

Tema 1

Unidades y Conceptos Cartográficos

T1.1 Unidades

En topografía vamos a utilizar las siguientes unidades:

- **De Longitud:**

El metro y en general daremos 3 decimales, es decir hasta el milímetro.

- **De superficie:**

El metro cuadrado (m^2) y en general daremos 2 decimales, es decir hasta el centímetro cuadrado.

No obstante también debemos conocer las unidades:

1 Hectárea = 100 áreas = 10.000 m^2

1 área = 100 m^2

1 centiárea = 1 m^2

y las unidades de superficie aún hoy usadas en las Baleares:

1 quarterada = 4 quartons = 7103,1 m^2

1 quartó = 4 horts = 1775,78 m^2

1 Hort = 25 destres = 443,94 m^2

- **De volumen :**

El metro cúbico (m^3) y en general daremos 1 decimal, es decir hasta el decímetro cúbico.

- **De peso:**

El kilogramo (Kg.)

También debemos saber que 1 Tonelada = 1000 Kg.

- **Angulares:**

Siempre vamos a utilizar el Sistema CENTESIMAL, cuya unidad es el GON o GRADE (a veces llamado GRAD en las calculadoras¹) y daremos 4 decimales, es decir hasta el segundo centesimal.

En este sistema una circunferencia tiene 400 gon, y un ángulo recto 100 gon.

Un gon tiene 100 minutos centesimales y 1 minuto centesimal tiene 100 segundos centesimales. Por ejemplo 23,3456 gon, son 23 gon, 34 minutos centesimales y 56 segundos centesimales.

A veces se habla de miligon, que es la milésima de gon (=10 segundos centesimales)

El sistema sexagesimal (DEG en las calculadoras) no debería usarse, ya que no forma parte del sistema métrico decimal², pero sigue siendo muy usado. En él, la circunferencia tiene 360°, 1° tiene 60' minutos y 1' tiene 60" segundos.

La notación clásica es, por ejemplo 23°34'56", aunque a veces se utiliza la notación sexagesimal-decimal, cuyo valor equivalente sería 23°,58222, que resulta de pasar los minutos y segundos a fracción de grado.

¹ En las calculadoras CASIO, la combinación de teclas MODE+6, suele ajustar el modo centesimal (GRA o sencillamente G). La combinación MODE+5=modo sexagesimal y MODE+4=modo radianes

² El sistema sexagesimal se creó en el antiguo Egipto, está basado en la rotación de la tierra (1 hora de tiempo = 15° sexagesimales), es muy útil en navegación y astronomía, y pero no resulta práctico en topografía. Además se sigue enseñando este sistema, en detrimento del centesimal, que empezó a utilizarse en 1650 (J.C.Borda)

Para pasar del sistema centesimal al sexagesimal, multiplicaremos el ángulo centesimal por $9/10$ ($=0,9$), y viceversa multiplicaremos por $10/9$ ($=1,111...$).

Por último también se utiliza el sistema de radianes (RAD en las calculadoras). En él, un cuadrante son $\pi/2$ radianes y el círculo completo o 2π radianes.

Este sistema se utiliza para obtener el desarrollo de un arco a partir de un ángulo y un radio (o distancia). Así por ejemplo, para saber el arco que representa 1gon a 100m:

$$1 \text{ gon} = (\pi/2)/100 = 0,01571 \text{ radianes}$$

$$\text{Arco} = \text{ángulo(en radianes)} \times \text{radio} = 0,01571 \times 100 = 1,571 \text{ m}$$

Para pasar de un sistema a otro basta tener en cuenta la siguiente tabla de relaciones:

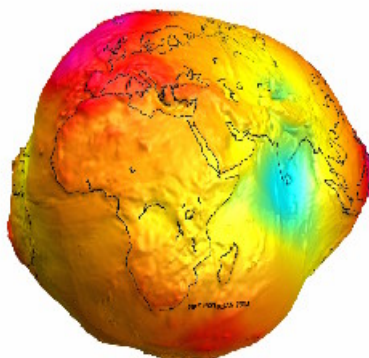
MODO	CUADRANTES			
	1	2	3	4
CENTESIMAL	100	200	300	400
SEXAGESIMAL	90	180	270	360
RADIANES	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π

T1.2 La forma de la Tierra

En el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, puede que no se tenga que hacer un plano o replantar una obra, pero como mínimo se usaran planos o mapas existentes de una zona de terreno.

Al mirar plano, además de la representación del terreno, aparece otro tipo de **información marginal** que nos da datos sobre su realización : escala, fecha, autor, signos convencionales, proyección, ..., que debemos saber utilizar porque nos permite leer e interpretar el plano.

Sabemos que la tierra no es plana y en cambio se representa sobre un plano, de manera que esta representación no puede estar exenta de distorsiones.



La tierra tampoco es esférica, la representación matemática mas aproximada es el **GEOIDE**, que es una superficie equipotencial que tiene en cuenta la fuerza de la gravedad (por la distribución de masas) y la fuerza centrífuga (por la rotación terrestre). Se le puede considerar como el nivel medio del mar.

Para simplificar su estudio se asimila a un **ELIPSOIDE** de revolución. Aunque a lo largo de la historia de la cartografía se hayan definido muchos elipsoides, actualmente el mas usado y oficial en España, es el de **Hayford**³

Se llama **Sistema de Referencia Cartografico** al conjunto de **elipsoide de referencia** y situación del mismo o **datum**⁴.

³ Semieje mayor = 6378,388Km, semieje menor = 6356,909 Km. y DATUM en Postdam (Alemania)

⁴ Los sistemas de referencia mas usados en Europa son:

ED50 (European Datum 1950) = Elipsoide de Hayford , Datum en Postdam

Llamamos **PLANO**, a la representación plana de una parte de la Tierra, en que por su limitada extensión puede considerarse como plana, es decir se prescinde de la curvatura terrestre.

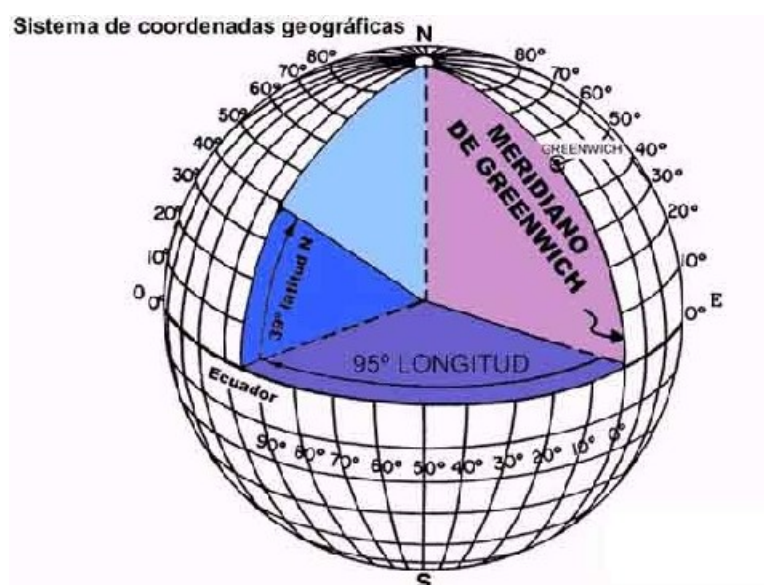
En cambio, si la zona a representar es lo suficientemente grande y no podemos despreciar la curvatura terrestre, a esa representación la llamamos **MAPA**.

El efecto de la curvatura es crea una mayor diferencia en altimetría que en planimetría. En 1K el efecto altimétrico es de 7cm, mientras que planimetricamente es de tan solo 4mm. Además el error altimétrico crece rápidamente, así en 3Km, ya es de unos 60 cm.

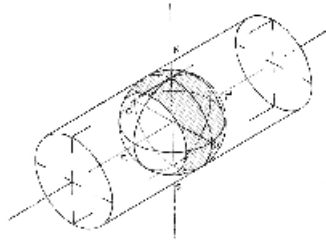
Para desarrollar un MAPA, se debe usar una **PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA**, que es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de proyección. Como hemos dicho antes esta correspondencia supone una cierta "distorsión" de la realidad: a veces la escala no es constante en todo el mapa (proyección no equidistante), a veces los ángulos obtenidos sobre el mapa no se corresponden exactamente con los de la realidad (proyección no conforme), ... Se podrían definir tantas proyecciones como correspondencias y de hecho existen bastantes tipos de proyección:



El sistema de coordenadas geográficas, es un sistema de coordenadas esféricas, en que se dan dos valores angulares, desde el centro de la tierra. La longitud entre meridianos (círculos cuyo diámetro es el eje de rotación de la tierra) y la latitud entre paralelos (círculos paralelos al del ecuador)

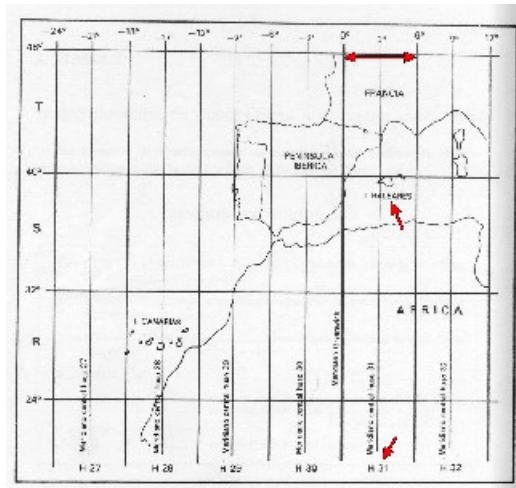


T1.3 La proyección UTM



La proyección cartográfica mas usada y oficial en España, es la UTM (Universal Transversa Mercator), que es una proyección conforme.

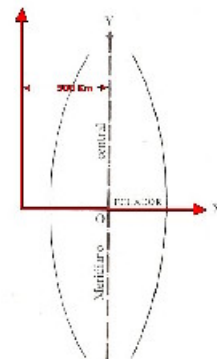
Esta proyección es una formulación matemática, pero puede entenderse como el desarrollo de un cilindro cuyo eje esta en el plano del ecuador, o sea es perpendicular al eje de rotación de la tierra.



Para minimizar distorsiones, en lugar de un cilindro tangente, lo es secante, y en vez de un cilindro, utilizamos varios (concretamente 30) que vamos girando alrededor del eje de la tierra. De cada uno de estos cilindro solo tomamos la parte mas próxima a la zona de corte. Esas zona son los llamados **HUSOS UTM**.

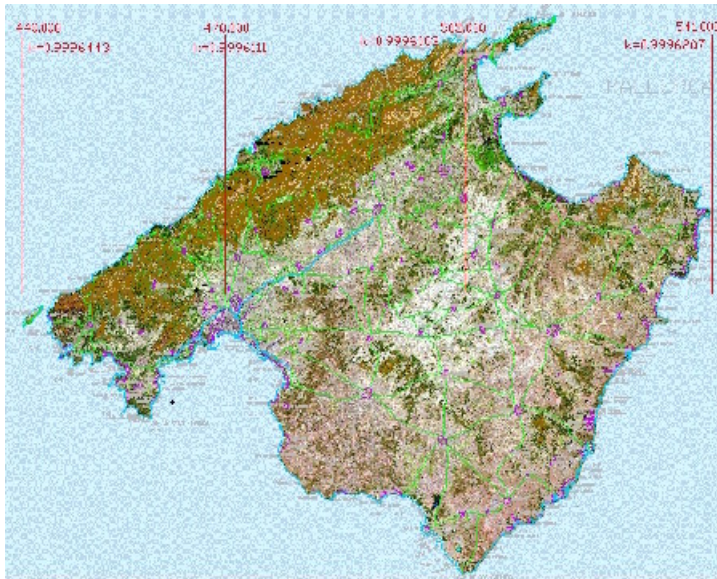
Dentro de cada huso se define un sistema de coordenadas planas XY, cuyos ejes son paralelos al meridiano central del huso y al ecuador. El origen X esta 500.000 m al oeste del meridiano. El origen Y está en el ecuador para el hemisferio norte y en el polo sur para el hemisferio sur.

Así pues para definir un punto en el sistema de coordenadas UTM hacen falta X,Y y HUSO. Las Illes Balears están en el huso 31.



La proyección UTM es conforme, pero no equidistante, es decir las distancias no se conservan. La relación entre una distancia en un mapa en proyección UTM y la realidad es el **COEFICIENTE de ANAMORFOSIS** K:

$$\text{Distancia UTM} = K \times \text{Distancia Real.}$$



El valor de K depende de la posición en el huso (coord. XY). Así por ejemplo en Mallorca⁵ tenemos coordenada :

X mínima = 440235

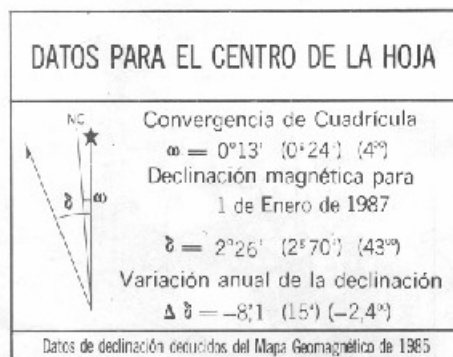
X máxima = 541151

Por ejemplo, en Palma suele considerarse el valor $K=0.9996$, que indica que una distancia de 1Km en la realidad, se representa como 999.6 m. a la escala del mapa.

T1.4 El Norte

En todos los planos y mapas existe una dirección de referencia que normalmente hacemos coincidir con la del eje Y del sistema de coordenadas.

Esa dirección puede coincidir, o no, con algún fenómeno geográfico y se llama NORTE. Existen varios "nortes" :



En 2004 la declinación vale:
 $\delta = -2,70-0,15'(2004-1987) = -2,70-0,15 \cdot 17 = -5,25 \text{ gon}$

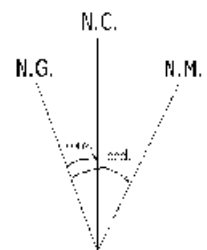
- Norte GEOGRÁFICO, es el que apunta hacia el Polo Norte. Muy aproximadamente esta dirección viene dada por la estrella Polar.
- Norte MAGNÉTICO, es el que apunta hacia el Polo Sur Magnético, que es una zona próxima al Polo Norte. El ángulo que forma el Norte Geográfico con el Norte Magnético, se llama DECLINACIÓN, y no es un

valor constante, depende del lugar y de la fecha, ya que el Polo Sur Magnético se mueve.

- Norte CUADRÍCULA, es la dirección del eje Y de la cuadrícula que define un sistema de coordenadas cartesianas rectangulares.

En el caso de la proyección UTM, el Norte de la cuadrícula es paralelo a la dirección del meridiano central del huso. El ángulo que forma, en un punto, la dirección del Norte Geográfico con el Norte de la cuadrícula, se llama CONVERGENCIA de MERIDIANOS.

En trabajos topográficos, el trabajo se orienta de manera arbitraria, aunque siempre es conveniente conocer la



⁵ y también coordenada Y mínima=4330313 Y máxima=4423929

orientación, a efectos de luz solar, ...

T1.5 Sistema de referencia altimétrico

Normalmente en cartografía se utiliza como nivel de referencia, con altitud o cota 0, el nivel medio del Mar. En España, este nivel medio está definido para el mar en Alicante. En las illes Balears, este nivel medio se obtiene del mareógrafo que hay en el Dique del Oeste. Este nivel medio se obtiene mediante una media del registro continuado después de una serie de años (p.e. en el Dique del Oeste desde 1996).

A veces, en topografía se utilizan sistemas de altitudes arbitrarios, aunque, a veces, es conveniente tener una idea de la altitud sobre el mar que podemos obtener de forma sencilla, con un barómetro o consultando cartografía ya existente.

T1.5 Geodesia, Topografía y Agrimensura

Como se ha dicho, dependiendo de la magnitud de la zona a levantar, así se tiene en cuenta o no la curvatura terrestre. Además los métodos de trabajo y los instrumentos utilizados también son diferentes, lo que da lugar a distintas ciencias.

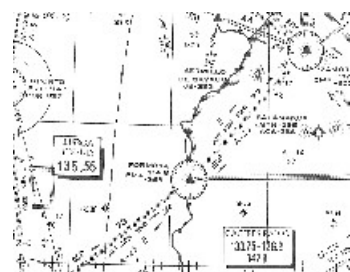
GEODESIA, es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra y tiene en cuenta, además, el campo gravitatorio terrestre. Como comentaremos más adelante se utilizan instrumentos astronómicos, gravimétricos y espaciales de alta precisión

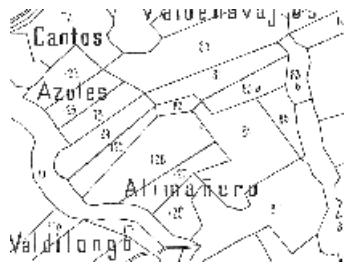
TOPOGRAFIA, es la ciencia que estudia los métodos e instrumentos para la representación de una parte pequeña de la tierra. Ello no quiere decir que la topografía considere la Tierra como plana, especialmente a nivel altimétrico, pero las correcciones que realiza son más sencillas y generales. Así zonas de hasta varios kilómetros de extensión podrían definirse por medio de la topografía.

AGRI MENSURA, es el conjunto de métodos y sencillos instrumentos que permiten medir zonas pequeñas y sin excesiva precisión, pero que se han venido usando p.e. en fincas agrarias. También suele usarse este término para referirse a lo inicios de la Topografía, aunque en otros países, es un sinónimo de Topografía.

T1.6 Cartografía Base y Temática

Cartografía BASE es aquella que se confecciona con intenciones puramente representativas de los elementos planimétricos y del relieve según unas características de precisión y contenido propias de la escala, independiente de los fines para los que posteriormente vaya a ser utilizada. Son cartografía base el MTB (Mapa Topográfico Balear) a 1/5000, los mapas del IGN, ...





Cartografía TEMÁTICA, es aquella que partiendo de cartografía base representa determinados aspectos que interesan para un determinado uso. Así por ejemplo las cartas de navegación, planos catastrales, ...

T1.7 Organismos Cartográficos

- Instituto Geográfico Nacional (IGN) (www.ign.es)
- La Casa del Mapa
- Servicio Geográfico del Ejército
- Server d'Informació Territorial de les Illes Balears (SITIBSA) del govern de les Illes Balears ... (www.sitibsa.com)
- Gerencia de Catastro (<http://www.mapa.es/es/sig/pags/sigpac/intro.htm>)
- Instituto Municipal de Informática (IMI) (imi.palmademallorca.es)

PROBLEMAS TEMA 1º

- 1.1. Una finca mide 2 quarteradas y 1.5 horts. Además la finca esta rodeada de una pared seca medianera de 0,8m de grosor, con un perímetro total de 320 m. Las Normas Subsidiarias del Ayuntamiento indican que son necesarios 15.000 m² para poder construir:
 - ¿se podrá construir en la finca?
 - cual es la superficie en Hectáreas, áreas y centiáreas
- 1.2. Suponiendo que la tierra es esférica y de radio 6370 Km. y que las coordenadas UTM del centro de palma son Xutm=469.770, Yutm=4.379.555
 - A que distancia del ecuador esta Palma
 - A que distancia, en Km., estamos del meridiano de Greewich
- 1.3. Suponiendo que las coordenadas del aeropuerto de Son San Juan son X=472.510, Yutm=4.378.220 y que el factor de anamorfosis es 0.9996 ¿Cuál es la distancia del centro de Palma al Aeropuerto de Son San Juan?
- 1.4 En un plano a escala 1/500 con curvas de nivel cada 1m, dos puntos estan separados por 3 curvas de nivel y entre ellos hay una distancia de 5 cm. ¿Qué pendiente hay entre ellos?

Solución 1.1

- Superficie = $2 \cdot 7103.1 + 1.5 \cdot 7103.1 / (4 \cdot 4) + 320 \cdot 0.4 = 14206.2 + 665.91 + 128.00 = 15000.11$
- $15000.11 =$ **1Ha 50a 0.11ca**

Solución 1.2

- a 4.379.555 m.
- Greewich esta a $500000 - 3^\circ$ del origen $X = 500000 - 6370000 \cdot 3 \cdot \pi / 180 = 500000 - 333533 = 166467$ por tanto el centro de Palma a $469770 - 166467 =$ **303303**

Solución 1.3

$$D = \sqrt{((472510 - 469770)^2 + (4379555 - 4378220)^2)} = \sqrt{(2740^2 + 1335^2)} = 3047.9m$$
$$D = 3047.9 / 0.9996 = \mathbf{3049.1m}$$

Solución 1.4

- Distancia horizontal = $50mm \cdot 0.5 = 25$ m entre ambos puntos
- Desnivel entre los puntos = 3m (3 curvas de nivel)
- Pendiente % = $100 \cdot 3 / 25 =$ **12 %**