



Ayudantía 3 – Solución

Profesora: Viviana Guzmán

Ayudantes: Camila Aravena González (cfaravena1@uc.cl) – Francisco Carrasco Varela (ffcarrasco@uc.cl)

Esta ayudantía tratará principalmente de repasar conceptos.

Problema 1. Día sideral y día solar

- a) ¿Cuál es la diferencia entre el año trópico y el año sideral?

Solución:

El año sideral (o año sidéreo) es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos de la Tierra por un mismo punto de su órbita. ¿Cómo se sabe cuando se alcanza este “mismo punto de su órbita”? Porque, para ello, se toman como referencia las estrellas (especialmente las lejanas que, como vimos, dada su lejanía varían muy poco o prácticamente nada por paralaje). Tiene una duración de, aproximadamente, 365.25 días solares medios (días que duran 24 horas).

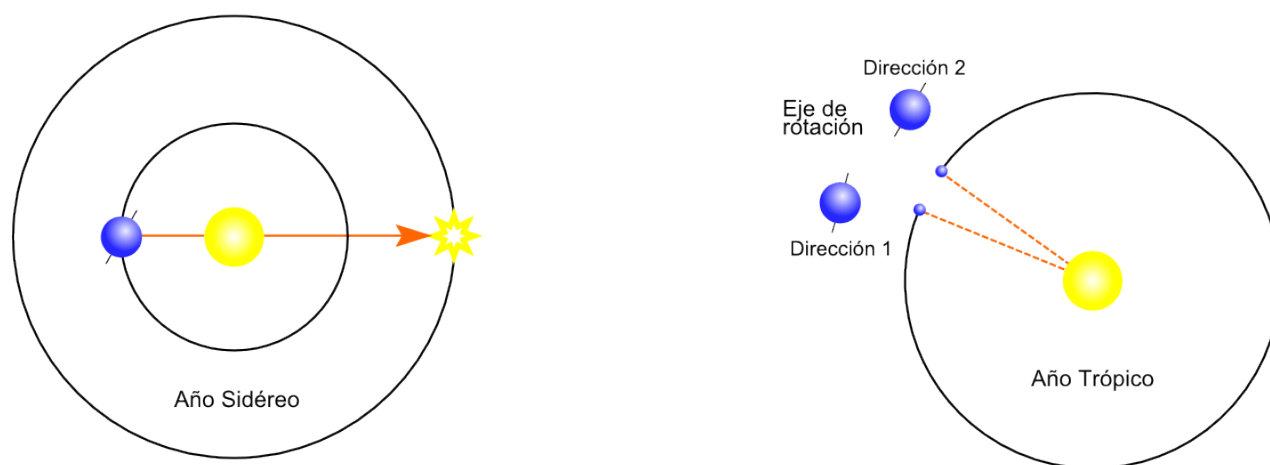


Figura 1: Ilustraciones para el año sideral (izquierda) y año trópico (derecha). La imagen del año sideral muestra la posición de la Tierra respecto a una estrella de campo.

Por otro lado, el año trópico (o año solar) es el tiempo que demora la Tierra en llegar a la misma posición en el ciclo de las estaciones, vistas desde la Tierra. Por ejemplo: el tiempo que transcurre entre un equinoccio vernal a otro equinoccio vernal, o el tiempo que pasa entre un solsticio de invierno a otro solsticio de invierno. Es, aproximadamente, unos ~ 20 minutos más corto que el año sideral. Por lo que tiene una duración de aproximadamente 365.24 días solares medios. Recordemos que el Sol alcanza su máxima/mínima altura sobre el cielo (máxima/mínima declinación posible) en los solsticios y está alineado con el ecuador celeste en los equinoccios. Por lo que, por ejemplo, un año trópico podríamos medirlo empezando a contar los días desde que el Sol dejó de estar en su punto más alto en el cielo y vuelva a estar en ese punto más alto. Como dato extra, la Luna y otros planetas pueden interactuar gravitacionalmente con la Tierra, variando casi imperceptiblemente el valor del año trópico (en unos pocos minutos o segundos), por lo mismo se creó el año tropical medio.

Notar entonces que los años siderales son levemente mayores a los años trópicos en duración. Una diferencia esquemática de esto puede ser apreciada en la Figura 1.

b) ¿A qué se debe esta diferencia?

Solución:

Esta diferencia se debe gracias a, principalmente, la precesión de la Tierra. Recordemos que hablamos de equinoccio o solsticio a los puntos donde el eje de rotación de la Tierra se alinea (en los solsticios) o es perpendicular (equinoccios) a la línea imaginaria que hay entre el Sol y la Tierra. Si no recuerda del todo qué/cómo son los equinoccios/solsticios observe la Figura 2. Ya que la Tierra sufre de su precesión, estos puntos se ven levemente corridos y la dirección del eje de rotación cambia muuuuy levemente. Lo que hace esto, como se puede ver en la Figura 1 (derecha), es que se alcanzan los equinoccios/solsticios levemente antes comparados a la posición en la órbita casi un año atrás. Es decir, en la Figura 1 (derecha), para una persona que está primero ubicado donde dice “Dirección 1” verá, por ejemplo, un equinoccio. Casi un año después la Tierra hará su movimiento de precesión y, gracias a este, la persona logrará ver nuevamente ese equinoccio en la posición donde dice “Dirección 2”, pero esta vez en una posición de la órbita un poco antes comparado al año anterior.

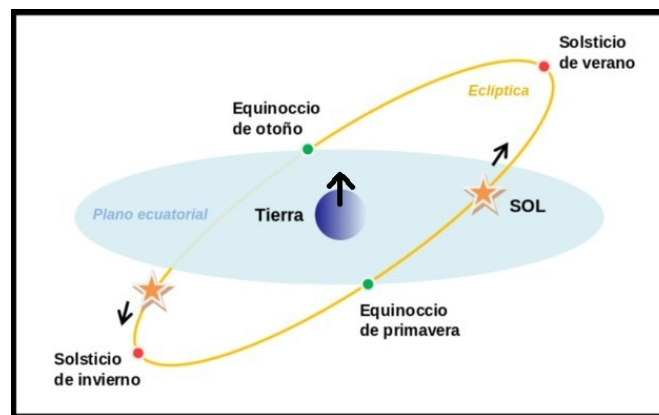


Figura 2: Equinoccios y solsticios. Notar que los nombres de los equinoccios y solsticios están en función del hemisferio Norte. Es decir, por ejemplo, donde en la figura diga “equinoccio de primavera” para nosotros, en nuestro hemisferio, será “equinoccio de otoño”. La flecha negra al centro muestra el eje de rotación de la Tierra.

c) ¿En cuál de los dos años se basa nuestro calendario? ¿Sideral o trópico?



Figura 3: Recreación del emperador Julio Cesar.

Para dar un breve resumen histórico, desde el año 46 A.C. hasta el año 1582 D.C. se utilizó lo que se conocía como el calendario juliano, el cual fue instaurado y expandido por el Imperio Romano. Su nombre está dedicado a Julio César (100 A.C - 44. A.C.) y fue una de las muchas reformas impartidas por él al imperio romano, incluso luego de su muerte. Este calendario asumía que los días duraban 365.25 días (es decir, año sideral).

Luego de eso, en el año 1582 D.C., el papa Gregorio XIII implementó el calendario actualmente usado por casi todos los países del mundo: el calendario gregoriano. Este calendario tenía la intención de “fijar” ciertas fechas religiosas. Habían ciertos momentos astrales (como los equinoccios) que indicaban ciertos ritos religiosos. Se fijó que la Pascua sería celebrada el siguiente Domingo luego de la luna llena después del equinoccio de primavera. Es decir, se esperaba el equinoccio de primavera (en el hemisferio Norte), se esperaba una luna llena y, luego, el Domingo siguiente se celebraba la Pascua (recordar que la religión en aquella época tenía muchísimo peso). En el año 325 D.C. el equinoccio de primavera (en el hemisferio Norte) era el 21 de Marzo, pero a medida que el tiempo pasaba el equinoccio iba sucediendo cada vez más temprano. Hasta el punto en que en el año 1582 el desfase ya era de 10 días.

Lo que encontraron ciertos investigadores de aquella época es que el tiempo que ocurre entre dos equinoccios vernaes (equinoccio de otoño en nuestro hemisferio) no eran 365 días, sino 365.24 días. Básicamente, lo que encontraron es que el año trópico medido por ellos duraba ~ 11 minutos más que el año sideral, valor que luego fue mejor ajustado/medido. El papa Gregorio XIII formó un comité con los astrónomos de la época –conocida como la “Comisión del Calendario”– y decidieron hacer una especie de “traspaso” del calendario juliano al gregoriano. Lo que concluyeron fue que, ya que acababan de encontrar que cada año habían 11 minutos “extras”, éstos ya habían sido contados desde que fue creado el calendario juliano. Por lo que para corregir esto decidieron que el traspaso del calendario juliano al gregoriano sería el siguiente: el 4 de Octubre de 1582 (juliano) pasaría a ser el 14 de Octubre de 1582 (gregoriano). Es decir, por más loco que suene, de una día a otro el calendario pasó del 4 de Octubre al 14 de Octubre¹. Y es el que se ha usado hasta el día de hoy.

Por lo tanto, respondiendo a la pregunta principal, lo que se utiliza a día de hoy en nuestro calendario “civil” del día a día es el año trópico. Pero los astrónomos como somos medios especiales nos interesan más la posición de los astros (más que la de los equinoccios, que no deja de ser algo que aún así consideramos), por lo mismo el calendario que se utiliza en astronomía es el juliano. Y, por lo mismo, más adelante en la carrera verán que las fechas donde fueron tomadas ciertos datos están basadas en el calendario juliano con días julianos.



Figura 4: Retrato del Papa Gregorio XIII.

Problema 2. Analema. La Figura 7 muestra un analema.

a) ¿Qué es un analema?

Solución:

Si nos ponemos en un lugar fijo todos los días y tomamos una foto a la misma hora al mismo trozo del cielo todos los días encontraríamos algo similar a la Figura 5 o 7. Es decir, un analema es una especie de diagrama que el Sol va dibujando a lo largo del año gracias al cambio de posición aparente en el cielo.



Figura 5: Analema medido desde una residencia común y corriente.

¹De hecho, si buscan calendarios históricos, verán que muchos de estos llegan hasta el año 1583. Porque antes de eso el calendario gregoriano, que usamos hoy en día, no existía.

- b) ¿Qué información podemos obtener de un analema si es que, además, conocemos el hemisferio en el cual nos encontramos?

Solución:

A pesar de que los analemas no son más que la inclinación del eje de rotación de la Tierra, respecto al plano del Sol, la excentricidad del planeta y otras cosas; podemos hacer la inversa: conocer las características de dónde nos encontramos conociendo la forma del analema. O, por ejemplo, reconocer que si el Sol está en cierta posición del analema entonces estamos en cierta época del año (equinoccios o solsticios) sin necesidad de un calendario. Alguna información de lo que se puede encontrar de un analema puede ser visto en la Figura 6.

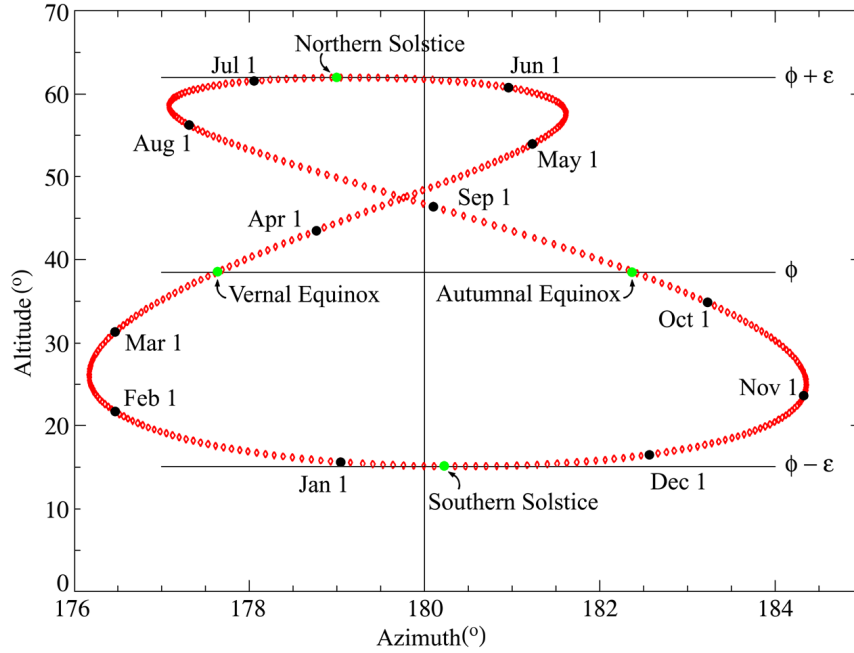


Figura 6: Altura y azimut (ángulo que se mide, tomando el Norte como el grado 0, hacia el este) para un analema. Dependiendo de la posición del Sol en el analema podemos extraer cierta información de éste como, por ejemplo, si se encuentra en algún equinoccio o solsticio. En este caso, ϕ está definido como $\phi = 90^\circ - \text{latitud}$. Y ϵ es la inclinación del eje de rotación con respecto al plano del Sol. En el caso de la Tierra $\epsilon = 23.5^\circ$. Este analema fue construido en el Royal Observatory (latitud $+51.47^\circ$, longitud 0°), por lo que $\phi \approx 38.52^\circ$ –misma altura a donde ocurrirán los equinoccios, pero distintos azimuts–, el solsticio de invierno ocurrirá a una altura de aproximadamente $\phi - \epsilon \approx 15.02^\circ$ y el solsticio de verano a una altura de $\phi + \epsilon \approx 62.02^\circ$.

Si desea jugar por su cuenta, en <https://alokm.com/astro/analemmagenerator.html#> puede ver cómo se ven los analemas en distintos planetas del Sistema Solar. O cómo varía éste a medida que cambia cosas como, la excentricidad con la que se orbita alrededor del Sol entre otros parámetros. Por lo que podría ver cómo se ve un analema no sólo desde otro planeta, sino también desde algún otro objeto como un cometa.

- c) Dibuje en la Figura 7 en qué punto del analema el Sol se encuentra en el Solsticio de Verano, Invierno o los Equinoccios. Para ello asume que el Sur se encuentra en la parte inferior del dibujo.

Solución:

En el hemisferio Norte la parte más ancha del “8” que se forma está en la parte inferior. Al cambiar de hemisferio, la parte más ancha se encuentra en la parte superior. La gente en el Polo Norte sólo verá la parte superior del analema de la Figura 7, mientras que la gente en el Polo Sur sólo puede ver la parte inferior de la Figura 7.

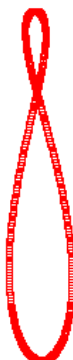


Figura 7: Analema en algún lugar del hemisferio norte. Recuerde que en esta figura el Sur se encuentra en la parte inferior (o apuntando hacia abajo).

La Figura 7 puede ser interpretada, *desde el hemisferio Sur* (con los respectivos equinoccios y solsticios desde éste) en la Figura 8:

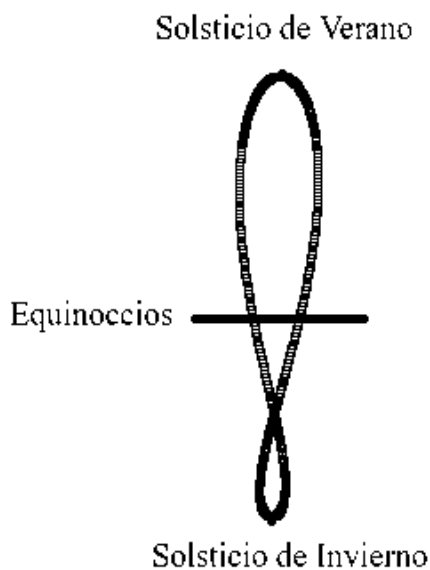


Figura 8: Analema en algún lugar del hemisferio sur. Los equinoccios y solsticios también están en función del hemisferio sur.

Problema 3. Suponga que usted observa todos los días algún astro apenas este sale del horizonte. Si usted lo observó hoy, usted debe estimar a qué hora saldrá mañana.

¿Por qué este objeto va saliendo antes (o después) del horizonte? Para ello le puede ser de utilidad realizar un dibujo.

Solución:

Asumiendo que la Tierra da una vuelta cada 365, aproximadamente, podemos decir que la Tierra recorre $\frac{360^\circ}{365 \text{ days}} \approx 1^\circ \cdot \text{days}^{-1}$. Es decir, la Tierra recorre, aproximadamente, 1° de su órbita por día (donde una vuelta [un año sideral] se logra al llegar a los 360° o 24 hr). Entonces, la Tierra ha ido avanzando a lo largo de su órbita gracias a la traslación. Pero al mismo tiempo que la Tierra va trasladándose, también rota en dirección oeste-este.

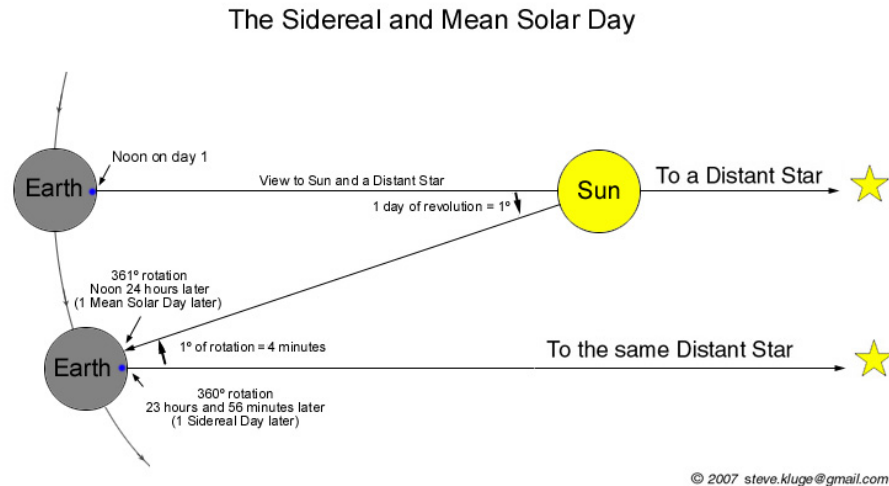
De manera que haciendo una simple regla de tres:

$$24 \text{ hr} \rightarrow 360^\circ$$

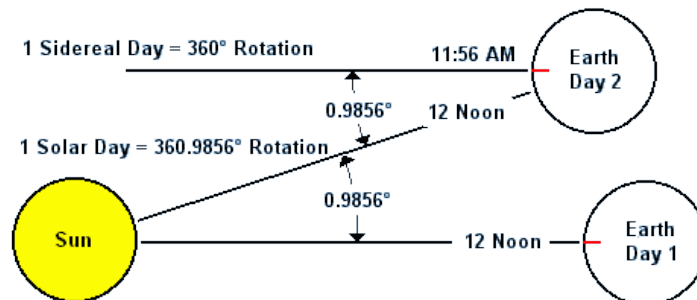
$$x \rightarrow 1^\circ$$

Y despejando se llega a que $x = 0.06 \text{ hr} \approx 4 \text{ min}$.

Ello quiere decir que, para una estrella “fija” en el cielo, ésta aparecerá 4 minutos antes, tal cual se puede apreciar en la Figura 9 porque la Tierra ha avanzado en su órbita y, además, ha rotado. Lo que hace que esta estrella vaya saliendo cada vez 4 minutos antes del horizonte y, por lo tanto, esta estrella alcanza la misma posición en el cielo que alcanzó el día anterior, pero 4 minutos antes.



(a)



(b)

Figura 9: (a) Día sideral respecto a una estrella lejana. Notar que esta estrella no se mueve, sino que es la Tierra la que aparentemente se mueve. Lo que implica que, gracias a la traslación y rotación, esta estrella saldrá ~ 4 minutos antes que el día anterior del horizonte. (b) Diferencia entre día sideral y solar.

El día sidereal es el tiempo para que una estrella vuelva a alcanzar la misma posición en el cielo (23 horas con 56 minutos). Mientras que el día solar es el tiempo de tránsito del Sol entre dos meridianos para algún lugar en particular (24 horas); por ejemplo, el tiempo que hay entre el mediodía y el mediodía del día siguiente. De manera que se espera que una estrella logre alcanzar la misma posición que alcanzó hoy, pero 4 minutos antes con respecto al día anterior, como se ve en la Figura 10.

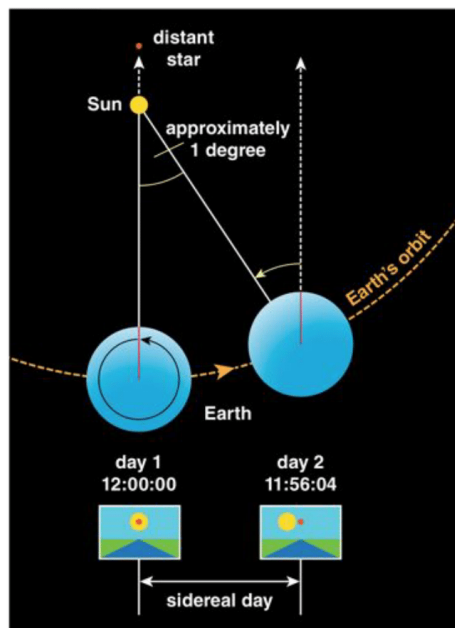


Figura 10: Variación de una estrella a medida que va avanzando la Tierra en su órbita. Como se puede apreciar en la imagen, una estrella vuelve a alcanzar la misma posición en el cielo que alcanzó el día anterior 4 minutos antes.

Problema 4. Chile y su horario. Santiago, junto con todo Chile, debería tener el horario GMT -5 . Sin embargo, el que se usa es el horario GMT -4 . Basados en esto, ¿a qué hora, aproximadamente, el Sol alcanza su máxima altura y por qué?

Solución:

La Figura 11 muestra los horarios GMT (Greenwich Mean Time) que deberían tener los países sólo en función de sus meridianos geográficos. En estricto rigor, estos horarios están pensados para que el Sol alcance su máxima altura al mediodía.

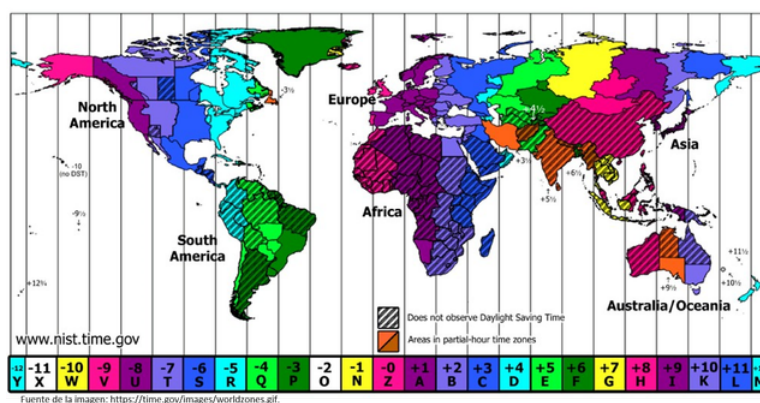


Figura 11: Horarios GMT según la posición geográfica, basado principalmente en los meridianos.

Cada casilla en la Figura 11 muestra un huso horario. Se toma referencia el meridiano 0 (Greenwich). Se añade 1 hora por cada huso horario que se recorra hacia el Este y se resta 1 hora hacia el Oeste.

Si se observa bien la Figura 11, Chile cae en la casilla GMT -5 . Pero usamos el horario GMT -4 . En teoría, en el dibujo, el Sol va avanzando e iluminando de derecha a izquierda a medida que la Tierra rota. Ello quiere decir que adoptamos un horario en el que el mediodía pasa antes de lo que en realidad sucede. Por lo que, por ejemplo, cuando el Sol realmente alcanza su máxima altura nosotros ya habíamos asumido que éste lo había alcanzado una hora antes. Así, en vez de ser mediodía, serán las 1 de la tarde. En el horario de verano asumimos un huso horario de GMT -3 (cuando siempre deberíamos asumir un GMT -5), por lo que en verano el Sol alcanzará su máxima altura a las 2 de la tarde, aproximadamente; dado que ahora habrá un desfase de 2 horas.

¿Por qué se realizan estos cambios de horario? Ello tiene que ver más que todo por una causa civil: mejor aprovechamiento de la luz natural. Es decir, se trata de “optimizar” lo máximo la luz natural y, por ejemplo, se logran abaratar costos asociados con energía utilizada en iluminación.