

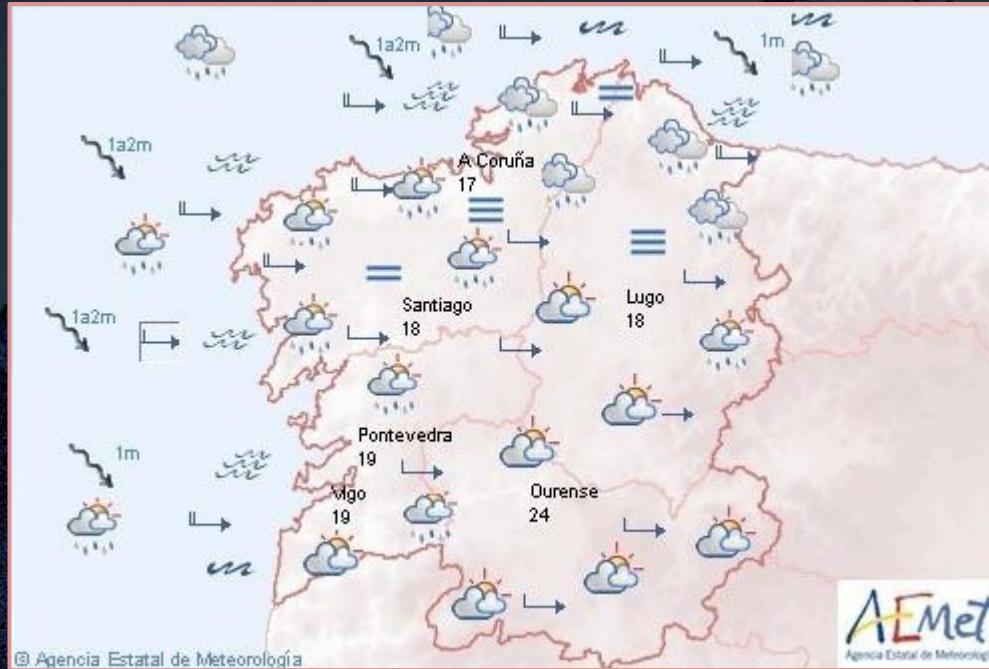
EL TIEMPO

X Seminario de Navegación Astronómica



Dr. Francisco Javier Galindo, C.N.
Real Instituto y Observatorio de la Armada

¿El tiempo?...



Cuando el Sol está cucuricho y la Luna cornicabra,
puede que mañana llueva, haga sol o se quede como
estaba.

Meteorología gabonesa

¿Qué hora es?

The screenshot shows the official website of the Spanish Navy's Observatory. At the top, the logo of the Government of Spain and the Ministry of Defense is visible, along with the text "REAL OBSERVATORIO DE LA ARMADA". Below this is the emblem of the Spanish Navy. The main title "¿Qué hora es?" is prominently displayed, followed by a smaller "Hora" label and a dropdown menu button "Ir a: ¿Qué hora es?".

REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA

ADVERTENCIA: La hora UTC que se presenta a continuación puede no corresponder a la hora exacta, debido al desfase provocado por los medios telemáticos utilizados hasta su recepción, por lo que tiene carácter meramente informativo y en ningún caso de certificación horaria.

El Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) garantiza la hora mantenida en sus servidores. No obstante, existen factores que inciden en la difusión de la hora a través de la red que no dependen ni son cuantificables por el ROA, por lo que declina cualquier responsabilidad con respecto a los errores y retardos que estos datos puedan contener en el punto del usuario.

Hora UTC(ROA)	Hora dispositivo
16:48:16.8 Martes, 22 de septiembre de 2020	18:48:16.3 Martes, 22 de septiembre de 2020

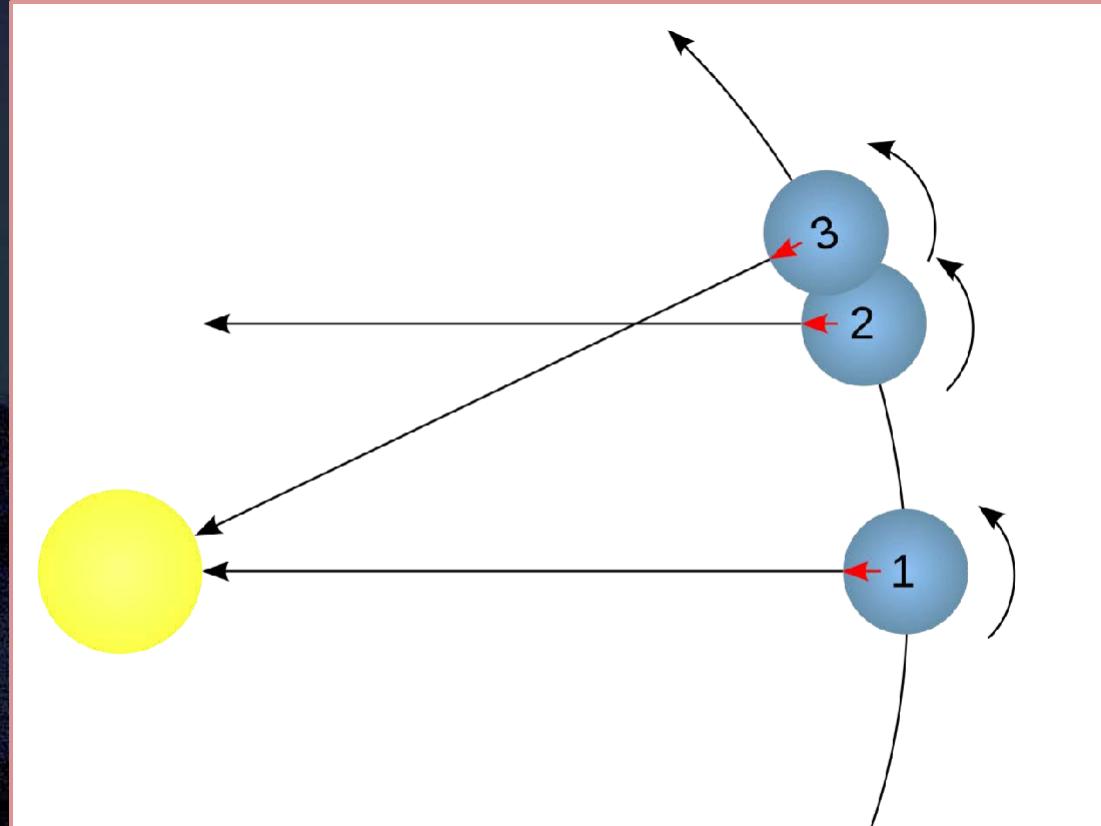
Retardo estimado: 112 ms

Hora UTC(ROA) es la hora facilitada por el servidor de tiempo NTP instalado en el ROA. Se actualiza cada 20 segundos.
Hora dispositivo es la hora del sistema que está utilizando para visualizar la información horaria.
Retardo estimado es una estimación del tiempo transcurrido desde que el servidor del ROA envía la hora UTC hasta que es recibida por el sistema que interroga, suponiendo que el retardo acumulado en el camino de ida y vuelta sean idénticos.

La medida del tiempo

- ▶ Navegación astronómica: *tal y como veo el cielo aquí y ahora, sólo lo veo yo.*
 - Necesito saber en qué instante he observado: medir el tiempo.
- ▶ ¿Cómo? Tradicionalmente, con el movimiento de los astros.
 - Estrellas \Rightarrow tiempo sidéreo
 - Sol \Rightarrow tiempo solar

Tiempo sidéreo vs tiempo solar



- En instante 1, estrella (o γ) y Sol alineados en el meridiano.
- En instante 2, vuelta completa y la estrella en meridiano.
- En instante 3, el Sol vuelve a estar en el meridiano.

Tiempo solar verdadero

Tiempo solar verdadero o aparente.

- Rotación de la Tierra alrededor de su eje
- Traslación de la Tierra alrededor del Sol

Día solar verdadero: tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el meridiano del lugar.

Su origen en un lugar dado es el instante en que el Sol pasa por el meridiano inferior del lugar, siendo por tanto su $h_{\text{S}\odot} = 180^\circ$.

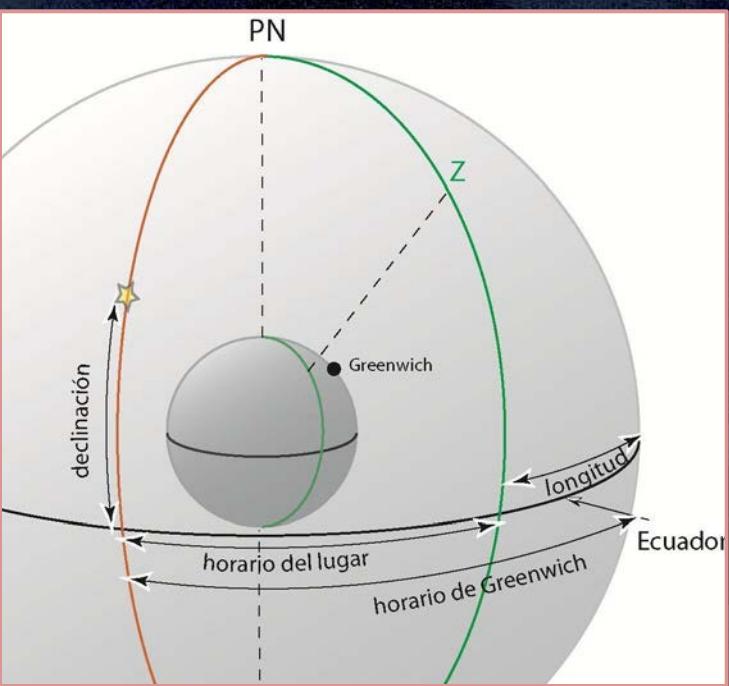
Hora solar verdadera: $180^\circ + h_{\text{S}\odot}$

1 día = 24 horas = 1.440 minutos = 86.400 segundos

Tiempo solar verdadero

¿Qué hora solar verdadera es? (reloj de Sol)

- El día solar aparente comienza al paso del Sol por el meridiano inferior del lugar (0 horas)
- La hora es el ángulo horario del Sol + 12 h.



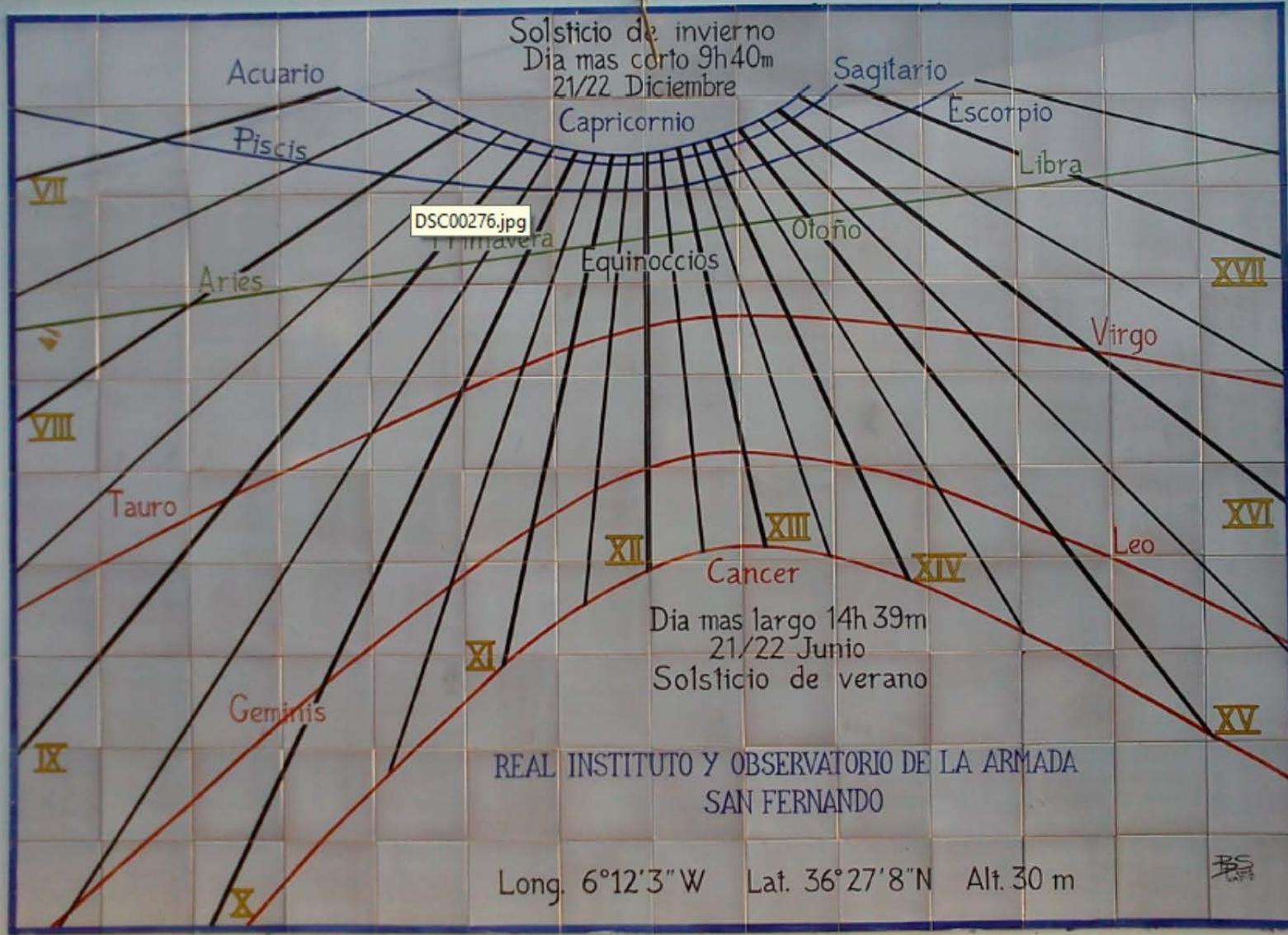
$$360^\circ - 24 \text{ horas (TSV)}$$

$$h - t \text{ horas (TSV)}$$

$$15^\circ - 1 \text{ hora}$$

$$30^\circ - 2 \text{ horas}$$

$$58^\circ 24' - 3h\ 53m\ 36s$$



Tiempo solar verdadero

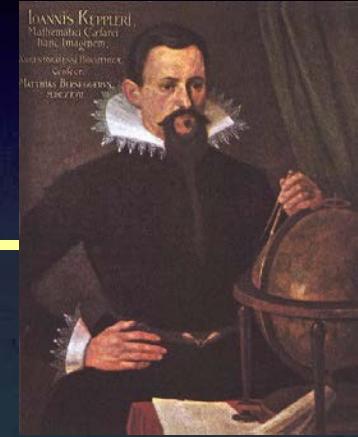
¿Duran lo mismo todos los días?

Supongamos que la rotación de la Tierra alrededor de su eje es constante.

¿Qué pasa con la translación alrededor del Sol?

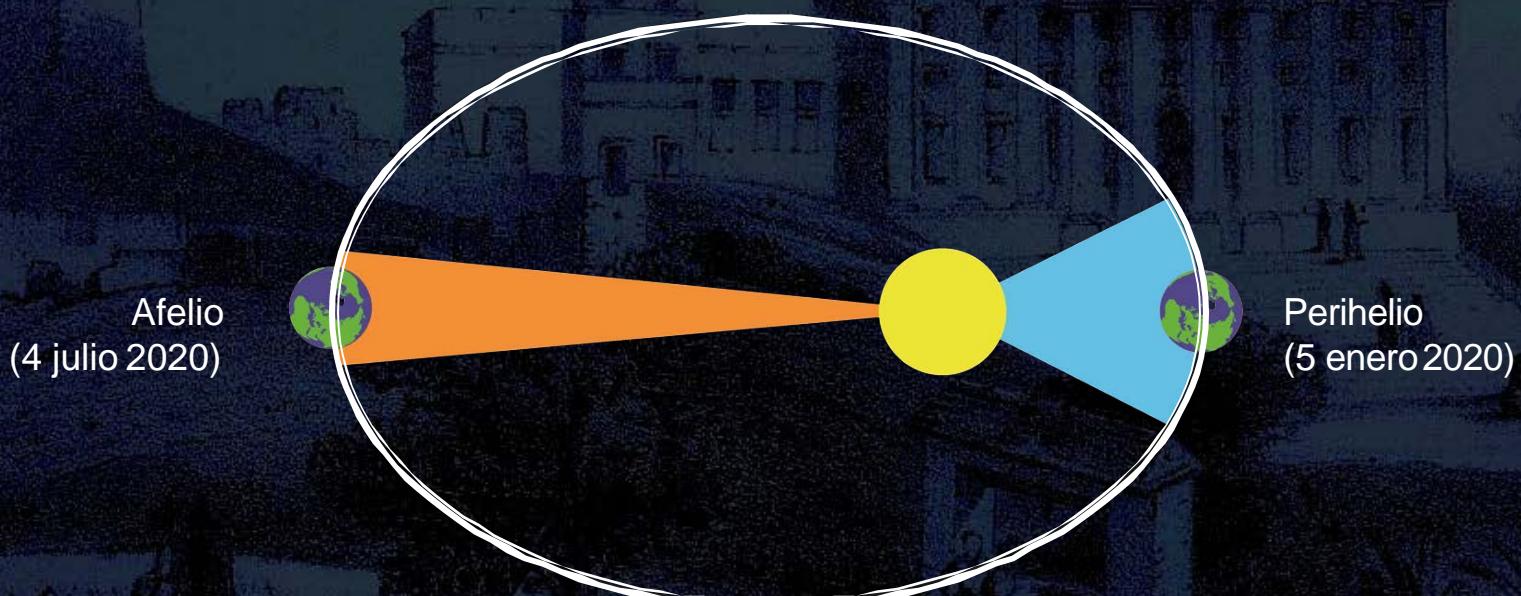


La órbita de la Tierra



Excentricidad de la órbita, 2^a ley de Kepler:

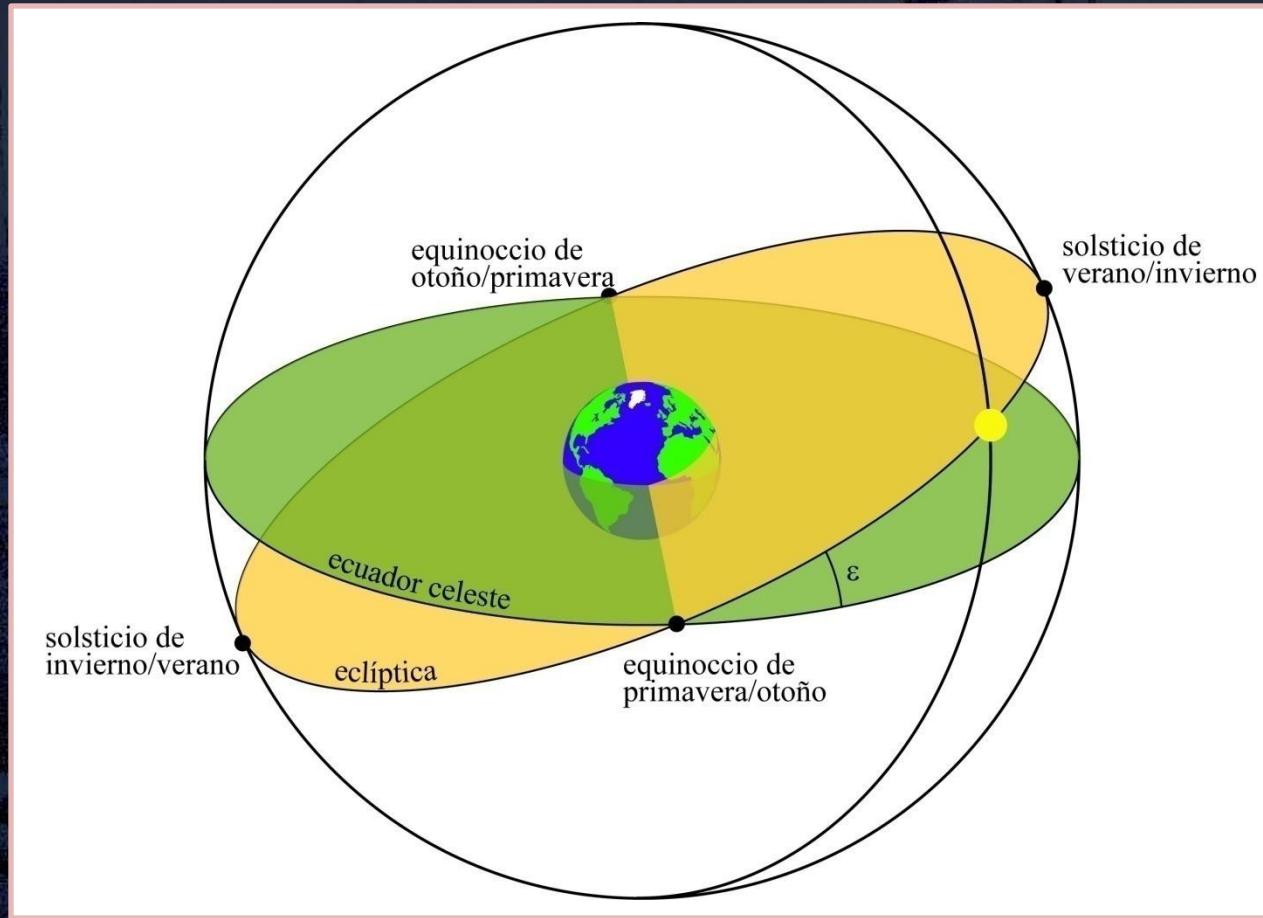
La Tierra va más rápido en el perihelio (~ invierno boreal) que en el afelio (~ verano boreal)



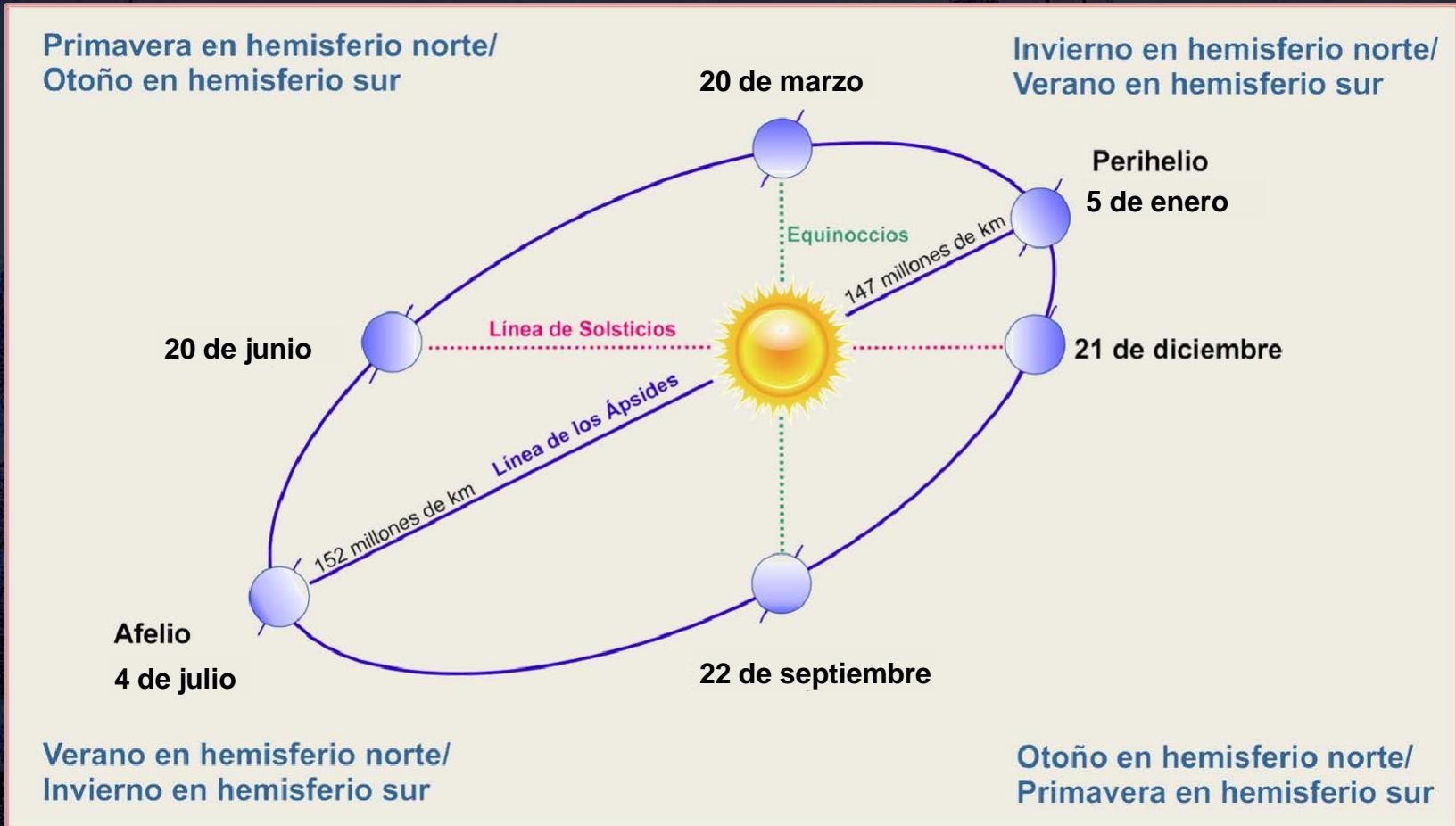
Otoño 2019 - primavera 2020: 178^d 20^h 00^m

Primavera 2019 - otoño 2019: 186^d 9^h 41^m

La “órbita del Sol” (eclíptica)



La “órbita del Sol” (eclíptica)



Tiempo solar medio

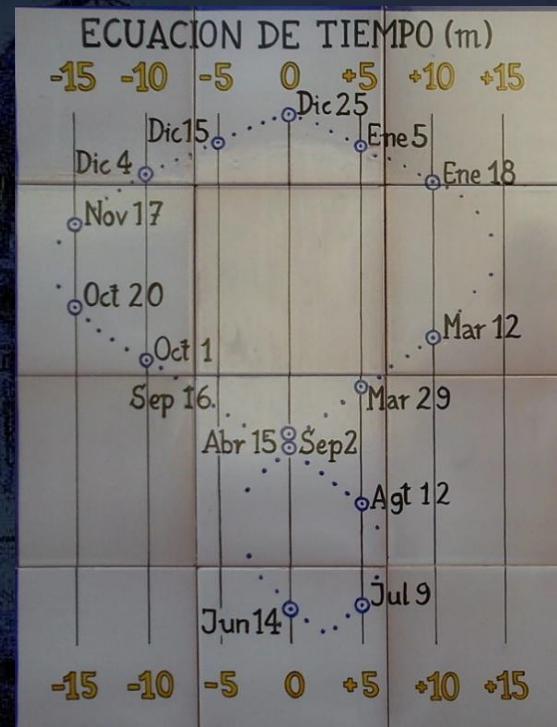
Sol medio: sol ideal que recorre el ecuador a velocidad (angular) constante

Tiempo solar medio, **tiempo medio**, tiempo civil.

- Corrige la falta de uniformidad del tiempo solar aparente.
- Día medio:
 - Promedio de los días solares verdaderos del año.
 - Comienza al paso del sol medio por el meridiano inferior del lugar.
 - Tiempo medio = ángulo horario del sol medio + 12 h.

$$\text{Segundo} = \text{día solar medio} / 86.400$$

Ecuación de tiempo



- Diferencia entre los horarios del sol y del sol medio.
- Tiempo entre el paso del sol por el m.s.l. (12^h de tiempo solar aparente) y las 12 horas de tiempo medio.

Miér		
UT	SOL SD: 15 ^h .7 PMG: 12 ^h 01 ^m .4	O LUN. SD: 16 ^h .0 Edad: 10 ^d .3 PMG: 20 ^h 29 ^m .9

Ecuación de tiempo

Se anula 16.04, 14.06, 01.09 y 25.12, aproximadamente.



Situación a mediados del XIX



Unificación Internacional (UT)

Uso de la hora local (hasta finales del siglo XIX)

Problemas con las comunicaciones (ferrocarril fundamentalmente)

Conferencia Internacional de Washington para la adopción de un Primer Meridiano Universal y de una Hora Cosmopolita (1884)



Unificación Internacional (UT)

Tiempo Medio del Meridiano de Greenwich (Tiempo Universal UT, no GMT)

En España: Se adopta en el Siglo XX, mediante R.D. de 26 de julio de 1900.

Entra en vigor el 1 de enero de 1901.

A partir de entonces se regula con arreglo al tiempo solar medio del Meridiano de Greenwich (llamado vulgarmente tiempo de la Europa occidental).

Para las Islas Canarias se produjo un “olvido”, no regulándose hasta el 1 de marzo de 1922.



(C) Óscar Quiros Romero, 2015

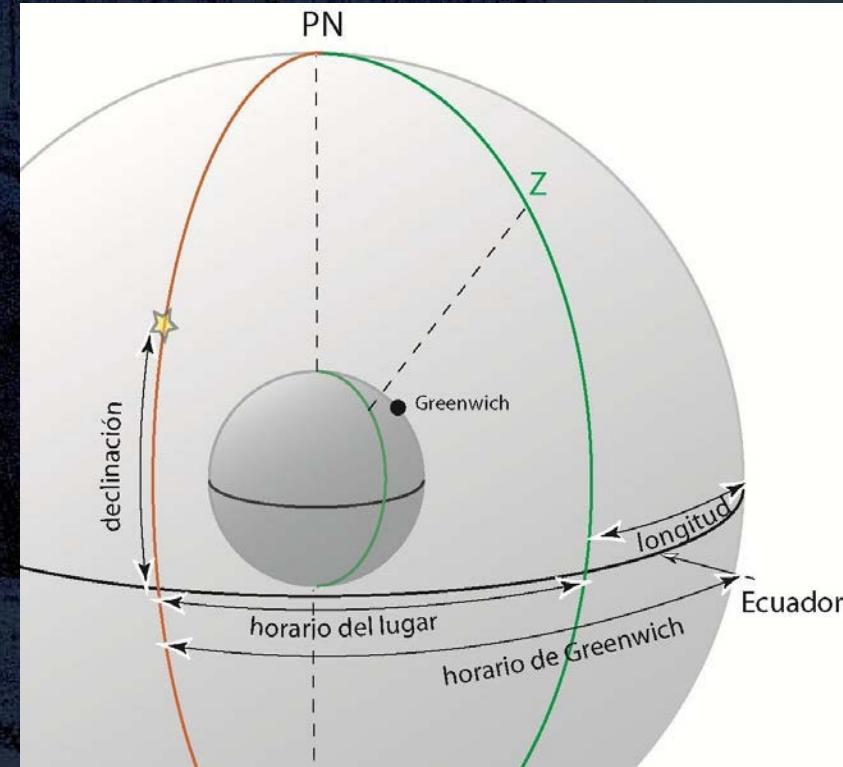
Tiempo Universal UT y HcL

UT = Tiempo medio del meridiano de Greenwich (GMT)

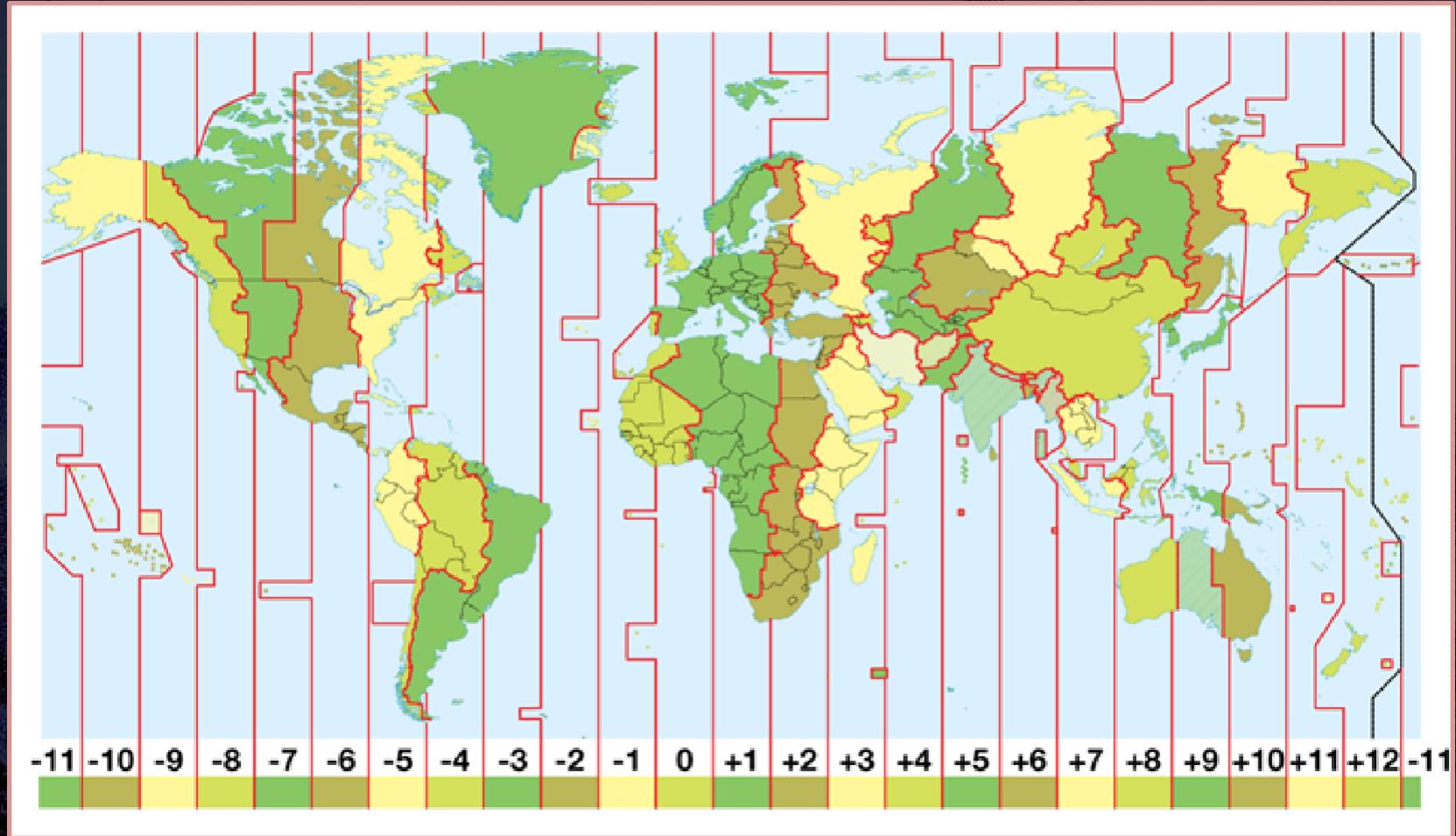
HcL = Hora civil del lugar (tiempo medio del meridiano del lugar)

UT y HcL relacionados por la longitud:

- Longitudes al E: HcL > UT
 - más horas
- Longitudes al W: HcL < UT
 - menos horas



Husos horarios: Hora legal Hz



Hora legal Hz

Para calcular el huso podemos dividir la longitud entre 15 y redondear:

$$L = 157^{\circ} 12,6' W; L/15 = 10,481 \Rightarrow Z = -10$$

$$L = 157^{\circ} 32,6' W; L/15 = 10,503 \Rightarrow Z = -11$$

Huso 12:

$$172,5 E - 180^{\circ}: Z = +12$$

$$172,5 W - 180^{\circ}: Z = -12$$

No es suficiente...

La rotación de la Tierra alrededor de
su eje no es uniforme
(actualmente está decelerando)

Tiempo Atómico Internacional (TAI)

► Tiempo de laboratorio (físico):

- 470 relojes atómicos de 75 laboratorios (aprox.)
- Coincide con UT a las 0^h del 01.01.1958

Segundo (1967) = Duración de 9.192,1631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos de estado base del átomo de Cesio-133

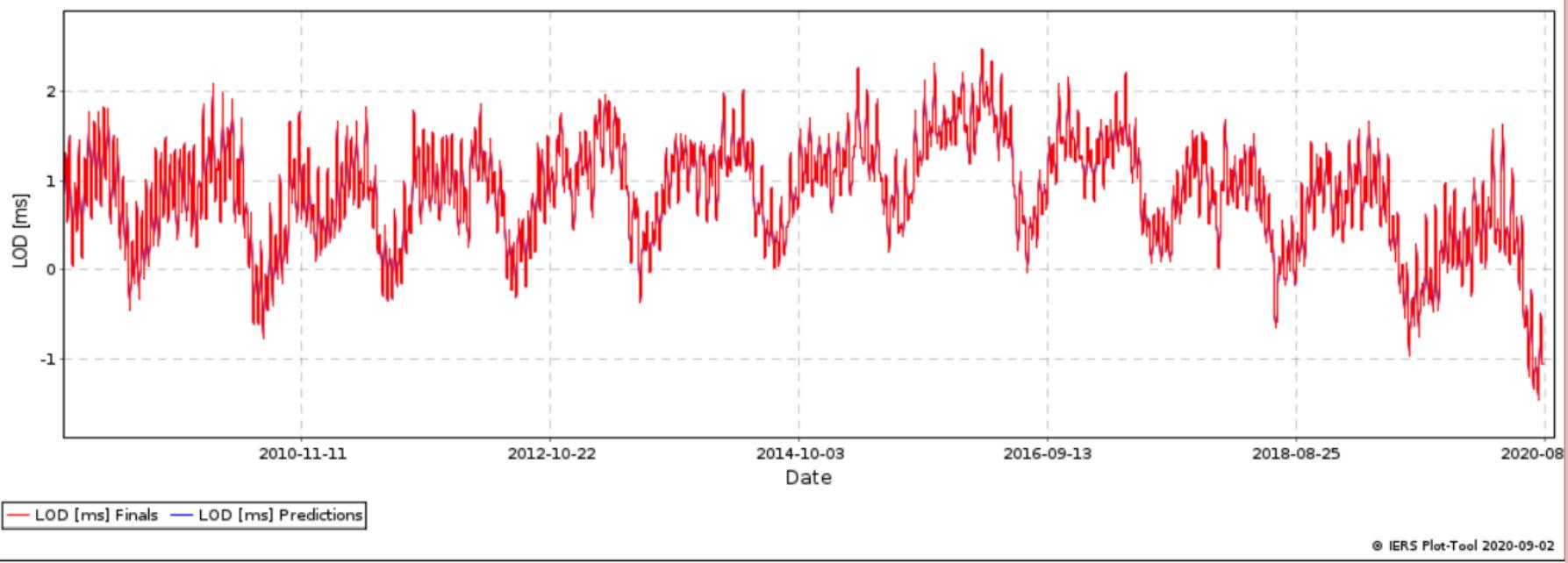
Tiempo Universal Coordinado (UTC)

- ▶ Es el tiempo de nuestros relojes (salvo horas exactas, en general)
- ▶ Marcha de la misma forma que el TAI
- ▶ Difiere del TAI en un número exacto de **segundos intercalares** (37 en la actualidad, no se ha previsto siguiente cambio)
- ▶ Difiere del UT en menos de 0,9 segundos en valor absoluto
 - Predicción para 23.09.2020: -0,17726 s ($DUT1 = -0,2$)
- ▶ El segundo intercalar se introduce:
 - I: el 30 de junio o el 31 de diciembre
 - II: el 31 de marzo o el 30 de septiembre
 - III: el último día de los demás meses
(último introducido el 31 de diciembre de 2016)

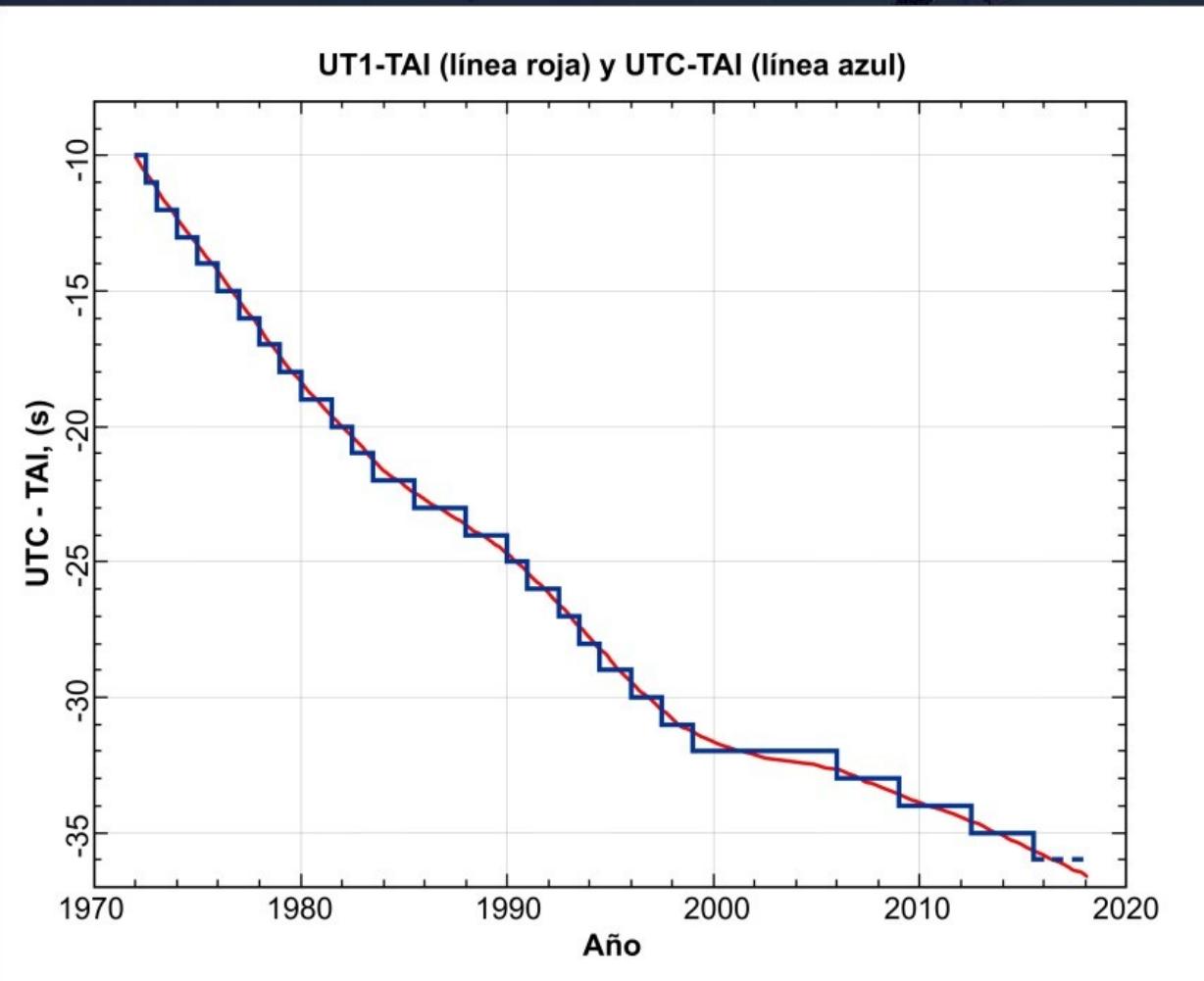
Marcha, LOD

Exceso de la Longitud del Día (+ predicciones)

LOD - BulletinB All



TAI, UTC y UT



UT, UTC y el navegante

- ▶ UT es la medida de la rotación de la Tierra y su orientación en la esfera celeste.
- ▶ Es el argumento de entrada del Almanaque Náutico.
- ▶ ¿Qué error cometemos al tomar UTC como UT?
 $1\text{s} = 15'' \text{ de longitud} \Leftrightarrow \text{error} < 0,25' \text{ de longitud}$
- ▶ ¿Hasta cuando?

...

Hora oficial Ho

Es la que cada país establece en sus territorios...

- ▶ España, excepto Canarias:
 - UTC + 1 en invierno
 - UCT + 2 en verano

- ▶ En Canarias:
 - UTC en invierno
 - UTC + 1 en verano

Hora del reloj de bitácora

Es la que se lleva a bordo



El “tiempo” en el ROA

Artículo 149 de la Constitución Española de 1978:

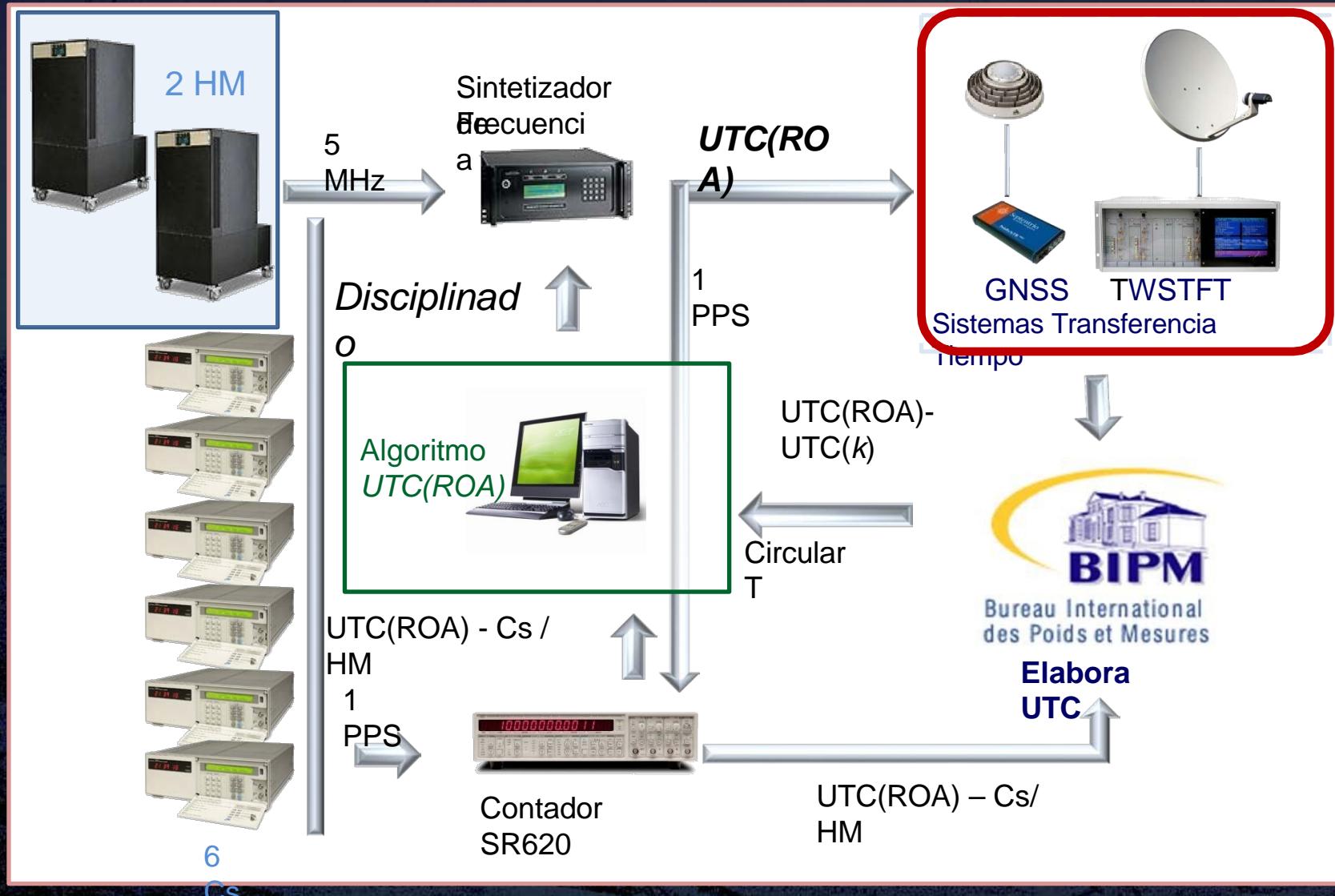
“El Estado tiene competencia exclusiva sobre”... Legislación sobre pesas y medidas, **determinación de la hora oficial.**

Mantiene el patrón nacional de la unidad básica de tiempo, así como la escala UTC(ROA), base de la hora legal española (R.D. 1308/1992, de 23 de octubre, y R.D. 648/1994, de 15 de abril).

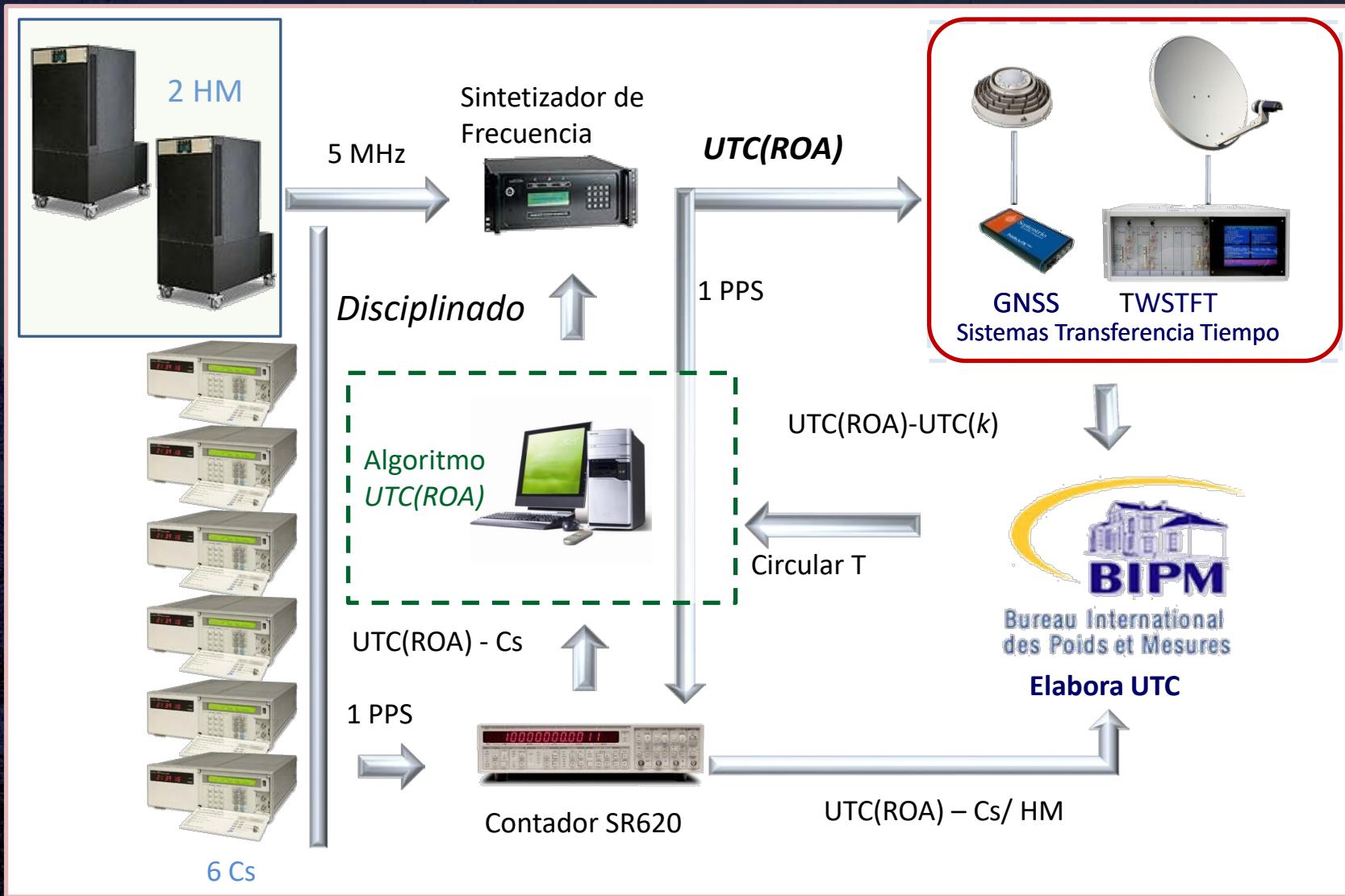
Elevado al rango de Ley (Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología).



Realización de UTC(ROA)



Realización de UTC(ROA)



Batería de relojes atómicos del ROA



Antenas de transferencia de tiempo



Resultado del proceso: UTC(ROA)

REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (Sección de Hora)

"UTC-UTC(ROA)"

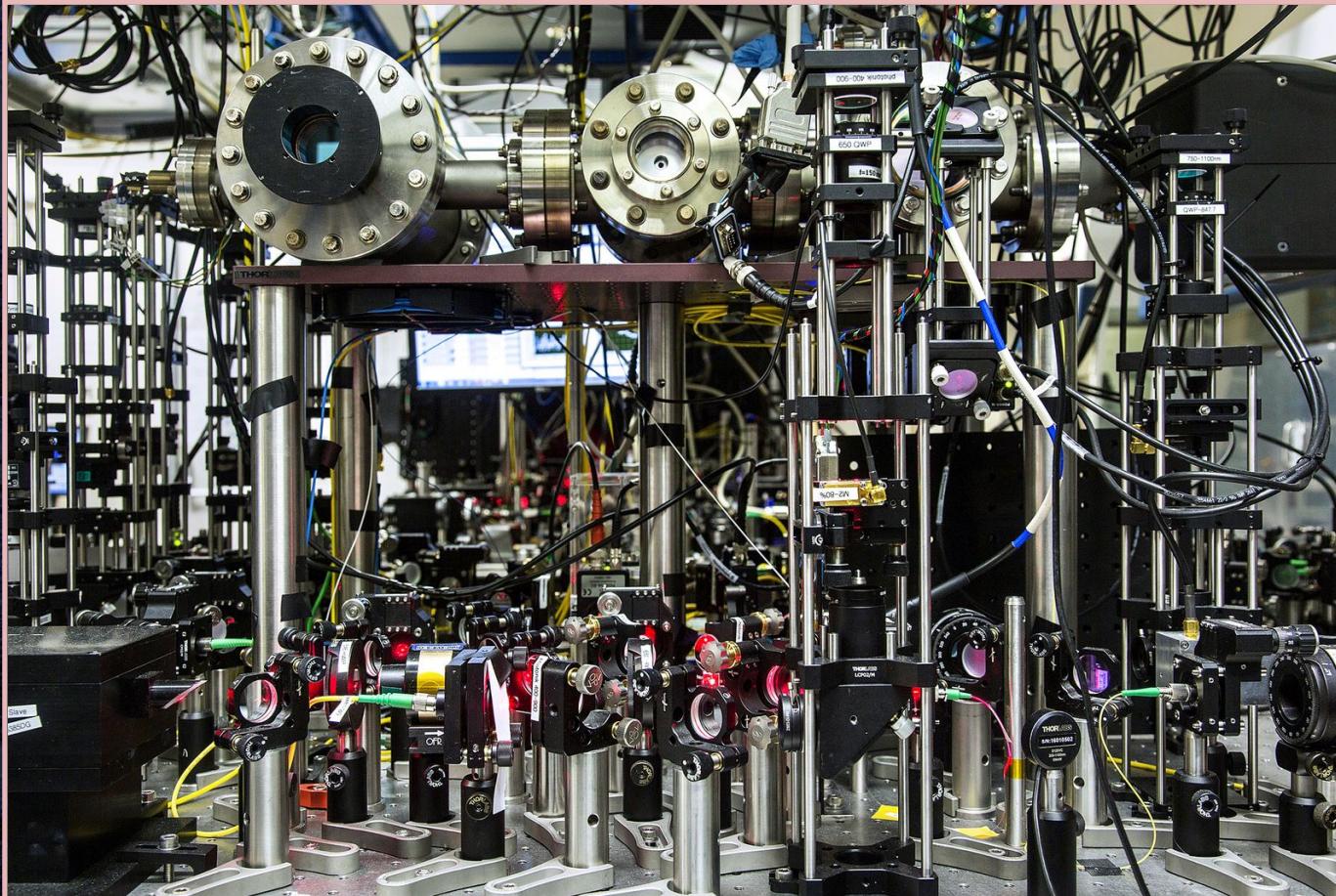


Antenas de transferencia de tiempo



- Calibraciones
- Servicio abierto NTP: hora.roa.es y minuto.roa.es.
 - Atiende más de 140 M de solicitudes de sincronismo diarias.
- Servicio TDS (Tfno.: 956 599 429)

Proyecto nuevo reloj óptico de Sr



Edificio de Hora del ROA





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE DEFENSA



**La hora en España la
realiza y custodia la
Armada Española**

**Real Instituto y Observatorio de la Armada
en San Fernando (ROA)**

