

# **DE LA NECESIDAD DEL CRONOMETRO EN EL MAR**

Conferencia presentada en el Espace Horloger du Sentier, Vallée de Joux, Suiza el 18 de Enero del 2013, para celebrar la llegada de un cronometro de marina a dicho museo.

En 2016, una versión en castellano de esta conferencia fue presentada por su autor en Laredo, Cantabria, en el circulo de las conferencias organizadas por AMONAVAL, la asociación de modelismo naval de la Villa.

**P.-A. Reymond**

## Plan de la presentación

Una visión de la navegación y de la necesidad de conocer el tiempo, desde el Big Bang hasta la creación del cronometro de marina

### Nociones básicas

- La noción del tiempo
- La noción del Millardo
- La Tierra
- El ser humano
- El nomon
- La hora y su evolución
- Los calendarios
- Las efemérides
- Los conocimientos náuticos en la Edad Media

### La navegación al largo de los siglos

- Los mapas
- La noción del meridiano de origen
- La imagen del cielo
- La determinación de la meridiana
- La determinación de la longitud

### Los conocimientos en el siglo XVIII

- Evolución de los instrumentos y técnicas náuticas
- La necesidad de la hora

### Las dos soluciones principales para resolver el problema de la longitud

- Los métodos de las distancias lunares
- El reloj

- Bibliografía y et crédito imágenes

Adaptación al Castellano, Laredo, 10-08-2016

## **Noción del tiempo**

Cronos era el dios del tiempo. Pero ¿qué es el tiempo? No vamos a entrar en consideraciones filosóficas, pero parece evidente que el tiempo es una noción totalmente ligada al hombre.

Para Aristóteles, el tiempo es el número del movimiento, según lo anterior y lo posterior.

Para otros, el tiempo es un eterno retorno cíclico y repetitivo: Pasado, presente futuro, luna nueva, luna llena, primavera, verano, otoño e invierno, por ejemplo. Una noción de ciclos, de ritmo, de cadencia o de frecuencia.

Para José Luis Borges, « Estar contigo o no estar contigo es la medida de mi tiempo ».

Para Newton, es un flujo continuo, una analogía con el movimiento.

Para Einstein, el tiempo es relativo y su teoría de la relatividad también nos dice que el concepto de espacio y el concepto de tiempo son inseparables.

Así, el tiempo es un concepto desarrollado por el ser humano para aprehender el cambio en relación con un momento.

Vemos que la noción del tiempo tiene como corolario la noción del movimiento, el cual se produce mediante la duración.

Por otra parte, el tiempo deja de tener sentido cuando desaparece la idea de movimiento, ya que el tiempo supone la noción de variación.

Por último, el tiempo implica presencia de materia. En el vacío absoluto no hay ni movimiento ni variación, y así la noción del tiempo parece ausente. ¿Pero acaso existe el vacío absoluto?

Es difícil no pensar en aquella magnífica frase pronunciada por un habitante de cierto país tropical, que decía a un viajero europeo: « con vuestros relojes tenéis hora, pero nosotros tenemos tiempo ».

## **Noción del millardo**

Difícil de imaginar para muchos de nosotros, excepto para algunos millonarios que están sentados al fondo de la sala.

Un billón representa un millón de millones. Un millardo son mil millones.

Un ejemplo divertido consiste en preguntarse cuántos millardos de segundos ha vivido cada uno de nosotros. Un millardo de segundos, tic tac tic tac tic tac, representan 31.7 años. En monedas de 1€ (2mm de grueso) superpuestas como rodajas de chorizo, un millardo de Euros representa 1000 kilómetros. Una vida entera con un sueldo mensual de un millón y medio apenas bastaría para transformarles a ustedes en millonarios o millarderos.

El famoso big bang sucedió hace alrededor de 15 millardos de años.

Les dejare calcular cuántos segundos hace...

## La Tierra

Según los científicos actuales, la Tierra tendría alrededor de 4 billardos y medio de años, o si prefieren 4600 millones de años. Para comprender mejor la dimensión, les propongo reducir este valor a uno de nuestros años actuales de 365 días.

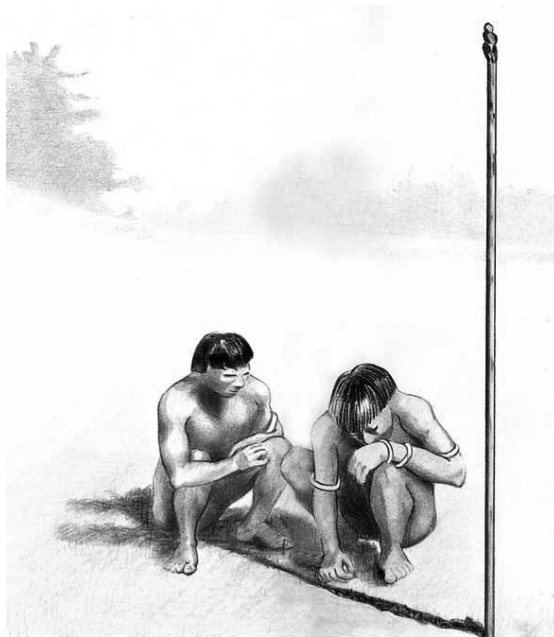
La Tierra nació pues hace un año, un uno de Enero. Tenemos que esperar a que pase el invierno, toda la primavera, todo el verano, el otoño entero y los primeros días del invierno siguiente para ver, el 26 de Diciembre, a los primeros bípedos, y que tan solo ayer, ultimo día del año, adoptaron la posición vertical aquellos primates.

## El ser humano

Hace alrededor de 4.5 millones de años el mono se enderezó sobre sus patas traseras. Habrá que esperar 4 millones de años para llegar al Homo Sapiens, es decir hace 22 minutos con la escala que hemos elegido.

Hace aproximadamente 500'000 años, o 57 minutos, se adquirió el dominio del fuego.

El Cromañón, del cual desciendo, clavo una lanza delante de su caverna hace apenas unos minutos y poco a poco fué observando diversos fenómenos:



El intrigue de la sombra del nomon

- día y noche : de día caza de animales, de noche intento de caza de su compañera (ya había problemas de migraña en esta época...)
- orto, mediodía y ocaso (noción de meridiana y de culminación del Sol)

- estaciones, periodos de siembra, retorno de la primavera, etc.
- ciclo anual : división en lo que hoy llamamos meses solares
- otros ciclos, tal como:
  - ciclo de la Luna, periodo de 27 días, 07 horas, 43 minutos y 12 segundos = periodo sideral, rotación alrededor de la Tierra, la Luna pasa por todas las constelaciones
  - ciclo lunar de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 03 segundos = periodo sinódico, de Luna llena a la siguiente Luna llena
  - ciclo de las mareas: están ligadas a los movimientos de la Luna, edad de la marea = retraso de tiempo entre la sicigia (alineación entre Tierra-Luna-Sol) y la marea viva
  - Establecimiento = retraso específico de la pleamar en un lugar (puerto) con respecto al paso de la Luna por el meridiano local (aproximadamente 3 horas en Laredo)
  - Precesión (periodo de 23'000 años!)

La transmisión del saber se hace de manera oral, con cantos y juegos de iniciados, como se hacía en la isla de Pascua aun en el siglo pasado.

Cantos puntuados en ritmo chocando piedras y cordeles entre los dedos para hacer figuras son una manera de memorizar frases.

No se sabe exactamente cuándo apareció el lenguaje humano, pero se sabe que esta evolución de la naturaleza está en relación con dos necesidades:

- La de disponer de órganos adecuados, especialmente de un sistema vocal apropiado y de un cerebro suficientemente desarrollado.
- La necesidad absoluta de disponer de la capacidad de pensamiento simbólico.

Para hablar, se necesita mover los músculos de la cara, mover la lengua, accionar las cuerdas vocales, pero también distinguir y emitir sonidos, construir significados, así como un desarrollo de la memoria que permita asociar y relacionar ideas.

Para la mayoría de los humanos, las zonas cerebrales que se utilizan para hablar están en el hemisferio izquierdo del cerebro.

La comunicación existe en cuanto el comportamiento de otros seres vivos se ve modificado por el comportamiento de uno de ellos. La comunicación entre especies vivas se da muy pronto en la naturaleza, ya entre los organismos unicelulares.

Las comunicaciones más esenciales son cosas sencillas como la fertilidad, el miedo o la territorialidad.

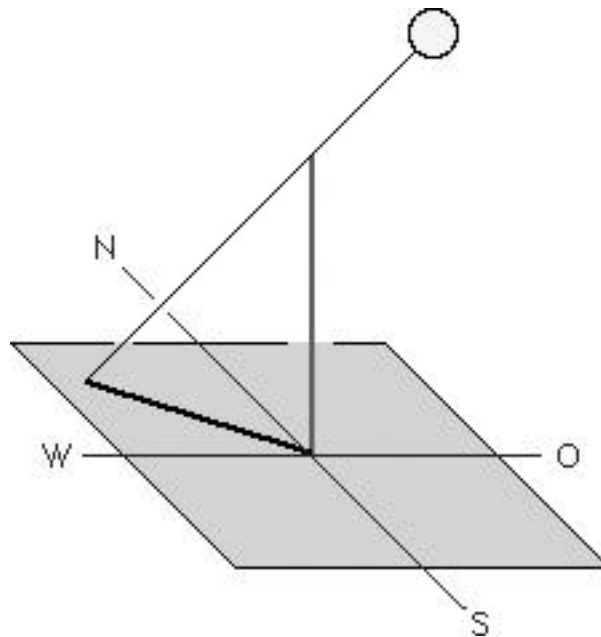
Dos ejemplos me vienen a la mente:

- El grito del Laredano cuando se da cuenta de que ha desaparecido la Ballena.
- El grito de la zanahoria que ve llegar al conejo a su huerta.

## El nomon

Se trata de un sencillo palo pinchado verticalmente en la tierra, un instrumento muy primitivo que permite observar su sombra en el suelo. La palabra viene del griego y significa "el indicador". Los obeliscos son nomones.

- El nomon permite medir la latitud. Se mide la proporción de la sombra en un día de solsticio. Por ejemplo, Vitrubio nos indica que Roma se halla en una latitud correspondiente a 8/9 de proporción de sombra, es decir  $41^{\circ} 38'$ . Un valor muy aceptable.
- El nomon también permite indicar el día del año y las estaciones
- meridiana
- Igualmente nos da el eje Norte-Sur, la noción del meridiano
- El nomon puede indicar la hora, el polos también.



Principio de la sombra del nomon

El ser humano descubre también una otra noción importante : la verticalidad, corolario a la gravedad, la idea de la plomada.

De la verticalidad sale la horizontalidad, el plan horizontal del agua de un charco o de la mar, normal ( $90^{\circ}$ ) a la vertical.

## **La hora y su evolución**

En ciertas tribus es aún usual el indicar la hora de una cita levantando el brazo a la altura del Sol deseada.

Los Inuit (esquimales) utilizan el termómetro: Si ella no esta aquí cuando el termómetro marca menos veinte, me marchó!

### **El Sol marca el paso**

La subdivisión del día es un concepto que ya tenían los Caldeos hace miles de años. El que guía es el Sol y las horas toman diferentes formas:

¿Por qué una división en doce? Hace más de 7000 años en Sumer (Mesopotamia, Sumeria) contaban no con los dedos de la mano sino con las doce falanges de los dedos opuestos al pulgar, una particularidad del ser humano que no tienen otras especies.

Esta práctica ha sido utilizada durante mucho tiempo en numerosos países, y en diversos campos como: los signos del zodiaco, las pulgadas de los pies ingleses (y también de Sevilla y de Burgos), los chelines, la gama musical china, los meses, etc.

Debemos a los egipcios la división en 10 de sus meses que eran entonces de 30 días: tres décadas de diez días que correspondían cada vez a una estrella que marcaba la última hora de la noche.

### **Horas de oscuridad**

La duración de los crepúsculos y la de las noches, variable a lo largo de las estaciones, hace que no haya mas que doce estrellas de decanato cuya aparición se puede observar en el transcurso de una misma noche.

Ahí tenemos el origen de esta división en 12 de la noche, y por consiguiente del día.

### **Horas de luz**

Los mismos egipcios dividían el día en 12 horas, horas que no tenían la misma duración al lo largo del año.

### **Horas babilónicas**

Se llaman así las horas contadas a partir de la salida del sol (en dirección a Babilonia), en latín "Horae ab ortu".

### **Horas itálicas**

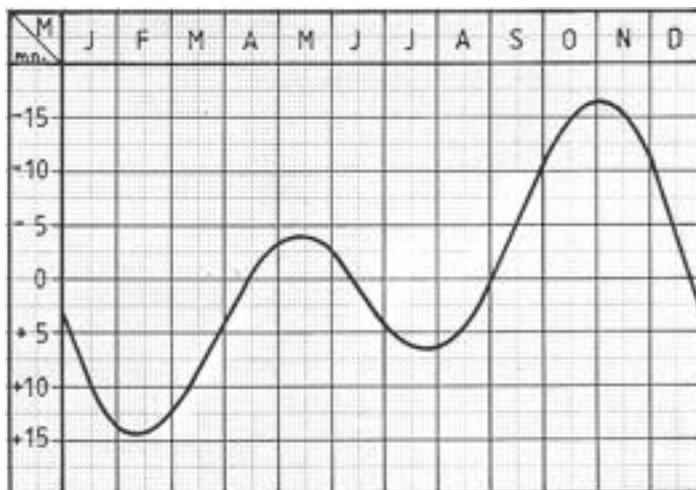
Son las horas contadas a partir de la puesta del Sol (en dirección a Italia), en latín "Horae ab occasu".

Todas estas horas solares están ligadas al lugar, por lo tanto a la longitud.

## La hora local y la hora llamada civil

La hora solar no es la misma en Bilbao o en Santander, porque el Sol no pasa al mismo tiempo por el meridiano de estas dos ciudades, ya que no están en la misma longitud. La hora solar va adelantada en Bilbao que esta más al Este que Santander.

Hay que notar también que la hora solar varía en el transcurso del año, según la posición de la Tierra en su órbita elíptica. Es la ecuación del tiempo.



Ecuación del Tiempo

Vemos pues que al principio no hay ninguna necesidad de una hora común o de referencia. Cada lugar tiene su hora y todo el mundo puede tomarse el aperitivo por ejemplo a la sexta hora babilónica, pero nos servirán antes en Bilbao que en Santander. En su Rolex actual serán unos dos minutos antes en Bilbao que en Santander.

Algunas novedades y el aspecto práctico nos han conducido a buscar la solución de una misma hora para cada región. Se la llama la hora civil.

De hecho, la unificación de la hora vino en el siglo XIX a causa de los ferrocarriles. La hora civil tiene como objetivo que la gente de una región pueda tener un mediodía legal que no sea demasiado diferente del mediodía solar.

En 1858, y no antes, Filopanti Quirico, un italiano de Roma, propone la idea. Sin embargo no será adoptada hasta 1876, gracias al británico Danford Fleming.

Adiós pues a la exclusividad de los relojes de sol, bajo los cuales solía haber sabios escritos tal como este:

El tiempo pasa  
Pásalo bien



## **Los calendarios**

Es difícil hablar de las horas sin desviarse hacia los calendarios. El ritmo de los días y de las estaciones forma parte del ritmo de la vida de los humanos.

Podemos empezar con una sonrisa constatando que el periodo de gestación de un ser humano se evalúa en ciertas culturas en 10 lunaciones, en otras en 9 meses solares. Tanto lo uno como lo otro representan prácticamente 274 días, blanca paloma, paloma blanca.

No vamos a entrar en detalles, sino ver por encima los puntos que parecen más relacionados con nuestra visión europea del calendario.

**Los Caldeos** se basaban en la Luna y los días empezaban a la salida del sol, dividiéndose en horas de igual duración.

**Los egipcios** tenían calendarios desde hace más de 10'000 años. Diversas formas fueron utilizadas, entre las cuales el calendario vago de exactamente 365.25 días como el año juliano.

**El calendario griego**, al principio era lunar, de 354 días, lo cual implicaba correcciones frecuentes.

Para los griegos, el día empezaba con la puesta del sol. Utilizaban el reloj de sol y más tarde la clepsidra para medir las horas.

Es imposible no mencionar aquí a Meton, que introdujo la noción de un ciclo de 19 años, que representa las 239 lunaciones necesarias para volver de nuevo sobre una misma posición Tierra-Luna-Sol.

En cuanto a los romanos, el día empezaba también con la puesta del sol. Los romanos utilizaban también la clepsidra como guarda tiempo así como los relojes de arena. Para ellos la duración del año fue aumentando, pasando de 304 días a 355 días, lo cual necesitó meses intercalados. El sistema no funcionaba y en 45 a. C. Julio Cesar impuso el año trópico que tiene 365.25 días. Introdujo también la fecha del 25 de marzo como fecha del equinoccio de primavera, así como el principio del año el uno de enero, sin olvidar el año bisiesto.

El origen de la palabra bisiesto es bastante divertido. Los romanos no contaban los días como nosotros, sino que indicaban los días que faltaban para llegar al mes siguiente. Es como decir las doce menos uno en vez de las once cincuenta y nueve.

Cuando hubo que introducir un día suplementario, se le puso entre el sexto y el séptimo día antes de las calendas de marzo, que era el principio del año romano. Por simple superstición y para no hablar de un octavo día en la semana, se le llamó el segundo sexto, bis-sextus, que se ha transformado en bisiesto.

**El calendario gregoriano**, nuestro calendario, fue introducido por el papa Gregorio XIII en 1582 (casi cien años después de Colon), al comprobarse que el equinoccio de primavera ya no concordaba con el calendario de Julio Cesar, lo cual era una necesidad religiosa para determinar la fiesta de Pascua.

**Los hebreos** tenían un calendario muy parecido al de los caldeos.

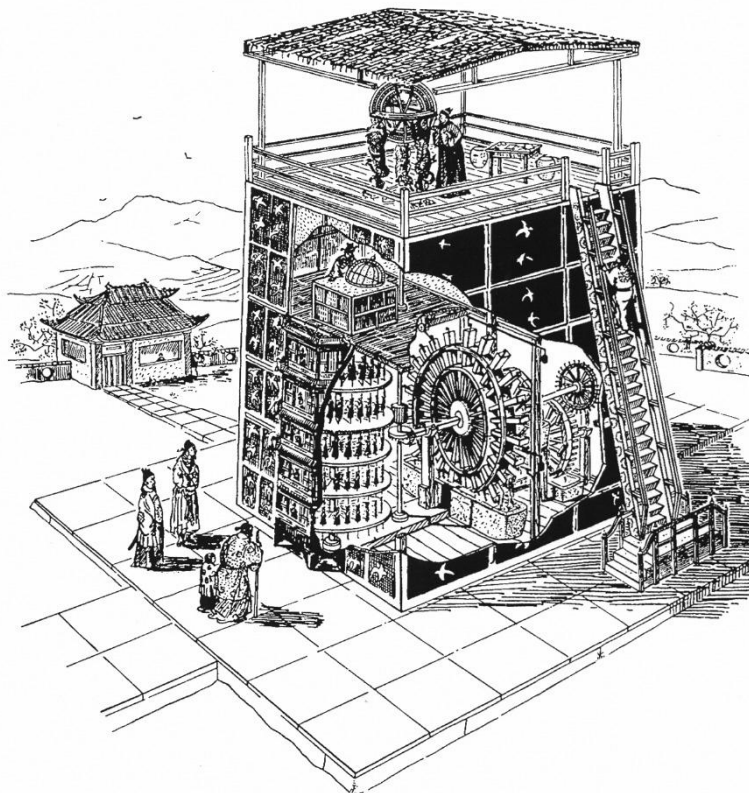
En cuando al calendario **judío actual**, es un derivado puro del ciclo de Meton, con años de 13 meses, sobre una base lunar.

**Los musulmanes** utilizan un calendario exclusivamente lunar, con 12 meses de 29 y 30 días alternativamente. Hay que anotar que 34 años musulmanes equivalen a 33 de nuestros años.

Por su parte, los chinos parecen haber calculado la duración del año con mucha exactitud, pero un emperador ordeno quemar todos los libros científicos en el año 213 de nuestra era. Lo que es sabido con certeza es que utilizaban un calendario lunar con meses de 29 y 30 días respectivamente, pero también se habla de un ciclo de 19 años que, como proponía Metón, concuerda con el famoso numero de oro utilizado aun largo tiempo en Europa, que refleja el numero de años necesario para volver a una misma posición Tierra-Luna-Sol.

Para los chinos, el polo celeste era el puente entre los hombres y los dioses. Por lo tanto era muy importante poder localizarlo. Para ello se utilizaba un instrumento llamado "Pi". El tal instrumento sigue existiendo actualmente, pero bajo forma de joya.

Para medir el tiempo que pasa, los chinos tenían clepsidras sofisticadas.



Clepsidra Su Song

## Efemérides

Se ha descubierto prácticamente todo para un meridiano concreto. Desde la antigua Grecia y sin esperar a Galileo, algunos saben que la Tierra es redonda. Se conoce incluso su diámetro, y se hallan métodos para calcular la distancia a la Luna y al Sol. La evolución de los instrumentos y de la tecnología permite ir cada vez más allá en la precisión.

El ser humano consigue comprender los ritmos de los astros y predecir acontecimientos simples (hora de la puesta) así como acontecimientos mas complejos (eclipse de Luna).

Se llaman efemérides las tablas de predicción de los acontecimientos celestes. Hoy día se pueden comprar fácilmente tales documentos, para diversas utilizaciones. Lo que nos interesa aquí son las tablas destinadas a los navegantes.

Parte.  
Tabla del verdadero.

Abc. les.	Enero.		Febrero.		Março.		Abral.		Mayo.		Junio.	
	Capricor.	Aquarius	Piscis.	Aries.	Taurus.	Gemini.						
Sig. noz.	Capricor.		Aquarius		Piscis.		Aries.		Taurus.		Gemini.	
N. D.	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m
1	20	22	21	53	20	55	21	24	20	21	19	55
2	21	24	22	54	21	55	22	22	21	18	20	52
3	22	25	23	54	22	54	23	21	22	16	21	49
4	23	26	24	55	23	54	24	19	23	13	22	46
5	24	27	25	55	24	53	25	17	24	11	23	43
6	25	28	26	56	25	53	26	16	25	8	24	40
7	26	30	27	56	26	52	27	14	26	6	25	37
8	27	31	28	56	27	52	28	12	27	5	26	34
9	28	32	29	57	28	51	29	10	28	0	27	31
10	29	33	0	57	29	50	0	8	28	58	28	28
11	0	35	1	57	0	49	1	6	29	55	29	25
12	1	36	2	58	1	48	2	4	0	52	05	22
13	2	37	3	58	2	47	3	2	1	50	1	19
14	3	38	4	58	3	46	4	0	2	47	2	16
15	4	39	5	58	4	45	4	58	3	44	3	13
16	5	40	6	58	5	44	5	56	4	41	4	10
17	6	41	7	58	6	43	6	54	5	38	5	7
18	7	42	8	58	7	42	7	52	6	36	6	4
19	8	43	9	58	8	41	8	49	7	33	7	1
20	9	44	10	58	9	39	9	47	8	30	7	58
21	10	45	11	58	10	38	10	45	9	27	8	55
22	11	46	12	58	11	37	11	43	10	24	9	52
23	12	47	13	57	12	36	12	40	11	21	10	49
24	13	48	14	57	13	34	13	38	12	18	11	46
25	14	48	15	57	14	33	14	36	13	15	12	43
26	15	49	16	56	15	32	15	33	14	12	13	40
27	16	50	17	56	16	30	16	31	15	10	14	37
28	17	51	18	56	17	29	17	28	16	7	15	34
29	18	51	19	56	18	28	18	26	17	4	16	31
30	19	52			19	27	19	25	18	1	17	29
31	20	52			20	25			18	58		

Efemérides de Martin Cortés, 1551

Las efemérides náuticas aparecen muy temprano en la historia del hombre, y son de una precisión increíble teniendo en cuenta los instrumentos y la tecnología existentes en aquellas épocas.

Habría que mencionar aquí un descubrimiento muy importante que se hizo en un pecio al principio del siglo XX en Grecia, en la isla de Anticitera, cerca de Creta.

Se trata de un instrumento extraordinario y muy complejo que permite visualizar todo el sistema solar así como el cielo. Se compone de más de 80 piezas, de las cuales alrededor de 30 son engranajes y ruedas dentadas. Este instrumento mecánico ha sido reconstruido enteramente sobre la base del modelo hallado en el pecio.

La empresa relojera Hublot lo ha miniaturizado bajo forma de joya extraordinaria. Lo considero como un magnífico testimonio de admiración en honor de los científicos griegos de la época. Enhorabuena a Hublot y a los griegos.

Como dijeron los que reconstruyeron el cosmógrafo de Anticitera, se trata de una auténtica máquina de describir el cosmos, un mecanismo de altísima precisión, que puede indicar múltiples ciclos astronómicos y servir así de efemérides.

En particular se halla el famoso **ciclo metónicos** (del astrónomo ateniense Metón, 5° siglo a. C.) del cual ya hemos hablado: Se trata del periodo necesario para que la Luna se halle exactamente en las mismas condiciones astrales respecto a la Tierra y al Sol, es decir un ciclo de cerca de 19 años, mas exactamente de 235 lunaciones (Es decir 6939,69 días). Una cifra que a veces se ha llamado el número de oro que parecía ser la unidad cíclica de la Luna. El año se estima a 365 días y 5/19, lo cual es casi perfecto. Estamos en 433 a. C., en el siglo de Pericles.

Esta también el **ciclo calípico** (del nombre del astrónomo griego Calipo): Se compone de 76 años, es decir 940 lunaciones o 4 ciclos metónicos, corrigiendo estos últimos de sus pequeñas imprecisiones.

Mas conocido es el **ciclo de Sarros** (223 lunaciones en algo mas de 18 años), así como el ciclo Exeligmos (equivalente a 3 ciclos de Sarros, o sea 54 años) que servía en particular para predecir los eclipses.

Y mientras tanto nuestra vieja Tierra esta ralentizando su periodo de rotación, lo cual falsea una vez más todos estos ciclos, pero esa es otra cuestión.

Para volver al mecanismo de Anticitera, no perdamos de vista que todo ello fué pensado y realizado hace mas de 2000 años, sin las máquinas e instrumentos de hoy día. Vemos la cantidad de conocimientos que había en aquella época que es la de Arquímedes, el famoso científico de Siracusa (287 a 212 a. C.).

Las demás civilizaciones tampoco se quedan atrás, tanto en China como en América, por ejemplo el famoso calendario azteca llamado « Piedra del Sol » por los conquistadores.

Actualmente, los ordenadores nos permiten obtener datos extraordinariamente fiables, lo cual da aun mas fuerza a los elementos establecidos hace muchos siglos por diversas civilizaciones con medios muy primitivos.

## **Los conocimientos náuticos de la Edad Media**

La caída del imperio romano por las invasiones bárbaras y la separación entre oriente y occidente van a frenar fuertemente el avance de las ciencias.

Así, durante este periodo sombrío de la edad media occidental, los conocimientos se pierden y la cartografía retrocede sensiblemente. Por ejemplo, los documentos del siglo 14 ya no mencionan el Mar Negro, como se puede ver en este mapa de Ranulfo Hyggeden, monje benedictino del siglo 14.

De paso, hay que anotar que, según las reglas de la época, el norte se sitúa en el borde izquierdo del documento, ya que la parte superior esta reservada al Este, dirección del paraíso, una influencia evidentemente religiosa.

Al contrario, afortunadamente para la ciencia, el imperio de Constantinopla y después de Bizancio conserva los conocimientos. Posteriormente los sabios árabes desarrollan estos conocimientos, especialmente los de Tolomeo y sus contemporáneos. Los árabes traducen también los libros y otros documentos para su propio uso.

Por lo tanto todos estos conocimientos de la época serán conservados y profundizados gracias a la cultura árabe.

En el tiempo de los moros, España era una parte del inmenso califato de Damasco que se extendía hasta El Ándalus. Después hubo la secesión y la creación del califato de Córdoba, pero el saber y los conocimientos seguían estando presentes. Así, la ocupación árabe de España durante 7 siglos dejó una gran herencia científica y cultural. Algunos historiadores consideran a la España musulmana como el centro cultural más importante del mundo en aquella época.

Hallamos en España los elementos de una actividad renovada del saber. Por ejemplo, Alfonso X el sabio (1221-1284) escribió una obra astronómica importante. Los “libros del saber astronomía” terminados en 1280 contienen la descripción de las esferas celestes, la enumeración de las estrellas con sus coordenadas, el estudio de los principales instrumentos (especialmente el astrolabio).

Con el siglo XVI el poderío español alcanza su apogeo al reunirse bajo la autoridad de Carlos Quinto y de su hijo Felipe II una cantidad extraordinaria de posesiones reunidas gracias a la política matrimonial de los Habsburgo, a las hazañas de los conquistadores y a sus propias conquistas armadas. Felipe Segundo es el emperador de territorios “sobre los cuales nunca se pone el sol”.

Así, vemos que las ciencias volverán a occidente a partir del siglo XV, principalmente a través de España, crisol de tres culturas (árabe, cristiana y judía).

Los primeros documentos impresos (Johannes Gutenberg) nacen en 1454 y permiten una difusión de la información al igual de Internet al final del siglo XX.

El retroceso de las ciencias en occidente también estuvo fuertemente marcado por la dominación de la iglesia, que fué un freno enorme para el desarrollo de los conocimientos durante muchos siglos.

## La navegación a lo largo de los siglos

La navegación y el transporte acuático son actividades humanas que se pierden en la noche de los tiempos.

El hombre no se limita a las aguas costeras, sino que se lanza rápidamente a través de los mares. Los fenicios fueron los primeros que navegaron de Tiro a las columnas de Hércules. Prácticamente todas las civilizaciones mediterráneas aprendieron a navegar y a construir barcos sobre la base del saber de los Fenicios.

Estos mismos navegadores se transmitieron instrucciones náuticas, ayuda inestimable para los viajes que emprendían. Se les llama en griego “periplos”, de donde deriva la palabra periplo que todos conocemos.

**El periplo** mas conocido es el de Scyalax de Caryanda, un navegante griego que además del Mediterráneo habría explorado el océano indico por encargo de los persas. El periplo en cuestión es de 520 a. C. y describe todo el Mediterráneo, siguiendo la costa en el sentido de las agujas del reloj desde Gibraltar hasta el Mar Negro, continuando por la costa norafricana para terminar a la altura de Mauritania en la costa atlántica.

Los polinesios, los Australianos y demás navegantes del Pacifico frecuentan también los mares y océanos desde hace mucho tiempo, ya que esas islas y continentes no han podido ser pobladas mas que por barco, y de ello hace 40'000 años según los científicos mas famosos.

También hay que recordar que los vikingos inventaron métodos de navegación utilizados con éxito en sus drakares:

Pienso en el compás solar que les permitía situar tanto el norte como el rumbo cuando navegaban con buen tiempo, gracias al Sol.

Pero los vikingos conocían también la piedra mágica que les permitía hallar el Norte con bruma o ausencia de visibilidad del Sol... Un efecto de la polarización de la luz.

Efectivamente, según la leyenda cuando los Vikingos navegaban sin sol para guiarlos, utilizaban la “piedra de sol “, que les permitía conocer la posición del sol disimulado detrás de las nubes, y ello gracias a la particularidad de una heliotita común en Escandinavia, también llamada “Espato Islandés”.

Este mineral (Calcita transparente) polariza la luz. Así, cuando se la hace girar sobre ella misma, muestra una variación de la intensidad luminosa hasta un máximo, indicando así la dirección del Sol, un poco como un radiogoniómetro.

Al principio, el navegante mediterráneo sigue las costas. Después toma iniciativas y hace travesías sin ver tierra. Prudente, no se desplaza más que con viento favorable.

Los barcos de la época no permiten navegar contra el viento. Para orientarse, utiliza principalmente instrumentos sencillos: la corredera para medir la distancia y la velocidad, la sonda para medir la profundidad, las estrellas para guiarse por la noche y el sol durante el día.

Es lo que se llama la navegación a la estima, y no siempre es fácil ya que numerosos factores impalpables pueden trastornar las certidumbres del navegante: las corrientes, la deriva, la imprecisión de los instrumentos, etc. Todo ello hace difícil el determinar la ruta realmente efectuada.

Se aprende a navegar sin ver la costa a latitud constante, lo cual permite viajes de varios días de mar antes de volver a ver tierra. También se navega con rutas ficticias conocidas bajo el nombre de rumbo, que son las direcciones de la rosa de los vientos, ya que, como dijimos antes, con los barcos de la época se navega generalmente viento en popa.

Pero los mapas y las instrucciones náuticas no siempre son precisos ni exactos en lo que se refiere a las longitudes. Las distancias son difíciles de apreciar.

La navegación a latitud constante será utilizada durante mucho tiempo y a menudo nos maravilla ver con que facilidad desconcertante encontraban su puerto los galeones de los conquistadores, como Colon, ejemplo muy conocido de todos. Si los vientos desfavorables nos desvían durante unos días, basta con volver a nuestra latitud, fácil de medir, y seguir con un rumbo exacto al Este o al Oeste. Así se llega forzosamente a buen puerto.

La tecnología avanza con los conocimientos y con el desarrollo de la ciencia. Pronto se va a generalizar el compás magnético venido de tan lejos en la distancia y en el tiempo. Se le llama « Pœi-wen-yun », el indicador del Sur. Efectivamente, para los chinos, la indicación importante era el Sur.

Pero la aguja no indica más que el norte magnético, que no está situado en el polo y que va cambiando poco a poco. Esta diferencia, llamada declinación magnética, no será conocida y cuantificada hasta mucho más tarde.

Cuando los navegantes salieron del Mediterráneo, no hubo grandes problemas para navegar siguiendo las costas, ni hacia el Norte de Europa, ni hacia el Sur, aunque el oleaje del Atlántico les sorprendiera por su fuerza y por su amplitud, sin comparación con el del Mare Nostrum.

Sin embargo, no se conocen los rumbos para esas regiones, generalmente sin cartografiar. Recordemos que las distancias son difíciles de apreciar. Las corrientes de marea no facilitan las cosas.

Una vez llegados a una nueva tierra como una isla, en cambio los navegantes pueden cuantificar fácilmente su latitud con una exactitud bien suficiente. Pero la longitud sigue siendo estimada, ya que no hay modo de medirla ni de calcularla.

El problema tardará mucho tiempo en ser resuelto.

## Los mapas

Los mapas se desarrollan, al principio torpemente y después cada vez más precisos y parecidos a los que conocemos hoy día.

Pero hay que anotar que en la época de Eratóstenes, en el III siglo a.C., ya se utilizaba un sistema de coordenadas bajo forma de rejilla.

Claudio Tolomeo, que vivió en el II siglo d.C. (100 – 180), ha contribuido ampliamente al desarrollo de mapas terrestres y náuticos.



Mapa basada en los datos de Claudio Tolomeo

Además de todos los mapas suyos que conocemos, Tolomeo ha intentado representar no solo un mapamundi, sino una imagen de las regiones habitadas, es decir el ecúmeno.

La zona representada se extiende sobre alrededor de 80° de alto y unos 180° de ancho. Así, el mapa es mas ancho que largo. De aquí viene el origen de las dos palabras latitud (anchura) y longitud (largo).

Es evidente que la realización de un mapa implica la idea de una proyección. Aquí también hay una evolución muy interesante y algunos sabios antiguos como Tolomeo utilizaban reglas que no se verán perfeccionadas definitivamente hasta los trabajos de Gerhard Kramer en 1569. Este cartógrafo de Flandes es más conocido bajo el nombre de Mercator y su técnica se sigue utilizando actualmente, principalmente en la marina.

El uso de un meridiano de origen (o cero) también se debe a Tolomeo. Utilizo el meridiano que pasa por las islas Afortunadas, es decir las Islas del Cabo Verde para unos y las Canarias para otros.



En mi opinión, la geografía utilizada por Tolomeo deja pensar que son las islas del Cabo Verde las que han servido de base al meridiano cero de sus mapas.

Más tarde habrá mapas con un meridiano de origen que pasa por la isla canaria de Hierro.

Al otro lado del mapa, se descubren tierras que van hasta la China actual, gracias a Alejandro el Grande y a Marco Polo.

Eran los límites del mundo conocido en aquella época... en la que se sabía y se afirmaba que la Tierra era redonda.

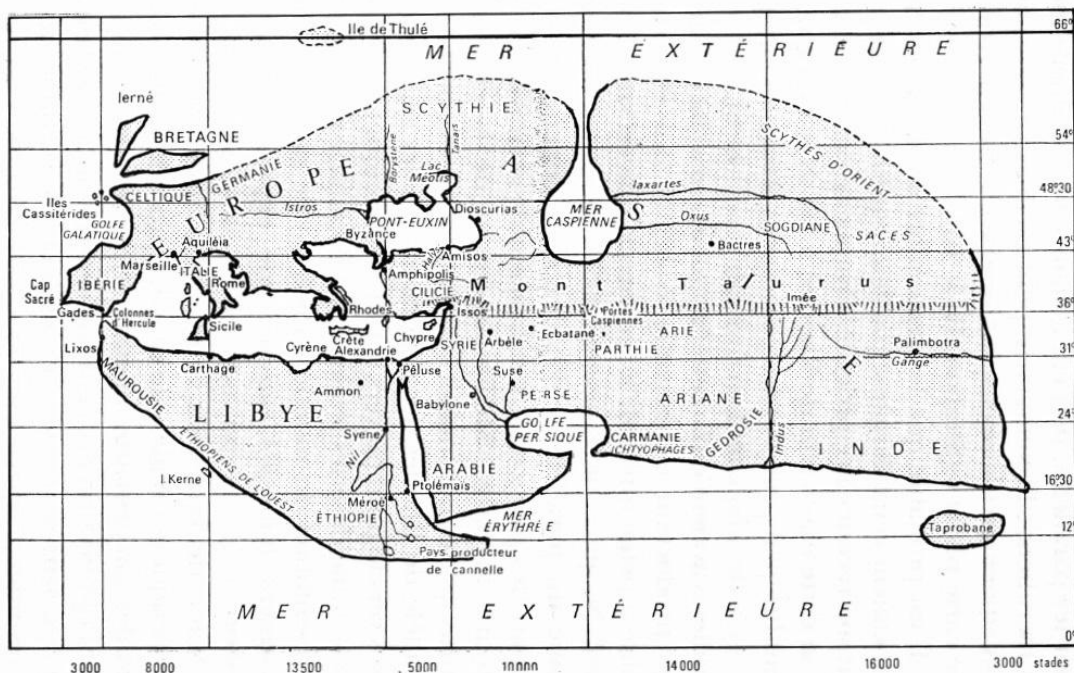
Alrededor de la zona en la que vive la civilización humana de nuestras regiones, hay un inmenso océano. Las civilizaciones mediterráneas ignoran la existencia de los demás continentes como América y Oceanía, a pesar de que ya estaban habitados.

**El ecuador** se impone como base de medida de latitud en casi todas las culturas. En efecto, dicha línea es un arco de gran círculo que separa la superficie del globo terráqueo en dos hemisferios. Por lo tanto es el Sol quien nos dicta el empleo del ecuador como base de las latitudes.

En cambio para la longitud cada civilización utiliza un meridiano de origen propio: Rodas, las Islas Afortunadas, en fin, allí donde hay un observatorio.

Pero volvamos al mapa de Eratóstenes. El límite septentrional del mundo habitado esta en la isla de Thule (63° N), partiendo del principio de que mas al norte no podía existir vida.

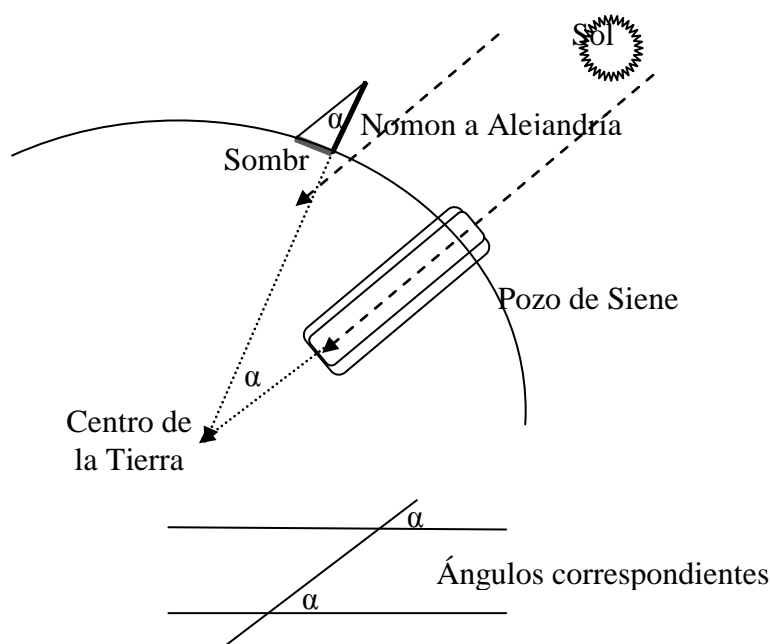
El límite sur lo fija el Anti-Meroe, un paralelo situado aproximadamente a 17° al sur del ecuador. Meroe era un reino al sur de Alejandría, a una latitud de unos 17° al norte del ecuador, en el Sudan actual, algo al norte de Jartum. Subsisten allí unas pirámides admirables.



Mapa de Eratóstenes

Hay que mencionar que la longitud viene en Estadios, en la latitud de Rodas (36N). En términos de longitud, el mundo habitado comprendía unos 180 de nuestros grados, medida que venia expresada en estadios, es decir en distancias y no en medida angular.

Entre Alejandría y Meroe estaba Siena (cerca de Asuán, es decir prácticamente bajo el trópico de cáncer) y su pozo que ha permitido medir el diámetro de la Tierra.



Principio de la medida del diámetro de la Tierra

A lo largo de los siglos, la latitud se expresará primero en sombras de nomon, luego en partes de círculo (1/8, 1/24, etc.), y por ultimo en grados.

Sucede lo mismo con la longitud y hemos aprendido a transformar esos grados de ángulo en distancia. Sabemos que la distancia en leguas (o Km. o lo que sea) entre dos meridianos va disminuyendo desde el ecuador hacia el polo. Sabemos hacer el cálculo. De hecho, es una simple función de trigonometría, el coseno. Por ejemplo en Laredo 1 grado de longitud mide 43 millas o sea 80 Km ( $43^{\circ}40' * 0.72$ ).

Sin embargo en esta época hay una imposibilidad física de medir estos ángulos o estas distancias en longitud.

Hay que intentar precisar la dimensión del ecuador en el que un minuto de arco corresponde a una milla náutica.

Después del descubrimiento de las Américas, hubo una expedición franco española que se dedico a medir con toda la precisión posible este valor del minuto de un arco de gran circulo, físicamente sobre el ecuador terrestre.

En 1735, los franceses Condamine y Bouger, en compañía de los españoles Antonio de Ulloa y Jorge Juan, hicieron medidas en Perú.

Los dos equipos se acabaron peleando por unas centésimas de milímetros, es decir la distancia que separaba al amor del odio entre estos países, a menudo en lucha por el poder.

Por último, no se puede hablar de mapas sin mencionar el de Piri Reis, un turco que capturó siete barcos españoles, en las costas de Valencia en 1501, barcos que transportaban documentos de los viajes de Colón, entre los cuales varios mapas del nuevo mundo.

Este almirante y cartógrafo turco habría establecido sobre la base de miles de documentos un mapa que nos deja perplejos.

El mapa, que tiene fecha del 1513, hace pensar que la noción de alejamiento, próxima a la de longitud, no le era desconocida. Con medios primitivos, he tratado de buscar que tipo de proyección pudo utilizar el Almirante Piri Reis.

He llegado a la conclusión de que podría tratarse de una proyección gnómica azimutal : cada punto del mapa se halla a una distancia determinada de un punto de origen y ello en una dirección concreta, la que tomaría un avión para llegar por el camino más corto, sobre un arco de gran círculo.

El punto de origen de este mapa podría ser el pozo de Siene, que se supone situado bajo el trópico de cáncer, al sur del Cairo.



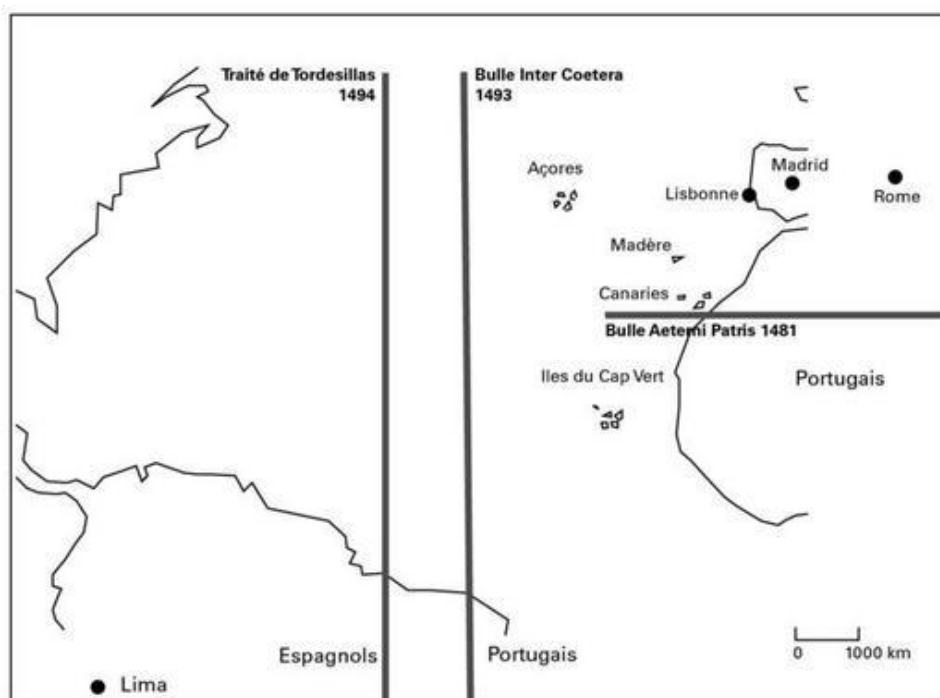
Mapa del Admirante Piri Reis, 1513

## La noción del meridiano de origen

Hemos visto que la noción general de meridiano es de lo más antiguo y que esos ejes norte-sur de cada lugar se pueden dividir fácilmente en grados u otras medidas. Por otra parte resulta cada vez más fácil situarse en latitud, principalmente en el hemisferio norte, donde además del Sol disponemos de la Estrella Polar para situarnos en el meridiano.

Conociendo la altura de la polar sobre el horizonte, podemos determinar nuestra latitud. En efecto, esta altura es de  $90^\circ$  en el Polo y de  $0^\circ$  en el ecuador. En una latitud de  $42^\circ$  la altura de esta estrella es de  $42^\circ$ . En realidad hay un error, actualmente del orden de  $1^\circ$ . Tenemos un instrumento sutil para corregir este error, axial como tablas establecidas sobre la base de siglos de observación de este astro.

En cuanto al meridiano de referencia, el de las islas Afortunadas (Cabo Verde) fue mantenido largo tiempo después de su adopción por Tolomeo e incluso después de los viajes de Colon y de la famosa bula del papa que repartió las conquistas entre portugueses y españoles.



Partición del mundo

En pocas palabras, hubo una primera bula papal « Aeterni Patris » del 21 de junio de 1481 (Sixtus IV) que atribuía Las Canarias a los españoles y todo lo que está al Este y al Sur a los portugueses. De hecho es una confirmación del tratado de Alcáçouas entre estos dos países.

Después vino una nueva bula en 1493, a la vuelta de Colon, que otorgó a los españoles todas las tierras situadas a 100 leguas (unas 300 millas) al Oeste de Cabo Verde. Una legua representa 1/20 de grado de latitud, es decir 3 millas = 5.556 km.

Por ultimo, en 1494 se firmó el tratado de Tordesillas, que fijó la distancia en 370 leguas (unas 1110 millas), tratado confirmado en 1506 por una nueva bula papal.

Vemos aquí de nuevo la importancia de poder situarse en longitud, una necesidad económico-política, dictada por el poder y el dinero así como la necesidad de dominio de las naciones marítimas (Inglaterra aun no era tan poderosa)

Posteriormente los países que disponían de un observatorio astronómico oficial desearon establecer documentos y efemérides para su propio uso, y tomaron como referencia el meridiano de su observatorio (Sevilla, Paris, etc.).

Habría que esperar hasta 1883 para que el meridiano de Greenwich sea seleccionado internacionalmente como meridiano de origen universal. Esta decisión no gusto nada a los franceses, que siguieron conservando unos años el de Paris, pero en 1911 (el 09 de marzo), los gallos franceses cantan igual que el resto del planeta.

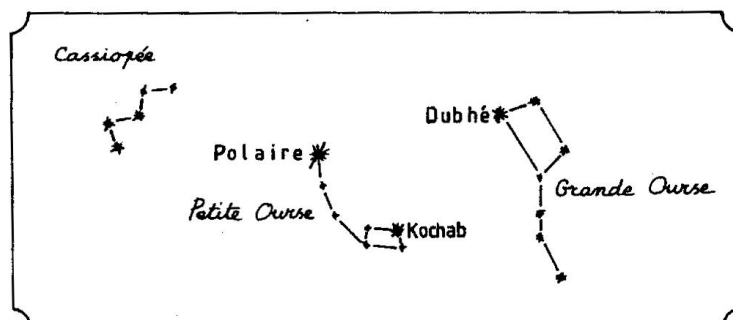
La ciencia avanza pues durante el renacimiento, pero existe el freno de la iglesia. Como sencillo ejemplo, la iglesia ha tardado 400 años en admitir las evidencias de Galileo y en devolver a este sabio el lugar que merece. El conocimiento es el poder, y Roma para sobrevivir no quiere que el pueblo tenga acceso a la ciencia sin pasar por su filtro. Es un control absoluto del poder eclesiástico por el avasallamiento y la censura.

## La imagen del cielo

La imagen del cielo se puede comparar a un inmenso reloj que tuviera como agujas el Sol, la Luna o las estrellas.

Poco a poco el hombre aprende a utilizar esos elementos para situarse en la esfera terrestre, en tierra como en la mar.

Hay que anotar sin embargo que las constelaciones de la bóveda celeste no han tenido siempre la misma forma, y que según las civilizaciones, se veían diferentes imágenes en el cielo.



Alrededor del polo celeste

Si tomamos como ejemplo la famosa Osa Mayor, se sabe que los egipcios veían en ella al toro Apis, mientras que los árabes veían la imagen de tres plañideras detrás de un ataúd.

Los indios americanos imaginaban un oso perseguido por tres cazadores y los romanos describían a 7 bueyes labrando el cielo alrededor de la Polar.

Pequeño detalle etimológico, oso se dice arctos en griego, lo que se transformara posteriormente en ártica en nuestra lengua.

La mitología nos habla de una mujer, la famosa Calisto, amante de Zeus, que fue transformada en oso celeste, sufriendo la misma suerte su hijo convertido en la osa menor.

Sería difícil no mencionar que la última estrella de la cola de la osa se llama Alkaida, su nombre entero siendo Al Ka'Id Banat Al'At Na'ash, el gobernador de las doncellas que lloran. Toda una aventura!

## **La determinación de la meridiana**

Puede parecer difícil determinar la altura meridiana de un astro como el Sol. Sabemos que esta meridiana corresponde con bastante aproximación a la culminación del astro sobre el meridiano, es decir exactamente al Sur para nosotros.

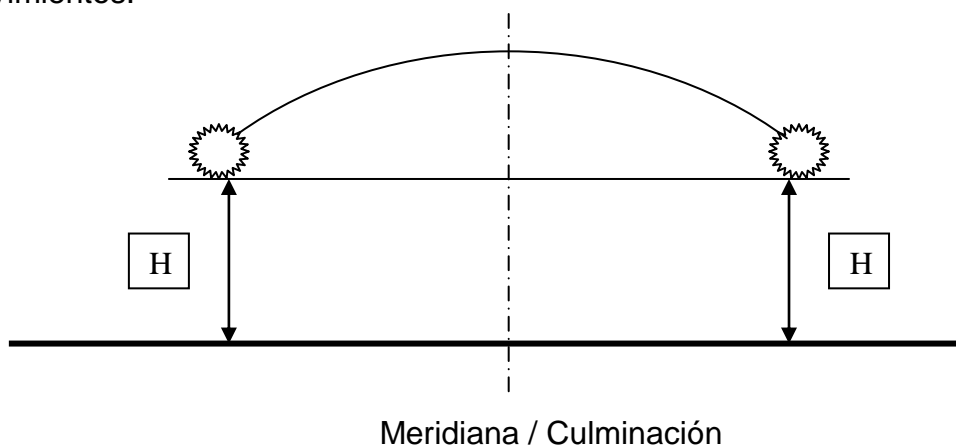
Sin embargo, en la mar no sería fácil determinar con precisión suficiente el instante en el que el Sol está exactamente al Sur. La culminación dura cierto tiempo (del orden de un minuto) hasta que se percibe que la altura del Sol disminuye.

Por lo tanto no tenemos más que una aproximación del mediodía solar local, por ello de la longitud del lugar, incluso con un cronómetro.

No se puede decir "top" estamos en culminación y comparar la hora del supuesto paso con las efemérides del meridiano de origen para decir en qué longitud estamos. Es un poco lo mismo con la marea: difícil de apreciar el momento exacto de la plena o bajamar, así a la simple vista.

Sin embargo esto sería factible observando un fenómeno puntual, por ejemplo un tránsito de astros.

Recordemos que 4 segundos de tiempo representan un segundo de error en longitud. Recordemos también, si fuera necesario, que el buque baila con las olas y que incluso la mejor brújula tiene dificultades para seguir y compensar estos movimientos.



La solución más sencilla es tomar una primera medida por lo menos una hora antes de la meridiana supuesta y volver a tomar la misma medida una hora después. Luego se hace la media.

Sin embargo, hay que tener la suerte de ver el Sol en el momento deseado, lo que no siempre permiten el cielo y las nubes. Por ello es preferible hacer una serie de medidas antes y después de la meridiana y se puede hacer un gráfico.

En tierra se puede más sencillamente medir el largo de la sombra de un gnomon antes y después del mediodía local. Uniendo las rectas que pasan por los puntos del mismo largo de sombra, se consigue una serie de paralelas y el meridiano es, por definición, perpendicular a estas líneas. Es el método que utilizan por ejemplo los constructores de relojes de sol.

De paso, esto permite también medir la sombra más corta y calcular la latitud, como lo hace el marino.

Recordemos que la proporción entre la largura de la sombra y la altura del gnomon indica el ángulo de la altura del sol sobre el horizonte. La fórmula para calcular la latitud es muy sencilla:  $\text{Latitud} = \text{Dz} \pm \text{Decl.}$

## **La determinación de la longitud, la llave del principio**

El hombre, perdón el ser humano, comprendió pronto que esta imagen cambia según la longitud. Se ha comprobado efectivamente que cuando el Sol sale para nosotros, ya está en culminación a Bangkok mientras que en Tahití se van a acostar y que América duerme.

Igualmente se comprendió que como corolario en una misma fecha y latitud el aspecto del cielo es prácticamente idéntico. Por ejemplo, si el Sol se pone 5 horas después del mediodía de Tokio al sur oeste, ocurrirá prácticamente lo mismo en Gibraltar, en Washington y en San Francisco que se sitúan sensiblemente en la misma latitud.

De esto a deducir que la diferencia de tiempo entre estos mismos acontecimientos (puesta del Sol) corresponde a la diferencia de longitud, no hay más que un paso, fácil de dar.

En otras palabras y como ejemplo si veo al Sol poniéndose al SW y que mi reloj me dice que en el meridiano de referencia (Greenwich) hace dos horas que el astro se puso, yo me situo pues a dos horas de dicho meridiano, o sea  $2 \times 15 = 30^\circ$  al oeste. O también si veo culminar el Sol y que mi reloj sincronizado sobre el meridiano de referencia me dice que son las 14 horas, yo me situo  $30^\circ$  más al oeste...

Vemos pues que si los astrónomos son capaces de predecirnos eventos para un meridiano preciso, seríamos también capaces de conocer nuestra longitud comparando nuestra visión local con la de las efemérides.

Necesitamos pues el medio de calcular la hora en el meridiano de origen o un reloj.

"Dadme un punto de apoyo y una palanca, levantaré el mundo" dijo Arquímedes.

La razón principal y determinante para el avance de la relojería no fue pues ni una necesidad monástica (religiosa) ni la física de la época sino la necesidad que tenían los comerciantes, los militares, y los navegantes de poder desplazarse en línea recta a través de los mares, conociendo su posición (o situación) y evitando por ello perderse o perder su barco, su carga y su tripulación.

Fue pues una decisión comercial y política y no un simple avance de la ciencia.

## **Los conocimientos en el siglo XVIII**

Holanda y Gran Bretaña comenzaron a dominar los océanos a partir de la mitad del siglo XVII con navíos más grandes.

El siglo 18 español ve la información con las Ordenanzas y la reconstrucción de la Armada, lo que representa no menos de

- 197 navíos que se construyeron en la Habana
  - 50 en el Ferrol entre los cuales el San José que rapiñado por los hijos de la Gran Bretaña, se convertirá en el San Josef de Nelson.
  - 7 en la Carraca (Cádiz)
  - 37 en Guarnizo uno de los cuales, el Real Felipe, apreciado por tantos modelistas.
- Más de 300 barcos en total.

## **El siglo XVIII y la arquitectura naval**

Este siglo es también la época de los grandes apellidos de la construcción y de la arquitectura naval.

- 1712-28, la época del montañés Gaztañeta hasta su muerte en 1728. Son los primeros planos, venidos de la construcción en Francia en el XVII. Se dibujan cajas de cuadernas.

En 1722 el reglamento de José Antonio Gaztañeta se pone de obligado cumplimiento por Real Cédula.

- 1728-50 Época afrancesada

Muere Gaztañeta y Ciprián Austrán y Pedro Boyer continúan con el mismo espíritu, añadiendo mejoras de inspiración francesa.

En el año 1748 el marqués de la Ensenada se hace con todos los resortes del poder en el gobierno de España y comienza una reforma de la Marina.

- 1750- 65 Jorge Juan que ha hecho espionaje en Gran Bretaña y lleva influencia inglesa, un trabajo en serie, realizando barcos iguales.

Sustitución de las cabillas de madera por clavazón de hierro en obras muertas. Pernos cuadrados de hierro entre varengas y genoles y ligazones, hasta la primera cubierta.

1752 Junta de los constructores. Intentan de normalizar la construcción naval en toda España.

- 1765-82 Francisco Gautier con su ayudante Romero Landa, influencia francesa al disgusto total de Jorge Juan.



Se construye más ligero, con menos maderas grandes, se pone claras entre las cuadernas se utiliza clavos de hierro en la obra viva y se promulgan ordenanzas. Los ingleses tenían sus normas "Establishment" en 1745.

- 1782 hasta finales del siglo  
José Romero de Landa y Martín de Retamosa.  
Landa escribe su reglamento de maderas

Hay muchos intercambios de conocimientos entre las potencias europeas, así como espionaje industrial, sin olvidar la competición entre las diversas escuelas.

### La teoría de la navegación

En esta época se aprendió a conocer la esfera celeste y su funcionamiento. Hay esferas armilares y astrolabios de extrema precisión, sin olvidar el perfeccionamiento de los instrumentos ópticos, en particular el sextante.

Paralelamente se percata que no todo es mucho menos heliocéntrico o que las órbitas no son circulares sino elípticas. Las teorías científicas se afinan y se perfeccionan.

Se sabe también que la imagen del cielo va modificándose de Este en Oeste y también se comprende que un fenómeno celeste lejano (puesta/salida, paso por el meridiano, eclipse, el pasaje de un satélite por Júpiter, etc.) visible desde dos lugares distintos se ve en el mismo instante, pero no se ve a la misma hora solar.

Las efemérides son de más en más precisas y abarcan de más en más cuantiosos fenómenos astronómicos.

Paralelamente la necesidad de poder determinar una longitud en la mar se hace de más en más acuciante.

Se tiene pues a la vez conocimientos e instrumentos de medida de más en más precisos, pero lo que falta, es la posibilidad de poder situar en el tiempo que corre los acontecimientos antes citados.

Para lo cual se prepusieron numerosos sistemas o soluciones entre los cuales he seleccionado algunas ideas que no faltan de interés:

**Galileo** descubrió con su telescopio los satélites de Júpiter así como su ritmo de aparición sobre la imagen del astro. Se puede por lo tanto obtener la hora por medio de esta "señal" horaria... salvo en un navío que se balancea y cabecea en los océanos. La idea se abandonó pronto a causa de la imposibilidad de aplicarla en la mar.

Los compases o brújulas indican el norte magnético. Su diferencia respecto al norte verdadero (o geográfico), indicado por la Estrella Polar, se llama declinación.

Se pueden trazar sobre un mapa o un mapamundi **líneas isóclinas**, líneas de igual declinación (semejante a las líneas isobaras o isobáticas).

Observando el cielo (y la estrella polar) se puede determinar en cual de estas líneas estamos, de lo cual se induce una aproximada longitud. El método es muy aproximativo y poco seguro.

Se propone fondear **barcos con cañones** fondeados en el Atlántico a distancia de oído. Así, se propaga de barco a barco la hora del meridiano de origen, con el ruido de los cañones...

Simpático, del griego con la palabra sym, ir con. El tinte simpático que solo se puede leer con reactivo (llama, sal, etc.)

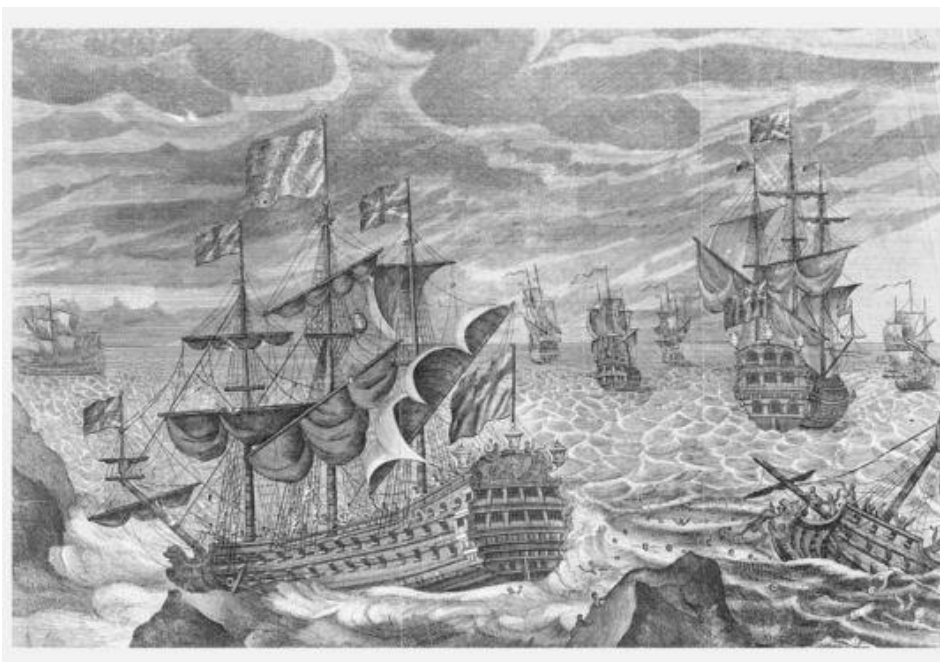
En 1687 existió un polvo a base de vitriolo, el famoso "**polvo simpático**" de un tal Doctor Kenlem Digby. Bastaba con poner un poco de aquel polvo en una herida o sobre un objeto propiedad del herido para que la llaga se curara. La operación era sin embargo muy dolorosa, pero tenía la particularidad de curar también a distancia. Se propusieron entonces embarcar a un perro al que con antelación se le causo voluntariamente una herida. El barco se hacia a la mar. Y durante la travesía, pero en tierra, cada día al mediodía en punto, una persona estaba encargada de poner el dichoso polvo sobre un objeto perteneciente al pobre animal. Se suponía que aullaba a distancia, dando así al Capitán la hora del mediodía en el meridiano de origen.

Si por desgracia la herida del perro cicatrizaba se le volvía a abrir con un cuchillo para que el animal pudiera continuar a situarles en longitud.

Pero hubo muchas protestas perrunas y humanitarias y el tema se abandono. Hubo que buscar soluciones menos bárbaras.

Diversas tragedias marcan el mundo marítimo de la época. La mas importante ocurrió el 22 de Octubre de 1707, el llamado desastre de las Sorlingas.

El almirante Cloudesley Shovell a bordo del HMS Asociacion naufraga con su flota de 4 navíos en las Sorlingas (Scilly en Inglés) a consecuencia de una incorrecta apreciación de la longitud. Más de 1400 marineros perecieron en la aventura. Este desastre impacto mucho al Reino Unido.



El desastre de las Sorlingas

Estamos a principios del siglo 18, es decir en la época de sabios tales como Newton, el de la manzana, casi tan celebre como el suizo Guillermo Tell y Mac Intoch ambos también de la manzana.

Se dispone de correderas de octantes, luego de sextantes (1758) y los estados constituyen de bibliotecas de mapas e instrucciones náuticas.

Las travesías del Atlántico son menos peligrosas pero numerosos capitanes y armadores llevan ante el Parlamento de su graciosa majestad la necesidad de investigar en orden a una verdadera solución al problema.

Los militares también lo piden.

Ya en 1600 Felipe III fue el primero en proponer una prima al que encontrase una solución práctica al problema de la determinación de la longitud en la mar. Le seguirón Holanda, Francia y sobre todo Gran Bretaña.

Todo esto desemboca en 1714 en el "Longitud Act" firmado de la blanca mano de la reina Ana de Inglaterra.

20'000 Libras, sea al rededor de un millón de Euros de hoy en día por un método que permitiera situarse con una precisión de medio grado de longitud.

15'000 Libras para una precisan de 2/3 de grado

10'000 Libras al obtener una precisión de un grado

Sean 120 segundos en una travesía estimada en 20 días. Por lo tanto 6 segundos por día al máximo.

Detalle interesante, se dió un nuevo impulso a las investigaciones en 1741. A consecuencia de una temporal de 58 días el HMS Centurion bajo el mando de Georges Anson se pierde en el Pacifico sur por no conseguir determinar su longitud. Muchos marineros mueren de escorbuto antes de llegar a la isla de Juan Fernández donde pudieron por fin embarcar agua dulce y víveres.

Otro detalle curioso, ese mismo navío, el HMS Centurion había transportado algunos anos antes, en 1736 el primer reloj de Harrison, el H1, para probar su fiabilidad.

## **Dos soluciones principales para resolver el problema de la longitud**

A) Calcular esta noción de hora por medio de observaciones astronómicas (método Maskelin)

B) Crear una machina capaz de guardar el tiempo con gran precisión (método Harrison)

### **Los métodos de las distancias lunares**

La idea que yo llamo "Maskelin" esta lejos de ser estúpida incluso si finalmente ganó la tecnología de Harrison.

Maskelin contribuyó al desarrollo de una solución que no necesitaba ninguna mecánica más que la del cielo. Con nuestra apreciación de hoy en día podemos tratar de ilustrar este método con un ejemplo sencillo:

Las efemérides nos indican que la distancia angular entre dos astros (p. ej. la Luna y el Sol) es de XX grados al mediodía solar en el meridiano de origen, prácticamente la hora de comer.

En mi barco observo esta misma distancia de XX grados, pero una hora antes del paso del Sol en el meridiano de mi lugar. Todavía estoy tomando blancos y no comeré más que dentro de una hora. Puedo concluir que estoy situado una hora antes por lo tanto a 15 grados al oeste del meridiano de origen puesto que observo el acontecimiento mientras que me tomo los blancos, por lo tanto antes que los que están en el meridiano de origen atacando el menú del día.

Por supuesto tengo que determinar esta hora de 60 minutos, pero se puede hacer con bastante precisión por medio de un reloj de arena.

### **El reloj para guardar el tiempo en un barco**

Por el contrario la solución "Harrison", que es conservar a bordo la hora del meridiano de origen, simplifica notablemente el calculo y permite determinar la longitud con cierta facilidad.

La combinación de la hora exacta del meridiano de origen con los datos de los efemérides permite al marino de hacer el calculo que es la "simple" resolución de un triangulo esférico. Obtiene así la longitud que no tiene más que yuxtaponer a su latitud para obtener su posición en el mar.

Los relojes terrestres eran poco precisos y a menudo con una sola aguja. Basándose en los trabajos de Galileo, Christian Huyguens (1629-1695) realiza en 1687 el primer reloj de péndulo. En 1670 se inventa el escape de ancora, en 1675 sale el primer reloj con muelle en espiral a en 1700 los ingleses utilizan pedrazos horadadas como cojinetes.

El desafío de la realización de un cronometro no es fácil en un entorno tan hostil como un navío de la época. Balanceo, cabeceo, golpes de mar, humedad, temperatura y no digo más.

Un hombre dió toda su vida para ganar este desafío tecnológico. En 1759 finalmente Harrison presenta su cuarto reloj que es el H4. Pero aun tendrá que esperar varios años antes de recibir de las manos del rey Georges III una parte del precio prometido por el Longitud Act.

Es cierto que la competencia fue muy cruel a fin de desposeerlo de lo que era manifiestamente una de la mas bellas proezas de la época.

Una victoria sobre el Tiempo!



H4 de John Harrison

## **Bibliografía y et crédito imágenes**

- Clés de voûtes, Leïla Haddad et Alain Cirou, Ed, Seuil AFA, Paris 2001
- Regimento de navegación, Pedro de Medina, 1563, Facsimile Instituto de España, 1964
- Nicholl's Concise Guide, Brown & Ferguson, Galsgow, 1961
- La géographie de Ptolémée, Germaine Aujac, Ed. Anthèse, Arcueil, 1998
- Longitude, Dava Sobel, Walker and Compagny, New York 1995
- American Practical Navigator, Nathaniel Bowditch, US Navy Hydrographic Office, Washington, 1962
- Dictionnaire horloger, Edmond Guyot, Chambre suisse d'horlogerie, La Chaux-de-Fonds, 1953
- Personal notes, Reymond, University of Southampton, 1964
- Cours de navigation astronomique, P.-A. Reymond, CMKCI, Lausanne et Neuchâtel, 1983 et 2007

P.-A. Reymond© 10-11-2016