jCRS: Extensión de gvSIG para la gestión de Sistemas de Referencia de Coordenadas

Fco. Javier González Matesanz[(1)], David Hernández López[(2)], Luís W. Sevilla[(3)]

[(1)] Subdirección General de Producción Cartográfica. Jefe del Área de Cartografía. Instituto Geográfico Nacional. fjgmatesanz@fomento.es
[(2)] ETSI Agrónomos de Albacete. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-La Mancha, david.hernandez@uclm.es.
[(3)] Responsable de desarrollo gvSIG en la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana, sevilla_luis@gva.es

RESUMEN

Se describe la solución adoptada en gvSIG en relación a la gestión de los Sistemas de Referencia de Coordenadas (CRS), tanto en lo que se refiere a la importación desde diferentes bases de datos, a la nueva definición, así como a la gestión de las operaciones de conversión y transformación entre diferentes CRSs, en particular para la transición entre ED50 y ETRS89.

Palabras clave: *sistema de referencia geodésico, sistema de coordenadas, sistema de referencia de coordenadas, datum, operación de coordenadas, operación de conversión de coordenadas, operación de transformación de coordenadas*

ABSTRACT

A solution adopted in gvSIG for Coordinate Reference Systems (CRS) management is shown, like importing from several databases, to the new definition, as well as handling conversion and transformation operations between different CRSs, in particular for ED50 to ETRS89 transition.

Key words: *geodetic reference system, coordinated system, coordinate reference system, datum, coordinate operations, coordinate conversion, coordinate transformation*

INTRODUCCIÓN

Necesidad del módulo de gestión de sistemas de referencia de coordenadas en un SIG

Dado que un SIG es una herramienta para realizar análisis a partir de información geográfica, entre otras funciones, es imprescindible que disponga de la funcionalidad para incorporar capas de información geográfica que puedan estar referidas a diferentes sistemas de referencia geodésicos y en diferentes sistemas de coordenadas.

En lo que se refiere a la aplicación en España, lo más frecuente actualmente es trabajar con información en el sistema de referencia geodésico oficial, ED50, y en el sistema de coordenadas oficial, la proyección UTM, en sus diferentes husos o zonas

para nuestro territorio. Sin embargo, hay dos variables fundamentales que aconsejan el que la funcionalidad de un SIG no se limite a estos casos:

- La variable geográfica, que motiva el que se deban contemplar los casos del resto de países, ya sea porque se pretenda que la herramienta sea útil en esos países, o porque sea necesario incorporar a un mismo proyecto información de diferentes países.
- La variable temporal, que motiva el que contemple la posibilidad de trabajar con información geográfica española que está referida al sistema oficial anterior al actual, o a otro diferente. Además, en este último sentido, se va a producir un proceso de transición al sistema de referencia geodésico ETRS89, que se convertirá en el oficial a finales de este año o principios de 2008. Hoy día se da la situación de tener que trabajar ya con ETRS89 debido a que hay importantes proyectos que ya están referidos al mismo, sirva de ejemplo el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) o SIOSE.

Un problema frecuente es la superposición de distintas capas que diferente sistemas de coordenadas y/o sistema de referencia geodésico en la que una transformación de mala calidad o una elección incorrecta de los citados sistemas provoca errores en el análisis.

Concepto de Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS)

Todos los conceptos incluidos en este artículo han sido extraídos de la norma española UNE-EN ISO 19111 de título “Información geográfica. Sistemas de referencia espaciales por coordenadas”, que es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 19111 de enero de 2005, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 19111:2003.

La localización geográfica de un punto se expresa en un determinado sistema de coordenadas respecto a un sistema de referencia geodésico.

En un sistema de referencia geodésico se suele adoptar un elipsoide de revolución como superficie de referencia. Asociado a dicho elipsoide se define un sistema de coordenadas cartesianas de tres ejes mutuamente perpendiculares, con origen en el centro del elipsoide, eje Z coincide con el eje de revolución y eje X correspondiente al meridiano principal, Greenwich habitualmente.

Todo sistema de referencia geodésico incluye un datum geodésico, o conjunto de parámetros que definen la relación entre su sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales y la Tierra.

Un sistema de coordenadas se define por un nombre, las unidades, la dirección y la secuencia de los ejes. Los sistemas de coordenadas más frecuentes son:

- Sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales, (X,Y,Z)
- Sistema de coordenadas geodésicas. Coinciden con las coordenadas elipsódicas: latitud, longitud y altitud. También se admite hoy día que coinciden con las denominadas coordenadas geográficas, término de mayor difusión aunque en ocasiones equívoco.
- Sistema de coordenadas sobre una proyección cartográfica. La definición de cada proyección de la superficie de referencia (elipsoide o esfera) sobre el plano lleva asociada la de las funciones que relacionan la posición de un punto sobre ambas

superficies. Esas funciones son tipos de operaciones de conversión, tal y como se define posteriormente.

En la norma ISO 19111, publicada en 2003, se define *Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS)* como un sistema de coordenadas que está referido a la Tierra a través de un datum geodésico. Se trata de un concepto que aglutina tanto al sistema de referencia geodésico (a través de su datum) como al sistema de coordenadas, tal y como ilustra la siguiente figura en notación de lenguaje unificado de modelado (UML).

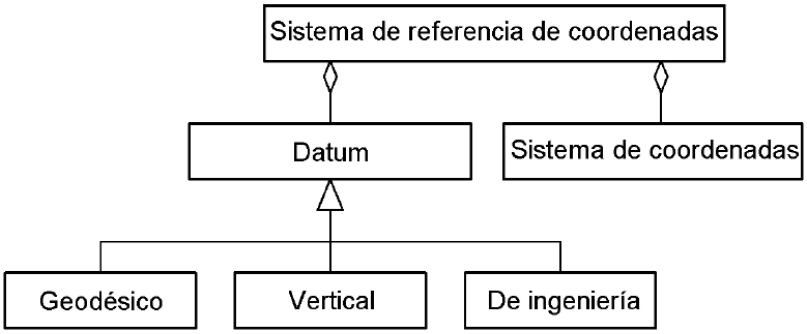


Figura 1: Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS)

Existen *Sistemas de Referencia de Coordenadas Compuestos (CCRS)* que incluyen un CRS para la componente vertical. Esto permite resolver el problema de trabajar simultáneamente con un datum geodésico en el que las altitudes se refieren al elipsoide y un datum altimétrico con origen en una realización del geoide.

Operaciones entre CRSs

Una *Operación de Coordenadas* permite cambiar valores de las coordenadas de un CRS a valores de coordenadas en otro CRS.

Se definen dos tipos de operación de coordenadas:

1. *Operación de conversión de coordenadas*, cuando el CRS origen y destino están basados en el mismo datum. En una conversión de coordenadas los valores de los parámetros son exactos, únicamente aparecerán errores relacionados con la precisión numérica.
2. *Operación de transformación de coordenadas*, cuando el CRS origen y destino están basados en diferente datum. Los valores de los parámetros de la transformación se obtienen empíricamente por lo que pueden aparecer diferentes estimaciones (o realizaciones) y tendrán asociada una precisión.

Las proyecciones cartográficas son tipos de operaciones de conversión de coordenadas.

Figura 2: Operación de conversión de coordenadas

Figura 3: Operación de transformación de coordenadas

En la mayoría de los casos aparece una operación de coordenadas concatenadas en la que hay que realizar una o varias operaciones de conversión de coordenadas y una o varias operaciones de transformación de coordenadas.

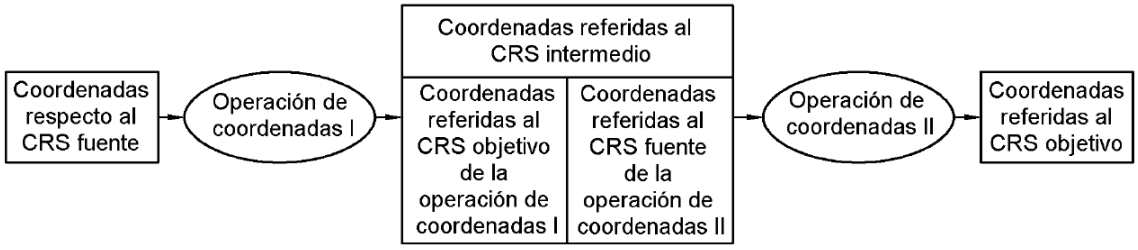


Figura 4: Operación de coordenadas concatenadas

Homogeneización de CRSs en Europa. Transición de ED50 a ETRS89

Los enormes avances en geodesia derivados de los *Sistemas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS)* han obligado a una importante revisión en la definición y materialización de los sistemas de referencia geodésicos. En la actualidad se utiliza a nivel mundial el *International Terrestrial Reference System (ITRS)* para el que se publican soluciones cada cierto intervalo de tiempo debido a que la alta precisión alcanzada en la actualidad implica el que no sean despreciables los movimientos derivados, por ejemplo, de la tectónica de placas.

A nivel europeo, en 1987 se creó la *Subcomisión European Reference Frame (EUREF)* dentro de la comisión X de la *Asociación Internacional de Geodesia (IAG)* para estudiar la mejor definición para un sistema de referencia geodésico en Europa. En la reunión de EUREF celebrada en Florencia en 1990 se acordó recomendar la adopción en Europa del denominado *Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89)*, alineado con ITRS89 en la época 1989.0.

Por iniciativa del *Space Applications Institute (SAI)*, que pertenece al *Joint Research Centre (JRC)* de la *Comisión Europea (EC)*, y del *Multi-purpose European*

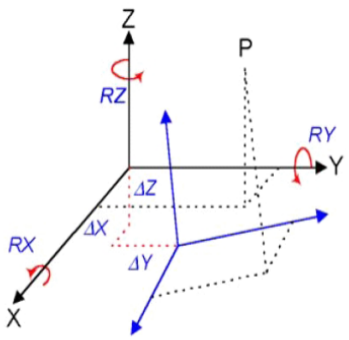
Ground Related Information Network (MEGRIN), en la que están representados los intereses de las *Agencias Nacionales de Mapas Europeas* (NMAs), se celebró el workshop "Spatial Reference System for Europe" en noviembre de 1999. Entre las recomendaciones adoptadas, recogidas en la publicación de 2000, destacan la de adoptar el datum geodésico ETRS89 y solicitar a las NMAs la determinación y publicación de parámetros para la transformación entre sus sistemas de referencia geodésicos y ETRS89 con una precisión del orden de 1 a 2 m.

Por iniciativa del JRC y de *EuroGeographics* (organismo que se creo en septiembre del 2000 como unión de MEGRIN y del *Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle (CERCO)* y en la que se ven representadas las NMAs) se celebró el workshop denominado "Map Projections for Europe" los días 14 y 15 de diciembre de 2000. Entre las recomendaciones adoptadas, recogidas en la publicación de 2001, se puede destacar que se proponen tres proyecciones cartográficas:

- Adoptar el CRS ETRS89 - Acimutal Equiárea de Lambert de 2001 (ETRS89-LAEA) para fines de análisis estadísticos y presentaciones.
- Adoptar el CRS ETRS89 – Cónica Conforme de Lambert de 2001 (ETRS89-LCC) para cartografía conforme a escalas iguales o menores a 1:500.000
- Adoptar el CRS ETRS89 – Transversa de Mercator por zonas equivalentes a los husos UTM (ETRS89-TMzn) para cartografía conforme a escalas mayores que 1:500.000

Ante esta situación las diferentes NMAs se enfrentan al reto de resolver la transición de su geodesia y cartografía a ETRS89 y a las proyecciones cartográficas propuestas. En particular, en España es el Instituto Geográfico Nacional (IGN) el que abordó la solución al problema. Destacan dos soluciones alcanzadas:

- Se determinan tres conjuntos de parámetros para la transformación afín de 7 parámetros para alcanzar la precisión de 1 a 2 m. Esta solución se alcanza a partir de la red IBERIA.



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ED50} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + (1+\mu) \begin{bmatrix} 1 & \Omega_z & -\Omega_y \\ -\Omega_z & 1 & \Omega_x \\ \Omega_y & -\Omega_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ETRS89}$$

	NW_PENINS.	PENINSULA	BALEARIC ISLANDS
ΔX_0 (m)	178.383	131.032	181.4609
ΔY_0 (m)	83.172	100.251	90.2931
ΔZ_0 (m)	221.293	163.354	187.1902
μ (ppm)	-21.2	-9.39	-17.57
Ω_X (")	0.5401	-1.2438	0.1435
Ω_Y (")	-0.5319	-0.0195	0.4922
Ω_Z (")	-0.1263	-1.1436	-0.3935

Table 2 Seven Parameters for Spain (except Canary islands)

Figura 5: Grupos de parámetros para transformación de siete parámetros de ETRS89-ED50 calculados para España por el IGN

Adviértase que este modelo de transformación se resuelve en el sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales, por lo que si el CRS origen o destino no corresponde a este sistema de coordenadas habrá que plantear una operación de coordenadas concatenadas. Estas transformaciones presentan residuos elevados por lo que se opta por estudiar otra solución para transformar información geográfica a gran escala.

Figura 6: Variación de las diferencias entre las coordenadas UTM ETRS89 y UTM ED50, unos -110 m. en azul para las abcisas y unos -210 m. en rojo para las ordenadas

- Se determina un modelo de transformación con rejilla en formato de NTv2, generada por el método de mínima curvatura utilizando la red REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, marco de referencia en España de ETRS89), con el que se consigue minimizar los residuos a 0.10 m. aproximadamente. La idea de este modelo de transformación para un punto consiste en la determinación de las correcciones a las coordenadas geodésicas latitud y longitud en función de la interpolación bilineal de las correcciones a las esquinas del rectángulo de la malla sobre la que se localiza. Adviértase que este modelo de transformación se resuelve en el sistema de coordenadas geodésicas, por lo que si el CRS origen o destino no corresponde a este sistema de coordenadas habrá que plantear una operación de coordenadas concatenadas.

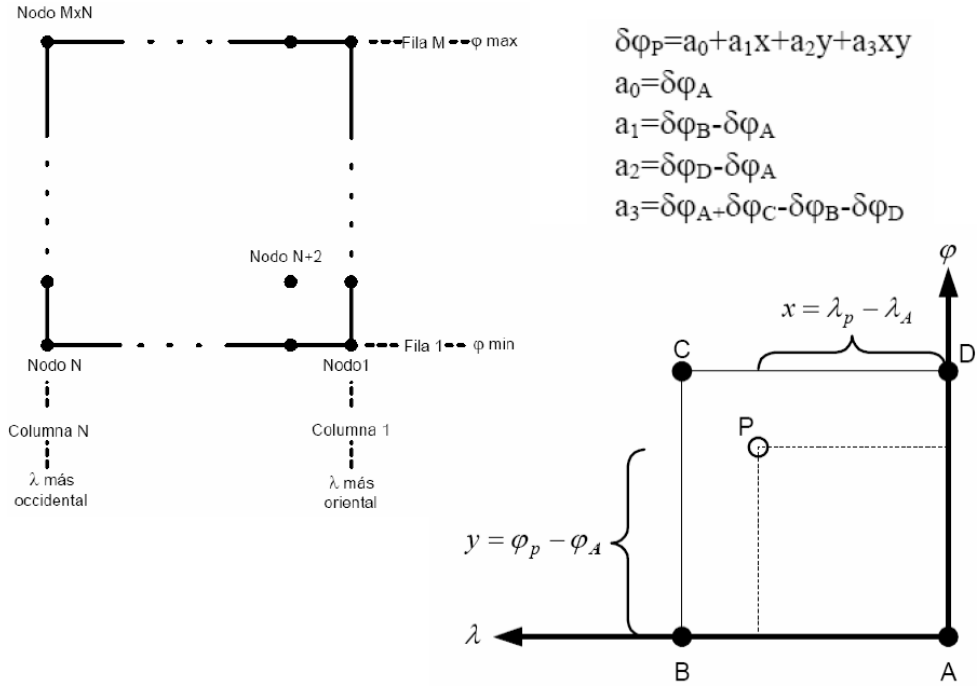


Figura 7a: Interpolación en coordenadas geodésicas con la rejilla en formato NTv2. Figura 7b: Transformación de un punto por interpolación sobre el fichero rejilla en formato NTv2

En España, por iniciativa de la Comisión Técnica Permanente del Consejo Superior Geográfico, se constituyó el Grupo de Trabajo para la transición de ED50 a ETRS89, en el verano de 2005, con objeto de estudiar la forma de llevar a cabo el cambio de sistema. Los dos autores citados en primer lugar en este artículo pertenecen a este Grupo de Trabajo, desempeñando el primero de ellos el puesto de Secretario del Grupo de Trabajo. Como parte de los resultados del trabajo, a finales de enero de 2007 se elevaron unas recomendaciones a la Comisión Técnica Permanente del Consejo Superior Geográfico. Gran parte de las recomendaciones elevadas a dicha Comisión integran las conclusiones de estos dos workshops. Del resto de recomendaciones se puede destacar la de que se emplee para transformar la cartografía la rejilla en formato NTv2 generada por el método de mínima curvatura utilizando la red REGENTE así como otras redes en las que se disponga de coordenadas en ambos sistemas. Para la transformación de los marcos de referencia de ED50 se recomienda optar por realizar reajustes de las redes geodésicas fijando REGENTE, marco de referencia de ETRS89.

Repositorios de CRSs: CRS-EU, EPSG

Los dos repositorios de CRSs más importantes son:

- CRS_{EU}.- “Information and Service System for European Coordinate Reference System – CRS “. Este repositorio ha sido creado y mantenido por la cooperación del *Bundesamt für Cartographie un Geodäsie (Bkg)* con Eurogeographics y EUREF. En la página web http://crs.bkg.bund.de/crs-eu/, además de disponer de la información de todos los CRSs europeos y de sus transformaciones a ETRS89, se puede realizar transformaciones de puntos y acceder a gran cantidad de información, entre la que se encuentra las publicaciones de los workshop “Spatial Reference System for Europe” y “Map Projections for Europe”.

- EPSG.- El *European Petroleum Survey Group (EPSG)*, nace en 1985 con la intención de generar un repositorio mundial de CRSs. En 2005 se convirtió en el *Geodesy Subcomité* del *Surveying and Positioning Committee* de la *International Association of Oil and Gas Producers* pero se decidió no cambiar la denominación de la base de datos. En la página web http://www.epsg.org se puede acceder a la base de datos más completa de CRSs y de operaciones de coordenadas a nivel mundial, así como a manuales en los que se incluye, por ejemplo, la formulación de las diferentes operaciones de coordenadas incluidas en la base de datos. La base de datos se puede descargar en diferentes formatos: MS Access, PostgreSQL, mySQL. La versión v.6.11_2 es la revisión de 23 de octubre de 2006. En la versión para MS Access se ha incluido un diseño de un conjunto de formularios de consulta muy útiles. Tal es el nivel de estandarización de esta base de datos que la mayoría de los programas del sector identifican a los CRSs por el código EPSG.

SOLUCIÓN ADOPTADA EN gvSIG PARA LA GESTIÓN DE CRSs, jCRS

La solución inicial para la gestión de CRSs fue realizada por Luís W. Sevilla basándose en GeoTools. Contemplaba las opciones más comunes para España, los CRSs vinculados a ED50, en coordenadas geodésicas y UTM. No incluía operaciones de transformación de coordenadas.

El proyecto de la extensión jCRS surge de una propuesta realizada por Dr. David Hernández al equipo de desarrollo de gvSIG, en base a diferentes experiencias previas de programación:

- Participación en el desarrollo de la librería "*Crs++, software libre para la gestión de Sistemas de Referencia de Coordenadas"*, presentada en la V Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica celebrada en Sevilla en febrero de 2006. Se trata de una librería programada en lenguaje C++ para la gestión de CRS y operaciones de coordenadas a partir de EPSG en PostgreSQL y de la librería Proj4.
- Dirección del proyecto fin de carrera de Carlos Suárez de la titulación de Ingeniero en Geodesia y Cartografía en la Universidad de Salamanca en el que se programó en lenguaje java un entorno de consultas y operaciones de coordenadas a partir de la EPSG en mySQL.

El equipo que ha intervenido en el desarrollo está integrado por:

- Conselleria d' Infraestructuras i Transport GV.
    - Luís W. Sevilla – Supervisión técnica de arquitectura de software
- Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Castilla-La Mancha:
    - Dr. David Hernández López.- Supervisión técnica en materia relacionada con CRSs y repositorios.
    - Programadores: Diego Guerrero, José Luís Gómez y Miquel García

Los requisitos planteados se resumen en:

- Incorporar un tratamiento riguroso de los CRSs y de las operaciones de coordenadas.

- Incorporar información de repositorios estándar de CRSs.
- Incorporar la solución a la transición Ed50 vs Etrs89.
- Incorporar una interfaz:
    - Acorde a la arquitectura gvSIG.
    - Sencilla e intuitiva: Incluir gestión de CRSs y operaciones de transformación·"recientes".
- Permitir al usuario definir CRSs y operaciones de coordenadas entre CRSs

El estado actual del desarrollo se resume en:

- Se ha conseguido la solución al tratamiento riguroso de CRSs y de operaciones de coordenadas con la integración de la librería "PROJ.4 - Cartographic Projections Library".
- Se ha incorporado el repositorio de la EPSG.
- La solución a la transición ED50 - ETRS89 se ha conseguido al integrar las dos soluciones oficiales del IGN:
    - A través de la EPSG están incorporadas las diferentes realizaciones oficiales del IGN de la transformación de siete parámetros.
    - A través de Proj4 se ha incorporado la transformación oficial del IGN con fichero rejilla en formato NTv2.
- De la interfaz desarrollada se puede destacar que:
    - Está integrada en la arquitectura gvSIG
    - Su diseño facilita los casos de uso más frecuentes
    - Permite manejar los CRSs y operaciones de transformación "recientes"

La extensión jCRS se ha comenzado a testear en enero de 2007. La idea es que se distribuya en breve como una extensión a través de un instalable.

El proyecto no ha finalizado ya que todavía no se han alcanzado todos los requisitos definidos inicialmente y además durante la fase de desarrollo han surgido otros que se quiere abordar.

Las líneas de trabajo que se van a tratar en la continuación del proyecto son:

- Integrar la funcionalidad de la extensión en toda la arquitectura de gvSIG: ráster, georeferenciación por puntos de control de capas ráster y vectoriales, …
- Extender la funcionalidad de PROJ.4:
    - Incorporar más operaciones de transformación - más modelos funcionales de transformación.
    - Incorporar más operaciones de conversión – más proyecciones cartográficas.
- Incorporar más repositorios: ESRI, USGS, GML, …
- Incorporar la funcionalidad para que el usuario pueda definir su propios CRS y operaciones de coordenadas.

EJEMPLO

En esta sección se incluye un caso de uso del módulo jCRS para mostrar la funcionalidad incorporada.

El caso de uso que se ha elegido corresponde al de integrar información en los sistemas de referencia geodésicos ED50 y ETRS89, y en los sistemas de coordenadas geodésicas y UTM.

Para evidenciar los problemas asociados al empleo de la transformación incorrecta se contemplarán tres escenarios:

1. Integrar la información sin aplicar transformación alguna.
2. Integrar la información aplicando la transformación oficial de siete parámetros.
3. Integrar la información aplicando la transformación oficial con el fichero rejilla en el formato Ntv2.

Para cada uno de los escenarios se comprueba que la exactitud alcanzada es la correspondiente a la precisión del planteamiento.

En los ejemplos se manejan cuatro ficheros shape en diferentes CRSs con los polígonos de las hojas del MTN25 de todo el territorio español, salvo el archipiélago canario:

- mtn25_4230.shp.- CRS de código EPSG 4230, Sistema de referencia geodésico Ed50, Sistema de coordenadas geodésicas
- mtn25_23030.shp.- CRS de código EPSG 23030, Sistema de referencia geodésico Ed50, Sistema de coordenadas UTM Huso 30
- mtn25_4258.shp.- CRS de código EPSG 4258, Sistema de referencia geodésico ETRS89, Sistema de coordenadas UTM Huso 30
- mtn25_25830.shp.-CRS de código EPSG 25830, Sistema de referencia geodésico ETRS89, Sistema de coordenadas UTM Huso 30

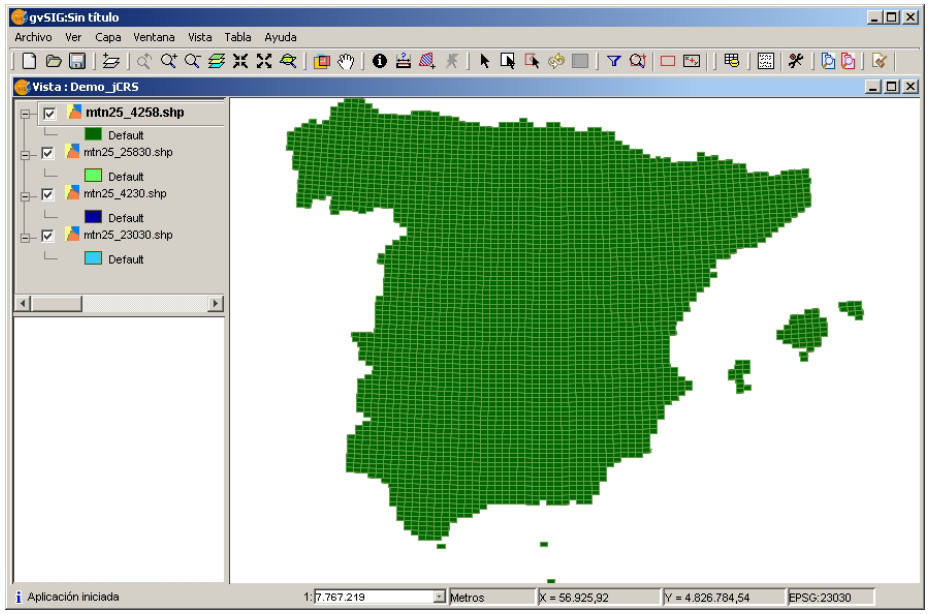


Figura 8: Capas hojas mtn25 en diferentes CRSs

En un proyecto de gvSIG para visualizar la información hay que cargarla en una vista. Una vista debe estar en un determinado CRS, de manera que lo primero es seleccionar el CRS de la vista.

En los tres escenarios contemplados el CRS elegido para la vista es el 23030, con datum ED50 y sistema de coordenadas UTM-zona 30. Por defecto, gvSIG asigna a la vista el CRS más empleado en la actualidad en España, el 23030. En un futuro próximo habrá que cambiar esta opción por defecto a 25830.

El cambio del CRS de la vista se realiza desde las propiedades de la vista.

Cuando sobre una vista se carga una capa se debe indicar su CRS para que se pueda aplicar la operación de coordenadas conveniente:

a) Operación de conversión de coordenadas, cuando el datum del CRS de la capa coincide con el datum del CRS de la vista. Ambos CRSs corresponden al mismo sistema de referencia geodésico pero están en sistemas de coordenadas distintos. Este es el caso del CRS 4230, ya que su datum es Ed50, el mismo del CRS 23030, pero está en coordenadas geodésicas, mientras que el sistema de coordenadas del CRS 23030 es la proyección UTM – zona 30.
b) Operación de transformación de coordenadas, cuando el datum del CRS de la capa no coincide con el datum del CRS de la vista. En este caso se pueden plantear a su vez dos tipos de operaciones de coordenadas:

    i. Que la operación únicamente involucre una transformación, cuando el sistema de coordenadas del CRS de la capa coincide con el sistema de coordenadas del CRS de la vista, en ambos CRSs la posición se expresa en el mismo sistema de coordenadas pero en diferente datum. Este es el caso del CRS 25830 ya que su sistema de coordenadas es UTM-zona 30 pero su datum es Etrs89.

    ii. Que se trate de una operación de coordenadas concatenadas porque no coincidan ni el datum ni el sistema de coordenadas del CRS de la capa y del CRS de la vista. Este es el caso del CRS 4258, ya que su datum es ETRS89 y está en coordenadas geodésicas.

Cuando se selecciona un CRS desde la EPSG se dan tres opciones de búsqueda: por código, por nombre o por área:

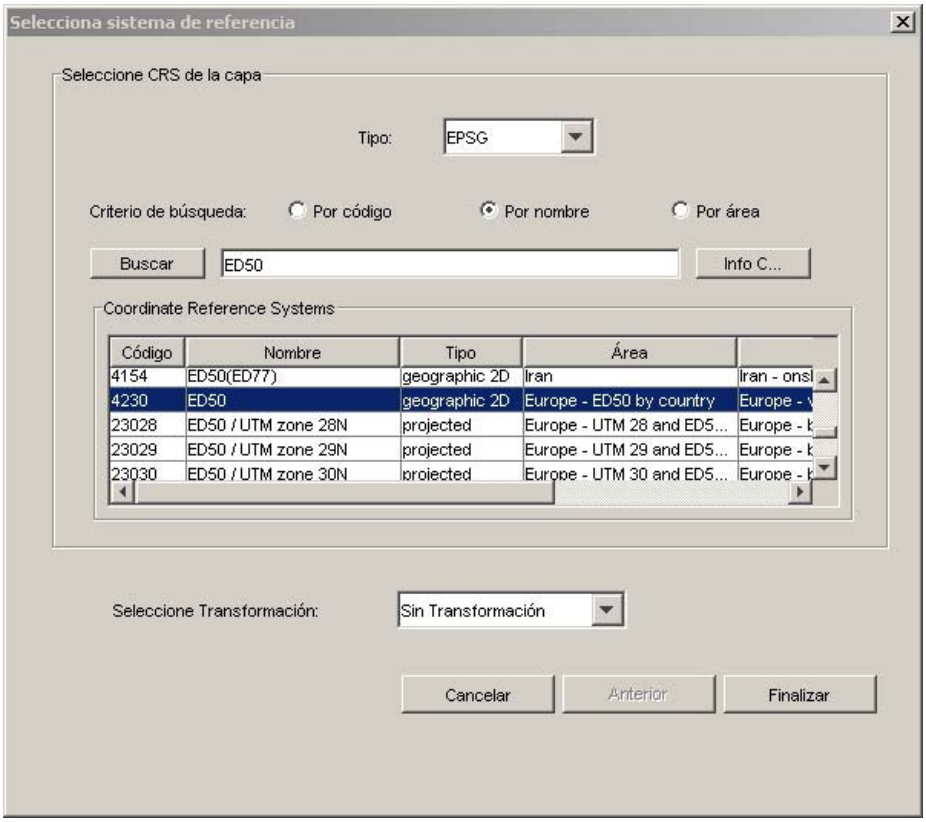


Figura 9: Ejemplo de selección de CRS desde EPSG por nombre

En el caso del CRS 4230 la selección de transformación debe ser “Sin Transformación”.

En el caso del CRS 4258 y del CRS 25830 la selección de transformación puede ser: “Transformación EPSG” o “Rejillas”. En el primer caso la aplicación pide que se seleccione una de lista de transformaciones encontradas en la EPSG para ir del datum del CRS origen al datum del CRS destino. En el segundo caso se debe indicar el fichero rejilla y si ha sido determinada en el CRS origen o en el CRS destino, la rejilla oficial ha sido determinada en ED50.

En la siguiente figura se observan los errores que aparecen en la esquina noreste de la hoja 221-I del MTN25 en dos casos:

- Cuando se carga la capa 25830 seleccionando el CRS 23030, con lo que no se aplica operación de conversión ni operación de transformación. Los errores son del orden de 115 m. en abcisa y unos 210 m. en ordenada. La línea vertical de la figura corresponde a la medición de la distancia que aparece en la barra inferior, 210 m. aproximadamente.
- Cuando se carga la capa 25830 seleccionando el CRS 25830, con lo que se aplica operación de conversión pero no se aplica operación de transformación. El error se reduce a unos 90 m. en abcisa y unos 35 m. en ordenada.

Los errores con la capa en el CRS 4258 son iguales si se carga seleccionando su CRS pero si se cargara seleccionando el CRS 23030 los errores serían enormes al estar las posiciones expresadas en coordenadas geodésicas.

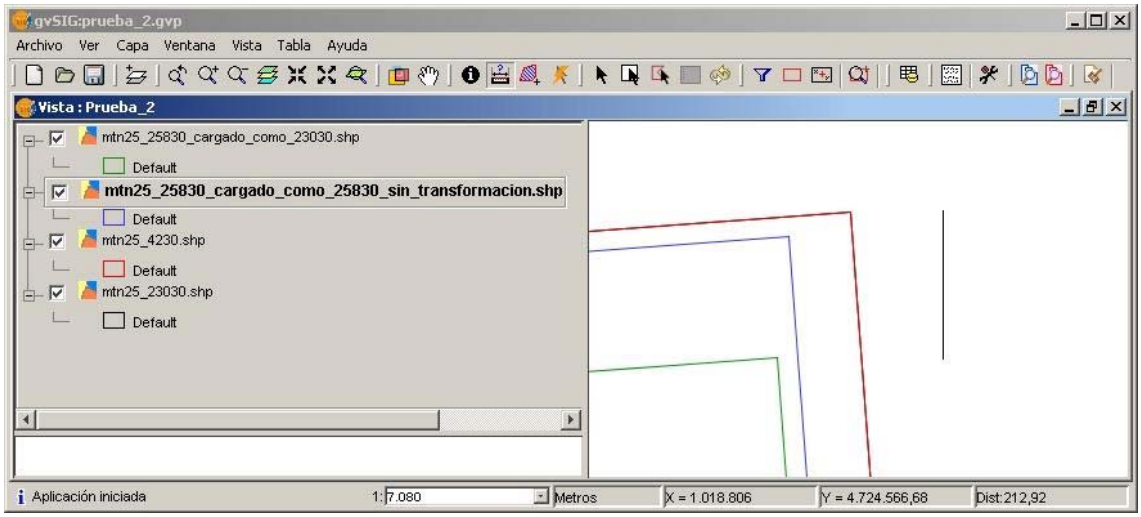


Figura 10: Errores al cargar sin aplicar operaciones de coordenadas

En la siguiente figura se observan los errores que aparecen en el caso de cargar la capa en el CRS 25830 y la capa en el CRS 4258 si se selecciona el CRS correcto y para ambos se elige la transformación oficial del IGN de siete parámetros, disponible en la EPSG. La línea vertical de la figura corresponde a la medición de la distancia que aparece en la barra inferior, 1 m. aproximadamente. El error en abcisa es del orden de 1 m. y en ordenada del orden de 0.80 m. Adviértase que estos errores están dentro del orden de precisión de la transformación, de 1 a 2 m.

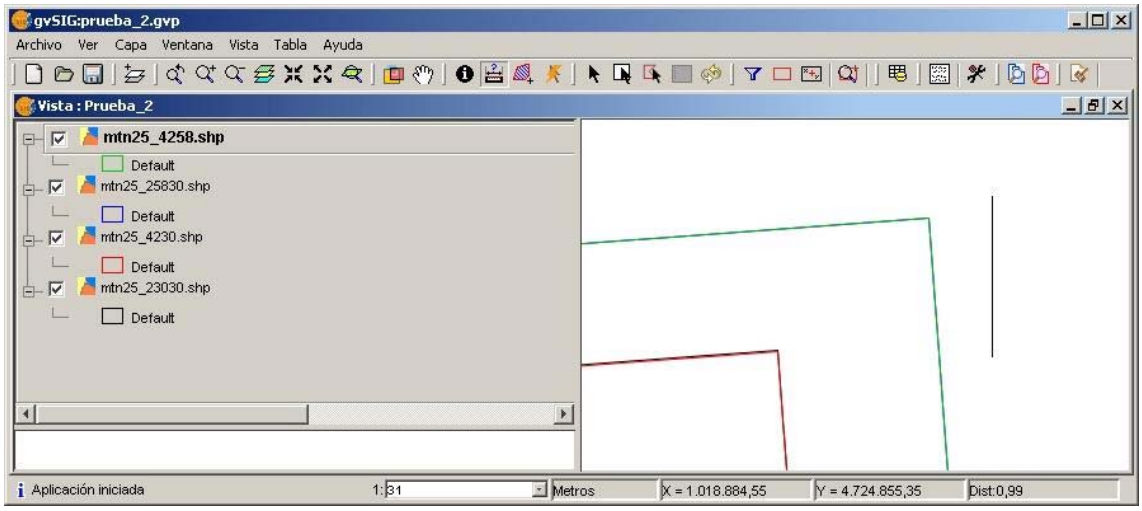


Figura 11: Errores al cargar aplicando transformación oficial del IGN de siete parámetros

En la siguiente figura se observan los errores en el caso de cargar la capa en el CRS 25830 y la capa en el CRS 4258 si se selecciona el CRS correcto y la transformación oficial del IGN de rejilla en formato NTv2. La línea vertical de la figura corresponde a la medición de la distancia que aparece en la barra inferior, 0.01 m. aproximadamente.

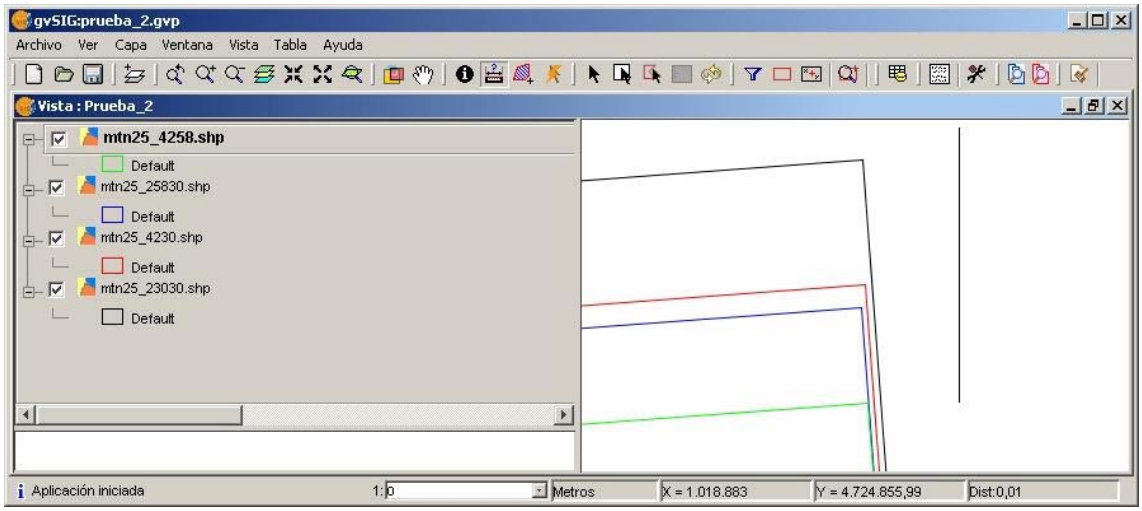


Figura 12: Errores al cargar con operación de transformación con rejilla oficial del IGN en formato NTv2

Dado que tanto el fichero shape en el CRS 4258 como el fichero shape en el CRS 25830 han sido generados por el IGN con este modelo de transformación con un determinado software, los errores que aparecen son errores numéricos asociados a las diferentes librerías utilizadas tanto para las operaciones de conversión como para las operaciones de transformación. Adviértase, en particular, que en la operación de conversión se está proyectando sobre la zona 30 de la proyección UTM una región del elipsoide que en realidad está situada sobre la zona 31, con lo que la diferencia encontrada, inferior en cualquier caso a 0.01 m., se podría achacar a la formulación implementada en cada librería para esta proyección.

REFERENCIAS

- ANNONI, A.; LUZET, C.(2000): "Spatial Reference System for Europe". EUR 19575
- ANNONI, A.; LUZET, C.; GUBBLER, E.; IHDE, J. (2001): "Map Projections for Europe". EUR 20120
- DALDA, A.; GONZÁLEZ-MATESANZ, J., (2001). "Parámetros de transformación entre sistemas de referencia". Jornadas Técnicas sobre Topografía, Cartografía, Fotogrametría, Geodesia y Teledetección. Escuela de Arquitectura Técnica. Universidad de Alcalá, pp. 189-229.
- EPSG: "EPSG Guidance Note Number 7, part I – November 2004"
- EPSG: "Using the EPSG Geodetic Parameter Dataset - EPSG Guidance Note Number 7, part 2 – September 2005"
- Evenden, G.: "Proj.4 – Cartographic Projections Library". http://proj.maptools.org
- GARCÍA-ASENJO, L.; HERNÁNDEZ, D. (2003). "Geodesia" Ed.UPV, Valencia
- GARCÍA-ASENJO, L.; GONZÁLEZ-MATESANZ, J.; HERNÁNDEZ, D. (2006): "Crs++ software libre para la gestión de sistemas de referencia de coordenadas" . V Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- GONZÁLEZ-MATESANZ, J.; DALDA, A., (2002). "Estrategias para la transición de datum ED50-ETRS89". III Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica (en CD), Valencia.
- GONZÁLEZ-MATESANZ, J.; DALDA, A., (2003). "Development of the ED50-ETRS89 transition". EUREF Symposium, Toledo, España.

- GONZÁLEZ-MATESANZ, J.; QUIROS, R.; CANO, M.; SÁNCHEZ SOBRINO, J.; DALDA, A. (2004). “El cambio de datum ED50-ETRS89. Métodos y resultados”. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- GONZÁLEZ-MATESANZ, J., (2007). “Aportaciones al estudio de los modelos de distorsión para el cambio de datum entre ED50 y ETRS89”. Universidad de Alcalá, España.
- ISO FDIS 19111 (2003): "Geographic Information – Spatial Referencing by Coordinates”.
- UNE-EN ISO 19111 (2005): “Información geográfica. Sistemas de referencia espaciales por coordenadas (ISO 19111:2003).