

ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

MEDIDAS DE DISTANCIA

Metros a Pies	1 m = 3,28 ft	Pies a Metros	1 ft = 0,3048 m
Metros a Pulgadas	1 m = 39,37 inch	Pulgadas a Metros	1 inch = 0,0254 m
Metros a Millas N.	1 m = 0,000539957 MN	Millas N. a Metros	1 MN = 1852 m
Metros a Millas T.	1 m = 0,000621371 MT	Millas T. a Metros	1 MT = 1609,344 m

Kilómetros a Pies	1 Km = 3280,8399 ft	Pies a Kilómetros	1 ft = 0,0003048 Km
Kilómetros a Pulgadas	1 Km = 39370,0787 inch	Pulgadas a Kilómetros	1 inch = 0,0000254 Km
Kilómetros a Millas N.	1 Km = 0,539956803456 MN	Millas N. a Kilómetros	1 NM = 1,852 Km
Kilómetros a Millas T.	1 Km = 0,621371 MT	Millas T. a Kilómetros	1 MT = 1,6093 Km

Pies a Pulgadas	1 ft = 12 inch	Pulgadas a Pies	1 inch = 0,0833333 ft
Pies a Millas N.	1 ft = 0,000164578 MN	Millas N. a Pies	1 MN = 6076,115485 ft
Pies a Millas T.	1 ft = 0,000189393 MT	Millas T. a Pies	1 MT = 5280 ft

Millas N. a Millas T.	1 MN = 1,150779 MT	Millas T. a Millas N.	1 MT = 0,868976 MN
-----------------------	--------------------	-----------------------	--------------------

MEDIDAS DE VELOCIDAD

Metros/segundo a Nudos	1 m/seg = 1,943846 kt	Nudos a Kilómetros/hora	1 kt = 0,514444 m/seg
Metros/segundo a Millas T./hora	1 m/seg = 2,23693629 mph	Millas T./hora a Kilómetros/hora	1 mph = 0,44704 m/seg
Metros/segundo a Millas N./hora	1 m/seg = 1,94384617 nmh	Millas N./hora a Kilómetros/hora	1 nmh = 0,514444 m/seg
Metros/segundo a Pies/minuto	1 m/seg = 196,850393 ft/min	Pies/minuto a Kilómetros/hora	1 ft/min = 0,018288 Km/h
Metros/segundo a Pies/segundo	1 m/seg = 3,28083989 ft/seg	Pies/segundo a Kilómetros/hora	1 ft/seg = 0,00508 m/seg
Metros/segundo a Metros/minuto	1 m/seg = 60 m/min	Metros/minuto a Kilómetros/hora	1 m/min = 0,0166666 m/seg
Metros/segundo a Kilómetros/hora	1 m/seg = 3,6 Km/h	Kilómetros/hora a Metros/segundo	1 Km/h = 0,27777777 m/seg

Kilómetros/hora a Nudos	1 Km/h = 0,539956 kt	Nudos a Kilómetros/hora	1 kt = 1,852 Km/h
Kilómetros/hora a Millas T./hora	1 Km/h = 0,62137 mph	Millas T./hora a Kilómetros/hora	1 mph = 1,609344 Km/h
Kilómetros/hora a Millas N./hora	1 Km/h = 0,53995 nmh	Millas N./hora a Kilómetros/hora	1 nmh = 1,851998 Km/h
Kilómetros/hora a Pies/minuto	1 Km/h = 54,6806649 ft/min	Pies/minuto a Kilómetros/hora	1 ft/min = 0,018288 Km/h
Kilómetros/hora a Pies/segundo	1 Km/h = 0,91134441 ft/seg	Pies/segundo a Kilómetros/hora	1 ft/seg = 1,09728 Km/h
Kilómetros/hora a Metros/minuto	1 Km/h = 16,6666666 m/min	Metros/minuto a Kilómetros/hora	1 m/min = 0,06 Km/h

Nudos a Millas T./hora	1 kt = 1,1507784 mph	Millas T./hora a Nudos	1 mph = 0,868976 kt
Nudos a Millas N./hora	1 kt = 1 nmh	Millas N./hora a Nudos	1 nmh = 1 kt
Nudos a Pies/minuto	1 kt = 101,268503 ft/min	Pies/minuto a Nudos	1 ft/min = 0,00987473 kt
Nudos a Pies/segundo	1 kt = 1,687808 ft/seg	Pies/segundo a Nudos	1 ft/seg = 0,59248431 kt
Nudos a Metros/minuto	1 kt = 30,86664 m/min	Metros/minuto a Nudos	1 m/min = 0,0323974 kt

Pies/minuto a Millas T./hora	1 ft/min = 0,011363636 mph	Millas T./hora a Pies/minuto	1 mph = 88 ft/min
Pies/minuto a Millas N./hora	1 ft/min = 0,009874738 nmh	Millas N./hora a Pies/minuto	1 nmh = 101,268503 ft/min
Pies/minuto a Pies/segundo	1 ft/min = 0,016666666 ft/seg	Pies/segundo a Pies/minuto	1 ft/seg = 60 ft/min
Pies/minuto a Metros/minuto	1 ft/min = 0,3048 m/min	Metros/minuto a Pies/minuto	1 m/min = 3,280839 ft/min

Millas T./hora a Millas N./hora	1 mph = 0,86897 nmh	Millas N./hora a Millas T./hora	1 nmh = 1,1507784 mph
---------------------------------	---------------------	---------------------------------	-----------------------

ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

5.1- MEDIDAS DE TIEMPO

- **Definición de tiempo:** Duración de las cosas sujetas a mudanza.

Siendo el tiempo una magnitud que se debe medir, su concepción deberá ajustarse a las siguientes condiciones:

Estar referido a fenómenos naturales fácilmente observables.

Que estos fenómenos sean de periodicidad constante, a fin de poder definir la igualdad y la suma de sus magnitudes.

Que para su medición se adopte una unidad de medida adecuada.

Existen varios fenómenos que cumplen estos requisitos, sin embargo, el más fiable sería la trayectoria aparente del sol en la eclíptica y el movimiento de rotación terrestre.

Se adopta, así como patrón el “intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un astro, que podría ser cualquiera, por el meridiano superior de un lugar”.

- **SOL VERDADERO (Apparent Sun).**
- **DIA VERDADERO, O TIEMPO VERDADERO (Apparent Day, o Apparent Time).**

Dado que la unidad **DIA**, se queda pequeña, ha habido necesidad de acudir al año. Intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol por un punto determinado de su órbita. **Duración: 365 días.**

TIEMPO SOLAR VERDADERO: El día solar verdadero, tal y como antes se ha definido, tiene un defecto que lo hace inútil para la medición de tiempo. Esto es, todas las estrellas en su paso por el meridiano superior de un lugar, describen círculos paralelos al ecuador.

Todas, excepto el sol, que, en su movimiento propio de este a oeste, en su marcha por la eclíptica, no recorre ningún paralelo, si no que corta a varios paralelos, esto motiva que los días solares verdaderos tengan una duración desigual.

Consecuencia de esta duración desigual, el sol verdadero adelantara o retrasara su paso por un meridiano un valor casi constante que se conoce como aceleración de las fijas.

Esto haría que, en una época determinada, el sol cruzara el meridiano superior de un lugar de noche. Dando lugar a confusiones. Debido a esto, se recurre a un artificio a fin de dotar a este tiempo de uniformidad.

Así se crea el **SOL FICTICIO:** que recorre la eclíptica con un movimiento angular uniforme, coincidiendo con el sol verdadero en el perigeo y en el apogeo. Este sol ficticio aún mantenía algunos defectos, por lo que se creó un sol ideal, **SOL MEDIO (Mean Sun),** sol que se mueve sobre el plano del ecuador con un movimiento constante, obligado a coincidir con el sol ficticio en los equinoccios.

Como consecuencia de lo anterior, se tendrán dos tipos de día, según nos refiramos a dos pasos consecutivos del **SOL REAL (Apparent Sun),** por el meridiano superior del lugar, de donde tendríamos un **DIA VERDADERO.** O si nos referimos a dos pasos consecutivos del **SOL MEDIO (Mean Sun),** por el meridiano superior del lugar, de donde obtendríamos la definición de **DIA MEDIO (Mean Day).**

Se sabe ya que el **SOL MEDIO (Mean Sun),** es un sol, ideal, cuya órbita alrededor de la tierra se haría según el plano del ecuador a una velocidad cte.

ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

La diferencia en longitud, entre el **SOL REAL** (Apparent Sun), y el **SOL MEDIO** (Mean Sun), es de aproximadamente 1 minuto. Esta diferencia se hace acumulativa a lo largo del año. Así el sol medio puede adelantar o retrasar sobre el sol verdadero una mayor o menor cantidad de minutos según la época del año.

Esta diferencia se hace máxima a mediados de Noviembre y a mediados de Febrero, cuantificándose en 16 y 14 minutos respectivamente.

TIEMPO SOLAR MEDIO: Por tanto refiriéndose al **SOL MEDIO** (Mean Sun), se define el **DIA MEDIO** (Mean Day) como “ El intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol medio por el meridiano superior del lugar”.

Por tanto en Madrid serán las 00 horas medias cuando el sol se encuentre sobre su meridiano superior en la esfera celeste, terminando dicho día medio cuando el sol medio pase nuevamente por el meridiano superior de Madrid.

Dividiendo 360º, entre 24 horas medias que tendrá un día medio, se obtiene que cada 15º de movimiento del sol medio, habrá pasado una hora media. Así cuando el sol se haya movido 15º desde que paso por Madrid, será las 01 horas medias en Madrid.

Por tanto la diferencia horaria media entre dos lugares será su diferencia de longitudes. Sabremos si es mas tarde o mas pronto según se encuentre este lugar al este o al oeste del meridiano de Greenwich.

DEFINICIONES

SOL VERDADERO: El Sol real. (Imperfecto por no ser paralelo al Ecuador).

SOL FICTICIO: El sol que recorre la eclíptica con un movimiento angular uniforme, coincidiendo con el Sol Verdadero en el perigeo y en el apogeo.

SOL MEDIO: El sol que se mueve sobre el plano del ecuador con un movimiento constante, obligado a coincidir con el Sol Ficticio en los equinoccios.

DIA VERDADERO: Intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol Verdadero, por el meridiano superior de un lugar.

DIA MEDIO: Intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol Medio, por el meridiano superior del lugar.

LA HORA

HORA CIVIL U HORA LOCAL (LMT): Se ha definido la hora media como el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasa por el meridiano superior de un lugar dado, esto implica que el día medio comenzara cuando el sol este en la vertical del lugar, es decir, de día. Para salvar esta dificultad se crea la HORA CIVIL.

DÍA CIVIL: Tendrá la misma duración que un Día Medio pero comenzando el día en el momento del paso del sol medio por el antimeridiano, o meridiano inferior del lugar. Es decir:

$$\text{HORA CIVIL} = \text{HORA MEDIA} + 12 \text{ HORAS}$$

La hora civil, es la hora local (Local Mean Time) de cada lugar.

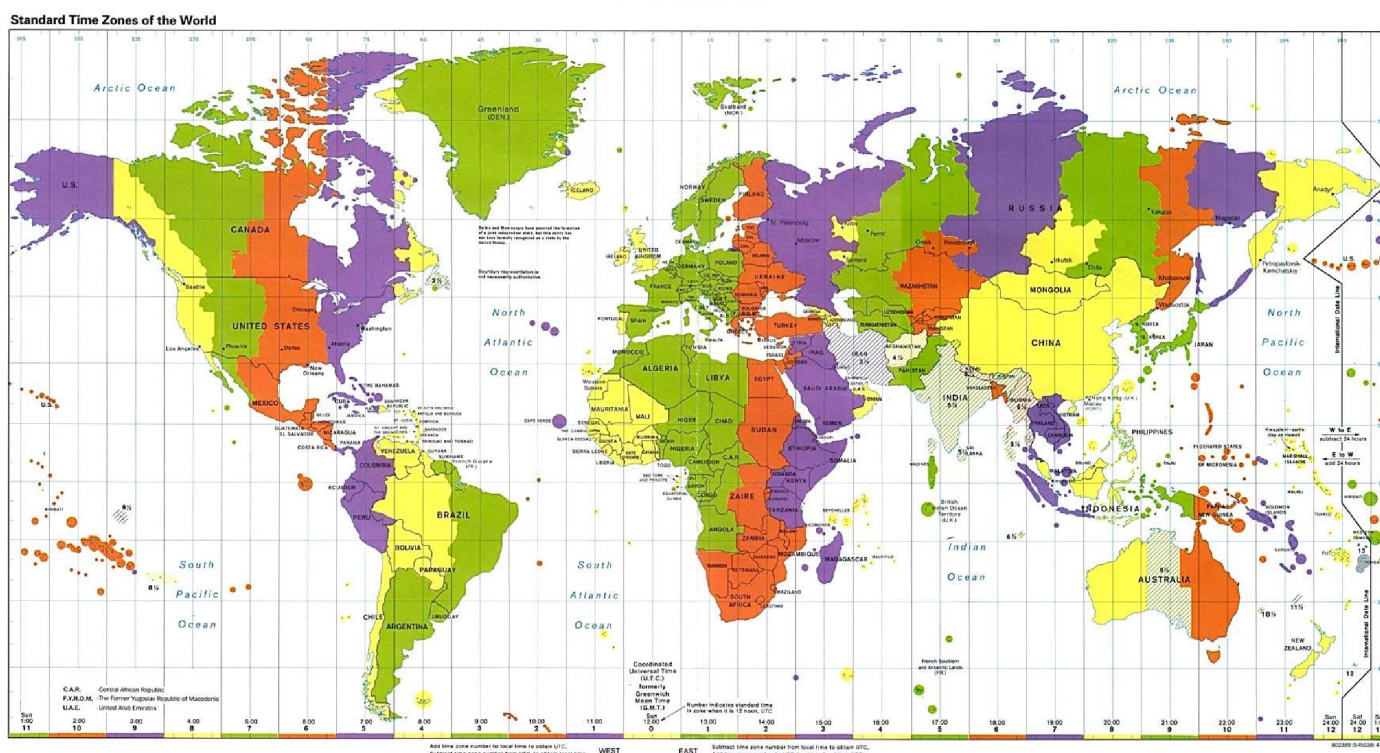
Todo esto lleva a que cada lugar tiene una hora local distinta.

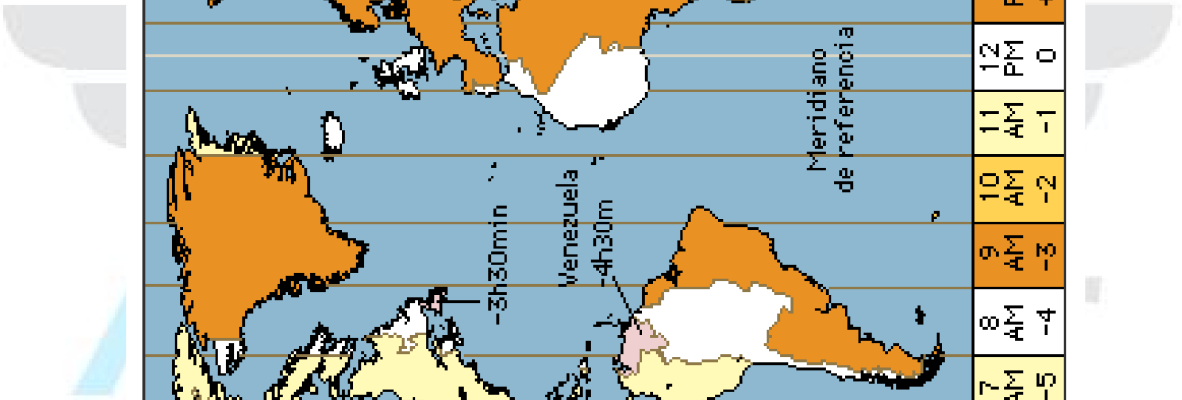
HORA LEGAL (LST; Local Standard Time): Para evitar este inconveniente, se adoptó el sistema de husos horarios, para ello se divide la tierra en 24 husos horarios de 15º cada uno, tomando como meridiano central del huso cero, el meridiano de Greenwich. Todos los lugares dentro de un mismo huso adoptaran la misma HORA LEGAL, que será igual a la hora civil del meridiano central del huso.

Como en general los límites de los husos horarios no coinciden con los límites geográficos y políticos de los distintos países, estos se han alterado de manera que una nación situada entre dos husos, adopte la hora de uno de ellos.

TIEMPO UNIVERSAL (TU): A la hora civil de Greenwich.

Cada huso horario al Este de meridiano 0, se le sumara 1 hora, y al Oeste se le restara.

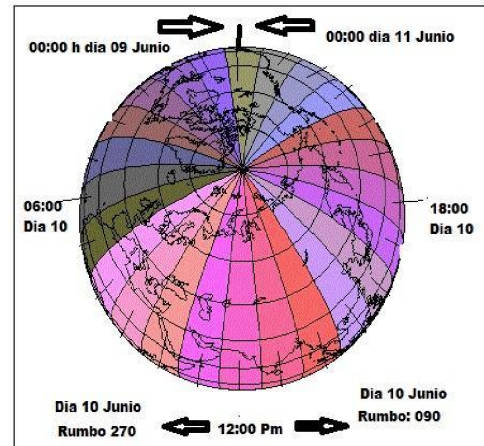




LÍNEA DE CAMBIO DE FECHA (IDL; International Date Line): Se produce como consecuencia de esto que dos aviones volando desde el meridiano cero, en direcciones opuestas hacia al este y hacia el oeste, se diferenciarían en una fecha al encontrarse en el meridiano de 180 grados.

Es decir para un Avión que salió a las 12:00 del día 10 de Junio en dirección ESTE, al llegar al meridiano de 180 grados serían las 00:00 del día 11 Junio.

Igualmente, Un avión que salió a las 12:00 horas del mismo lugar en el meridiano de Greenwich en ese mismo día en dirección Oeste, al llegar al meridiano de 180 grados, debería poner en su reloj las 00:00 horas del día 09 de Junio.



Para evitar esta anomalía, se cambiaría la fecha al atravesar el meridiano de las doce horas, repitiendo fecha si se navega con rumbo este (090), y saltando un día si se navega con rumbo 270.

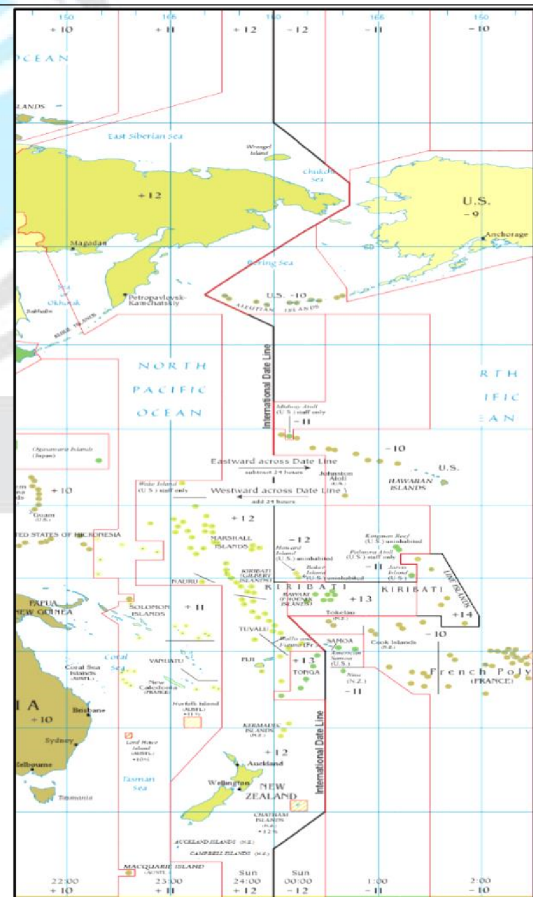
La línea de cambio de fecha, es una línea imaginaria, trazada sobre el Océano Pacífico, y coincidente con el meridiano de 180 grados. Esta línea no es un meridiano exactamente sino una línea que va dejando países y límites políticos a un lado y otro de la línea.

Esta línea cruza el estrecho de Bering entre los territorios de Alaska y Siberia, aunque el meridiano 180º transcurre al este del paso, por lo cual las áreas a ambos lados tienen diferentes fechas, aunque la mayoría del recorrido se realiza por el océano pacífico y no dificulta el mantenimiento de ninguna hora local.

LA HORA OFICIAL: Se denomina así a la hora u horas que rigen la vida de un país.

En España en invierno la hora legal y la hora oficial coinciden en invierno. En verano los relojes adelantan una hora.

TIEMPO ATÓMICO INTERNACIONAL: La medida de tiempo basada inicialmente en conceptos astronómicos ha ido evolucionando hacia el campo de la física. Esta nueva manera de medir el tiempo ordena y precisa los tiempos empleados hasta ahora. El tiempo Atómico Internacional está basado en la indicación de relojes atómicos. El segundo de este sistema se definió como "La duración de 9.192.631.770 periodos de radiación correspondiente a la transición de dos niveles hiperfinos del átomo de Cesio 133".



ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

TIEMPO UNIVERSAL COORDINADO (UTC): Tiempo medido no con respecto al sol medio, si no con respecto al segundo Atómico. Dado que el segundo atómico, y el segundo medio no son totalmente iguales, será preciso ir corrigiendo esta diferencia. Estas correcciones se llevan a cabo en Enero y Julio, cuando las diferencias se aproximan al segundo.

La Hora ZULU: Es la hora UTC del meridiano cero.

GREENWICH MEAN TIME (GMT: Hora local del meridiano cero basada en el sol ficticio (Mean Sun).

CREPÚSCULO: Se llama así a los periodos del día caracterizados por la claridad, periodos que existen al amanecer (ALBA o AURORA) y al anochecer (ANOCHECIDA). Cuando el sol no ha salido todavía, o ya se ha ocultado. Estos fenómenos se deben a la iluminación por el sol de las capas atmosféricas situadas por encima del horizonte.

Existen dos tipos de crepúsculos:

- **CREPÚSCULO CIVIL:** Termina tan pronto cuando empiezan a percibirse a simple vista las estrellas de primer orden. Empieza o acaba cuando el centro del disco solar esta 6° por debajo del horizonte.
- **CREPÚSCULO ASTRONÓMICO:** Termina cuando empiezan a verse a simple vista las estrellas de sexta magnitud (más pequeñas que las de primera magnitud). Empieza o acaba cuando el centro del disco solar esta 18° por debajo del horizonte.

La duración de estos depende del tiempo que el sol tarda en recorrer estas alturas negativas. Esto es función de la latitud y de la declinación del sol. Los Crepúsculos más cortos se producen por tanto en el ecuador, y los más largos en los polos.

ORTO: Momento en que el limbo superior del sol es tangente a la horizontal del lugar en su movimiento ascendente.

OCASO: Momento en que el limbo superior del sol es tangente a la horizontal del lugar en su movimiento descendente.

LA REFRACCION: Adelanta Ortos, Retrasa Ocasos.

LA PARALAJE: Ángulo Formado al observar el sol desde la superficie terrestre o desde su centro.

Retrasa Ortos, Adelanta Ocasos.

DEPRESION DEL HORIZONTE: Mayor alcance de vista según aumente la altura del punto de observación.

Adelanta Ortos, Retrasa Ocasos.

5.2- PRINCIPALES RUTAS DE NAVEGACIÓN

Una vez escogido el punto de salida y el de destino, será necesario escoger el mejor camino para desplazarse desde el primero hasta el segundo.

Entre las múltiples razones para escoger un camino u otro estarán, al economía, las razones operativas de la compañía, la autonomía de la aeronave, el aprovechamiento de corrientes de chorro, los vientos predominantes etc.

Atendiendo a la razón mínima distancia origen-destino, o lo que es igual, menor coste, se seguiría la llamada **RUTA ORTODROMICA**. Si el elemento de importancia fuera mantener el rumbo constante a lo largo de la ruta, se seguiría la **RUTA LOXODROMICA**.

RUTA ORTODROMICA

El punto inicial y el final se encuentran sobre la superficie terrestre y por tanto sobre la esfera media.

Se entiende por línea Geodésica a aquella que sobre una superficie representa la distancia más corta entre dos puntos, en un plano, será la línea recta, en una esfera el círculo máximo o su arco correspondiente.

Se define como **ORTODROMICA** (GLC; GREAT CIRCLE TRACK), al arco de círculo máximo, menor de 180 grados, que sobre la esfera terrestre une dos puntos, representando el camino más corto entre ambos.

La ventaja que presenta esta ruta es la de representar la mínima distancia origen-destino.

El inconveniente será que habrá que ir variando continuamente el rumbo.

La ortodrómica se obtiene como intersección de la superficie terrestre con el plano que pasa por los puntos de origen, destino, y el centro de la tierra.

Por tanto entre cada dos puntos, podrá trazarse una y solamente una ortodrómica, salvo que los puntos de origen y destino sean puntos antípodas, en cuyo caso habrá infinitos planos que los contengan.

La ruta Ortodrómica vuelve su convexidad hacia los polos.

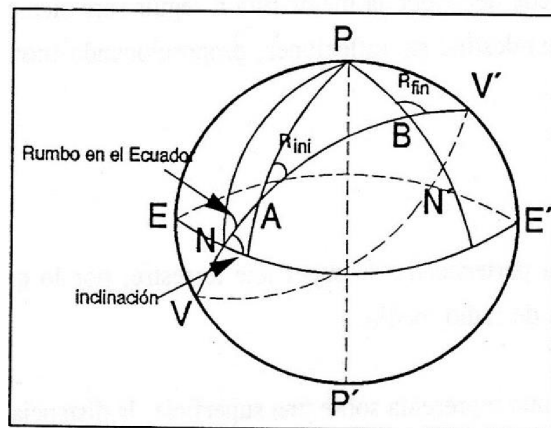
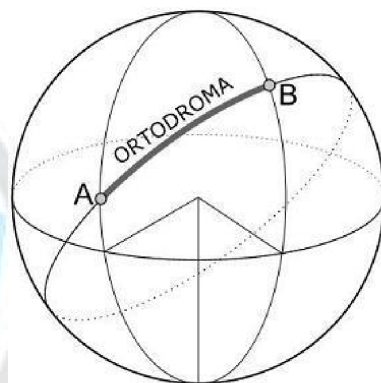
A: Punto inicial, quedara definido por su lat y su long.

B: Punto de destino, quedara definido por su lat y su long.

Sentido de la ruta: El que conduce desde el punto inicial al punto final.

N: Nudo: Resultante de la intersección de la ortodrómica, con el ecuador.

Habrán dos, uno ASCENDENTE, el que la ortodrómica, recorrida en el sentido de A a B, pasa de latitudes Sur a Norte. Y otro DESCENDENTE, en el que pasan de latitudes Norte a Sur. Los Nodos serán por tanto Puntos antípodas.



V: Vértices, son cada uno de los en que la ruta alcanza la mayor (Vértice Superior) o la menor latitud (Vértice inferior). Los vértices serán como en el caso anterior, puntos antípodas.

P: Polo, Aquellos puntos cuya diferencia angular con cualquiera que forme la ortodrómica es de 90 grados. En el caso del ecuador, los polos de la ortodrómica coincidirían con los polos geográficos.

i: Inclinación, Angulo agudo que en el nodo forman el plano que contiene a la ortodrómica, y el ecuador. El Angulo entre dos planos es siempre constante, por lo que $i = \text{Latitud del Vértice}$.

Re: Rumbo en el ecuador, Angulo formado entre el meridiano del nodo ascendente y la ruta, contado en sentido horario. De la imagen se deduce que i y R_e son complementarios. Igualmente cuanto menor sea el R_e , mayor será la latitud alcanzada por el vértice.

Ri: Rumbo inicial Ortodrómico, Angulo formado entre el meridiano del punto inicial y la ortodrómica.

Ramas: Cada semicírculo máximo en que queda dividida por los nodos. Habrá dos, una ascendente, y otra descendente.

La idea sería a partir de los datos iniciales conocidos, obtener la distancia total de la ruta ortodrómica, el rumbo inicial y el rumbo final.

Se trataría por tanto de resolver el triángulo PAB, del cual son conocidos:

Lado AP= Co-latitud de A

Lado BP= Co-latitud de B

Angulo P= Incremento de Longitud entre A y B.

Aplicando las formulas simples de la trigonometría esférica se obtendría:

Dos lados y Angulo comprendido... teorema del coseno:

$$\cos D = \cos (90 - \beta_A) \cos (90 - \beta_B) + \sin (90 - \beta_A) \sin (90 - \beta_B) \cos \Delta\mu$$

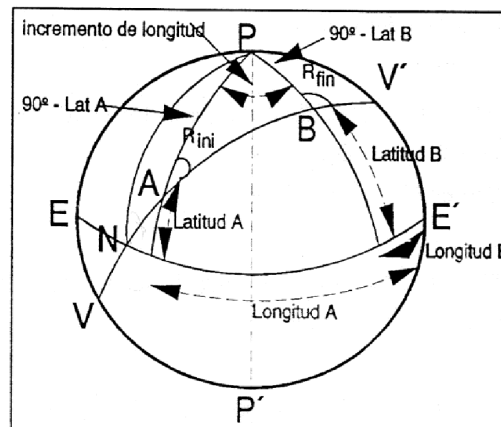
Sustituyendo los valores de las co-latitudes por las razones de sus complementarios:

$$\cos D = \sin \beta_A \sin \beta_B + \cos \beta_A \cos \beta_B \cos \Delta\mu$$

Aplicando ahora el teorema del seno:

$$\frac{\sin R_i}{\sin (90^\circ - \beta_B)} = \frac{\sin \Delta\mu}{\sin D}$$

$$\sin R_i = \frac{\sin \Delta\mu * \cos \beta_B}{\sin D}$$



$$\frac{\sin R_i}{\sin (90^\circ - \beta_B)} = \frac{\sin (180^\circ - R_f)}{\sin (90^\circ - \beta_A)}$$

$$\sin R_f = \frac{\sin R_i * \cos \beta_A}{\cos \beta_B}$$

β_A = latitud del punto inicial.

μ_A = longitud del punto inicial.

β_B = latitud del punto final.

μ_B = longitud del punto final.

i = inclinación de la ortodrómica.

$\Delta\mu$ = incremento de longitud = μ de B - μ de A.

R_i = rumbo inicial ortodrómico.

R_f = rumbo final ortodrómico.

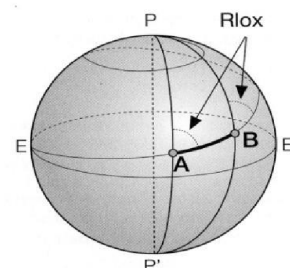
R_e = rumbo en el Ecuador.

RUTA LOXODROMICA

Se denomina ruta **LOXODROMICA** (RUMB LINE) a aquella que deberá seguirse desde un punto inicial fijo A, hasta uno final B, para desarrollar el vuelo con rumbo constante.

Esta ruta presentara la gran ventaja de no tener que variar el rumbo a lo largo de la misma. Presentando como inconveniente que ya no representara la mínima distancia entre A y B.

La forma de la Loxodrómica sobre la superficie terrestre será la de una espiral logarítmica que se cierra hacia el polo del hemisferio en que se trabaje. Así la ruta loxodrómica vuelve su convexidad hacia el ecuador, y la ortodrómica hacia el polo.



Rlox = siempre constante

Los parámetros necesarios quedaran ahora reducidos al rumbo y la distancia.

$$\operatorname{tg} R = \frac{\Delta \mu}{\Delta \beta} * \cos \beta_m$$

$\Delta \mu$ = incremento de longitud entre A y B

$\Delta \beta$ = incremento de latitud entre A y B

β_m = latitud media

$$D = \frac{\Delta \mu}{\operatorname{sen} R} * \cos \beta_m$$

R = rumbo loxodrómico

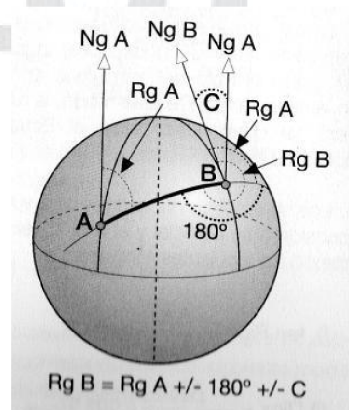
CONVERGENCIA DE MERIDIANOS

Hasta ahora, para obtener la ruta opuesta, se ha procedido a sumar o restar 180 grados al rumbo inicial: TCB A = TCA B + 180, sumando si el rumbo inicial era menor de 180, y restando en caso contrario.

Esta premisa parte de la base de que los nortes trazados en los puntos origen y destino son paralelos. No obstante, esto en realidad no ocurre así, los nortes geográficos en dos puntos de la superficie terrestre no son paralelos, si no que se cortaran o cruzaran en algún punto del espacio.

Se entiende por convergencia de dos meridianos (CONVERGENCY o angle of converge) al ángulo que forman las tangentes a los mismos, trazadas en dos puntos de los mismos que pertenezcan al mismo paralelo, ya que de no cumplirse esto, las tangentes no se cortarían sino que se cruzarían en el espacio. En la aplicación práctica para puntos que no sean del mismo paralelo, se obtendrá una formula aproximada con la latitud media de las latitudes. Se define la convergencia mediante la ec. exacta:

$$C = R_f \text{ orto} - R_i \text{ orto}$$



ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

De la siguiente demostración matemática se demuestra una nueva aproximación a la convergencia;

Sobre la figura de la derecha fijaremos la atención sobre dos arcos:

Uno trazado con centro en V, y radio h. ARCO AB.

Otro con centro en O' y radio Rp. Arco AB.

Obtenida la expresión de la derecha, necesitaremos una relación entre las dos incógnitas de la ecuación, para ello resolveremos el triángulo VAO.

$$-\text{Sen} (90 - \text{lat}) = h / VO$$

$$-\text{Cos} (90 - \text{lat}) = R / VO$$

- Despejando e igualando VO:

$$- h / \text{sen} (90 - \text{lat}) = R / \text{cos} (90 - \text{lat})$$

$$- h \text{ cos} (90 - \text{lat}) = R \text{ sen}(90 - \text{lat})$$

$$- \text{dado que } \text{cos}(90 - \text{lat}) = \text{sen lat}$$

$$- \text{sen}(90 - \text{lat}) \text{ o } \text{cos lat}$$

$$- h \text{ sen lat} = R \text{ cos lat}$$

$$- h = R \text{ cos lat} / \text{sen lat.}$$

$$C = R_f \text{ orto} - R_i \text{ orto}$$

$$C = \Delta \lambda \text{ sen } \phi \text{ media}$$

Sustituyendo en la expresión inicial. $C h = \Delta \lambda$ nos queda:

$$C = \Delta \lambda \text{ sen } \phi$$

Esta ecuación recibe el nombre de aproximada y para cualquier punto de la tierra quedara: (ϕ = latitud)

$$C = \Delta \lambda \text{ sen } \phi \text{ media}$$

CORRECCION DE GIVRY

Se denomina corrección de GIVRY (CONVERSION ANGLE) al ángulo formado en un punto cualquiera entre la Ruta Ortodrómica y la loxodrómica.

$$U = R_{\text{loxo}} - R_{\text{orto}}$$

Se puede expresar la corrección de givry en función de la convergencia de meridianos: Siendo dos puntos A y B elegidos como inicial y final;

$$U_A = R_{\text{loxo}} - R_{\text{ini orto}} \quad \text{y} \quad U_B = R_{\text{loxo}} - R_{\text{fin orto}}.$$

Estas dos correcciones serán ángulos, y siempre que la distancia no sea excesivamente grande, serán muy próximos y de signo contrario, por tanto:

ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

UA = - UB operando: $UA - UB = UA - (-UA) = 2 UA$

Además $UA - UB = R_{lox} - R_{in ort} - R_{lox} + R_{fin ort}$

$UA - UB = R_{fin ort} - R_{in ort}$ y C exacta = $R_{fin ort} - R_{in ort}$

Por tanto $2 UA = C \text{ exacta}$ $UA = C \text{ exacta} / 2$

$$U = R_{lox} - R_{orto}$$

$$U = C / 2$$

CONSIDERACIONES SOBRE LA CORRECCIÓN

Las cuatro expresiones a utilizar son por tanto:

Convergency:	$C = R_{fin ort} - R_{in ort}$	$C = \Delta\lambda \sin \varphi \text{ media}$
Conversion angle:	$U = R_{lox} - R_{orto}$	$UA = C \text{ exacta} / 2$

Atendiendo a todos los posibles casos de ruta que pueden darse:

- Si la ruta sigue un meridiano, rumbo 360 o 180:

$$\Delta\lambda=0 \text{ Rini} = R_{fin} ; U=0 \dots\dots\dots R_{lox} = R_{orto}$$

- Si la ruta sobrevuela el ecuador, $\rho \text{ media} = 0 \dots \sin \rho \text{ media} = 0 \dots C=0 \dots R_{ini} = R_{fin}$

$$U=0 \dots\dots\dots R_{lox} = R_{orto}$$

- Si la ruta pertenece al HN:

$$\text{Ruta de W a E: } \Delta\lambda > 0 \text{ y } \rho \text{ media} > 0 \rightarrow \sin \rho \text{ media} > 0 \rightarrow C > 0 \rightarrow R_{fin} > R_{ini} \quad U > 0 \rightarrow R_{lox} > R_{orto}$$

$$\text{Ruta de E a W: } \Delta\lambda < 0 \text{ y } \rho \text{ media} > 0 \rightarrow \sin \rho \text{ media} > 0 \rightarrow C < 0 \rightarrow R_{fin} < R_{ini} \quad U < 0 \rightarrow R_{lox} < R_{orto}$$

- Si la ruta pertenece al HS:

$$\text{Ruta de W a E: } \Delta\lambda > 0 \text{ y } \rho \text{ media} < 0 \rightarrow \sin \rho \text{ media} < 0 \rightarrow C < 0 \rightarrow R_{fin} < R_{ini} \quad U < 0 \rightarrow R_{lox} < R_{orto}$$

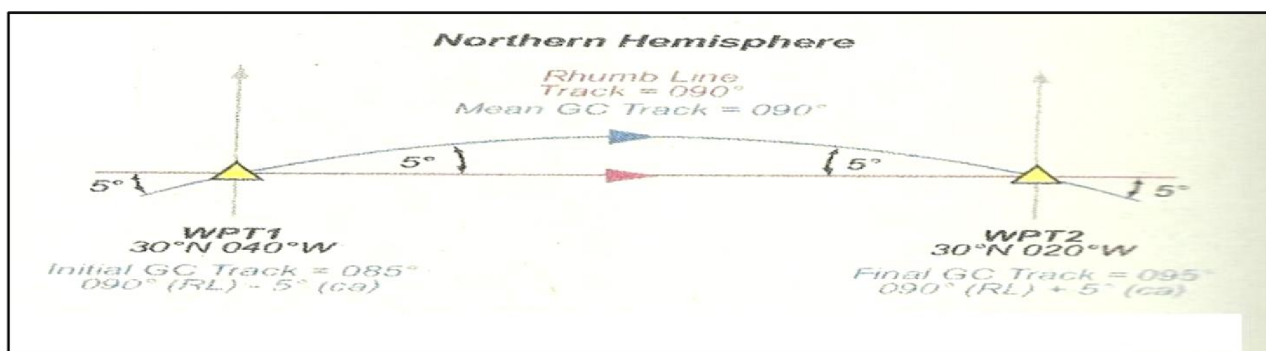
$$\text{Ruta de E a W: } \Delta\lambda < 0 \text{ y } \rho \text{ media} < 0 \rightarrow \sin \rho \text{ media} < 0 \rightarrow C > 0 \rightarrow R_{fin} > R_{ini} \quad U > 0 \rightarrow R_{lox} > R_{orto}$$

Veamos lo anteriormente expuesto con un ejemplo, y un gráfico:

Un avión vuela del punto 1 al punto dos, dado que la ruta ortodrómica o GCL vuelve su convexidad hacia el polo, esta en el HN, estará por encima de la ruta loxodrómica, que como ya se dijo es una curva logarítmica que vuelve su

ATPL (H)	NAVEGACIÓN GENERAL
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO
	01/01/2019

convexidad hacia el ecuador, y que para simplificar los problemas de navegación en un dibujo plano podrá dibujarse como una línea recta.



- Como puede verse:

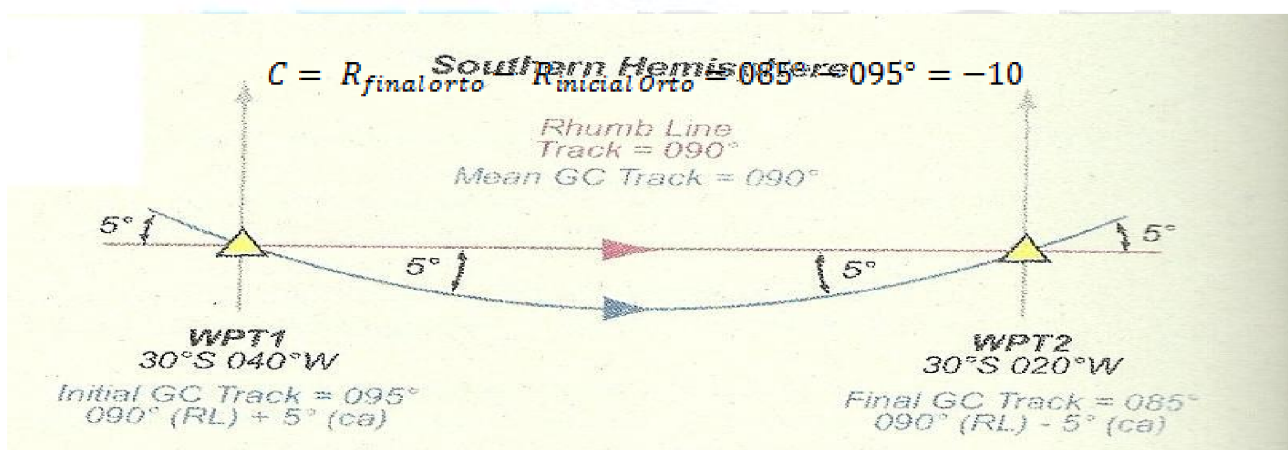
$$C = R_{\text{final orto}} - R_{\text{inicial orto}} = 095^\circ - 085^\circ = 10$$

- De esto se deduce que el valor es mayor que el Rumbo inicial ortodrómico, es decir la ruta final con respecto a la inicial CRECE.

El R final ortodrómico es 10 gra

- En rutas en el HN, con rumbos ESTE, la ruta final ortodrómica se INCREMENTA, un número de grados igual a la convergencia.

Supongamos ahora un caso semejante al anterior pero en el Hemisferio Sur HS;



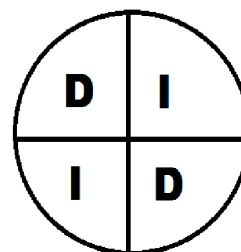
- En este caso la Ruta ortodrómica que vuelve su convexidad hacia el polo sur, esta por debajo de la ruta loxodrómica.

ATPL (H)		NAVEGACIÓN GENERAL	
TEMA 5	CONVERSIONES DE TIEMPO	01/01/2019	

- El rumbo final Ortodrómico DECRECE con respecto al inicial ortodrómico una cantidad igual a la conversión, en este caso 10 grados.
- En rutas en el HS, con rumbos ESTE, la ruta final ortodrómica DECRECE con respecto a la ruta inicial un numero de grados igual a la Convergencia.

Como regla Nemotécnica para los problemas en que nos pidan una comparación de la evolución de los rumbos inicial y final en una determinada ruta se aplicara la regla adjunta (ver problemas resueltos). De manera que:

- En el HN, en rutas hacia el OESTE, la ruta tendera a Decrecer. D
- En el HN, en rutas hacia el ESTE, la ruta tendera a Incrementar. I
- En el HS, en rutas hacia el OESTE, la ruta tendera a Incrementar. I.
- En el HS, en rutas hacia el ESTE, la ruta tendera a Decrecer. D



COMPARATIVA RUTA ORTODROMICA Y LOXODROMICA

Un paralelo, al volarlo con rumbo cte es siempre una ruta LOXODROMICA.

El ecuador, y los meridianos por ser un círculo máximo, y volarlo a rumbo cte es tanto una LOXODROMICA como una ORTODROMICA.

La LOXODROMICA, siempre que se pueda debe ser la ruta a seguir, dado que la diferencia de distancias es casi siempre muy pequeña, coincidiendo ambas siempre que:

- La ruta sigue la dirección de los meridianos.
- La ruta permanece muy próxima al ecuador.
- La ruta es corta (< 200 MN), cualquiera que sea su dirección.

Además se deduce:

- La longitud del punto inicial no incide en la diferencia de distancias.
- La latitud del punto inicial incide de forma directamente proporcional en la diferencia de distancias.
- El incremento de Longitud entre los puntos inicial y final incide de forma directamente proporcional en la diferencia de distancias.