

tiempo

el concepto de tiempo siempre está relacionado con la idea de movimiento

la medida del movimiento consiste en correlacionar las posiciones de un sistema físico con las de otro, ordenándose así una serie de sucesos con respecto a otra serie de sucesos

serie de sucesos: serie de posiciones de un sistema físico natural o artificial

ejemplo: si queremos estudiar el movimiento de una pelota que se desplaza sobre el piso relacionamos las diferentes posiciones de la misma a lo largo de su camino con las diferentes posiciones de las agujas de un reloj

una serie de posiciones de un sistema físico natural o artificial constituye una escala de tiempo si definimos una unidad de medida y un origen de la escala

podemos elegir una serie discontinua de sucesos periódicos, asumiendo que se repiten a intervalos regulares

o una serie continua de sucesos dada por las posiciones de un sistema con movimiento continuo, asumiendo que los intervalos de tiempo entre dos sucesos son iguales cuando los espacios recorridos son iguales (movimiento uniforme)

***la medida del tiempo se reduce a
medidas espaciales***

***ha sido siempre un problema astro-
nómico: el Sistema Solar es nuestro reloj***

***el movimiento de rotación de la Tierra
sobre su eje origina diferentes escalas de
tiempo "rotacional" según cómo se mida***

***las sucesivas posiciones de la Tierra en
su movimiento de rotación pueden
determinarse midiendo el ángulo horario
de algún objeto celeste***



***medida del tiempo se reduce a
medidas de ángulos!***

***medida del ángulo horario del Sol
verdadero: tiempo solar verdadero***

***medida del ángulo horario del Sol medio:
tiempo solar medio***

***medida del ángulo horario del equinoccio
de primavera: tiempo sidéreo***

***unidad de medida de los tiempos
rotacionales: día (solar verdadero, solar
medio o sidéreo)***

***el movimiento de traslación de la Tierra
alrededor del Sol origina la escala de
tiempo de efemérides***

***unidad de medida del tiempo de
efemérides: segundo de efemérides***

falta de uniformidad de las escalas de tiempo rotacional

las escalas de tiempo rotacional no son uniformes porque:

1) la Tierra no rota uniformemente

2) el meridiano superior del lugar desde el cual medimos los ángulos horarios no está fijo en la superficie terrestre

3) el objeto que usamos como referencia para definir cada escala no se mueve uniformemente

1) la rotación de la Tierra no es uniforme debido a :

a) el rozamiento del agua con el lecho del mar debido a las mareas luni-solares provoca que la velocidad de rotación de la Tierra disminuya con el tiempo: el tiempo que le toma a la Tierra rotar 360° sobre su eje aumenta $0,0016$ s/siglo

b) variaciones estacionales debidas a desplazamientos de las masas de aire y de los hielos, y variaciones en la flora y la fauna, que producen un desequilibrio entre hemisferios: variaciones en el tiempo de rotación terrestre que pueden alcanzar a $0,0025$ s en un año

c) variaciones irregulares (no periódicas) del orden de $0,001$ s/año, producidas por cambios bruscos en la distribución de masas en el interior de la Tierra imprevisibles

2) el meridiano del lugar no está fijo con respecto a la tierra debido a:

a) oscilaciones de la vertical producidas por desplazamientos de las masas en el interior terrestre que producen cambios en la dirección de la aceleración de la gravedad

b) movimiento de los polos de algunos metros sobre la superficie de la Tierra alrededor de la posición media producido por variaciones en la distribución de masas, en la circulación oceánica, en la atmósfera e interacciones gravitacionales con otros cuerpos del Sistema Solar

tiempo sidéreo (T_s):

ángulo horario del punto γ (equinoccio de primavera)

culminación superior de γ : 0h de T_s

unidad de medida : día sidéreo



intervalo de tiempo entre dos pasajes consecutivos del punto γ por el meridiano superior del lugar

en un día sidéreo el ángulo horario del punto γ aumenta 360° o 24h

1 día sidéreo = 24 horas sidéreas

1 hora sidérea = 60 minutos sidéreos

1 minuto sidéreo = 60 segundos sidéreos

cómo se mide el tiempo sidéreo?

observando estrellas de ascensión recta conocida en el momento de su *culminación superior*

$$T_s = t_* + \alpha_* \rightarrow \boxed{T_s = \alpha_*} \leftarrow t_* = 0$$

de manera similar, si conocemos el tiempo sidéreo y las coordenadas ecuatoriales absolutas de un astro, podremos calcular el ángulo horario y ubicar el astro en el cielo con sus coordenadas ecuatoriales locales

el punto γ no es un punto fijo en la esfera celeste debido a la precesión y a la nutación



1) tiempo sidéreo verdadero (T_{sv}): ángulo horario del punto γ_v

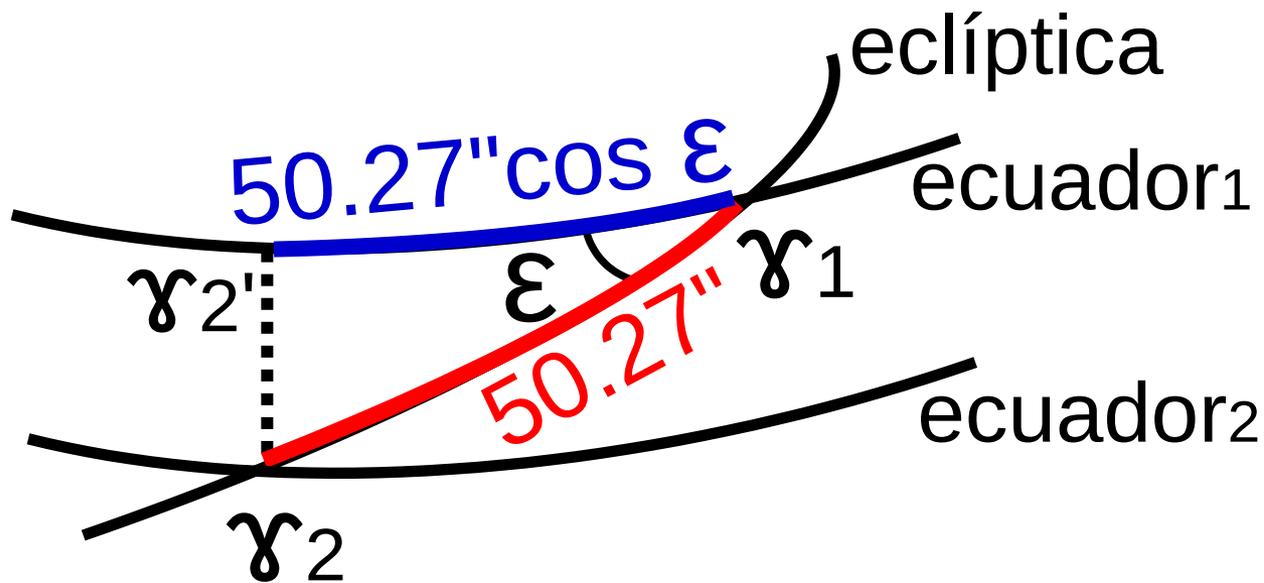
**2) tiempo sidéreo medio (T_{sm}): ángulo horario del punto γ_m
= T_{sv} corregido por nutación**

$T_{sv} - T_{sm} = EE =$ ecuación de los equinoccios



desplazamiento del punto γ sobre el ecuador debido a la nutación

**T_{sm} se atrasa y se adelanta alternativamente al T_{sv} con un período de 18.6 años
máximo valor de EE : 1.18s**



desplazamiento de γ sobre el ecuador debido a la precesión por día:

$$\frac{50.27'' \cos \epsilon}{366} = 0.1260'' = 0.0084s$$

la duración del día sidéreo medio es 0.0084s menor que la duración de un día sidéreo ideal con respecto a un punto γ inmóvil

el tiempo sidéreo medio no es uniforme debido a la falta de uniformidad del movimiento de rotación de la Tierra, a las oscilaciones del meridiano y a que la precesión del equinoccio sufre pequeñas variaciones seculares

la escala de tiempo sidéreo, aunque no es utilizada en la vida diaria, es muy importante en la observación astronómica

tiempo solar verdadero ($T_{\odot v}$):

ángulo horario del Sol verdadero

culminación superior del Sol: 0h de $T_{\odot v}$



mediodía verdadero

unidad de medida : día solar verdadero



intervalo de tiempo entre dos pasajes consecutivos del Sol por el meridiano superior del lugar

en un día solar verdadero el ángulo horario del Sol aumenta 360°

1 día solar verdadero= 24 horas solares verdaderas

1 hora solar verdadera=60 minutos solares verdaderos

1 minuto solar verdadero= 60 segundos solares verdaderos

cómo se mide el tiempo solar verdadero?



el ángulo horario del centro del Sol determinado a partir de la observación determina el tiempo solar verdadero

$$T_{sv} = t_{\theta} + \alpha \theta \implies t_{\theta} = T_{sv} - \alpha \theta$$

↓ ↓
no son uniformes

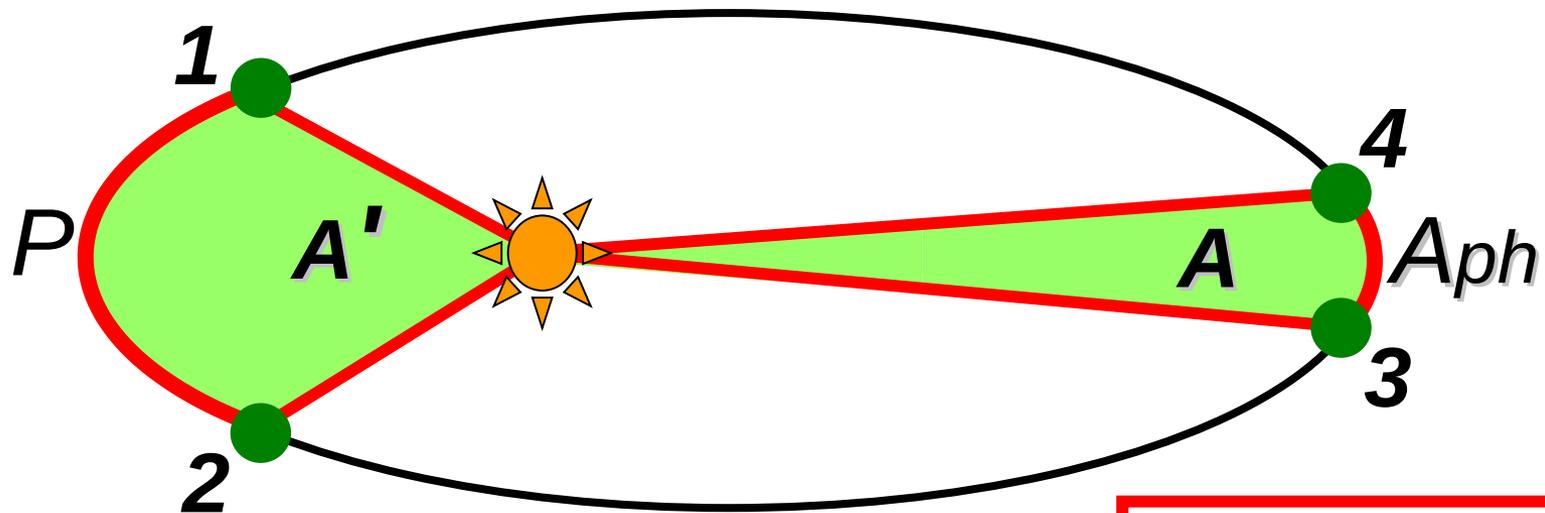


el tiempo solar verdadero no es uniforme

el tiempo sidéreo verdadero no es uniforme debido a la falta de uniformidad del movimiento de rotación de la Tierra, a las oscilaciones del meridiano, a las pequeñas variaciones seculares que sufre la precesión del equinoccio, y, principalmente, a la nutación

el movimiento del sol verdadero en ascensión recta no es uniforme porque:

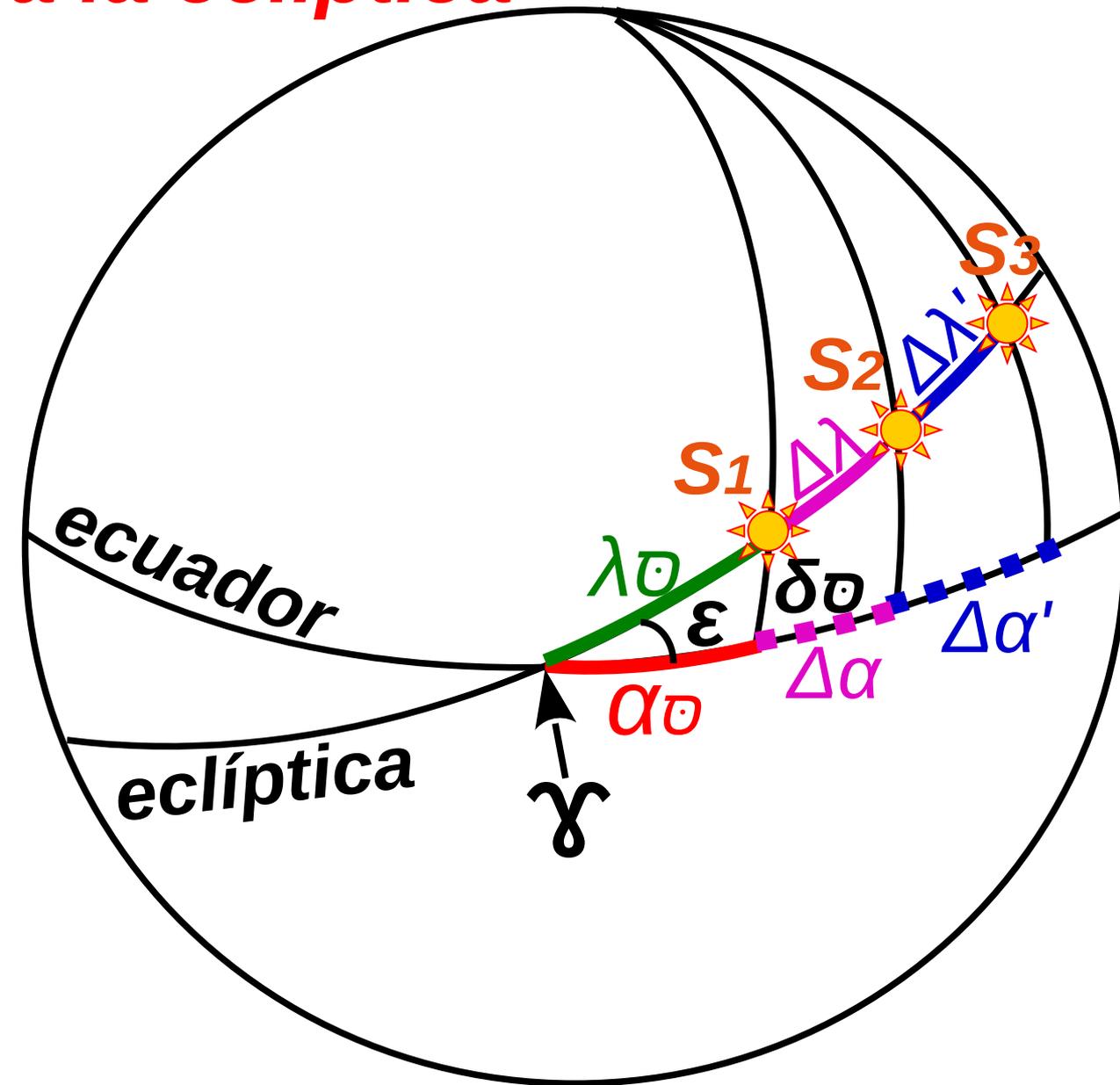
1) el movimiento del Sol se realiza sobre la eclíptica y de manera no uniforme ya que la órbita elíptica de la Tierra implica diferentes velocidades en diferentes puntos de la misma (segunda ley de Kepler)



si $A=A'$, $\Delta t_{2,1} = \Delta t_{4,3} \Rightarrow$

$$V_P > V_{Aph}$$

2) el ecuador está inclinado con respecto a la eclíptica PN



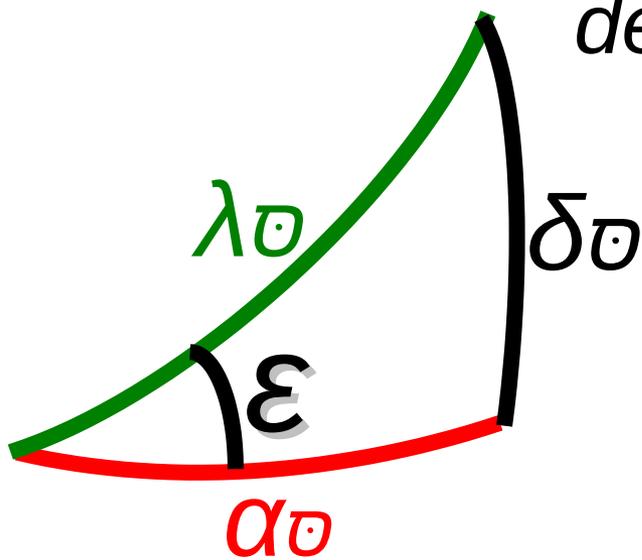
$$S_2 - S_1 = \Delta\lambda$$

$$S_3 - S_2 = \Delta\lambda'$$

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda'$$

sin embargo:

$$\Delta\alpha \neq \Delta\alpha'$$



de la fórmula de los 5 elementos:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \operatorname{tg}(\lambda) \cos(\varepsilon) \quad (1)$$

derivando (1):

$$d\alpha = \frac{\cos^2(\alpha) \cos(\varepsilon) d\lambda}{\cos^2(\lambda)} \quad (2)$$

de la fórmula del coseno: $\frac{\cos(\alpha)}{\cos(\lambda)} = \frac{1}{\cos(\delta)}$ (3)

reemplazando (3) en (2): $d\alpha = \frac{\cos(\varepsilon) d\lambda}{\cos^2(\delta)}$

$$\Delta\alpha = \frac{\cos(\varepsilon) \Delta\lambda}{\cos^2(\delta)} \quad \Delta\alpha' = \frac{\cos(\varepsilon) \Delta\lambda'}{\cos^2(\delta')}$$

$\Delta\lambda = \Delta\lambda'$ pero $\delta \neq \delta' \Rightarrow \Delta\alpha \neq \Delta\alpha'$

para construir una escala de tiempo uniforme a partir de la escala de tiempo solar verdadero se corrige este último de los efectos introducidos por sus dos mayores fuentes de falta de uniformidad: la elipticidad de la órbita y la oblicuidad de la eclíptica

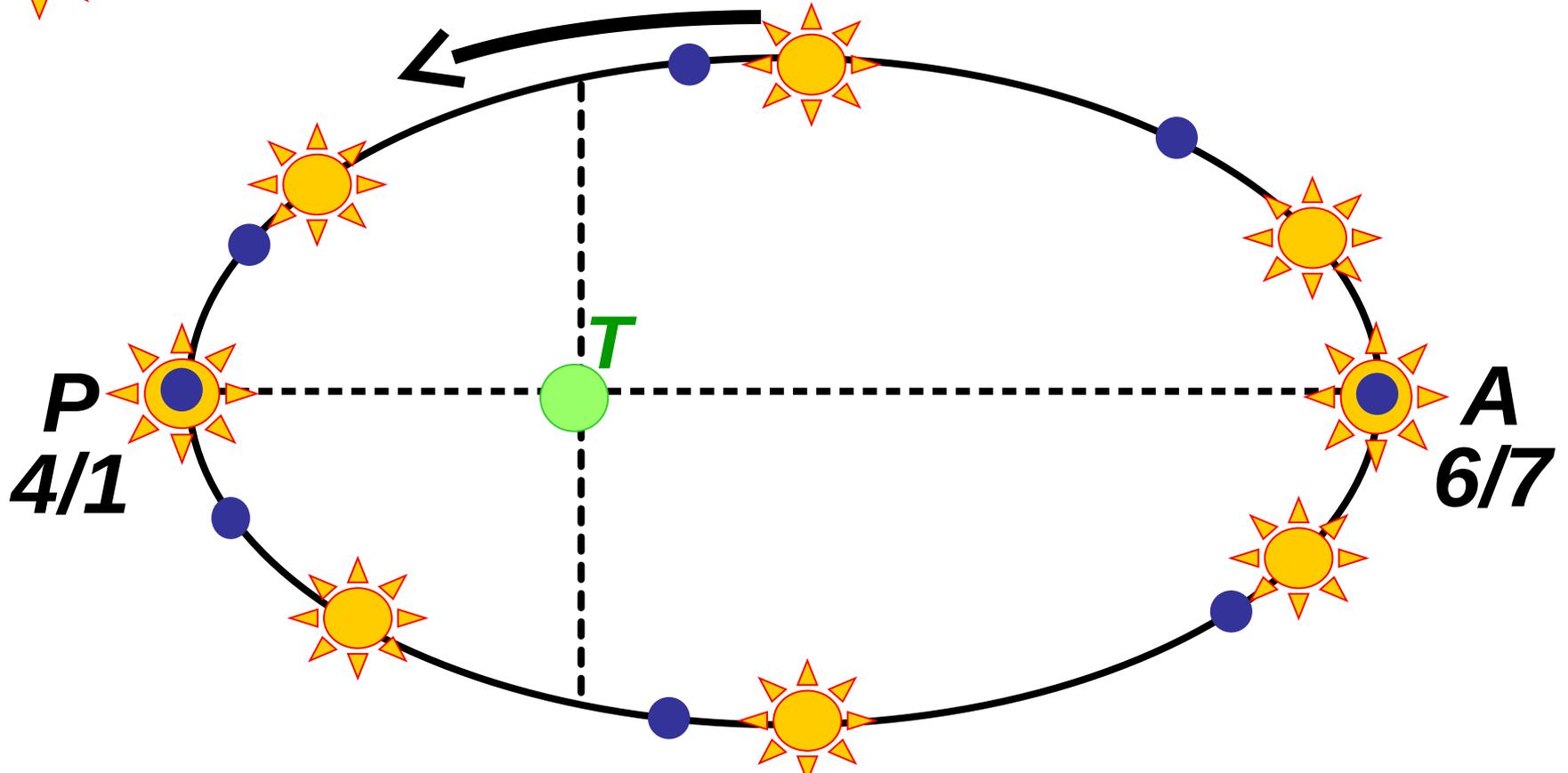
esta corrección se realiza mediante la creación de 1) un primer sol ficticio que recorre la eclíptica con movimiento uniforme y 2) un segundo sol ficticio o sol medio que recorre el ecuador con movimiento uniforme

1) primer sol ficticio:
recorre la eclíptica con movimiento uni-
forme coincidiendo con el sol verdadero
en el apogeo y el perigeo

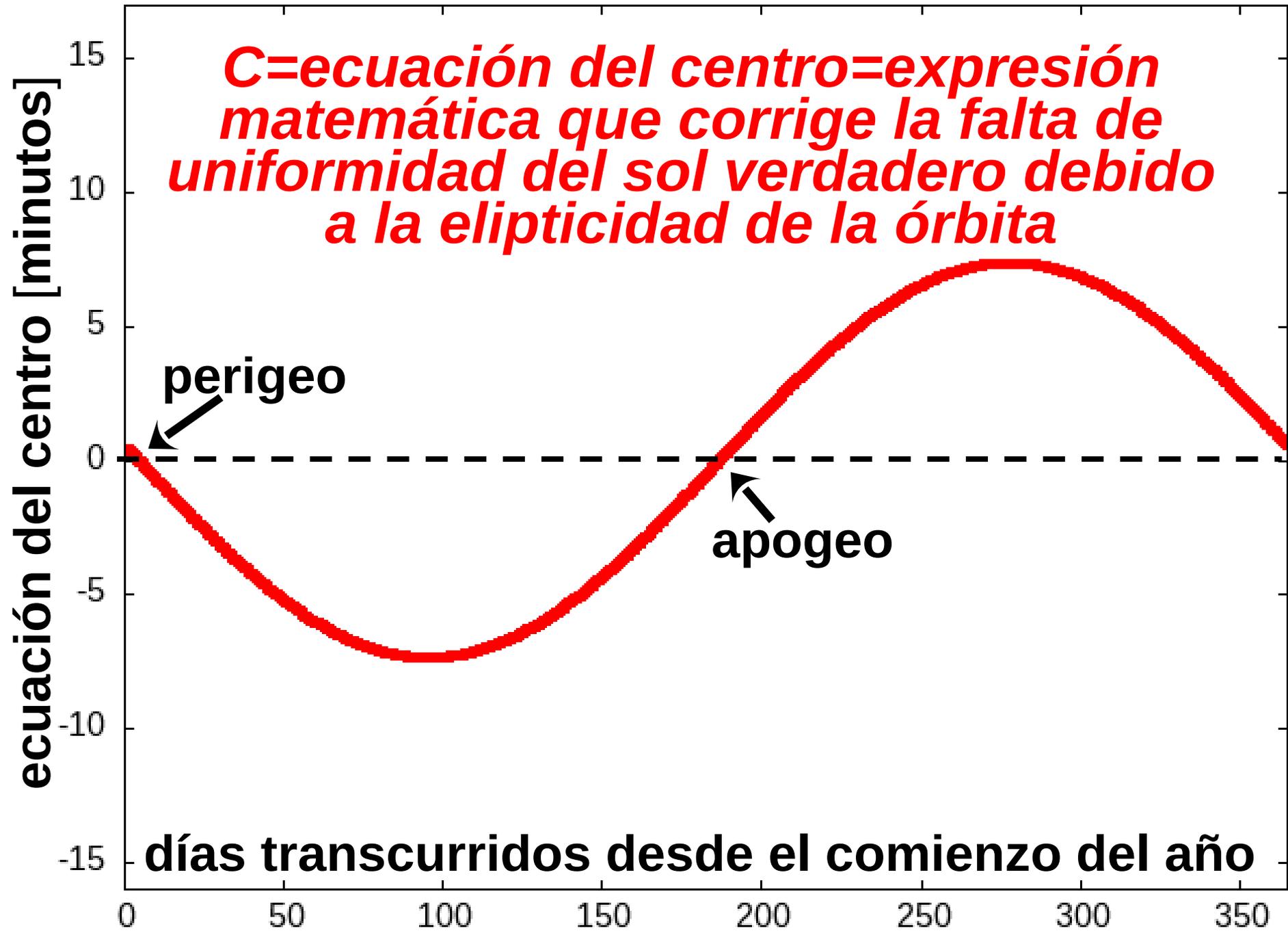


Sol verdadero

● primer sol ficticio

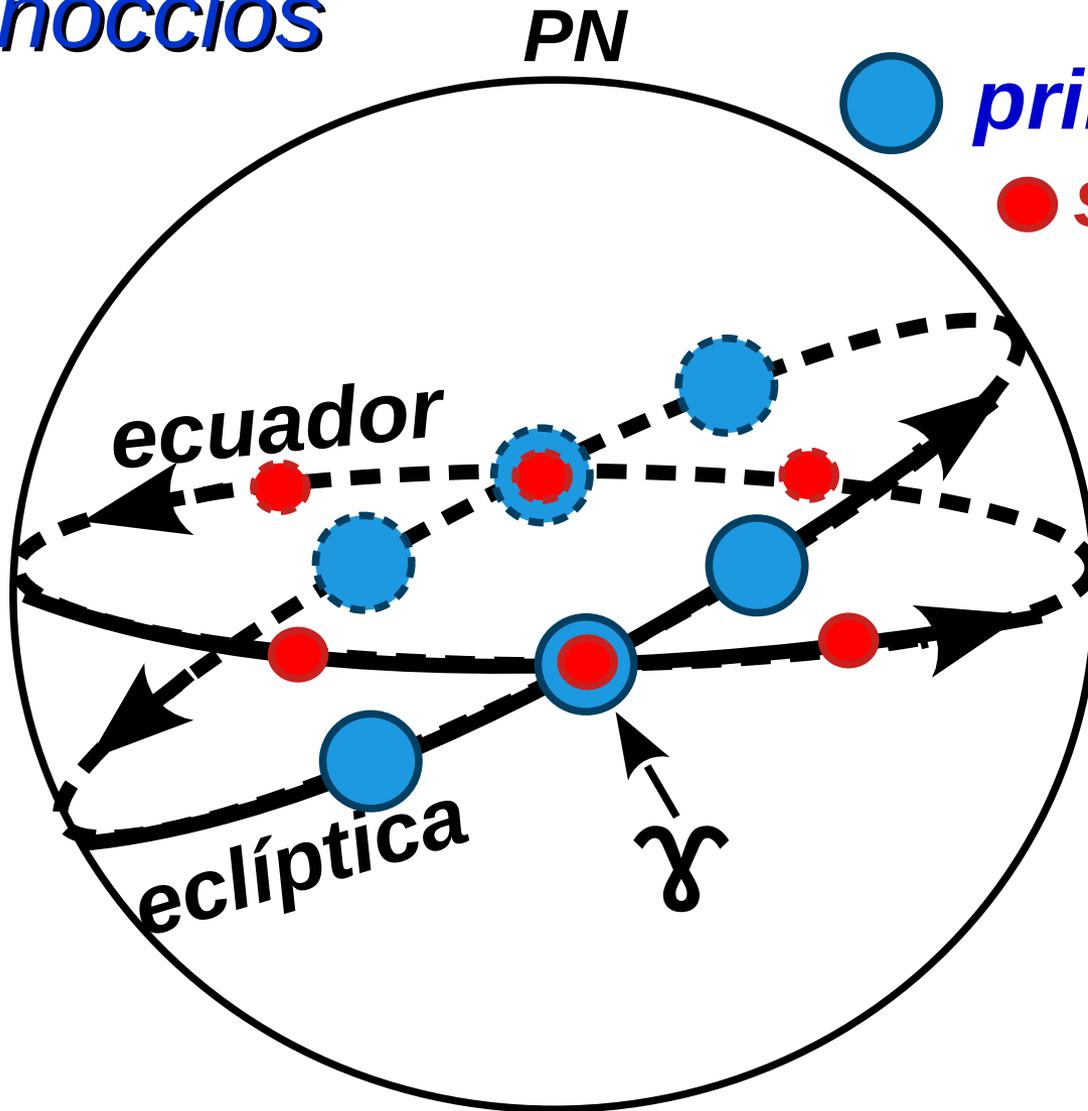


C=ecuación del centro=expresión matemática que corrige la falta de uniformidad del sol verdadero debido a la elipticidad de la órbita

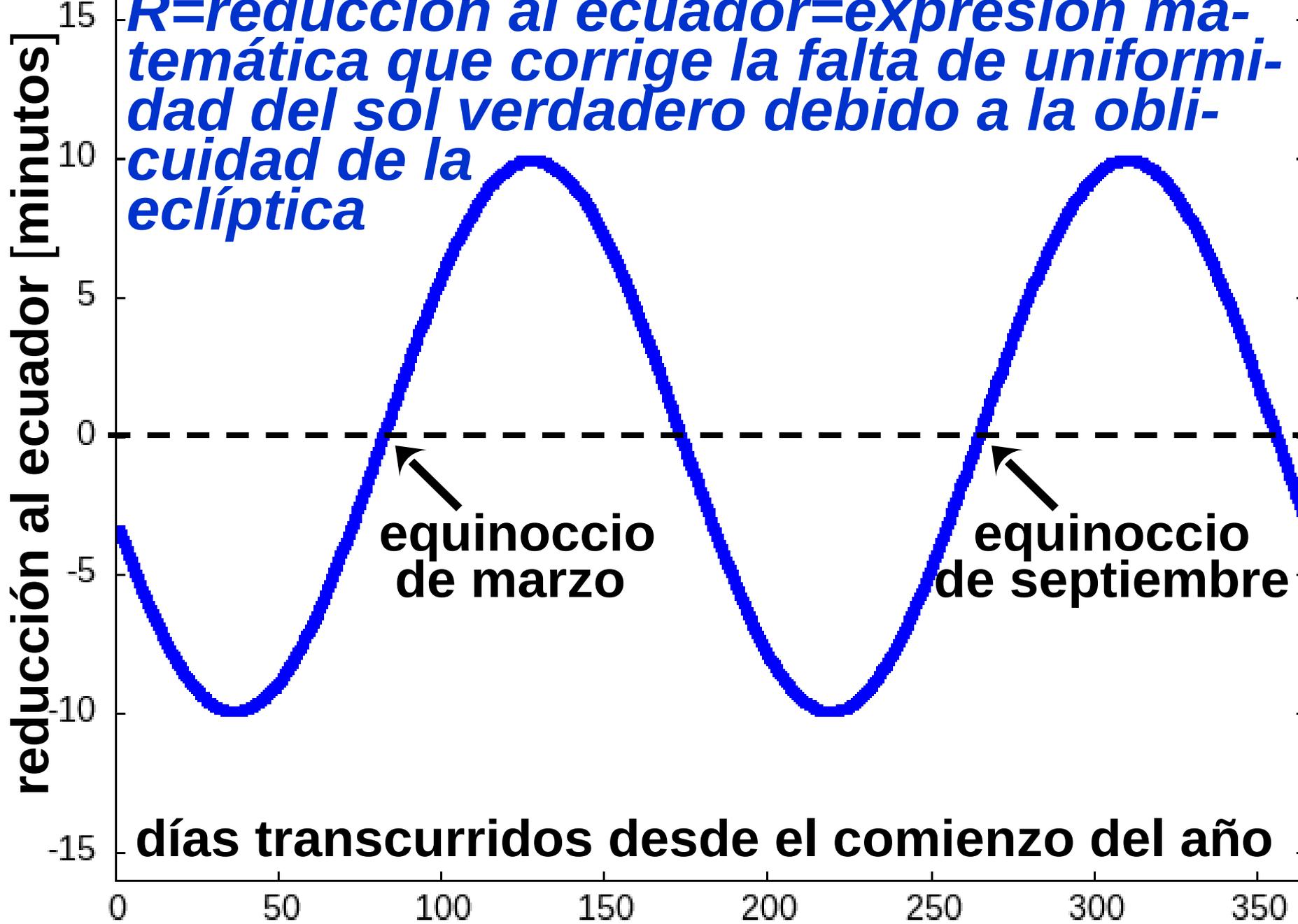


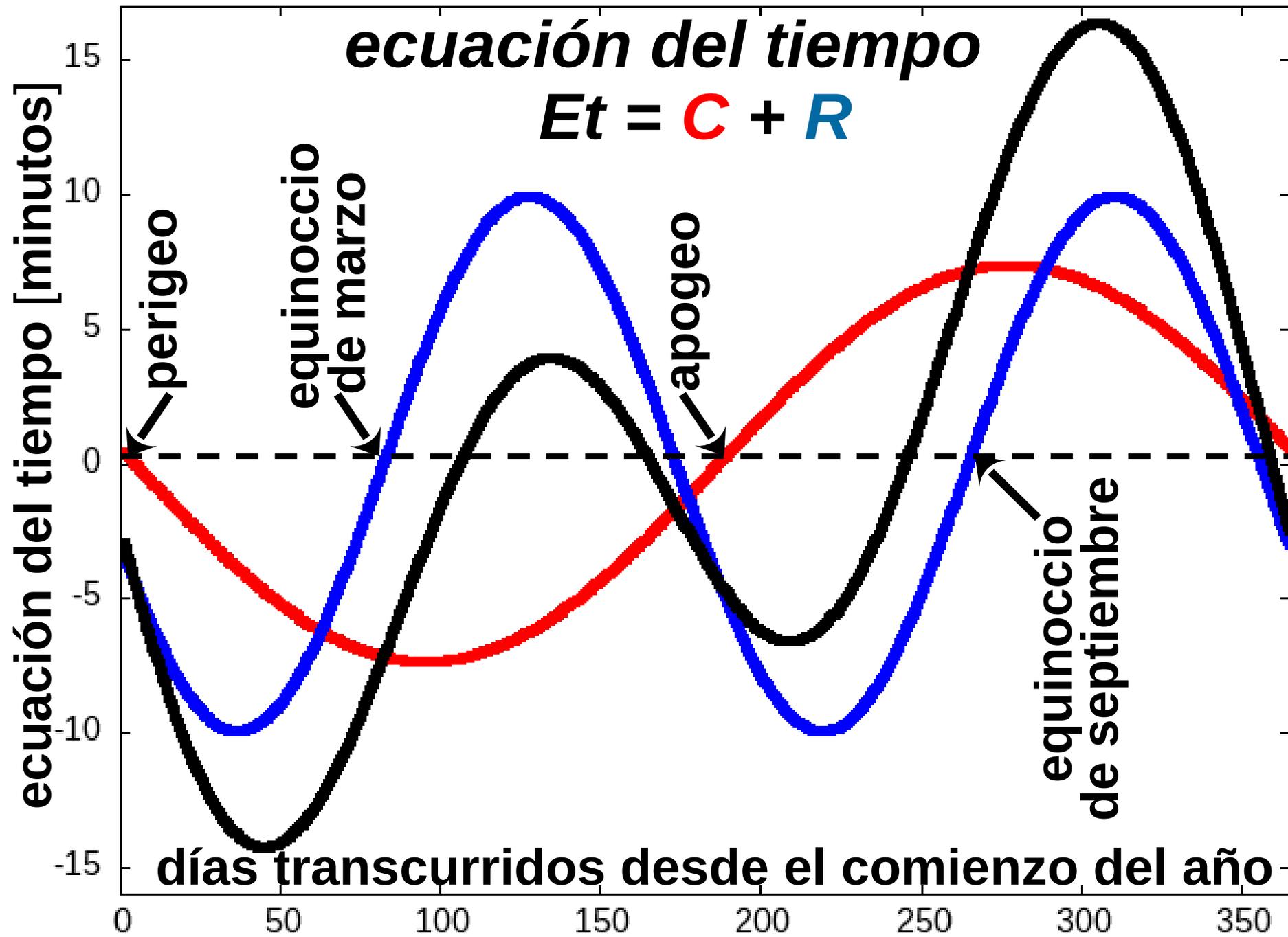
días transcurridos desde el comienzo del año

2) segundo sol ficticio o sol medio:
recorre el ecuador con movimiento uniforme
coincidiendo con el primer sol ficticio en los
equinoccios



R=reducción al ecuador=expresión matemática que corrige la falta de uniformidad del sol verdadero debido a la oblicuidad de la eclíptica





tiempo solar medio (T_{om}):

ángulo horario del sol medio

tiempo solar medio = tiempo solar verdadero corregido de sus principales irregularidades

culminación superior del sol medio:

0h de T_{om} \Rightarrow mediodía medio

unidad de medida : día solar medio

intervalo de tiempo entre dos pasajes consecutivos del sol medio por el meridiano superior del lugar

en un día solar medio el ángulo horario del sol medio aumenta 360°

1 día solar medio= 24 horas solares medias

1 hora solar media=60 minutos solares medios

1 minuto solar medio= 60 segundos solares medios

$$T_{\odot m} = T_{\odot v} - Et$$

dado por un reloj de Sol

tabulada para cada día del año en las efemérides astronómicas (varía muy poco de año a año)

$$-15m(12/2) < Et < 16m(4/11)$$

si $Et < 0$, el sol medio se adelanta al Sol verdad.

si $Et > 0$, el sol medio se atrasa al Sol verdadero

el tiempo solar medio no puede ser determinado a partir de la observación directa hay dos métodos indirectos:

1) primer método:

a) se observa el sol verdadero: $T_{\odot v}$

b) se calcula $T_{\odot m} = T_{\odot v} - Et$, con Et obtenido de tabla

2) segundo método:

a) se observan estrellas fundamentales en su culminación: T_{sv}

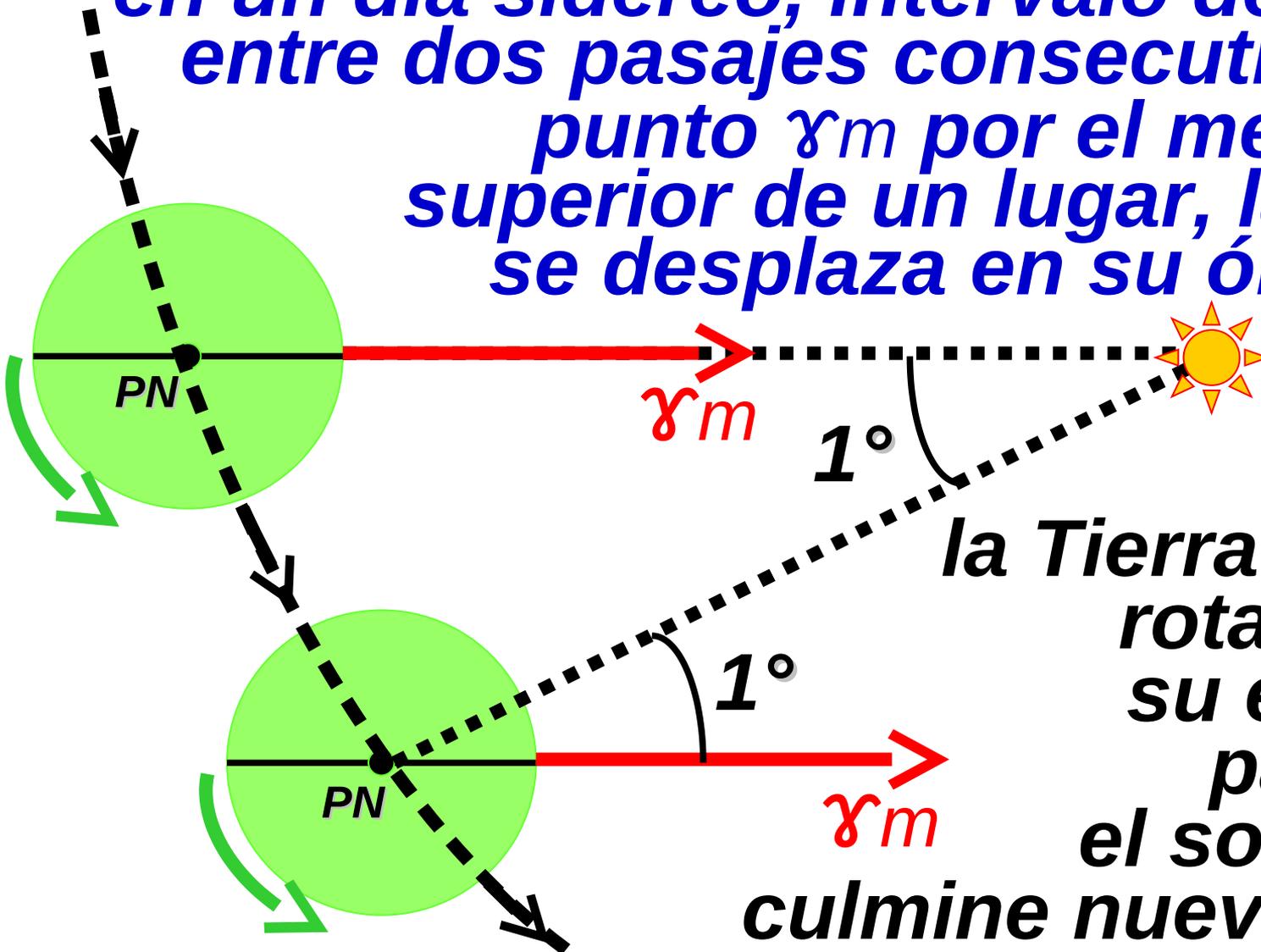
b) se calcula $T_{sm} = T_{sv} - EE$, con EE obtenido de tabla

c) se calcula $\alpha_{\odot m}$ con una fórmula teórica dada por Newcomb

d) se calcula $T_{\odot m} = T_{sm} - \alpha_{\odot m}$

relación entre el día solar medio y el día sidéreo medio

en un día sidéreo, intervalo de tiempo entre dos pasajes consecutivos del punto γ_m por el meridiano superior de un lugar, la Tierra se desplaza en su órbita $\approx 1^\circ$



la Tierra deberá rotar sobre su eje 361° para que el sol medio culmine nuevamente

$0.983^\circ (\approx 1^\circ) = 3m\ 56s$ de tiempo sidéreo



el 21 de marzo γ_m y el sol medio culminan juntos en el meridiano de Greenwich

**a partir del 21/3 γ_m se adelanta $\approx 4m$
por día al sol medio: $\approx 2h$ por mes**

**12 meses después γ_m y el sol medio
culminan juntos nuevamente en
Greenwich**

relación entre tiempo sidéreo medio y tiempo solar medio

**1 día solar medio=24h solares medias=
24h 3m 56.55536s de tiempo sid. medio**

**1 día sidéreo medio=24h sidéreas medias
=23h 56m 4.09054s de tiempo solar medio**

$$\frac{\text{1 día sidéreo medio}}{\text{1 día solar medio}} = 0.997269566414 \quad \textcircled{1}$$

$$\frac{\text{1 día solar medio}}{\text{1 día sidéreo medio}} = 1.002737909265 \quad \textcircled{2}$$

① y ②: relaciones entre dos distintos intervalos de tiempo expresados ambos en las mismas unidades

sea I_s un intervalo de tiempo expresado en unidades de tiempo sidéreo medio e I_m el mismo intervalo de tiempo expresado en unidades de tiempo solar medio

$$\frac{I_m}{I_s} = 0.997269566414 \rightarrow \boxed{I_m = I_s 0.997} \textcircled{1}$$

$$\frac{I_s}{I_m} = 1.002737909265 \rightarrow \boxed{I_s = I_m 1.0027} \textcircled{2}$$

$\textcircled{1}$ y $\textcircled{2}$: relaciones entre dos intervalos iguales de tiempo expresados en distintas unidades

tiempo civil y tiempo universal

**tiempo civil = TC = tiempo solar medio
aumentado en 12 horas**

$$\boxed{TC = T_{\text{om}} + 12h} \Rightarrow \text{0h de tiempo civil a medianoche}$$

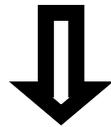
tiempo civil correspondiente al meridiano de Greenwich = tiempo universal = TU

el tiempo civil, definido a partir del tiempo solar medio, está afectado de las mismas irregularidades (muy pequeñas), debidas a la falta de uniformidad de la rotación de la Tierra y las oscilaciones del meridiano local

el T_{sv} , el T_{sm} , el $T_{\theta v}$, el $T_{\theta m}$ y el TC son tiempos locales ya que se miden desde el meridiano superior o inferior del lugar

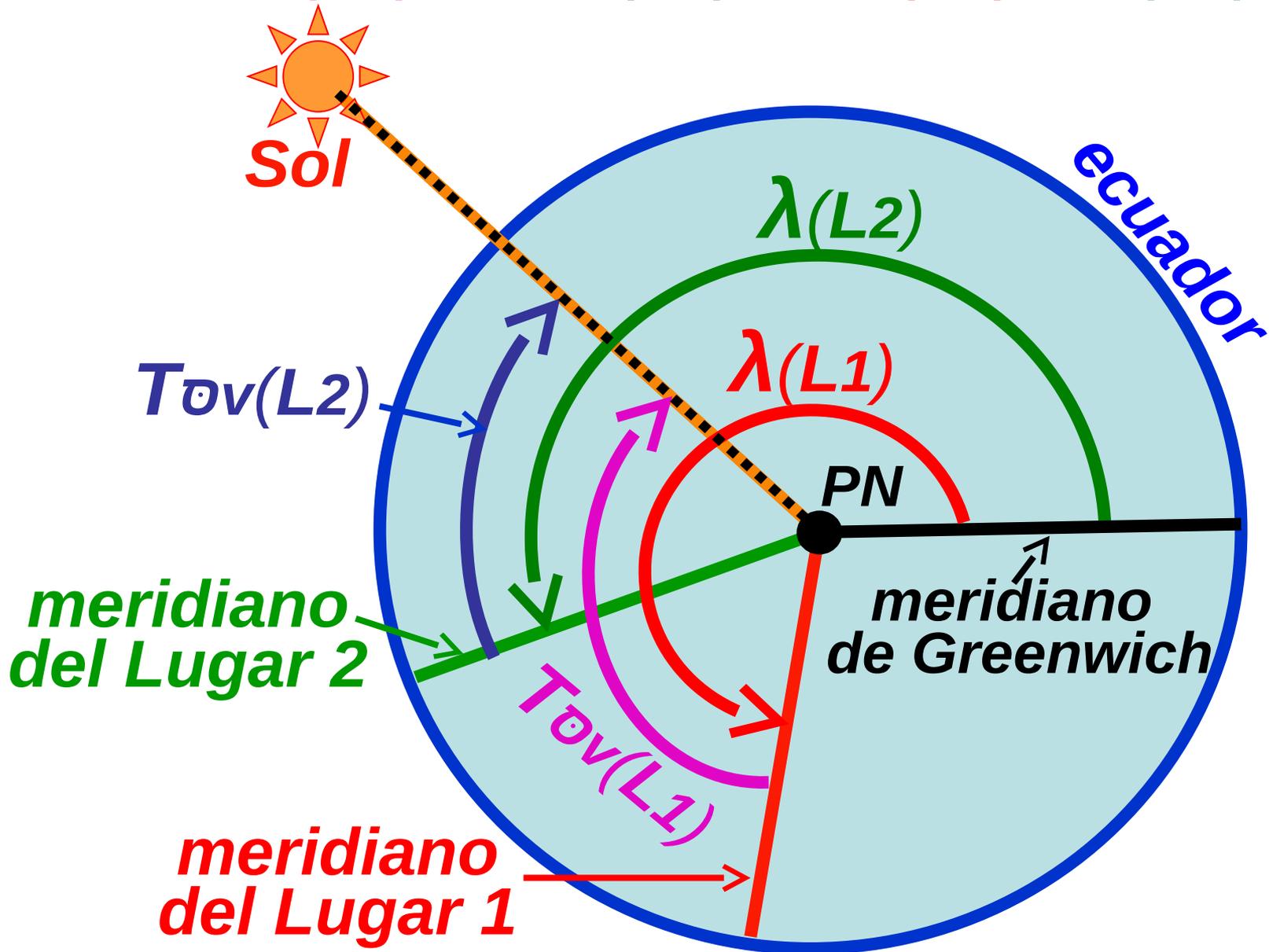


dependen de la longitud geográfica del lugar



el conocimiento de los tiempos locales permite la determinación de longitudes geográficas

$$T_{\odot v}(L1) - T_{\odot v}(L2) = \lambda(L1) - \lambda(L2)$$



en general:

$$\Delta T = \Delta \lambda$$

***para cualquier T, solar o sidéreo,
verdadero o medio***



***la diferencia de los tiempos, en la misma
escala, correspondientes a dos lugares
diferentes de la superficie terrestre es
igual a la diferencia en longitud
geográfica entre ambos lugares***

husos horarios y hora oficial de un país

para uniformar la hora a nivel mundial:

1) se toma como referencia el TC de un meridiano elegido por convención

el meridiano elegido es el meridiano que pasa por el observatorio de Greenwich

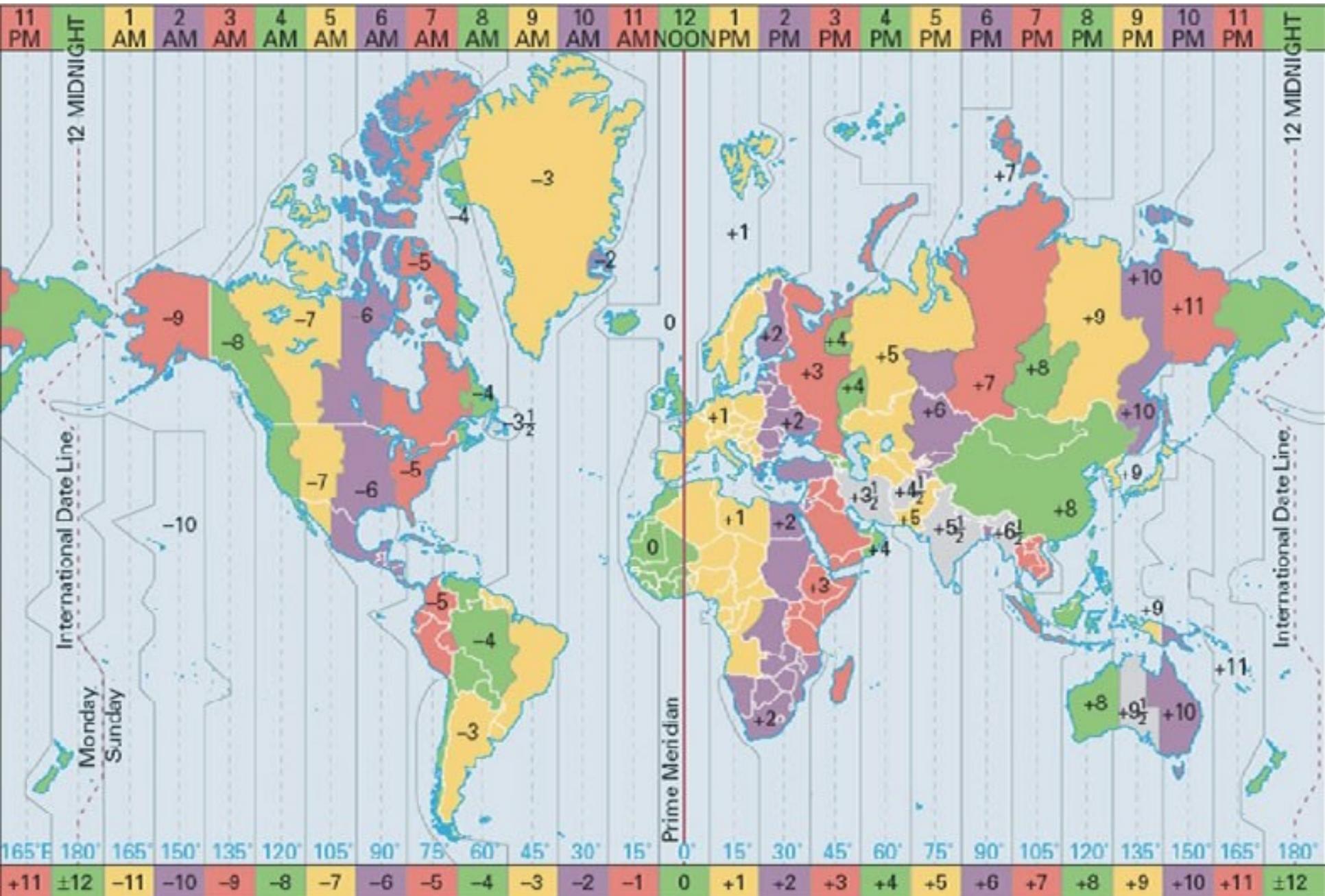
2) se divide la Tierra en husos horarios

24 zonas de $15^\circ=1h$ en las que se divide la superficie de la Tierra, numeradas, desde el meridiano de Greenwich, de 0h a 23h hacia el este, o de 0h a 12h hacia el este y de 0h a 12h hacia el oeste

la hora oficial (HO) de un país es el tiempo civil del meridiano central de un huso que se toma por convención (en gral. el que le corresponde geográficamente)

Argentina toma el TC del meridiano central del huso que está 3h al W de Gr como hora oficial argentina (HOA), aunque geográficamente le corresponde el huso que está 4h al W de Gr

husos horarios

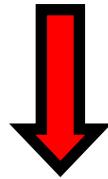


tiempo civil del meridiano central de un huso coincide con el TU más o menos el número del huso si no tenemos en cuenta las oscilaciones del meridiano



$$HO = TU \pm \text{huso}$$

el tomado por convención para ese país



$$HOA = TU - 3h$$

$$TC(\text{lugar}) \neq HO(\text{lugar})$$

ejemplo

meridiano central
del huso 3 al oeste
de Greenwich

$$\lambda(LP) = 3h \ 51m \ O$$

$$\lambda(LP) - \text{huso} = 51m$$

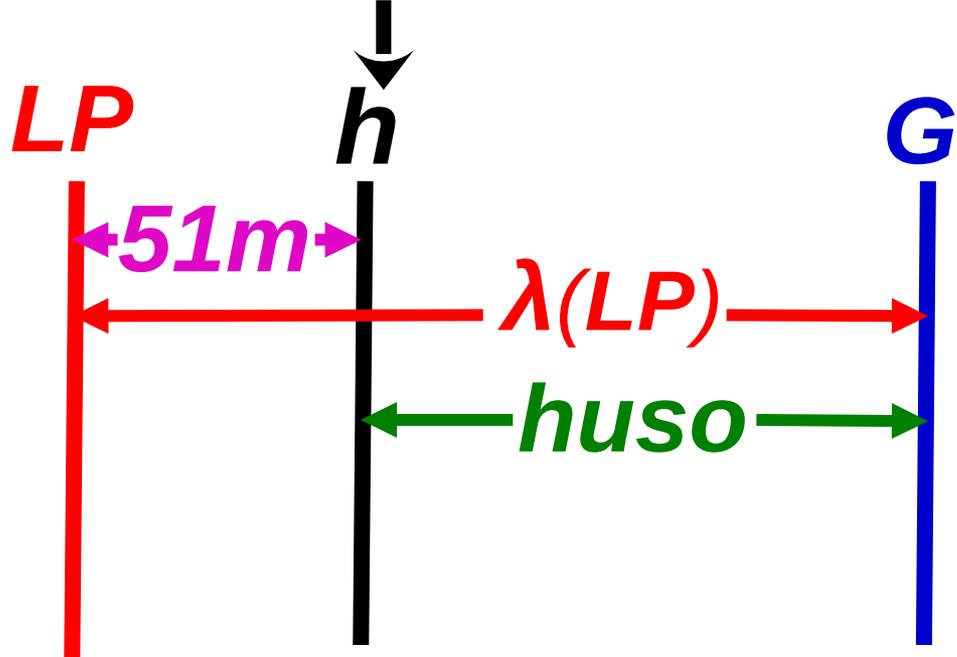
$$TC(LP) = TC(G) - \lambda(LP)$$

$$TC(G) = TU$$

$$TC(LP) = TU - \lambda(LP) = TU - 3h \ 51m$$

$$HOA = TU - \text{huso} = TU - 3h$$

$$TC(LP) \neq HOA$$



meridiano
de LP

meridiano
de Gr

el TC del meridiano adoptado como fundamental, el TU, se extiende a toda la Tierra mediante el sistema de husos horarios

salvo algunos casos particulares, todos los relojes del mundo indican el mismo número de minutos y de segundos, difiriendo sólo en el número de horas

se adopta el meridiano central del huso 12 (meridiano de 180°), llamado antimeridiano internacional, como meridiano de cambio de fecha

una persona viajando hacia el este debe sumar a su reloj 1h cada vez que cambie de huso y restarle un día a la fecha del calendario cuando pase el huso 12

una persona viajando hacia el oeste debe restar a su reloj 1h cada vez que cambie de huso y sumarle un día a la fecha del calendario cuando pase el huso 12

el 21 de marzo el sol medio y el punto vernal culminan juntos en Greenwich

a partir del 21/3 el punto vernal se adelanta al Sol unos 4 minutos por día, por lo que el día sidéreo y el día solar medio ya no comienzan juntos

ese defasaje entre los orígenes del día sidéreo y el día solar medio se acumula y está dado para cada día del año por el tiempo sidéreo a cero hora de tiempo universal: $T_{sm}(Gr, 0hTU)$

$T_{sm}(Gr, 0hTU)$ es el tiempo sidéreo medio en Gr cuando el tiempo civil en Gr es 0h

$$T_{sm} = T_{\odot m} + \alpha_{\odot m} = TC - 12h + \alpha_{\odot m}$$

en Gr $\rightarrow T_{sm}(Gr) = TC(Gr) - 12h + \alpha_{\odot m}$

si $TU = 0h \rightarrow T_{sm}(Gr, 0hTU) = -12h + \alpha_{\odot m}$
tabulado para cada día se calcula

el 21/3 γ_m y el sol medio culminan juntos
en Gr $\rightarrow T_{sm}(Gr, 21/3) = T_{\odot m}(Gr, 21/3)$

pero $TC = T_{\odot m} + 12h$

entonces $T_{sm}(Gr, 21/9) = TC(Gr, 21/9)$

$T_{sm}(Gr, 0hTU) = 0 \approx \text{el } 21/9$

correcciones al TU

TU0: *determinado por un solo observatorio, sin correcciones*

TU1: *TU0 corregido por las variaciones del meridiano debidas al movimiento de los polos*

TU2: *TU1 corregido por las variaciones estacionales de la rotación de la Tierra*

TU2 no es estrictamente uniforme!

definición de año

año sidéreo: intervalo de tiempo que le toma al Sol recorrer los 360° de su órbita
= intervalo de tiempo entre 2 pasos consecutivos del Sol por un punto fijo de su órbita (el equinoccio de una determinada época o las estrellas fijas)

año trópico: intervalo de tiempo entre 2 pasos consecutivos del Sol por γ

γ precesa sobre la eclíptica $50.26''$ por año



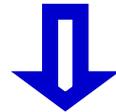
año trópico es $\approx 20m$ mas corto que el año sidéreo

año sidéreo=365.25636 d_{om}

año trópico=365.242199 d_{om}

año sidéreo=366.25636 d_{sm}

año trópico=366.242199 d_{sm}



***en un año trópico el sol medio pasa
365,2422 veces por un meridiano***

***en un año trópico γ_m pasa
366,2422 veces por un meridiano***

tiempo de efemérides (TE)

ya que el TU2 no es estrictamente uniforme, se define el **tiempo de efemérides (TE)** en base el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol

TE se define con las **efemérides** del Sol, de ahí su nombre



fórmula que expresa la longitud media del sol en función del tiempo(TE), obtenida a partir de las leyes dinámicas del movimiento orbital de la Tierra

origen de la escala
($T=0$ en las efemérides del sol)
instante cercano al comienzo del año
1900 (1900 enero 0, a 4s de TU2)

unidad de medida
segundo de efemérides

= fracción $1/31\ 556\ 925,9747$ de un año
trópico particular(en 1960 fue adoptado
como unidad de tiempo en el SI)

día de efemérides: 86400s de efemérides

TE es uniforme!

TU se puede corregir para obtener TE:

$$TE = TU + \Delta T \rightarrow \text{de tabla}$$

tiempo atómico (TA)

aunque el TE es uniforme, es muy lenta y delicada su determinación a partir de observaciones astronómicas

se introduce entonces la **escala de tiempo atómico, fácil de determinar y de mayor precisión que el TE**

origen de la escala

instante cercano al comienzo del año 1958 (1958 enero 0, a 0.0039s de TU2)

***unidad de medida
segundo atómico***

***intervalo de tiempo determinado por
9 192 632 770 períodos de la radiación
correspondiente a la transición entre dos
niveles del átomo de Cesio 133 (adoptado
en 1967 como unidad de tiempo en el SI)***

***tiempo universal coordinado (TUC):
escala de TA coordinado con el TU2 tal
que se aparte lo menos posible de él***

***cuando es necesario se ajusta el TA al
TU2 agregando o quitando 1s***

trayectoria aparente del sol **analema**
obtenida tomando fotografías
del sol en un mismo lugar, a
intervalos regulares durante
un año, a la misma hora del día

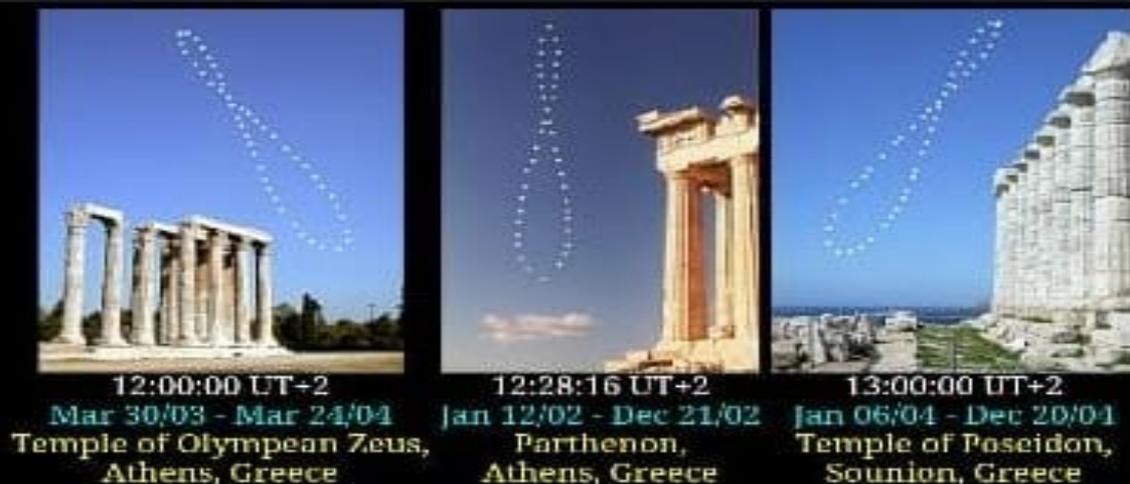
↙
= tiempo civil

↓
= tiempo solar medio

↓
analema es un gráfico
de la posición del Sol
(verdadero) con
respecto al sol medio

↓
nos da información de la
ecuación del tiempo





**analemas
construidos
en base a
fotografías
del Sol a lo
largo del
año**

**todos los
analemas
para la
misma
latitud, a
diferentes
horas del
día cada
uno de
ellos**

calendario

es una escala de tiempo estructurada en ciclos de tal manera que se adapte a las actividades sociales

la escala de tiempo adoptada y la estructura de ciclos es arbitraria

los ciclos adoptados históricamente (año, mes, día) tienen que ver con ciclos astronómicos basados en movimientos del Sol o de la Luna

según se utilicen los movimientos del Sol, de la Luna, o una combinación de ambos para construirlo, el calendario será solar, lunar o lunisolar

calendario juliano

basado en el calendario solar egipcio de 365 días solares medios introducido en Roma por Julio César en el año 46ac

- 1) se le agregaron 85 días al año 46ac que resultó de 445 días (año de la confusión) para corregir el defasaje con el ciclo natural de las estaciones**
- 2) se adoptaron 3 años de 365 días solares medios, dividido en 12 meses de 31 y 30 días alternativamente, y febrero de 29**

3) se adoptó 1 año bisiesto (los múltiplos de 4) de 366 días con un día agregado a febrero entre el 23 y el 24

el año del calendario juliano tenía en promedio 365,25 días solares medios

4) unos años después Marco Antonio introdujo una modificación a la duración de los meses que perdura hasta nuestros días

calendario gregoriano

basado en el calendario juliano de 365,25 días solares medios reformado por el papa Gregorio XIII en 1582 para que la Pascua se celebrase el primer domingo después del plenilunio siguiente al equinoccio de primavera, según lo determinado por el Concilio de Nicea en el año 325

1) el 4 de octubre de 1582 pasó a ser 15 de octubre (se omitieron 10 días)

2) se modificó el número de años bisiestos: ya no serían bisiestos los años seculares no divisibles por 400

el año del calendario gregoriano tiene en promedio 365,2425 días solares medios

adoptando un año de 365,2425 días en vez de 365,2422 el equinoccio de primavera se atrasará 1 día en 3300 años

período juliano

para evitar los inconvenientes de las reformas sufridas por los calendarios a lo largo de la historia al medir intervalos grandes de tiempo o estudiar fenómenos astronómicos muy extendidos en el tiempo se necesita una escala continua

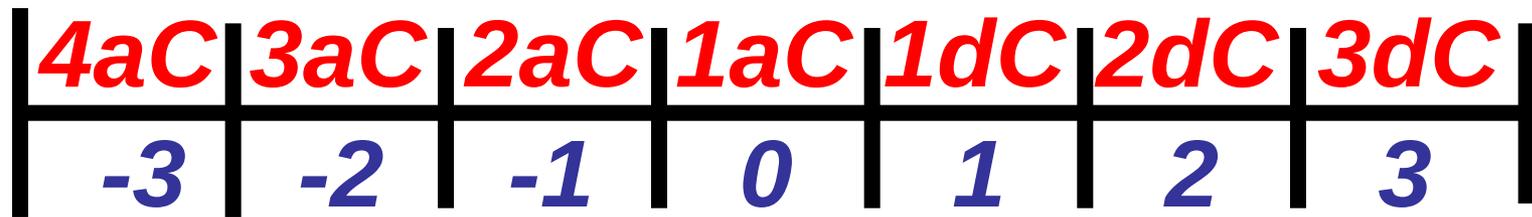
José Scalinger creó en 1582 una escala continua de tiempo de 7980 años de 325,25 días solares medios

$$7980 = 19 \times 28 \times 15$$

cada 19 años las fases lunares ocurren en las mismas fechas y cada 28 años los días de la semana caen en las mismas fechas; 15 años: período de indicción romana

unidad de medida: día solar medio
origen de la escala: mediodía medio en
Greenwich del 1 de enero del año 4713 aC
(duración: hasta el 3268 dC)

era cristiana



cálculo astronómico

$$4713 \text{ aC} = -4712$$

primer día de la escala: día 0! (no 1)

la fecha juliana correspondiente a un instante dado es igual al número de días solares medios transcurridos desde el origen de la escala hasta el mediodía precedente al instante considerado, mas la fracción de día transcurrida desde ese mediodía hasta el instante dado

ejemplo

hallar el tiempo sidéreo verdadero (T_{sv}) en la ciudad de Río de Janeiro el día 3 de noviembre en el instante en que el tiempo solar verdadero en La Plata ($T_{\odot v}$) es 1h 43m

1) ir a Greenwich: $T_{\odot v}(LP, 3/11) \rightarrow T_{\odot v}(G, 3/11)$

$$T_{\odot v}(G) = T_{\odot v}(LP) + \lambda(LP) \quad \lambda(LP) = 3h51m \text{ O}$$

$$T_{\odot v}(G) = 1h43m + 3h51m = 5h34m$$

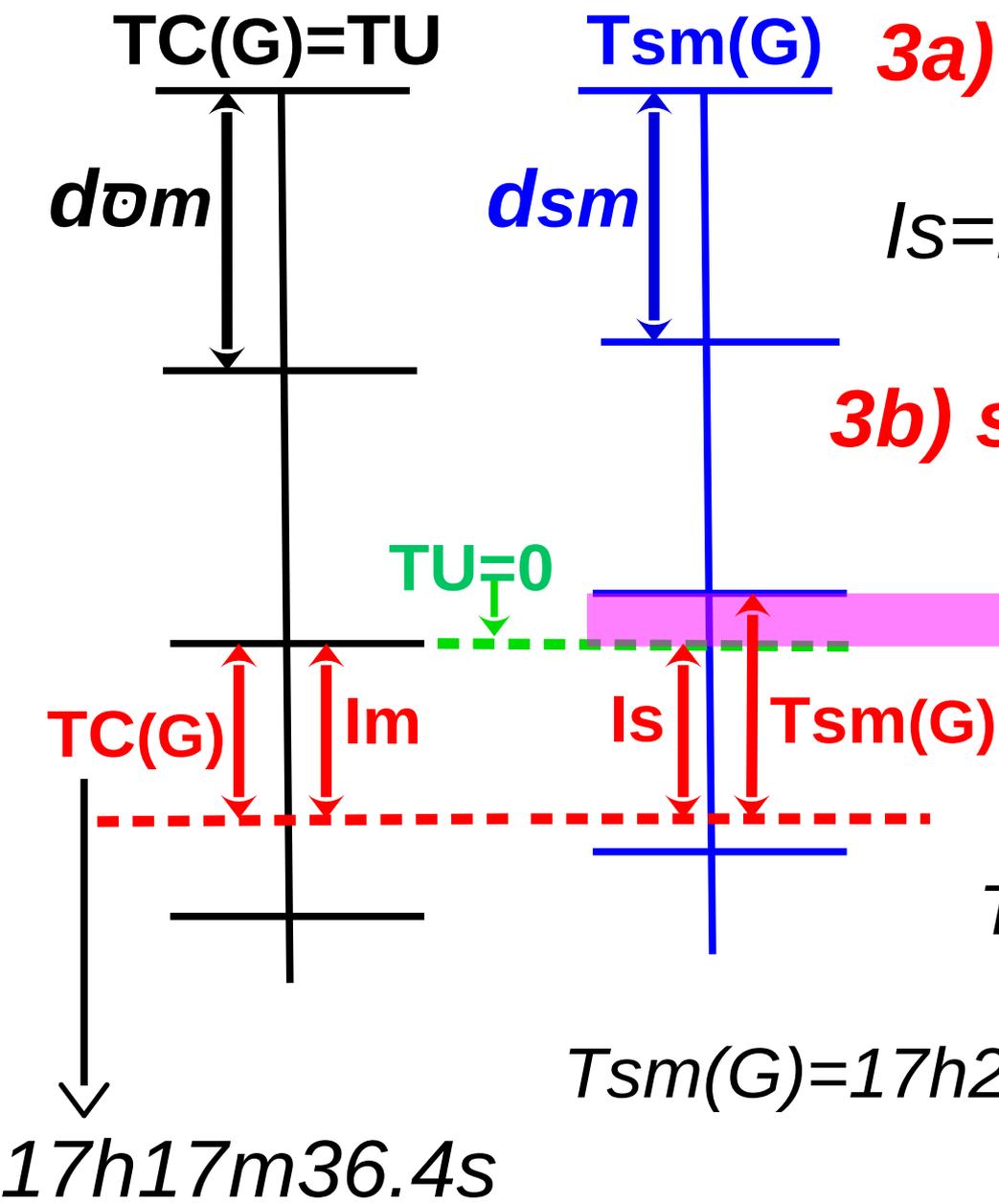
2) pasar de $T_{\odot v}(G)$ a $T_{\odot m}(G)$ y luego a $TC(G)$

$$T_{\odot m}(G) = T_{\odot v}(G) - E_t \quad E_t(3/11) = 16m23.6s$$

$$T_{\odot m}(G) = 5h34m - 16m23.6s = 5h17m36.4s$$

$$\begin{aligned} TC(G) &= T_{\odot m}(G) + 12h \\ &= 5h17m36.4s + 12h = 17h17m36.4s \end{aligned}$$

3) pasar de TC(G)(=TU) a Tsm(G)



3a) convertir un Im a Is

$$Is = Im \times 1.0027$$

$$Is = 17h17m36.4s \times 1.0027 = 17h20m24.49s$$

3b) sumar el Tsm(G, 0hTU)

$$Tsm(G, 0hTU)$$

$$= 2h47m35.77s \text{ el } 3/11$$

$$Tsm(G) = Is + Tsm(G, 0hTU)$$

$$Tsm(G) = 17h20m24.49s + 2h47m35.77s = 20h8m0.26s$$

4) pasar de $T_{sm}(G)$ a $T_{sv}(G)$

$$T_{sv}(G) = T_{sm}(G) + EE$$

$$EE(3/11) = -0.201s$$



$$T_{sv}(G) = 20h8m0.26s - 0.201s = 20h8m25.799s$$

5) pasar de $T_{sv}(G)$ a $T_{sv}(Río)$

$$T_{sv}(Cor) = T_{sv}(G) - \lambda(Río)$$

$$\lambda(Río) = 2h52m41.4s \quad O$$



$$T_{sv}(Rio) = 20h8m25.799s - 2h52m41.4s$$

$$T_{sv}(Rio) = 17h15m44.399s$$