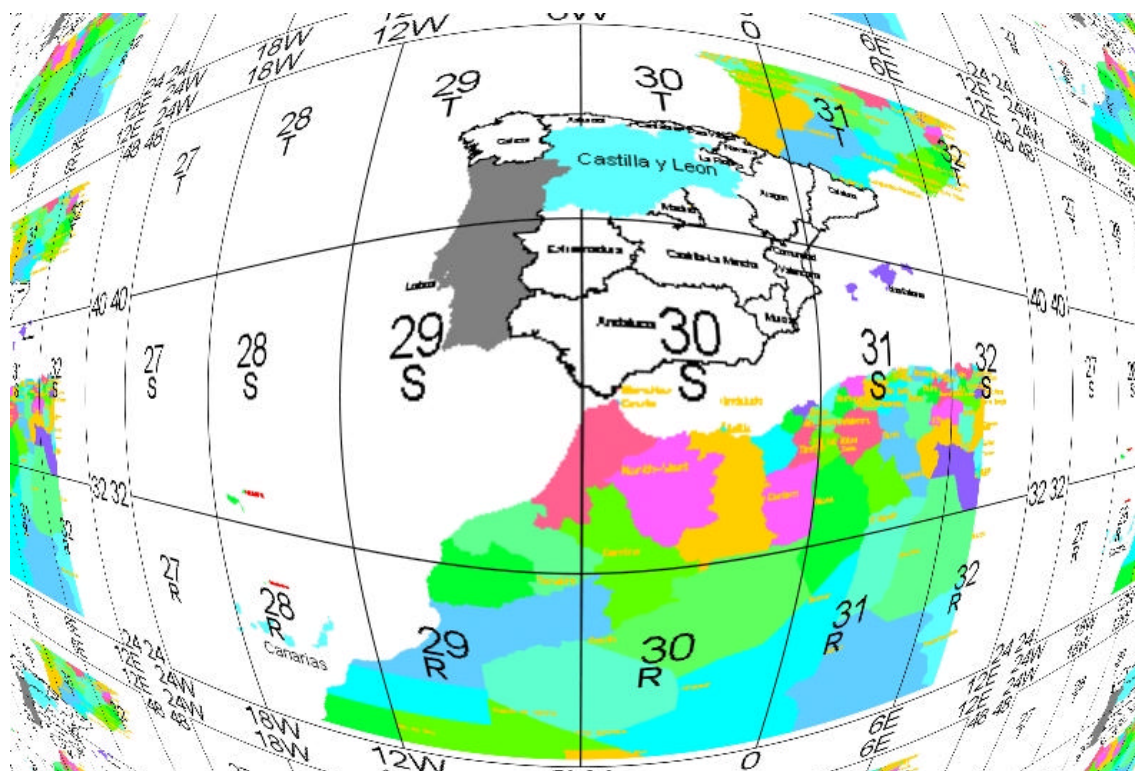


Localizaciones Geográficas.

EI DATUM



Ignacio Alonso Fernández-Coppel

Profesor Asociado

Area de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Palencia.

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

INDICE

INDICE.....	2
7 EL DATUM.....	3
7.1 EL GEOIDE.....	3
7.2 EL ELIPSOIDE	5
ESFERICIDAD TERRESTRE	6
Elipsoide comparado con el Geoide.....	8
Elipsoide comparado con el Geoide. Ejemplos.....	9
7.3 EL DATUM.....	11
7.3.1 Desviaciones de los ángulos fundamentales del DATUM.....	12
7.4 ELIPSOIDES de empleo usual	14
7.5 DATUMS de empleo usual	14
7.6 Diferencias ocasionadas al emplear DATUMS distintos	15
7.7 Coordenadas Geodésicas y Coordenadas Geocéntricas	18
7.8 DATUM WGS-84. SISTEMA GPS.	21
8 LA COORDENADA “Z”	22
Software empleado:.....	24
Bibliografía.....	24
Base de datos Geográfica	24
Agradecimientos/Notas.....	24

0. INTRODUCCION

Esta publicación tiene como objeto el acercamiento al lector el conocimiento de los parámetros cartográficos comúnmente utilizados, con cinco pilares básicos: las coordenadas Geográficas, la proyección **UTM**, la esfericidad terrestre, la representación terrestre y el **DATUM**.

Las localizaciones geográficas las empleamos, habitualmente, para la localización de proyectos, centroides de parcelas, mallas de muestreo, empleadas en proyectos dentro del ámbito de la ingeniería. Hoy en día, debido al famoso ya fenómeno de la “globalización”, unido al empleo cada vez en mayor medida de los sistemas de posicionamiento global, **GPS**, es necesario conocer los parámetros que emplean estos sistemas, para no llevarnos desagradables sorpresas con los resultados de las mediciones efectuadas en campo, sobre todo al superponerlo con cartografía digital, o la existente editada por las instituciones.

Se expondrán distintos sistemas de proyección con sus características principales. Se desarrolla la proyección **UTM**, describiéndola a partir de la proyección Mercator, hasta centrarnos en el origen de las coordenadas distribución de husos, la convergencia de meridianos y las mallas **UTM**.

El desarrollo de esta proyección se efectúa, no porque sea la mejor, sino porque es la empleada en la cartografía Española, y debido a las innumerables preguntas que efectúan los alumnos de esta Escuela Universitaria y las que surgen en los foros de discusión y listas de distribución tipo (SIG), me inducen a efectuar esta monografía.

Digo que no es la mejor proyección, ya que presenta una serie de problemas sobre todo a la hora de trabajar con ella, en especial cuando se cambia de Huso, etc. Hay que recordar que si España adopto este sistema es porque no le quedo mas remedio que adoptarlo. Hace poco alguien me dijo: “Si en los años 50, cuando los Americanos nos dieron la cartografía de España en proyección UTM, les hubiéramos dado con ella en la cabeza, habríamos ganado mucho”, y que razón tiene, con esto, creo, que esta todo dicho.

Una vez acercada la forma terrestre y su representación combinándola con el Geoide y Elipsoide, se define el **DATUM**, considerándolo desde el punto de vista que define un origen y situación de un sistema de coordenadas valido para una determinada zona de la tierra, no extrapolable a toda la superficie terrestre.

Por ultimo se determinan una serie de puntos empleando datums distintos, para ver sus diferencias, coordenadas geocéntricas y coordenadas geográficas. Se definirá el sistema **WGS-84**, así como una breve pincelada sobre la medición de la coordenada "Z", de la que habría bastante que hablar.

Hubiese sido fácil llenar la publicación de formulas y formulas, que convertirían la monografía en un somnifero estupendo y aburriría a un caballo de madera, pero se ha intentado llenarla de gráficos e imágenes que ayuden a la comprensión de los temas tratados y hacer mas amena su lectura.

Me conformo con que cuando en un proyecto, publicación, cartografía o cuando simplemente se localice un punto en coordenadas Geográficas o en Coordenadas **UTM** se especifique el **Datum/Elipsoide** de referencia en el que se están dando esas coordenadas o esa cartografía.

No es mucho, ¿no?...

Si además no me preguntan si "esas líneas de color azul" que existen en la cartografía Española 1:50.000 y 1:25.000 son los meridianos y paralelos, juro que me doy con un canto en los dientes...

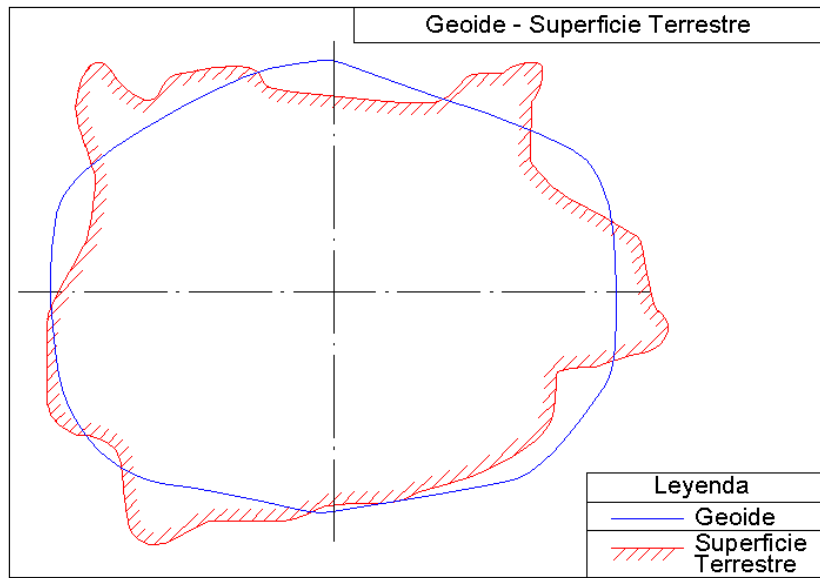
7 EL DATUM

Para poder definir el Datum, debemos antes definir el **Geoide** y el **elipsoide**.

7.1 EL GEOIDE

Se define como al "**Geoide**" la superficie teórica de la tierra que une todos los puntos que tienen igual gravedad. La forma así creada supone la continuación por debajo de la superficie de los continentes, de la superficie de los océanos y mares suponiendo la ausencia de mareas, con la superficie de los océanos en calma y sin ninguna perturbación exterior. Como perturbaciones exteriores se encuentra la atracción de la luna, (mareas) y las interacciones de todo el sistema solar.

Lejos de lo que se podría imaginar, esta superficie no es uniforme, sino que presenta una serie de irregularidades, causadas por la distinta composición mineral del interior de la tierra y de sus distintas densidades, lo que implica que para cada punto de la superficie terrestre exista una distancia distinta desde el centro de la tierra al punto del geoide.

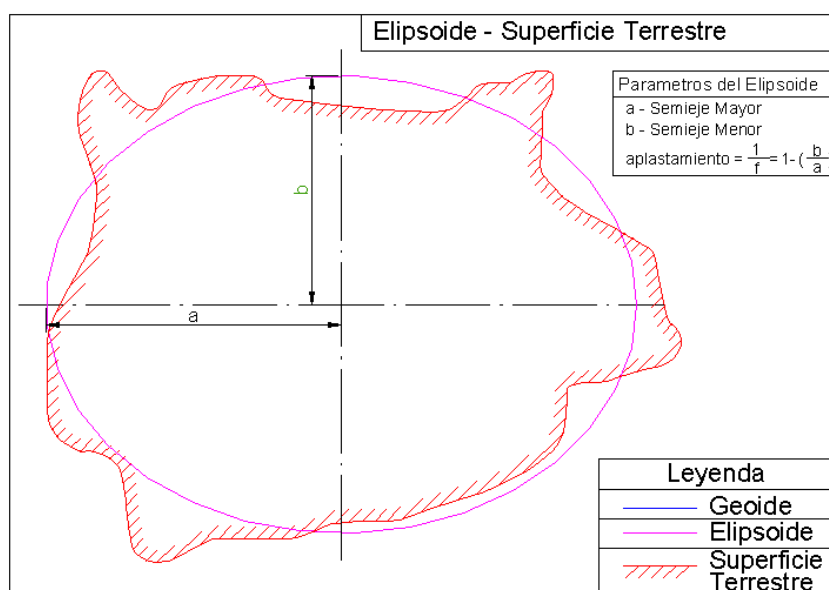


7.2 EL ELIPSOIDE

Como sabemos la tierra no es redonda, y su figura se asemeja a una naranja o una “esfera achatada por los polos”, y no existe figura geométrica alguna que la represente, debido fundamentalmente a las irregularidades existentes.

Estas Irregularidades de la tierra son detectables y no extrapolables a todos los puntos, simétricos, de la tierra, ya que no existe un único modelo matemático que represente toda la superficie terrestre, para lo que cada continente, nación, etc. y de hecho emplean un modelo matemático distinto, de forma que se adapte mejor a la forma de la tierra en la zona a cartografiar.

Este elemento de representación de la tierra se le denomina **ELIPSOIDE**. Este elipsoide es el resultado de revolucionar una elipse sobre su eje.



Este elipsoide se define matemáticamente en función de los siguientes parámetros:

- radio Mayor (a) y radio Menor (b) del elipsoide
- aplataamiento del elipsoide ($1/f = 1-(b/a)$)

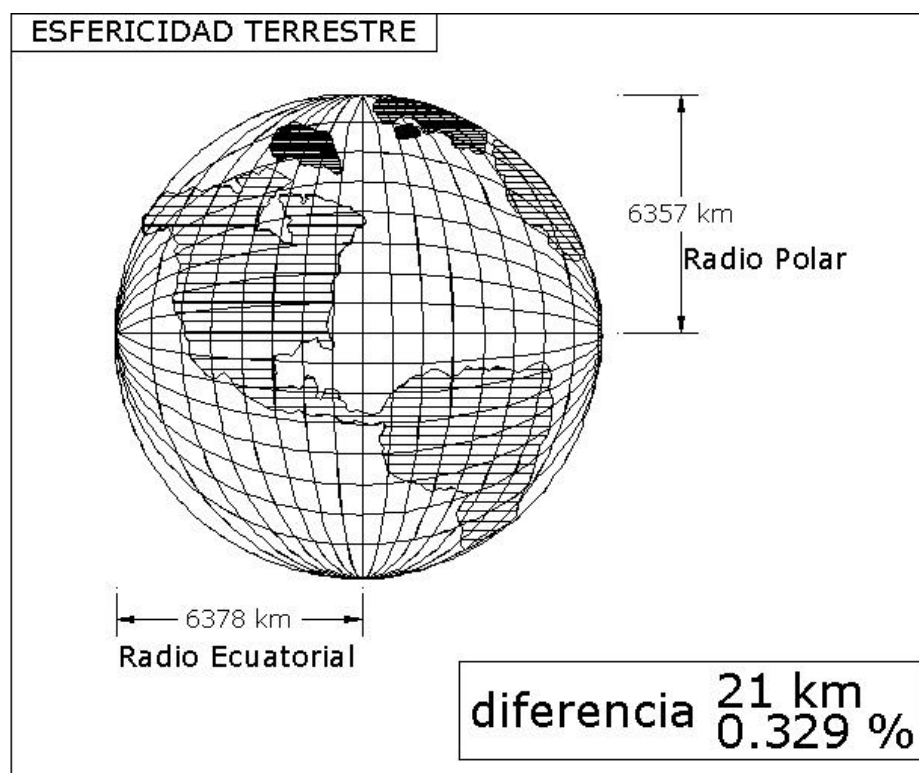
El aplataamiento (1/f) suele tomar valores enteros, 296,297 etc.

ESFERICIDAD TERRESTRE

La forma habitual en la que se ha descrito el planeta tierra es el de una "esfera achatada en los polos".

Y ciertamente esta forma se asemeja a la descripción si se toma una visión de conjunto.

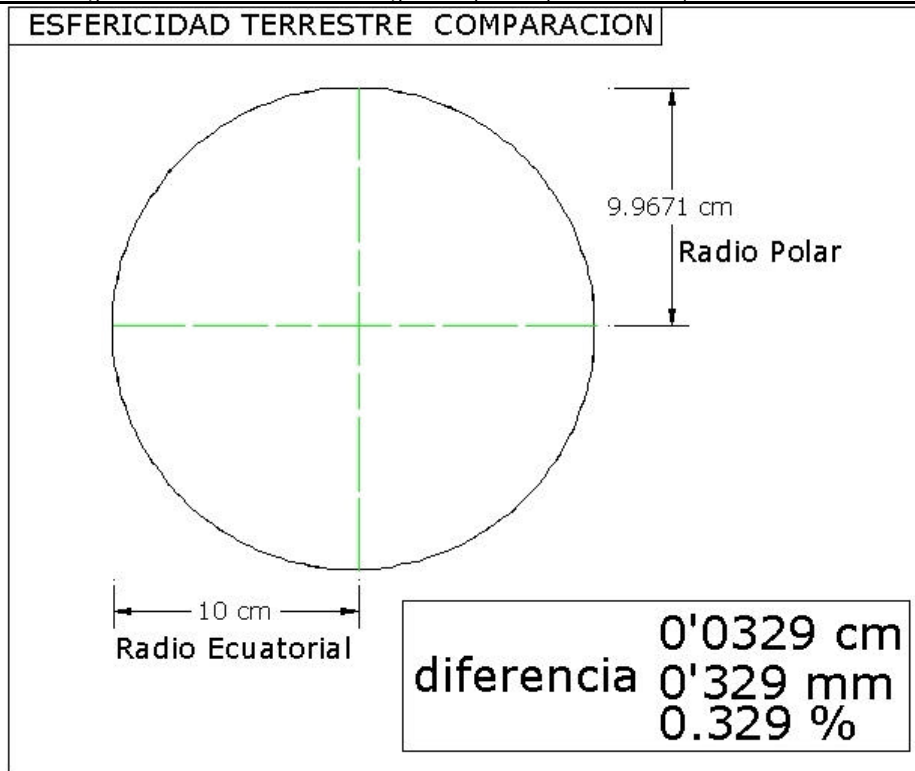
El planeta tierra tiene un radio ecuatorial (máximo) de aproximadamente 6378 km., frente a un radio polar de 6357 km.(mínimo), con una diferencia de 21 km., lo que supone un 0'329 % del radio ecuatorial.



En el computo del diámetro esta diferencia es de 42 km. para la esfera terrestre, con una relación de achatamiento próxima a 1/300.

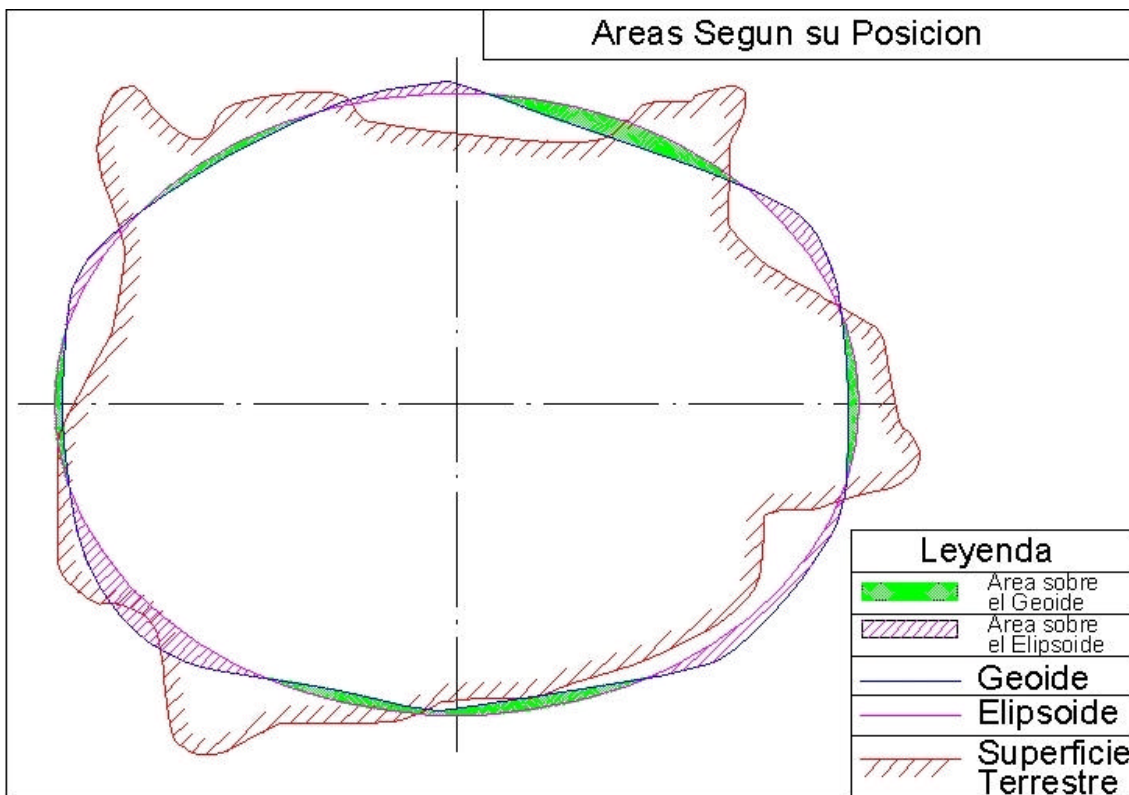
Esta discrepancia de los radios se ha exagerado en exceso en la enseñanza secundaria, ya que la impresión que daba de las explicaciones recibidas, hacia pensar que vivíamos en un planeta que era poco menos que una manzana o una naranja, cuando nos lo ponían tan exagerado la forma se asemejaba, poco menos que a un balón de rugby.

Si lo comparásemos con una esfera de 10 cm de diámetro, la esta esfera tendría un achatamiento de 0'32 mm, cantidad inapreciable y que no es detectable a simple vista:

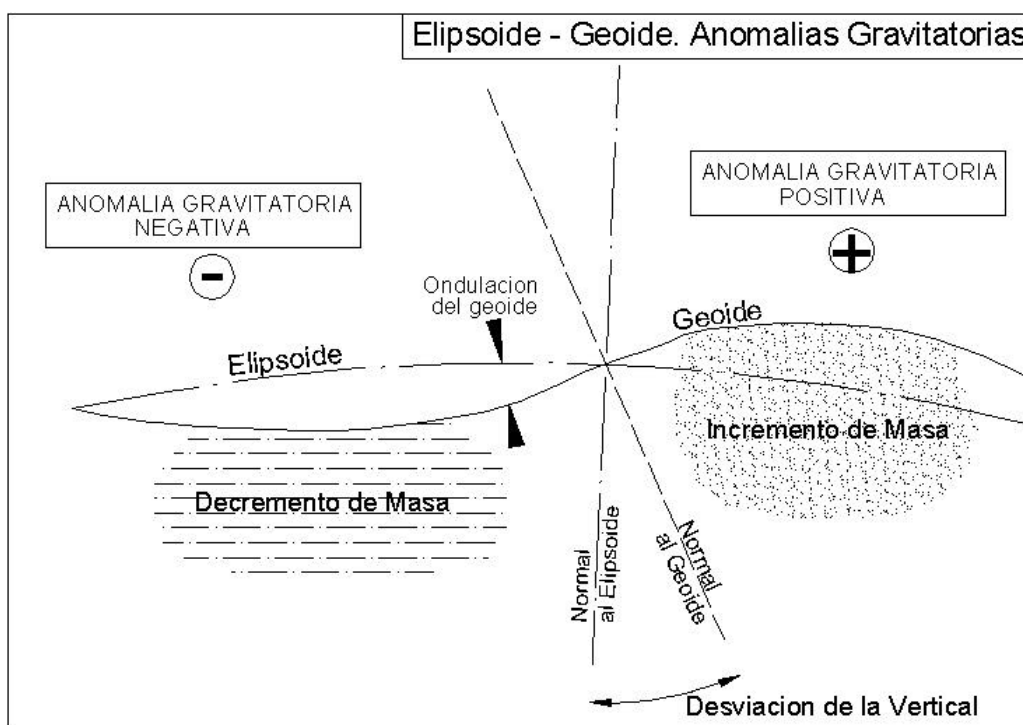


Elipsoide comparado con el Geoide

La desigual distribución de la gravedad superficial, y de lo local de las perturbaciones, causa que existan zonas de la tierra por encima del geoide y por debajo de este:

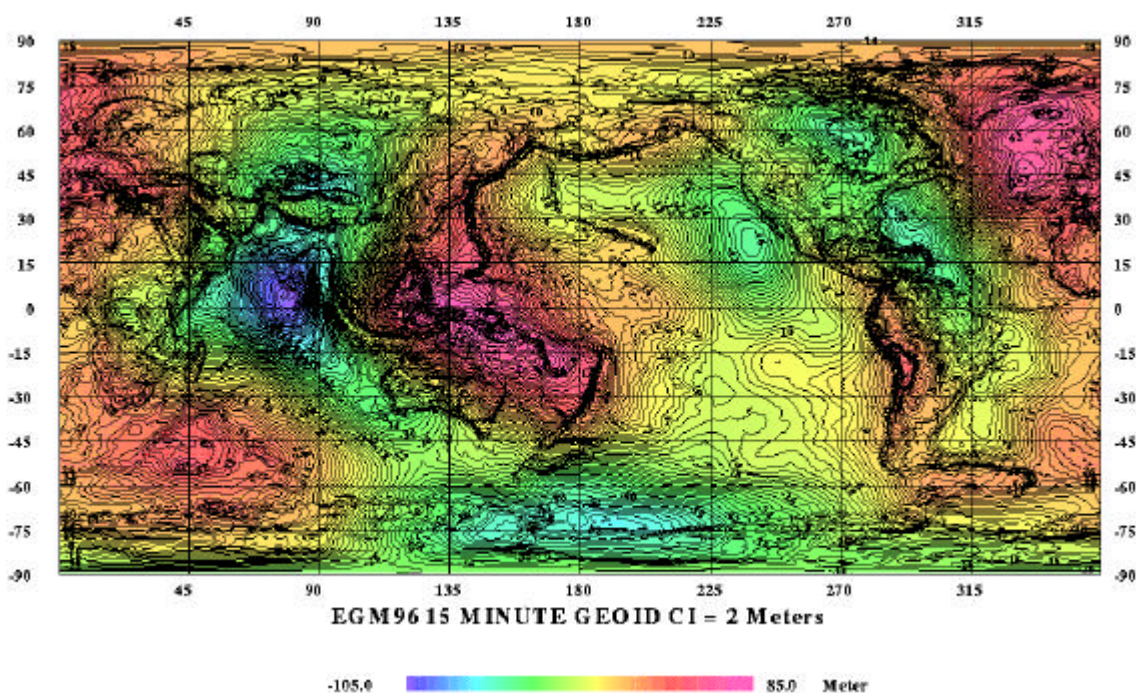


Estas diferencias gravitatorias son causadas por la composición terrestre y la presencia de una gran masa de agua en los océanos, que causa una menor atracción, y hace que, por lo general, el geoide quede por encima del elipsoide en la zona continental y por debajo en la zona oceánica:



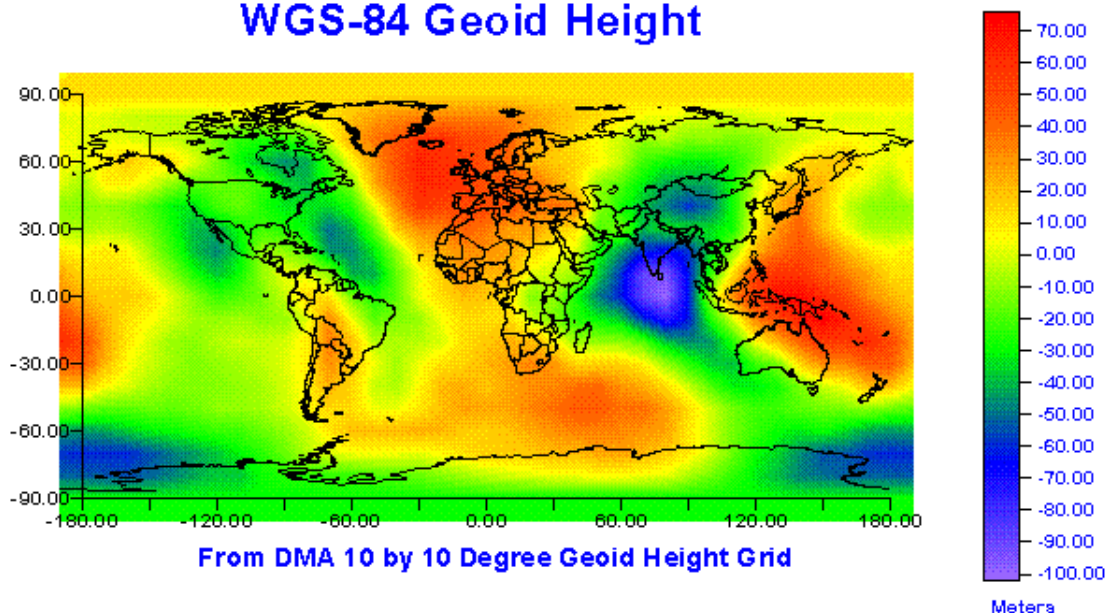
Elipsoide comparado con el Geoide. Eje mplos.

Esta discrepancia se encuentra evaluada para los distintos elipsoides en función de su localización geográfica. Esta diferencia entre el geoide y el elipsoide en raras ocasiones llega a superar los 100 metros. A continuación se da la comparación con el geoide **EGM96** con del elipsoide **“WSG-84”**:



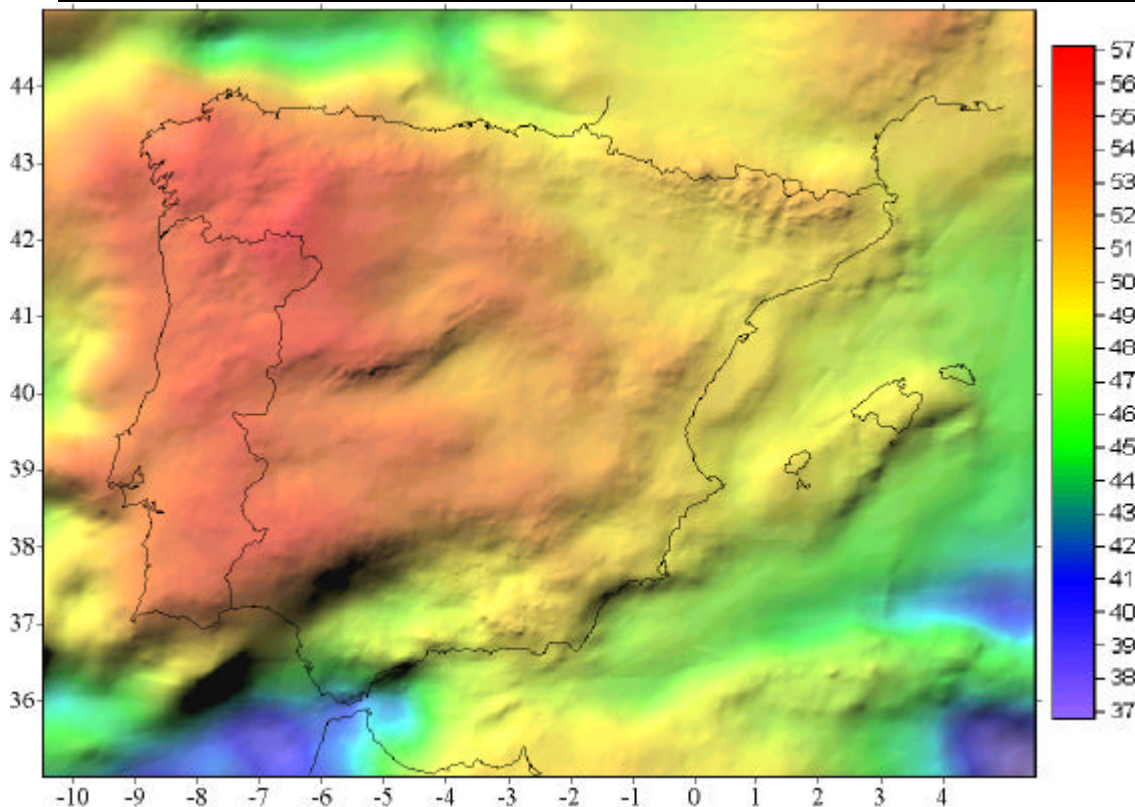
Y la comparación con el geoide **EGM90** con del elipsoide **“WSG-84”**:

WGS-84 Geoid Height



Peter H. Dana 11/05/95

Evaluado para España, comparándolo con el geoide IBERGEO-95;



(imagen cortesía de **Miguel J. Sevilla de Lerma, Eosgis**)

Si consideramos que estas diferencias en raras ocasiones llegan a los 105 metros y que la diferencia entre el radio ecuatorial y el radio polar es de 21 Km, de 42 Km, en su diámetro, queda claro que en el conjunto, la no-esfericidad terrestre existe en términos generales, pero cuando se compara con el geode, esta diferencia ya no parece tan acentuada, y la tierra ya parece que es “**mas redonda**”, ya que únicamente las irregularidades gravitatorias son mayores que la propia deformación radial de la tierra.

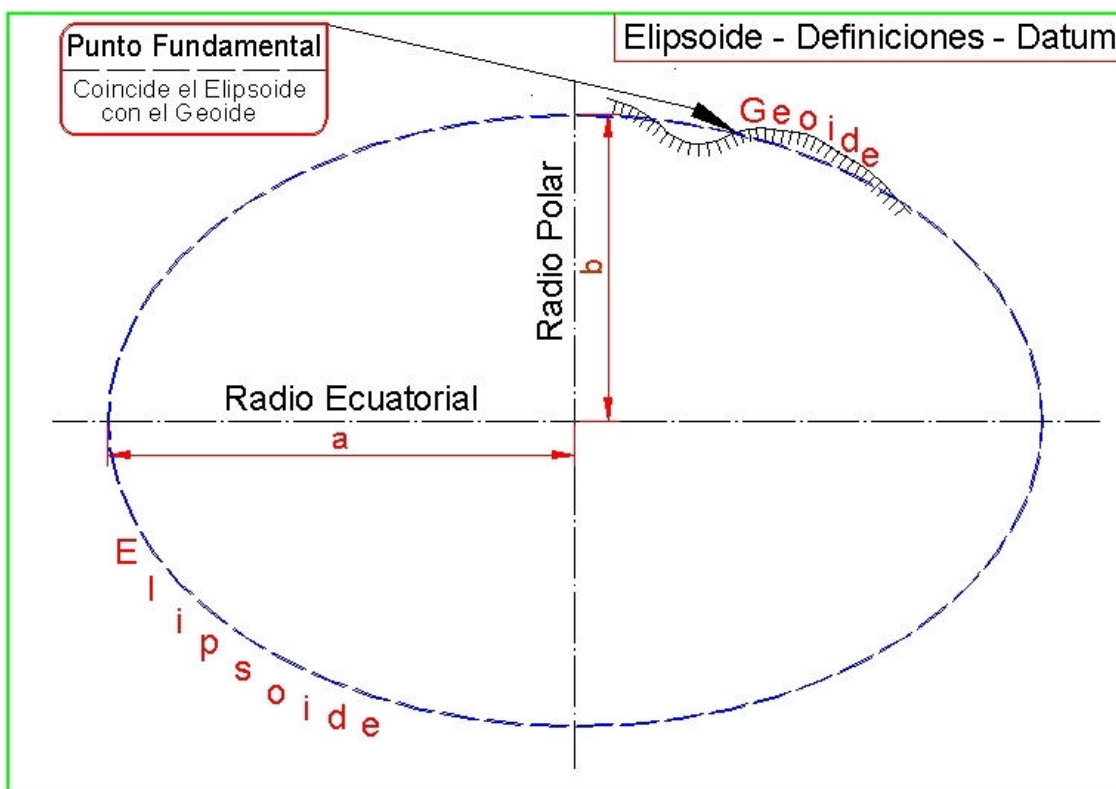
7.3 EL DATUM

Se define el Datum como el punto tangente al elipsoide y al geoide, donde ambos son coincidentes.

Cada Datum esta compuesto por:

- a) un elipsoide, definido por a, b , aplastamiento.
- b) un punto llamado "**Fundamental**" en el que el elipsoide y la tierra son tangentes. Este punto "**Fundamental**" se le define por sus coordenadas **geográficas longitud y latitud**, además del acimut de una dirección con origen en el punto de "fundamental". Esta desviación se denomina:

- **Eta** -» .Desviación en la vertical
- **Xi** -» Desviación en el meridiano



En el punto Fundamental coincide el elipsoide con la superficie real de la tierra así como en este punto las coordenadas astronómicas (las del elipsoide) y las geodésicas (las de la tierra).

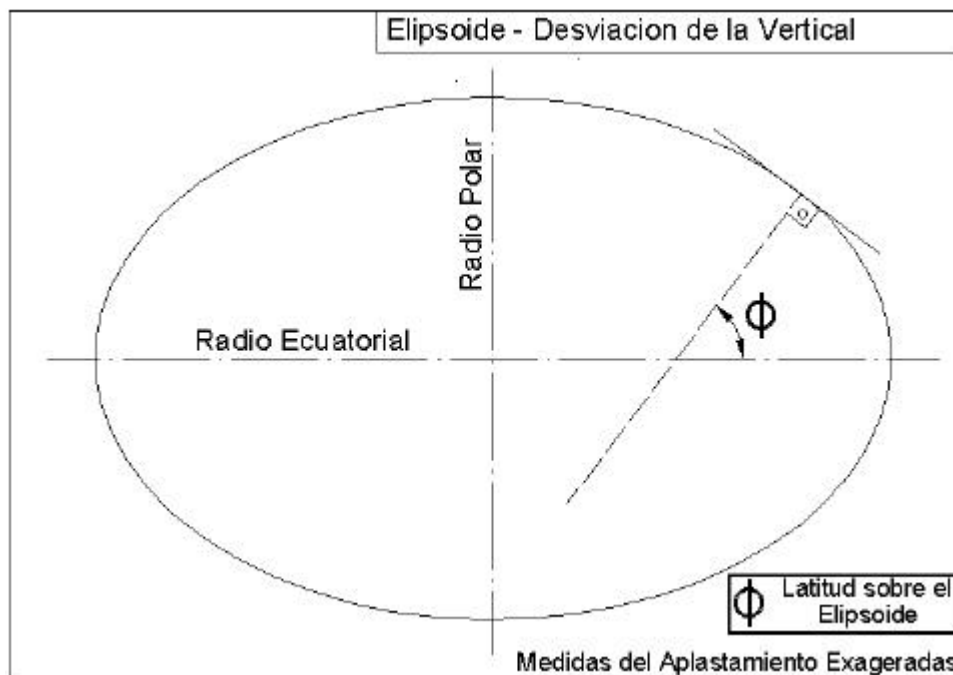
Estas dos desviaciones definidas vienen dadas al no coincidir la vertical perpendicular al geoide, trazada por el punto fundamental, con la vertical perpendicular al elipsoide. Quedando el sistema definido al estar definidos estos ángulos en el **Datum**.

7.3.1 Desviaciones de los ángulos fundamentales del DATUM

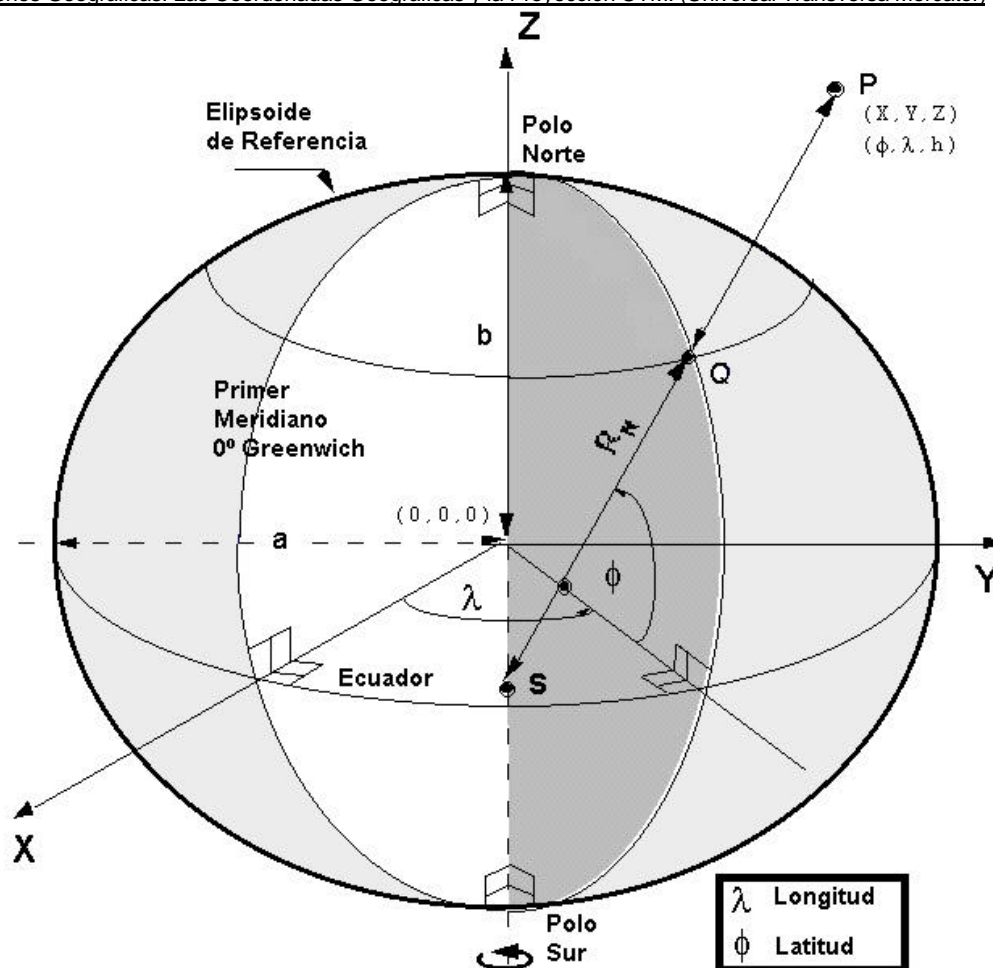
Definido el Datum, ya se puede elaborar la cartografía de cada lugar, pues se tienen unos parámetros de referencia que relacionan el punto origen del geode y del elipsoide con su localización geográfica, así como la dirección del sistema.

7.3.1.1 Desviación de la Vertical (Eta)

Esta desviación viene dada al no coincidir la vertical en el geode con la vertical en el elipsoide, no pasando la perpendicular al elipsoide por el centro de la de la elipse de revolución que me genera al elipsoide:



Visto Sobre la medición de un punto:



7.3.1.1 Desviación Sobre el Meridiano (ξ)

La desviación sobre la vertical hace que la latitud, al realizar su medición angular, no pase por el centro $(0,0,0)$, originando un punto ficticio "S", que puede no estar situado en el eje "Polo Norte- Polo Sur".

Si este punto está situado sobre el eje "Polo Norte- Polo Sur" la desviación sobre el meridiano es 0° .

Hay que recordar que tanto la desviación sobre el meridiano como la desviación de la vertical, únicamente es evaluada para el punto fundamental y no para la totalidad de las posiciones geográficas del sistema, sistema para el que independientemente en su desviación toma su origen de meridianos en Greenwich, Inglaterra 0° .

7.4 ELIPSOIDES de empleo usual

Existe una gran variedad de elipsoides, que se van mejorando matemáticamente para que tengan una mejor aproximación al geode, o que las desviaciones encontradas con el geode sean las menores posibles, aunque para cada zona de la tierra se suele emplear un elipsoide distinto de manera que se adapte mejor a las desviaciones locales del geode. Los elipsoides mas empleados son los siguientes:

Parámetros del Elipsoide								
Elipsoide		"165"	ANS	CLARKE 1858	GRS80	WGS84	WGS72	Internacional 1924
Eje Mayor	A	6378165.0	6378160.000	6378293.645	63781	6378137	6378135	6378388
Inverso Aplastamiento	1/f	298	298.25	294.26	298.25722	298.2572236	298.26	297
Aplastamiento	$f = 1 / f$	0.0033523	0.003352892	0.003398355	0.0033528	0.003352811	0.003352779	0.003367003
Eje Menor	$b = a * (1 - f)$	6356783.2	6356774.719	6356617.938	6356752.3	6356752.314	6356750.520	6356911.946
Excentricidad	E	0.0818133340	0.081820179996	0.082372092204	0.0818191910	0.081819190843	0.081818810663	0.081991889979
Excentricidad al cuadrado	$e^{**2} = f * (1 - 2f) = (a^{**2} - b^{**2}) / a^{**2}$	0.0066934216	0.006694541855	0.006785161574	0.0066943800	0.006694379990	0.006694317778	0.006722670022
Segunda Excentricidad	e'	0.0820885218	0.082095437120	0.082652976376	0.0820944381	0.082094437950	0.082094053920	0.082268889607
Segunda Excentricidad al cuadrado	$e'^{**2} = e^{**2} / (1 - e^{**2}) = (a^{**2} - b^{**2}) / b^{**2}$	0.0067385254	0.006739660796	0.006831514504	0.0067394967	0.006739496742	0.006739433689	0.006768170197

7.5 DATUMS de empleo usual

Existe un gran número de datums. Se detallan a continuación los más empleados, su zona de aplicación, punto fundamental, elipsoide y las desviaciones:

Datum	Area	Nombre del Punto	Latitud ω	ξ	Longitud λ	η	Elipsoide
Norte América 1927	Norte América	Meades Ranch	39 13 26.686 N	-1.32	98 32 30.506 W	1.93	Clarke 1866
Old Hawaiian	Hawaii	Oahu West Base Astro	21 18 13.89 N	0.00	157 50 55.79 W	0.00	Clarke 1866
Qornog	Greenland	Station 7008	64 31 06.27 N	0.00	51 12 24.86 W	0.00	Internacional
Hjorsey 1955	Iceland	Hjorsey	64 31 29.260 N	0.00	22 22 05.840 W	0.00	Internacional
Provisional South American 1956	Venezuela, Ecuador, Peru, Bolivia, Chile	La Canoa	08 34 17.17 N	2.42	63 51 34.88 W	-0.55	Internacional
Corrego Alegre	Brazil	Corrego Alegre	19 50 15.14 S	0.00	48 57 42.75 W	0.00	Internacional
Chua Astro	Paraguay	Chua Astro	19 45 41.16 S	0.00	48 06 07.56 W	0.00	Internacional
Campo Inchauspe	Argentina	Campo Inchauspe	35 58 16.56 S	0.00	62 10 12.03 W	0.00	Internacional
Yacare	Uruguay	Yacare	30 35 53.68 S	0.00	57 25 01.30 W	0.00	Internacional
European 50	Europe	Potsdam, Helmertturm	52 22 51.446 N	3.36	13 03 58.741 E	1.78	Internacional
Odnance Survey of Great Britain 1936	Great Britain: Northern Ireland	Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux	50 51 55.271 N	-1.14	00 20 45.882 E	-2.2	Airy
Ireland 1965	Ireland	Royal Greenwich, Herstmonceux	50 51 55.271 N	-1.14	00 20 45.882 E	-2.2	Modified Airy
Merchich	Morocco	Merchich	33 26 59.672 N	0.00	07 33 27.295 W	0.00	Clarke 1880
Voirol	Algeria	Voirol Observatory	36 45 07.9 N	0.00	03 02 49.45 E	0.00	Clarke 1880

Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator)

Adindan	Sudan	Adindan	22 10 07.110 N	2.38	31 29 21.608 E	-2.51	Clarke 1880
Sierra Leone 1960	Sierra Leone	D.O.S. Astro SLX2	08 27 17.6 N	0.00	12 49 40.2 W	0.00	Clarke 1880
Liberia 1964	Liberia	Robertsfield Astro	06 13 53.02 N	0.00	10 21 35.44 W	0.00	Clarke 1880
Ghana	Ghana	GCS Pillar 547 Accra	05 32 43.30 N	0.00	00 11 52.30 W	0.00	War Office
Nigeria	Nigeria	Minna	09 39 08.87 N	0.00	06 30 58.76 E	0.00	Clarke 1880
Arc 1950	Africa (South of Equator)	Buffelsfontein	33 59 32.00 S	3.46	25 30 44.622 E	-0.88	Clarke 1880
Tananarive (Antananarivo) Obsy 1925	Malagasy Rep.	Tananarive (Antananarivo Obsy)	18 55 02.10 S	0.00	47 33 06.75 E	0.00	Internacional
World Geodetic System 1972	Sino-Soviet Bloc						World Geodetic System 1972
Herat North	Afghanistan	Herat North Astro	34 23 09.08 N	0.00	64 10 58.94 E	0.00	Internacional
Indian	India, Pakistan, Burma, Thailand, Southeast Asia	Kalianpur Hill	24 07 11.26 N	0.31	77 39 17.57 E	0.00	Everest
Tokyo	Japan	Tokyo Obsy	35 39 17.515 N	0.00	139 44 40.502 E	0.00	Bessel
Hu-Tzu-Shan	Taiwan	Hu-Tzu-Shan	23 58 32.340 N	0.00	120 58 25.975 E	0.00	Internacional
Luzon	Philippines	Balanacan	13 33 41.000 N	3.47	121 52 03.000 E	(9)	Clarke 1866
Kertau	West Malaysia	Kertau	03 27 50.71 N	3.47	102 37 24.55 E	-10.90	Modified Everest
Timbalai	East Malaysia	Timbalai	05 17 03.548 N	0.00	115 10 56.409 E	0.00	Everest
Djakarta	Indonesia (Sumatra, Java)	Butavia	06 07 39.522 S	0.00	106 48 27.79 E	0.00	Bessel
Bukit Rimpah	Indonesia (Bangka)	Bukit Rimpah	02 00 40.16 S	0.00	105 51 39.76 E	0.00	Bessel
G. Serindung	Kalimantan	Ep. A	01 06 10.60 N	0.00	105 00 59.82 E	0.00	Bessel
G. Segara	Indonesia (Kalimantan, East)	G. Segara (P5)	00 32 12.83 S	0.00	117 08 48.47 E	0.00	Bessel
Montiong Lowe	Indonesia (Sulawesi)	Montiong Lowe (P1)	05 08 41.42 S	0.00	119 24 14.94 E		Bessel
Australian Geodetic Datum 1949	Australia	Johnston Memorial Cairn	25 56 54.5515S	7.68	133 12 30.0771E	-4.19	Australian National
Geodetic Datum 1949	New Zealand	Papatahi Trig Station	41 19 08.900 S	-1.30	175 02 51.000 E	(9)	Internacional
Guam 1963	Marianas Islands	Tagcha	13 22 38.490 N	-10.35	144 45 51.560 E	24.12	Clarke 1866
Local Astrol							World Geodetic System 1972
Camp Area Astro	Antarctica	Camp Area Astro	77 50 52.521 S	0.00	166 40 13.753 E	0.00	Internacional

7.6 Diferencias ocasionadas al emplear DATUMS distintos

Para España la mayor parte de la cartografía perteneciente al “**Instituto Geográfico Nacional**” Y el “**Servicio Cartográfico del Ejército**” se encuentra georreferenciada con el “**European Datum – 1950**”, mas conocido por sus siglas “**ED50**”. Bajo este Datum se localiza la península ibérica, el archipiélago Balear y las Plazas Españolas del norte de Africa (Ceuta y Melilla). Este Datum toma como referencia el “**elipsoide Internacional**”, también llamado “**elipsoide de Hayford**” con base en **Potsdam, Helmertturm**, (Alemania).

Existe otro Datum de empleo en España como es el “**European Datum - 79**”, (“**ED79**”), y el “**European Datum - 87**”, “**ED87**” aunque el empleo de ambos esta menos extendido.

El **ED-50** tiene como elipsoide el de **Hayford**, también llamado **Internacional de 1924**, y como punto fundamental **Postdam** (Alemania). Las características del elipsoide son las siguientes:

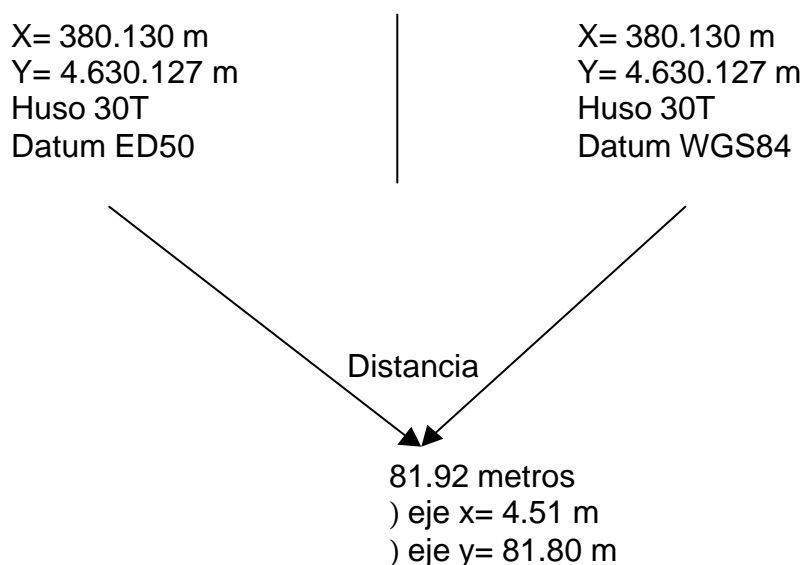
- a = 6378388 m
- achatamiento = 297 m
- Punto fundamental

Longitud : 13° 03' 58.741" E
Latitud : 52° 22' 51.446" N

A pesar de ello no es el único Datum empleado para España ya que para el archipiélago Canario se emplea como referencia el Datum “**Pico de las Nieves**”, situado en la isla de Gran Canaria, en la localidad de **San Bartolomé de Tirajana**, en las proximidades del **Parque Natural de los Tarcones**.

La localización de un punto en coordenadas **UTM** hace necesario la inclusión del Datum de referencia ya que el no incluir este dato trae consigo que, además de producir una indeterminación en la situación geográfica del punto, y suceda que en el replanteo de los puntos, el punto replanteado, no sea el punto buscado.

Como ejemplo se localizan las mismas coordenadas UTM en dos Datums distintos; **coordenadas UTM Datum ED50** y el mismo punto con sistema **UTM Datum WGS84**, Midiéndose la distancia que existe entre ambos puntos:



Para los datums **ED50** y **ED79**:

X= 380.130 m		X= 380.121.1 m
Y= 4.630.127 m	corresponde:	Y= 4.629.124.6 m
Huso 30T		Huso 30T
Datum ED50		Datum ED79
)x= -8.9 m	
)y= -2.4 m	

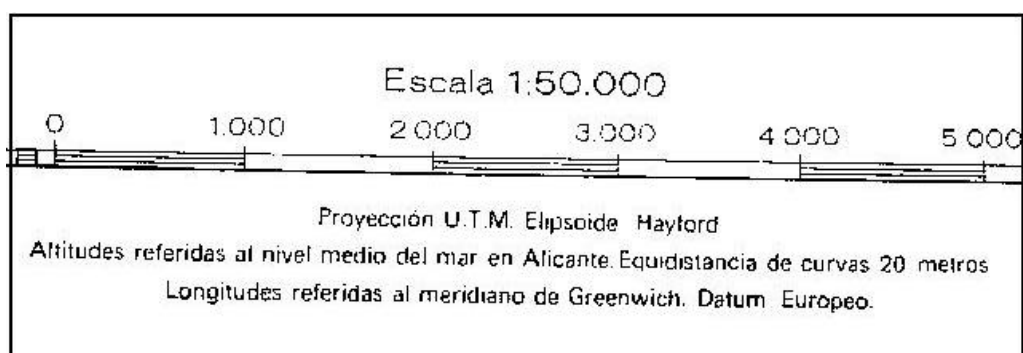
Para los dos datums empleados España “**ED50**” y “**Pico de las Nieves**” las diferencias son grandes, debido, fundamentalmente a que los puntos fundamentales de ambos sistemas, se encuentren muy alejados. Lógicamente las desviaciones angulares (**eta**, **Xi**) tampoco son las mismas:

X= 380.130 m		X= 380.126.7 m
Y= 4.630.127 m	corresponde:	Y= 4.629.793.8 m
Huso 30T		Huso 30T
Datum ED50		Datum Pico de las Nieves
)x= -3.3 m	
)y= -333.2	

Pero no solamente se debe de especificar el Datum para localizar una coordenada **UTM**, sino que para definir mejor el sistema de referencia es común especificar el **Datum/Elipsoide** de referencia. En el cuadro siguiente se toma como ejemplo dos coordenadas dadas en cuatro datums y elipsoides distintos y su resultado en la coordenada UTM:

Datum / elipsoide	Latitud			Longitud			UTM	UTM
	°	'	"	°	'	"	X	Y
Datum Ed50 / internacional	42	10	20 n	5	30	20 w	293040.2	4672020.2
Datum Wsg-72 / Wsg-72	42	10	20 n	5	30	20 w	293049.8	4671935.8
Datum Wsg-84 / Wsg-84	42	10	20 n	5	30	20 w	293049.7	4671937.1
Datum NAD 27 / Clarke 1866	42	10	20 n	5	30	20 w	293044.0	4671937.3
Datum NAD 83 / Grs 80	42	10	20 n	5	30	20 w	293049.7	4671937.1

En la cartografía se especifica, habitualmente, tanto el elipsoide como el Datum en las Leyendas de los mapas:

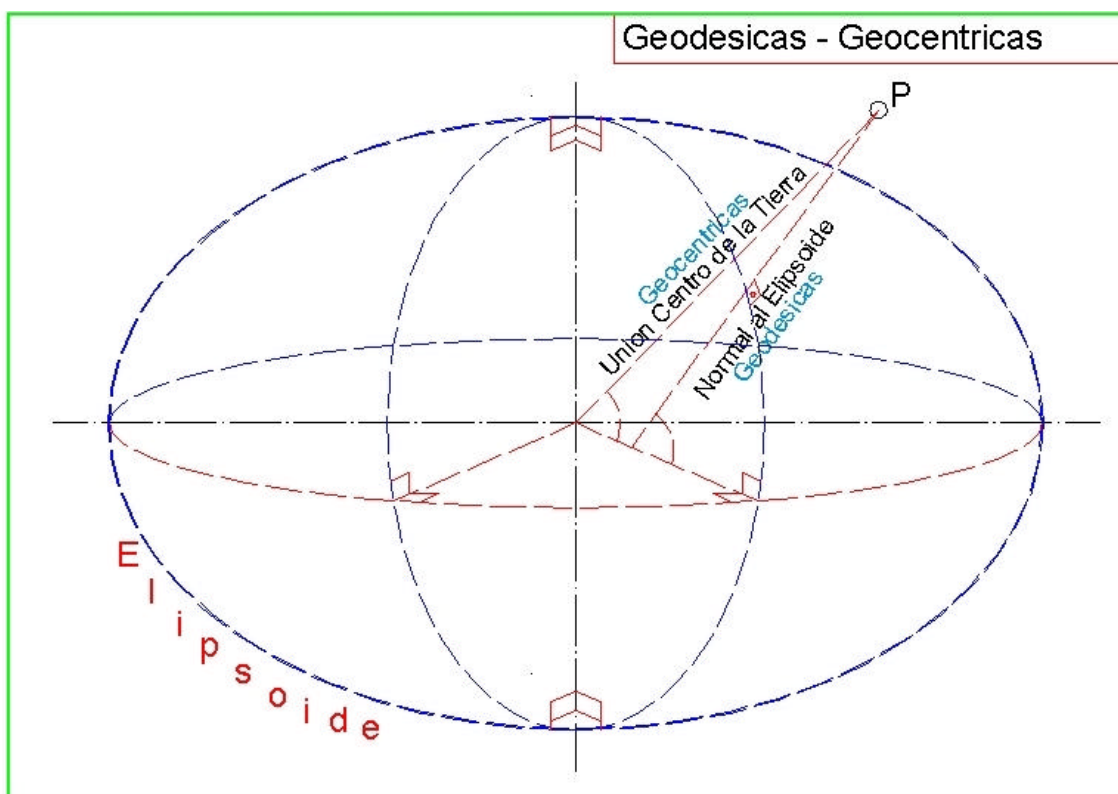


7.7 Coordenadas Geodésicas y Coordenadas Geocéntricas

El origen de medición de las coordenadas geográficas puede coincidir, o no, con el centro de gravedad de la tierra, creándose dos coordenadas geográficas distintas:

- Coordenadas **Geodésicas**; aquellas que están referidas al elipsoide.
- Coordenadas **Geocéntricas**; aquellas que están definidas con respecto al centro de gravedad de la tierra, **(x,y,z)** ó (λ, ω, h) .

Las geodésicas calculan la latitud trazando la normal al elipsoide de referencia y las Geocéntricas uniendo el punto objeto con el centro de la tierra:



Por lo general, siempre que no se especifique lo contrario, todo lo que tenga el formato $6^{\circ} 30' 12.23''$ N, $14^{\circ} 22' 12.351''$ W, se refiere a coordenadas geodésicas, medidas sobre el elipsoide.

En cambio las coordenadas geocéntricas toman el formato (x,y,z) o bien también son expresadas con el formato; longitud, latitud y altura, referidas al centro de la tierra.

Pero no todas las coordenadas en formato (λ, ω, h) son geodésicas y a menudo se confunden con las geocéntricas, por ejemplo el elipsoide **WGS-84**, elipsoide de referencia en la constelación **GPS**, es un elipsoide que toma su origen en el centro de gravedad de la tierra, luego las coordenadas geográficas referidas a el no son geodésicas sino geocéntricas, aunque habitualmente se tomen como geodésicas ya que tienen el formato común de las geodésicas.

Las coordenadas Geodésicas, generalmente, están referidas a un origen del elipsoide y este puede no coincidir con el resto de los elipsoides, al no coincidir sus dimensiones, su desviación con la vertical y su desviación en el meridiano, de modo que un punto tiene coordenadas geográficas distintas en función del Datum de referencia:

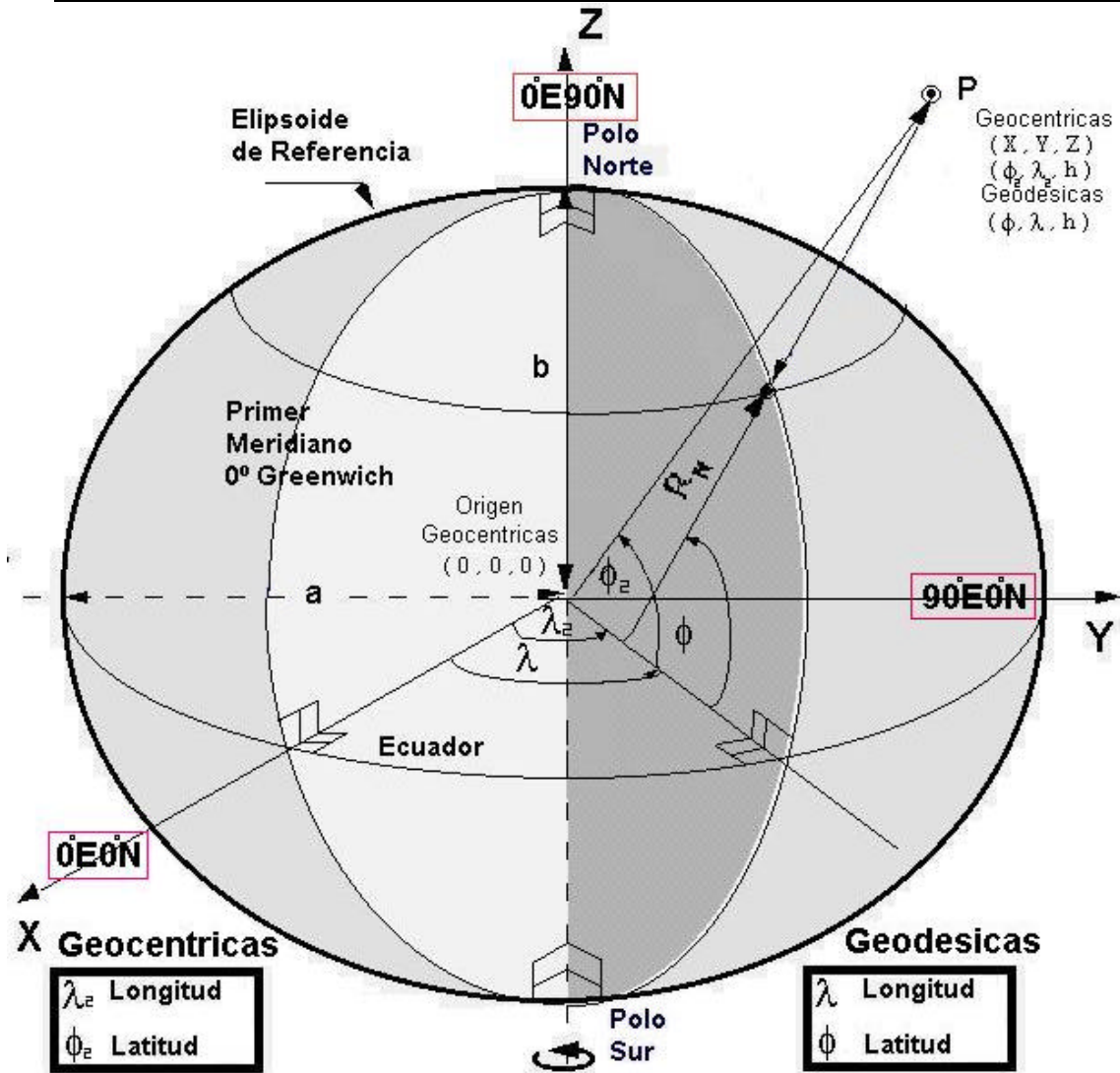
Datum / elipsoide	Latitud			Longitud			Corresponden Geográficas	
	°	'	“	°	'	“	Datum / elipsoide	Long/latitud
Datum Ed50 / internacional	42	10	20 n	5	30	20 w	Datum Wsg-84	42°10'15.77"N 5°30'24.99"W
Datum Wsg-72 / Wsg-72	42	10	20 n	5	30	20 w	Datum Wsg-84	42°10'20.11"N 5°30'19.45"W
Datum Wsg-84 / Wsg-84	42	10	20 n	5	30	20 w	NAD 27 / Clarke 1866	42°10'22.75"N 5°30'25.42"W
Datum NAD 27 / Clarke 1866	42	10	20 n	5	30	20 w	Datum ED50	42°10'21.48"N 5°30'9.59"W
Datum NAD 83 / Grs 80	42	10	20 n	5	30	20 w	Datum Wsg-84	42°10'24.23"N 5°30'15.01"W

El ejemplo expuesto tiene una serie de errores; **cada Datum tiene un ámbito de aplicación distinto** y no puede ser empleado fuera de la zona geográfica para la que fue creado.

En el ejemplo se calculan unas coordenadas geográficas desde un Datum NAD 27 / Clarke 1866, que es un Datum de Norte América, transformadas a un Datum ED50, que es un Datum de empleo exclusivo europeo.

Como contrapartida existen una serie de datums, como son el WGS-72 y el WSG-84, cuyo empleo es mundial y a su vez son geocéntricos, y las coordenadas geodésicas y geocéntricas coinciden.

El origen de las coordenadas geocéntricas se toma en el centro de la tierra y sus ejes x,y,z:



7.8 DATUM WGS-84. SISTEMA GPS.

Con el empleo de nuevas técnicas de posicionamiento, en especial la constelación GPS, (Sistema de Posicionamiento Global, creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD)) se hace necesario disponer de un sistema para posicionar una situación geográfica con referencia a un **Datum Universal** con cobertura en toda la superficie terrestre, evitándose así la “territorialidad” del resto de los Datum existentes.

Para ello fue creado en sistema WGS, (world geodetic system, Sistema Geodésico Mundial), con el primer sistema denominado WGS-74, revisado y modificado, estando actualmente vigente y en uso el sistema WGS-84

Las coordenadas que se obtienen de la constelación de satélites pueden ser cartesianas en el espacio respecto al centro de masas de la Tierra (X, Y, Z) o geodésicas (λ, ω, h). El sistema de referencia tiene las siguientes características:

Origen (0,0,0)	Centro de Masas de la Tierra.
Eje Z	paralelo al polo medio
Eje X	Intersección del meridiano de Greenwich y el plano del ecuador
Eje Y	perpendicular a los ejes Z y X, y coincidente con ellos en el Centro de Masas terrestre.

Las coordenadas geodésicas están referidas a un elipsoide de revolución con las siguientes características:

Semieje mayor (a)	6.378.137 m
Inversa del aplanamiento (1 / f)	298,257223563
Velocidad angular de rotación (ω)	$7.292.115 \cdot 10^{-11}$ rad / s.

Esta constelación es empleada en métodos de captura de datos Topográficos y sobre todo en navegación Aérea y Marítima. Por ello es usual encontrarse en la cartografía la correspondencia entre el Datum Wgs-84 y el empleado en nuestra zona; **European Datum 1950**:

NOTA: Las situaciones obtenidas por medio de satélite de navegación referidas al Sistema Geodésico Mundial (WGS) deberán ser desplazadas 0,07 minutos al Norte y 0,09 minutos al Este para estar correctamente representadas en esta carta.

8 LA COORDENADA “Z”

Hasta el momento solamente hemos hablado de las posiciones geográficas, Longitud, latitud y de la posición **UTM** x,y de los sistemas de referencia cuadriculados (“**grid**”), pero no hemos hablado de la coordenada z , con la que el punto queda definido por sus coordenadas (x,y,z) ó (N,T,h) .

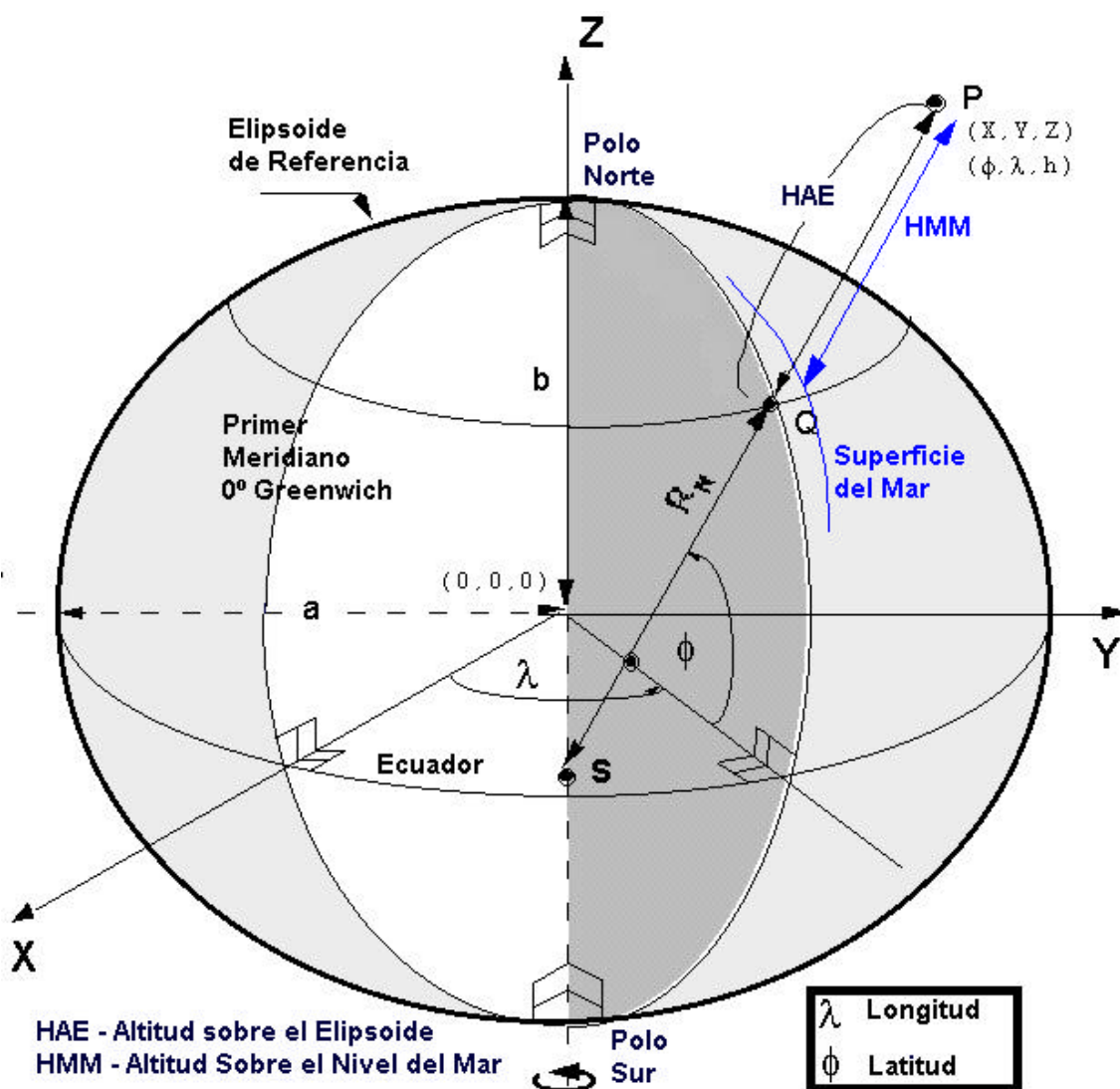
La medición de la “**Z**” de un punto implica que esta deba de ser referenciada a uno de los sistemas geodésico empleado.

Así se puede referenciar la “**Z**” a la distancia existente entre el punto objeto a medir su cota, en cuyo caso hablamos de **Altitud** del punto, o Bien referirla al Nivel Medio del Mar, en cuyo caso estaremos hablando de **Cota** del punto.

Estas dos “alturas”, que por lo general no son coincidentes, se notan como:

- **HAE** – Altura sobre el elipsoide (“**HAE Elipsoid Height (m)**”)
- **HMM** – Altura sobre el Nivel del Mar (“**MSL Height (m)**”)

Para España, la altura sobre el nivel del mar se toma en Alicante, punto sobre el cual se encuentra nivelada la red Geodésica Principal Española:



Esta diferencia en la coordenada "z" tiene diferencias que llegan a ser de hasta 100 m, dependiendo del elipsoide y la situación geográfica del punto.

Por ejemplo un punto de coordenadas:

42° 10' 22.4"N

5° 22' 14.4"W (Datum **WGS-84**)

Tiene de coordenada z, **Datum WGS-84**:

HAE- Altura sobre el Elipsoide = 500 m

HMM- Altura Sobre el Nivel Medio del Mar = 445 m

(Datum **WGS-84**)

Sobre el Datum **Ed-50**:

HAE-Altura sobre el Elipsoide = 575 m

HMM- Altura Sobre el Nivel Medio del Mar = 519 m

(**European Datum 1950**)

Sobre el Datum "**Pico de las Nieves**"

HAE-Altura sobre el Elipsoide = 425 m

HMM- Altura Sobre el Nivel Medio del Mar = 445 m

(**European Datum 1950**)

Software empleado:

Geomedia Profesional. Intergraph

Microstation 95, Intergraph

Autocad LT 97. Autodesk

Arc View 3.1 . Esri.

Pc GPS, CMT inc.

Garmin GPS II plus

PROGRAM UTMS. (Universal Transverse Mercator System). National Geodetic Survey. NMEA. EEUU

UTMCON,

Carta Digital De España. Servicio Geográfico del Ejército.

Geographic Translator Version 2 (Geotrans 2). US Army Topographic Engineering Center. Geospatial Information Division. National Imagery and Mapping Agency.

GENCORD PLUS '99. EOSGIS.

Bibliografía

Topografía y Lectura de Planos. Máximo García Vicente. 1980.

Astronomía de Posición. Rafael Ferrer Torio, Benjamin Pila Patón. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. 1987.

Lectura de Mapas. Francisco Vázquez Maure y José Martín López.

DoD, EEUU, (Departamento de Defensa de los Estados Unidos)

Manuales técnicos:

-DMA TM 8358.2 The Universal Grids: Universal Transverse Mercator (UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS).

- DMA TM 8358.1 Datums, Elipsoids, Grids and Grid Reference System.

GPS & Glonass. Descripción y Aplicaciones. M^a Paz Holanda Blas y Juan Carlos Bermejo Ortega.

Base de datos Geográfica

A Nivel **Mundial y País:** **Esri World Metadata**

A Nivel **Provincial** e inferior: Base de datos del IGM / CNIG – **Centro Nacional de Información Geográfica**

Agradecimientos/Notas

A **Miguel J. Sevilla de Lerma**, por la cesión de la imagen del geoides IBERGEO-95. (www.eosgis.com)

Si detecta la existencia en esta publicación de una imagen o contenido que debiera estar publicada por pertenecer a otro autor, comuníquelo a Ignacio Alonso Fernández-Coppel y será retirada inmediatamente.

Ruego a los usuarios y lectores, con objeto de mejorar la publicación, comuniquen al autor los errores, comentarios, sugerencias, dudas, aclaraciones y en general todo aquello que consideren oportuno, para lo cual mi dirección de correo es: topoagri@iaf.uva.es

Ultima Revisión 13 de febrero de 2001