

Medición del Tiempo

Hora, Día, Año y Calendario.

Ing. Arturo Gustavo Tajani

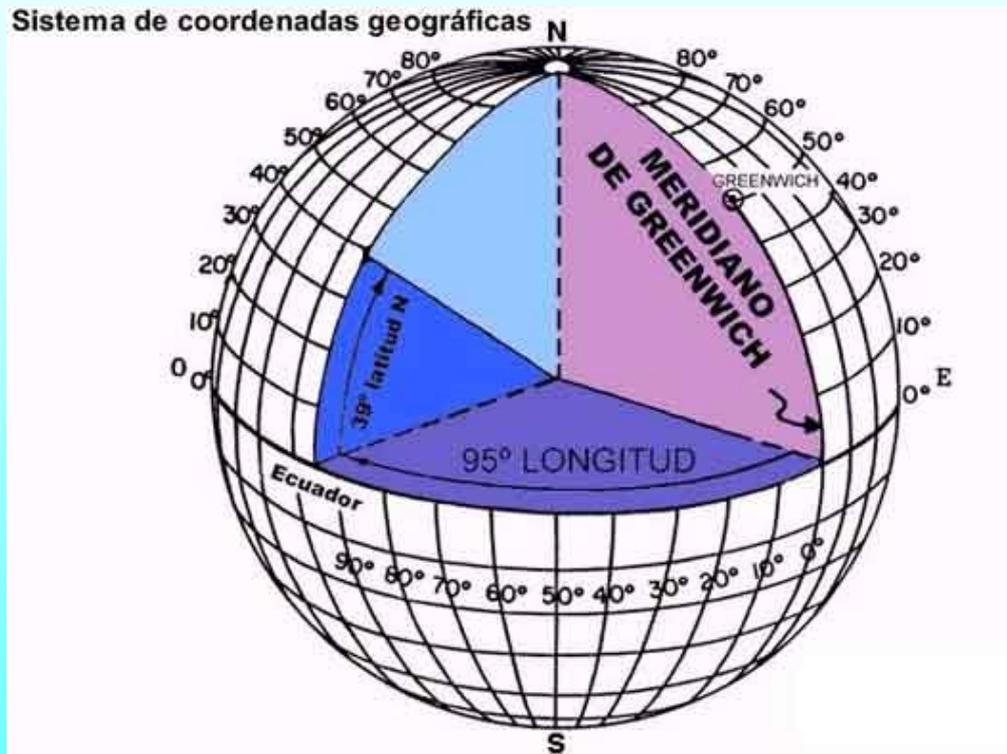
Generalidades

- El diccionario “Larousse 2006” define al Tiempo como: Dimensión que representa la sucesión continuada de momentos.
- Mientras que el “Salvat -1992” dice: Magnitud variable que interviene en la descripción de los cambios, medidos en el mundo de la experiencia física.
- Pero independientemente de las diferentes definiciones, en esta presentación veremos las distintas formas de medir el tiempo, no en cuanto a los instrumentos utilizados, sino respecto de los conceptos astronómicos y físicos empleados desde la antigüedad hasta nuestros días.
- Se pretende dar conceptos claros sobre algunas ideas familiares como:
Día; Año y Calendario
y otras ideas, no tan familiares, como : Tiempo Universal, Tiempo Atómico, etc.



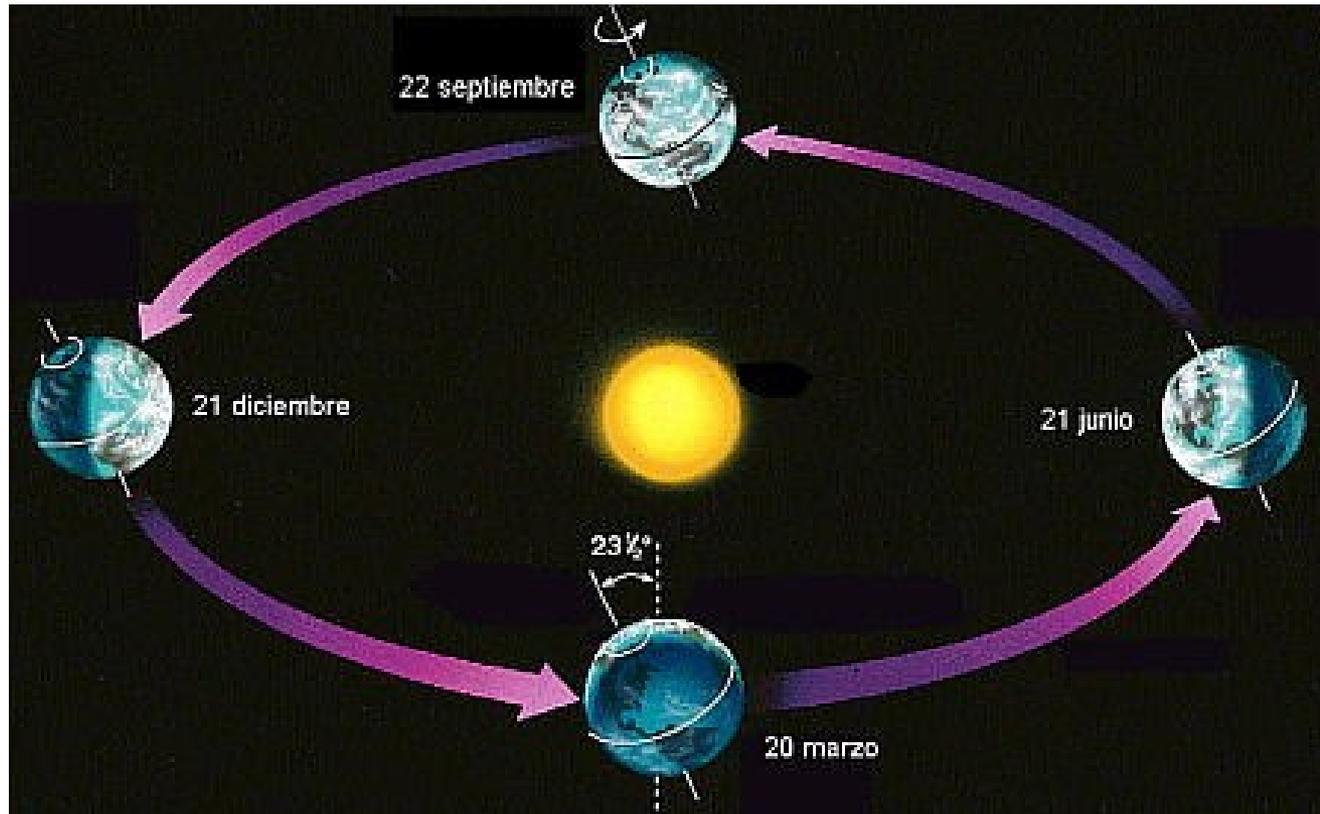
Generalidades

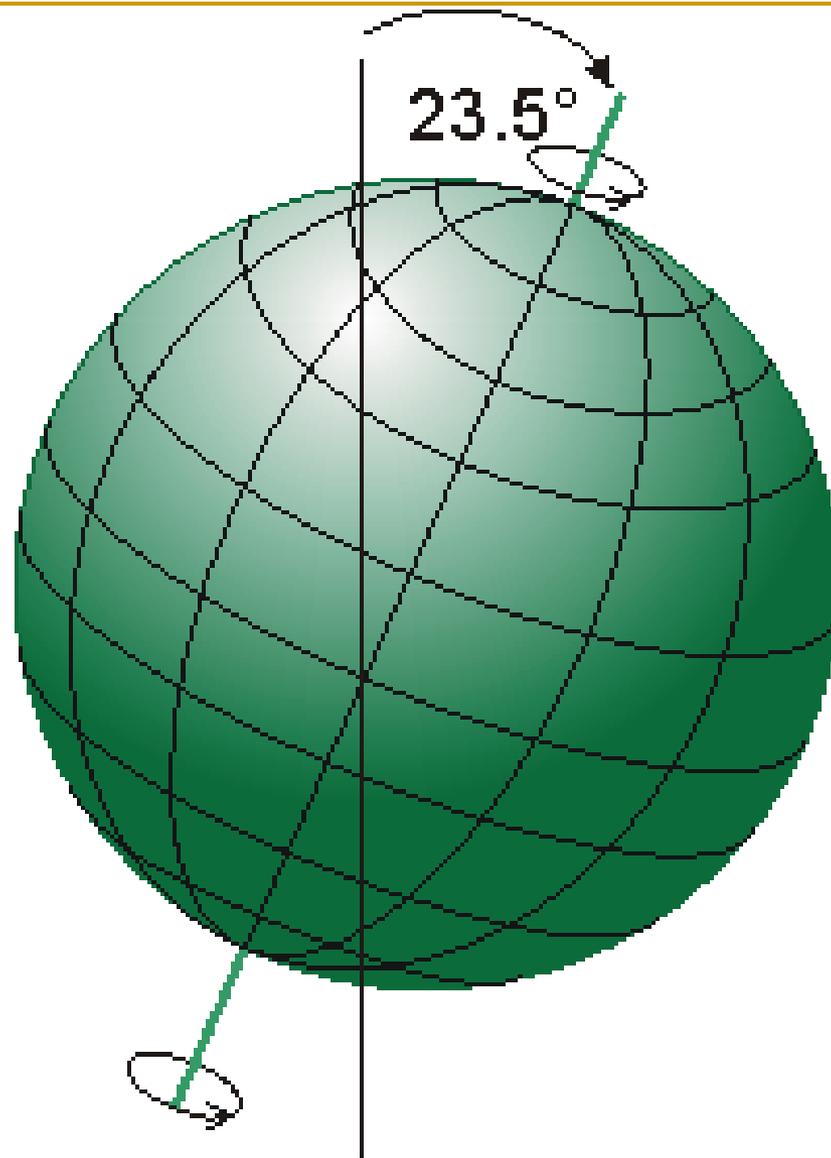
Apelando a los conocimientos básicos, recordemos conceptos tales como: coordenadas, meridianos, paralelos, ecuador, eje de la tierra, polos, astros fijos y errantes, esfera celeste, vertical de un lugar, eclíptica, etc. Algunas “omisiones” se cometen para ganar en “claridad”.



•La **Tierra** efectúa dos movimientos principales que constituyen la base del sistema copernicano:

1. Movimiento de **rotación** alrededor de su eje.
2. Movimiento de **traslación** alrededor del Sol.





Haga Click sobre lo que desea ver:

- Día.
- Año.
- Calendario.
- Conversión de unidades.
- Medición del tiempo.
- Husos horarios internacionales.
- Tiempo Universal.
- Tiempo Atómico.
- Tiempo Universal Coordinado (UTC).
- Tiempo en Internet.
- Motivos para. . . .

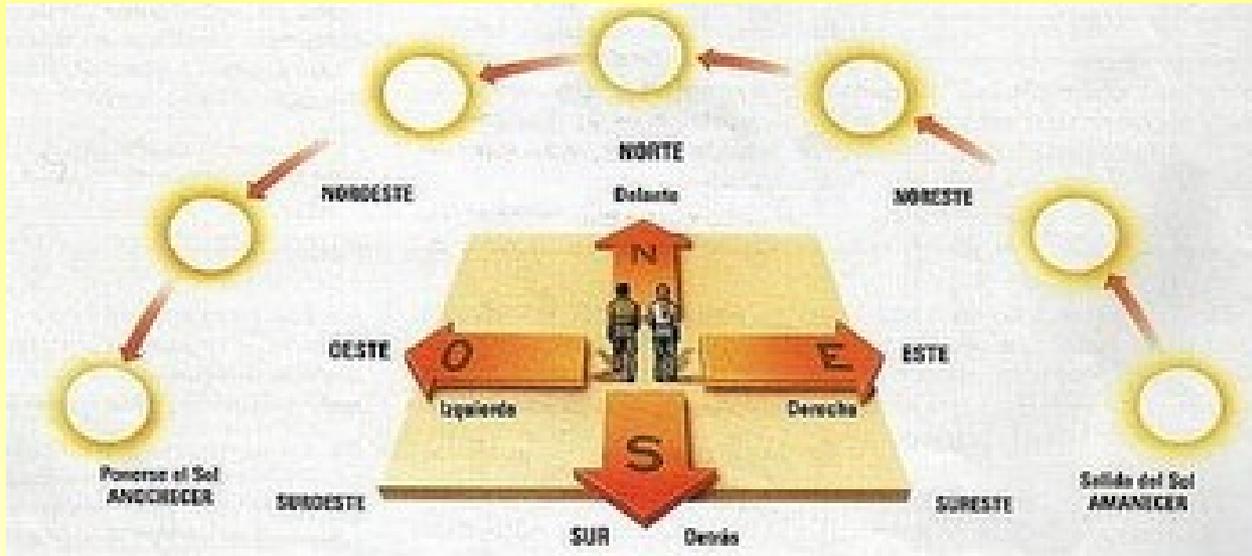
Esc. Para salir



Día:

- El primero es un movimiento diario de La Tierra en sentido directo (de Oeste a Este) y que por supuesto permite hablar de un movimiento aparente de la esfera celeste en sentido retrógrado (de Este a Oeste), del cual participan en conjunto todos los astros fijos (estrellas) y astros errantes (Sol, Luna, planetas, asteroides, satélites y cometas).
- En su movimiento aparente, el Sol se levanta diariamente en un punto situado al Este (punto de salida).
- La altura sobre el horizonte va aumentando hasta su valor máximo o culminación.
- Luego la altura disminuye y finalmente se oculta en otro punto ubicado al Oeste (punto de puesta).
- La culminación coincide con el meridiano del lugar.





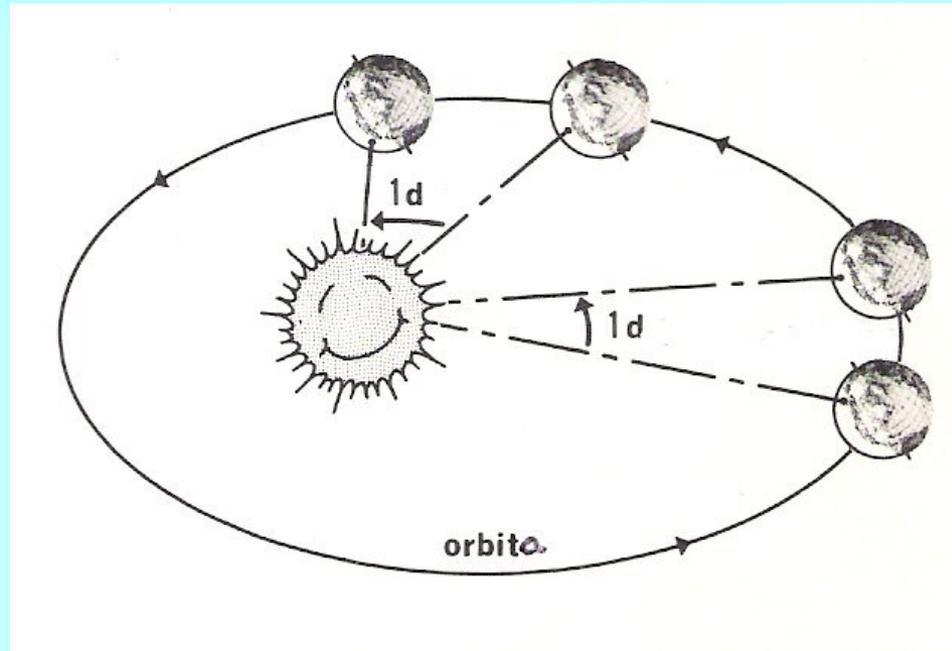
- El momento de la culminación del Sol se denomina “mediodía del lugar”.

“Día Solar Verdadero”

- Es el tiempo que transcurre entre dos pasajes consecutivos del centro del sol por el meridiano del lugar (ó culminaciones).



- El día Solar tiene pequeñas variaciones, debidas a la inclinación del plano de la eclíptica respecto del ecuador y también porque la órbita de La Tierra no es circular sino elíptica (de acuerdo con las Leyes de Kepler).



- Se calculó entonces el promedio de la duración de los días solares verdaderos a lo largo de un año y se obtuvo así el:

“Día Solar Medio”

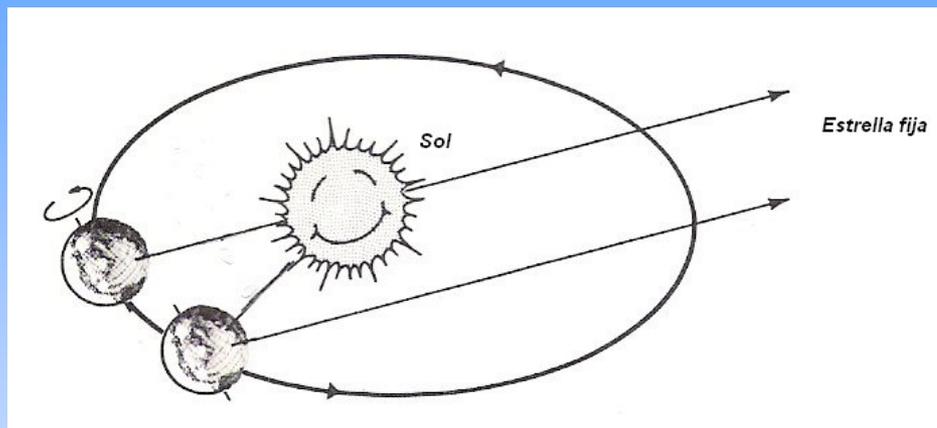


- Al Día Solar Medio se le asignó una duración de **24 h 00 m 00 s** y sobre él se basaron, en la práctica cotidiana, todas las medidas de tiempo incluyendo por supuesto, la indicación de nuestros relojes. Recordemos aquí las familiares divisiones en horas, minutos y segundos ($24 \text{ horas} = 24 \times 60 \times 60 = 86\,400 \text{ segundos}$).
- La división del día solar en 24 horas, cada una de ellas en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos, tiene solo una raíz histórica (posiblemente Babilónica). No hay en esas divisiones sexagesimales ninguna razón astronómica y aunque arbitrarias, han llegado hasta nuestros días y su empleo es prácticamente universal.
- Resulta claro que en la antigüedad, las mediciones de los intervalos de tiempo fueron solo aproximadas, debido a que se emplearon instrumentos tales como los relojes de arena, de agua, de sol, etc. que, aunque ingeniosos, eran rudimentarios, carentes de precisión y exactitud (volveremos sobre esto).



• En particular el día solar ó día sinódico señalado, no mide el verdadero valor del período de rotación terrestre, ya que en este caso se considera como referencia al Sol, un astro errante, que tiene su propio movimiento aparente y no a una estrella considerada fija.

• En efecto, la Tierra gira sobre si misma y a la vez también se traslada a lo largo de su órbita alrededor del Sol. De esta manera al completar una vuelta, el Sol no se encuentra ya en su posición original respecto de las estrellas consideradas “fijas”.



• Si se mide el tiempo que transcurre, entre dos pasajes consecutivos de una estrella, por el meridiano del lugar, se obtiene lo que se denomina:

Día Sideral ó Día Sidéreo

Y su valor medido en horas, minutos y segundos es de:

23 h 56 m 04 s

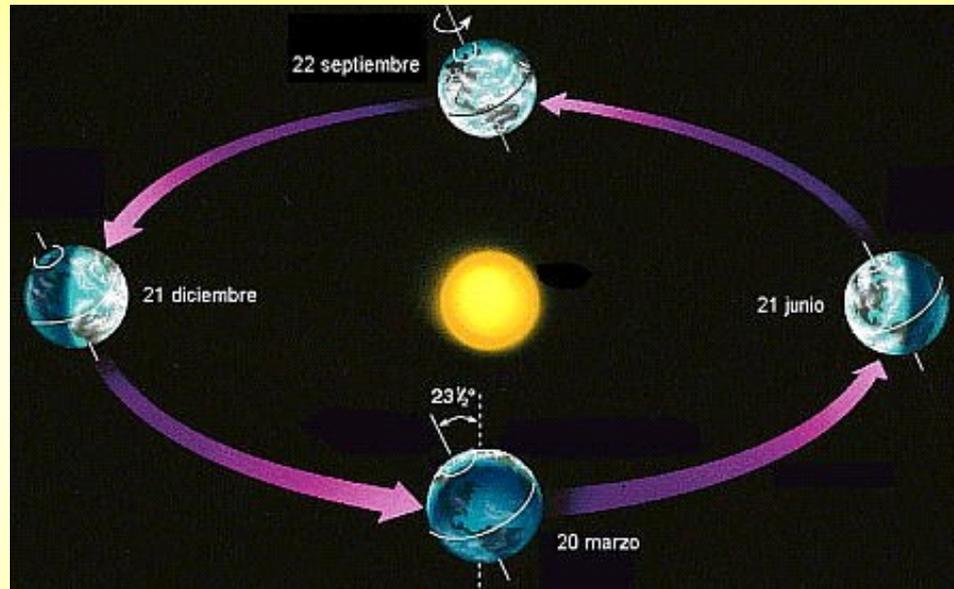


- Para mayor claridad, si suponemos que el Sol y una estrella de referencia, culminan al mismo tiempo en el meridiano del lugar, al día siguiente la estrella culminará 3 m 56 s (236,06 s) antes que el Sol. El día sideral es mas corto que el día solar. Esta diferencia hace que al cabo de 366 días siderales el Sol y la estrella vuelvan a culminar juntos otra vez ($236,06 \text{ s} \times 366 = 86\,400 \text{ s}$ (1 día)).
- El valor numérico del Día Sideral es considerado como constante (independiente de la fecha ó de la hora). Por consiguiente se lo toma como el verdadero valor del período de rotación de la Tierra.
- Se señala que la memoria histórica de la humanidad no registra ninguna variación de la posición relativa de las estrellas. El cielo estrellado se comporta como una esfera rígida.
- Debe recordarse que el hombre, desde siempre, ha considerado el “día” con referencia al Sol. La utilización del “día Sidéreo” es solo válida en astronomía y no tiene ningún uso civil.

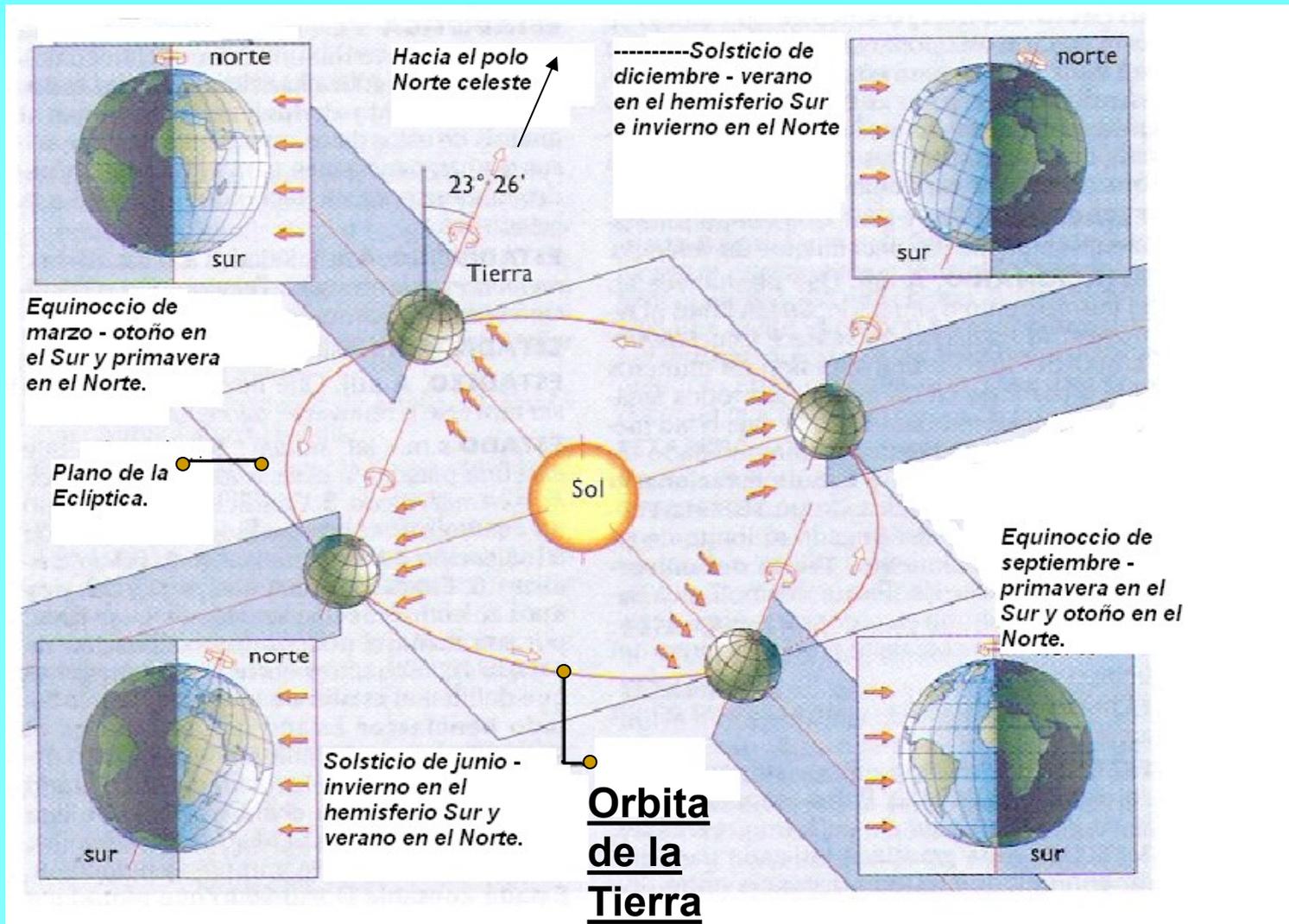


Año

Se considera ahora el segundo movimiento de La Tierra: la traslación en una órbita elíptica alrededor del Sol. El movimiento se desarrolla en un plano que contiene al Sol y a la Tierra, llamado eclíptica. Este plano, respecto del plano del ecuador terrestre, forma un ángulo de $23,5^\circ$ aproximadamente.



- La dirección constante del eje terrestre en el espacio, junto con la traslación, dan lugar a las distintas estaciones. En efecto, visto desde la Tierra, el Sol parece tener un movimiento oscilatorio, que lo lleva a apartarse $23,5^\circ$ hacia cada lado de la línea del ecuador, a lo largo de un año. Resulta así evidente el diferente calentamiento de cada hemisferio.



Equinoccios: Igual duración del día y la noche. **Solsticios:** Noche mas larga en invierno y mas corta en verano.



- Precisamente los extremos del recorrido aparente del Sol se sitúan en el cenit de las latitudes $23,5^\circ$ Norte y $23,5^\circ$ Sur. De esta manera cuando en el hemisferio norte es verano, es invierno en el hemisferio sur y viceversa. Estos puntos extremos se llaman solsticio de verano y solsticio de invierno según corresponda.
- El pasaje del Sol por el cenit de la línea del ecuador, se cumple una vez desde el sur hacia el norte (equinoccio de otoño) y otra vez desde el norte hacia el sur. (equinoccio de primavera).
- Es posible determinar con toda precisión el tiempo que transcurre entre dos pasajes consecutivos del centro del Sol por el cenit del ecuador, (punto vernal o punto libra), durante el equinoccio de primavera.



- El tiempo antes definido, expresado en la forma convencional se llama:

“Año Trópico o Año Astronómico”

y su valor es:

365 d 05 h 48 m 45,16 s

- Si se tienen en cuenta otros movimientos de la Tierra que no se han considerado, (precesión y nutación), se puede definir el llamado Año Sideral, como el tiempo que emplea el Sol en recorrer los 360° de la eclíptica ó en otras palabras, el lapso de tiempo entre dos coincidencias del centro del Sol con una misma estrella (punto fijo). El valor así definido difiere muy poco del Año Astronómico.
- Otra definición importante es la de: Año Civil, que se toma, por supuesto, como un número entero de días: 365. Se verá en el próximo tema, de que manera influyó históricamente la diferencia entre el Año Astronómico y el Año Civil.



El Calendario

- Una de las grandes preocupaciones del hombre desde la mas remota antigüedad, fue medir el tiempo, de manera tal de poder conocer con razonable exactitud los días en que se inician las estaciones. Estos acontecimientos siempre regularon las actividades agrícolas fundamentales (tales como la siembra y la cosecha).
- Además de establecer el momento del equinoccio, también fue una necesidad registrar en forma cronológica, importantes hechos históricos, religiosos ó astronómicos
- Resulta claro admitir que el fenómeno natural repetitivo mas evidente fué y es el “día”.
- Los antiguos Egipcios definieron precisamente su año civil con una duración de 365 días.



- El año civil de los egipcios, adoptado luego por los romanos es, como sabemos, de una duración menor al año astronómico, en 5 h 48 m 46 s. De esta manera la fecha de los equinoccios se les adelantaba en aproximadamente un día cada cuatro años o sea 25 días por siglo.
- Esto hizo que con el transcurso del tiempo perdieran la noción clara de la correspondencia entre el año civil y los períodos de “siembra y cosecha”.
- En el año 45 de nuestra era, el emperador romano Julio Cesar (a proposición del astrónomo alejandrino Sosígenes), realizó la primera reforma seria del calendario, que se conoce como calendario Juliano.
- Para llevar el equinoccio a la fecha correspondiente, dispuso que el año siguiente al de la reforma (año de confusión), se prolongara en 80 días, es decir que su duración por única vez sería de 445 días. Además se creó el llamado año bisiesto (bissexto calenda) con una duración de 366 días cada 4 años..



- Con la reforma introducida, se asumía que la duración media del año juliano era de 365,25 días (ó lo que es la mismo 365 d 6 h). De esta manera se agregaba un día cada 4 años.
- El mundo cristiano adoptó este calendario desde el “Concilio de Nicea” en el año 325.
- Pero recordemos que el año astronómico tiene una duración de 365 d 5 h 48 m 46 s, que lo hace inferior a 365,25.
- En efecto, el exceso real sobre los 365 días es:

$$\begin{array}{r}
 5 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h} = 18\,000 \text{ s} \\
 + \quad 48 \text{ m} \times 60 \text{ s/m} = 2\,880 \text{ s} \\
 + \quad \quad \quad \quad \quad \quad 46 \text{ s} \\
 \hline
 20\,926 \text{ s}
 \end{array}$$



- La fracción de día vale así: $20\,926\text{ s} / 86\,400\text{ s/d} = 0,2422\text{ d}$

$$\underline{\quad} \quad 0,25 \times 86\,400 = 21\,600\text{ s}$$

$$0,2422 \times 86\,400 = 20\,926\text{ s}$$

$$\text{diferencia} = 674\text{ segundos} = 11\text{ m } 14\text{ s}$$

- Cada 4 años se habrá acumulado un exceso de $4 \times 674\text{ s} = 2696\text{ segundos}$
- que en 400 años se habrán convertido en: $100 \times 2696\text{ s} = 269\,600\text{ segundos}$
- Lo que representa un exceso de: $269\,600\text{ s} / 86\,400\text{ s/d} = 3,12\text{ días cada } 400\text{ años.}$
- Este último valor justifica **suprimir 3 días cada 4 siglos.**



- En el año 1582, es decir 1537 años después de creado el calendario Juliano, la diferencia señalada hizo que el equinoccio se produjera alrededor de 10 días antes que la fecha indicada por el calendario.

- El astrónomo italiano Lilio señaló al papa Gregorio XIII este problema, quien dictaminó las siguientes reformas:

- 1) El 5 de octubre de 1582 pasa a ser el 15 del mismo mes. (es decir que al jueves Juliano 4 de octubre de 1582, le sucedió el viernes Gregoriano 15 de octubre de 1582).

- 2) Se estipula que serán bisiestos los años divisibles por 4.

- 3) Se suprimen 3 años bisiestos cada 400 años. (solo serán bisiestos los fines de siglo cuando sean divisibles por 4 las dos cifras que resultan al suprimir los dos ceros).

- De esta manera fué bisiesto el año 1600, no fueron bisiestos en cambio el 1700, 1800 y 1900; sí lo fué el 2000 y no lo serán ni el 2100, ni el 2200 ni el 2300. Volverá a ser bisiesto recién el 2400.



Veamos en INTERNET un gráfico muy interesante:

Haga CLICK aquí



www.cientec.or.cr/astronomia/bisiesto.html



-
- Con estas reglas se ajustó razonablemente la diferencia entre el Año Civil (medido en días enteros) con el verdadero Año Astronómico (medido en fracciones de día).
 - La reforma producida, llamada calendario gregoriano fue adoptada rápidamente por el mundo católico. Los Ingleses lo adoptaron en 1752, Rusia se adhirió en 1918 y los Chinos en 1912. Hoy prácticamente es universal.
 - Con las cifras anteriores queda claro que, suprimidos los 3 años bisiestos cada 400 años, existe un exceso de: $3,12 - 3 = 0,12$ día en ese período.
 - El exceso de 0,12 día en 400 años, implica : $400 / 0,12 = 3\ 333 / 1$ (aproximadamente un día cada 3 333 años).

Es decir, alrededor de 3 días cada 10 000 años (100 siglos).



Todo lo anterior puede expresarse así:

- Año civil Egipcio.....365 d
- Año Juliano.....365,25 d = 365 d 6 h
- Año Gregoriano.....365,2425 d = 365 d + $\frac{1}{4}$ d - $\frac{3}{400}$ d
- Año Astronómico.....365,2422 d = 365 d + 0,25 d - 0,0075 d - 0,0003 d
= 365 d + 0,25 d - $\frac{3}{400}$ d - $\frac{3}{10\ 000}$ d
- Año Civil y Comercial Actual.....365 días (con los agregados de los años bisiestos y su supresión, de acuerdo con el calendario Gregoriano).



Conversión de Unidades de Tiempo de uso civil.

→	Segundos	Minutos	Horas	Días	Meses	Años
1 Minuto	60					
1 Hora	3600	60				
1 Día	86 400	1440	24			
1 Mes	2 592 000	43 200	720	30		
1 Año	31 556 926	525 949	8 766	365,2422	12	
1 Siglo	3 155 692 608	52 594 948	876 600	36 524,22	1 200	100



Medición del Tiempo.

- En la actualidad resulta muy sencillo conocer la hora: basta con ver la indicación del reloj. Si se desea mas exactitud se puede consultar al **113** por el teléfono, o bien escuchar la señal horaria, sintonizando una estación de radio o sino ver algún canal de televisión. Asimismo tenemos permanentemente la hora actual, en nuestra PC.
- Para conocer la fecha, se consulta un calendario o bien nos fijamos en un diario del día. Asimismo no tenemos ningún problema en saber con exactitud el momento en que finaliza un año.
- Todas las determinaciones supuestamente “exactas” del tiempo, de que disponíamos, hasta hace algo mas de sesenta años, se basaban en observaciones y mediciones astronómicas. Estas dependen de fenómenos naturales complejos, en algunos casos irregulares y no fácilmente determinables.



- Sin profundizar en detalles técnicos, se tratará de describir las diferentes formas en que el hombre ha medido el tiempo:

- Podemos establecer en forma aproximada la duración de un día (el tiempo que transcurre entre dos pasajes sucesivos del Sol por el meridiano de un lugar). Se llamó a este tiempo:

Tiempo Local Aparente (TLA).

- Es conocido también como tiempo solar aparente o simplemente tiempo solar, es lo que la humanidad utilizó desde siempre (“cuando el Sol rige el tiempo”). El mediodía, como ya se vió, es el instante en el cual el Sol llega al punto mas elevado del lugar, o el Sol cruza el meridiano del lugar.

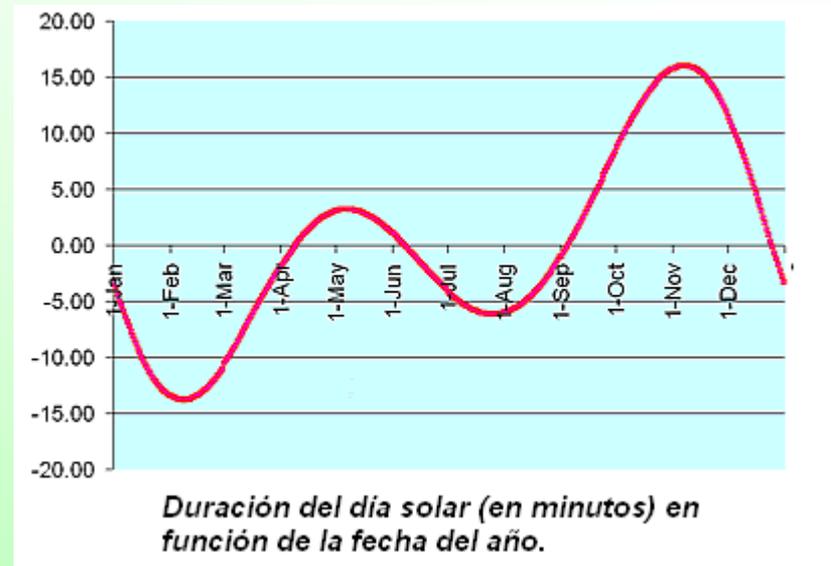
- ¿ Pero que hay en la naturaleza que indique el paso de 1 hora, 1 minuto o 1 segundo?



- El intervalo de tiempo entre dos mediodías consecutivos señalaba “**el día**”, sin discusión. Debe tenerse en cuenta que en la antigüedad **no fué** sencillo determinar el momento de la medianoche.
- Como ya se señaló, las divisiones del día en 24 partes (horas), 1440 partes (minutos), o en 86400 partes (segundos), fueron solo aproximadas, ya que se utilizaron instrumentos (relojes de agua, de arena, de sol, etc.), que aunque muy ingeniosos, no fueron nunca lo suficientemente “precisos” ni “exactos”.
- Pero cuando se inventaron relojes mecánicos, basados en la oscilación de un péndulo, se comenzó a tener intervalos de tiempo razonablemente repetitivos (precisos). Al efectuar con ellos mediciones de los días solares sucesivos, aparecieron fuertes irregularidades en su duración.



- En efecto, según las estaciones del año, pudieron comprobarse variaciones de hasta 30 minutos, entre la máxima y la mínima duración de los días solares, a lo largo de un año. Estas variaciones son debidas al lento cambio de la inclinación del eje de La Tierra y a la forma elíptica de la órbita alrededor del Sol.



- Los astrónomos crearon entonces un “**sol promedio**” imaginario que “viajaba” alrededor de La Tierra, con velocidad uniforme. El **día solar medio**, como antes se expresó, tiene así 24 horas y su valor es **constante**. El mediodía se convirtió también en el momento en que el “sol promedio” cruza el meridiano del lugar.
- El “día solar medio” con su división en 24 horas de 60 minutos y estos divididos en 60 segundos, pasó a ser el:

Tiempo Promedio Local (TPL).

El tiempo promedio local así definido, es precisamente “local” pues depende solo de la posición geográfica del observador.

- En efecto, el globo terráqueo está dividido por 360 círculos máximos o meridianos, de acuerdo con los 360 grados de la circunferencia, de manera que el desplazamiento en tiempo, es de:

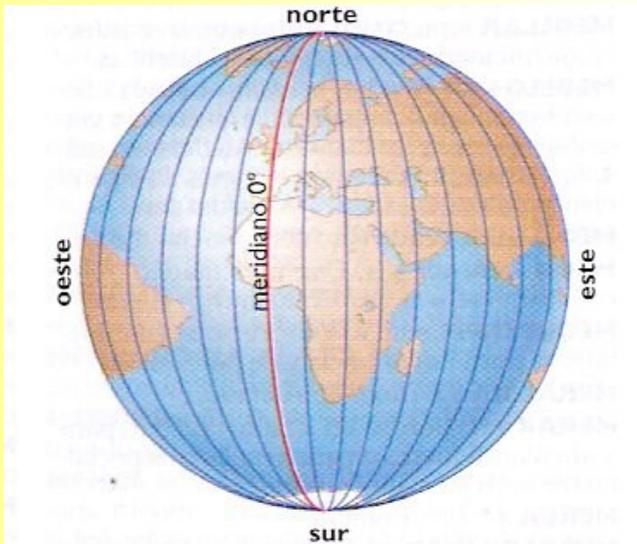
$$360^\circ / 24 \text{ horas} = 15^\circ \text{ por hora (ó una hora cada 15 grados)}$$

o bien

$$1440 \text{ minutos} / 360^\circ = 4 \text{ minutos por grado}$$

- En el ecuador terrestre la separación entre meridianos es de aproximadamente:

$$40\,000 \text{ km} / 360^\circ = 111,11 \text{ km por grado}$$



- Es decir que si en un instante son las 12:00 en un punto sobre el ecuador, **para un lugar situado a 111,11 km al oeste son las 11:56 y para otro a 111.11 km al este son las 12:04.** Mayores diferencias horarias se tienen para distancias mas grandes. Además las variaciones dependen de la latitud, ya que la distancia entre meridianos se va reduciendo con aquella, hasta hacerse cero en los polos.
- **Esto no importó mientras los viajes y las comunicaciones eran lentas. Pero desde mediados del siglo diecinueve, con la aparición del ferrocarril y de la telegrafía, la existencia de las horas diferentes e imprevisibles entre lugares alejados, constituyó un problema grave.**
- Hacia 1875 algunos países dividieron su territorio en zonas, para las que establecieron un tiempo local uniforme para cada una. Esto se llamó:

Tiempo Normal (TN)

y fue muy adecuado para países muy extensos en el sentido este – oeste (como Estados Unidos). Pero por supuesto que continuó el desorden internacional, sobre todo entre diferentes continentes, con gran separación geográfica.



- Pero en el año 1884, se solucionó el problema a escala mundial creando una división fusiforme de la superficie terrestre. En efecto, se tomaron **husos esféricos o fajas**, limitadas entre meridianos, separados entre sí por **15** grados, de manera que entre husos adyacentes hubiera una diferencia de una hora.



Husos Horarios: $360^\circ / 24 \text{ horas} = 15^\circ$ por hora

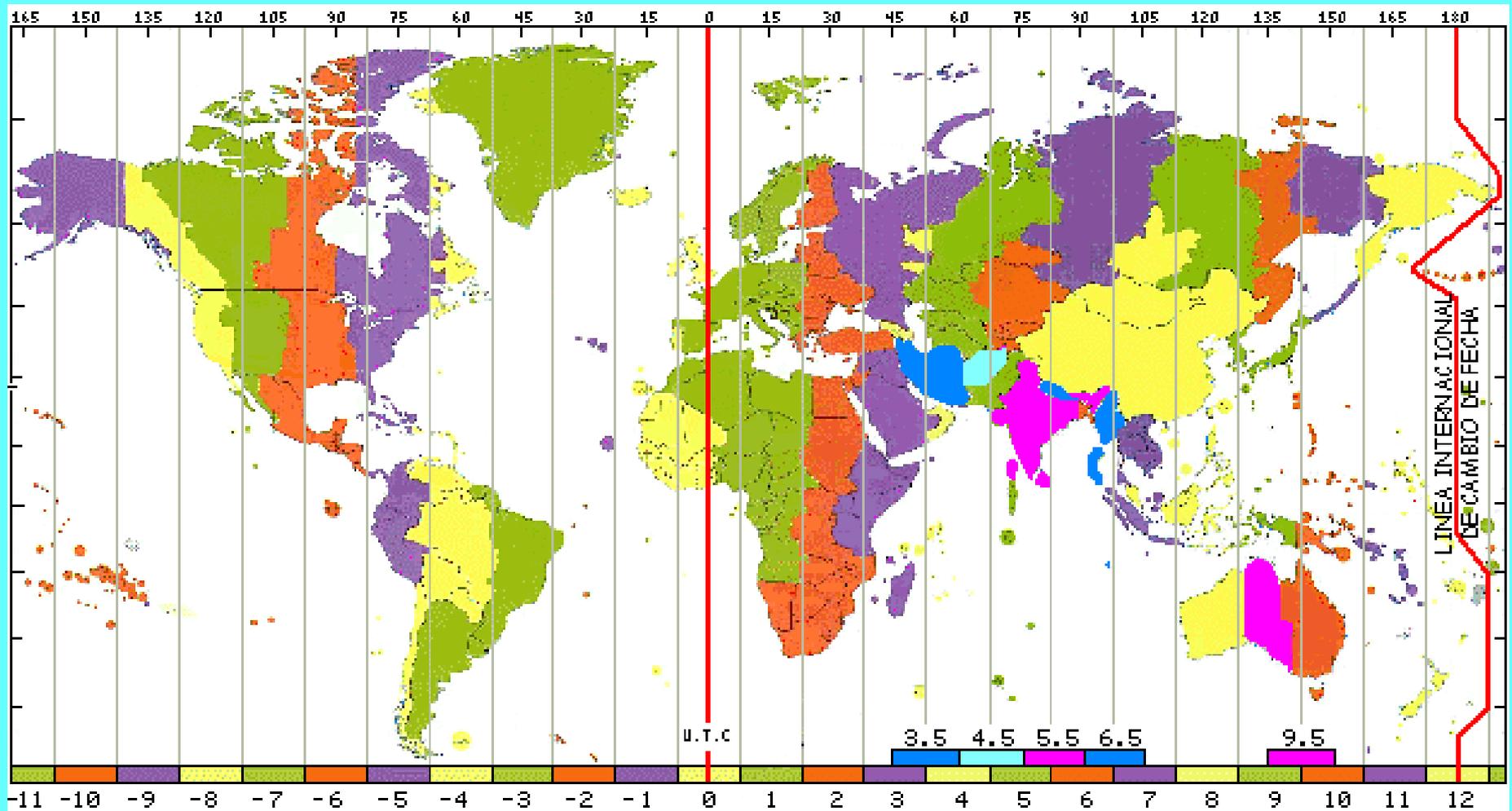
- Dentro de cada “gajo”, se adoptó como hora normal, el tiempo promedio local del meridiano central de la faja, estableciéndose así el llamado:

Tiempo Universal (TU)

- Hecha la división, se fijó como referencia la longitud 0°, coincidente con el meridiano que pasa por el “Antiguo Observatorio Real de Greenwich”, en Inglaterra.
- Este es el motivo por el cual se conoce al **TU**, como Tiempo del Meridiano de Greenwich (TMG ó GMT). El mapa siguiente aclara esta convención.



Husos Horarios Internacionales



- Se hace necesario dar algunas precisiones sobre el **Tiempo Universal GMT**:
 - Se tomó el **huso horario “0”**, con centro en el meridiano “0” y abarcando $7,5^\circ$ a cada lado. Así los husos horarios sucesivos se fijaron con eje en los meridianos $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ, 165^\circ$ y 180° hacia el este, numerándolos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
 - Asimismo se tomaron los meridianos $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ$ y 165° , hacia el oeste, correspondiéndoles los números negativos -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10 y -11.
 - Los **números** que identifican cada **huso horario**, son también los valores que se deben sumar a la hora de Greenwich, para obtener la hora local.



El **TU, TMG** (ó **GMT** - Greenwich Meridiane Time) se mide en un sistema de “dos veces 12 horas”. A la medianoche son las **0:00** y al mediodía son las **12:00**. Se suele usar por costumbre, la hora que indican los relojes comunes, agregando “**am**” o “**pm**” para diferenciar las horas anteriores o posteriores al “mediodía”.

- Algunos países, por razones geográficas, políticas o de ahorro de energía, adoptan como **“Hora Oficial”** la correspondiente a un huso horario adyacente al señalado por la convención antes citada. Esto se distingue con colores en el mapa anterior.
- El meridiano correspondiente a la longitud **180°**, debería marcar la llamada **“Línea Internacional de Cambio de Fecha”**, es decir que a ambos lados de ese meridiano habría una diferencia de 24 horas. No obstante, por razones geopolíticas, el cambio de fecha verdadero no coincide en algunos casos con el meridiano señalado.



Medición del tiempo

- En apariencia, con las convenciones internacionales del Tiempo Universal y los Husos Horarios , todo debería funcionar bien y para siempre. Pero no fue así.
- Mediciones cada vez mas exactas llevaron a la conclusión de que la rotación de la Tierra, disminuía y se aceleraba de manera totalmente irregular e impredecible. Las causas pueden ser fenómenos sísmicos, erosión superficial, fusión parcial de masas de hielo, grandes tormentas o ciclones, desplazamiento de masas de aire caliente o frío entre los hemisferios norte y sur, nieve, nubes, movimiento de material fluido en el interior del planeta, mareas provocadas por el Sol y la Luna, etc., etc.
- Pretendiendo solucionar el problema, en 1960 se creó el **Tiempo de Efemérides (TE)**. Este se estableció en base a una redefinición astronómica del segundo, lo que permitió medir el tiempo sin importar la rotación de la Tierra (mas aún sin tener en cuenta siquiera que La Tierra exista).



- En efecto, hasta hace relativamente poco tiempo, el **segundo (s)**, unidad fundamental para medir la magnitud **tiempo**, en todos los sistemas de unidades, se definía como la fracción **1 / 86 400 del día solar medio** (exactamente del año 1900). Las irregularidades señaladas en el tiempo de rotación de La Tierra y con motivo de la creación del Tiempo de Efemérides, la redefinición fue tal que, un segundo se tomaba como la fracción **1 / 31 556 925,975 del año trópico 1900**.
- En el año 1967, por razones de metrología, exactitud y practicidad tecnológica, se reemplazó la definición anterior del segundo, por otra basada en “relojes atómicos de Cesio”, que tenían una exactitud en la medición del tiempo del orden de 10^{-13} (es decir con una variación estimada de 1 segundo en mas de 30 000 años).
- Se definió así el **segundo (s)** como “**la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133 (Cs 133)**”.



Esta definición, aparentemente caprichosa, se adoptó para lograr correspondencia entre valores anteriores y actuales. Solo tiene significado, para su exacta duplicación en un avanzado laboratorio físico o de metrología. Es la base de lo que se conoce como:

Tiempo Atómico Internacional (TAI).

- El **Tiempo Atómico** es conveniente para la ciencia por su exactitud y precisión ya que mide un intervalo de tiempo “casi” absolutamente uniforme. Antes se mencionó que éste no coincide con el **Tiempo Universal**, basado en observaciones astronómicas.
- Pero la vida real debe estar atada a largo plazo, con la irregular rotación de la tierra.
- La solución para juntar ambos requerimientos, fue la adopción a partir del año 1972 del:

Tiempo Universal Coordinado (internacionalmente llamado **UTC**).



- En efecto, en el **UTC** se conserva la exactitud del Tiempo Atómico, con la definición del segundo del año 1967 y es medido por el promedio de unos 200 relojes atómicos distribuidos entre alrededor de 50 países, todo bajo el control de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas con sede en Paris – Francia (BIPM).
- También en el **UTC** se mantiene el sistema de husos horarios establecido para el Tiempo Universal GMT .
- Asimismo en Paris funciona el Servicio Internacional de la Rotación Terrestre que determina astronómicamente y con exactitud, el comportamiento variable del giro de nuestro planeta.
- En coordinación con la Oficina Internacional de la Hora (BIH), se decide cuando debe agregarse 1 segundo, para igualar el Tiempo de Efemérides con el Tiempo Atómico Internacional. Esto se produce cuando la diferencia entre ambos es de 0,9 segundos. La corrección se efectúa aumentando en 1 segundo, el último minuto del 31 de diciembre del año que corresponda (que pasa a tener 61 segundos). *Esta es la verdadera novedad del UTC.*



- El segundo que se agrega se llama “segundo intercalar” (leap second) y desde su instauración en 1972, se han producido 24 ajustes. El penúltimo agregado fue el 31/12/2005 y nuevamente se adicionó un segundo el 31/12/2008.

• **Diario “La Nación”** Miércoles 10 de diciembre de 2008

• **Agregarán un segundo a fin de año**

- LONDRES (*New Scientist*).- Aquellos ansiosos por terminar 2008 van a tener que esperar un segundo más. Este año habrá que agregarlo a los relojes a fin de año para acomodarse a un sutil retraso en la rotación de la Tierra.
- La decisión, tomada por el Servicio Internacional de Sistemas de Rotación y Referencia, ajustará la hora coordinada universal (UTC, según sus siglas en inglés), que se utiliza para calibrar los relojes nacionales y regionales en todo el mundo.
- Este segundo extra se agregará el 31 de diciembre, a las 23 horas, 59 minutos y 59 segundos UTC.
- La UTC es registrada por los relojes atómicos, pero ocasionalmente debe ajustarse para acomodar cambios en la longitud del día.
- La fuerza de atracción del Sol y la Luna están deteniendo gradualmente la rotación de la Tierra y hacen que sus días se alarguen. Pero la desaceleración se produce de manera no uniforme.
- Para acomodarse a este enlentecimiento pueden agregarse segundos dos veces por año, a fines de junio y de diciembre. El que se agregue este año será el vigésimocuarto agregado a los relojes desde 1972.



- En resumen, en el **UTC**, la duración del segundo la fijan los relojes atómicos, pero se conserva como referencia la verdadera rotación de La Tierra. Se aclara también que:

UTC = GMT si la diferencia entre ambos es menor de 0,9 s.

- Se justifica lo anterior recordando que el segundo internacional del Tiempo Universal se basaba en la duración del año 1900 y desde entonces La Tierra fue disminuyendo, aunque muy lentamente, su velocidad de giro (el día se hizo mas largo). En cambio el segundo atómico se considera prácticamente “constante”.
- Por ejemplo en 1983 el día tuvo una duración promedio de 24,000 000 63 h es decir 0,054432 s (medidos con el segundo atómico), lo que obligó a agregar segundos intercalares.



- El **UTC** utiliza para la numeración de las horas, un sistema de 24 horas. Así la medianoche es la 0:00 h, el mediodía es la hora 12:00 y las horas sucesivas son las 13:00, 14:00, 15:00, . . .hasta las 23:59:59. Luego el segundo siguiente pasa a ser la hora 00:00:00 del próximo día.
- En el **UTC**, a diferencia del GMT, no se utilizan “am” y “pm” para separar las 12 horas de la mañana con las de la tarde.
- El **Tiempo Universal Coordinado** rige actualmente la casi totalidad de los “relojes patrones” del mundo.
- Es también el tiempo de las señales horarias empleadas en las transmisiones de radio y otros servicios de tiempo. Suele llamarse asimismo Tiempo Mundial, Tiempo Z o Tiempo Zulu (por referencia al meridiano cero – zero en inglés).



- Debe destacarse que la red “**Internet**” utiliza el **UTC** en forma exclusiva, teniendo en cuenta las correspondientes “zonas horarias”.
- Puede mencionarse que en los años noventa se trató de utilizar un concepto revolucionario en la medición del tiempo, que prescindía de las diferencias geográficas y de los husos horarios. El “Tiempo Internet” era un horario global, uniforme en todo el planeta, en el cual el día estaba dividido en 1000 “beat” (pulso). ($86\,400\text{ s} / 1\,000\text{ beats} = 86,4\text{ S/b}$). Este tiempo se indicaba con @ (arroba).
- El día se inicia con **@000 beats** y termina con **@999 beats**. El meridiano de referencia está situado en la ciudad de Biel en Suiza (precisamente está marcado en el frente de la empresa relojera Swatch que inspiró esta medición).
- Este sistema permitía la comunicación entre computadoras de diferentes partes del mundo sin necesidad de conversiones horarias, pero aparentemente no fue práctico y finalmente dejó de usarse.



- Para terminar, responderemos a una pregunta que, obviamente, algunos se hacen: ¿Cuál es el motivo de requerir tanta precisión y exactitud en la medición del tiempo? De las muchas respuestas posibles, se citarán solo dos:

El **Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**, actualmente de uso cada vez mas difundido, permite la ubicación exacta de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de cualquier punto sobre la superficie de La Tierra. También facilita posicionar y dirigir tanto vehículos terrestres (automóviles, camiones, trenes, etc.), como barcos y aviones.

El GPS funciona en base a satélites artificiales que, mediante relojes atómicos de cesio, iguales y sincronizados, envían señales de tiempo como ondas radioeléctricas.

Como la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas, es conocida, el retardo con que se reciben las señales, permiten con un desarrollado recurso matemático-electrónico, determinar la posición del receptor.

Actualmente se consiguen incertidumbres en las mediciones de las coordenadas, del orden de los 10 metros, lo que equivale a medir el tiempo en microsegundos ($1\mu\text{S} = 0,000\ 001\ \text{S}$). Esto exige que los relojes de los satélites del GPS funcionen con el Tiempo Atómico y con la precisión que ello implica.



- La Tierra tiene una velocidad orbital media, de alrededor de 30 km/s.

Una diferencia de 0,1 s en el momento del lanzamiento de un vehículo espacial implicaría una variación del orden de 3 000 m en el punto de partida, con la consiguiente modificación del ángulo de salida y la influencia directa en la trayectoria prevista.

Se debe tener en cuenta que también varían todas las posiciones absolutas y relativas de La Luna y los planetas.

Si bien las trayectorias pueden corregirse parcialmente “en vuelo”, eso se logra con motores que consumen combustible (situación esa poco deseable).

Resulta así evidente, en este caso, la importancia de la exactitud en la medición del tiempo.



Gracias por su atención.

Se sugiere hacer comentarios

FIN

