



Ciente Geodesia
Manual de Usuario

Versión: 102


Queda prohibido cualquier tipo de explotación y, en particular, la reproducción, distribución, comunicación pública y/o transformación, total o parcial, por cualquier medio, de este documento sin el previo consentimiento expreso y por escrito de la Junta de Andalucía.



Cliente Geodesia
Manual de Usuario

Consejería de Economía,
Innovación y Ciencia

HOJA DE CONTROL

Organismo	Consejería de Economía, Innovación y Ciencia		
Proyecto	Cliente Geodesia		
Entregable	Manual de Usuario		
Autor			
Versión/Edición	0101	Fecha Versión	02/03/11
Aprobado por		Fecha Aprobación	DD/MM/AAAA
		Nº Total de Páginas	34

REGISTRO DE CAMBIOS

Versión	Causa del Cambio	Responsable del Cambio	Fecha del Cambio
100	Versión inicial	MDRC	20/12/2010
101	Adaptación a la nueva plantilla	AGG	08/02/2011
102	Se completa el apartado que describe el check '¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?'	MDRC	02/03/11

CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

Nombre y Apellidos
Borja Mañas Álvarez



ÍNDICE

<u>1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1 Objeto.....</u>	<u>4</u>
<u>1.2 Alcance.....</u>	<u>4</u>
<u>1.3 Funcionalidad.....</u>	<u>4</u>
<u>2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....</u>	<u>5</u>
<u>2.1 Cliente Geodesia.....</u>	<u>5</u>
<u>2.1.1 Pantalla principal</u>	<u>5</u>
<u>2.1.1.1 Configuración de los Sistemas de Referencia.....</u>	<u>7</u>
<u>2.1.1.2 Transformación de coordenadas.....</u>	<u>11</u>
<u>2.1.1.3 Transformación de ficheros.....</u>	<u>12</u>
<u>3 FAQ.....</u>	<u>13</u>
<u>4 GLOSARIO.....</u>	<u>14</u>
<u>5 Anexo. Conceptos fundamentales.....</u>	<u>15</u>
<u>5.1 Geoide. Datum y sistemas de referencia.....</u>	<u>15</u>
<u>5.1.1 Geoide</u>	<u>15</u>
<u>5.1.2 Datum</u>	<u>15</u>
<u>5.1.3 European Datum 1950 (ED50).....</u>	<u>17</u>
<u>5.1.4 European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).....</u>	<u>17</u>
<u>5.2 Sistemas de coordenadas.....</u>	<u>18</u>
<u>5.2.1 Sistema de coordenadas cartesianas.....</u>	<u>18</u>
<u>5.2.2 Sistema de coordenadas geodésicas (elipsóidicas).....</u>	<u>19</u>
<u>5.2.3 Sistemas de coordenadas de una proyección.....</u>	<u>20</u>



<u>5.3 Sistemas de altitudes.....</u>	<u>23</u>
<u>5.4 Transformación entre ED50 y ETRS89.....</u>	<u>24</u>
<u>5.5 Referencias</u>	<u>25</u>

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El propósito del presente documento es el de proporcionar una descripción funcional detallada del cliente del componente geodesia enmarcado dentro del proyecto SIG Corporativo de la Junta de Andalucía.

1.2 Alcance

Este documento va dirigido a todos aquellos usuarios del cliente web del componente geodesia.

1.3 Funcionalidad

El cliente Geodesia se concibe para realizar transformaciones de información espacial entre los distintos sistemas de referencia oficiales en Andalucía y España, permitiéndonos bien realizar la transformación de una coordenada o realizar la transformación de un fichero de coordenadas. Es posible configurar tanto el sistema de referencia de origen como el sistema de referencia de destino, eligiendo para cada caso los diferentes parámetros que determinan cada uno de ellos.

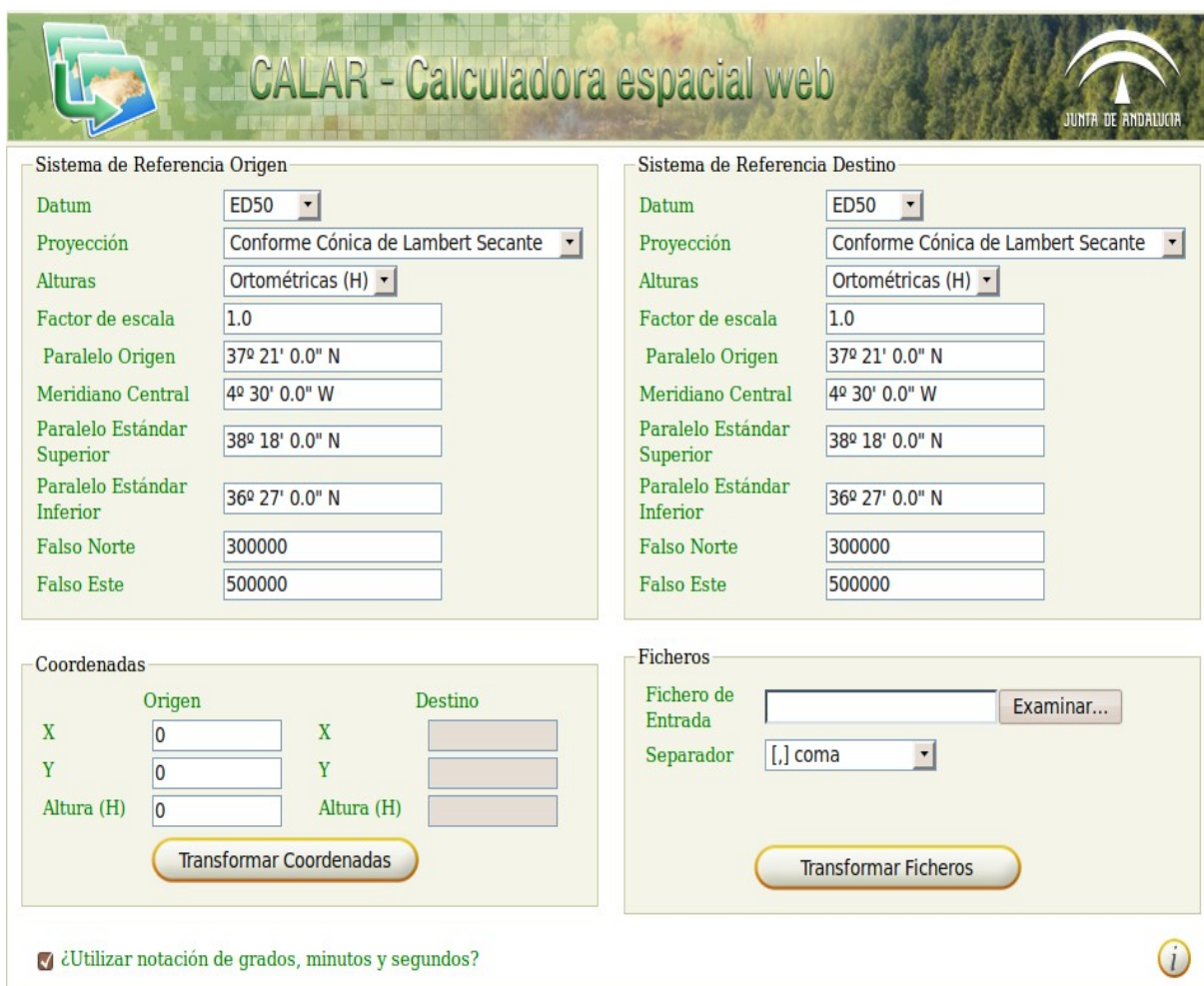
2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En esta sección se describe la interfaz gráfica de la aplicación y sus principales características.

2.1 Cliente Geodesia

2.1.1 Pantalla principal

La pantalla principal del cliente geodesia de la IDE de Andalucía permite realizar la transformación de la información espacial entre los diversos sistemas de referencia oficiales en Andalucía y España.



The screenshot shows the main interface of the 'CALAR - Calculadora espacial web' application. It features a header with the application title and the Junta de Andalucía logo. The interface is divided into several sections:

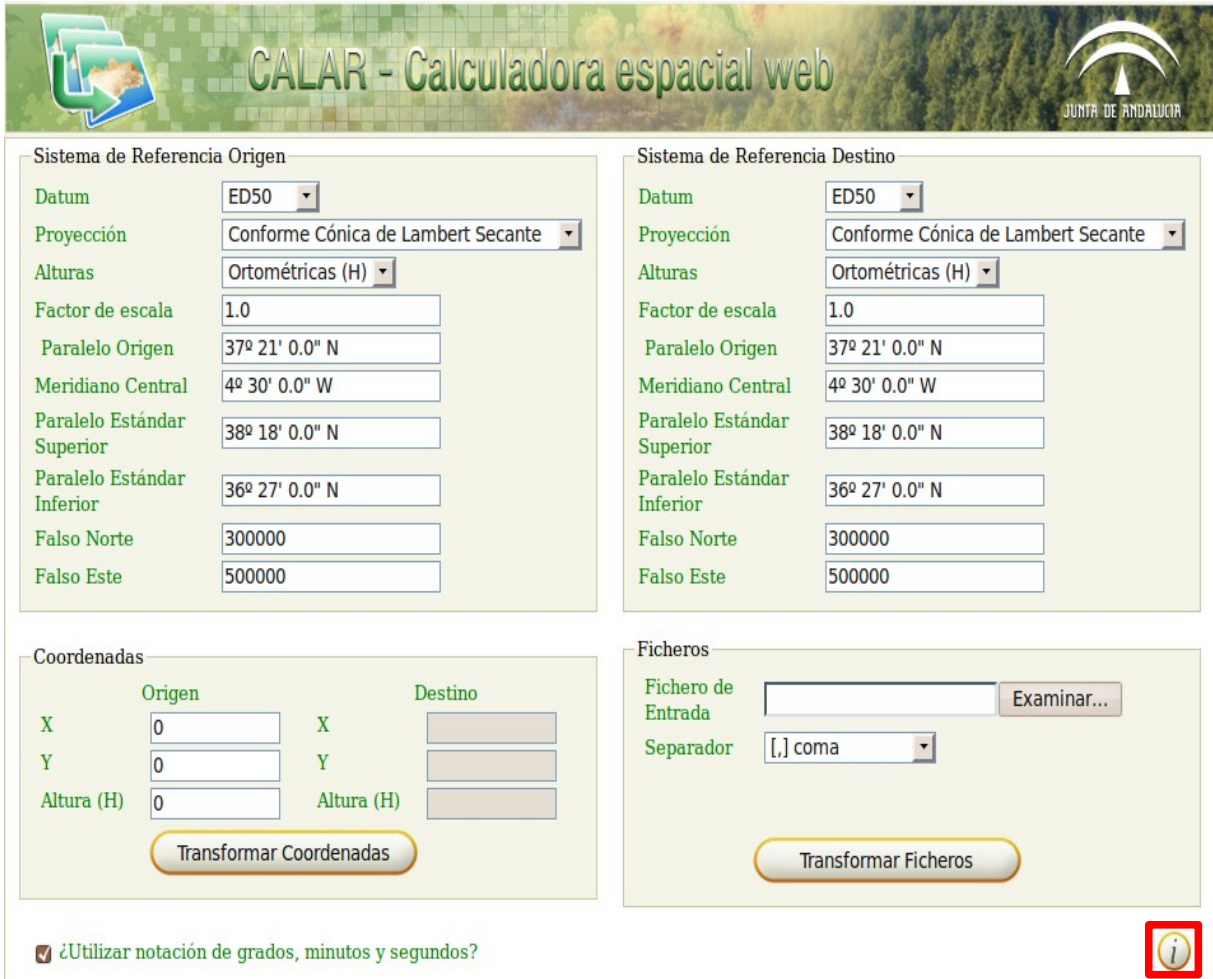
- Sistema de Referencia Origen:** A form with dropdown menus for Datum (ED50), Proyección (Conforme Cónica de Lambert Secante), and Alturas (Ortométricas (H)). It includes input fields for Factor de escala (1.0), Paralelo Origen (37° 21' 0.0" N), Meridiano Central (4° 30' 0.0" W), Paralelo Estándar Superior (38° 18' 0.0" N), Paralelo Estándar Inferior (36° 27' 0.0" N), Falso Norte (300000), and Falso Este (500000).
- Sistema de Referencia Destino:** An identical form to the origin system, with the same default values.
- Coordenadas:** A table for inputting coordinates. It has columns for 'Origen' and 'Destino', and rows for X, Y, and Altura (H). Each cell contains an input field. A 'Transformar Coordenadas' button is located below the table.
- Ficheros:** A section for file transformation. It includes a 'Fichero de Entrada' input field with an 'Examinar...' button, and a 'Separador' dropdown menu set to '[,] coma'. A 'Transformar Ficheros' button is located below.

At the bottom, there is a checkbox labeled '¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?' which is checked, and an information icon (i) on the right.

En ella, se pueden observar tres partes bien diferenciadas. Estas son:

- Configuración de los sistemas de referencia:
 - *Sistema de Referencia Origen.*
 - *Sistema de Referencia Destino.*
- Transformación de *Coordenadas.*
- Transformación de *Ficheros.*

En los siguientes apartados, se describen con más detalle cada una de estas partes. En la esquina inferior derecha de la pantalla principal se encuentra situado un botón que muestra información sobre la versión de la aplicación.



CALAR - Calculadora espacial web

Sistema de Referencia Origen

Datum	ED50
Proyección	Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas	Ortométricas (H)
Factor de escala	1.0
Paralelo Origen	37º 21' 0.0" N
Meridiano Central	4º 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior	38º 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior	36º 27' 0.0" N
Falso Norte	300000
Falso Este	500000

Sistema de Referencia Destino

Datum	ED50
Proyección	Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas	Ortométricas (H)
Factor de escala	1.0
Paralelo Origen	37º 21' 0.0" N
Meridiano Central	4º 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior	38º 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior	36º 27' 0.0" N
Falso Norte	300000
Falso Este	500000

Coordenadas


	Origen		Destino
X	0	X	
Y	0	Y	
Altura (H)	0	Altura (H)	

Ficheros

Fichero de Entrada: Examinar...

Separador: [,] coma

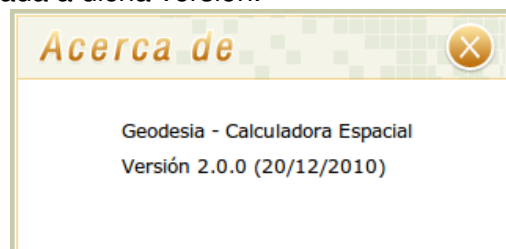
¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?



Transformar Coordenadas

Transformar Ficheros

Si pulsamos este botón, se abre una nueva ventana con la información sobre la versión de la aplicación y la fecha asociada a dicha versión.



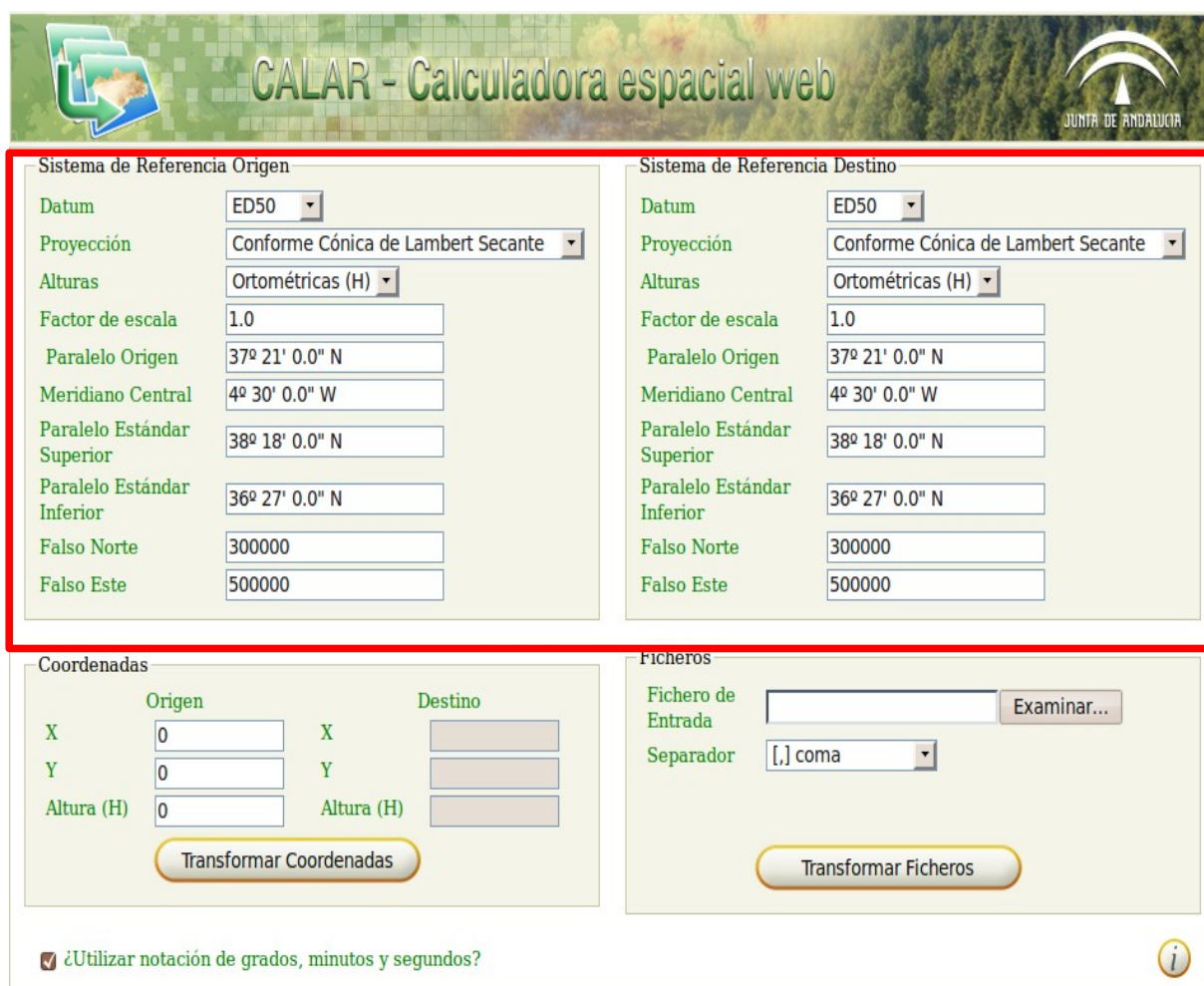
2.1.1.1 Configuración de los Sistemas de Referencia

El primer paso para utilizar la calculadora espacial web Geodesia, es el de seleccionar el

sistema de referencia de origen en el que se proporcionan las coordenadas, y el sistema de referencia de destino al que queremos transformar las coordenadas.

Geodesia calculará las transformaciones que deben realizarse para pasar de un sistema a otro, y las utilizará para transformar coordenadas y ficheros.

En la siguiente imagen se muestra un pantallazo con los paneles de configuración de los sistema de referencia encuadrados en rojo:



CALAR - Calculadora espacial web

Sistema de Referencia Origen

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Sistema de Referencia Destino

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Coordenadas

	Origen		Destino
X	0	X	
Y	0	Y	
Altura (H)	0	Altura (H)	

Transformar Coordenadas

Ficheros

Fichero de Entrada: [] Examinar...
Separador: [,] coma

Transformar Ficheros

¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?

Como se observa en el pantallazo anterior, la selección de un *Sistema de Referencia* se realiza configurando los siguientes parámetros:

- *Datum*: Geodesia soporta actualmente dos opciones para el datum:
 - ED50: European Datum 1950.
 - ETRS89: European Terrestrial Reference System 1989.
- *Proyección*: Las proyecciones disponibles son:
 - Conforme Cónica de Lambert Secante.
 - Conforme Cónica de Lambert Tangente.
 - Transversa de Mercator.
 - Coordenadas geográficas (Latitud/Longitud)
 - Coordenadas Cartesianas.
- *Alturas*: Se pueden seleccionar alturas ortométricas, relativas al geoide, y alturas elipsoidales. Esta opción no está disponible en *Coordenadas Cartesianas*.
- *Factor de escala*: este parámetro está disponible para las siguientes proyecciones:
 - *Conforme Cónica de Lambert Tangente*.
 - *Conforme Cónica de Lambert Secante*.
 - *Transversa de Mercator*.
- *Paralelo de Tangencia*: este parámetro está disponible para las siguientes proyecciones:
 - *Conforme Cónica de Lambert Secante*.
 - *Conforme Cónica de Lambert Tangente*.
- *Meridiano Central*: este parámetro está disponible para las siguientes proyecciones:
 - *Conforme Cónica de Lambert Secante*.
 - *Conforme Cónica de Lambert Tangente*.
 - *Transversa de Mercator*.
- *Paralelo Estándar Superior*: este parámetro está disponible únicamente para la siguiente proyección:

- *Conforme cónica de Lambert Secante.*
- *Paralelo Estándar Inferior:* este parámetro está disponible únicamente para la siguiente proyección:
 - *Conforme cónica de Lambert Secante.*
- *Falso Norte:* este parámetro está disponible para las siguientes proyecciones:
 - *Conforme Cónica de Lambert Tangente.*
 - *Conforme Cónica de Lambert Secante.*
 - *Transversa de Mercator.*
- *Falso Este:* este parámetro está disponible para las siguientes proyecciones:
 - *Conforme Cónica de Lambert Tangente.*
 - *Conforme Cónica de Lambert Secante.*
 - *Transversa de Mercator.*

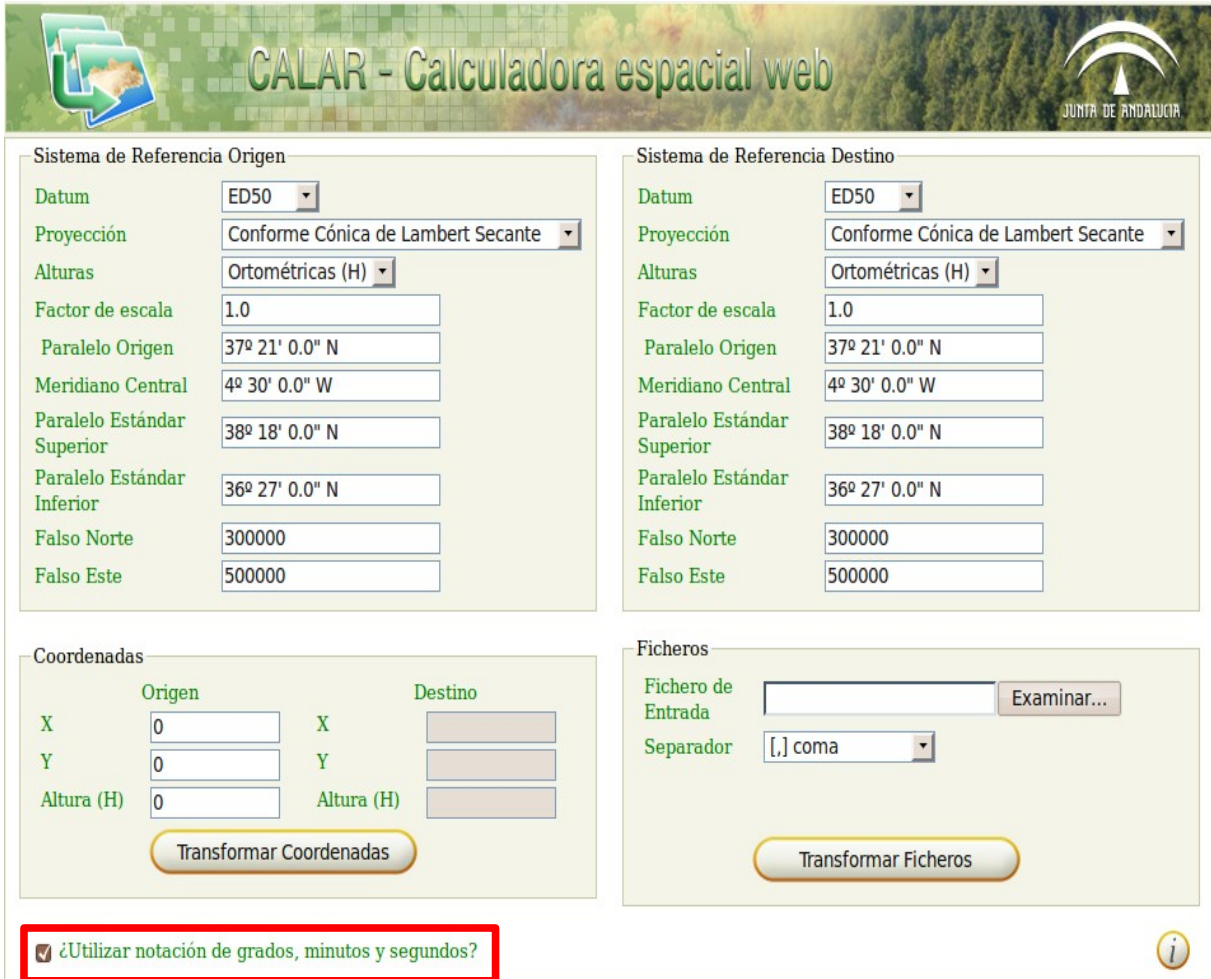
Para más información sobre estas opciones puede consultar los anexos de este documento.

Puede controlarse si las coordenadas angulares se expresan como grados con decimales o en notación grados/minutos/segundos mediante la casilla '*¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?*'. Al modificar este check, los parámetros de los sistemas de referencia tanto Origen como Destino se convertirán automáticamente.



**Cliente Geodesia
Manual de Usuario**

**Consejería de Economía,
Innovación y Ciencia**



CALAR - Calculadora espacial web

Sistema de Referencia Origen

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Sistema de Referencia Destino

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Coordenadas

Origen		Destino	
X	0	X	
Y	0	Y	
Altura (H)	0	Altura (H)	


Transformar Coordenadas

¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?

Ficheros

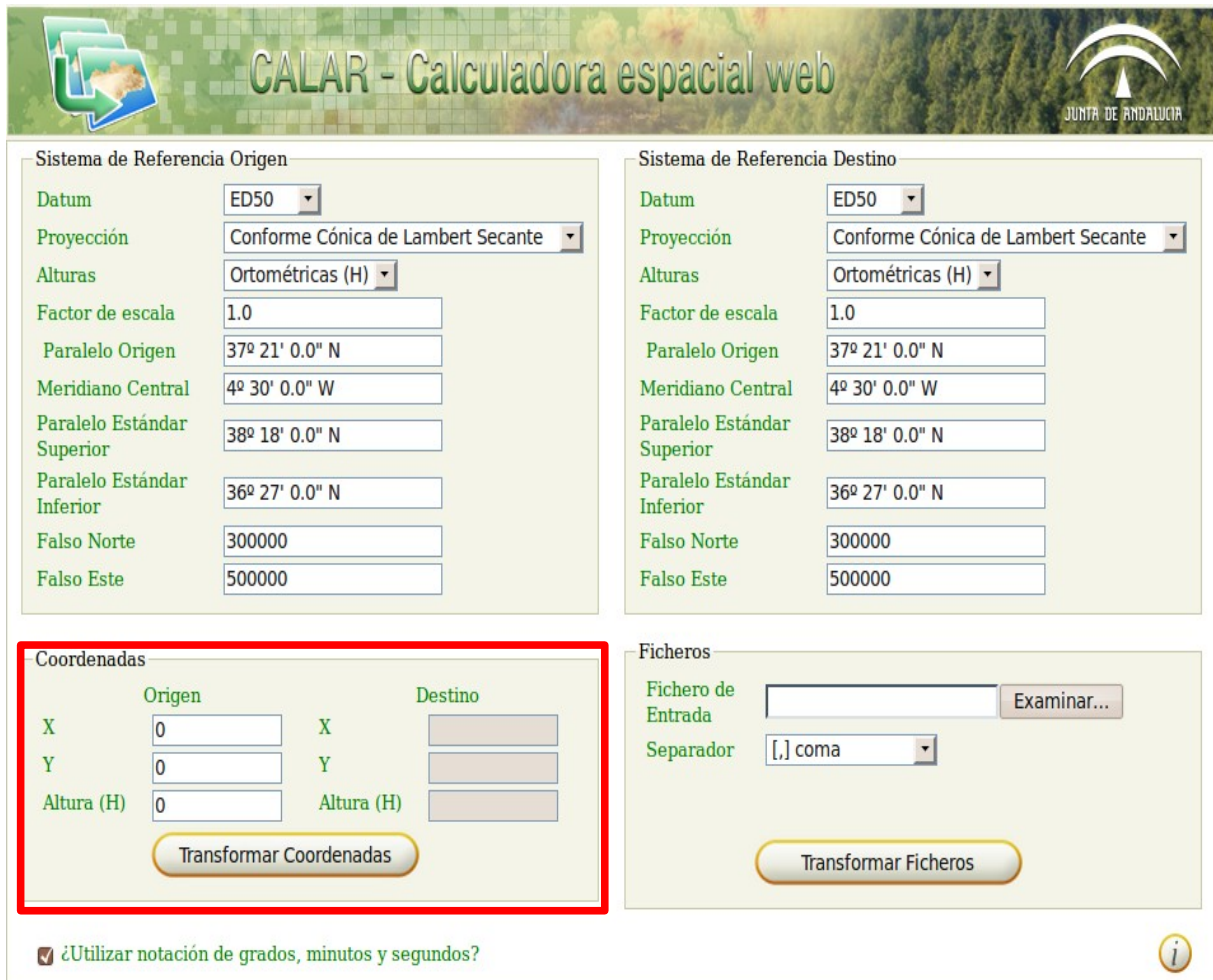
Fichero de Entrada: [] Examinar...
Separador: [,] coma

Transformar Ficheros



2.1.1.2 Transformación de coordenadas

El panel de conversión de coordenadas le permite transformar manualmente coordenadas desde el *Sistema de Referencia Origen* al *Sistema de Referencia Destino* configurados previamente. En la siguiente figura se muestra un ejemplo:



CALAR - Calculadora espacial web

Sistema de Referencia Origen

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Sistema de Referencia Destino

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37° 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4° 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38° 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36° 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Coordenadas

Origen		Destino	
X	0	X	
Y	0	Y	
Altura (H)	0	Altura (H)	

Transformar Coordenadas

Ficheros

Fichero de Entrada: [] Examinar...
Separador: [,] coma

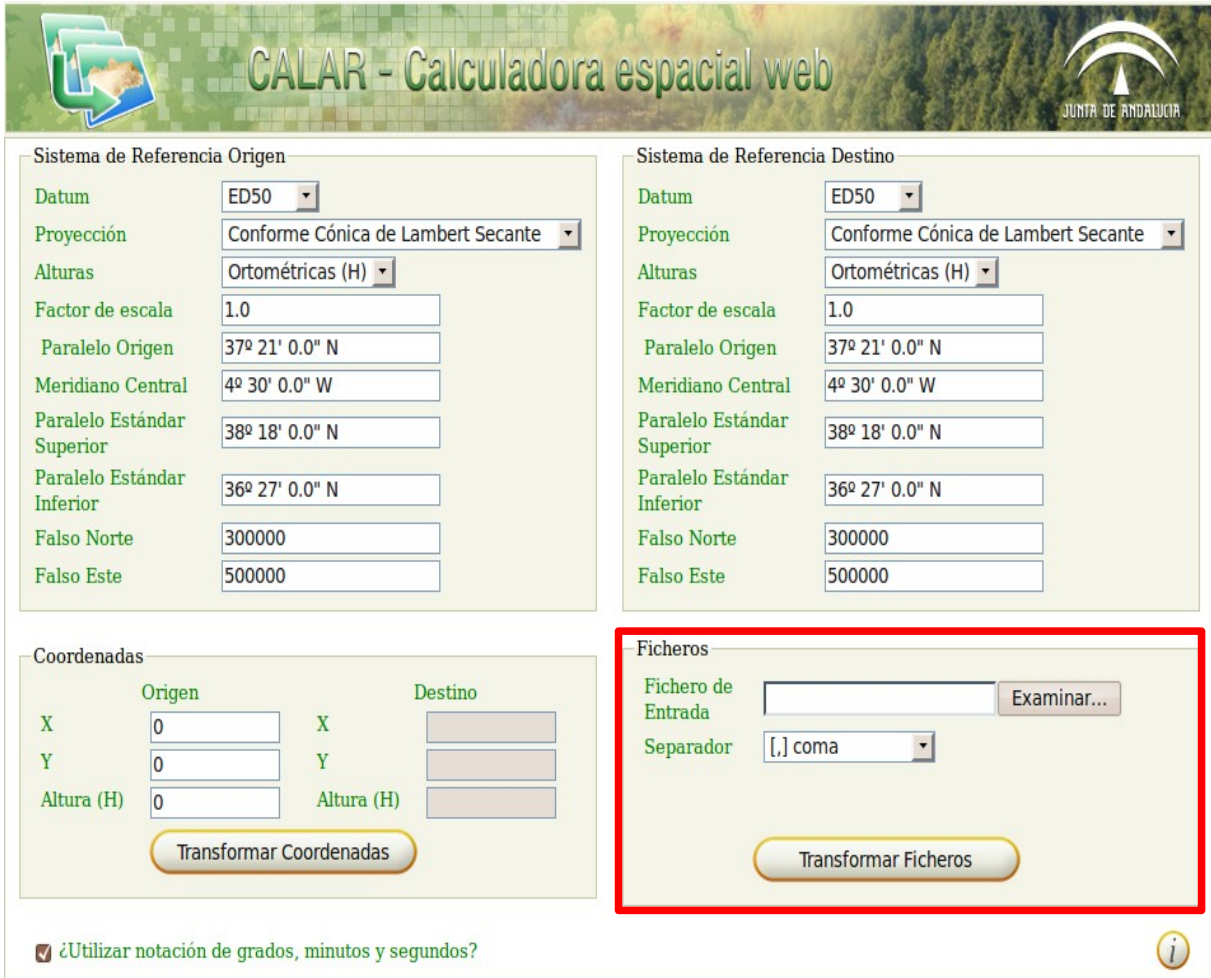
Transformar Ficheros

¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?

Para ello, el usuario deberá introducir las coordenadas X, Y y en su caso, Altura (H) en la columna Origen, a continuación deberá pulsar el botón Transformar Coordenadas y el sistema mostrará las coordenadas transformadas en la columna Destino. En el caso de que la proyección de origen seleccionada sea "Latitud/Longitud" en lugar de introducir las coordenadas X e Y, se introducen los parámetros latitud y longitud.

2.1.1.3 Transformación de ficheros

Geodesia web permite también la transformación de ficheros con información espacial. En la siguiente figura se muestra el panel habilitado para tal funcionalidad:



Sistema de Referencia Origen

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37º 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4º 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38º 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36º 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Sistema de Referencia Destino

Datum: ED50
Proyección: Conforme Cónica de Lambert Secante
Alturas: Ortométricas (H)
Factor de escala: 1.0
Paralelo Origen: 37º 21' 0.0" N
Meridiano Central: 4º 30' 0.0" W
Paralelo Estándar Superior: 38º 18' 0.0" N
Paralelo Estándar Inferior: 36º 27' 0.0" N
Falso Norte: 300000
Falso Este: 500000

Coordenadas

	Origen		Destino
X	0	X	
Y	0	Y	
Altura (H)	0	Altura (H)	

Transformar Coordenadas

Ficheros

Fichero de Entrada: [] Examinar...
Separador: [,] coma

Transformar Ficheros

¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?

Para transformar un fichero , el usuario deberá seleccionar:

- *Fichero de Entrada:* Fichero de texto en formato .txt con las coordenadas a transformar.
- *Separador:* Separador utilizado en el fichero para cada uno de los campos.

Cada una de las líneas del fichero deberán tener el siguiente formato:

`coordenada_x[separador]coordenada_y[separador]altura(opcional)`

3 FAQ

A continuación, se incluye una lista de las preguntas o dudas más frecuentes (Frequently Asked Questions) que pueden surgir al usuario del cliente de geodesia junto a una explicación para cada una de ellas.

- **¿Se pueden introducir las coordenadas indistintamente en notación decimal o notación sexagesimal?**

Al configurar un sistema de referencia de origen cuya proyección sea Latitud/Longitud, es posible introducir la coordenada bien en notación decimal o bien en notación sexagesimal, tendremos que tener en cuenta que la casilla “¿Utilizar notación de grados, minutos y segundos?” está marcada en el caso de que trabajemos con estas unidades.

Para el resto de proyecciones la coordenada se introduce en notación decimal.

- **Al configurar el sistema de referencia de origen o el sistema de referencia de destino ,¿es necesario cambiar todos los parámetros?**

Cuando en el combo de selección de proyección se selecciona una determinada el cliente Geodesia muestra los parámetros que determinan el sistema de referencia listo para realizar transformaciones en la extensión de Andalucía, así pues para los distintos sistemas de referencia que podemos configurar tendremos que indicar el datum, la proyección y la altura (excepto en coordenadas cartesianas).

- **¿En que formato de salida se obtienen los resultados al transformar un fichero de coordenadas?**

Cuando se transforma un fichero de coordenadas se obtiene un fichero de texto “.txt”, cada una de las líneas de este fichero se corresponde a cada una de las coordenadas transformadas de las coordenadas del fichero origen.

4 GLOSARIO

Término	Descripción
Datum	Modelo matemático que nos permite representar un punto concreto en un mapa con sus valores de coordenadas.
Altura ortométrica	Distancia vertical entre la superficie física de la Tierra y la superficie del geoide.
Altura elipsoidal	Distancia sobre la Normal desde el punto medido hasta la superficie del elipsoide.
Falso Este	Distancia arbitraria que se le suma a las distancias en dirección Oeste-Este para evitar valores negativos al tomar distancias.
Falso Norte	Distancia arbitraria que se le suma a las distancias en dirección Norte-Sur para evitar valores negativos al tomar distancias.
Paralelo	Círculo formado por la intersección de la esfera terrestre con un plano imaginario perpendicular al eje de rotación de la Tierra.
Meridiano	Los meridianos son los círculos máximos de la esfera terrestre que pasan por los Polos.



**Cliente Geodesia
Manual de Usuario**

**Consejería de Economía,
Innovación y Ciencia**

5 Anexo. Conceptos fundamentales

5.1 Geoide. Datum y sistemas de referencia

5.1.1 *Geoide*

Según los *Términos y Definiciones de la ISO 19111*, el geoide es la superficie de nivel que mejor ajusta el nivel medio del mar local o globalmente. NOTA.- “Superficie de nivel” significa una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que es perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad. El trabajo (la energía) para moverse a lo largo de una superficie equipotencial es nulo. Por tanto, los mares tienden a ajustarse a una superficie de este tipo y, de hecho, a menudo se define el geoide como el nivel medio del mar (prolongado por debajo de los continentes). Esto no es rigurosamente cierto, ya que en él influyen también otras fuerzas (como corrientes marinas de tipo secular) que lo desvían. Por este motivo se adopta como geoide la superficie equipotencial que mejor se ajusta al nivel medio del mar.

Al tratarse de una superficie física que depende de la distribución de masas de la Tierra, de la rotación, etc., debe ser modelizada a partir de mediciones de las desviaciones relativas de la vertical, campañas de gravimetría, estudio de la trayectoria de los satélites... En España, actualmente, se suele emplear el modelo de geoide K-ibergeo95, aunque se espera que en breve se adopte un nuevo modelo basado en el EGM2008.

Para los cálculos geodésicos se toma una superficie de referencia que pueda ser descrita geoméricamente de forma sencilla y que se adapte lo más posible al geoide. Las superficies que mejor cumplen con estos requisitos son los elipsoides de revolución. A lo largo de la historia, conforme han ido mejorando las técnicas de medición, se han definido y empleado distintos elipsoides.

5.1.2 *Datum*

Habitualmente, la definición de un *datum* viene determinada por la elección de un elipsoide y su posición respecto del geoide. Tradicionalmente esta relación venía dada por la elección de un punto fundamental en el que la normal al geoide coincide con la normal al elipsoide.

Esto permite fijar los parámetros siguientes (ver *figura 1*):

- Semiejes a y b del elipsoide (se utilizan elipsoides de revolución).
- Coordenadas x, y, z del centro del elipsoide con respecto al centro de masas de la Tierra.
- Giros para colocar el eje menor del elipsoide paralelo al de rotación terrestre.

La adopción de un *datum*, junto a su elipsoide, y de un meridiano origen permite definir un sistema de referencia geodésico. De este modo, cualquier punto de la Tierra, sea un accidente geográfico, un vértice geodésico o la esquina de una casa, tiene definida su posición en base a unas coordenadas con respecto a este sistema. Véase que para un mismo punto se tendrán unas coordenadas diferentes según estén referidas a un sistema de referencia geodésico u otro.

El tipo de *datum* “tradicional”, fijado a partir de un punto fundamental, presenta el problema de que es válido para la región cercana a dicho punto fundamental, pero acumula grandes discrepancias en otras zonas del globo terrestre. Se habla, por tanto, de *datum* local (ver *figura 1*).

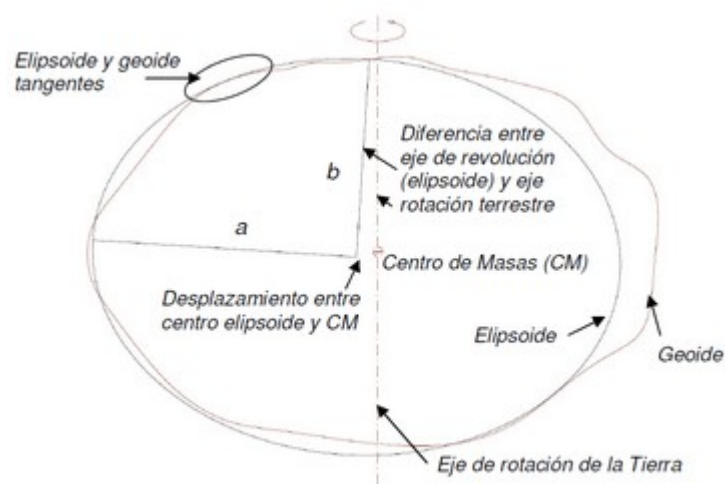


Figura 1. Ejemplo de datum local.

El auge de la geodesia espacial y la observación continuada a constelaciones de satélites ha

permitido determinar de forma mucho más precisa la figura de la Tierra y ha dado lugar a la concepción moderna de Sistema de Referencia Geodésico. Lo habitual en estos sistemas es hacer coincidir el centro del elipsoide con el centro de masas de la Tierra (se habla de sistemas geocéntricos). De esta forma se tiene un datum de carácter global.

A nivel práctico, para poder referir los trabajos de cartografía a un determinado sistema de referencia, es necesario que éste se halle materializado en el terreno. Esta materialización es lo que se conoce como marco de referencia y suele estar constituido por una serie de vértices geodésicos o de estaciones cuyas coordenadas han sido previamente determinadas con precisión.

5.1.3 European Datum 1950 (ED50)

En el Artículo 2º del Decreto 2303/1970, de 16 de julio, por el que se “adopta la proyección UTM para la revisión y nueva edición del Mapa Topográfico Nacional”, se determina el sistema de referencia geodésico diciendo que “se empleará como elipsoide de referencia el internacional de Hayford (Madrid, 1924), “datum” europeo (Potsdam, 1950) y meridiano de Greenwich como origen de longitudes”.

Este sistema de referencia es el que habitualmente conocemos como ED50 (European Datum 1950). Tiene su punto fundamental en Postdam y se trata, por tanto, de un datum de carácter local. Está materializado por la Red Geodésica que se inició en 1852 y que, tras sucesivas actualizaciones en las monumentaciones, las observaciones y los cálculos, en la década de 1980 quedó reorganizada en dos pares:

- Red de Primer Orden (RPO) con unos 680 vértices. Se observó mediante triangulación o trilateración. Su cálculo y compensación se realizó sobre el Sistema ED50.
- Red de Orden Inferior (ROI) con unos 11.000 vértices. En su mayor parte se trianguló.

El avance de la geodesia espacial ha puesto de manifiesto la heterogeneidad de las redes clásicas observadas por triangulación o trilateración y las deficiencias que aporta el uso de un datum local.

5.1.4 European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)

En el Artículo 3º del Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, 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 Baleares. Asimismo, comenta que este sistema tiene asociado el elipsoide GRS80 y está materializado por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.

Este Decreto deroga en su totalidad al 2303/1970, de 26 de Julio, aunque establece un periodo de transición, hasta el 1 de enero de 2015, en el que se puede compilar y publicar cartografía en ambos sistemas.

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). Sus principales características son las siguientes:

- Utiliza el elipsoide GRS80.
- Es geocéntrico.
- Coincide con ITRS (International Terrestrial Reference System) en la época 1989.0.
- Está fijado a la parte estable de la placa Euroasiática, es decir, va rotando con respecto a ITRS conforme se mueve la placa Euroasiática.

El marco de referencia está constituido por una serie de estaciones (GPS, VLBI, SLR) con coordenadas conocidas repartidas por toda Europa y sus alrededores. En España, este marco está densificado por la red de vértices REGENTE que está integrada por algo más de 1000 vértices pertenecientes en su mayoría a la Red Geodésica Nacional (RPO y ROI).

A nivel de Comunidades Autónomas se han establecido diversas redes activas de posicionamiento. Todas ellas se enlazan con estaciones pertenecientes al marco europeo, las cuales hacen de puntos fiduciales y permiten densificar ese marco y acercarlo a todo el territorio. Por ejemplo, en Andalucía se puede hacer uso de la RAP (Red Andaluza de Posicionamiento). Está constituida por 22 estaciones GPS que facilitan el posicionamiento preciso a los usuarios de los sistemas de navegación por satélite (GNSS).

Al tratarse de un marco establecido por técnicas de geodesia espacial, su realización es mucho más homogénea que la de las redes geodésicas clásicas. Además, se trata de un sistema global, muy cercano a WGS84, por lo que en la mayoría de las aplicaciones GPS a nivel práctico, pueden asumirse como iguales.

Diversos países europeos están adoptando este sistema de referencia, lo que facilitará la integración de la información geográfica de todos ellos.

5.2 Sistemas de coordenadas

A continuación se presenta el significado de una serie de términos que habitualmente se utilizan en el ámbito de la geodesia. Se ofrece primero la definición según la relación de Términos y Definiciones de la ISO 19111, y después se dan algunas indicaciones.

Sistema de coordenadas: conjunto de reglas matemáticas que especifican cómo las coordenadas tienen que asignarse a los puntos.

5.2.1 Sistema de coordenadas cartesianas

“Sistema de coordenadas que da la posición de puntos respecto de n ejes mutuamente perpendiculares.” En este ámbito, n será 1, 2 ó 3.

Los sistemas de referencia geodésicos establecen sistemas de coordenadas cartesianas en los que habitualmente el origen se encuentra en el centro del elipsoide, el eje Z coincide con el eje de revolución, el X se halla en el plano ecuatorial y apunta hacia el meridiano origen (por ejemplo, Greenwich) y el eje Y es perpendicular a los anteriores.

5.2.2 Sistema de coordenadas geodésicas (elipsóidicas)

Sistema de coordenadas en el que la posición es especificada por la latitud geodésica, la longitud geodésica y, en los casos tridimensionales, la altitud elipsóidica (figura 2).

Los sistemas de referencia geodésicos también hacen uso de este tipo de coordenadas y, de hecho, resulta más familiar para la mayoría de los usuarios. No obstante, se indica a continuación una breve explicación de estas tres coordenadas:

- Latitud geodésica (φ): ángulo entre la recta que pasa por el punto y es normal al

elipsoide, y el plano ecuatorial.

- Longitud geodésica (λ): ángulo entre el plano meridiano origen y el plano del meridiano del punto.
- Altitud elipsoidal (h): distancia desde el punto hasta la superficie del elipsoide (a lo largo de la recta normal).

En un mismo sistema de referencia es relativamente sencillo cambiar entre coordenadas geodésicas y cartesianas.

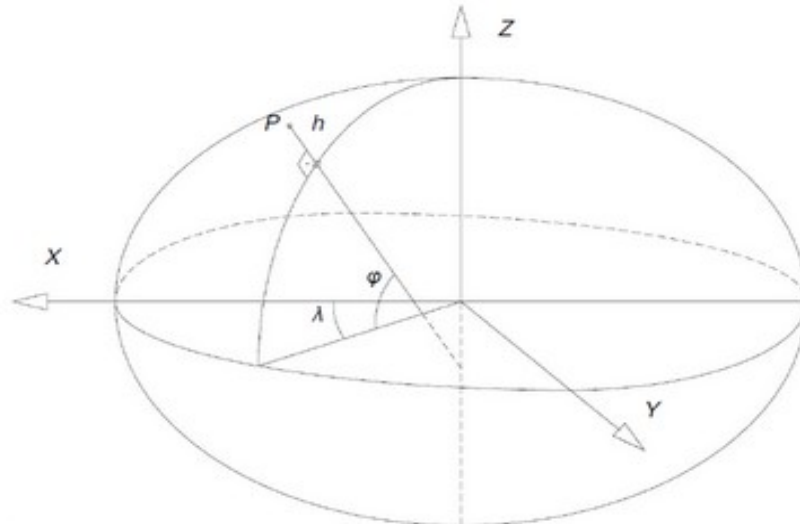


Figura 2. Relación entre coordenadas cartesianas y geodésicas de un punto P.

5.2.3 Sistemas de coordenadas de una proyección

“Sistema de coordenadas bi-dimensional resultante de una proyección cartográfica.”

Las proyecciones cartográficas establecen una relación entre la superficie del elipsoide (del sistema de referencia que se esté empleando) y una superficie plana. Esta transformación es imposible realizarla sin deformación, por lo que a lo largo de la historia se han desarrollado multitud de proyecciones cartográficas buscando minimizar las distorsiones producidas.

- Clasificación de las proyecciones

Se pueden establecer varios criterios de clasificación de las proyecciones cartográficas. A continuación se exponen dos tipos:

En función de las propiedades métricas que conservan:

- *Conformes*: conservan los ángulos. Es decir, dos líneas en el elipsoide que se cortan formando un cierto ángulo, en la proyección seguirán formando ese mismo ángulo en el punto de corte. Esto implica que el módulo de deformación lineal es constante en todas las direcciones en el entorno de un punto. Por estos motivos,

son las más utilizadas en topografía.

- *Equivalentes*: conservan las áreas. Para conseguir esto deforman el territorio alargando en un sentido y acortando en otro de manera que el tamaño de la superficie permanece constante. Son útiles para catastro, datos fiscales, estudios estadísticos, etc.
- *Equidistantes*: conservan la distancia de ciertas líneas o direcciones (líneas automecicas), por ejemplo, a lo largo de los meridianos, pero deforman el resto.

En base a las definiciones geométricas de los distintos sistemas (figura 3):

- *Proyecciones*: se proyecta directamente la superficie de referencia sobre un plano.
- *Desarrollos*: se considera en primer lugar una superficie **cónica** o **cilíndrica** tangente o secante al elipsoide. Después se desarrolla esta superficie en un plano. Si el eje del cono o del cilindro coincide con el eje de rotación de la Tierra, se dice que el desarrollo es **directo**. En cambio, si está contenido en el plano ecuatorial, se le llama **transverso**.

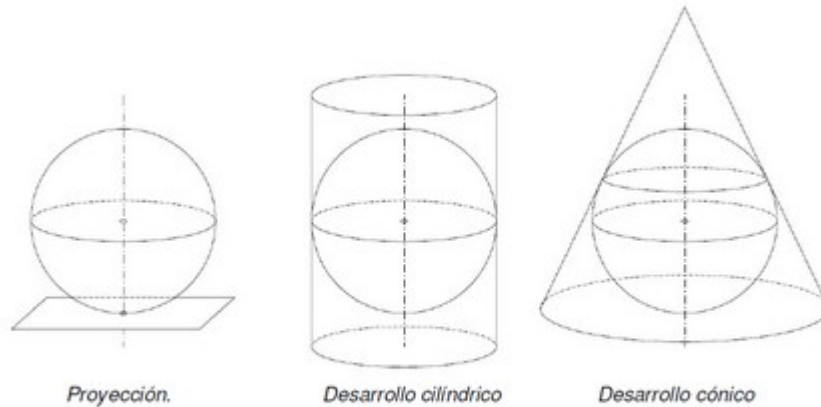


Figura 3. Tipos de proyecciones según definiciones geométricas. Los dos desarrollos que se muestran son directos.

No obstante, las proyecciones que habitualmente se utilizan (como la UTM) no tienen una descripción puramente geométrica, sino que se definen de forma analítica. Sin embargo, normalmente provienen de un origen geométrico al que se le han impuesto una serie de condiciones para que cumpla con ciertas propiedades (por ejemplo, que sea conforme).

- **Universal transversa de Mercator (UTM)**

Dentro de las proyecciones conformes, la más utilizada actualmente es la proyección UTM. Se trata de un desarrollo cilíndrico transverso, es decir, el cilindro es tangente a lo largo de un meridiano central. Por tanto, las deformaciones crecen a medida que nos alejamos de ese meridiano central. Por este motivo, se utiliza el artificio de dividir la Tierra en 60 husos con amplitud de 6° de longitud (3° a cada lado del meridiano central). Con objeto de repartir las deformaciones dentro de cada huso, se aplica un factor de escala $K_0 = 0.9996$.

La longitud con respecto a Greenwich de los límites oriental y occidental de Andalucía es 1° 37' oeste y 7° 31' oeste respectivamente. Por tanto, para representar todo su territorio conforme a la definición de esta proyección, precisa emplear dos husos distintos: el 29 (centrado en 9° oeste) y 30 (centrado en 3° oeste). No obstante, dado que la mayor parte se encuentra en el huso 30, en ocasiones se utiliza este huso de forma extendida, lo cual hace incrementar un poco las deformaciones en la zona occidental.

En el punto 2 del Artículo 5º del RD 1071/2007, de 27 de julio, se establece que 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.

- **Cónica conforme de Lambert**

Se trata de una de las proyecciones **conformes** más importantes. Como su propio nombre indica, proviene de un desarrollo **cónico** en el que se impone la condición de conformidad. Habitualmente el desarrollo es **directo** (el eje coincide con el eje de rotación del elipsoide), por lo que el cono será tangente (o secante) a un paralelo (o a dos paralelos) en el que la deformación es nula, por lo que se le llama automecoico. A medida que aumenta la distancia a los paralelos automecoicos, el módulo de deformación crece y es necesario controlar la latitud máxima y mínima de la zona a representar.

Andalucía ofrece unas características muy adecuadas para esta proyección ya que su territorio se extiende a lo largo de un paralelo y el rango de latitudes que abarca es bastante reducido (ver figura 4).

Es importante adoptar los parámetros (paralelos automecoicos, meridiano central, etc.) adecuados según el territorio que se esté proyectando. A continuación se recomiendan tres juegos de parámetros: para Andalucía; para el conjunto de Península Ibérica y Baleares, y para Europa.

- Andalucía (figura 4):
 - o Paralelo automecoico superior = $38^{\circ} 18'$ Norte = $38,30^{\circ}$.
 - o Paralelo automecoico inferior = $36^{\circ} 27'$ Norte = $36,45^{\circ}$.
 - o Paralelo central: $37^{\circ} 21'$ Norte = $37,35^{\circ}$.
 - o Meridiano central: $4^{\circ} 30'$ Oeste = $-4,5^{\circ}$.
 - o Falso este: 500.000 metros.
Falso norte: 300.000 metros.

- Península Ibérica y Baleares (parámetros utilizados en el Atlas Nacional de España para las escalas entre 1:1.000.000 y 1:13.500.000)
 - o Latitud del paralelo automecoico superior: $42^{\circ} 50'$ Norte.
 - o Latitud del paralelo automecoico inferior: $37^{\circ} 07'$ Norte.
 - o Latitud del paralelo origen: 40° Norte.
 - o Longitud del meridiano origen: 3° Oeste.
 - o Falso este: 600.000 m
Falso norte: 600.000 m

- Europa (ver documento Map Projections for Europe. Institute for Environment and Sustainability, 2001).
 - o Latitud del paralelo automecoico superior: 65° Norte.
 - o Latitud del paralelo automecoico inferior: 35° Norte.
 - o Latitud del paralelo origen: 52° Norte.
 - o Longitud del meridiano origen: 10° Este.
 - o Falso este: 4.000.000 m
 - o Falso norte: 2.800.000 m

En el punto 1 del Artículo 5º del RD 1071/2007, de 27 de julio, se establece que 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.

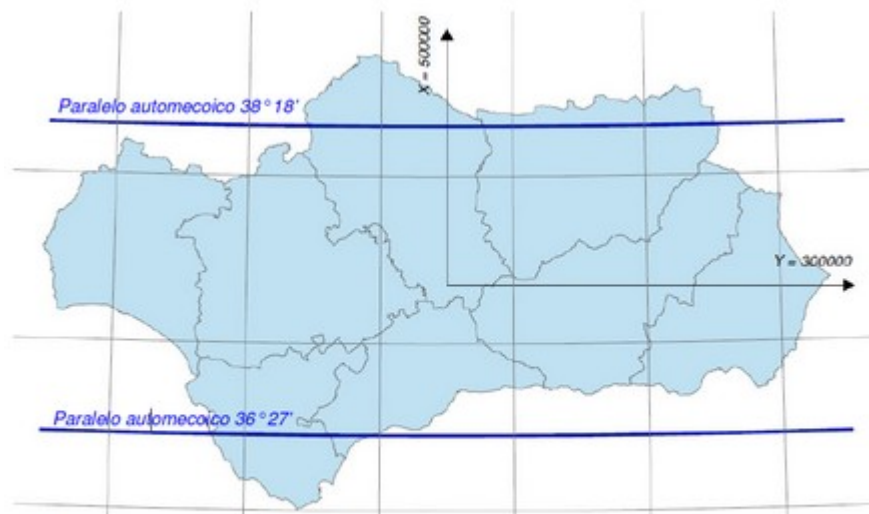


Figura 4. Andalucía en proyección Cónica Conforme de Lambert con los parámetros recomendados para su territorio.

5.3 Sistemas de altitudes

A continuación se definen los dos tipos de altitudes más utilizados en España (figura5).

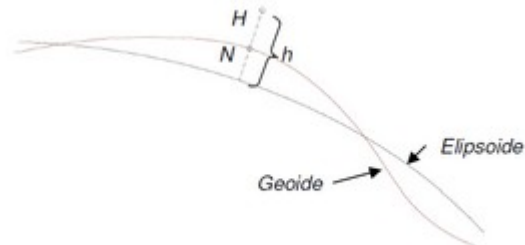


Figura 5. Relación entre altura ortométrica y elipsoidal (se obvia la desviación de la vertical).

- Altitud ortométrica (H): distancia a un punto desde el geoide medida a lo largo de la línea de la plomada (la línea de la gravedad, perpendicular a las superficies equipotenciales).
- Altitud elipsoidal; altitud geodésica (h): distancia a un punto desde el elipsoide medida a lo largo de la normal al elipsoide. Depende del sistema de referencia que se esté usando.
- Ondulación del geoide (N): se puede definir cómo la altura del geoide sobre el elipsoide. Los modelos de geoide proporcionan los valores de ondulación que permiten relacionar las alturas elipsoidales con las ortométricas.

5.4 Transformación entre ED50 y ETRS89

Una de las formas más habituales para cambiar de sistema de referencia es realizar la transformación en coordenadas cartesianas. De esta manera, ambos sistemas quedan relacionados mediante 7 parámetros: tres traslaciones, tres giros y un factor de escala (figura6).

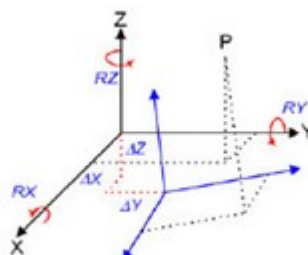


Figura 6. Esquema de transformación de 7 parámetros entre dos sistemas cartesianos.

Idealmente estos parámetros deberían ser únicos. Sin embargo, en la práctica los sistemas de referencia están materializados por un marco. La Red Geodésica Nacional, que conforma el marco en ED50 para la Península Ibérica, presenta problemas de homogeneidad debido a que fue establecida por métodos clásicos. Así, en entornos relativamente reducidos existe buena coherencia entre las coordenadas de los puntos. En cambio, la geodesia espacial, al poder relacionar zonas del territorio alejadas, ha puesto de manifiesto heterogeneidades importantes fruto de la transmisión de errores de estos métodos clásicos.

La red REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales) está conformada en su mayor parte por vértices de la RPO (Red de Primer Orden) y la ROI (Red de Orden Inferior). Por tanto, proporciona más de 1000 puntos con coordenadas ED50 y ETRS89 que permiten determinar diferentes juegos de parámetros de transformación (locales, regionales, generales...). Sin embargo, no es posible establecer unos parámetros únicos para toda la Península Ibérica con residuos inferiores a 2 metros.

Existen otros métodos de transformación como la de 5 parámetros, las polinómicas o la traslación (simplemente aplica un incremento a las coordenadas), pero ninguno de ellos consigue ajustarse correctamente a todas las zonas de la Península. Sin embargo, hay otros procedimientos basados en una transformación general y, a partir de los residuos obtenidos, hacen un modelado de la distorsión.

Esta metodología ha sido adoptada en países como Australia o Canadá donde además, han desarrollado y empleado un formato de rejilla (similar al de un modelo digital del terreno) denominado NTV2 (National Transformation version 2) para modelizar la distorsión de la transformación.

El Grupo de trabajo para la transición a ETRS89 (del Consejo Superior Geográfico), tras analizar los diferentes métodos de transformación entre ED50 y ETRS89 y aplicarlos a la Península Ibérica a través de la red REGENTE, determinó que el que mejores resultados presenta es el modelado de distorsión mediante superficies de mínima curvatura. De esta forma se tiene una transformación válida para todo el territorio y que se adapta de forma “suave” a las anomalías de cada zona reduciendo los residuos y errores. La figura 7 muestra un ejemplo de esta superficie de mínima curvatura para la componente en longitud de la distorsión.

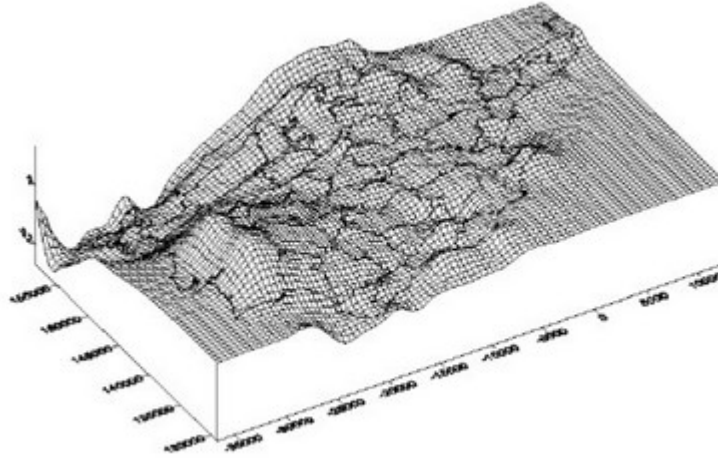


Figura 7. Componente en longitud de la distorsión. Unidades en segundos. Malla de paso 105”.

Para su distribución se ha adoptado el formato NTV2 ya que es admitido por la mayoría de los Sistemas de Información Geográfica y, además, permite introducir sub-rejillas más densas.

5.5 Referencias

- Consejo Superior Geográfico. Necesidad de un nuevo “Datum”. Grupo de trabajo para la transición a ETRS89. Versión 1. 2007.
- Consejo Superior Geográfico. Análisis de los diferentes sistemas de cambio. Grupo de trabajo para la transición a ETRS89. Versión 1. 2007.
- Consejo Superior Geográfico. Términos y definiciones de la ISO 19111. Grupo de trabajo para la transición a ETRS89. Versión 1. 2007.
- European Commission. Map Projections for Europe. Institute for Environment and Sustainability. 2003.
- Boletín Oficial del Estado, 29 de agosto de 2007. Número 207. “Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.”
- Instituto Geográfico Nacional. Características de la proyección Cónica Conforme de Lambert en los mapas del Atlas Nacional de España para las escalas entre 1:1.000.000 y 1:13.500.000.
- MARTÍN ASÍN, F. Geodesia y Cartografía Matemática. 3ª edición. Distribuido por Paraninfo. 1990. ISBN: 84-398-0248-X.



**Cliente Geodesia
Manual de Usuario**

**Consejería de Economía,
Innovación y Ciencia**