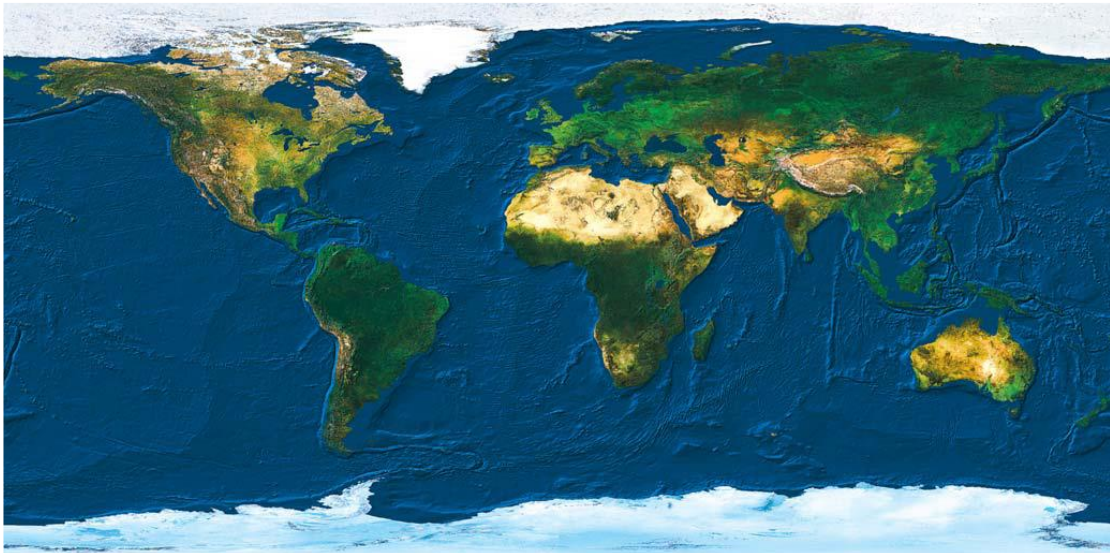


## Bloque 2. CARTOGRAFÍA.

- Tema 2. Introducción.**  
**Sistemas de proyección.**
- Tema 3. Sistemas de proyección UTM.**  
**¿Por qué ETRS89?**
- Anexos. Legislación, RAP y MTN.**  
**Ejercicios propuestos.**

- **Introducción.**

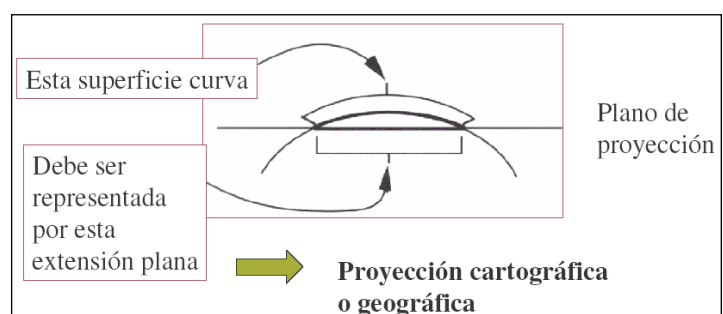
La cartografía es el conjunto de técnicas para la representación de la superficie terrestre por medios gráficos. Esta representación busca conciliar precisión y expresividad, para lo cual se apoya en la geodesia -que mide la forma y dimensiones de La Tierra- y en la semiología -que establece reglas para la asignación de símbolos-. El producto cartográfico resultante (mapas, maquetas, fotos aéreas, ortoimágenes, repertorios toponímicos, etc.), debe por tanto aunar requisitos técnicos y artísticos.



MOSAICO DE IMÁGENES DE SATÉLITE DE LA TIERRA

La actividad cartográfica es el proceso para la producción de un modelo gráfico de la superficie terrestre. Este proceso se organiza en fases sucesivas de toma de datos, proyección, escalado, simbolización y reproducción.

- La toma de datos consiste en la determinación de las coordenadas de los objetos geográficos, lo cual se puede realizar sobre el terreno con técnicas topográficas, GNSS-GPS o mediante sensores remotos sobre aviones (fotografías aéreas) o satélites (ortoimágenes).
- La proyección es la técnica geométrica para trasladar la curvatura terrestre a un plano; lo cual no es posible sin alterar las formas, superficies, distancias o ángulos.



- El escalado se basa en fijar una proporción lineal entre las dimensiones del territorio y las de su representación.
- La simbolización es el procedimiento de asignación de líneas, colores, signos, rótulos, etc, buscando la máxima legibilidad.
- Y por último la reproducción es su conversión a un soporte que permita la visualización y difusión, ya sea por medios impresos o digitales.

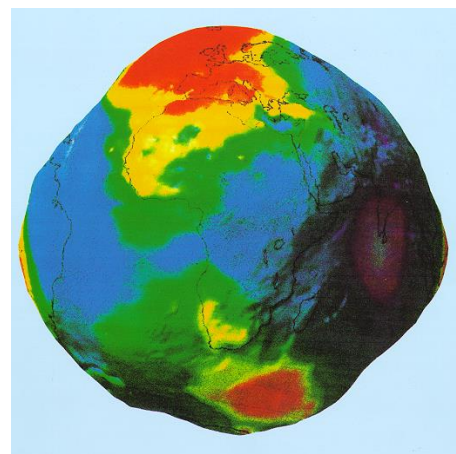


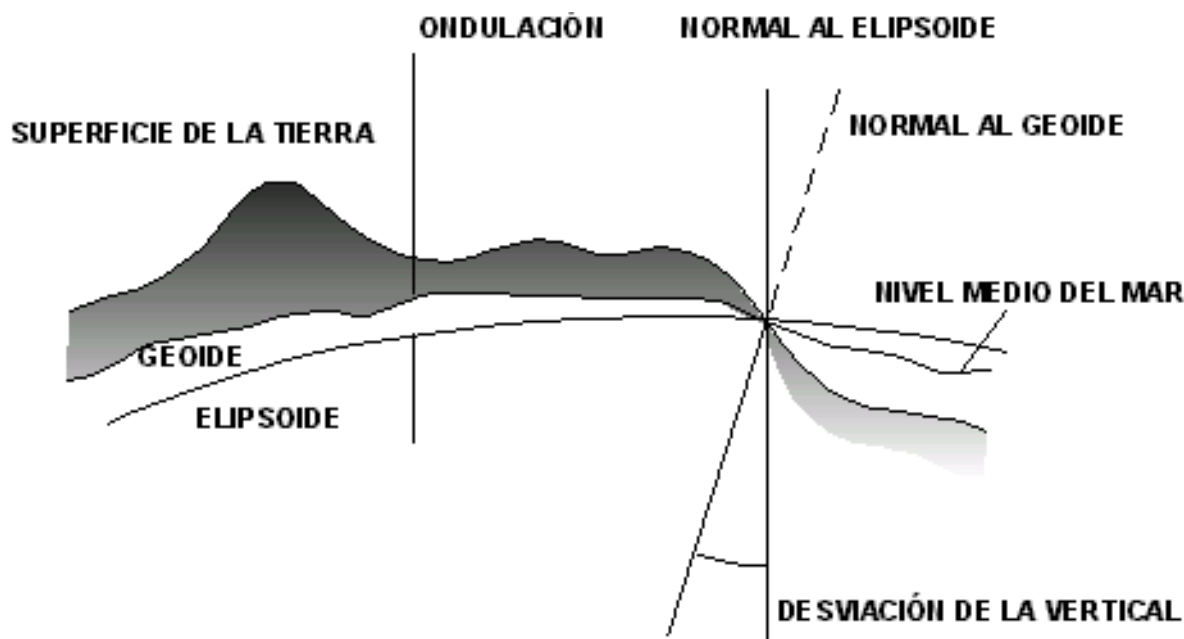
**La geodesia** es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de La Tierra. Como apoyo a la cartografía, **reduce la forma del globo terrestre (el geoide) a una figura geométrica (el elipsoide) definida por un radio polar y un radio ecuatorial.**

<p>Siglo V a.c.: se postula que la Tierra es esférica.</p>	<p>Siglo XVIII: se acepta el postulado de Newton de Tierra Elipsoidal.</p>	<p>Siglo XIX: se define el Geoide.</p>

Por lo tanto la verdadera forma de La Tierra es el Geoide.

**Geoide: “Superficie normal en todos los puntos a la dirección de la gravedad, materializada por el hilo en tensión de una plomada.”**



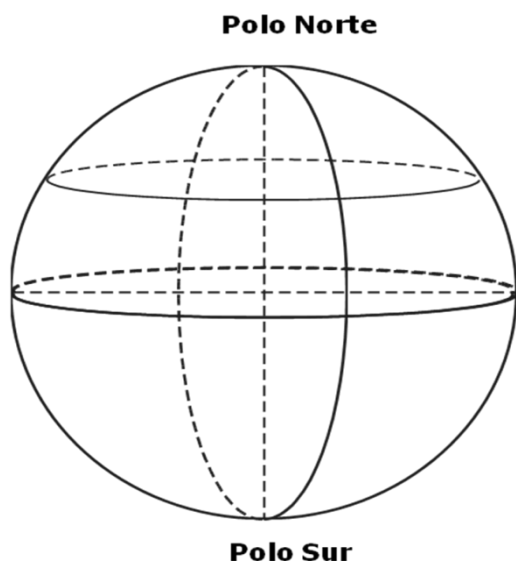


Para poder representar lo mejor posible la superficie terrestre adoptaremos un elipsoide de referencia que se adapte lo mejor posible a la zona a representar, teniendo en cuenta su **Datum**.

Elipsoides de Referencia.

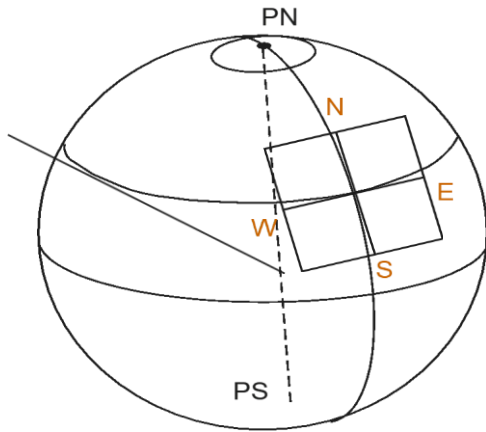
Autor	Año	radio	$\alpha$	Zona
Struve	1860	6378298	1/294.73	Europa
Clarke	1880	6378249	1/293.5	USA
Hayford	1909	6378388	1/297	Europa
Krassowky	1940	6378245	1/298.3	Rusia
WGS-84	1984	6378137	1/298.257223563	Mundial

Sobre el elipsoide se traza una red de meridianos y paralelos que permiten situar cualquier punto de la superficie terrestre, determinando su longitud y latitud.



La determinación precisa de las coordenadas de un punto consiste en establecer su posición relativa respecto a ese sistema de coordenadas que definen los meridianos y paralelos.

Para ello se han utilizado tradicionalmente técnicas astronómicas, basadas en la medición de las distancias angulares a estrellas conocidas. La medida de la latitud usando la estrella polar es conocida desde la época fenicia, mientras que la longitud no se pudo establecer con precisión hasta que se dispuso de cronómetros a fines del siglo XVIII.

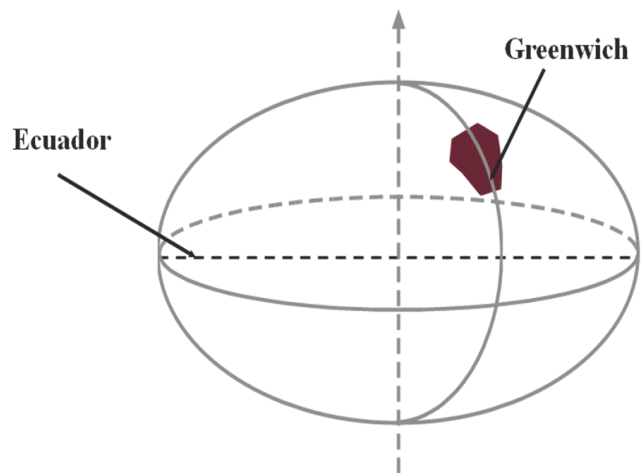


Hoy, las técnicas astronómicas han dado paso al uso de un Sistema Global de Navegación por Satélite denominado GNSS. Las constelaciones de satélites Navstar-GPS de Estados Unidos, Glonass de Rusia, Galileo de Europa y Beidou de China proporcionan puntos de referencia fija en el espacio.

Midiendo el retardo de la señal enviada por cada satélite, un receptor puede establecer su posición respecto a un eje de coordenadas tridimensionales definido por el centro de La Tierra.

Haciendo uso tanto de técnicas astronómicas y topográficas como de GNSS, se han establecido con precisión centimétrica las coordenadas X, Y y Z de una serie de puntos marcados en el terreno como vértices geodésicos.

Cualquier otro punto de la superficie terrestre puede calcularse midiendo sus distancias angulares a varios vértices geodésicos, mediante el uso de instrumental topográfico y operaciones trigonométricas.



Situación de un punto mediante latitud y longitud, a partir del meridiano y el paralelo origen.

**Primer Meridiano (GREENWICH)**

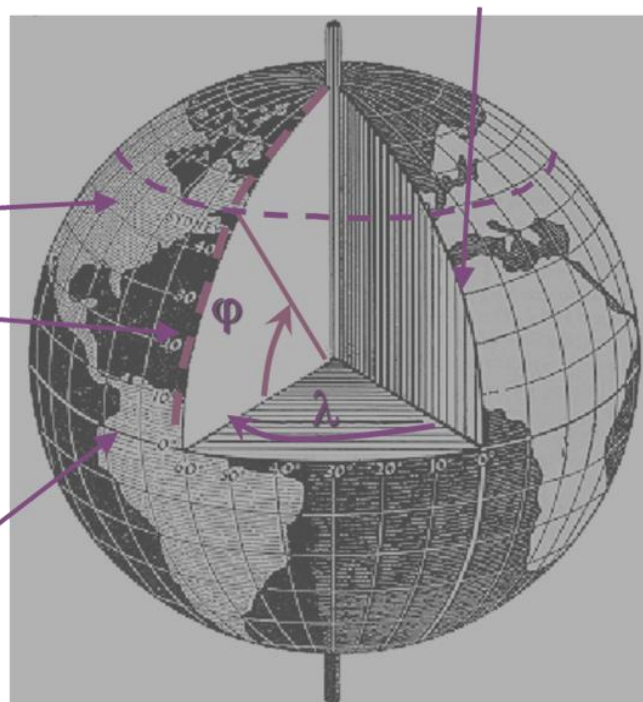
**Longitud ( $\lambda$ )**

**Paralelo Local**

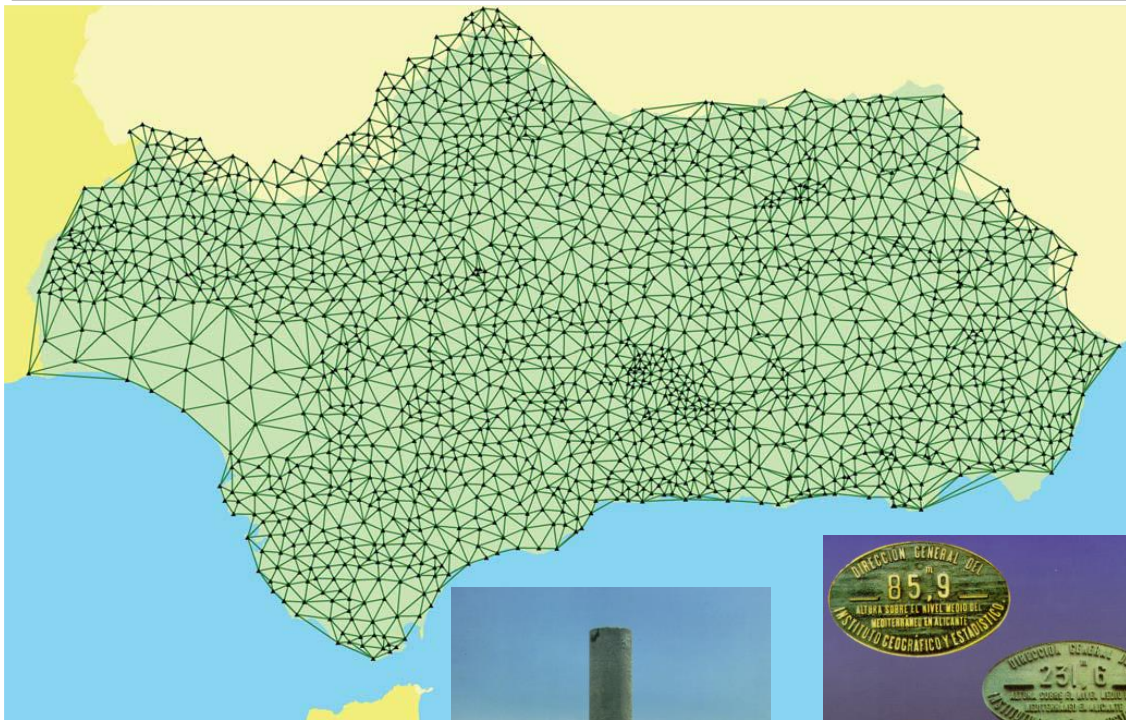
**Meridiano Local**

**Latitud ( $\phi$ )**

**Ecuador**







RED DE VÉRTICES GEODÉSICOS DE ANDALUCÍA.



En las técnicas de posicionamiento, el equivalente a los vértices son las estaciones de referencia que ofrecen corrección diferencial a los receptores GNSS. En Andalucía esta red cuenta con vértices geodésicos integrados en la [Red Geodésica Nacional](#) y con una serie de estaciones de referencia denominada [Red Andaluza de Posicionamiento](#) (RAP).

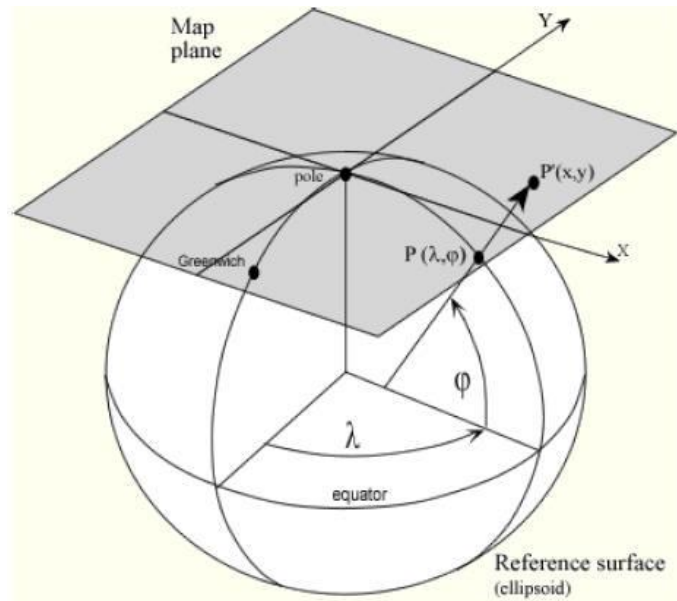


Mapa de estaciones de la Red REGENTE y de las Redes de Orden Superior Balear 98 y Red de Enlace de Canarias

Toda la información a nivel nacional puede ser consultado en el siguiente fichero [KMZ](#) para visualizarlo con Google Earth, pero advertimos que es recomendable abrir el árbol desplegable e ir activando el ítem que nos interese, de lo contrario debido a tal cantidad de información, nos puede bloquear el software e incluso el equipo al completo.

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/detalleArchivo?sec=10696512>

Como **conclusión** diremos que todos los sistemas de representación tienen el mismo fundamento, **transformar** las coordenadas geográficas ( $\varphi$ =latitud y  $\lambda$ =longitud) que definen **la posición de un punto sobre el elipsoide** de referencia, en coordenadas polares (ángulo de elevación y distancia al centro del geode) o en coordenadas cartesianas (X e Y), que definen este mismo punto **sobre una superficie plana**.



Debido al **proceso de transformación** se producen **unas deformaciones o anamorfosis**. Por definición **anamorfosis** o **anamorfismo** es una deformación reversible de una imagen producida mediante un procedimiento óptico (como por ejemplo utilizando un espejo curvo), o a través de un procedimiento matemático; en nuestro caso debido a la proyección.

Como el elipsoide de referencia, no es una superficie desarrollable, cualquiera que sea la proyección elegida, su representación plana presentará deformaciones, y estas pueden ser:

- Lineales, se calculará su módulo de deformación  $K = \frac{\Delta l'}{\Delta l} = \frac{\text{longitud terreno}}{\text{longitud proyectada}}$
- Superficiales, idem  $s = \frac{\Delta s'}{\Delta s} = \frac{\text{superficie terreno}}{\text{superficie proyectada}}$
- Angulares, idem  $s = a' - a = \text{ángulo en terreno} - \text{ángulo en proyección}$ .

Por lo que debemos de elegir transformaciones cuya representación plana conserven:

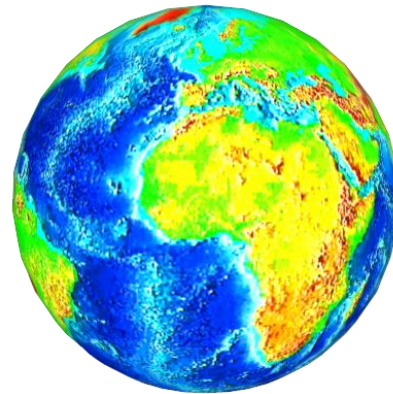
- **Distancias.**
- **Áreas.**
- **Ángulos.**



- **Sistemas de proyección.**

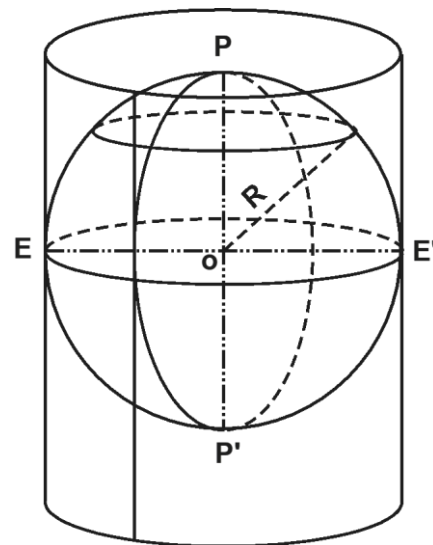
*¿Por qué NO realizar la representación sobre un GLOBO?*

Los Globos son Costosos.  
 A escalas grandes, radio muy grande.  
 Incómodos de manejar.  
 Vista en perspectiva, no ortográfica.  
 Imposibilidad de observar la totalidad de La Tierra.  
 Etc...



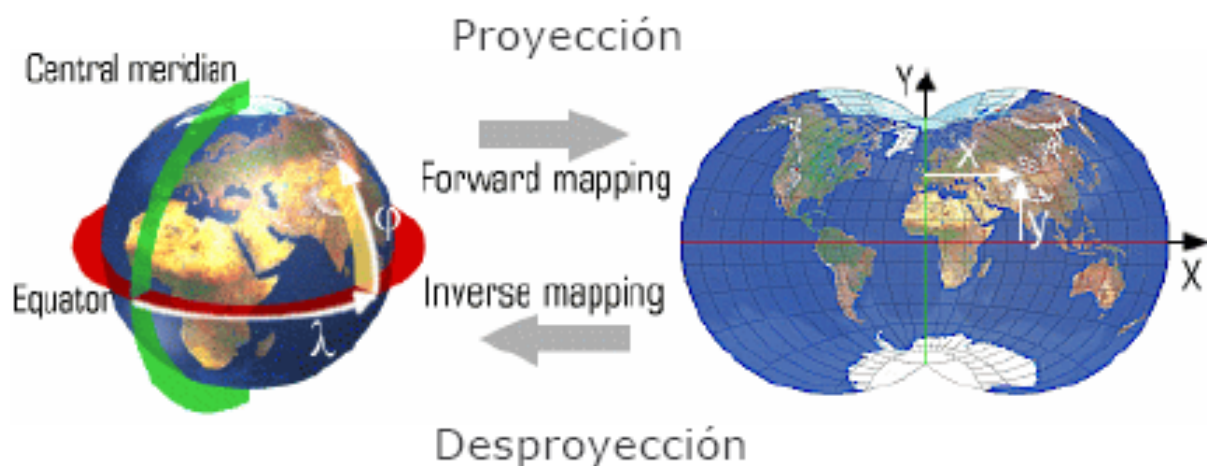
*¿Cuáles son los problemas de representar La Tierra en un plano?*

La esfera no es un sólido desarrollable.  
 Cuando se intenta representar la esfera sobre un plano, hay que transformar las líneas esféricas en curvas planas.



*¿Qué es una Proyección Cartográfica?*

Es la correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un mapa, llamado plano de proyección.



**Clasificación según las deformaciones:**


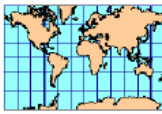
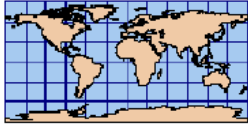

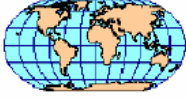
Proyección Equivalente o Autalicas: conserva SUPERFICIES

Proyección Conforme: conserva ÁNGULOS

Proyección Acimutal: conserva la Dirección, que no tiene por qué ser el ángulo.

Proyección Equidistante o Automecoicas: conserva DISTANCIAS, misma escala.

Proyección Afiláctica: algo Conforme y algo Equivalente

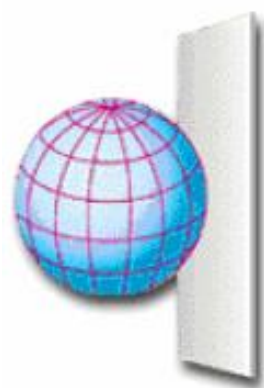
<b>Equivalentes</b>		Se conserva la superficie Son indicadas para realizar comparaciones
<b>Conformes</b>		Se conservan los angulos, y las areas si son muy pequeñas. Se usan para navegación.
<b>Equidistantes</b>		Preservan distancias de un punto a otros, pero no entre todos los puntos entre sí
<b>Acimutales</b>		Preservan la dirección de un punto a otros puntos. Se combina con alguna de las otras propiedades
<b>Afilácticas o de compromiso</b>		Poseen un compromiso entre igualdad de superficie y de forma sin cumplir ambas simultaneamente

**Clasificación según el método para proyectar la esfera al plano:**

Acimutales, proyección por *Perspectiva*.

Cilíndricas, proyección por *Desarrollo*.

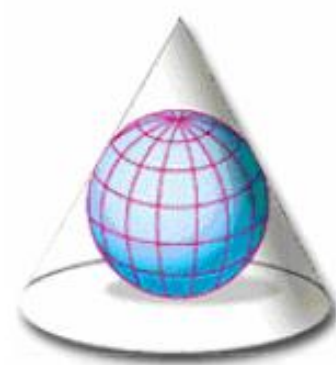
Cónicas, proyección por *Desarrollo*.



acimutales



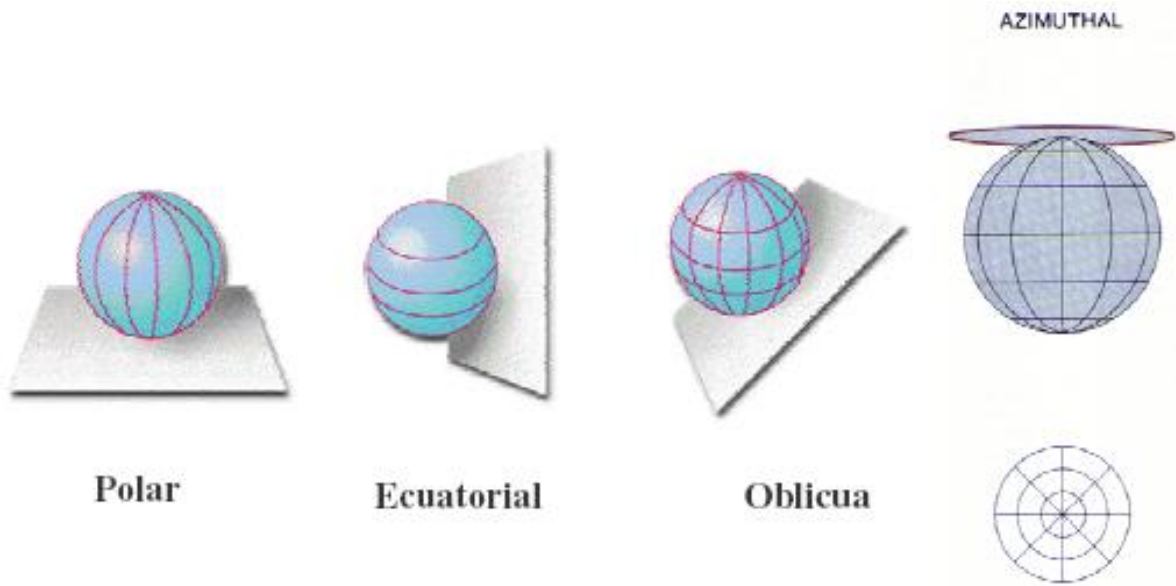
cilíndricas



cónicas

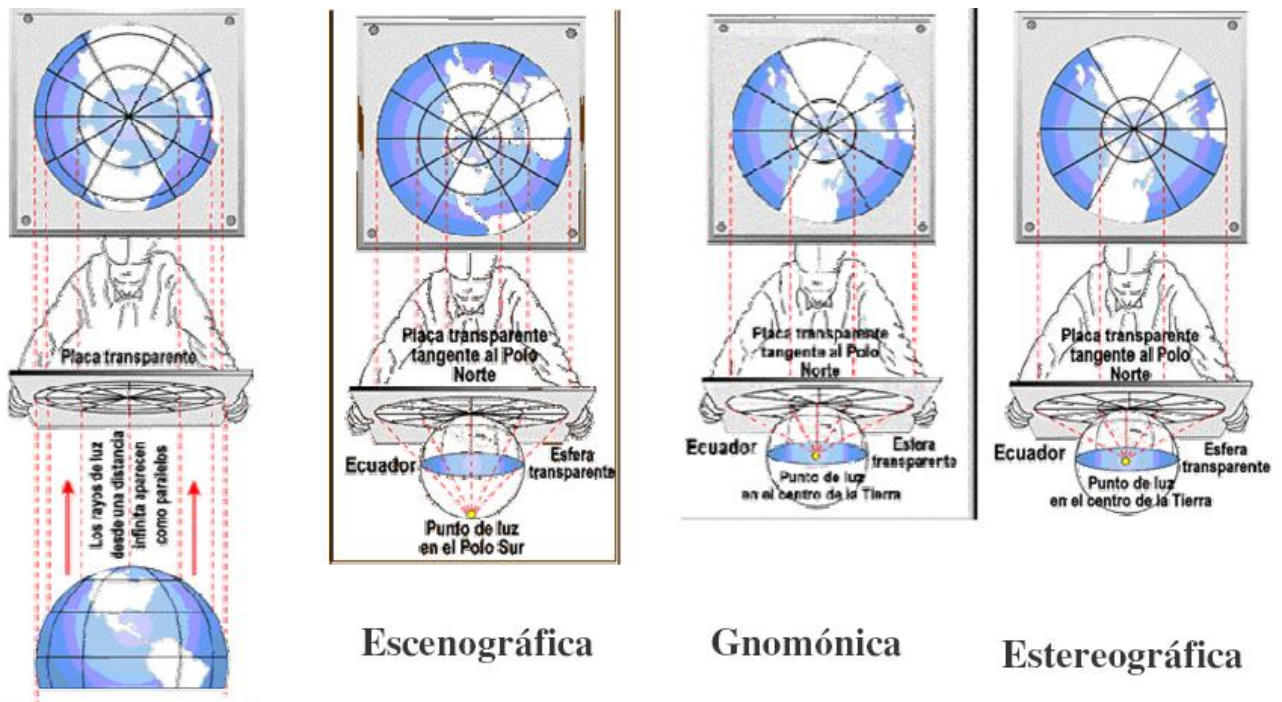


**Proyecciones acimutales:**



Según el punto de vista puede ser:

- Ortográfica, punto de vista en el infinito, las proyecciones son perpendiculares al plano de proyección.
- Escenográfica, punto de vista en el polo opuesto.
- Gnomónica o central, punto de vista en el centro de La Tierra.
- Estereográfica, punto de vista en la superficie terrestre.



**Ortográfica**

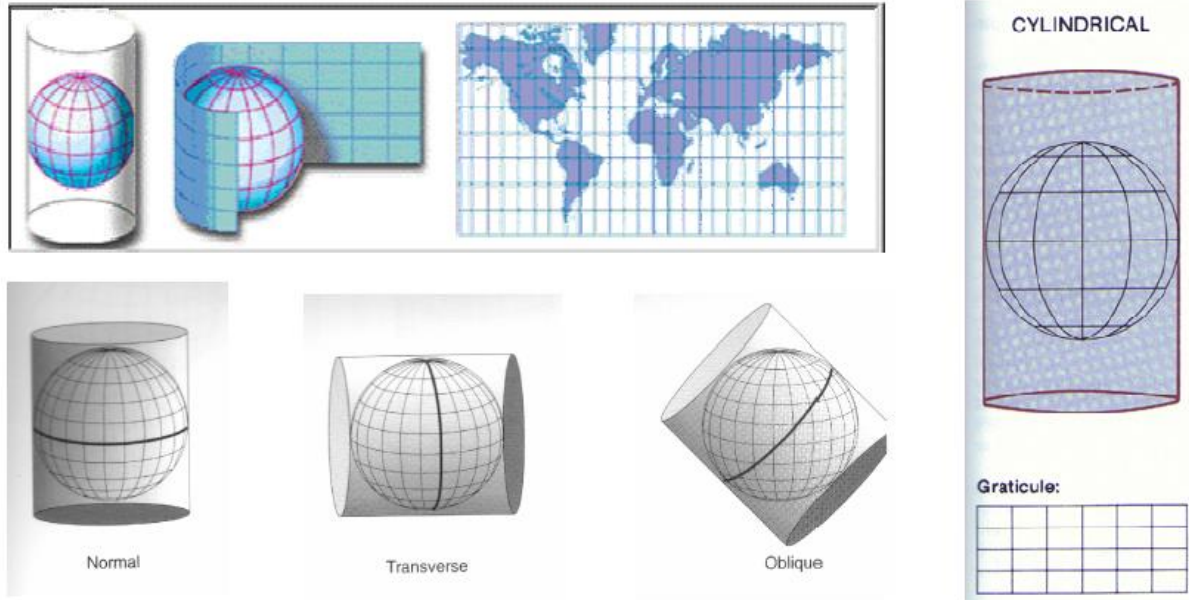
**Escenográfica**

**Gnomónica**

**Estereográfica**

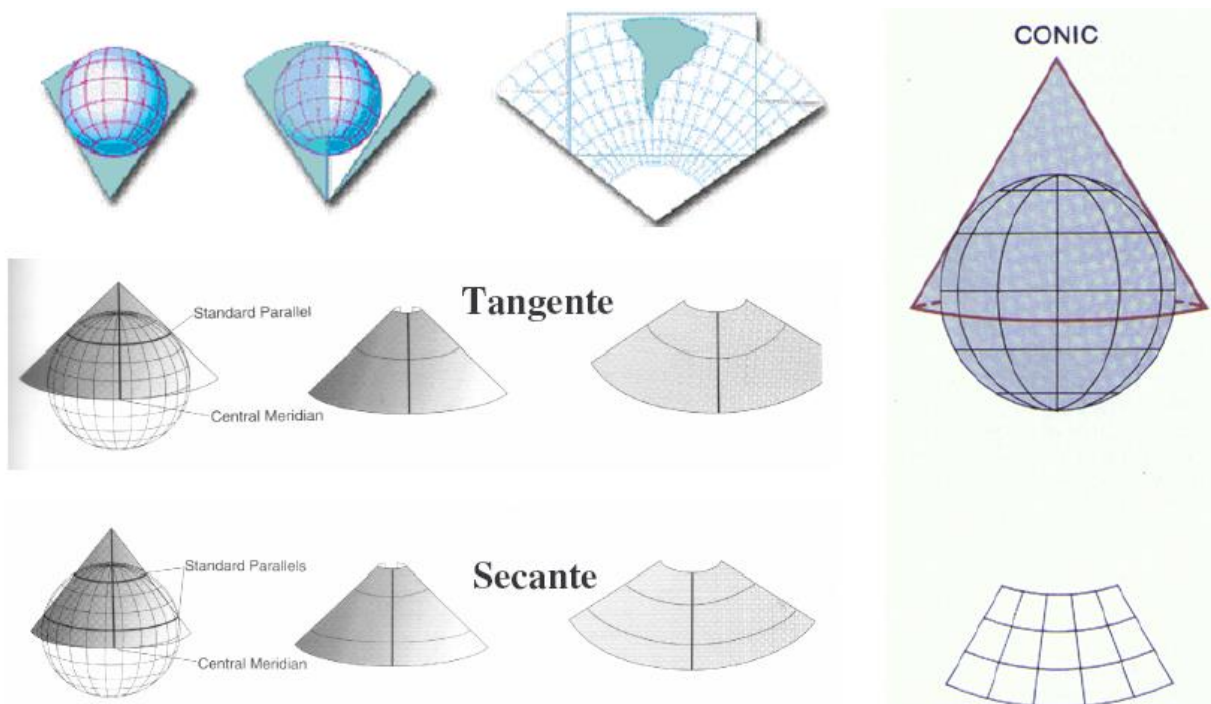
**Proyecciones Cilíndricas, (Universal Transversa Mercator):**

*La proyección por desarrollo consiste en proyectar sobre una superficie que envuelve a La Tierra, todos los puntos de ésta.*



La transformación a plano puede realizarse geoméricamente o analíticamente representando los meridianos y paralelos sobre la superficie desarrollable, de acuerdo con leyes matemáticas que se encargarán de reducir al mínimo las deformaciones comentadas anteriormente.

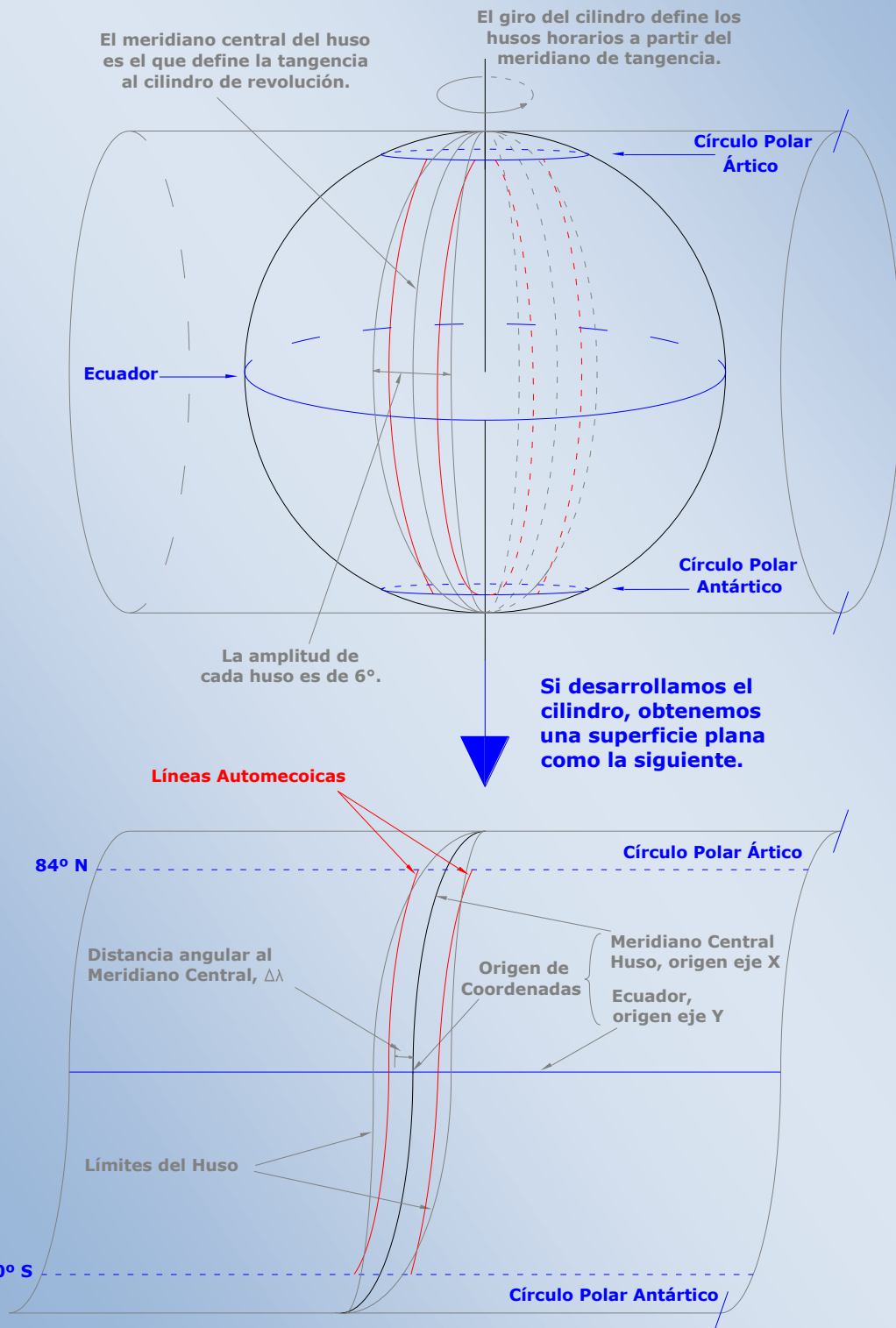
**Proyecciones Cónicas, (Lambert):**



- **Sistema de proyección UTM.**

El sistema de proyección cilíndrico **Universal Transversa Mercator, (UTM)**, es una **proyección conforme**, es decir, *mantiene los ángulos y la semejanza de áreas pequeñas de la superficie terrestre.*

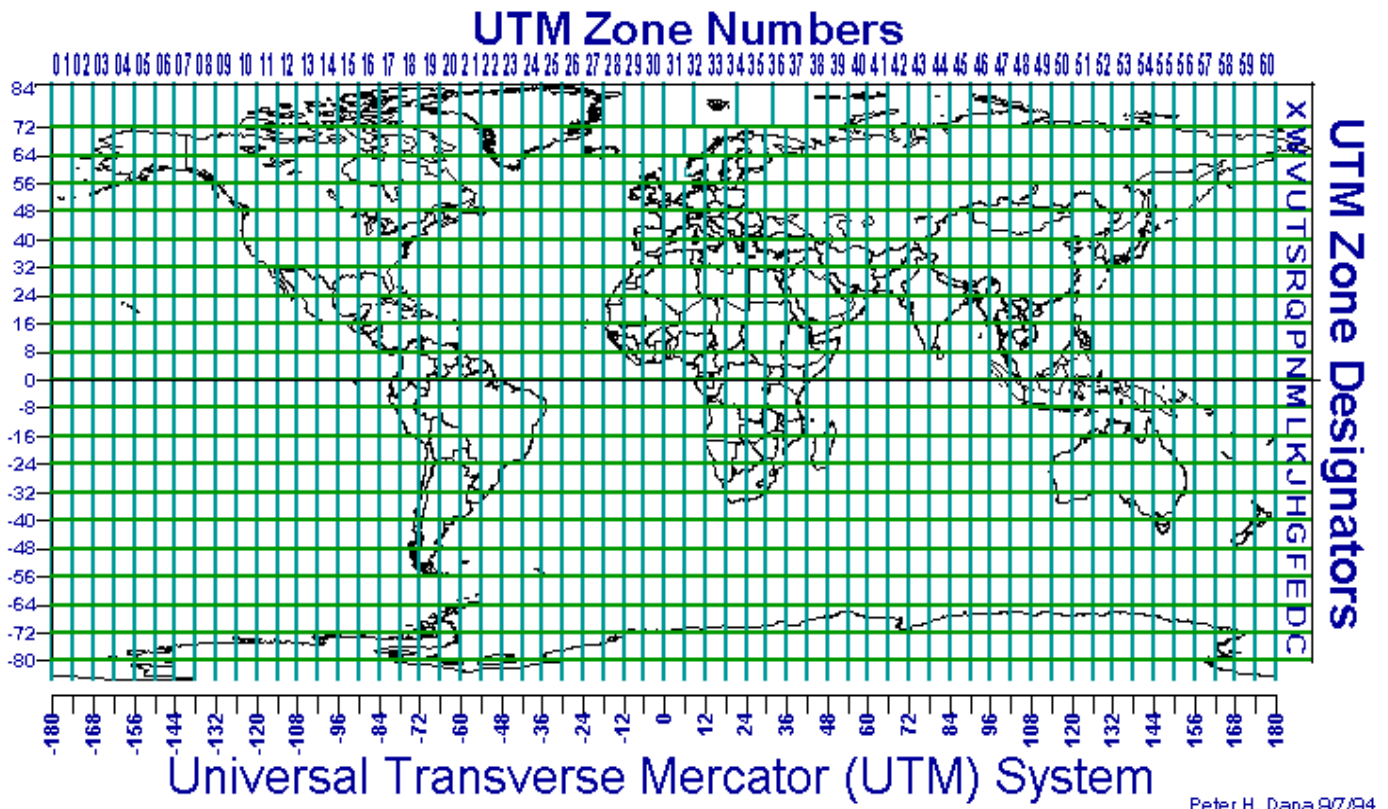
El cilindro envuelve a La Tierra de forma transversal respecto a su eje y *es semisecante, por dos líneas paralelas al centro del huso* cuyo módulo de **anamorfosis lineal es la unidad**, es decir, cada huso tiene *dos líneas automecoicas*.





Este cilindro no es considerado al completo en la dirección Norte-Sur, ya que sufre una fuerte deformación cerca de los polos, donde se utilizará otra proyección (**UPS, Universal Polar Stereographic**), de modo que sólo es funcional desde la latitud 84° N hasta 80° S. Realizando 20 divisiones paralelas al Ecuador de **8° de amplitud**, salvo el más extremo al Norte que tendría 12°. Por lo tanto, *el origen de latitud se encuentra en el ecuador con 0°*.

En el sentido Este-Oeste, realiza un giro completo, dividiendo los 360° en 60 husos horarios de **6° de amplitud**. *El origen de longitud se encuentra en el Meridiano de Greenwich, siendo su lectura de 0°*, en dirección Este se cuenta de forma positiva hasta su antimeridiano situado a +180° y en dirección Oeste se cuenta de forma negativa hasta su antimeridiano.



Una vez explicado cómo se divide la cuadrícula de la proyección UTM, veamos cómo se designan por filas y columnas.

**Existen 60 columnas denominadas HUSOS**, se empieza a contar en el antimeridiano de Greenwich con el número 1 de Oeste a Este, de modo que al llegar a 0° en longitud estaremos entre el huso 30 y 31, finalizando en el 60.

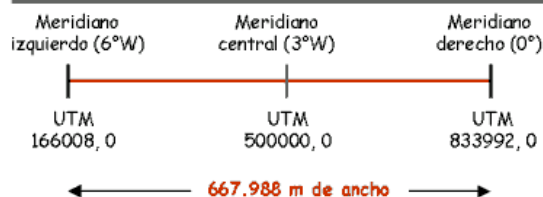
**Las filas son 20, se denominan ZONAS**, se nombran por letras comenzando por 80°S, siendo la primera la letra C, hasta llegar a 84°N, con la letra X. (No se nombrarán I, LL, Ñ, O).

Esta sería la forma tradicional de ubicar un punto cartográficamente, pero si deseamos ubicarlo topográficamente, necesitamos dar unas coordenadas cartesianas.

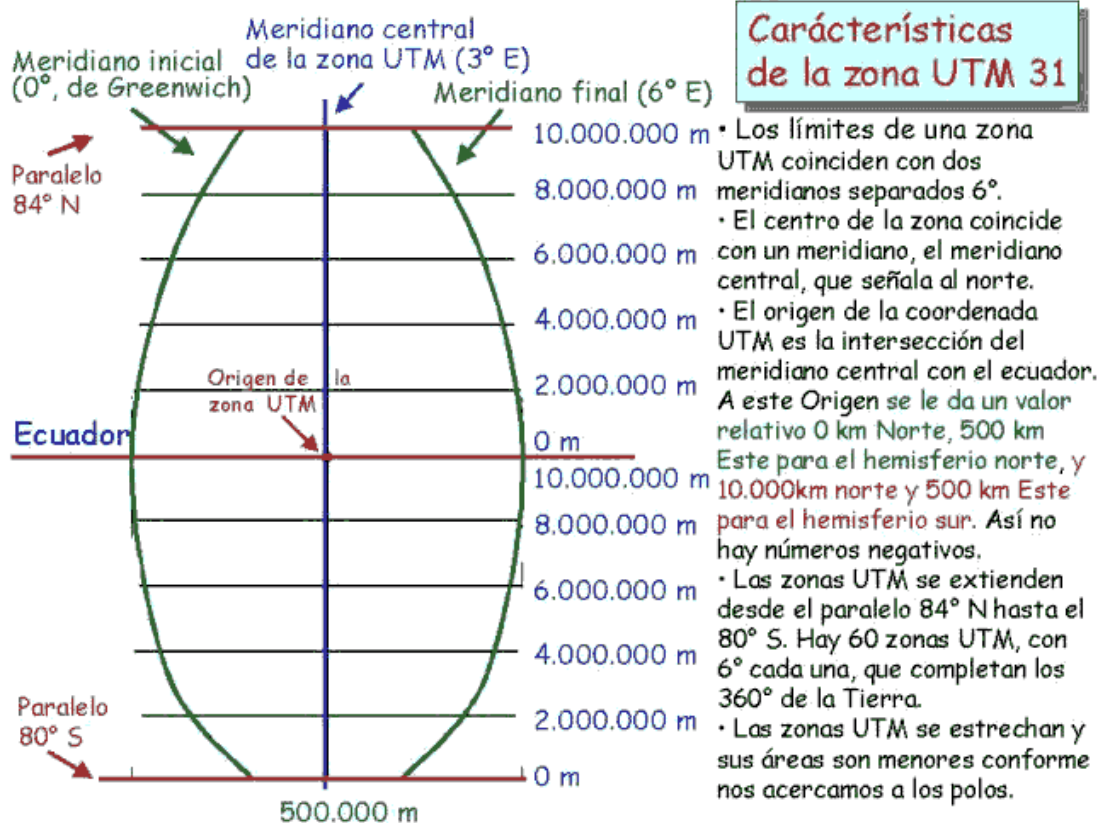
Cada huso tiene dos orígenes de coordenadas (X,Y), uno en el hemisferio Norte y otro en el Sur.

En el hemisferio Norte, el origen de coordenadas se encuentra en la unión entre su meridiano central y el ecuador, siendo las coordenadas de este punto (500.000, 0); de esta forma se evita trabajar con coordenadas negativas en el eje de las X (ya que 6° de amplitud son unos 668 km, 334.000 m a cada lado).

**Detalles de la zona UTM 30 en el ecuador**



En el hemisferio Sur, el origen también está situado en la unión del meridiano central del huso con el ecuador, siendo su origen de coordenadas, (500.000, 10.000.000); para evitar coordenadas negativas en el eje de las Y, (la distancia que hay entre el ecuador y la latitud 80°S es de 8.890.000 m).



Fuente: [http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html)

Por lo tanto, para que un punto quede designado perfectamente no basta con dar sus coordenadas X e Y, ya que estas se repiten en cada huso, sino que también tendremos que dar el Huso y la Zona. Por ejemplo:

**30 S 238492 / 4121745 Datum: WGS84.** Esto quiere decir que el punto se encuentra en el huso 30, zona S, y tiene coordenadas X= 238492 e Y= 4121745, según el Datum/elipsoide: WGS84, típico de aparatos GPS y con una apreciación de 1 m. (X= 6 dígitos, Y= 7 dígitos)

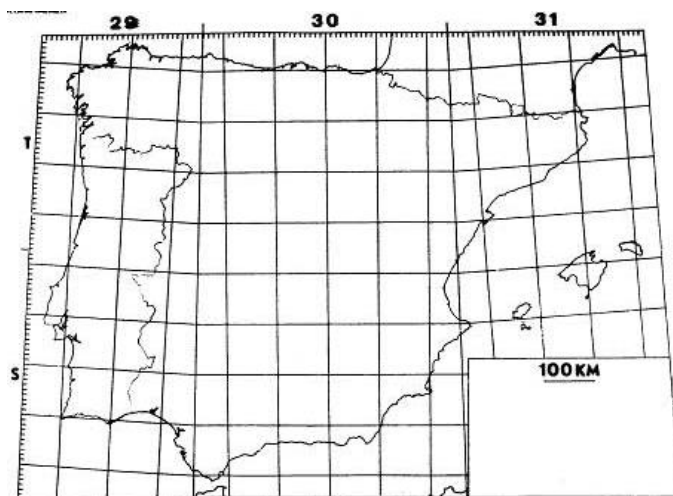
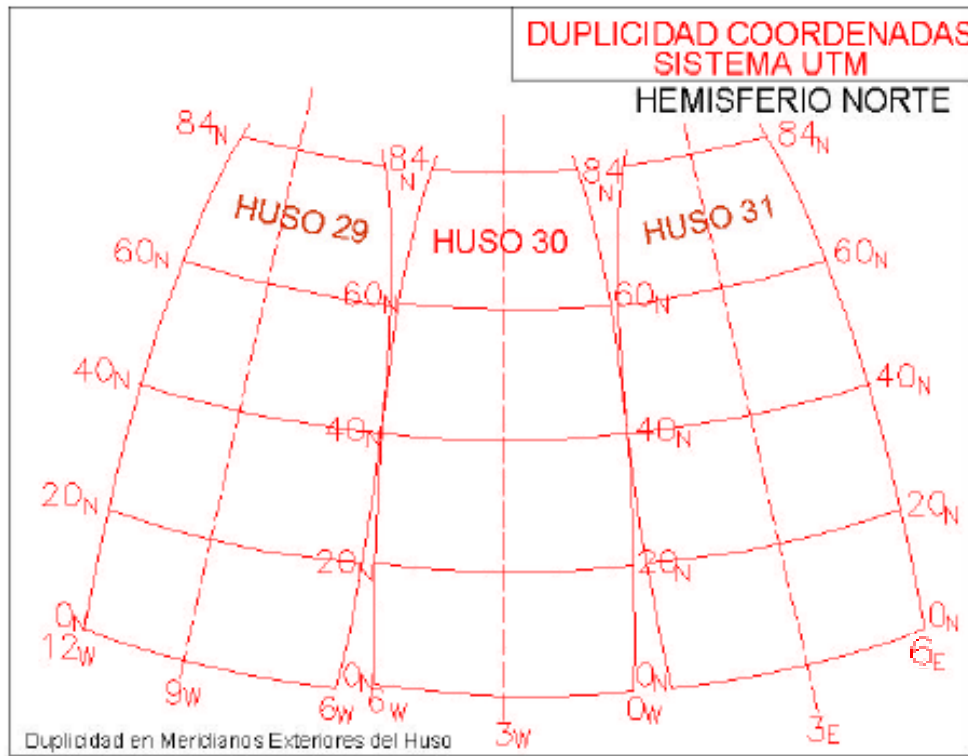
Este mismo punto se podría dar con diferentes precisiones en función al límite de percepción visual:

- Precisión de 10 m: 30 S 23849 / 412174 Datum: WGS84. (X= 5 dígitos, Y= 6 dígitos)
- Precisión de 100 m: 30 S 2384 / 41217 Datum: WGS84. (X= 4 dígitos, Y= 5 dígitos)
- Precisión de 1000 m: 30 S 238 / 4121 Datum: WGS84. (X= 3 dígitos, Y= 4 dígitos)

En muchas ocasiones aparece la cifra sin la barra de separación X/Y, y debemos interpretar ésta.

A veces también nos encontramos en vez de X, Y; east, north, en modo anglosajón.

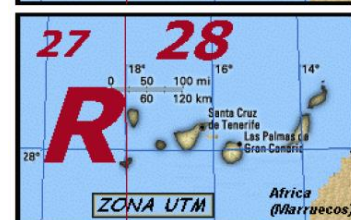
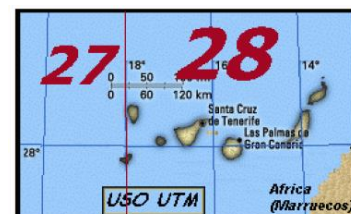
A todo ello hay que añadir que **en las zonas donde se unen dos husos existe duplicidad de coordenadas** (como se puede observar en la figura), además conforme nos acercamos al polo disminuyen la amplitud en el eje X.



Debido a que la mayoría de la península se encuentra en el huso 30, los puntos situados en los husos 29 y 31 son expresados también en el 30.

Del mismo modo actuamos en las Islas Canarias, se calcula todo para el huso 28 zona R.

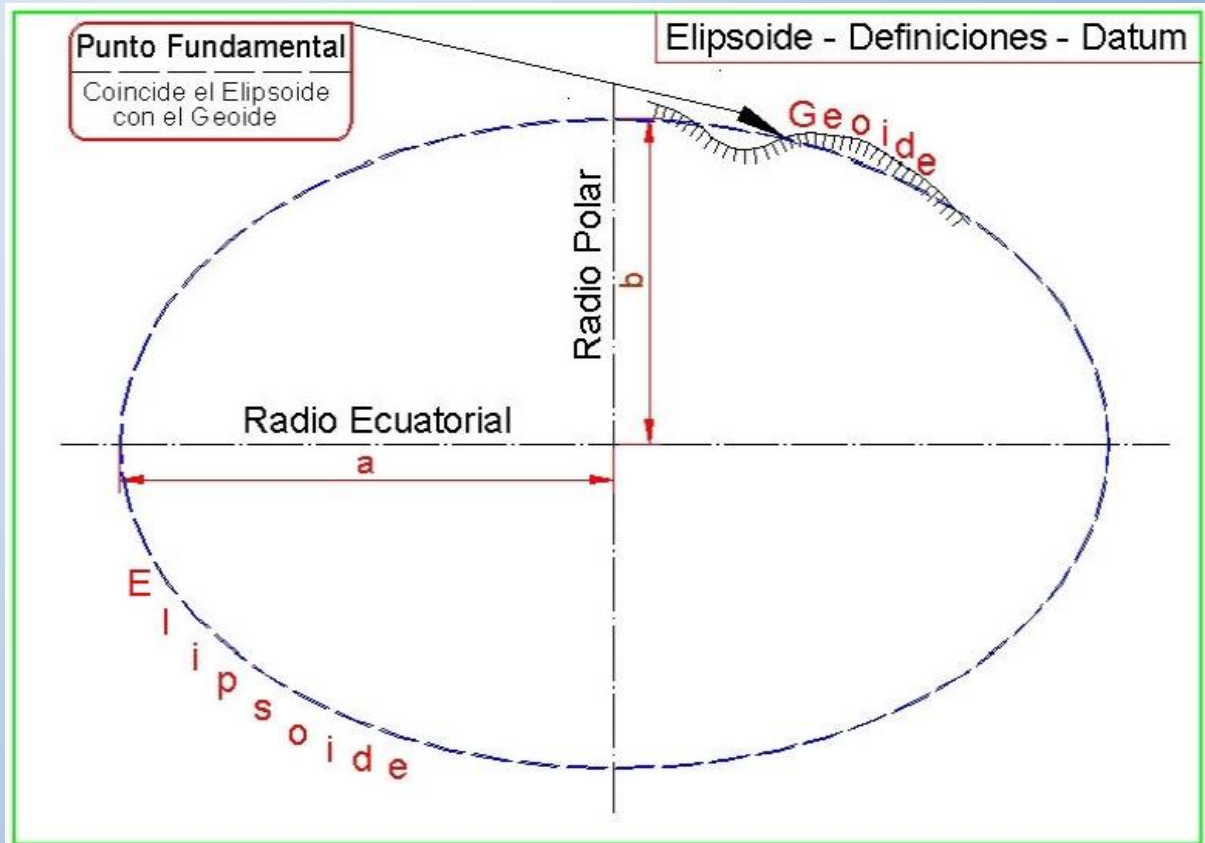
No estaría nada mal, repasar también los conceptos de declinación y convergencia de meridianos.





## El Datum.

Hasta ahora, ha aparecido esta palabra en varias ocasiones, pero no se ha definido. Aunque más adelante se hablará y trabajará con **el Datum**, vamos ahora a definirlo: se dice que **es el punto tangente al elipsoide y al geoide, es decir, donde ambos coinciden**.



Cada datum está compuesto por un elipsoide y un punto llamado fundamental donde el elipsoide y La Tierra son tangentes, este punto vendrá definido por su longitud y latitud.

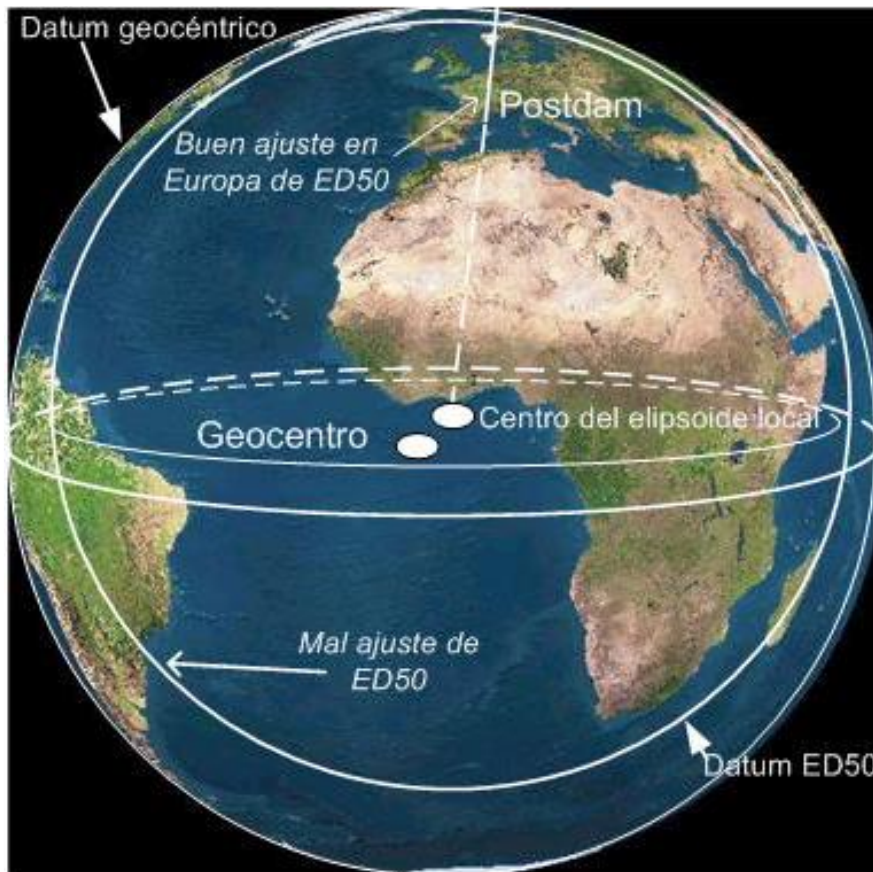
El **ED50** tiene como *elipsoide el de Hayford (Internacional)*, el nombre del punto es *Potsdam, Helmersturm* y comprende toda Europa.

El **WGS84** está basado en el *elipsoide SGR80 (Global Universal)*, usado por los GPS (*WGS, World Geodetic System, Sistema Geodésico Mundial*).

El datum **ETRS89** está basado en el *elipsoide SGR80* con alturas elipsoidales, precisión relativa de 2-4 cm y es equivalente a WGS84 para la gran mayoría de las aplicaciones topográficas o cartográficas.

A día de hoy en España se trabaja con el datum ETRS89 conforme al **Real Decreto 1071/2007**, el cual explica y regula la transformación de la vieja cartografía existente en ED50 a ETRS89. **Desde enero del 2015 se trabaja sólo y exclusivamente con el datum mundial ETRS89**

En la siguiente imagen podemos observar la adaptación del Datum **ED50** al territorio europeo y la deformación para otras áreas de la corteza terrestre.



Para el Datum **ED50** se escogió la llamada Torre de Helmert sita en el Observatorio de **Potsdam**, en las cercanías de Berlín.



Se adoptó el elipsoide de Hayford de 1909, que también se conoce como Internacional de 1924, pues fue en este año en la reunión de Madrid cuando se llegó al acuerdo.

Este es el motivo por el que se ha decidido trabajar con el Datum **ETRS89**, que se adapta mejor al datum geocéntrico.

- **¿Por qué ETRS89?**

Al objeto de concretar en este tema y resumir los últimos cambios legislativos, se facilitan las preguntas frecuentes y sus respuestas según el Instituto Geográfico Nacional:

Fuente disponible en <https://www.ign.es/web/preguntas-frecuentes#>

- **¿Por qué se ha cambiado el Sistema Geodésico de Referencia en España?**

Con el desarrollo de las técnicas de navegación y posicionamiento GPS durante los años 80, y con el objetivo fundamental de que todos los países de Europa dispongan de una cartografía en un sistema de referencia único y homogéneo, se formó la Subcomisión EUREF de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG). Desde entonces, esta Subcomisión ha promovido la adopción para todos los países del continente del sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), trasladando este objetivo a la Comisión Europea en 1999 a través de Eurogeographics.

En España, la regulación se ha llevado a cabo mediante el [Real Decreto 1071/2007](#), de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, en el que se establece que "...toda la cartografía y bases de datos de información geográfica y cartográfica producida o actualizada por las Administraciones Públicas deberá compilarse y publicarse conforme a lo que se dispone en este real decreto a partir del 1 de enero de 2015, etc.".

### - ¿Qué precisión tienen las coordenadas de las redes geodésicas?

- La Red de Estaciones Permanentes consta de estaciones GNSS con medición continua a lo largo del tiempo, con estaciones integradas en las redes internacionales IGS y EUREF, definiendo por tanto los marcos ITRF en España y sus respectivos campos de velocidades. Por ello su precisión en coordenadas absolutas dentro de los marcos vigentes en cada momento (ITRF<sub>y</sub>) es del orden de 1 cm.
- La red REGENTE tiene una precisión nominal de 5 cm en coordenadas absolutas, aunque su precisión interna es algo mayor.
- La Red de Orden Inferior (ROI) está ajustada en ETRS89 sobre las coordenadas de REGENTE utilizando observables GPS en algunos casos (Andalucía, Cataluña, Navarra, Baleares y otros vértices por toda España) y observables clásicos angulares (en la mayoría de la red). Las elipses de error resultantes de este ajuste figuran en las respectivas reseñas de los vértices, al lado de las coordenadas ETRS89, siendo muy variable, aunque con una media de 8 cm de precisión relativa.
- La Red Española de Nivelación de Alta Precisión se ha observado con una tolerancia máxima relativa entre señales de  $1,5 \sqrt{K}$  mm, por lo que su precisión interna es máxima. En cuanto a la precisión absoluta, los nodos más alejados de Alicante (único punto constreñido), como Coruña o Gerona tienen un vector de error vertical al 95% de confianza de 8 cm. Respecto a las coordenadas planimétricas ETRS89, la precisión figura en la reseña de cada señal según el método de observación GPS empleado en su medición.

### - ¿Existe una transformación exacta entre ED50 y ETRS89?

En sí mismo la idea convencional de dos datum distintos, dos elipsoides de diferente tamaño y forma situados en dos puntos del espacio distintos se relacionan exactamente mediante expresiones matemáticas que únicamente contienen traslaciones, rotaciones y un factor de escala. Entonces, ¿por qué no existe una relación perfecta entre ED50 y ETRS89? La respuesta a esta pregunta es debida a que la realización del sistema de referencia depende de varios factores: técnicas de observación, método de compensación, equipo humano e instrumental utilizado, etc. En consecuencia, la realización de un datum presenta heterogeneidades, más aún en un datum clásico como ED50 basado en medidas terrestres junto con algunas espaciales.

En cualquier caso, si se observan una serie de puntos con GPS de una forma muy precisa (por ejemplo 1 cm) en el sistema ETRS89 y se requieren coordenadas en el sistema ED50, para no perder la precisión original, será siempre necesario aplicar una transformación estrictamente conforme.

### - ¿Por qué ETRS89 y no WGS84?

WGS84 y ETRS89 son equivalentes para la gran mayoría de aplicaciones topográficas o cartográficas, aunque estrictamente, a nivel geodésico, existen diferencias importantes. WGS84 es el sistema geodésico de referencia original del GPS, pero ni en España ni en Europa existe materialización del mismo, ya que todas las redes geodésicas tienen coordenadas en ETRS89. Este es un sistema basado en los marcos internacionales de referencia (ITRF), que contemplan velocidades de placa, parado en la época 1989,0.

### - ¿Un punto tiene una latitud y longitud únicas?

Si existen varios Datums, consecuentemente tendremos diferentes meridianos origen y ecuadores, dependiendo de la colocación en el espacio, tamaño y forma de estos elipsoides. Esto lleva a que un punto real de la superficie de la Tierra tenga una latitud y longitud distinta dependiendo del Datum al que se haga referencia.



- **¿Las coordenadas verdaderas o terreno de un punto nunca cambian?**

Depende de la resolución con que seamos capaces de conocer las coordenadas de un punto. Los modernos sistemas de referencia, como ITRS2000, con resoluciones centimétricas, son sensibles a los cambios en la posición de un punto debido a fenómenos geológicos como: movimiento de placas (deriva continental), elevación post glacial, etc, de tal forma que un punto tiene coordenadas y velocidades anuales de placa. Esto nos lleva a la siguiente pregunta: ¿quiere decir que cada año voy a tener unas coordenadas distintas de los vértices geodésicos? El sistema de referencia ETRS89 ha sido concebido para evitar este inconveniente práctico, publicándose con cada realización ITRFyy los parámetros de transformación a ETRS89, de tal forma que ETRS89 es un sistema "parado" en una determinada época (1989,0).

- **¿Por qué en el manual de mi navegador GPS figuran al menos 5 Datums distintos de ED50?**

Debido a la heterogeneidad que presenta ED50 es habitual, sobre todo con modelos de transformación simples incluidos en los navegadores, que aparezcan transformaciones del tipo: ED50-Europa\_medio, ED50-España\_Portugal, ED50-España. Los parámetros de transformación de cada uno han sido creados con una porción de red geodésica correspondiente a ese país y, serán más ajustados, en principio, cuanto menos territorio comprendan.

- **¿UTM es sinónimo de coordenadas ED50?**

FALSO. La proyección Universal Transversa de Mercator no es exclusiva de ningún datum en particular. Un sistema de proyección cartográfica es una función biunívoca de transformación entre latitudes, longitudes geodésicas y coordenadas planas. En consecuencia existirán coordenadas UTM WGS84 basadas en el elipsoide del mismo nombre y UTM ED50 basadas en el elipsoide Internacional (Hayford).

- **En Canarias, ¿qué es REGCAN95? ¿Es lo mismo REGCAN95 que ETRS89?**

ETRS89 es, por definición, extensible a la parte estable de la placa Eurasiática, ya que los parámetros de transformación ITRFyy - ETRS89 están calculados para velocidades homogéneas en la misma placa. Por tanto, ETRS89 no puede existir en Canarias y lo que se hizo para materializar el sistema REGCAN95 fue "parar" el marco ITRF93, en la época de observación de REGENTE Canarias (1994,9).

El elipsoide de referencia para REGCAN95, en la práctica, es el mismo que para ETRS89 (SGR80). La diferencia entre ETRS89 península y REGCAN95 es de unos 15 cm, correspondientes al desplazamiento de placas entre 1989,0 y 1994,9 (casi 6 años).

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA.

FERNÁNDEZ-COPPEL, IGNACIO ALONSO, [Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. El Datum.](#) UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.

MORANT DE DIEGO, TERESA y MARTÍN BETANCOR, MOISÉS, Apuntes y Transparencias de las asignaturas Cartografía I y II, UNIVERSIDAD LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

CALDERÓN PEDRERO, GONZÁLEZ MEDIERO, PÉREZ ROMERO, Apuntes de Cartografía, UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

PRISCILLA MINOTTI, Conceptos de Geodesia. UNIVERSIDAD CAECE. Argentina.

GONZÁLEZ-MATESANZ, JAVIER y DALDA-MOURÓN, ADOLFO, Modelos de transformación entre ED50 y ETRS89, INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL.

I.C.A., La Cartografía en Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transporte.

REAL DECRETO 1071/2007, de 27 Julio, BOE núm. 207.

DECRETO 141/2006, de 18 Julio, BOJA núm. 154.

- **Legislación.**

Fuente: BOE núm. 207 publicado el Miércoles, 29 agosto 2007.

**15822** *REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.*

En el año 1852 comenzaron los trabajos de la Red Geodésica Fundamental por la Comisión del Mapa de España, que tenían que servir como base para la formación del Mapa Nacional a escala 1:50.000. Se adoptó como elipsoide de referencia el de Struve, datum Madrid y origen de longitud el meridiano de Madrid (Observatorio Astronómico Nacional). La proyección cartográfica elegida fue la poliédrica, lo que establecía un sistema de referencia local adaptado a la Península Ibérica, sobre el cual se realizaron las primeras series cartográficas.

Posteriormente, y hasta el año 1934, el Instituto Geográfico procedió a la densificación de la Red Fundamental, con las redes de segundo y tercer orden. Las observaciones geodésicas realizadas, junto con las observaciones geodésicas del resto de los países europeos, dieron lugar a la creación del sistema de referencia ED50 cuyo elipsoide es el internacional de Hayford 1924, datum en Potsdam, Alemania, 1950, y el meridiano origen de longitudes el de Greenwich, sistema de referencia vigente actualmente en España desde el año 1970 junto con el sistema de representación cartográfico UTM, Universal Transversa Mercator, conforme al Decreto 2303/1970, de 16 de julio, y sobre los que actualmente se desarrolla toda la cartografía básica y derivada oficial en España.

Desde el lanzamiento de los primeros satélites artificiales para los primitivos sistemas de navegación y posicionamiento, TRANSIT, LORAN, etc., hasta llegar a los sistemas de navegación por satélite (GNSS), como el GPS, el GLONASS y el futuro sistema europeo GALILEO, han ido desarrollándose los modernos sistemas de referencia geodésicos globales, que permiten alta precisión y homogeneidad para el posicionamiento y la navegación.

El sistema de referencia ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989, ligado a la parte estable de la placa continental europea, es consistente con los modernos sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS y el europeo GALILEO. Su origen se remonta a la resolución de 1990 adoptada por EUREF (Subcomisión de la Asociación Internacional de Geodesia, AIG, para el Marco de Referencia Europeo) y trasladada a la Comisión Europea en 1999, por lo que está siendo adoptado sucesivamente por todos los países europeos. Por otra parte, en 1995 la compensación de la red geodésica de Canarias, dentro del marco de la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, supuso la materialización del sistema denominado REGCAN95, completamente compatible con el sistema ETRS89.

El objeto de este real decreto es la adopción en España del sistema de referencia geodésico global, ETRS89, sustituyendo al sistema geodésico de referencia regional ED50 sobre el que actualmente se está compilando toda la cartografía oficial en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares, y el sistema REGCAN95 en el ámbito de las Islas Canarias, permitiendo una completa integración de la cartografía oficial española con los sistemas de navegación y la cartografía de otros países europeos. Asimismo, y en correspondencia con lo anterior, también se dispone la adopción de los sistemas de representación de coordenadas que deben utilizarse para compilar y publicar la cartografía e información geográfica oficial según sus características.

Este real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.13.<sup>a</sup> de la Constitución, que atribuye al Estado la competencia sobre bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica. La doctrina del Tribunal Constitucional avala la existencia de normas estatales que garanticen la unicidad técnica y la coordinación, y también que el rango de la norma, excepcionalmente, resulta suficiente dado su carácter marcadamente técnico.

En el proceso de elaboración de este real decreto han sido oídas las Comunidades Autónomas, así como el Consejo Superior Geográfico, que ha evacuado su informe favorable en la reunión celebrada el día 17 de mayo de 2007.

En su virtud, a propuesta conjunta de la Ministra de Fomento y del Ministro de Defensa, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 27 de julio de 2007,

DISPONGO:

CAPÍTULO I

### Disposiciones generales y sistemas de referencia

#### Artículo 1. Objeto.

Este real decreto regula el sistema de referencia geodésico sobre el que se debe compilar toda la información geográfica y cartografía oficial, permitiendo una completa integración de la información geográfica y de la cartografía oficial española con la de otros países europeos y con los sistemas de navegación.

#### Artículo 2. *Ámbito subjetivo de aplicación.*

Este real decreto será de aplicación a la producción cartográfica e información geográfica oficiales referida a todo o parte del territorio español.

#### Artículo 3. *Sistema de Referencia Geodésico.*

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. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.

#### Artículo 4. *Sistema de Referencia Altimétrico.*

1. Se tomará como referencia de altitudes los registros del nivel medio del mar en Alicante para la Península y las referencias mareográficas locales para cada una de las islas. Los orígenes de las referencias altimétricas serán definidos y publicados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.
2. El sistema está materializado por las líneas de la Red de Nivelación de Alta Precisión.
3. El datum hidrográfico al que están referidas las sondas, cero hidrográfico, será definido y publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y representará la referencia altimétrica para la cartografía náutica básica.

CAPÍTULO II

### Otras disposiciones

#### Artículo 5. *Representación planimétrica de cartografía oficial.*

1. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escala igual o menor de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Cónica Conforme de Lambert.
2. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escalas mayores de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Transversa de Mercator.
3. Para cartografía náutica se adopta la proyección Mercator.

#### Artículo 6. *Corte de hojas y numeración de cartografía oficial.*

1. Para la representación planimétrica terrestre, el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50) es la serie fundamental en lo que a división de hojas se refiere.
2. Las hojas del MTN50 tendrán un tamaño de 10' en latitud y 20' en longitud siguiendo los meridianos y paralelos. Su distribución será la que figura en el Anexo.
3. Las hojas a escala 1:25.000 tendrán un tamaño de 5' x 10' que resultará de dividir la correspondiente hoja del MTN50 en cuatro cuartos. Las hojas a escala 1:10.000 tendrán un tamaño de 2' 30" x 5' que resultará de dividir la correspondiente hoja del MTN50 en dieciséis partes. Las hojas a escala 1:5.000 tendrán un tamaño de 1' 15" x 2' 30" que resultará de dividir la correspondiente hoja del MTN50 en sesenta y cuatro partes.
4. Las designaciones numéricas de las hojas del MTN50 del Instituto Geográfico Nacional (numeración correlativa) y la de la serie 1:50.000 de la Cartografía Militar del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (numeración columna-fila) tendrán la misma consideración oficial, debiendo rotularse ambas numeraciones en dichas series.

#### Disposición transitoria primera. *Método de transformación.*

El Consejo Superior Geográfico deberá facilitar, a través de su página web ubicada en el portal [www.fomento.es](http://www.fomento.es), el método de transformación entre los sistemas de referencia nuevos y antiguos, su forma de utilización y la información técnica asociada.



Disposición transitoria segunda. *Compilación y publicación de la cartografía y bases de datos de información geográfica y cartográfica.*

Toda la cartografía y bases de datos de información geográfica y cartográfica producida o actualizada por las Administraciones Públicas deberá compilarse y publicarse conforme a lo que se dispone en este real decreto a partir del 1 de enero de 2015. Hasta entonces, la información geográfica y cartográfica oficial podrá compilarse y publicarse en cualquiera de los dos sistemas, ED50 o ETRS89, conforme a las necesidades de cada Administración Pública, siempre que las producciones en ED50 contengan la referencia a ETRS89.

Disposición transitoria tercera. *Obligación de inscripción en el Registro Central de Cartografía.*

A partir del 1 de enero de 2012 no podrá inscribirse en el Registro Central de Cartografía ni incluirse en el Plan Cartográfico Nacional ningún proyecto nuevo que no se atenga a las especificaciones del presente real decreto.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Queda derogado en su totalidad el Decreto 2303/1970, de 16 de julio, por el que se adopta la proyección Universal Transversa Mercator (U.T.M.) para la revisión y nueva edición del Mapa Topográfico Nacional, y el Decreto 2992/1968, de 21 de noviembre, por el que se aprueban las bases para una nueva reglamentación de la Cartografía Militar del Ejército de Tierra, en lo que se oponga a lo dispuesto en el presente Real Decreto.

Disposición final primera. *Título competencial.*

El presente real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.13.<sup>ª</sup> de la Constitución, que atribuye al Estado la competencia sobre bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

El presente real decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Palma de Mallorca, el 27 de julio de 2007.

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno  
y Ministra de la Presidencia,

MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

Mencionar en este punto que, si bien trabajaremos en ETRS89, desde un punto de vista informático, la introducción de coordenadas y nombrado de los ficheros en numerosas ocasiones ha conllevado malas interpretaciones o incompatibilidades de lecturas. Para evitar ello es una práctica bastante extendida que por ejemplo al trabajar con coordenadas UTM ETRS89 zona 30 norte, éstas sean compiladas y nombradas conforme al código [EPSG:25830](https://epsg.org/epsg/25830).

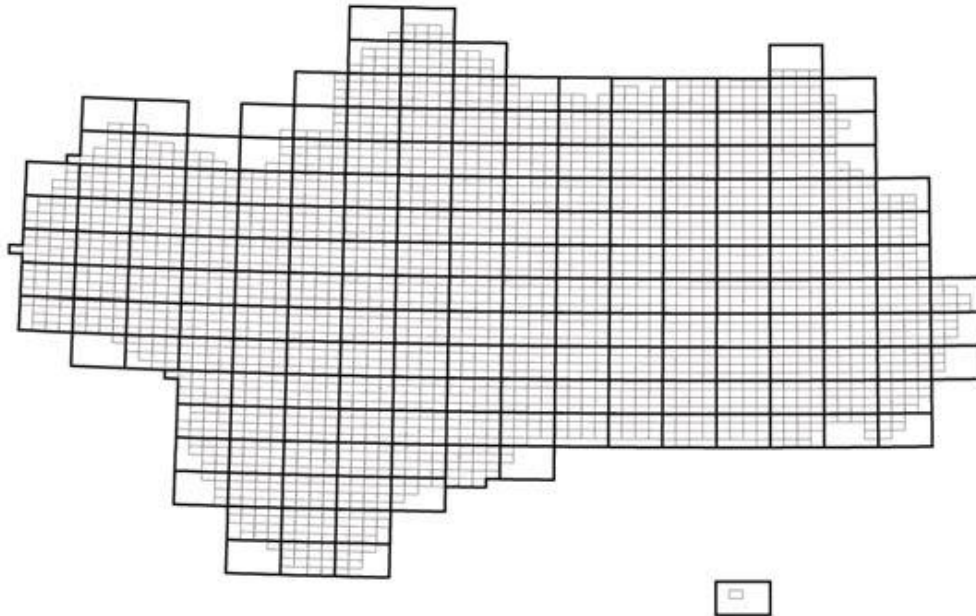
**European Petroleum Survey Group** o **EPSG** (1986-2005) fue una organización científica vinculada a la industria del petróleo europea. Estaba formada por especialistas que trabajaban en el campo de la geodesia, la topografía y la cartografía aplicadas en relación con la exploración petrolífera. EPSG compiló y difundió el conjunto de parámetros geodésicos EPSG, una base de datos ampliamente usada que contiene elipsoides, datums, sistemas de coordenadas, proyecciones cartográficas, etc. Las tareas previamente desempeñadas por la EPSG son retomadas en 2005 por la International Association of Oil and Gas Producers Surveying and Positioning Committee ([IOGP](http://www.iogp.org)). Este Sistema de Identificador de Referencia Espacial (SRID, en su acrónimo inglés) continúa conociéndose como EPSG y es accesible a través de Internet, donde se puede descargar una base de datos en formato Access publicada por la IOGP. La estructura de la base de datos es compatible con la norma ISO 19111. La base de datos se actualiza tres o cuatro veces al año.

Los [códigos EPSG](https://epsg.org/) de sistemas de referencia están ampliamente extendidos, sobre todo al trabajar con Sistemas de Información Geográfica ([SIG](http://www.sig.es)) y Servicios Web de Mapas ([WMS](http://www.wms.es)).

- **RAP (Red Andaluza de Posicionamiento).**

A nivel de la Comunidad Autónoma Andaluza, el actual Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía ([IECA](#)), anterior ICA, adscrito a la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, es el organismo encargado de:

- La programación y elaboración de la cartografía básica y derivada de la Comunidad Autónoma.
- La coordinación y normalización de la cartografía temática y de las bases de datos geográficas.



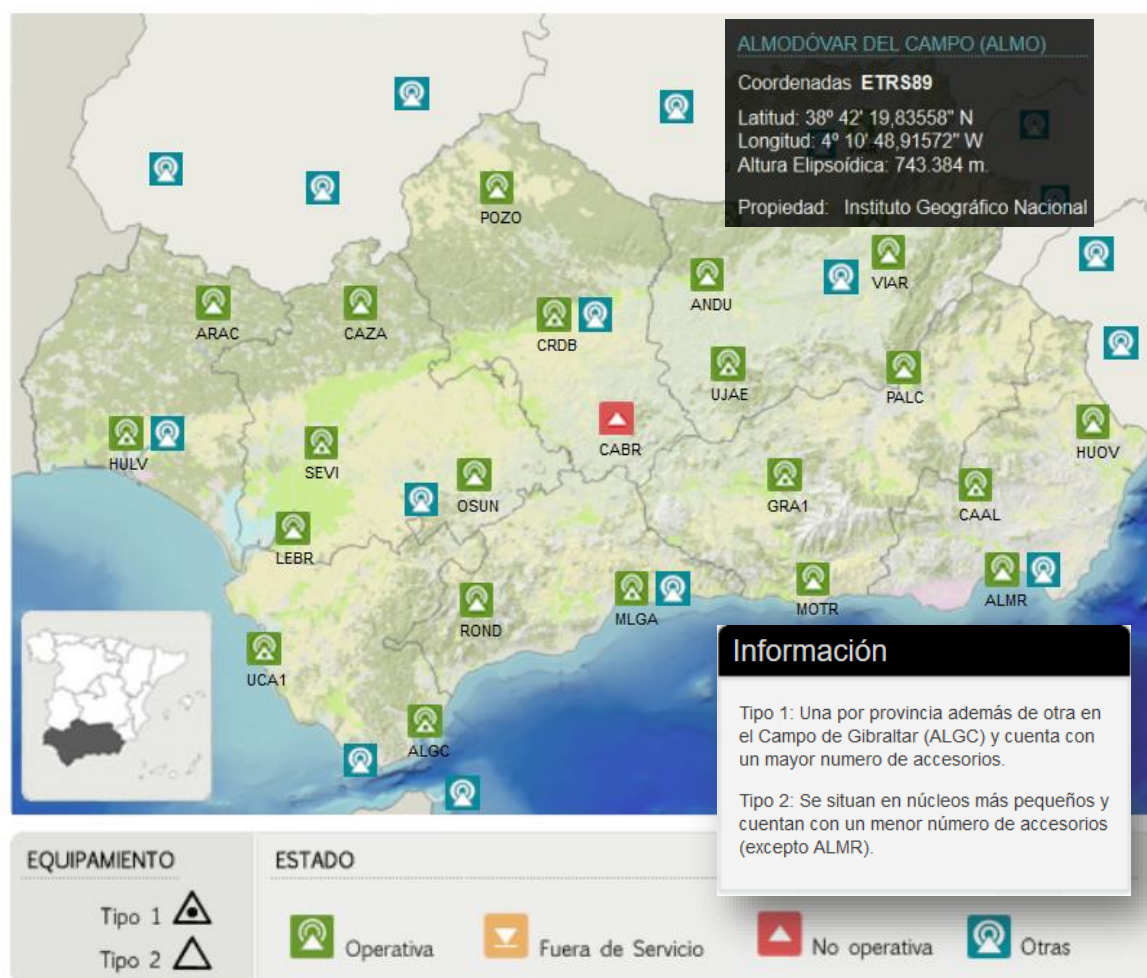
CUADRÍCULA DEL MAPA DE DISTRIBUCIÓN 1:10.000 DE ANDALUCÍA.

El Instituto fue creado y regulado por el **Decreto 116/1993** y con posterioridad se ha apostado claramente por el reconocimiento del creciente valor que tiene la Cartografía y su consideración de servicio público, incidiendo en tres ejes: la producción, la coordinación y la normalización de la cartografía andaluza, todo ello recogido en el Decreto 141/2006 por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad.

Dentro de los proyectos gestionados por este instituto se encuentra la definición, desarrollo y explotación de un conjunto de servicios destinados a la obtención y envío de correcciones diferenciales GPS, en tiempo real, para Andalucía. El proyecto recibe el nombre de [Red Andaluza de Posicionamiento](#) (RAP), y se establece como un proyecto de colaboración con el Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía de la **Universidad de Cádiz**.



El 28/11/07 se realizó una Jornada Técnica de presentación de la RAP, ante técnicos y empresarios, estando en la actualidad plenamente integrada en las labores profesionales.



## RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO (RAP)

Datos obtenidos el 09/03/16, <http://www.ideandalucia.es/porta/web/porta-posicionamiento/rap/estaciones>.

Comparar con la información actual en <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/rap/estaciones>

Aunque en este tema tan sólo hemos comentado los servicios del [IECA](#) referente a la RAP, hay que destacar sus tres principales portales:

- [Estadística](#): Acceso público a estadísticas por áreas temáticas, de síntesis, coyunturales, sistemas de indicadores y descarga de microdatos entre otros.
- [Georreferenciación](#): Acceso a los principales conjuntos de datos geocodificados y herramientas para la georreferenciación. Pudiendo ser interesante el empleo de [Telegeo](#) como sistema de referencia de coordenadas normalizado.
- [Cartografía](#): Acceso a productos y servicios cartográficos, a través de geoportales y mediante búsqueda temática, así como [cartografía temática y derivada](#). Entre sus geoportales es de interés para próximos temas el [IDEAndalucía](#) (infraestructuras de datos espaciales) y [Line@](#) (localizador de información espacial, descarga de mapas, ortofotos y MDT). Entre sus enlaces externos por temática es de interés para nuestros estudios el de [Agricultura](#) (SIG pesquero y acuícola, SIG de Parcelas Agrícolas, cartografía dehesas, cultivos bajo plástico), [Medio ambiente](#) (cartografía climática, meteorológica, vegetación, litoral marino, sistemas hidrológicos, Red de Alerta e Información Fitosanitaria, Red de Espacios Naturales Protegidos, teledetección, imágenes por satélite REDIAM, [visualizadores SIG](#) y descargas de [ortofotografías y enlaces WMS](#) de ortofotos) y [Territorio](#) (mapa geológico, geotécnico, vías pecuarias, Sistema de Información del Patrimonio Natural de Andalucía SIPNA/SIOSE).



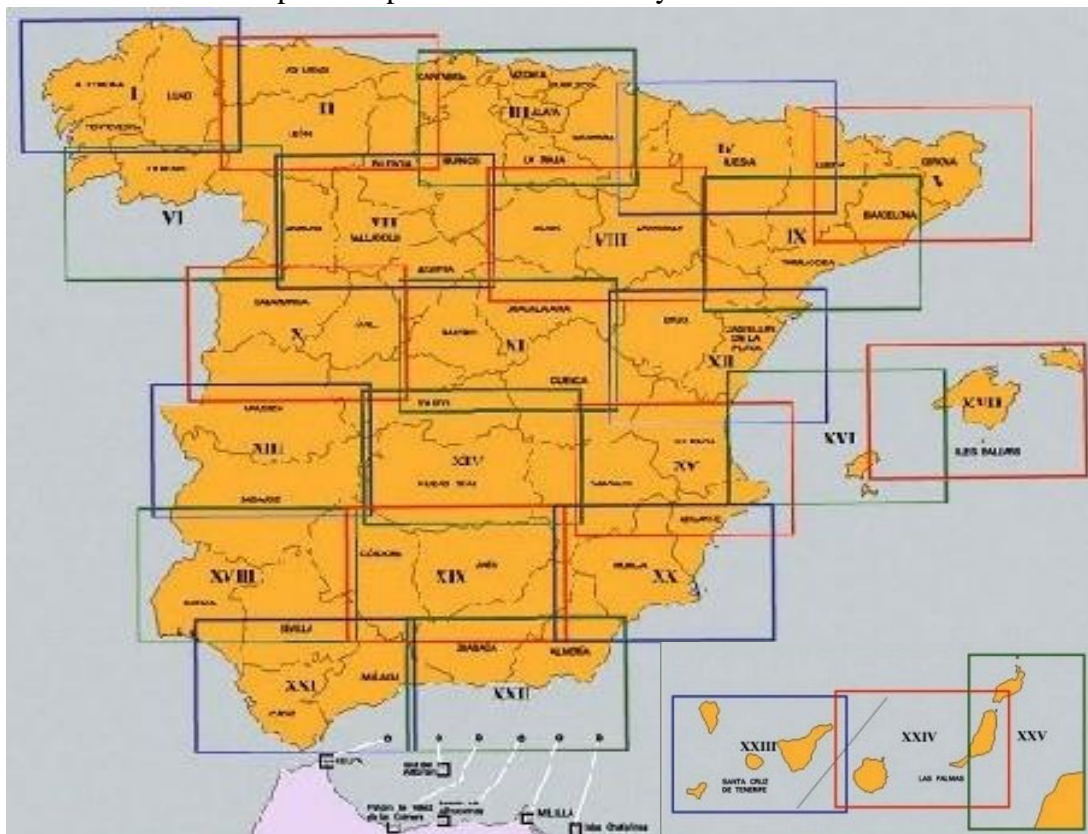
- **MTN (Mapa Topográfico Nacional).**

Antes de terminar con este tema nos gustaría aclarar que la topografía de España viene dividida por distintas series de MTN, (500, 200, 50, 25, 10, 5) en función a la amplitud de terreno que deseemos trabajar o del detalle de los datos gráficos.

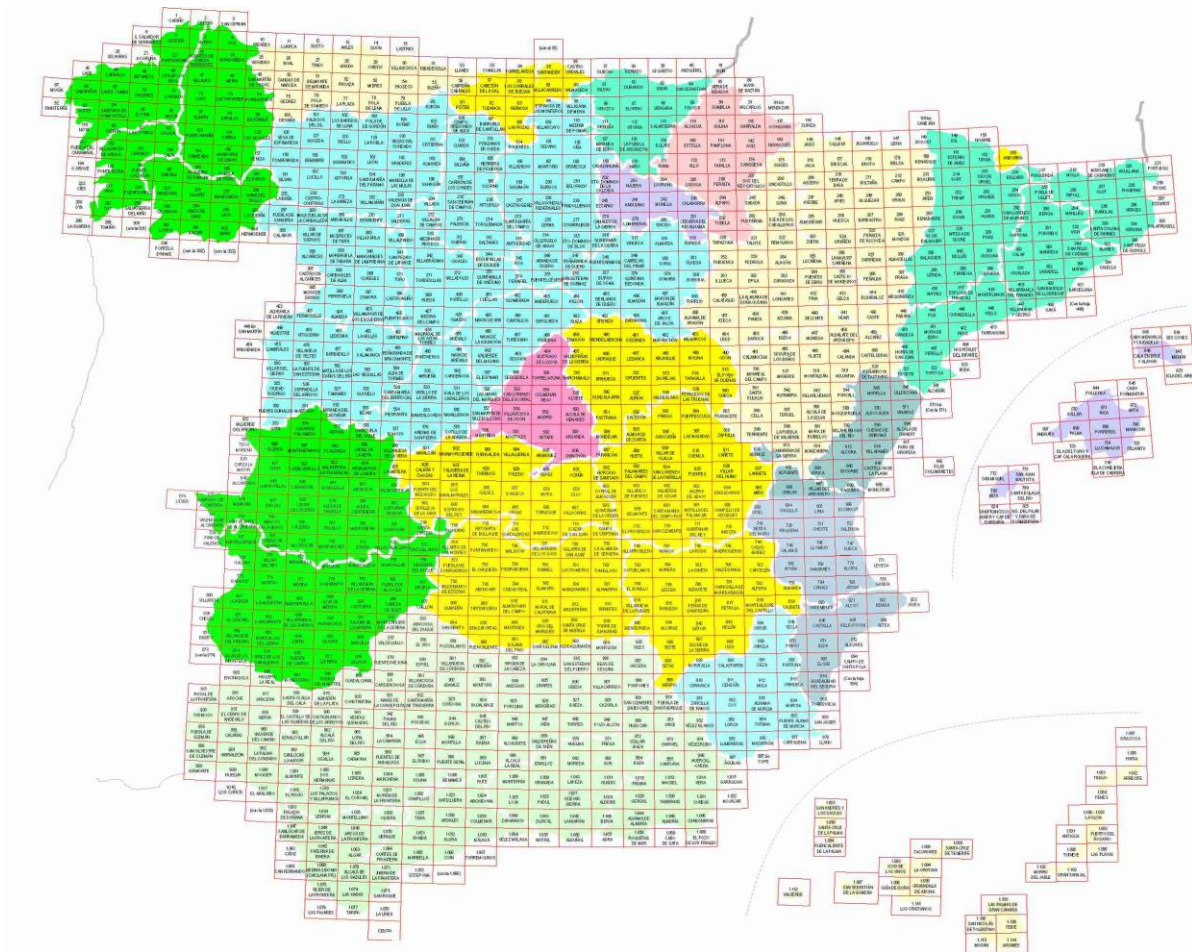


Cada serie viene distribuida por hojas para facilitar la ubicación de cada mapa topográfico. A modo de ejemplo se cita de forma gráfica alguna de las distribuciones de hojas de las series más utilizadas.

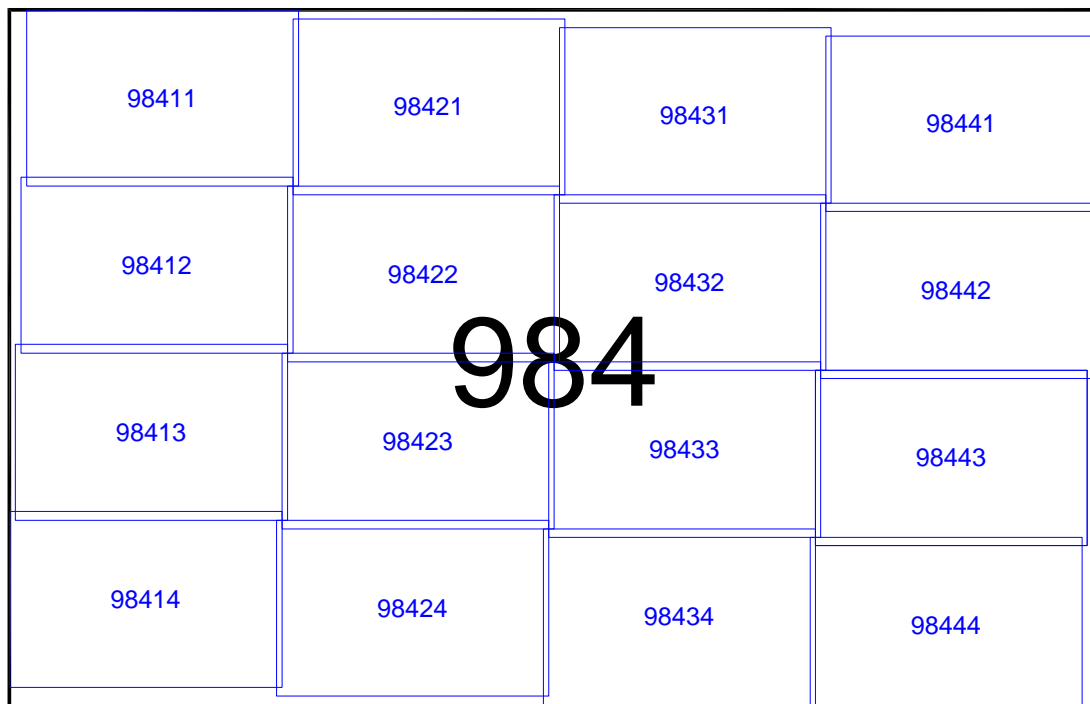
Mapa de España 1:500.000 - Proyección UTM



Distribución de hojas correspondientes a las series nacionales de los mapas topográficos a escala 1:50.000, realizados por el IGN.

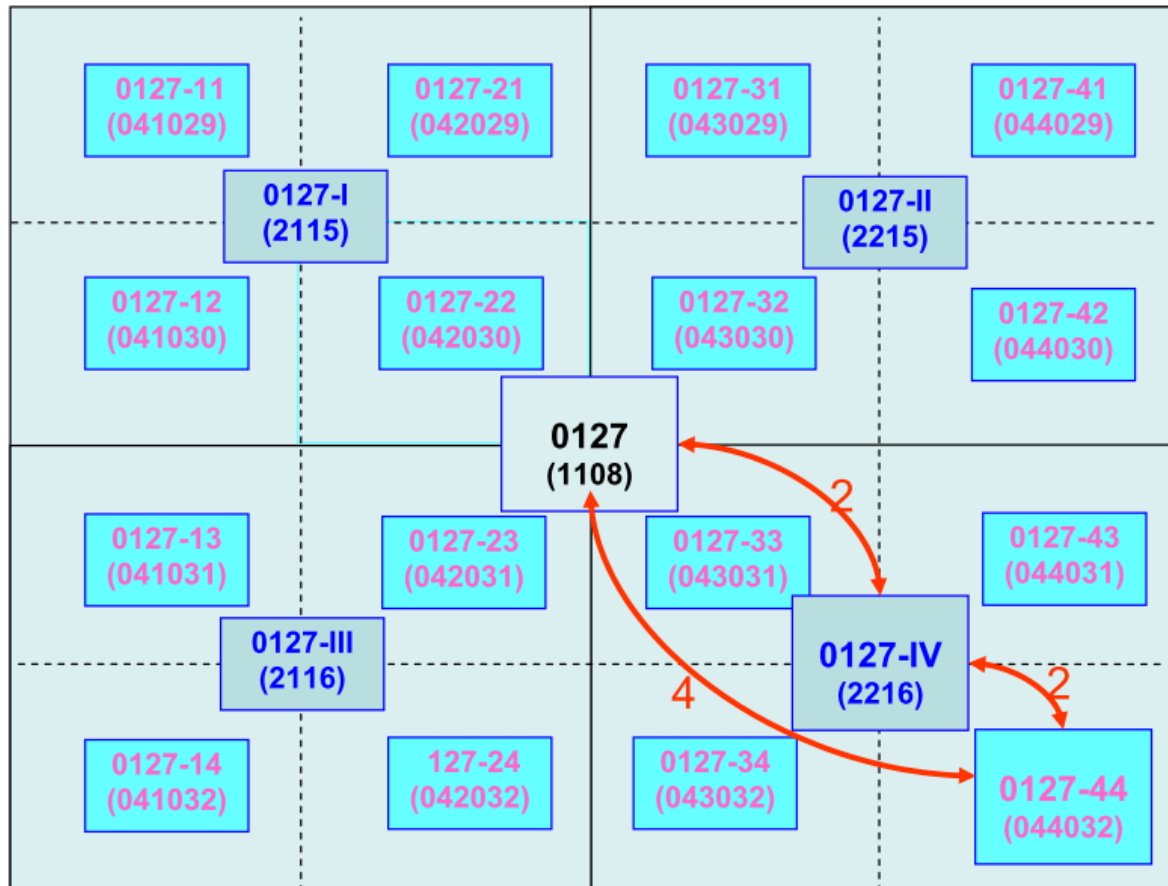


A nivel agrícola se suele utilizar con bastante asiduidad la escala 1:10.000, cuya distribución de hojas viene determinada por columnas y filas a partir de la numeración de la hoja del 1:50.000.



A raíz de la adaptación al datum ETRS89 se creó un grupo de trabajo para la transición al mismo, el cuál aconsejó una nueva numeración utilizando en mismo origen para sistema de numeración (columna, fila) tanto para el MTN50 como para las series MTN25 y MTN10, al relacionar cada una con su inmediata por el factor dos.

Por ejemplo, para la hoja MTN50 0127 (1108), correspondería la hoja situada al SE MTN25 0127-IV (2216) y la hoja situada al SE MTN10 (0127-44 (044032)). A partir de éstas se determina la numeración del resto de hojas teniendo en cuenta su posición en columnas y filas (CcFf para MTN25 y CccFff para MTN10).



Para facilitar los cálculos tenéis disponible la siguiente hoja de cálculos en <https://hdvirtual.us.es/discovirt/index.php/s/JpBS2izLfpW7Qjg>

A continuación, se proponen una serie de ejercicios resueltos y otros a realizar (aunque en todo momento se facilita la solución de estos).

El material complementario bibliográfico y de apoyo para los ejercicios está disponible en los ficheros comprimidos [Bibliografía cartografía.rar](#) y [ejercicios Cartografía.rar](#).

#### Enlaces de descarga y visor del IGN:

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>

<https://www.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>

Otro enlace recomendable para descargar cartografía digital:

[http://institucional.us.es/rrcartografia/mapa\\_inicio.html](http://institucional.us.es/rrcartografia/mapa_inicio.html)



- **Ejercicios propuestos.**
  - Anexo al R.D. 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.
  - Ejercicio propuesto al anexo.
  - Expresión de la posición de un punto.
  - Duplicidad de coordenadas.
  - Determinación de un punto mediante coordenadas UTM y geodésicas.

• **Anexo.**

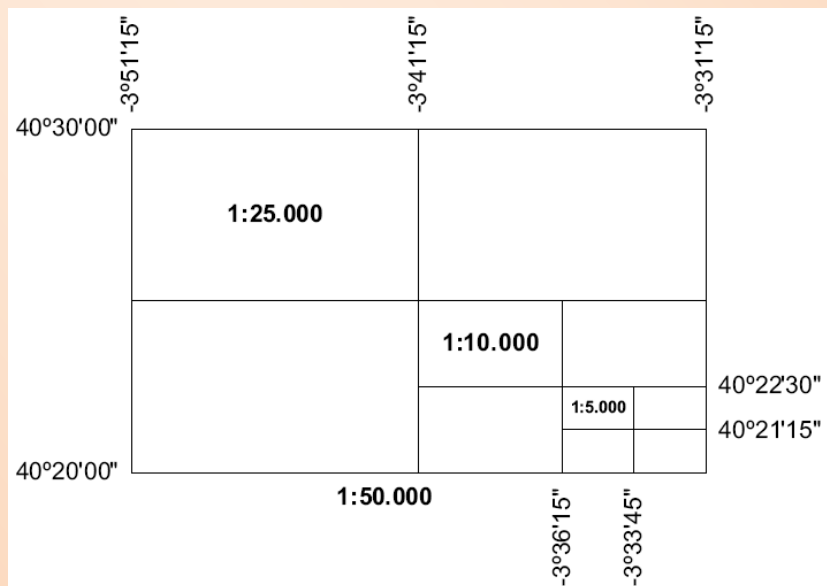
Fuente: BOE núm. 207 publicado el Miércoles, 29 agosto 2007.

**Distribución y determinación de hojas MTN50 en la Península Ibérica y Baleares**

El cálculo de las esquinas de las hojas del MTN50 se realizará mediante una fórmula que relaciona la posición de la misma según la denominación «columna-fila» (CCFF) y un origen, como se muestra a continuación. Las coordenadas geodésicas ETRS89 de dicho origen corresponden a una longitud de  $-9^{\circ} 51' 15''$  y una latitud de  $44^{\circ} 00' 00''$ . Quedando definida la esquina sureste con longitud  $-9^{\circ} 51' 15'' + (CC/3)^{\circ}$  y latitud  $44^{\circ} 00' 00'' - (FF/6)^{\circ}$ , y la esquina noroeste restando  $20'$  para la longitud y sumando  $10'$  para la latitud. Las otras dos esquinas se obtienen a partir de éstas.

La relación entre la numeración correlativa y la numeración columna-fila, así como los métodos para el cálculo de esquinas correspondientes a cualquier escala, serán publicadas en la misma página web a la que se alude en la Disposición transitoria primera.

Ejemplo: Cálculo de la esquina Sureste de la hoja MTN50 n.º 559, correspondiente a la columna-fila 19-22 (CC=19,FF=22)  
 Longitud =  $-9^{\circ} 51' 15'' + (19/3)^{\circ} = -3,520833333 = -3^{\circ} 31' 15''$   
 Latitud =  $44^{\circ} 00' 00'' - (22/6)^{\circ} = 40,33333333 = 40^{\circ} 20' 00''$   
 Y la esquina Noroeste  
 Longitud =  $-3^{\circ} 51' 15''$   
 Latitud =  $40^{\circ} 30' 00''$   
 Y en consecuencia, para las escalas 1:25.000, 1:10.000 y 1:5.000 resulta lo siguiente:



**Distribución de las hojas MTN50 en Canarias**

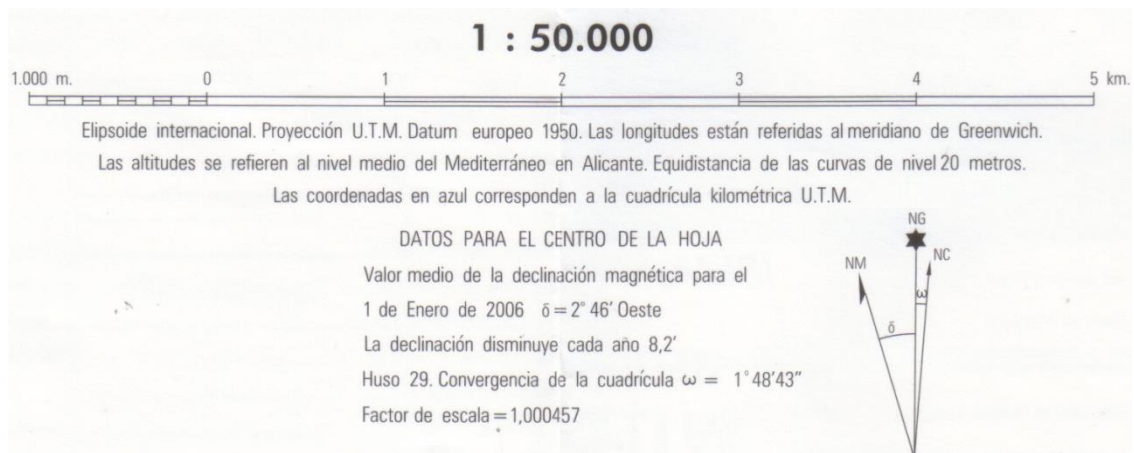
En el caso de las Islas Canarias, al objeto de maximizar la superficie terrestre cubierta por cada hoja, la distribución no adopta una definición completamente analítica de las esquinas, siendo la relación de hojas por numeración correlativa (consultar Anexo en el BOE citado).

- **Ejercicio propuesto al anexo.**

A partir del anexo del Real Decreto 1071/2007, calcular las esquinas de la hoja de un plano MTN50, en coordenadas geodésicas ETRS89.



Y por último si observamos la parte inferior central del mapa tenemos información adicional como una escala gráfica, el Datum ED50 en el elipsoide internacional y proyección UTM, y la información relativa para el centro de la hoja.



La longitud de la esquina Sureste viene definida por  $-9^{\circ}51'15'' + (CC/3)^{\circ}$ , como la  $CC= 12$ , resulta que la longitud =  $-5,854166667^{\circ} = -5^{\circ}51'15''$

La latitud viene definida por  $44^{\circ}00'00'' - (FF/6)^{\circ}$ , como  $FF= 40$ , resulta que la latitud =  $37,33333333 = 37^{\circ}20'00''$

**O lo que es lo mismo las coordenadas geodésicas en el Datum ETRS89 tiene en la esquina sureste una longitud =  $5^{\circ}51'15''$  W y una latitud =  $37^{\circ}20'00''$  N**

Si continuamos de la misma forma explicada en el Anexo del Real Decreto 1071/2007 podríamos calcular todas sus esquinas, ya que la hoja tiene una amplitud en longitud de  $20'$  y en latitud de  $10'$ . Y del mismo modo para las hojas 1:25.000, 1:10.000 y 1:5.000, sabiendo que cada una son divisiones de 4 partes de la anterior.

De manera adicional al ejercicio, vamos a razonar la diferencia existente con las coordenadas que vienen en el plano según Datum ED50.

	<b>ED50</b>	<b>ETRS89</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Longitud</b>	5°51'10,8''	5°51'15''	<b>-0°00'04,2''</b>
<b>Latitud</b>	37°20'04,8''	37°20'00''	<b>0°00'04,8''</b>

Es decir, ED50 nos da una posición más al Este y al Norte, que el mismo punto en ETRS89. Situación ésta que ya sabíamos, a partir de la lectura del libro de clase y del documento “Modelos de transformación entre ED50 y ETRS89”.

No obstante, se puede comprobar los resultados anteriores en la calculadora geodésica presente en la página del Centro Nacional de Información Geográfica, <http://www.cnig.es/>.

Del mismo modo he convertido las coordenadas geodésicas, en cartesianas UTM, observar el resultado de las diferencias en la posición relativa del punto, con respecto a la situación anterior.

	<b>ED50</b>	<b>ETRS89</b>	<b>Diferencia</b>
<b>x UTM</b>	247229,0261 m	247132,4357 m	<b>96,5904 m</b>
<b>y UTM</b>	4135885,3306 m	4135672,5471 m	<b>212,7835 m</b>
<b>Anamorfosis</b>	1,000387063 m	1,000387721 m	-0,000000658 m
<b>Convergencia</b>	-1° 43' 52.22584"	-1° 43' 54.58678"	0°00'02,36''

Observar página 36 del primer libro recomendado en la bibliografía.



- **Expresión de la posición de un punto.**

En un plano a escala 1:50.000 nos dan la posición de un punto expresado como sigue: 30T 34917470890 (WGS-84).

¿Cuáles son las coordenadas cartesianas del punto?

$X = 349.170$     $Y = 4.708.900$ , ya que la coordenada X tiene 6 dígitos y la Y un máximo de 7 dígitos.

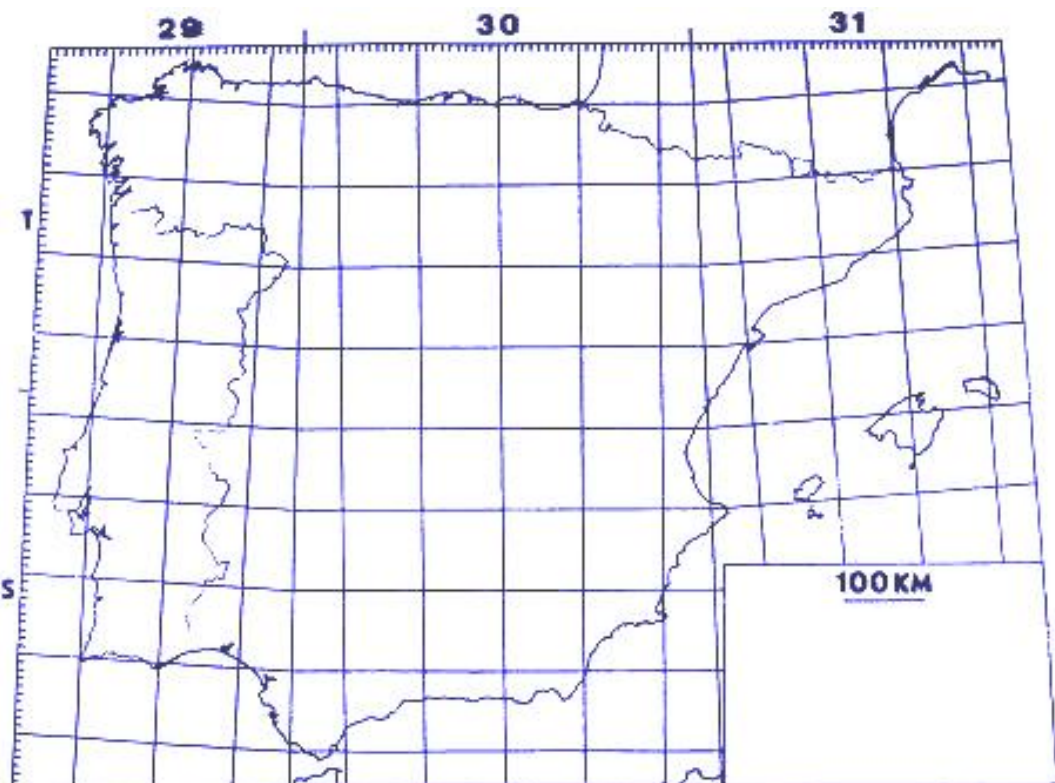
¿Cuál es la resolución máxima con la que viene definida?

En función a la escala y al LPV, el cálculo sería:  $0,0002 \times 50000 = 10$  m como máxima apreciación.

A tenor de los datos expresados, 5 dígitos en X de los 6 posibles y 6 dígitos en Y de los 7 posibles, la apreciación máxima expresada es de 10 m.

¿Qué significa 30T y WGS-84?

El punto expresado está en el Huso 30 Zona T, correspondiente al área norte de la península ibérica



Datum/Elipsoide WGS-84, está basado en el elipsoide SGR80, (Global Universal), usado por los GPS, (WGS, World Geodetic System, Sistema Geodésico Mundial).

- **Duplicidad de coordenadas.**

¿Puede venir un punto expresado por dos coordenadas distintas?

Si, principalmente todos los puntos que son límites entre husos, pero también aquellos que vengan expresados en husos continuos por facilidad en la elaboración del mapa o plano.

Existe una serie de zonas entre dos husos consecutivos en la que existe una duplicidad de las coordenadas UTM, esta línea es la del meridiano existente entre dos husos consecutivos:

Duplicidad en Meridianos Exteriores del Huso

**Sobre el meridiano exterior del huso, en el huso 30 meridiano 0° y meridiano 6°w, existe duplicidad de coordenadas al existir coordenadas en dos husos distintos, huso 30 con el huso 29 (6°w), y huso 30 con el huso 31 (0°w).**

La posición geográfica; 40°00'0.00" N 6°00'0.00" W sobre el **huso 30** tiene de coordenadas UTM:

	x= 243888.8 m	30T
40°00'0.00" N 6°00'0.00" W	y= 4432145.2 m	( ED50/Internacional)

**Y sobre el huso 29:**

	x= 756111.2 m	29T
40°00'0.00" N 6°00'0.00" W	y= 4432145.2 m	( ED50/Internacional)

Aclaración según fuente del libro " Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. El Datum." FERNÁNDEZ-COPPEL, IGNACIO ALONSO, Universidad de Valladolid.

¿Por qué las coordenadas de un **mismo punto** expresado en el Huso 29 tiene mayor X que expresado en el Huso 30?

El origen de coordenadas de cada Huso se encuentra localizado en el meridiano central de éste, a la altura del ecuador, con coordenadas X= 500.000.

Por lo tanto cada Huso tendría al oeste del centro, coordenadas menores a 500.000 y al este mayores a 500.000.

Como el Huso 29 esta al oeste del Huso 30, esta es la explicación que ocurra el caso expuesto, por ejemplo:

Un mismo punto expresado en el Huso 29 puede tener X= 756.111,2 m y este mismo punto expresado en el Huso 30 tendría X= 243.888,8 m.



- **Determinación de un punto mediante coordenadas UTM y geodésicas.**

A partir de los siguientes datos, diga en qué lugar, población o paraje se encuentra el punto expresado como:

**UTM 29S 777241371 (ETRS89)**



**Cuadrícula de 1000 m de lado.**

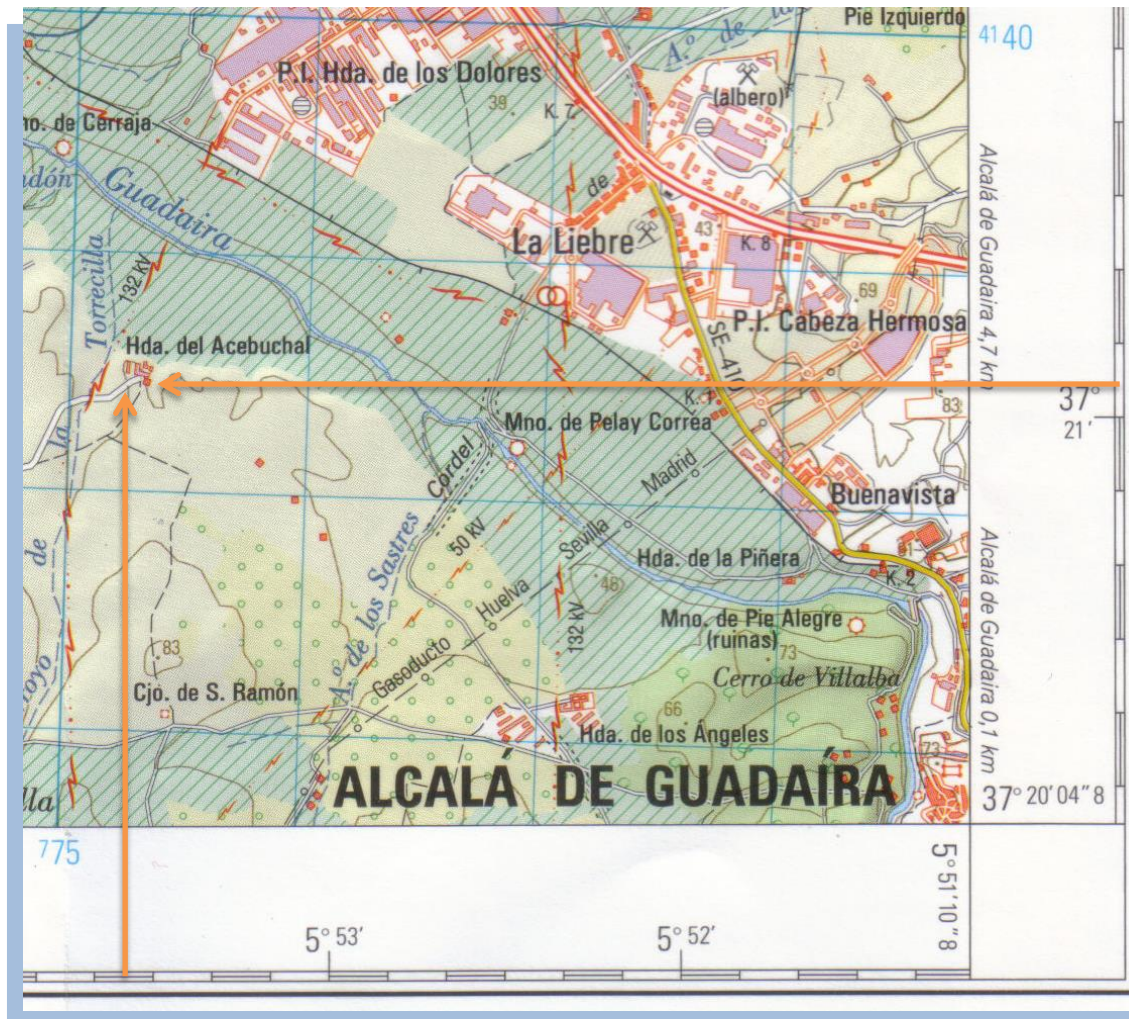
La cifra “775” en color azul que aparece en la parte inferior izquierda junto al mapa, significa que estamos en el valor  $X = 775000$  m, como la cuadrícula es de 1000 m de lado y el eje X crece hacia la derecha, dos cuadrados más hacia el Este, estaremos en la  $X = 777000$  m. Valor próximo al dado de 777200 m.

La cifra “4140” en color azul que aparece en la parte superior derecha junto al mapa, significa que estamos en el valor  $Y = 4140000$  m, como la cuadrícula es de 1000 m de lado y el eje Y decrece hacia abajo, tres cuadrados más hacia el Sur, estaremos en la  $Y = 4137000$  m. Valor próximo al dado de 4137100 m.

Si cruzamos ambas referencias nos encontraremos en la **Hacienda de los Ángeles**, del Termino Municipal de Alcalá de Guadaíra, según datos referidos al Huso 29 Zona S, Datum ETRS89, aunque realmente este lugar se encuentre en el Huso 30 Zona S.



¿Y según las coordenadas geodésicas **Latitud 37°21'05''N Longitud 5°53'35''W** referidas al elipsoide SGR80 (ETRS89)?



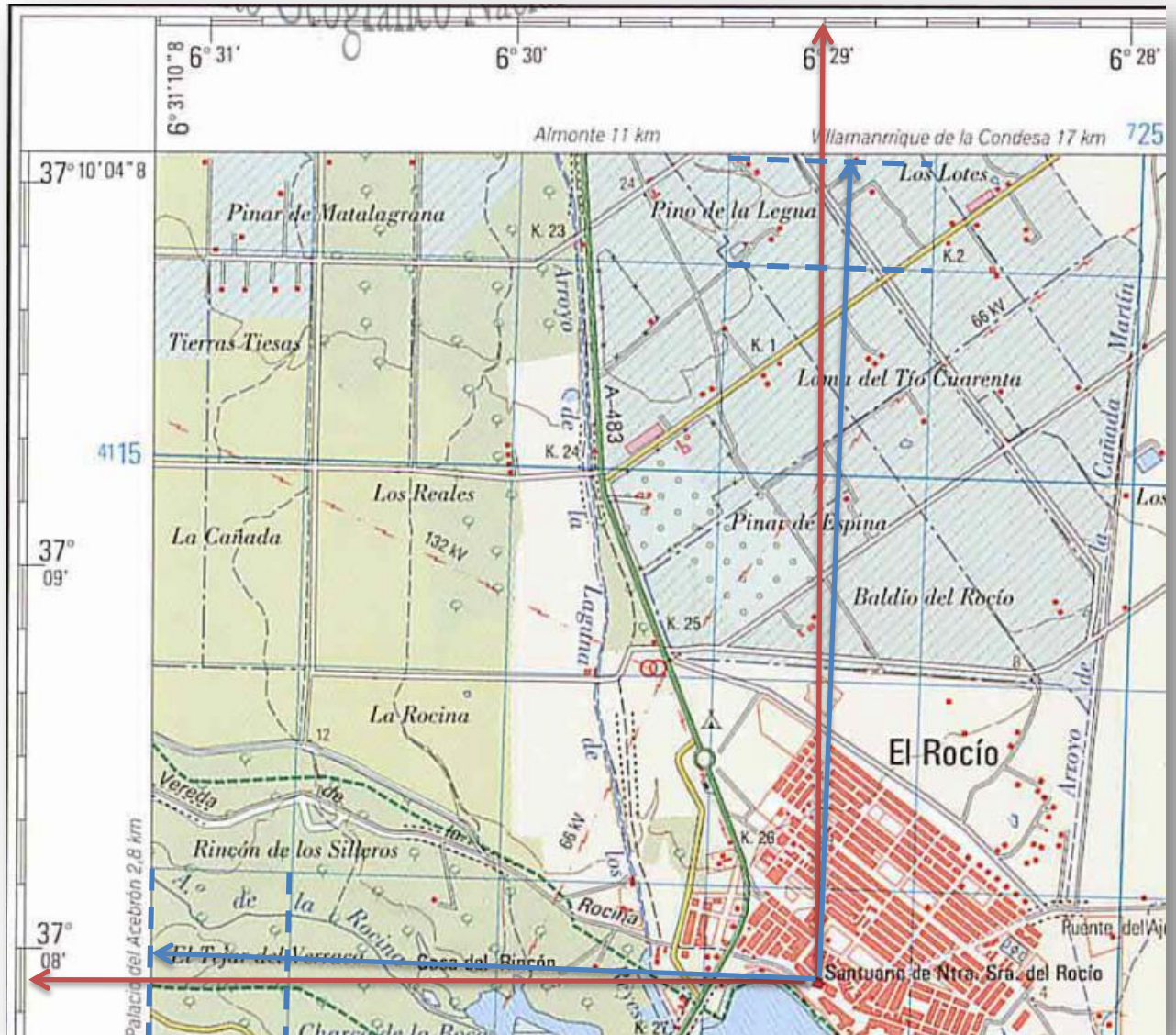
En esta ocasión nos fijaremos en los valores angulares que aparecen en los bordes inferior y derecho del plano. En ellos se observa que los valores angulares inferiores aumentan 1' conforme nos desplazamos hacia el Oeste, (lo cual nos indica que estamos a la izquierda del meridiano 0 o de Greenwich) y del mismo modo aumenta positivamente conforme nos desplazamos hacia el Norte, (lo cual nos indica que estamos en el Hemisferio Norte).

También observamos claramente en la parte inferior que entre cada marca de 1', existe una escala gráfica con 6 intervalos, lo cual nos indica que cada uno de ellos es de 10''.

Con todas las aclaraciones anteriores, sólo nos resta cruzar las referencias dadas de Latitud y Longitud para situarnos sobre la **Hacienda del Acebuchal**, siendo ésta la solución de la posición dada.

• **Ejercicio a realizar respecto a la posición de un punto mediante el uso del mapa.**

En la hoja MTN50 1018 (11-42) ED50, existe un topónimo identificado como **Santuario de Ntra. Sra. del Rocío**. Teniendo en cuenta que las coordenadas de localización deben expresarse en función al huso y que la resolución debe ser acorde con la escala del plano, se pide:



Cuadrícula de 1000 m de lado.

Identifique el topónimo mencionado, marcándolo en el mapa y a continuación exprese sus **coordenadas geodésicas** con una tolerancia de 5'' (marque las líneas oportunas para su solución gráfica).

**Latitud: 37° 07' 55'' N      Longitud: - 6° 29' 00'' W**  
**Según el elipsoide internacional de Hayford (ED50).**

Identifique ese mismo lugar expresando su posición en **coordenadas UTM** con una precisión de 100 m.

**Según su longitud razonamos que se encuentra en el 2º huso hacia el oeste desde el 31, y por su latitud en la banda 37/8= 4,6 ≈ 5ª desde el ecuador, es decir, la S.**

**29S 7236/41126 ED50**



- **Expresión de la posición de un punto mediante soporte informático.**

Busca en Google Earth la localidad conocida como “El Bonillo” y diga la posición del lugar expresado en coordenadas UTM con una precisión de 1 m. Suponer que el Datum está basado en el elipsoide SGR80 (Global Universal), usado por los GPS (WGS, World Geodetic System, Sistema Geodésico Mundial).

Solución año 2009 → 30S 539894/4311410 (WGS-84)  
 Solución centro pantalla 2015 → 30S 540001/4311445 (WGS-84)

¿Cuál sería su posición expresada en coordenadas geodésicas?

Solución año 2009 → Latitud 38° 57' 02,64" N Longitud 2° 32' 22,55" O (WGS-84)  
 Solución año 2015 → Latitud 38° 57' 03,76" N Longitud 2° 32' 18,11" O (WGS-84)

- **Determinación de un punto mediante coordenadas geodésicas y UTM.**

Se nos encarga un trabajo agrícola en un lugar con coordenadas geodésicas **Latitud 38°50'13,31" N Longitud 6°06'01,11" O** referidas al elipsoide SGR80 (WGS-84). ¿A qué **localidad** y **provincia** debemos ir?

En Google hay que introducir las coordenadas en este formato +38°50'13.31",-6°6'1.11" o 38°50'13.31" N, 6°6'1.11" W

Localidad: Cristina. Provincia: Badajoz. Código postal: 06479

Con la ayuda del Programa de Aplicaciones Geodésicas disponible en <https://www.ign.es/web/calculadora-geodesica> calcule las **coordenadas UTM** de dicho lugar y exprésela a continuación.

En el PAG se utiliza el siguiente formato Longitud -6 6 1.11 Latitud 38 50 13.31

29S 751687/4302687 (WGS84) o 29S 751688/4302688 (WGS84)

Con la ayuda de Google Earth, diga en qué lugar, paraje, población y provincia se encuentra el punto expresado como: **UTM 29S 6593324124598 (WGS84)**

En Google se escribe 29S 659332 4124598 pero realmente se puede poner cualquier letra (zona) del hemisferio norte.

Localidad: Lepe. Provincia: Huelva. Código postal: 21440

Con la ayuda del Programa de Aplicaciones Geodésicas disponible en <https://www.ign.es/web/calculadora-geodesica> calcule las **coordenadas UTM** de dicho lugar expresado en el **huso 30 zona S**.

En primer lugar transformamos las UTM a geodésicas, sino lo habíamos hecho anteriormente.

Latitud 37° 15' 15.55024" N, se introduce en el siguiente formato 37 15 15.55024  
 Longitud -7° 12' 12.05619" O, se introduce en el siguiente formato -7 12 12.05619

A continuación pasamos las geodésicas de nuevo a UTM pero marcamos Huso: “Huso normal + 1”, obteniendo como solución X= 127161.808 Y= 4131372.865

**UTM 30S 127162/4131373 (WGS84)**

- **Repercusión del coeficiente de anamorfosis lineal de la proyección UTM en el cálculo de superficies de fincas.**

Leer el fichero “[Repercusión del coeficiente de anamorfosis lineal de la proyección UTM en el cálculo de superficies de fincas](#)” y realizar el ejercicio a partir de los datos de la carpeta “ejercicio\_anamorfosis” en el fichero [ejercicios\\_Cartografia.rar](#).