

EXPERIENCIAS MUNICIPALES DE CAMBIO DE DATUM A ETRS89 Y PUBLICACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BASE EN UNA IDE

Juan Miguel Álvarez Paredes
Socio – Director de Topografía y Cartografía
Geograma S.L.
Castillo de Lantarón, 8 bajo
01007 Vitoria-Gasteiz (Alava)
www.geograma.com
Febrero de 2009

Palabras clave: Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89), Datum Europeo 1980 (ED50), Cambio de Datum, Redes Urbanas de Referencias Topográficas (RURT), Cartografía, AutoGNSS, MINCURV.

1 Sumario

Los Ayuntamientos disponen de una Cartografía Base a escalas 1/500, 1/1000 o 1/2000 y normalmente de una Red Urbana de Referencias Topográficas (en adelante RURT), todo ello en el sistema de referencia ED50.

En Julio de 2007 se oficializó el cambio del Datum ED50 (European Datum 1950) al Datum ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), recogido en el Real Decreto 1071/2007, de 27 de Julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en Europa (publicado en el BOE N° 207 de 29 de Agosto de 2007).

Además administraciones supramunicipales como Diputaciones, Diputaciones Forales, Gobiernos Autonómicos, IGN, etc. están promoviendo iniciativas para la utilización del sistema de referencia ETRS89. Entre ellas cabe destacar Red Regente en ETRS89, cálculo de la ROI, redes GPS activas, etc. Como consecuencia de ello, las infraestructuras topográficas y cartográficas municipales deben estar referenciadas al nuevo sistema de referencia ETRS89.

Para abordar el cambio de Datum municipal se puede orientar desde dos puntos de vistas: el primero sería volver a observar y calcular la RURT y a partir de ella confeccionar una nueva cartografía en ETRS89 o por el contrario aprovechar tanto la RURT como las cartografías existentes haciendo la transformación. La primera opción, los recursos económicos necesarios son muy altos y en la segunda con una inversión entre 6000 € y 18000 € los ayuntamientos se adaptarían a la nueva normativa en cuanto a sistemas de referencia.

Una vez transformada la cartografía base a ETRS89, aplicando los mismos parámetros, se transformará toda la cartografía temática o derivada que interese.

Finalmente, tanto la cartografía como la RURT se publica en una IDE para que los profesionales tengan acceso de manera sencilla a la descarga y consulta mediante protocolos estándares a la información en el nuevo sistema de referencia.

2 Objetivo

El objetivo del proyecto, por un lado es diseñar una metodología y aplicarla en administraciones locales para el cambio de datum ED50 a ETRS89, tanto de la Red Urbana de Referencias Topográficas como de la cartografía, y por otro publicarlas en una IDE en el nuevo sistema de referencia.

Con la realización del proyecto, cualquier municipio dispondrá de:

1. Red Urbana de Referencias Topográficas en el sistema ETRS89, con nuevas reseñas para que los futuros levantamientos topográficos se realicen ya en el nuevo sistema de referencia.
2. Cartografía municipal a escala 1/500, 1/1000 o 1/2000, en el sistema ETRS89 y también en el sistema antiguo ED50, para seguir dando servicio a aquellos usuarios del sistema ED50 durante el periodo de convivencia de ambos sistemas.
3. Base GPS Municipal (BGPSM), punto materializado en el terreno mediante una estructura metálica o geopunto y cuyas coordenadas se calculan mediante observación GPS respecto a la Infraestructura Geodésica de la zona en ETRS89
4. Una IDE donde se publica, tanto la Cartografía Base municipal (la mejor cartografía que dispone el municipio), así como las reseñas de la RURT, para uso profesional.

Con este proyecto, se actualiza la infraestructura topográfica del municipio al nuevo sistema ETRS89 acorde con la infraestructura geodésica supramunicipal rentabilizando si cabe aún más, la inversión realizada en su día al realizar la RURT y la cartografía, y permite que la Infraestructura de la IDE municipal tenga un marco de referencia adaptado a la normativa vigente, con lo que los usuarios profesionales disponen de la información básica para realizar los mapas temáticos y actualizaciones en el nuevo sistema.

3 Contexto general

Una RURT es la **materialización en el terreno de puntos con coordenadas conocidas en un sistema de referencia**. Normalmente hasta ahora se trataba del **Sistema de Referencia ED50** (European Datum 1950), Proyección UTM Huso 30 Norte y partir de 2007 **ETRS89** (European Terrestrial Reference System 1989) UTM Huso 30 Norte. Respecto a la altimetría, los clavos de una RURT disponen de **cota ortométrica** nivelada trigonométrica o geoméricamente a partir de las redes NAP o NP.

Una RURT es la estructura a la que se debe referir cualquier levantamiento topográfico o inventario realizado en el municipio. Básicamente desde los clavos de una RURT parten y finalizan las **poligonales por topografía** clásica y se realizan las **calibraciones** utilizando métodos GPS.

¿Son necesarias las redes urbanas de referencias topográficas con los sistemas actuales (métodos GPS, nueva geodesia materializadas por redes GPS (activas y pasivas) y el nuevo sistema de referencia ETRS89)? Desde nuestro punto de vista, sí que son necesarias:

- Porque la recepción de la señal GPS+GLONASS en zonas urbanas no es buena, impidiendo en muchos casos su utilización.
- Porque la topografía clásica necesita de esta infraestructura a la que referirse.
- Porque se necesita referencias de cota, mientras los modelos de ondulación del geoide no aseguren la precisión necesaria.
- Porque se necesitan puntos de comprobación cuando se trabaja con GPS

Por todo ello, siguen siendo válidas las RURT municipales, pero con la necesidad de abordar el cambio de Datum a ETRS89.

4 Metodología para realizar el cambio de Datum

Básicamente el cambio de Datum se realiza con dos procesos de transformación: Una **transformación general** en la que utilizando el **modelo de distorsión de mínima curvatura** (MINCURV: aplicación desarrollada por el IGN para el cambio de datum utilizando formato de rejilla NTV2) se transforma del sistema ED50 al sistema ETRS89 “Mincurv” y posteriormente una **transformación particular** o “ajuste” donde se transforma las coordenadas ETRS89 “Mincurv” a coordenadas ETRS89 respecto a la infraestructura geodésica de la zona, mediante observación con GPS y en ETRS89 de puntos de control y aplicando Helmert 2D.

¿Por qué no es suficiente la transformación a ETRS89 solo con MINCURV? En primer lugar porque no se elimina (o minimiza) los errores que se cometieron debido a bajar las coordenadas de las geodesias en ED50 (poligonales largas, redes de cuarto orden de dudosa validez, etc.) y en segundo lugar porque con las ETRS89 “Mincurv” la infraestructura topográfica y cartográfica no estaría enlazada a la infraestructura geodésica de la zona, materializada por la redes GPS activas y pasivas.

Con el método propuesto de transformación general y posterior ajuste con puntos de control, se consigue pasar de un error absoluto de la RURT en ED50 que puede llegar a ser de hasta 50 cm a un error absoluto en ETRS89 que se puede cifrar en unos 4 cm. Esto quiere decir que un usuario puede posicionarse en un municipio conectándose a la Red GPS activa con un error de 4 cm respecto a la RURT y la cartografía municipal (ya transformadas).

Por lo tanto con la transformación general se consigue coordenadas ETRS89 empleando el modelo de distorsión de mínima curvatura (MINCURV) Cambio a ETRS89 empleando modelado de distorsión de mínima curvatura (MINCURV)

- Datos de entrada: **RURT y cartografía en ED50**
- Datos de salida: **RURT y cartografía en ETRS89 (Mincurv)**

Y posteriormente con el ajuste de ETRS89 respecto a la infraestructura geodésica de la zona (Red GPS activa) mediante la observación de puntos de control en campo y realizando una transformación Helmert 2D se consigue unas coordenadas ETRS89 ajustadas

- Entrada: **RURT y cartografía en ETRS89 (Mincurv)**
- Salida: **RURT y cartografía en ETRS89 (ajustada)**

En todos los casos, la cota se mantiene la cota nivelada antigua.



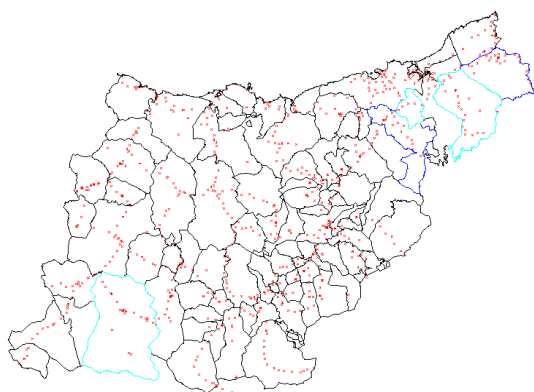
Traslación X = 226.773 Traslación Y = 111.398
Rotación = 399.99722036
Escala = 0.99997141
Error Medio Cuadrático: 0.060
Residuos de la transformación aplicando factor de escala.
12002 IX = -0.040 IY = 0.015
12005 IX = 0.009 IY = -0.030
11000 IX = -0.041 IY = -0.015
11001 IX = -0.028 IY = -0.045
11003 IX = 0.062 IY = -0.015
11004 IX = -0.011 IY = 0.039
11008 IX = 0.050 IY = 0.050

5 Cambio de Datum de la Red Urbana de Referencias Topográficas

En este capítulo y siguientes se profundizará en los procesos realizados para el cambio de Datum con las experiencias municipales de Errenteria, Oñati, Astigarraga y Oiartzun, todos ellos municipios de Gipuzkoa. Cabe destacar que desde el año 2005, municipios como Irún y Hernani están trabajando en origen en ETRS89, por lo tanto sus proyectos cartográficos se iniciaron en ETRS89.

Estas experiencias municipales han servido como pruebas piloto para la aplicación de la metodología diseñada con el objeto de contrastar los resultados y poder aplicarla al resto de municipios de Gipuzkoa con la finalidad de transformar el Datum a todas las infraestructuras de este territorio histórico.

En cada municipio, la infraestructura necesaria para la realización del proyecto es:



1. BGPSM (Base GPS Municipal): se trata de un punto materializado en el terreno mediante una estructura metálica o geopunto y cuyas coordenadas se calculan mediante observación GPS respecto a la Infraestructura Geodésica de la zona en ETRS89. El lugar donde se ha materializado tiene horizonte despejado y con alcance para la corrección de radio en todo el municipio.
2. RURT, materializada en el terreno mediante clavos metálicos de diferentes tipos y cuyas coordenadas y localización vienen recogidas en la reseña correspondiente.
3. Red GPS Activa (en este caso estaciones de Elgeta, Igeldo y Lazkao) y Pasiva en Gipuzkoa (ver imágenes).
4. Un receptor GPS base y otro móvil capaz de procesar la señal GPS + GLONASS.

- Errenteria



- Oñati



Astigarraga



Oiartzun



Las tareas de campo a realizar para la transformación de la RURT son las siguientes:

1. Localización de la ubicación adecuada para la BGPSM. Las premisas son que disponga de buen horizonte, que la radio alcance a toda la zona de trabajo y que sea un lugar con acceso restringido. Normalmente se ubicaba en la azotea del Ayuntamiento u otro edificio municipal.
2. Observación de la BGPSM mediante una sesión estática prolongada (más de 6 horas)
3. Con el mismo receptor situado en la BGPSM, abrir una sesión RTK para enviar correcciones al equipo móvil.
4. Visitar con el equipo móvil 2 veces (una por la mañana y otra por la tarde para que se produzca el cambio de constelación) a un número de clavos suficiente, de tal forma que se disponga de unos puntos de control para realizar las posteriores transformaciones.
5. También se incluirán en la visita (2 veces) alguna referencia de la Red GPS pasiva con coordenadas en el sistema ETRS89 para disponer de comprobación.

Las tareas de gabinete a realizar para el cálculo de los puntos de control son las siguientes:



1. Calcular lo de las coordenadas de la BGPSM, utilizando la observación estática, utilizando AutoGNSS (servicio para el cálculo de observaciones estáticas GPS <http://www.autognss.com/autognss/>). Para otros casos donde no existan redes GPS activas, el cálculo se realizará respecto a la Red Regente.
2. Realizar la media de las coordenadas RTK de los puntos de control, una vez comprobadas que las diferencias en ambas sesiones son tolerables.

Las tareas a realizar para la transformación de la RURT son las siguientes:

1. **Transformación general** de las coordenadas de la RURT de ED50 a ETRS89 utilizando MINCURV
 - a. Entrada: Pares de coordenadas de la RURT en ED50
 - b. Salida: Coordenadas de la RURT en ETRS89 respecto a MINCURV.
2. Obtener los parámetros para la **transformación particular o ajustada** utilizando los puntos de control anteriormente observados. Estos parámetros transformarán las coordenadas ETRS89 respecto a MINCURV a coordenadas ETRS89 respecto a la Infraestructura Geodésica de la zona.
 - a. Entrada: Pares de coordenadas de los puntos de control en ETRS89 (Mincurv) y ETRS89 (INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA DE LA ZONA).
 - b. Salida: 5 parámetros de transformación (2 de rotación y un factor de escala).
3. Realizar un Helmert 2D con los 5 parámetros anteriores a todos los vértices de la RURT. Se estudiará aplicar el factor de escala. Fruto de la transformación dispondremos de un error medio cuadrático de la misma, que será la precisión de la RURT respecto a la infraestructura geodésica de la zona.
 - a. Entrada: Coordenadas de la RURT completa en ETRS89 (Mincurv) y parámetros de transformación.
 - b. Salida: Coordenadas de la RURT completa en ETRS89 ajustada respecto a la infraestructura geodésica de la zona y error medio cuadrático de la transformación.
4. Realizar nuevas reseñas de la RURT en ETRS89
5. Realizar dibujo con la situación de los vértices en ETRS89.

En la siguiente tabla se recogen los datos de la transformación de la RURT en los diferentes municipios

MUNICIPIO	PUNTOS CONTROL	PUNTOS RURT	EMC TRANSFORMACIÓN GENERAL	EMC TRANSFORMACIÓN AJUSTADA
Errenteria	24	37	54.4 cm	4.1 cm
Oñati	15+26	53	5.0 cm	3.9 cm
Astigarraga	26	41	14.6 cm	3.9 cm
Oiartzun	68	111	26.4 cm	4.3 cm

Destacar que el número de puntos de control (clavos de la RURT) observados en ETRS89 para realizar la transformación siempre ha sido superior al 50% de clavos de la RURT existente. Los clavos que no se han observado con GPS fue debido a que eran puntos colocados junto a fachadas de edificios o bajo copa de árboles. El error medio cuadrático de la transformación general (es la diferencia de las coordenadas ETRS89 transformadas con mincurv y las coordenadas ETRS89 dadas en campo) llega a superar en algún caso los 50 cm. Con la transformación ajustada, el error medio cuadrático desciende en todos los casos en torno a 4 cm. Esta pequeña diferencia, permite posicionarse a un usuario en un municipio conectándose a la red GPS activa con un error de 4 cm respecto a la RURT y la cartografía municipal (ya transformadas)

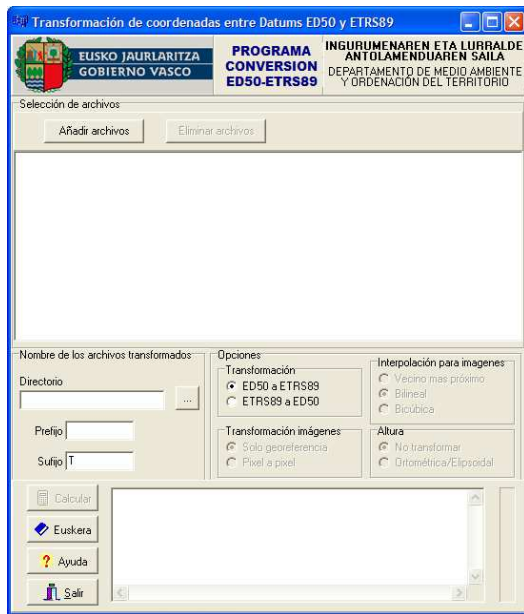
6 Cambio de Datum de la cartografía municipal

Las tareas a realizar para la transformación de la cartografía son las siguientes:

1. Comprobar que los puntos de control de la anterior fase, cubren toda la zona de cartografía. Si no fuera así, se deberán observar en campo con el método anterior, otros puntos de control identificados también en la cartografía. Estos puntos se aplicarán para cartografía 1/1000 o inferior ya que debido a su definición, obtenemos errores en el ajuste de 10 cm o superiores.
2. **Transformación general** de la cartografía base con cualquier herramienta CAD o GIS que acepte la transformación (Formato de rejilla NTV2).
 - a. Entrada: Dibujo dwg con la cartografía 500 en ED50.
 - b. Salida: Dibujo dwg con la cartografía 500 en ETRS89.
3. **Transformación particular o ajustada** mediante un Helmert con los 5 parámetros anteriores a la cartografía básica.
 - a. Entrada: dibujo dwg con la cartografía ETRS89 (mincurv).
 - b. Salida: dibujo dwg con la cartografía ETRS89 respecto a la Infraestructura Geodésica de la zona y un error medio cuadrático de la transformación.

En función de la escala de la cartografía, la transformación a aplicar es diferente. Como regla general, se puede decir que para:

- Cartografía a escala 5000 o inferior, bastaría con la **transformación general o Mincurv**, ya que el error de la cartografía debido a su escala (1 metro o mayor) es superior al error cometido por la transformación Mincurv
- Cartografía a escalas 1000: **transformación general y particular** con los parámetros de la RURT y/o **puntos de control de la cartografía**. Los puntos de control de la cartografía, tienen un error mayor que los datos de la RURT, ya que se trata de quiebras de alineaciones, con su indefinición en el terreno.
- Cartografía a escalas 1/500 o superior: **transformación general y particular** con los parámetros de la RURT



Concretamente en el País Vasco, se dispone de una herramienta desarrollada por encargo de Gobierno Vasco (ver imagen), que utilizando la rejilla en formato NTV2, permite la transformación general de cualquier fichero gráfico en formato dwg, dgn, shape e incluso formato imágenes jpg, tif, o ecw, de ED50 a ETRS89 y a la inversa.

Dado que estamos en el periodo de convivencia de ambos sistemas de referencia ETRS89 y ED50, es fundamental, una vez convertida la cartografía a ETRS89, deshacer los pasos dados y entregarla también en ED50 para usuarios que aún no hayan realizado el cambio. La cartografía en ED50 que se entrega no es la original, sino la transformada con la aplicación citada anteriormente, ya que cada vez que se actualiza la cartografía base, se genera esta versión en ED50

7 Publicación de la RURT y la cartografía en una IDE

Finalmente, la información de cartografía base y la RURT se publica en una IDE, para que mediante protocolos estándar cualquier usuario tenga acceso a:

- La cartografía básica en el sistema de referencia ETRS89..
- Búsqueda de cualquier clavo de la red urbana de referencias topográficas
- Consulta de las características de los levantamientos (pinchar en el mapa y que devuelva las características de cada levantamiento topográfico)

Con la IDE, cualquier técnico, mientras está trabajando en su herramienta CAD podrá consultar la cartografía base conectándose al servicio WMS municipal.

A partir de esta IDE se ha construido páginas web para la divulgación de la cartografía base y la RURT como son los casos de éxito de:

Oñati (http://www.oinatikoudala.net/cartobase_c.htm)

Errenteria: (http://www.errenteria.info/cartobase_c.htm)

Astigarraga (<http://www.astigarraga.net/castellano/udalkartografia.php>)



8 Conclusiones

Dado que es obligatorio el uso del nuevo sistema de referencia ETRS89, es necesario la definición de un método que permita el paso de las redes urbanas de referencias topográficas y de la cartografía existentes en los municipios, sin que ello suponga rehacer toda la infraestructura y a un costo razonable para que pueda ser abordado por los ayuntamientos.

Por ello, Geograma S.L. ha desarrollado este método sencillo y de fácil aplicación que permitirá a los municipios acometer el paso al nuevo sistema, rentabilizando si cabe aún más la inversión realizada en su día.

Además este método permite la reducción a valores insignificante de los errores absolutos que en su día tenía la RURT y la cartografía respecto a la infraestructura geodésica materializada hoy en día por la redes GPS activas.

Todo ello, publicado en una IDE que permita a los usuarios acceder a la información de manera sencilla y estándar.

9 Referencias

- MINCURV: Aplicación para la transformación de datum de ED50 a ETRS89 en España, desarrollado por la Subdirección General Adjunta de Geodesia del Instituto Geográfico Nacional
- AutoGNSS, aplicación automática para el cálculo de vectores GPS, desarrollada por J. Zurutuza (Aranzadi)

10 Agradecimientos

La metodología aquí explicada ha sido desarrollada junto a las siguientes personas, cuya participación ha sido de gran ayuda:

- J. Zurutuza, Ingeniero en Geodesia y Cartografía, profesor asociado de la Universidad de Jaen y Director del Departamento de Geodesia Aplicada de ARANZADI (Sociedad de ciencias)
- Olatz Cotorruelo, Ingeniero T. en Topografía Jefa de Proyectos Topografía de Geograma S.L..
- Mikel Elorza, Jefe de Servicio del Departamento de Movilidad y Ordenación del Territorio.