobías Mayer.

Como el Almanaque<sup>4</sup> predecía las distancias lunares entre los centros de los cuerpos celestes y se empleaban los bordes para la medición, había una primera corrección. Luego otra para compensar las diferencias en el tamaño aparente de la Luna, que cambia de acuerdo a su distancia de la Tierra, y otra más para los cambios diarios del semidiámetro de la luna y el sol. También debían corregirse los efectos de paralaje y refracción atmosférica, para finalmente obtener el dato de la hora de Greenwich en las tablas.

Éstas eran complejas para la época, pues predecir la posición de la Luna, con meses de anticipación, requería resolver el problema de tres cuerpos en movimiento (Tierra, Luna y Sol). Para ello se empleó el método de Euler,<sup>5</sup> quien también recibió un beneficio por parte del Consejo de Latitud por sus cálculos.

### ■ El Reloj de Sully

Otra solución era usar un reloj mecánico que mantuviera la hora del lugar de referencia. Los intentos realizados, con relojes de péndulo, tuvieron cierto éxito, sin embargo hubo escépticos, entre ellos Isaac Newton, que existiera un reloj con la precisión requerida. Si bien ya existían máquinas exactas, con los movimientos de los buques fallaban o mostraban oscilaciones que las volvían inútiles.

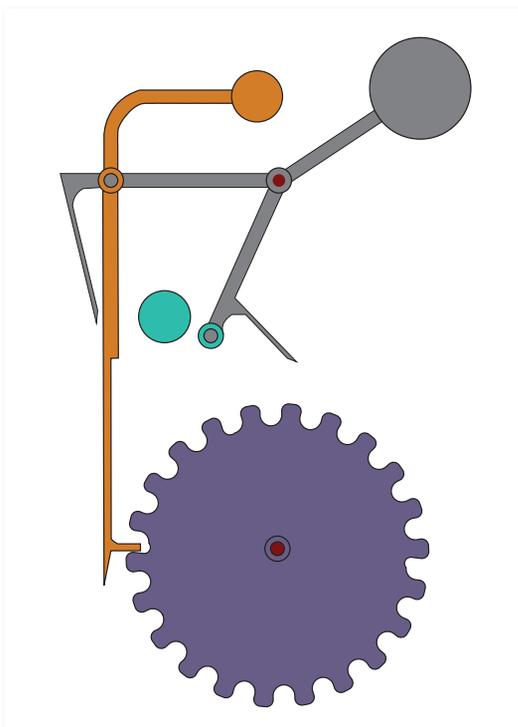
En 1720, Henry Sully inventó un reloj Marino que contaba con una gran rueda balanceadora,

2. <http://cudl.lib.cam.ac.uk/collections/rgo14>

3. Valores en moneda actual, serían de 2, 3 y 4 millones de US\$ aproximadamente.

4. El Almanaque se publicaría de 1767 a 1906, en Gran Bretaña.

5. Leonhard Euler (1707 – 1783), matemático y físico suizo.



■ Escape saltamontes.

rodamientos y pesos de control. El sistema, que evitaba errores por la expansión termal, sólo era efectivo en mar calma y probó ser inútil. Pese a todo, fue el primer intento serio para determinar la Longitud, empleando relojes.

#### ■ El cronómetro marino y la propuesta de Harrison

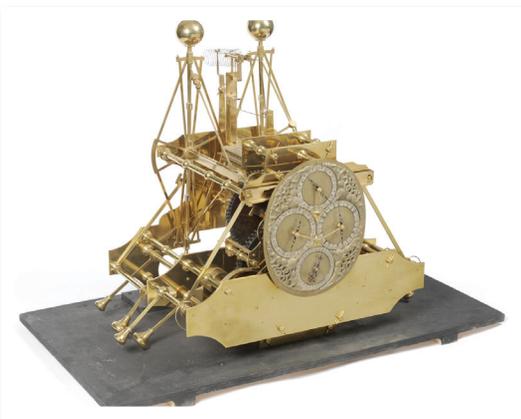
John Harrison,<sup>6</sup> era un relojero inglés que incorporaba adelantos tecnológicos para fabricar máquinas exactas y confiables. Sus creaciones más relevantes fueron los Péndulos de Parrilla y el Escape Saltamontes. El primero consistía en que el bastidor del péndulo lo componían varias barras paralelas de diferentes metales que compensaban los cambios de temperatura, mientras el segundo permitía controlar paso a paso la cuerda o resorte del reloj, con un sistema que casi no requería lubricación. Harrison y su hermano cotejaron la exactitud de sus relojes observando los astros, logrando errores menores a un segundo, mientras que los de bolsillo de la época se retrasaban docenas de minutos al día. En 1730 Harrison diseñó un reloj marino y

buscó financiamiento del Consejo de Latitud, el cual lo derivó a George Grahan, el relojero más famoso del reino, quien impresionado, le prestó dinero para construir su "Reloj de Mar".

Le tomó cinco años fabricar su primer reloj, conocido como H1, haciendo demostraciones a la Real Sociedad, quienes lo recomendaron al Consejo de Latitud. Fue la primera vez que se consideró una proposición como digna de ser probada en la mar.

En 1736 se cumplió la prueba en una navegación a Lisboa, y si bien falló a la ida, en el viaje de regreso, a bordo del HMS "Oxford", se comportó tan bien, que tanto el comandante como el navegante del buque alabaron su diseño y destacaron que mientras sus cálculos mostraron 60 millas de error, el H1 predijo correctamente la posición de la nave. Lamentablemente éste no era el viaje transatlántico que demandaba el Consejo de Latitud, aunque igual le asignaron una recompensa de £ 500 para continuar su desarrollo.

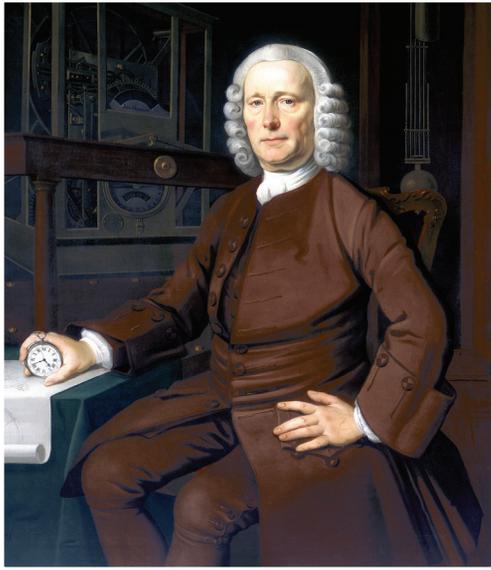
En 1741, Harrison fabricó el H2, una versión mejorada y más compacta del H1, pero debido a la guerra entre Gran Bretaña y España; y por errores de diseño detectados por el mismo autor, el proyecto fue abandonado. Pese a todo, el Consejo asignó otras £ 500 y mientras finalizaba la guerra Harrison se dedicó a diseñar un tercer Reloj de Mar, donde adoptó balancines circulares para absorber los movimientos de los buques. El desarrollo, fabricación y pruebas tomaron 17 años y para colmo de males, no se comportó como



■ Reloj H1<sup>7</sup>

6. DavaSovel, Longitud. Compactos anagrama, [www.librosmaravillosos.com](http://www.librosmaravillosos.com)

7. <http://www.rmg.co.uk/explore/astronomy-and-time/time-facts/harrison>



■ John Harrison.

esperaba. El problema era el desconocimiento de la física de los resortes que controlan el balance de los engranajes, al margen de las variaciones en las condiciones exteriores.

Alrededor de 1750, Harrison se dio cuenta que la idea del Reloj de Mar no era buena y que un reloj más pequeño, tipo de bolsillo, podría ser más efectivo pues sus balancines, oscilarían a mayor velocidad. Esto además lo haría más práctico, factor exigido por el Consejo de Latitud.

En 1758, casi 30 años después de su primer intento, Harrison descubrió que Thomas Mudge había construido relojes de bolsillo tan precisos como sus grandes aparatos. Además conoció los trabajos de John Jefferys, que compensaba, en relojes de poco tamaño, los cambios de temperatura y se mantenían funcionando mientras se les daba cuerda.

Ello lo llevó a fabricar una nueva versión del llamado H4 o N1, algo mayor en tamaño a un reloj de bolsillo (13 cm de diámetro), que resultaría ser una obra de arte y el primer reloj marítimo exitoso.

El H4 fue probado en tierra y luego a bordo del HMS "Deptford" en un viaje a Jamaica. Al término de 81 días y 5 horas de travesía, el reloj mostró un atraso de 5 segundos, correspondiendo a un

error de 1,25° de longitud equivalente a una milla náutica en la longitud de Kingston. A la vuelta del viaje, Harrison esperó recibir su premio, sin embargo el Consejo estimó que había sido sólo una casualidad y debía hacerse otra prueba.

Para entonces era obvia la rivalidad existente entre el gran abogado del método de Distancias Lunares, el Astrónomo Real, Nevil Maskelyne,<sup>8</sup> y John Harrison, cuyos contactos en el ámbito científico eran muy pocos. El Consejo lo obligó a efectuar una nueva prueba entre Bridgetown y Barbados.

Durante ésta, el reverendo Maskelyne (el mayor enemigo del proyecto) también se embarcó en el HMS "Tartar" para efectuar mediciones paralelas con el sistema de Distancias Lunares. Nuevamente, el H4 demostró su gran exactitud, con errores menores de 39 segundos y menos de 10 millas náuticas en la longitud de Bridgetown. Por su parte, las mediciones del reverendo fueron buenas, pero con diferencias de 30 millas náuticas y requiriendo de gran trabajo y cálculos muy complejos.



■ Reloj de Harrison, H4.

Lamentablemente, de nuevo el Consejo atribuyó el éxito del H4 a la suerte, aunque el Parlamento enmendó, en parte, la situación, disponiendo un avance de £10.000 para Harrison y una cantidad similar a otros relojeros, para fabricar copias del H4. La máquina original

8. Dava Sovel, Longitud. Compactos anagrama, [www.librosmaravillosos.com](http://www.librosmaravillosos.com)



■ Cronómetro Harrison H5.<sup>9</sup>

se envió al Astrónomo Real para pruebas de largo aliento.

Desgraciadamente, como era de esperarse, el reverendo Maskelyne emitió informes negativos del H4 y pese al éxito en las pruebas en la mar, señaló que no cumplía con los requerimientos exigidos.

Harrison no se amilanó y mientras el Consejo retenía su reloj, comenzó la fabricación de uno nuevo, el Cronómetro H5. Pasaron tres años y sintiéndose maltratado por quienes había esperado mejor respuesta, solicitó apoyo al Rey Jorge III. El soberano, probó personalmente el cronómetro y molesto con el Consejo, gestionó con el parlamento un reconocimiento para Harrison, el cual fue concedido en 1773 cuando tenía 80 años.

Un simple relojero había alcanzado el éxito superando a los sabios astrónomos de la época.<sup>10</sup> Sin embargo, pese a los años transcurridos, el premio del Consejo de Latitud jamás fue otorgado a ninguna persona.

Con el tiempo el uso de cronómetros marinos se hizo común y por ejemplo el Capitán James Cook,<sup>11</sup> que en su primera expedición empleó el método de Distancias Lunares, en su segundo y tercer viaje usó el Reloj K1, derivado de los de Harrison, para calcular la longitud.

El principal problema era el costo, inicialmente podía representar hasta el 30% del valor del buque. Sin embargo, la enorme expansión del comercio

mundial y de la marina mercante, generó la demanda y rápidamente aparecieron cronómetros a precios razonables los que se incorporaron al equipamiento de los buques.

Si en el siglo XVII el método para determinar la longitud era el de las Distancias Lunares, en el siglo XIX el cronómetro terminó dominando los cálculos de navegación. Pese a todo, Gran Bretaña siguió publicando las tablas de Distancias Lunares hasta 1906.

A fines del siglo XIX las naciones acordaron un referente común para medir la longitud y pese a las objeciones iniciales de Francia, que proponía a París, o España, que favorecía a Cádiz, se impuso Greenwich, que se emplea hasta nuestros días.<sup>12</sup>

La aparición de la radio y la telegrafía inalámbrica, a comienzos del siglo XX, permitió controlar de mejor forma la hora y con ello sepultar definitivamente el método de Distancias Lunares.

## El presente y una lección

Es obvio que los desafíos de la navegación en la actualidad son diferentes. La ciencia y la tecnología no sólo nos sitúan con gran exactitud y a bajo costo, sino también nos permiten agregar imágenes del entorno, en tiempo real. Su única debilidad es la dependencia del poder eléctrico, aunque en la mayoría de los casos cuentan con potentes baterías de respaldo, pero éstas también se agotan. Puede ser esa la razón por la que hasta ahora se continúe enseñando y practicando la navegación de altura tradicional y manteniendo tablas, sextantes y cronómetros a bordo de los buques.

Por otro lado, la lucha contra la adversidad y las estructuras sociales y científicas, que enfrentó John Harrison para imponer la mejor solución al problema de la longitud, es una demostración que la tenacidad, voluntad, conocimientos y capacidad profesional finalmente permiten alcanzar el éxito y resultan aleccionadoras para sobreponerse a la adversidad.

\*\*\*

9. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Harrison%27s\\_Chronometer\\_H5.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Harrison%27s_Chronometer_H5.JPG)

10. Gustavo Aimone, La historia del Cálculo de la longitud en el Mar, Revista de Marina N° 860, N°1, 2001.

11. Capt. Alan Villiers, Men, Ships and the Sea. Pág. 152 - 159. National Geographic Society, 1973.

12. <http://www.thegreenwichmeridian.org/tgm/articles.php?article=10>