



# **CARTOGRAFÍA Y ALTIMETRÍA**

## **/ ÍNDICE**

<b>/ 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GEODESIA .....</b>	<b>5</b>
<b>/ 1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>/ 1.2. FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA .....</b>	<b>5</b>
<b>/ 1.3. PUNTOS Y LÍNEAS DESTACADOS EN LA TIERRA .....</b>	<b>6</b>
<b>/ 1.4. MOVIMIENTOS DE LA TIERRA Y SUS EFECTOS.....</b>	<b>11</b>
/ 1.4.1. ROTACIÓN .....	12
/ 1.4.2. TRASLACIÓN .....	13
/ 1.4.3. Precesión .....	15
/ 1.4.4. NUTACIÓN .....	16
<b>/ 1.5. NOCIONES BÁSICAS DE NAVEGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
/ 1.5.1. MAGNETISMO TERRESTRE .....	17
/ 1.5.2. DECLINACIÓN MAGNÉTICA.....	18
/ 1.5.3. RUMBO .....	19
/ 1.5.4. RUTA .....	20
/ 1.5.5. DERIVA.....	22
/ 1.5.6. DERROTA.....	23
<b>/ 2. REPRESENTACIÓN DE LA SUPERFICIE.....</b>	<b>24</b>
<b>/ 2.1. LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS .....</b>	<b>24</b>
/ 2.1.1. LA CLASIFICACIÓN .....	25

/ 2.1.2. APLICACIÓN DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS EN LA AERONÁUTICA .....	29
<b>/ 2.2. REPRESENTACIONES TOPOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>
/ 2.2.1. EL SISTEMA DE CURVAS DE NIVEL .....	33
<b>/ 2.3. LA ESCALA .....</b>	<b>34</b>
/ 2.3.1 LA ESCALA NUMÉRICA.....	35
/ 2.3.2. LA ESCALA GRÁFICA.....	37
<b>/ 3. SISTEMAS DE REFERENCIA TERRESTRE .....</b>	<b>38</b>
<b>/ 3.1. Introducción .....</b>	<b>38</b>
<b>/ 3.2. SISTEMAS DE COORDENADAS .....</b>	<b>38</b>
/ 3.2.1. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS .....	39
/ 3.2.2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM.....	42
<b>/ 3.3. DATUM .....</b>	<b>44</b>
/ 3.3.1. DATUM WGS84 Y ETRS89 .....	45
<b>/ 4. SIMBOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
<b>/ 4.1. SIMBOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
<b>/ 5. ALTIMETRÍA.....</b>	<b>50</b>
<b>/ 5.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>/ 5.2. EL ALTÍMETRO .....</b>	<b>50</b>

<b>/ 5.3. CONCEPTOS PREVIOS AL REGLAJE DEL ALTÍMETRO .....</b>	<b>52</b>
<b>/ 5.4. REGLAJE DEL ALTÍMETRO .....</b>	<b>54</b>
<b>/ 6. CARTAS AERONÁUTICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>/ 6.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>/ 6.2. ANEXO 4 DE OACI “CARTAS AERONÁUTICAS” .....</b>	<b>57</b>
/ 6.2.1. GENERALIDADES .....	57
/ 6.2.2. CLASIFICACIÓN.....	58
/ 6.2.3. ASPECTOS RECOGIDOS EN EL ANEXO 4 .....	62
<b>/ 6.3. Carácter de las cartas aeronáuticas.....</b>	<b>63</b>
/ 6.3.1. CARTAS OBLIGATORIAS .....	63
/ 6.3.2. CARTAS OPCIONALES .....	63
/ 6.3.3. CARTAS CONDICIONALMENTE NECESARIAS .....	65
<b>/ ANEXO: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>66</b>

## / 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GEODESIA

### / 1.1. INTRODUCCIÓN

Hasta poder llegar a construir las cartas aeronáuticas, se requiere tener un conocimiento profundo de la superficie terrestre, este es el objetivo de la geodesia.

La geodesia es la ciencia matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones del globo terrestre o de gran parte de él, de su campo de gravedad, y de sus variaciones temporales, así como de construir los mapas correspondientes.

Los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para su obtención sitúan a la geodesia como una ciencia básica para otras disciplinas, como la topografía, fotogrametría, cartografía, ingeniería civil, navegación, sistemas de información geográfica, sin olvidar otros tipos de fines como los militares.

### / 1.2. FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA

La Tierra está ligeramente achatada en los polos y ensanchada por el Ecuador, como resultado de la combinación de las fuerzas centrífugas y gravitatorias que actúan sobre ella. A esta forma (que es la real) es lo que se llama geoide.

Ahora bien, como la definición matemática del geoide presenta gran complejidad, así como su definición, la superficie de la Tierra puede representarse con mucha aproximación mediante un elipsoide de revolución<sup>1</sup>.



---

<sup>1</sup> Un elipsoide de revolución es la superficie que se obtiene al girar una elipse alrededor de uno de sus ejes principales

Debido a estas dificultades se define la Tierra, para el estudio de puntos y líneas, como una esfera perfecta cuyo radio medio se mide desde el centro de la Tierra hasta la superficie del mar. A continuación, se detallan sus dimensiones:

<b>Diámetro</b>	12.742 km
<b>Radio</b>	6.371 km
<b>Perímetro</b>	40.076 km
<b>Volumen</b>	$1,083 \times 10^{12} \text{ km}^3$
<b>Superficie</b>	$510 \times 10^6 \text{ km}^2$

### / 1.3. PUNTOS Y LÍNEAS DESTACADOS EN LA TIERRA

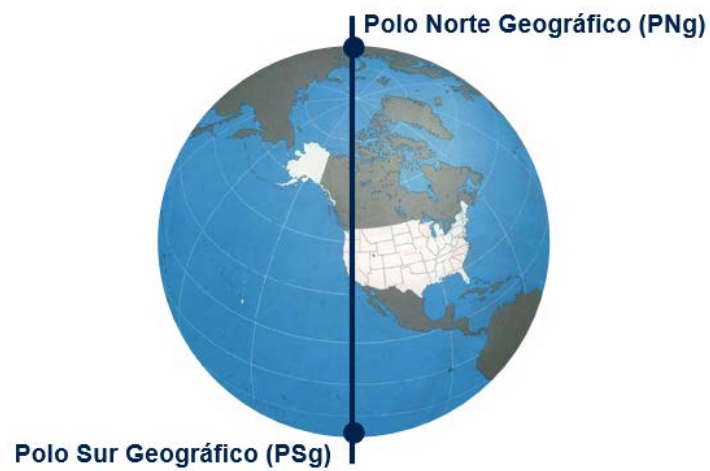
El conocimiento de los puntos y líneas más importantes de la Tierra permite crear sistemas de coordenadas que representan los puntos de su superficie en un mapa.

Se toma como referencia una forma esférica perfecta ya que facilita y simplifica el estudio de los puntos y líneas destacados en la Tierra:

- **Centro de la Tierra:** es el punto de simetría de la Tierra y tiene la propiedad de que “equidista” de todos los puntos de su superficie a una distancia de 6.371 Km.
- **Eje terrestre:** es una línea ideal que atraviesa la Tierra pasando por su centro. De los infinitos ejes que tiene la Tierra, el más importante es el de rotación, cuya prolongación pasa por un punto fijo del universo, llamado estrella polar.



- **Polos Geográficos:** se denominan así a los puntos en los que el eje de rotación de la Tierra corta a la superficie terrestre existiendo, de esta manera, dos polos geográficos:
  - Polo Norte Geográfico (PNg).
  - Polo Sur Geográfico (PSg).



- **Círculos máximos:** son unos círculos ideales definidos por planos que pasan por el centro de la Tierra. La circunferencia de cualquier círculo máximo mide 40.076 Km. Tienen la propiedad de dividir a la Tierra en dos partes iguales, llamadas hemisferios.



Representación de los círculos máximos

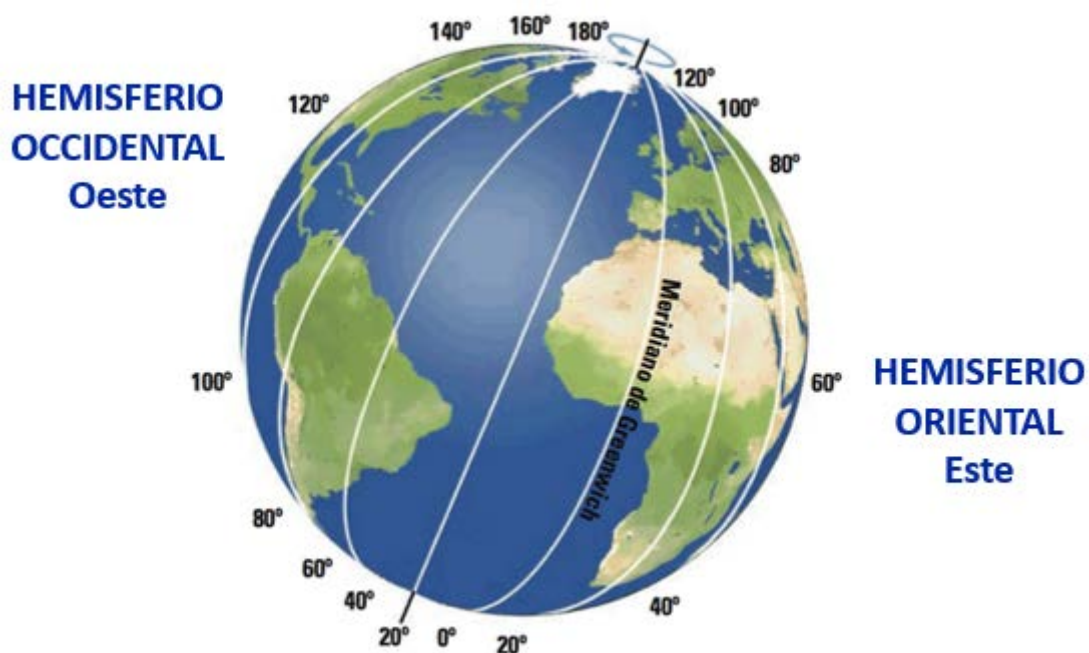
- **Meridianos:** son los infinitos semicírculos máximos que pasan por los polos de la Tierra.

Los meridianos se caracterizan porque cortan perpendicularmente al Ecuador y a todos los paralelos.

El más importante de todos los meridianos es el llamado meridiano de origen o de Greenwich, que pasa por el observatorio astronómico situado en ese distrito de la ciudad de Londres y que fue considerado como meridiano de referencia del sistema horario a partir de 1884.

Tomando como referencia dicho meridiano, se divide la Tierra en dos hemisferios:

- Hemisferio oriental: situado al ESTE del meridiano origen.
- Hemisferio occidental: situado al OESTE del meridiano origen.



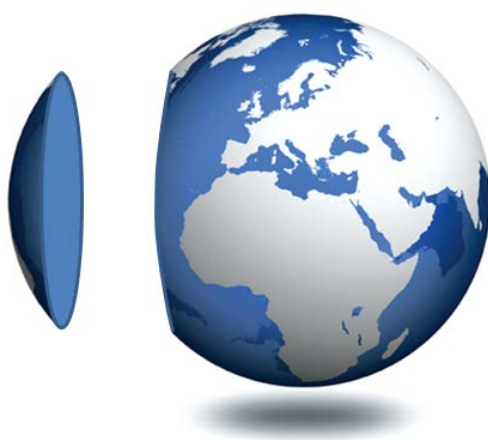


- **Ecuador terrestre:** es el círculo máximo cuyo plano es perpendicular al eje de la Tierra. El Ecuador divide a la esfera terrestre en dos hemisferios:
  - Hemisferio norte: contiene al Polo Norte.
  - Hemisferio sur: contiene al Polo Sur.



Representación del Ecuador, hemisferio norte y hemisferio sur

- **Círculos menores:** son unos círculos ideales, definidos por planos que no pasan por el centro de la Tierra. Tienen la propiedad de dividir a la Tierra en dos partes desiguales, llamadas casquetes esféricos.



Representación de los casquetes esféricos

- **Paralelos:** se denominan así a los círculos menores y paralelos al Ecuador. Son perpendiculares a los meridianos y tienen la propiedad de que por cualquier punto de la superficie terrestre pasa un paralelo.

Los paralelos más importantes son el Círculo Polar Ártico, Círculo Polar Antártico, Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio.<sup>2</sup>



Representación de los paralelos

---

<sup>2</sup> Su importancia se verá en el movimiento de traslación del siguiente punto

## / 1.4. MOVIMIENTOS DE LA TIERRA Y SUS EFECTOS

La importancia del estudio de los movimientos de la Tierra se debe a la influencia que ejercen en las desviaciones del Norte magnético, las cuales afectan a los cálculos de rutas, a los ajustes electrónicos en los aparatos de medición, etc.

De los más de 16 movimientos descritos en la actualidad, se abordarán los cuatro movimientos de la Tierra que tienen más importancia:

1. Rotación.
2. Traslación
3. Precesión.
4. Nutación.

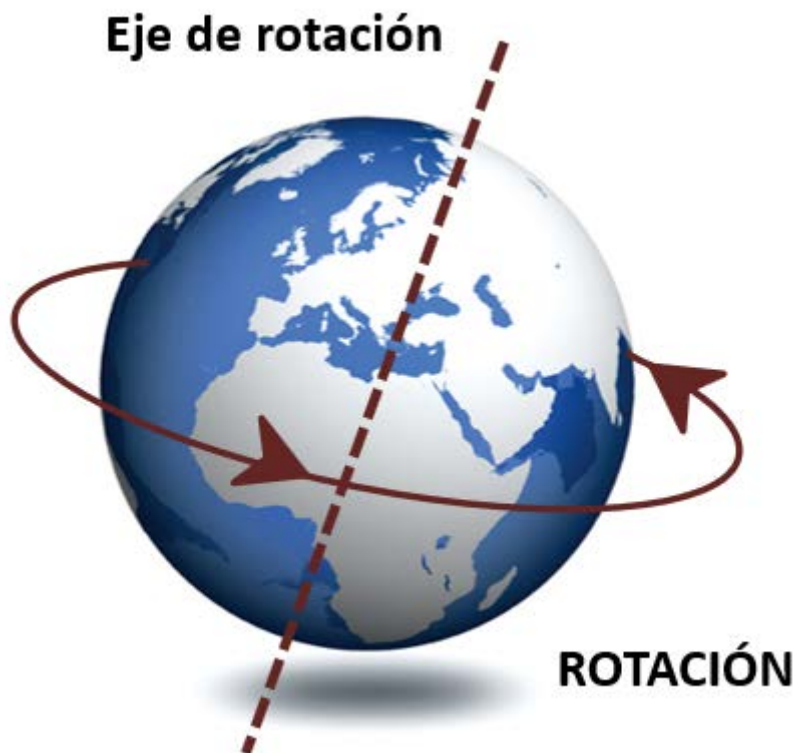
Aunque los cuatro movimientos se expliquen por separado, el movimiento de la Tierra debe entenderse como un solo movimiento compuesto por estos cuatro movimientos.



### / 1.4.1. ROTACIÓN

El movimiento de rotación de la Tierra es el que ésta realiza sobre sí misma alrededor del eje de rotación que pasa por los Polos.

- a) La distancia angular corresponde a los  $360^\circ$  que abarca una circunferencia, y el tiempo que tarda la Tierra en girar sobre sí misma es de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos.
- b) La dirección de este movimiento es de oeste a este y la velocidad de rotación es variable debido principalmente a las fuerzas gravitatorias de su satélite, la Luna.
- c) El principal efecto del movimiento de rotación de la Tierra es el día y la noche. Otra consecuencia de la rotación es la forma achatada del planeta debida, principalmente, a las fuerzas centrífugas generadas por este movimiento.

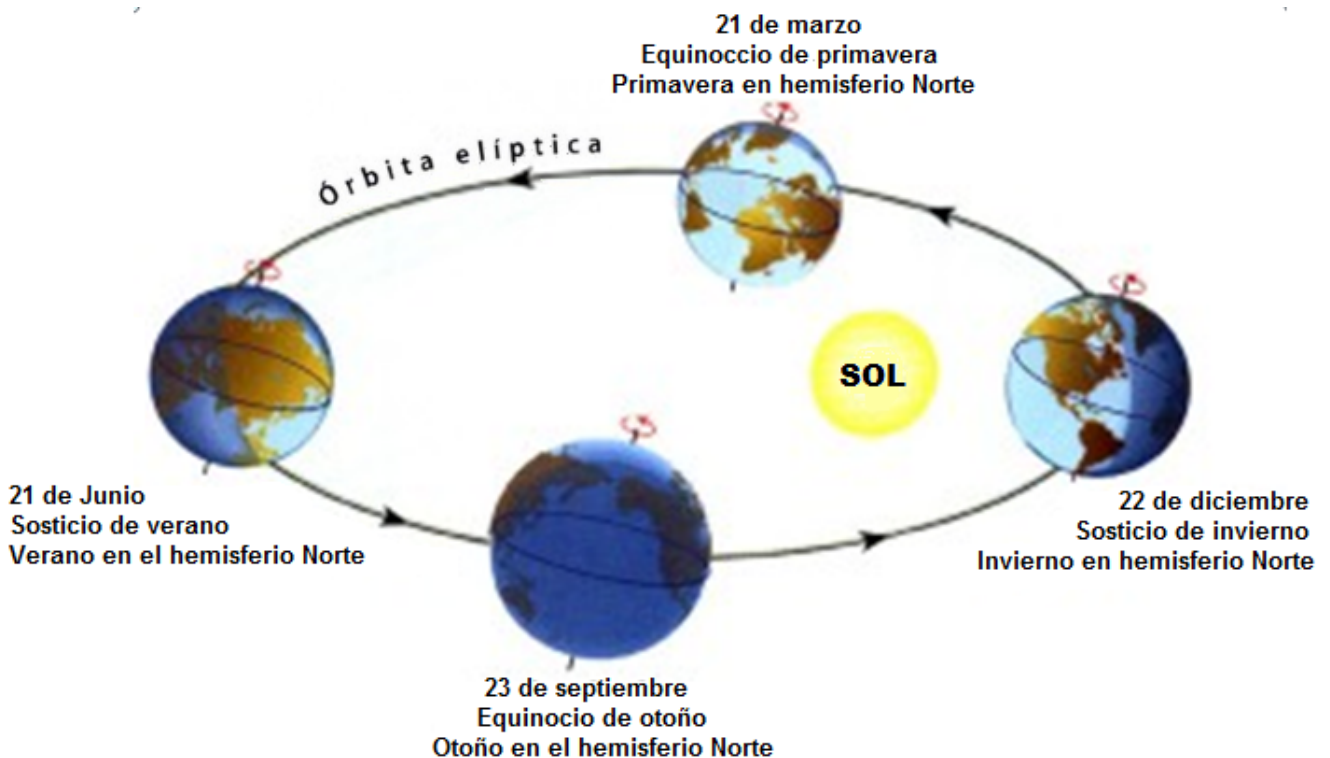


Representación del movimiento de rotación de la Tierra

## / 1.4.2. TRASLACIÓN

Es el movimiento que efectúa la Tierra alrededor del Sol.

- a) El tiempo que tarda es de 365 días. La trayectoria u órbita recorrida se llama elíptica y es una elipse, en uno de cuyos “focos” se encuentra situado el Sol.
- b) Debido a que la Tierra describe una órbita elíptica, la distancia entre el Sol y la Tierra no es constante, siendo el punto más alejado el afelio (en torno al 4 de julio) y el punto más cercano el perihelio (4 de enero).
- c) Los efectos causados por este movimiento son las variaciones estacionales (primavera, verano, otoño e invierno), también debidas a la inclinación del eje de rotación terrestre.



Representación del movimiento de traslación

d) Esta inclinación produce los siguientes efectos sobre los distintos puntos terrestres:

- **Trópico de Cáncer:** paralelo situado a una distancia angular de  $23^{\circ}27'$  al norte del Ecuador. Sobre él los rayos solares inciden perpendicularmente una vez al año, en el **Solsticio de Verano**, éste será el día del año con más horas de luz solar en el hemisferio norte y, por tanto, el día más corto del año en el hemisferio sur.
- **Trópico de Capricornio:** paralelo situado a una distancia angular de  $23^{\circ}27'$  al sur del Ecuador. Sobre él los rayos solares inciden perpendicularmente una vez al año, en el **Solsticio de Invierno**, éste será el día del año con menos horas de luz solar en el hemisferio norte y, por lo tanto, será el día más largo del año en el hemisferio sur.
- Los momentos en los que los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el Ecuador son denominados **Equinoccios**, y se caracterizan por la equivalencia en el número de horas nocturnas y diurnas.

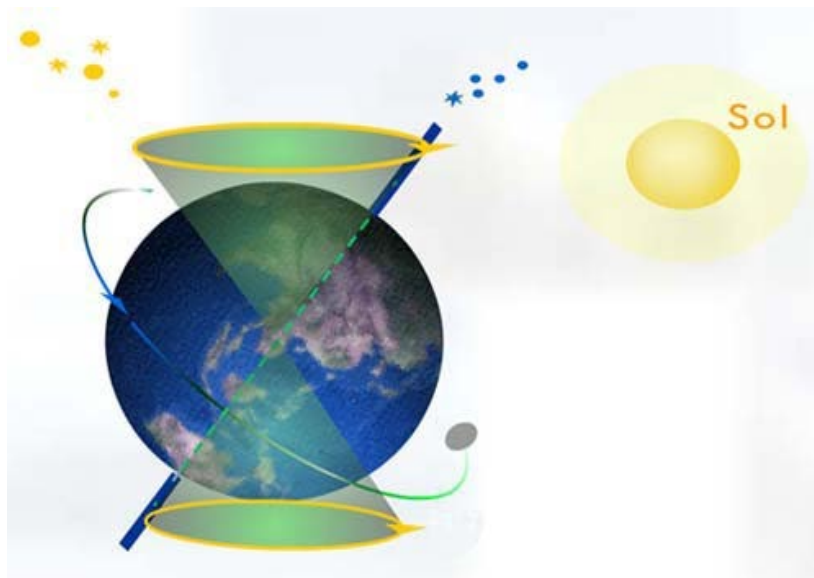
La combinación del movimiento de traslación y de rotación, unido a la inclinación del eje de rotación, causan los ciclos climáticos, las estaciones y atmosféricos del planeta, la duración del día, la dirección de los vientos predominantes, la cantidad de radiación solar y el movimiento aparente de los astros.

**Dichas consecuencias tienen gran importancia en la navegación aérea a la hora de realizar el cálculo de rutas, corrección de errores, previsiones meteorológicas, estimación de tiempos de vuelo, etc.**

### / 1.4.3. Precesión

Consiste en el desplazamiento del eje de rotación en el espacio. La trayectoria descrita por el eje es un cono cuyo ciclo es tan extraordinariamente lento que tarda alrededor de 25.700 años en recorrerlo.

- a) Este movimiento es el causante de que las estrellas cambien de posición respecto a la Tierra, de hecho, la Estrella Polar, que ha sido referente para la navegación durante muchos siglos por señalar la posición del norte geográfico, ha variado su posición aproximadamente 1° respecto al norte geográfico.
- b) El sentido del movimiento del eje es contrario al de rotación de la Tierra y la velocidad de su desplazamiento es cercano a los 50 minutos anuales.
- c) La precesión es causada por fuerzas gravitatorias, principalmente por las ejercidas por el Sol y la Luna hacia la Tierra. Al no ser esférica sino ensanchada en el Ecuador, provoca la aparición de pares de fuerzas que alteran la posición de equilibrio del eje de rotación.

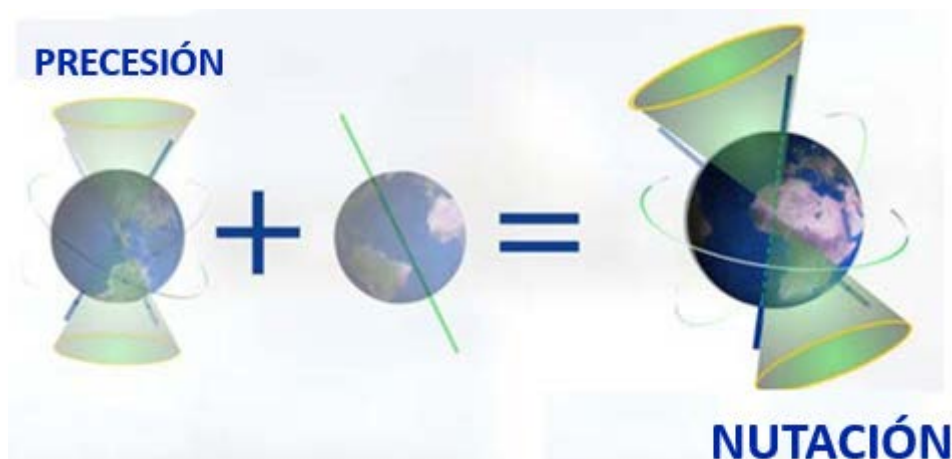


Representación del movimiento de precesión

#### / 1.4.4. NUTACIÓN

Este movimiento consiste en una ligera oscilación del eje terrestre producida sobre la trayectoria del movimiento de precesión. Cada ciclo de nutación dura algo más de dieciocho años, durante los cuales el eje oscila aproximadamente 9 minutos alrededor de su posición media.

- a) Está provocado sobre el eje de rotación y es superpuesto al de precesión. Los mismos factores que causan la precesión de la Tierra son los que originan su nutación.
- b) El principal efecto, que surge de la combinación del movimiento de precesión y nutación, es la variación de la posición del norte magnético respecto del norte geográfico.



Representación del movimiento de nutación



## / 1.5. NOCIONES BÁSICAS DE NAVEGACIÓN

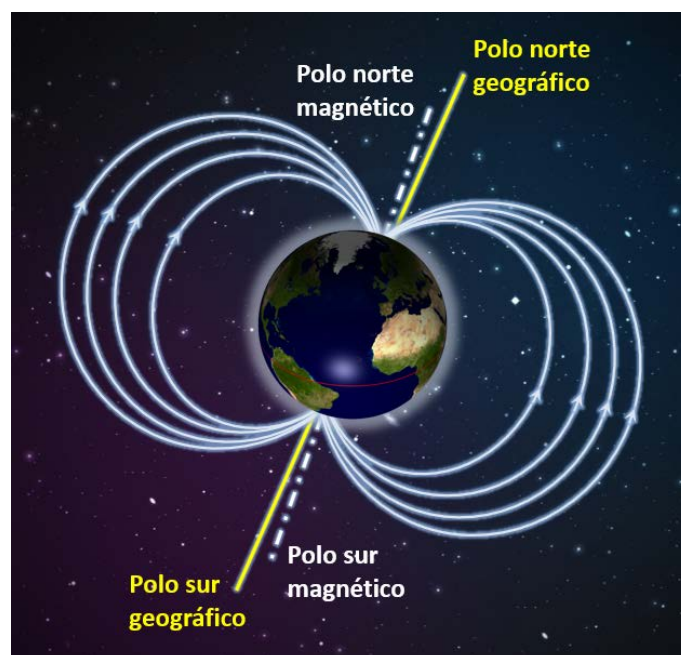
Además de los movimientos de la Tierra hay otros conceptos relevantes en el estudio de la navegación y la cartografía.

A continuación, se explican conceptos básicos de navegación y sus aplicaciones a la cartografía, necesarios para poder interpretar correctamente los mapas cartográficos específicos.

### / 1.5.1. MAGNETISMO TERRESTRE

La tierra funciona como un enorme imán, creando su propio campo magnético y teniendo dos polos (un polo Norte y uno Sur), aunque estos polos magnéticos no están alineados con los polos geográficos:

- Polo Norte Magnético: Es aquel por donde entran las líneas de fuerza de Campo Magnético Terrestre.
- Polo Sur Magnético: Es aquel por donde salen las líneas de fuerza del Campo Magnético Terrestre.



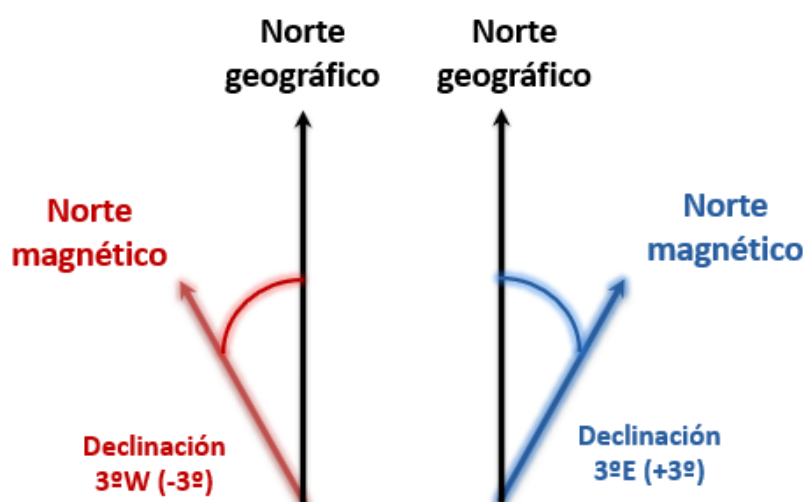
Campo magnético de la tierra

## / 1.5.2. DECLINACIÓN MAGNÉTICA

Como los polos magnéticos y que las líneas de fuerza magnética apuntan siempre al norte magnético, podremos decir que la declinación magnética en un punto de la Tierra es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el geográfico.

La declinación puede ser:

- Este (E) o positiva, cuando un observador situado en el lugar mirando al norte geográfico viera el norte magnético a su derecha.
- Oeste (W) o negativa, cuando un observador situado en el lugar mirando al norte geográfico viera el norte magnético a su izquierda.

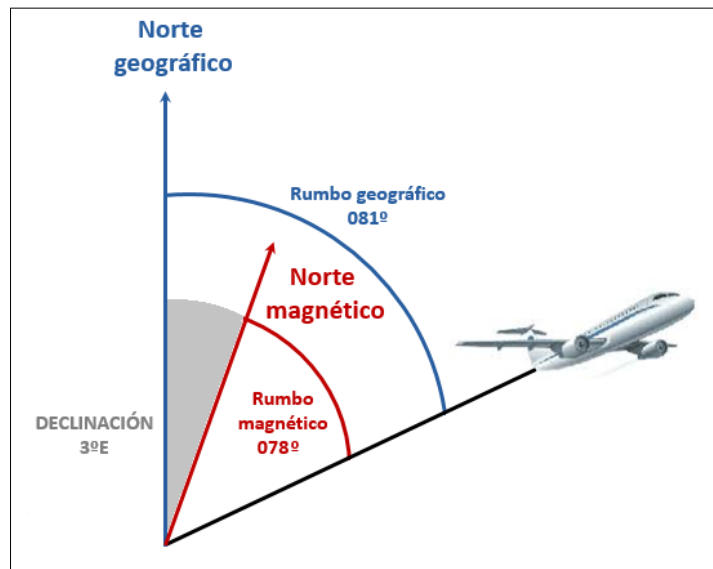


Declinación magnética

### / 1.5.3. RUMBO

Se define rumbo como la distancia angular entre el norte de referencia y el eje longitudinal de la aeronave.

- a) Cuando el norte de referencia sea el magnético se habla de rumbo magnético, cuando sea el geográfico se habla de rumbo geográfico.
- b) Los rumbos se denominan por medio de tres cifras que representan el ángulo respecto al origen, que es el Norte geográfico o magnético, según sea, y medido en sentido de giro de las agujas del reloj.



Rumbo geográfico y magnético

- c) El cálculo de los rumbos se basará en la siguiente fórmula:

$$\text{Rumbo magnético} = \text{Rumbo geográfico} - \text{declinación}$$

La declinación será negativa para W y positiva para E.

¿Cuál será el rumbo magnético para un geográfico de  $081^\circ$  y una declinación de  $3^\circ\text{E}$ ?

$$R_m = 081^\circ - (+3^\circ) = 078^\circ$$

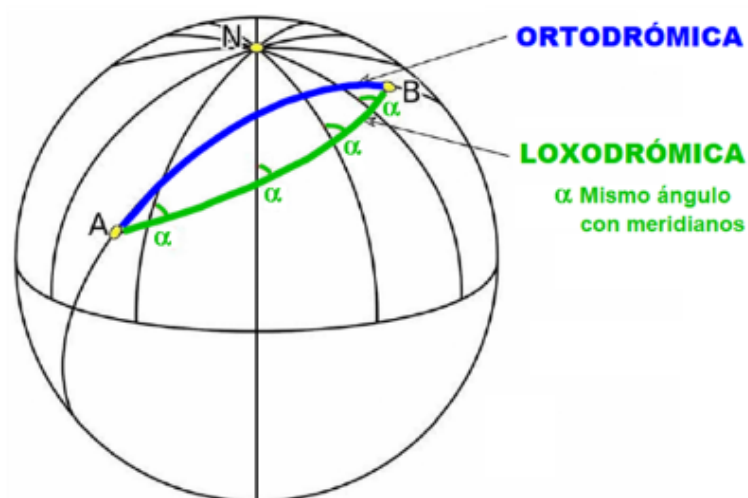
¿Cuál será el rumbo magnético para un geográfico de  $122^\circ$  y una declinación de  $5^\circ\text{W}$ ?

$$R_m = 122^\circ - (-3^\circ) = 122^\circ + 3^\circ = 125^\circ$$

#### / 1.5.4. RUTA

Se define como la proyección del movimiento de una aeronave sobre la superficie terrestre.

- a) La ruta trazada sobre una carta de navegación hace referencia a la trayectoria que une el punto de salida con el punto de destino.
- b) Podrá ser magnética o geográfica según se tome como referencia el Norte Magnético o el Geográfico.
- c) Siempre que la navegación se lleve a cabo en ausencia de viento, el rumbo de la aeronave coincidirá con el de la ruta que sobrevuela. Sin embargo, el viento en ocasiones provoca que el rumbo de la aeronave no coincida con el de la ruta sobrevolada, en estos casos, la aeronave puede desplazarse a través de un rumbo que no es el propio.



Representación de la ruta

Los dos tipos de rutas más importantes son: la Ruta Ortodrómica y la Ruta Loxodrómica.

## RUTA ORTODRÓMICA

Es arco de círculo máximo que une dos puntos sobre la superficie terrestre.

**RUTA:** la más corta entre dos puntos

**DISTANCIAS:** Para grandes distancias, la diferencia es importante y se preferirá seguir la ortodrómica al ser más corta.

**ÁNGULOS:** Forma ángulos distintos con cada meridiano excepto cuando dicha ruta coincide con un meridiano o con el Ecuador.

**SEGUIMIENTO:** Es difícil de seguir

**ÁMBITO AERONÁUTICO:** la ortodrómica sigue siendo fundamental, especialmente, para navegación a largas distancias, ya que el consumo, o mejor dicho, el ahorro de combustible es uno de los objetivos principales del transporte aéreo

## RUTA LOXODRÓMICA

Es aquella que describimos sobre la superficie terrestre cuando nos desplazamos de un punto a otro manteniendo un rumbo constante

**RUTA:** es más larga que la ortodrómica.

**DISTANCIAS:** para pequeñas distancias (rutas inferiores a 1.000 Km) la diferencia es pequeña y se suele seguir la loxodrómica, ya que permite mantener un rumbo constante sin que por ello se recorra una distancia mucho mayor.

**ÁNGULOS:** Forma el mismo ángulo con todos los meridianos

**SEGUIMIENTO:** Es fácil de seguir

**ÁMBITO AERONÁUTICO:** la navegación loxodrómica cae en desuso. Su cualidad de simplicidad en la navegación ha sido superada por la precisión de los sistemas modernos de navegación.

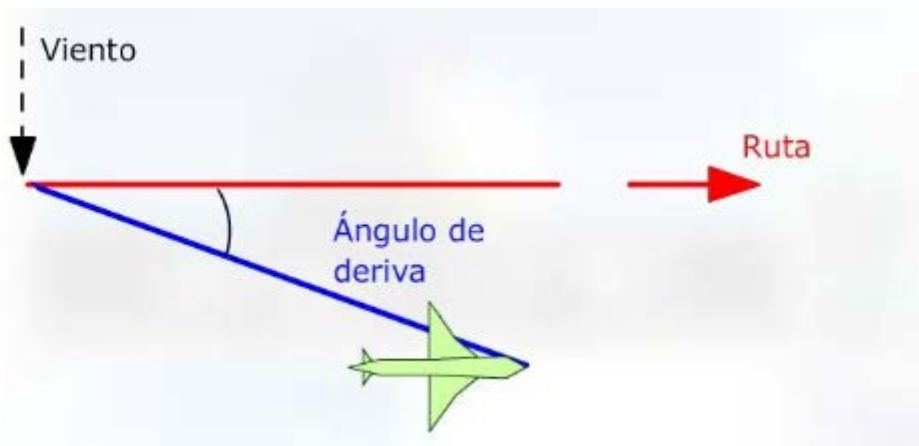
A partir de estos arcos de círculo máximo u ortodrómico, se define una de las unidades de medida de longitud más utilizadas en navegación: la milla náutica (NM), definida como la longitud recorrida en un minuto sobre un arco de círculo máximo **1 NM = 1 852 m**.

### / 1.5.5. DERIVA

Un avión se desplaza en el interior de una masa de aire, luego el movimiento de esta masa de aire afectará al desplazamiento del avión con respecto a la ruta que desea llevar.

Se denomina deriva al ángulo existente entre la ruta deseada de una aeronave y la dirección del movimiento de esta. Es un factor importante a tener en cuenta para que el viento no altere la ruta de la misma.

La máxima deriva se produce cuando la dirección del viento es perpendicular al rumbo de la aeronave y es mínima o nula cuando la dirección del viento coincide con la de la aeronave.



Representación de la deriva

### / 1.5.6. DERROTA

Se define la derrota como la proyección sobre el suelo de la trayectoria que ha seguido la aeronave al intentar sobrevolar una determinada ruta. Es decir, es el camino real que seguimos al volar (en línea en rojo en el gráfico), respecto a lo que deseamos hacer (línea azul en el gráfico).

La derrota se debe principalmente a los vientos, ya que no siempre es sencillo sobrevolar una ruta determinada y, generalmente, a lo largo de un vuelo se han de hacer sucesivas correcciones de rumbo para evitar abandonar la ruta.



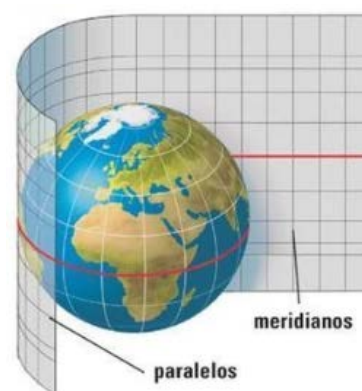
Representación de la derrota

## / 2. REPRESENTACIÓN DE LA SUPERFICIE

### / 2.1. LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Se entiende por sistema de representación o proyección cartográfica a las transformaciones matemáticas que permiten representar o proyectar la Tierra en un plano.

Dado que no existe la posibilidad geométrica y/o analítica de transformar un área esférica en una plana sin deformarla, cualquier mapa generado a partir de una proyección cartográfica, llevará implícitas una serie de distorsiones respecto a la superficie real que representa, que tienen que ver con las distancias entre puntos, los ángulos entre líneas o curvas y la equivalencia entre áreas.



Por este motivo, **las proyecciones cartográficas** no sólo estudian la forma de reproducir la superficie terrestre, sino que **también intentan minimizar, en la medida de lo posible, las alteraciones** causadas en el proceso.

La elección del tipo de proyección a utilizar, en un caso determinado, dependerá principalmente de dos factores:

1. La zona de la superficie terrestre que se quiera representar.
2. La finalidad para la que se construye. Éste es un factor clave, ya que el uso de una proyección concreta puede evitar determinadas distorsiones geométricas que dificulten la utilización práctica del mapa. Para la navegación aérea, por ejemplo, es interesante el uso de cartas que no deformen los ángulos entre rumbos o la distancia entre dos puntos.



## / 2.1.1. LA CLASIFICACIÓN

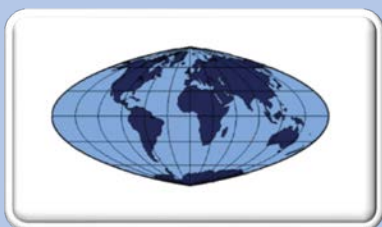
Las proyecciones cartográficas se pueden clasificar de diferentes maneras:

Atendiendo al tipo de magnitud geométrica que el mapa sea capaz de conservar respecto al real	P. Conforme
	P. Equivalente
	P. Equidistante
	P. Afiláctica

Atendiendo a la forma de la proyección	Puras	P. planas o perspectivas	Según el dónde se sitúe el centro de proyección	Ortográficas
				Escenográficas
				Estereográficas
				Gnomónicas
		En función de la posición del plano de proyección	Polares	
			Ecuatoriales	
	Horizontales			
	P. por desarrollo	Cónicas		
Cilíndricas				
	Modificadas			

A continuación, se explica cada una de ellas.

## ATENDIENDO AL TIPO DE MAGNITUD GEOMÉTRICA QUE EL MAPA SEA CAPAZ DE CONSERVAR RESPECTO A LA REAL.



### **PROYECCIONES CONFORMES**

- Conserva el ángulo entre dos puntos medidos en la superficie de referencia y el mapa.



### **PROYECCIONES EQUIVALENTES**

- Conserva la proporcionalidad entre las áreas.
- A este respecto, es necesario aclarar que la equivalencia no es posible sin deformar considerablemente los ángulos originales. Por lo tanto, ninguna proyección puede ser equivalente y conforme a la vez.



### **PROYECCIONES EQUIDISTANTES**

- Guardan la proporcionalidad entre las distancias. En la práctica, no existe ninguna proyección capaz de conservar esta propiedad a lo largo de todo el mapa. Sin embargo, puede conservarse a lo largo de determinadas líneas que se denominan automecoicas.



### **PROYECCIONES AFILÁCTICAS**

- No poseen ninguna de las tres propiedades señaladas.

Está matemáticamente demostrado que no existe ningún sistema de proyección en el que se mantengan las tres dimensiones, sino solamente una de ellas.




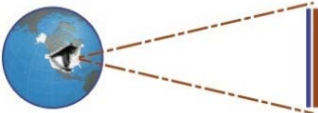
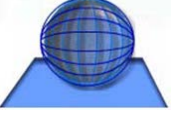
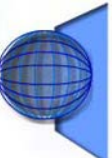
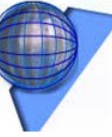
## ATENDIENDO A LA FORMA DE PROYECCIÓN


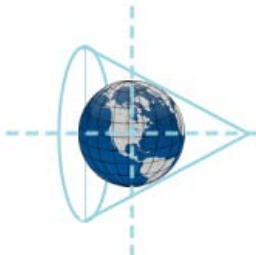



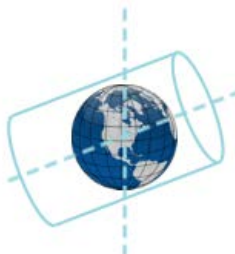
Se dividirán en:

### 1. Proyecciones puras

Resultan de la verdadera proyección geométrica de la superficie terrestre, o parte de ella, sobre un plano o una superficie desarrollable.

Se dividen en proyecciones planas y proyecciones de desarrollo.

<b>PROYECCIONES PLANAS O PERSPECTIVAS</b> Resultan de la proyección geométrica de los puntos de la superficie terrestre sobre un plano.		
<b>Según el lugar donde se sitúe el centro de proyección</b>	<b><u>Ortográficas:</u></b> el foco de proyección se encuentra fuera de la superficie terrestre y a una distancia infinita de la misma.	
	<b><u>Escenográficas:</u></b> el foco de proyección se encuentra fuera de la superficie terrestre, a una distancia finita.	
	<b><u>Estereográficas:</u></b> cuando el foco de proyección se encuentra sobre la superficie terrestre.	
	<b><u>Gnomónicas:</u></b> el foco de proyección se encuentra en el centro de la superficie terrestre.	
<b>En función de la posición del plano de proyección</b>	<b><u>Polares:</u></b> el plano es tangente a la superficie terrestre en uno de sus Polos.	
	<b><u>Ecuatoriales:</u></b> el plano de proyección es tangente en algún punto del Ecuador.	
	<b><u>Horizontales:</u></b> el plano de proyección es tangente a algún punto no significativo de la superficie terrestre.	

<b>PROYECCIONES POR DESARROLLO</b> Resultan de la proyección geométrica de los puntos de la Tierra sobre una superficie desarrollable.			
TIPOS	Dependiendo de la posición relativa de la superficie de proyección		
	Directa el eje de la superficie de proyección es paralelo al eje de rotación terrestre	Transversal el eje de la superficie de proyección es perpendicular al eje de rotación terrestre.	Oblicua el eje de la superficie de proyección forma un ángulo comprendido entre 0° y 90° con el eje de rotación terrestre.
Cónicas: aquéllas en las que la superficie de proyección es un cono tangente o secante a la superficie terrestre de referencia.			
Cilíndricas: aquéllas en las que la superficie de proyección es un cilindro tangente o secante a la esfera.			

## 2. Proyecciones modificadas

La finalidad de esta proyección es conseguir que una determinada proyección pura adquiriera una propiedad que no posea originariamente, con el fin de disminuir las distorsiones geométricas en determinadas áreas que resulten de interés para el uso de la carta.

En la actualidad, la mayoría de los mapas se hacen a base de proyecciones modificadas. Entre las más populares se encuentran las proyecciones de Bonne, Lambert, Mercator, Mollweide, Goode o Boggs.



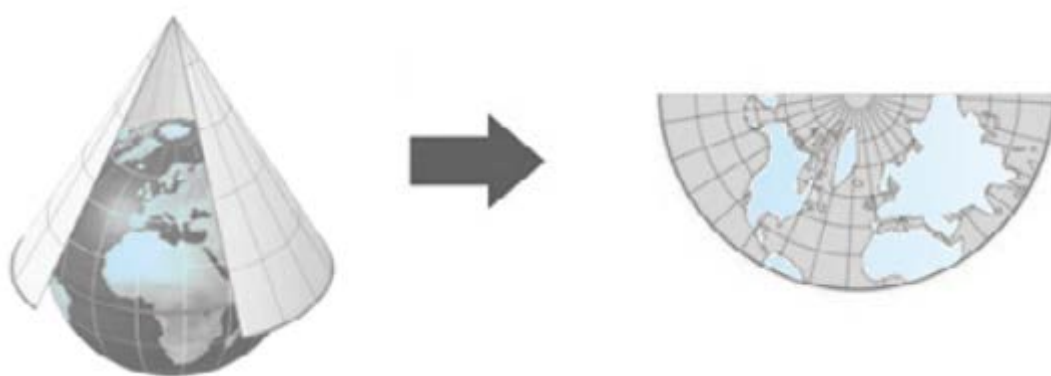
## / 2.1.2. APLICACIÓN DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS EN LA AERONÁUTICA

Las proyecciones cónicas tienen un uso muy extendido en la cartografía aeronáutica, especialmente en lo referido a la navegación en ruta, debido a la facilidad y exactitud con la que se pueden representar las trayectorias.

Las cónicas más utilizadas son las **gnomónicas-directas**, en las que el plano cónico es tangente a la superficie terrestre a lo largo de un paralelo que se denomina **estándar**.

Este tipo de proyección tiene varias características importantes:

1. Los meridianos se transforman en rectas concurrentes en el Polo y los paralelos en arcos de circunferencias concéntricas en el punto de concurrencia de los meridianos. Ambos tipos de línea mantienen un ángulo constante de 90°.
2. La proyección es conforme, por su propia construcción, a lo largo de toda la representación. Las distorsiones lineales y superficiales son mínimas en las inmediaciones del paralelo estándar (único automecoico, es decir, sin deformación lineal) y aumentan según se aleja de esta línea.



Proyección cónica

## LA PROYECCIÓN CÓNICA CONFORME DE LAMBERT

La cónica conforme de Lambert es una proyección modificada que se basa en la directa-gnomónica, pero sustituye el cono tangente por uno secante.

Lambert calculó matemáticamente la posición de los paralelos de corte del cono de proyección con la superficie terrestre:

- a) Consiguiéndose dos paralelos estándares automecóicos.
- b) Logrando que las deformaciones lineales queden reducidas a la mitad del valor absoluto de las que se producirían en el caso de usar un cono tangente.

De este modo, no sólo se mantiene una constancia en la escala bastante extendida en la carta, sino que, además, por ser ésta conforme, la distorsión de las áreas es mínima.



Proyección cónica conforme de Lambert

La proyección cónica conforme de Lambert resulta de enorme utilidad para la navegación aérea por diversos motivos:

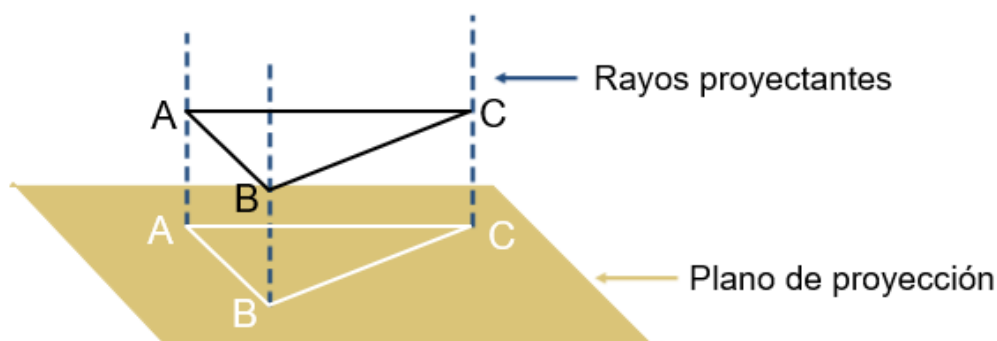
- Al tratarse de una carta conforme y prácticamente equidistante, se pueden medir los rumbos y las distancias directamente sobre ella con bastante precisión.
- La ortodrómica se representa -con gran aproximación- por una recta, por lo que el trazado de una ruta de estas características puede realizarse uniando directamente los puntos sobre la carta.
- La loxodrómica está representada por una curva con la concavidad orientada hacia el vértice de la proyección.

## **/ 2.2. REPRESENTACIONES TOPOGRÁFICAS**

La topografía es la ciencia que se ocupa de la representación de pequeñas extensiones de la superficie terrestre. En esta labor, la principal dificultad reside en el alto grado de irregularidad que presentan normalmente los terrenos naturales.

A efectos prácticos, cuando la superficie terrestre a representar no abarca grandes dimensiones, se puede obviar su esfericidad y aproximarse a un plano, sin cometer grandes errores de precisión. En estos casos, el procedimiento más utilizado para el trazado del relieve se basa en la comparación de las altitudes de sus puntos respecto al plano correspondiente al nivel medio del mar.

Por esta razón, se suele emplear el **sistema de planos acotados**, un método de representación que emplea un único plano de proyección -denominado plano de referencia o del cuadro sobre el que se trazan los objetos mediante una proyección cilíndrica y ortogonal<sup>3</sup>.



Sistema de planos acotados

En este sistema, un punto quedará definido por sus coordenadas planas en el cuadro y la distancia vertical al mismo (*cota*), afectada del signo + o - según esté situado por encima o por debajo.

No obstante, si sólo se realizara una representación puntual del terreno, se correría el riesgo de perder precisión en el plano (en el caso de escoger un escaso número de puntos) o de hacerlo ininteligible (en caso de representar demasiados). Por este motivo, se usa el sistema de curvas de nivel que se expone a continuación.

---

<sup>3</sup> En una proyección cilíndrica ortogonal, el origen de los rayos proyectantes se sitúa en el infinito, siendo todos ellos paralelos entre sí y perpendiculares al plano de proyección.



### / 2.2.1. EL SISTEMA DE CURVAS DE NIVEL

El sistema de curvas de nivel es un procedimiento de representación del relieve basado en el sistema de planos acotados, que consiste en “cortar” el terreno por planos paralelos que contienen puntos que están a la misma altitud sobre el nivel del mar o sobre cualquier otro nivel de referencia.

Dichos planos se encuentran separados por una misma distancia vertical denominada **equidistancia**.

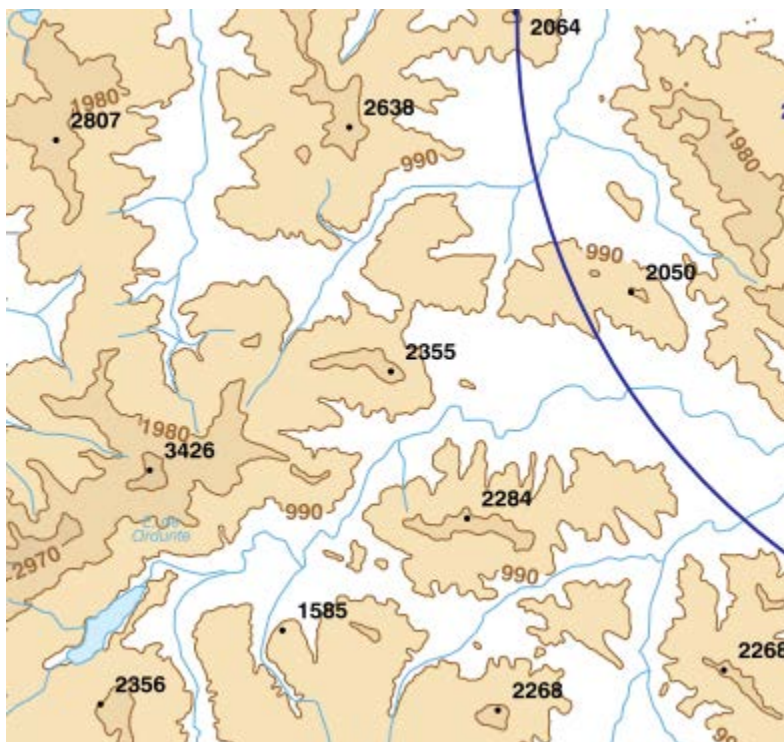
Cada sección produce un perímetro orográfico de igual cota que se proyecta en el plano del cuadro formando las denominadas **curvas de nivel o isohipsas**.



Sistema de curvas de nivel

Permite realizar cálculos sencillos de forma precisa y simple y las deformaciones son prácticamente nulas.

La topografía basada en curvas de nivel es muy común en determinadas cartas aeronáuticas que sirven de información para la navegación, pudiendo percibir el ascenso del terreno. Por ejemplo, la separación de las curvas de nivel en las cartas de aproximación instrumental de España es de 990 ft de una a otra. Si vemos la imagen, observamos las zonas de montaña ascendiendo las curvas de nivel de 990, 1980, 2970 y en algunas encontramos una cota en negro que es el punto más alto dentro de ese intervalo entre curvas.



## / 2.3. LA ESCALA

En general, la representación gráfica de objetos es una tarea que suele plantear dificultades en relación con sus dimensiones. Si se pretendiera reproducir a tamaño real un objeto demasiado grande, sería necesario utilizar un formato de representación de medidas poco manejables. En el caso de objetos muy pequeños surgiría el inconveniente de la falta de precisión en su definición.

Esta problemática se resuelve a través de la escala, que se define como la relación entre la dimensión real de un objeto y su representación gráfica.

En otras palabras, la escala es un factor de reducción o ampliación que se aplica a la representación de un objeto, con el fin de ajustar su definición y obtener el formato de dibujo deseado.

Existen diversas formas de expresar la escala, pero las dos más comunes son la gráfica y la numérica.

### / 2.3.1 LA ESCALA NUMÉRICA

Se formula mediante una fracción cuyo numerador es la medida de la distancia lineal de un objeto en su representación sobre el plano, y cuyo denominador refleja la magnitud real de esa misma distancia.

$$E = \text{Longitud en el plano} / \text{Longitud en el terreno.}$$

**Ejemplo:** si la escala de un plano es 1:10:

Una distancia en el plano de 5 cm equivale a una distancia en el terreno de  $5 \times 10 = 50$  cm.







Se han de utilizar siempre las mismas unidades para no perder las proporciones.

La relación entre el tamaño de la escala y el tamaño del terreno:

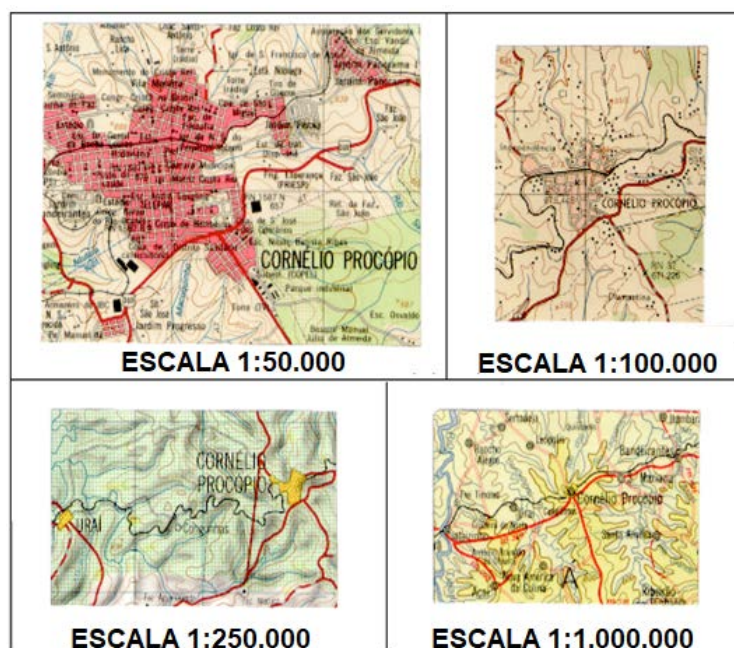
- ▶ Una escala es grande, cuando el denominador es pequeño, es decir, abarcan poco terreno; se emplean para representar ciudades, fincas, caminos, etc. Ejemplo: 1:5.000, 1:10.000.
- ▶ Una escala es pequeña, cuando el denominador es grande, es decir, abarcan mucho terreno; se emplean para representar países y continentes. Ejemplo: 1:5.000.000, 1:7.000.000.

Hay 3 tipos:

- a) *Escala natural*: corresponde a la representación de un objeto a tamaño real (1:1).
- b) *Escala de reducción*: cuando el numerador es menor que el denominador.
- c) *Escala de ampliación*: Si el numerador de la fracción es mayor que el denominador.

	REALIDAD	DIBUJO	
<b>1/1</b>			<b>NATURAL</b>
<b>1/2</b>			<b>REDUCCIÓN</b>
<b>2/1</b>			<b>AMPLIACIÓN</b>

Esquema de tipos de escala



Ejemplos de diferentes tipos de escala

### / 2.3.2. LA ESCALA GRÁFICA

Se expresa a través de una línea graduada en distintas divisiones, asignando a cada una de ellas su equivalencia con la magnitud real.

A través de este método, se puede reconocer las proporciones reales sobre una representación de una manera visual y sin cálculos.

Por ejemplo, para una escala 1/5.000.000, una división de la escala gráfica de un centímetro aparecerá graduada en 50 Km, que es la longitud equivalente en la realidad.



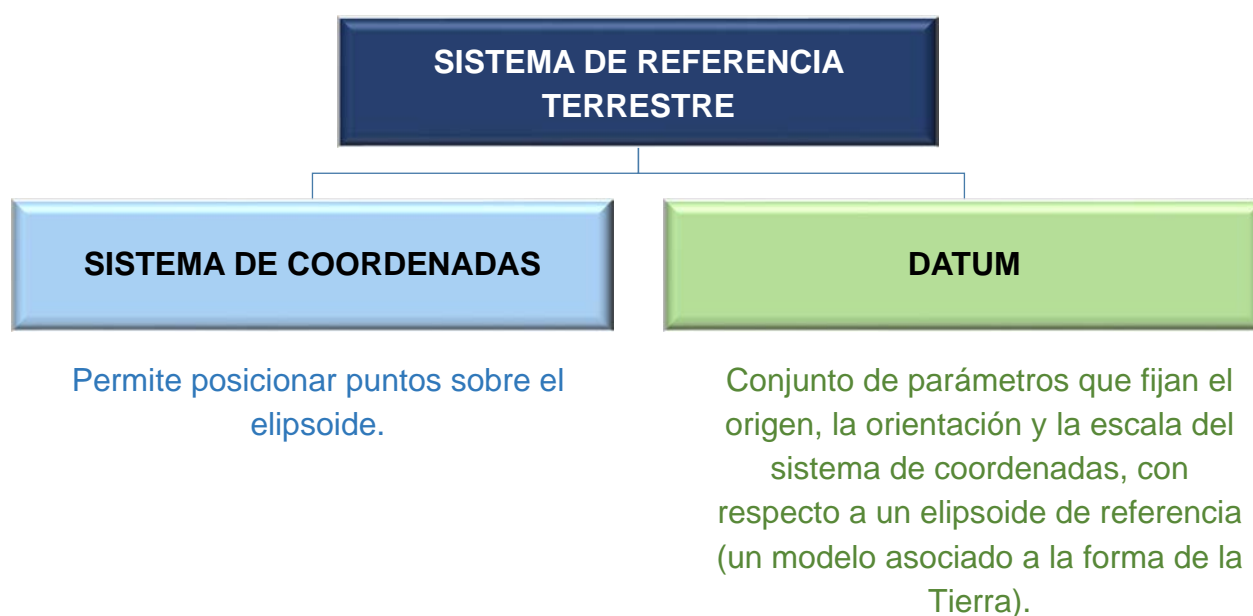
Ejemplo de escala gráfica

## / 3. SISTEMAS DE REFERENCIA TERRESTRE

### / 3.1. Introducción

El trazado de un mapa requiere el establecimiento de un método que permita localizar puntos concretos de la superficie terrestre, para su posterior representación.

Con este objetivo, se han desarrollado diferentes sistemas de referencia, los cuales tiene dos pilares:



### / 3.2. SISTEMAS DE COORDENADAS

Se conoce como sistema de coordenadas al conjunto de los valores que permiten identificar de manera inequívoca la posición de un punto en un espacio.

Existen distintos tipos de sistemas de coordenadas:

- Sistema de coordenadas cartesianas (en especial, UTM).
- Sistema de coordenadas polares.
- Sistema de coordenadas log-polares.
- Sistema de coordenadas cilíndricas.
- Sistema de coordenadas esféricas.
- Coordenadas geográficas.
- Coordenadas curvilíneas generales.
- Coordenadas curvilíneas ortogonales.

Los sistemas que nos interesan en la aeronáutica son los siguientes:

### **Coordenadas geográficas:**

Cuando las coordenadas se dan como ángulos (grados-minutos-segundos o grados-minutos y decimales o grados con decimales) se le llaman coordenadas no proyectadas.

Es el sistema utilizado en la navegación aérea

### **Coordenadas UTM:**

En caso de que las coordenadas se den en unidades de distancia (metros, pies, etc.) se les llaman coordenadas proyectadas, ya que para generar estos valores hubo que proyectar la superficie del planeta en una superficie plana

Se suele emplear para situar instalaciones aeronáuticas y ayudas a la navegación, así como en la realización de estudios de cobertura de comunicaciones, etc.

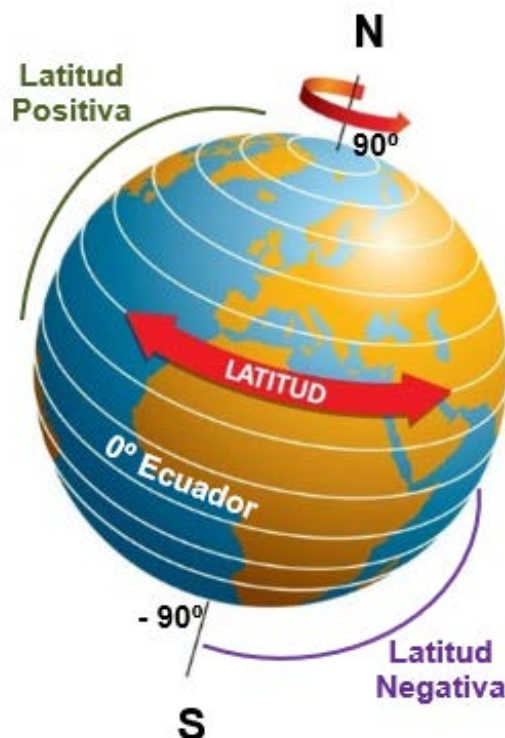
## **/ 3.2.1. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS**

El sistema de coordenadas geográficas es uno de los métodos más utilizados en la determinación de puntos sobre la superficie terrestre. Dicha localización se realiza mediante dos distancias angulares tomando como referencia una aproximación esférica de la Tierra: Longitud y Latitud.



## ▪ LATITUD

- ✓ Se llama latitud de un punto de la superficie terrestre a la distancia angular entre dicho punto de la superficie terrestre y el Ecuador:
  - ▶ Medida en grados sobre un meridiano.
  - ▶ Tomando como origen de las latitudes al Ecuador.
- ✓ Se mide en grados, minutos y segundos. Varía de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  y puede ser:
  - ▶ Norte o positiva (N): si el punto se encuentra por encima del Ecuador.
  - ▶ Sur o negativa (S): si el punto se encuentra por debajo del Ecuador.
- ✓ Según la definición de latitud, los puntos situados sobre el Ecuador tienen como latitud  $0^{\circ}$  y los Polos tienen como latitud  $90^{\circ}$ , por tanto, todos los puntos de un mismo paralelo tienen la misma latitud.

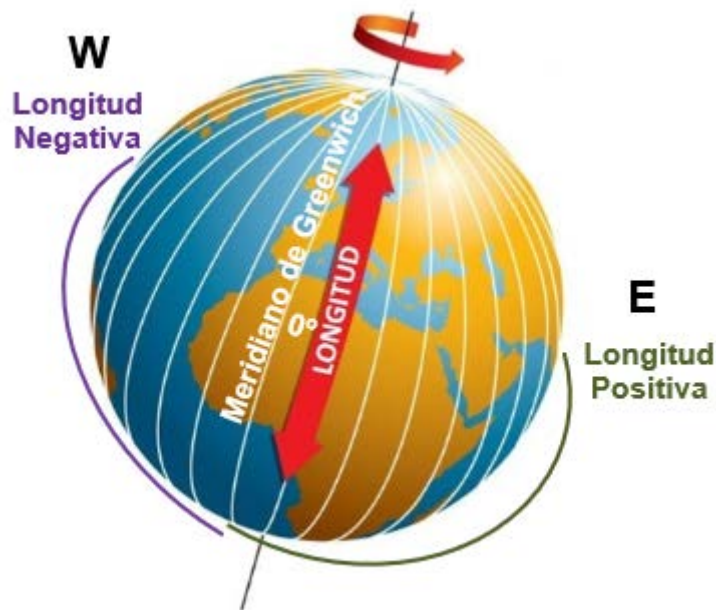


Representación de la latitud



## ▪ LONGITUD

- ✓ Se llama longitud de un punto a la distancia angular, medida sobre un paralelo, entre el meridiano de origen o de Greenwich y un determinado punto de la superficie terrestre.
- ✓ Se mide en grados, minutos y segundos. Varía de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  y puede ser:
  - ▶ Este o positiva (E): si el punto se sitúa a la derecha del meridiano origen.
  - ▶ Oeste o negativa (W): si el punto se sitúa a la izquierda del meridiano origen.
- ✓ Según la definición de longitud, los puntos situados en el meridiano origen tienen como longitud  $0^{\circ}$ , por tanto, todos los puntos situados en un mismo meridiano tienen la misma longitud.

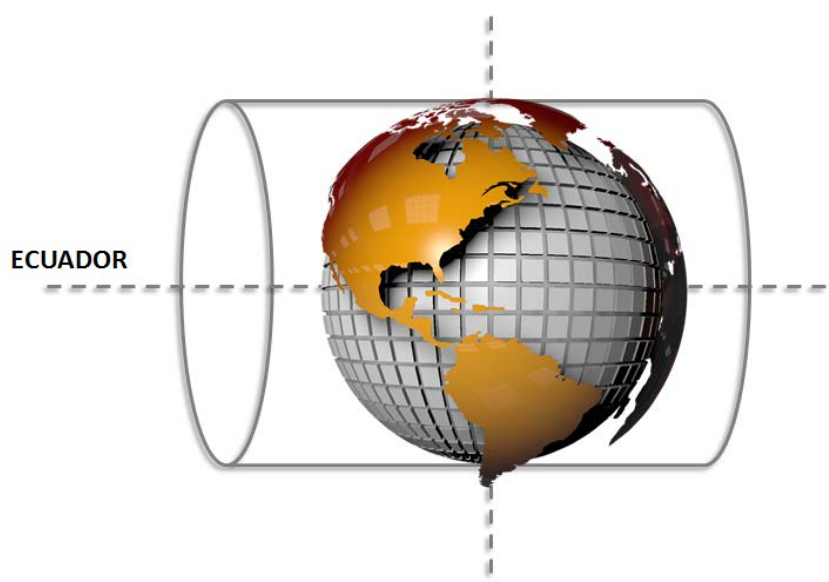


Representación de la longitud

### / 3.2.2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM

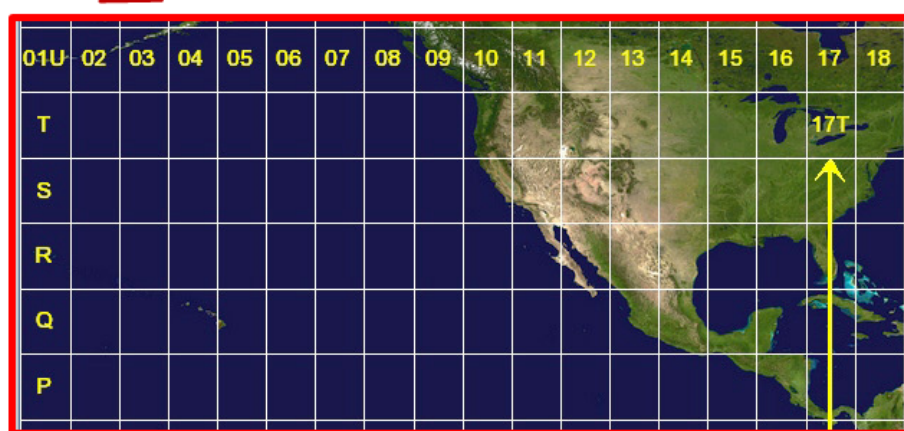
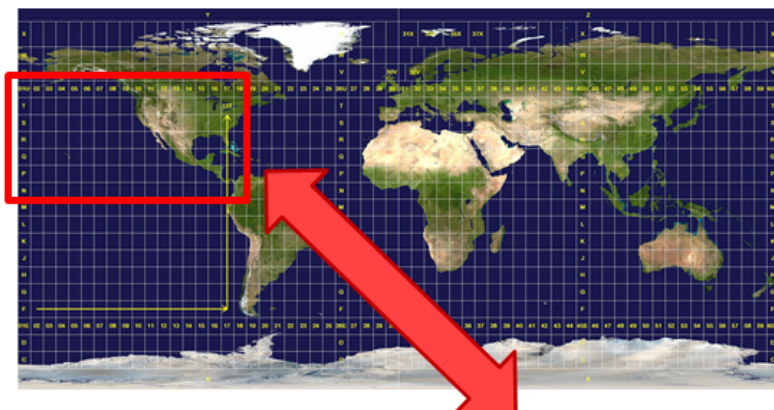
El Sistema de coordenadas UTM, en el que se basa la proyección cartográfica de Mercator, responde a las siguientes características:

- Cilíndrica: se proyecta el globo terráqueo sobre una superficie cilíndrica.
- Transversa: el eje del cilindro es coincidente con el eje ecuatorial.
- Mantiene el valor de los ángulos.



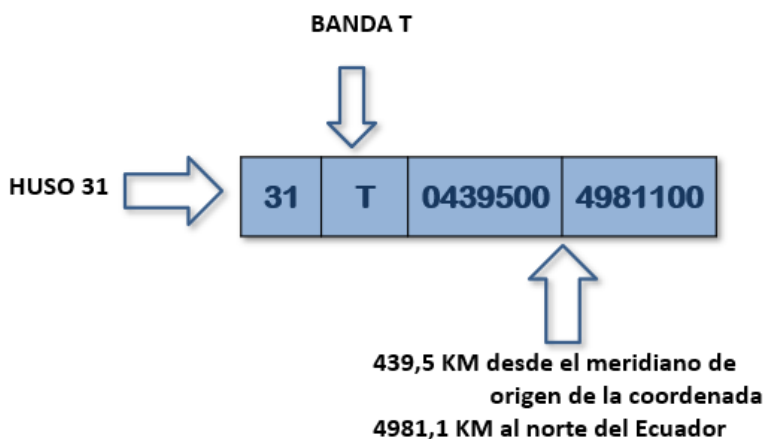
Para resolver el problema de la deformación de la proyección, se ha dividido la superficie terrestre en 60 husos o zonas de 6 grados de longitud, resultando 60 proyecciones iguales con su respectivo meridiano central. Cada huso debe imaginarse como un gajo de una naranja:

- ▶ Se numeran del 1 al 60 comenzando desde el meridiano de Greenwich hacia el Este.
- ▶ Se divide en zonas que se denominan con una letra mayúscula, siguiendo la dirección de Sur a Norte, se empieza en la letra C y finaliza en la X, no hay vocales ni las letras que puedan confundirse con un número (B, O y P).



Las coordenadas se identifican:

- Zona UTM, expresada por un número de huso (1-60) y una letra de zona (C-X).
- Distancias en metros referidas a los ejes cartesianos, siendo el eje X el ecuador y el eje Y el meridiano.

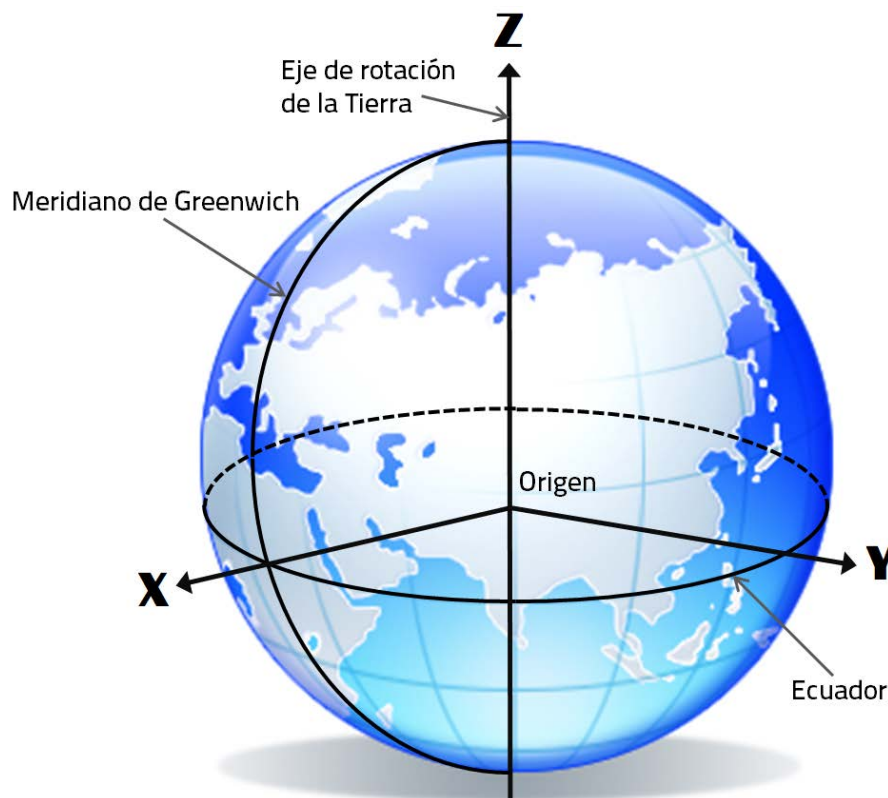


### / 3.3. DATUM

El Datum es un modelo matemático que permite medir con precisión ubicaciones en la tierra, haciendo que un sistema de coordenadas geográficas represente fielmente la superficie de la Tierra y salve las irregularidades de la misma, ya que esta no es esférica.

Para ello ha de establecer:

- El sistema de referencia espacial que describe la forma y el tamaño de la tierra (elipsoide de referencia).
- El origen para los sistemas de coordenadas (centro de masas de la tierra).
- Los puntos de referencia horizontales para describir lo que típicamente pensamos que son las coordenadas de los ejes X e Y (datum horizontal).
- La dirección vertical (eje Z), que mide la elevación o profundidad y que a menudo se basan en la altura sobre el nivel del mar (datum vertical).



Aunque pueda existir un Datum global, cada continente o país ha definido su propio Datum para adaptar mejor el Sistema de Coordenadas Geográficas a su superficie. De esta manera, un mismo punto se expresa con coordenadas geográficas diferentes en función del Datum seleccionado.

Existen varios Datum, aunque los que nos interesan son el WGS84 y ETRS89, por ser de aplicación en España:

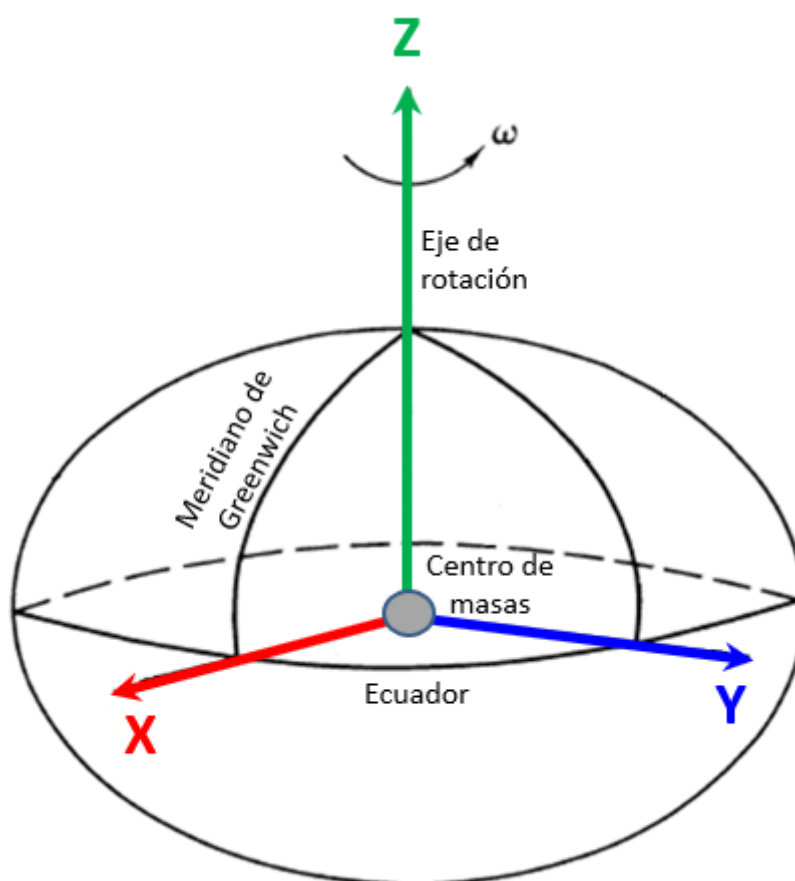
- WGS84 (World Geodetic System 1984).
- ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989).
- NAD27 (North American Datum of 1927) y NAD83 (North American Datum of 1983).
- PSAD56 (Provisional South American Datum of 1956).
- SAD69 (South American Datum).
- ED50 (European Datum 1950): está en desuso.
- ITRF92 (Datum: International Terrestrial Reference Frame 1992).
- GDA94 (Geocentric Datum of Australia 1994).
- CGCS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000).
- Etc.

### **/ 3.3.1. DATUM WGS84 Y ETRS89**

La ambigüedad en el cálculo de coordenadas, ocasionada por el uso de diferentes datums, puso de manifiesto la necesidad de normalizar un **modelo único** de referencia que pudiera ser utilizado en diferentes aplicaciones.

En España, según el Real Decreto 1071/2007, el sistema oficial es:

- Se adopta el **sistema ETRS89** (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema de referencia geodésico oficial en España, para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la **Península Ibérica y las Islas Baleares**, ligado a la parte estable de la placa continental europea. Esto no supone un problema, ya que, para las aplicaciones aeronáuticas, los datum ETRS89 y WGS84 se consideran equivalentes.
- Dado que el ERS89 está ligado a la placa continental europea, **en Canarias** se adopta el sistema **REGCAN95** completamente compatible con ETRS89.





# WGS84

SISTEMA: **Internacional**

ORIGEN: Centro de masas de la tierra.

## EJE Z

Coincidente con el eje de rotación de la Tierra, en dirección al polo norte.

## EJE X

Formado por la intersección determinada por el plano del Ecuador y el meridiano de Greenwich.

## EJE Y

Situado sobre el plano del Ecuador medio, a 90° a la derecha del eje X formando junto con el eje Z un triedro a derechas siendo su origen el centro de masas de la Tierra.

## ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN:

Elipsoide **WGS84** definido por los parámetros:

- Semieje mayor (a) = 6 378 137 m;
- Semieje menor (b) = 6 356 752 m.
- Constante de Gravitación Terrestre:

$$GM = (3986004.418 \pm 0.008) \\ \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{s}^2.$$

- Velocidad angular:

$$W = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/s.}$$

- Coeficiente de forma dinámica:

$$J_2 = - 484,166 \ 85 \times 10^{-6}.$$



# ETRS89

SISTEMA: **Europeo**

ORIGEN: Centro de masas de la tierra.

## EJE Z

Coincidente con el eje de rotación de la Tierra, en dirección al polo norte.

## EJE X

Formado por la intersección determinada por el plano del Ecuador y el meridiano de Greenwich.

## EJE Y

Situado sobre el plano del Ecuador medio, a 90° a la derecha del eje X formando junto con el eje Z un triedro a derechas siendo su origen el centro de masas de la Tierra.

## ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN:

Elipsoide **GRS80** definido por los parámetros:

- Semieje mayor (a) = 6 378 137 m;
- Semieje menor (b) = 6 356 752 m.
- Constante de Gravitación Terrestre:

$$GM = (3986004.418 \pm 0.008) \\ \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{s}^2.$$

- Velocidad angular:

$$W = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/s.}$$

- Coeficiente de forma dinámica:

$$J_2 = - 484,166 \ 85 \times 10^{-6}.$$

## **/ 4. SIMBOLOGÍA**

### **/ 4.1. SIMBOLOGÍA**

En el ámbito cartográfico y topográfico, los símbolos son figuras gráficas diseñadas para significar en el mapa o el plano correspondiente aquellos objetos y/o elementos geográficos que, o bien resulten imperceptibles en la propia representación o bien proporcionen una determinada información útil para la funcionalidad demandada por parte de los usuarios.

Los símbolos se crean conforme a signos evocadores, figurativos, cuantitativos o ideogramas que produzcan una percepción significativa asociada a la realidad que pretenden representar.

En función de la especialización de los mapas o planos, el diseño de la simbología específica se suele ajustar a las normas que dicten los organismos correspondientes en cada caso. En el caso de la cartografía aeronáutica, la simbología empleada está normalizada en el Anexo 4 “Cartas aeronáuticas” de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

En España, por las necesidades de su cartografía, ha sido necesario idear símbolos distintos a los de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), estos vienen recogidos en el GEN 2.3 de la AIP-España indicados con un \* que hace referencia a: “No incluidos en el ANEXO 4 de OACI”.























## SÍMBOLOS DE LAS CARTAS AERONÁUTICAS AERONAUTICAL CHART SYMBOLS

En este documento se incluye la simbología más utilizada, la simbología específica para un tipo de carta se explicará en la misma carta.

Los símbolos podrán representarse con otros colores, diferentes a los aquí representados, si la legibilidad de la carta así lo requiere, excepto en aquellos casos en que el mismo símbolo con distintos colores tenga diferentes significados.

In this document, the most widely used symbols are included, and the specific symbols for a type of chart will be explained on the chart itself.

The symbols may be shown in other colours, different from those given here, should the legibility of the chart so require, except in those cases where a single symbol in different colours could have different meanings.

AERÓDROMOS / AERODROMES			
Aeródromo civil // Civil aerodrome			
Aeródromo militar // Military aerodrome		*	
Aeródromo mixto, civil y militar // Joint, civil and military aerodrome			
Helipuerto // Heliport			
Helipuerto militar // Military heliport		*	
Base militar de hidroaviones // Military seaplanes base		*	
Aeródromo restringido // Restricted aerodrome		*	
Aeromodelismo/Drones // Aeromodelling/Drones		*	
Estación de radiosondeo meteorológico // Meteorological radiosonde station		*	
Globo // Balloon		*	
Paracaidismo // Parachuting		*	
Planeadores // Gliding area			
Ultraligeros // Microlight area			*
Superficie con más de una actividad // Surface with more than one activity			*
Aeródromo abandonado o cerrado // Abandoned or closed aerodrome			*
Otros // Others			*
Aeródromo en que se basa el procedimiento // Aerodrome on which the procedure is based (1)			
Otros aeródromos // Other aerodromes (1)			
<p>Nombre de aeródromo // Aerodrome name</p> <p>Elevación (ft) // Elevation (ft)</p> <p>Longitud de la pista más corta (centenares de metros) // Length of the shortest runway (hundreds of meters)</p> <p>Frecuencia de TWR (MHz) // TWR Frequency (MHz)</p> <p>Frecuencia ATIS (MHz) // ATIS Frequency (MHz)</p>			

Además de los símbolos, los mapas y planos –según su propósito- también suelen incluir nombres, números, siglas, valores, etc., que han de tener en cuenta al color, la forma, la dimensión y, la orientación de dichos mapas.

## / 5. ALTIMETRÍA

### / 5.1. INTRODUCCIÓN

El enfoque de este apartado, una vez conocida la superficie de referencia terrestre y los sistemas de proyección, es conocer cómo se calcula la distancia vertical de un objeto sobre la superficie terrestre.

Siendo la altimetría la ciencia que trata sobre el modo de medir distancias verticales, el **altímetro** es el instrumento utilizado para determinar la posición vertical de un objeto, mediante el cálculo de la distancia vertical entre dos puntos.

### / 5.2. EL ALTÍMETRO

El altímetro es un instrumento que muestra al piloto la altitud sobre el nivel del mar, a la cual está volando el avión.

Es un barómetro aneroide, es decir, contiene una capsula metálica en la que se ha hecho el vacío (cápsula aneroide). Las diferencias de presión actúan deformando la cápsula en mayor o menor medida y estas deformaciones se transmiten a una aguja que se mueve sobre una esfera graduada.

El altímetro mide continuamente la presión atmosférica del lugar en que el avión se encuentra y presenta esta medición traducida en altitud, normalmente en pies.

Su principio de operación es: la presión atmosférica cambia con la altura, por tanto, a mayor altitud menor presión y viceversa.



Está calibrado conforme a la atmósfera estándar. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha definido el concepto de Atmósfera Estándar (ISA / International Standard Atmosphere) como el patrón de referencia atmosférico, es decir, es un modelo matemático sencillo que sirve para estimar las propiedades atmosféricas en función de la altitud.

Este modelo ISA viene a representar la atmósfera típica de las latitudes medias. La atmósfera real nunca se comporta exactamente como la Atmósfera Estándar Internacional, pero sí se parece lo bastante como para que el modelo sea útil en muchas ocasiones, tales como el diseño de vehículos aéreos y la altimetría barométrica.

La Atmósfera Estándar tiene las siguientes características:

- Temperatura al nivel medio del mar: 15° C.
- Presión al nivel medio del mar: 1013,25 mb.
- El aire se comporta como un gas perfecto y absolutamente seco.



## / 5.3. CONCEPTOS PREVIOS AL REGLAJE DEL ALTÍMETRO

Antes de definir los ajustes de altímetro, hay que comprender los diferentes términos empleados en altimetría para definir distancias verticales según sea la superficie de referencia tomada:

- **Altura:** Distancia vertical entre un punto de la atmósfera y una referencia especificada (el terreno).
- **Elevación:** Distancia vertical entre un punto en la superficie de la tierra y el nivel medio del mar (MSL).
- **Altitud:** Distancia vertical entre un punto de la atmósfera y el nivel medio del mar (MSL / Mean Sea Level).
- **Nivel de vuelo:** es una forma de expresar la altitud:
  - ➔ La referencia se expresa en pies (ft).
  - ➔ redondeada a los 500 pies más próximos.
  - ➔ sin los últimos dos dígitos.

7500 pies	=====	FL75.
12000 pies	=====	FL120.





Además de estos términos básicos, en los momentos de despegue y ascenso, es necesario definir los siguientes conceptos:

- **Altitud de Transición:** La posición vertical de las aeronaves durante el ascenso se expresa en altitudes hasta alcanzar la altitud de transición, pasada la cual, la posición vertical se expresará en niveles de vuelo (FL).

El valor de la altitud de transición:

- a) Lo establece la Autoridad Aeronáutica pertinente mediante el Servicio de Control de Tránsito Aéreo (ATC).
  - b) Es fijo para cada aeródromo o área de control terminal (TMA), independientemente de su elevación.
  - c) En España existen 3:
    - ✓ Para el TMA de Madrid: 13000 pies.
    - ✓ Para Granada: 7000 pies.
    - ✓ Para el resto: 6000 pies.
- **Nivel de transición:** Nivel más bajo de vuelo disponible para usarlo por encima de la Altitud de Transición. Puesto que la altura de este nivel está referida a 1.013 hPa, esto significa que la altura real del nivel de transición es variable según la presión existente en un instante dado.
  - **Capa de transición:** Puesto que el nivel de presión de 1013 hPa es variable en su situación, para que no existan incongruencias entre la altitud de transición y el nivel de transición, es necesario dejar un margen entre ellos, que se denomina Capa de Transición. Este margen garantizará que el Nivel de transición siempre esté por encima de la Altitud de Transición.



## / 5.4. REGLAJE DEL ALTÍMETRO

Dado que el altímetro muestra los cambios de presión de la atmósfera real respecto a la presión según una atmósfera ideal, sólo mostraría la altitud correcta si los valores atmosféricos coincidieran con los de la atmósfera tipo. Pero como es bastante improbable que las condiciones reales coincidan con los estándares, el altímetro sería poco fiable si no fuera por la posibilidad de ajustarlo y compensarlo para situaciones no estándar.

A este ajuste se le llama “Reglaje del altímetro” o “Calado del altímetro”.

Los distintos tipos de presión referencial a la que se puede calar el altímetro son:

- **QNH:** Presión al nivel de la mar deducida de la existente en el aeródromo, considerando la atmósfera con unas condiciones estándar, es decir sin tener en cuenta las desviaciones de la temperatura real con respecto a la estándar.

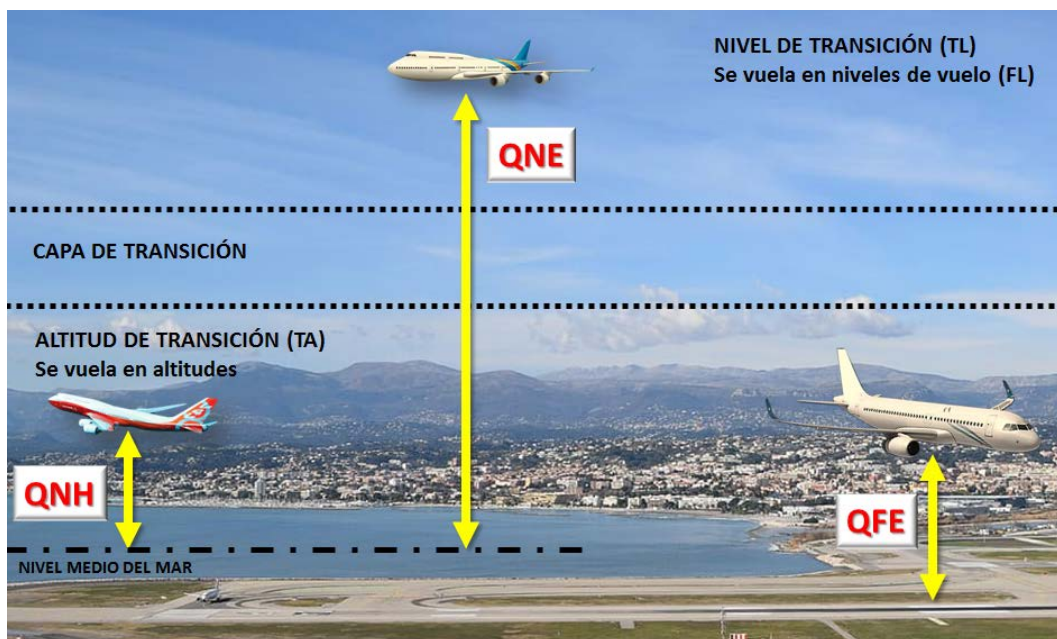
Si el altímetro está reglado con QNH (atmósfera estándar), cuando el avión está en la pista, lo que verá en el altímetro es la altitud del umbral de esa pista en que se sitúa.

- **QNE:** Presión estándar al nivel del mar (1.013,25 mb). Por encima de la altitud denominada de transición, los reglamentos aéreos establecen que todos los aviones vuelen con la misma presión de referencia, que es la correspondiente a la atmósfera tipo al nivel del mar, es decir, en Nivel de vuelo.

De esta manera, cualquier cambio en las condiciones atmosféricas afectan por igual a todos los aviones, garantizando la altura de seguridad que los separa.

- **QFE:** Presión atmosférica en un punto de la corteza terrestre, es decir, la presión atmosférica al nivel de la pista.

Si calamos el altímetro con la presión QFE (elevación de aeródromo) cuando el avión está en la pista, lo que verá en el altímetro es 0 cuando estemos sobre la pista.



## **/ 6. CARTAS AERONÁUTICAS**

### **/ 6.1. INTRODUCCIÓN**

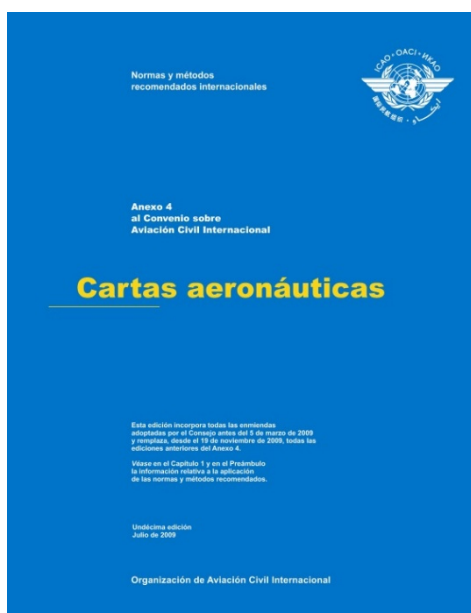
La carta aeronáutica se define como la representación de una porción de tierra, su relieve y construcciones, diseñada especialmente para satisfacer los requisitos de la navegación aérea.

La seguridad de la navegación aérea exige el establecimiento oportuno de cartas aeronáuticas actualizadas y precisas, que respondan a las necesidades actuales de la aviación. En la actualidad, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se erige como el mayor órgano de regulación mundial para la aviación civil, que dicta las normas y las recomendaciones necesarias para la seguridad, eficiencia y ordenación del transporte aéreo internacional, indicando que cada Estado tiene la obligación de proporcionar información del propio territorio a través de las cartas aeronáuticas.

- a) Las cartas aeronáuticas se desarrollan en el Anexo 4 “Cartas aeronáuticas” y en el Doc. 8697 de la OACI.
- b) En el Anexo 15 “Servicios de Información Aeronáutica” y el Doc. 8126 “Manual para los servicios de información aeronáutica” se recoge que el Servicio de Información Aeronáutica (AIS) es responsable de la producción de la Cartografía aeronáutica, así como del tratamiento de la información aeronáutica necesaria, utilizada por la aviación civil, tanto nacional como internacional, en territorio español y en aquellas zonas donde el Estado tenga la responsabilidad de suministrar servicios de tránsito aéreo.

En España la cartografía aeronáutica está gestionada por ENAIRe, específicamente, por la División de Información Aeronáutica.





## / 6.2. ANEXO 4 DE OACI “CARTAS AERONÁUTICAS”

### / 6.2.1. GENERALIDADES

Cada Estado es responsable de su propia producción cartográfica, atendiendo a las necesidades de sus servicios de tránsito aéreo. Además de cumplir con las especificaciones de OACI (Anexo 4 y 15), puede desarrollar cartografías específicas con el propósito de adecuar la información publicada a sus necesidades.

- En cada tipo de carta debe proporcionarse la información adecuada a su función y a la correspondiente fase del vuelo, con el fin de asegurar la operación segura y pronta de la aeronave.
- La información debe presentarse de forma exacta, exenta de distorsiones y confusiones, inequívoca y legible en todas las circunstancias normales de operación.
- Los colores, las tintas y el tamaño de los tipos empleados deben ser tales que el piloto pueda leer e interpretar fácilmente la carta en diversas condiciones de iluminación natural y artificial.

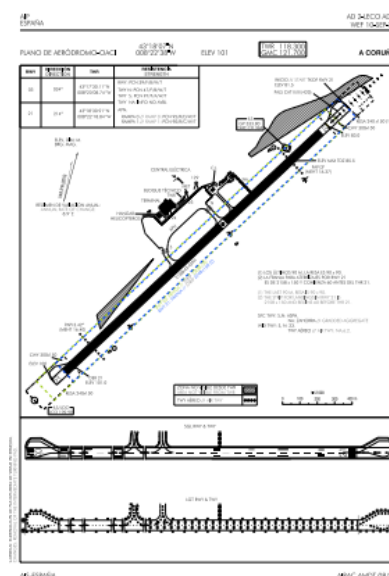
- d) La forma de presentar la información debe permitir que el piloto la aprenda en un tiempo razonable, compatible con su carga de trabajo y las circunstancias operacionales.
- e) La presentación de la información proporcionada en cada tipo de carta debe ser tal que sea fácil pasar de una carta a otra según la fase del vuelo.
- f) Las cartas deberían estar orientadas según el norte verdadero.

## / 6.2.2. CLASIFICACIÓN

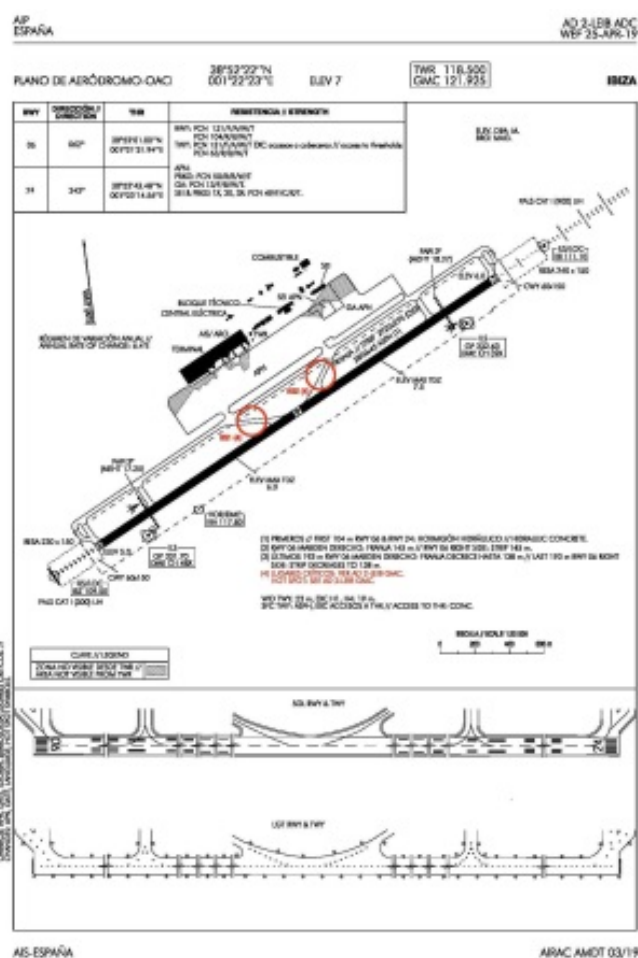
Los 17 tipos de cartas que actualmente figuran en el Anexo 4 se han clasificado según los cuatro grupos siguientes:

### a) Grupo 1: Cartas destinadas exclusivamente a la planificación

1. Plano de obstáculos de aeródromo — OACI, Tipo A.
2. Plano de obstáculos de aeródromo — OACI, Tipo B (en España no se realiza).
3. Carta topográfica para aproximaciones de precisión — OACI.
4. Plano topográfico y de obstáculos de aeródromo — OACI (electrónico).



- [illegible]



**d) Grupo 4: Cartas destinadas a la navegación aérea visual, planificación y determinación de la posición**

- 14. Carta aeronáutica mundial — OACI 1:1 000 000.
- 15. Carta aeronáutica — OACI 1:500 000.
- 16. Carta de navegación aeronáutica — OACI, escala pequeña.
- 17. Carta de posición — OACI.

Además, en España se producen otras cartas como son:

- Carta de área de cobertura radar.
- Carta de área de reducción de velocidad.
- Carta de sectores.
- Carta de Altitud Mínima de Vigilancia ATC (ATCSMAC) - OACI en TMA.
- Carta de Circulación VFR en TMA (electrónica).
- Carta de maniobra visual (en circuito) utilizando derroteros prescritos - OACI (VPT).
- Carta de Transición a la aproximación final - vuelo por instrumentos (TRAN).
- Carta de llegada vuelo por instrumentos - Descenso Continuo (CDA).
- Carta de aeródromos y helipuertos.
- Carta de aeródromos restringidos.
- Carta de helipuertos restringidos.
- Luces aeronáuticas de superficie - en ruta.
- Carta de áreas prioritarias a evitar en vuelos particulares.
- Carta de concentración de aves.
- Carta de presencia de buitres y cigüeñas.

Por último, existen otro grupo de cartas asociadas a operaciones militares.

### / 6.2.3. ASPECTOS RECOGIDOS EN EL ANEXO 4

El Anexo 4 intenta dar una serie de normas y métodos recomendados que permitan la unificación del formato de las cartas para todos los países miembros, mediante el desarrollo de puntos como:

- 1** Declaración de las diferencias que el Estado realice en sus cartas respecto a las normas expuestas en este Anexo.
- 2** Publicación de información relativa a la disponibilidad de las cartas.
- 3** Idioma de publicación (en España en la actualidad se están empezando a hacer bilingües las cartas: español e inglés).
- 4** Especificaciones generales tales como requisitos de utilización de la carta, título, símbolos, etc.
- 5** Desarrollo de cada una de las cartas y todas sus especificaciones específicas. Exhaustivamente se encuentra en el doc. 8697 Manual de Cartas Aeronáuticas.

## **/ 6.3. Carácter de las cartas aeronáuticas**

En el Manual de Cartas Aeronáuticas (Doc. 8697 de la OACI) se indican los siguientes tipos de cartas atendiendo a su carácter:

### **/ 6.3.1. CARTAS OBLIGATORIAS**

- ✓ Plano de Obstáculos de Aeródromo - OACI Tipo A.
- ✓ Carta Topográfica para Aproximaciones de Precisión – OACI.
- ✓ Carta de Navegación en Ruta – OACI.
- ✓ Carta de Aproximación por Instrumentos – OACI.
- ✓ Plano de Aeródromo / Helipuerto – OACI.
- ✓ Carta Aeronáutica Mundial - OACI 1:1.000.000.

### **/ 6.3.2. CARTAS OPCIONALES**

Sólo deben producirse si, en opinión de las autoridades estatales, su disponibilidad contribuiría a la seguridad, regularidad y eficiencia de las operaciones de las aeronaves. Estas cartas son:

- ✓ Plano de Obstáculos de Aeródromo - OACI Tipo B: solo debe producirse cuando haya necesidad de un plano como ayuda para determinar las alturas críticas, por ejemplo, en los procedimientos en circuito o en los procedimientos en caso de emergencia durante despegues o aterrizajes.
- ✓ Plano de Aeródromo para Movimientos en Tierra - OACI: debe producirse solamente cuando no pueda indicarse con suficiente claridad en el Plano de aeródromo/helipuerto - OACI los datos detallados necesarios para el movimiento en tierra de las aeronaves a lo largo de las calles de rodaje hacia y desde los puestos de estacionamiento y atraque de aeronaves.

- ✓ Plano de Estacionamiento y Atraque de Aeronaves - OACI: debe solamente producirse cuando por razón de la complejidad de las instalaciones y servicios de terminal los datos sobre el movimiento en tierra de las aeronaves entre las calles de rodaje y los puestos de estacionamiento y atraque de aeronaves no puedan indicarse con suficiente claridad en el Plano de aeródromo/helipuerto — OACI, o en el Plano de aeródromo para movimientos en tierra -OACI.
- ✓ Carta Aeronáutica - OACI 1: 500.000: debe proporcionarse solamente cuando los requisitos operacionales para la navegación visual o el estudio de las necesidades de producción cartográfica indiquen que dichas cartas pueden sustituir o complementar la Carta aeronáutica mundial - OACI 1:1 000 000.
- ✓ Carta de Navegación Aeronáutica - OACI, Escala Pequeña: debe proporcionarse solamente cuando los requisitos operacionales para la navegación visual o el estudio de las necesidades de producción cartográfica indiquen que dichas cartas pueden sustituir o complementar la Carta aeronáutica mundial - OACI 1:1 000 000.
- ✓ Carta de Posición – OACI: Estas cartas constituyen un complemento útil cuando haya necesidad de proporcionar un medio de mantener un registro continuo de la posición de la aeronave en vuelo si esta sigue diversos procedimientos a base de determinados puntos de referencia y de navegación a estima y mantiene una trayectoria prevista de vuelo.



### / 6.3.3. CARTAS CONDICIONALMENTE NECESARIAS

Significa que solamente serían necesarias si se cumplen determinadas condiciones o circunstancias. Estas cartas son:

- ✓ Carta de Área - OACI: sólo si las rutas de los servicios de tránsito aéreo o los requisitos de notificación de posición son complicadas y no pueden indicarse en la Carta de Navegación en Ruta - OACI.
- ✓ Carta de Salida Normalizada - Vuelo por Instrumentos (SID) - OACI: debe producirse siempre que se haya establecido una ruta de salida normalizada de vuelo por instrumentos y ésta no puede indicarse con suficiente claridad en la Carta de Área - OACI.
- ✓ Carta de Llegada Normalizada - Vuelo por Instrumentos (STAR) - OACI: debe prepararse siempre que se haya establecido una ruta de llegada normalizada de vuelo por instrumentos y ésta no pueda indicarse con suficiente claridad en la Carta de Área - OACI.
- ✓ Carta de Aproximación Visual - OACI: debe prepararse para los aeródromos utilizados por la aviación civil internacional en los que:
  - solamente existan instalaciones y servicios limitados de navegación, o
  - no se cuenten con instalaciones y servicios de radiocomunicaciones, o
  - no existan otras cartas aeronáuticas adecuadas del aeródromo y de sus alrededores a escala 1:500.000, o escala superior, o
  - se hayab establecido procedimientos de aproximación visual.
- ✓ Carta de altitud mínima de vigilancia ATC - OACI: debe prepararse cuando se ha establecido procedimientos de guía vectorial y las altitudes mínimas de guía vectorial no puedan indicarse con suficiente claridad en la Carta de área - OACI, la Carta de salida normalizada vuelo por instrumentos (SID) - OACI o la Carta de llegada normalizada - vuelo por instrumentos (STAR) - OACI.

## / ANEXO: BIBLIOGRAFÍA

- ADSUAR, Joaquín C. Navegación Aérea: Desarrollo del Syllabus oficial de los requisitos conjuntos de aviación (JAR). Paraninfo, 2001. 227 p. ISBN: 84-283-2750-5.
- AristaSur.com: artículo “Qué es el Datum de las coordenadas geográficas y su uso en el GPS”, 15 enero 2018
- FERNÁNDEZ – COPPEL, Ignacio Alonso. “Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM”. [en línea]. Valladolid: Universidad de Valladolid. Disponible en web: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf>
- FIGUEROA, Fernando. Apuntes de cartografía aplicados a la Navegación Aérea. 3ª ed. [Madrid]: IBERIA, Dirección General de Operaciones, 1971. 105 p.
- GEOGRAFÍA CMA: gráficos terrestres (<http://cmabachgeografia1.blogspot.com/>)
- DREWES, Hermann, “Sistemas de Referencia”; Ciclo de conferencias en el Instituto Geográfico Militar, 3 a 5 de junio de 2014, Quito, Ecuador
- MATAS UTRILLA, S. Geodesia y Cartografía. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2003. 59 p.
- MATAS UTRILLA, S. Cartografía. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2003. 150 p.
- MATAS UTRILLA, S. Navegación y circulación aérea: Cartas aeronáuticas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1995. Impresión 2006
- OACI, Anexo 4 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional: Cartas aeronáuticas. 11ª ed. Montreal: OACI, 2009
- OACI, Manual de cartas aeronáuticas. Doc 8697-AN/889/2. 3ª ed. Montreal: OACI, 2016
- Manuel; GARCÍA FERRERO, Ángel [et.al.]. La preparación del vuelo. En: Curso Básico de Formación de Controladores de la Circulación Aérea. Materias del entorno aeronáutico. Madrid: SENASA, 2004. 309 p.
- PÉREZ SANZ, L. y GÓMEZ COMENDADOR, V. F. Introducción a la navegación y circulación aéreas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2003. Impresión 2006

- SAEZ NIETO, Francisco Javier; PORTILLO PEREZ, Yolanda. Descubrir la Navegación Aérea.
- Madrid: AENA, Centro de Documentación y Publicaciones, 2003.167 p. ISBN: 84-95135-79-5.
- VV.AA. Curso básico de formación de controladores de la circulación aérea. Materias de Entorno aeronáutico. Tema 2 La preparación del vuelo. Madrid: SENASA; AENA, 2004
- Web del Instituto geográfico nacional, artículo sobre la geodesia
- Artículo El eje polar y los polos magnéticos han cambiado de posición notablemente, Victoria de la Luz, 10 de noviembre 2013
- Artículo “¿Qué son las coordenadas UTM?; Rubén Ferreño Gonzalez