

Conversores de coordenadas geográficas (cambio de datum, proyección UTM)

DRP

2009

Muchas veces es necesario convertir coordenadas geodésicas a UTM o viceversa y hacer cambios de datum de manera rápida y flexible. Existen muchas utilidades gratuitas muy completas (con multitud de formatos o de datums), algunas de ellas en páginas fácilmente accesibles por Internet (como <http://www.crs-geo.eu>). Estas utilidades tienen la ventaja de su completitud y la desventaja de no poder ser adaptadas a las necesidades del usuario (aparte de otras como necesitar conexión a Internet para su ejecución).

Por esta razón, adaptando código y datos de diversas fuentes [1, 2, 3] se compiló la biblioteca de utilidades `libDatum` (cuya versión 1.0 se describe más abajo). Esta biblioteca está escrita en JavaScript, aunque es fácilmente traducible a cualquier dialecto tipo C/C++ (incluido Java). Está orientada a objetos y sólo tiene tres funcionalidades: cambio entre coordenadas cartesianas XYZ y geodésicas (latitud, longitud y altura), cambio de datum de las coordenadas XYZ y cambio de coordenadas geodésicas a proyectadas UTM (por completitud).

Como complemento (y ejemplo) al uso de la `libDatum`, se incluyen dos interfaces gráficas que realizan un cambio de datum a la vez que expresan las coordenadas de origen y destino en diferentes formatos: decimal, sexagesimal (hasta minutos o segundos) y UTM. Las dos interfaces se describen a continuación.

1. Interfaz de conversión simple

A esta interfaz se accede desde el archivo `datum_simple_transform.html`.

La interfaz gráfica del conversor de coordenadas geográficas (cambio de datum y proyección UTM) consta de dos paneles: en el panel superior (panel A) figuran las coordenadas correspondientes a un datum; en el inferior (panel B) las correspondientes al otro datum.

Los datums se pueden elegir de entre los siguientes:

- WGS84/ITRS: datum WGS84, equivalente a efectos prácticos al International Terrestrial Reference System.

Convertor de coordenadas geográficas

(cambio de datum, proyección UTM)

The image shows a software interface for converting geographic coordinates. It is divided into two main panels, Panel A and Panel B, each with its own set of input fields and controls. A vertical label 'Selección de formato' is on the left, with blue arrows pointing to the format selection options in Panel A and red arrows pointing to the same options in Panel B. Panel A is labeled 'Panel A' and 'Transformación directa', while Panel B is labeled 'Panel B' and 'Transformación inversa'. Both panels have a 'Actualizar desde...' button at the bottom right.

Panel A: Transformación directa		Panel B: Transformación inversa	
Coordenadas Origen UTM-X	549666.2748854256	Coordenadas Origen UTM-X	549791.6804178166
Coordenadas Origen UTM-Y	4801753.2421800755	Coordenadas Origen UTM-Y	4801966.967745175
Longitud	8.387 W	Longitud	8.3854690007 W
Latitud	43.367 N	Latitud	43.3681327824 N
Altura	0 m	Altura	-71.605461449 m

Figura 1: Interfaz gráfica de la aplicación de cambio de datum y proyección UTM de un único punto. Marcados, los elementos discutidos en la explicación, con un ejemplo de su funcionamiento.

- ETRS: datum del European Terrestrial Reference System, actualmente equivalente al WGS84.
- ED50: datum Europeo de 1950 (solución media).
- ED50 Spain & Portugal: datum Europeo de 1950 (en su versión para España y Portugal).
- ED50-NWZ99: datum Europeo adaptado al noroeste de la Península Ibérica.
- ED50-EST99: datum Europeo adaptado al centro de la Península Ibérica.
- ED50-BAL99: datum Europeo adaptado al Archipiélago Balear.
- PLN: datum del Pico de las Nieves (para las Islas Canarias).
- SRTM: datum usado para el SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), un modelo digital de terreno de casi toda la Tierra disponible públicamente (datum NAD83, prácticamente idéntico al WGS84).

La introducción de las coordenadas, en cualquiera de los paneles, se lleva a cabo seleccionando uno de los formatos indicados a la derecha de los “radio botones” de la izquierda de los paneles: coordenadas UTM-XY, longitud-latitud en formato decimal (se ha optado por este orden, en lugar de latitud-longitud, por analogía con las coordenadas UTM-XY), longitud-latitud en grados y minutos (y fracciones de éstos) o longitud-latitud en grados minutos y segundos (y fracciones de éstos).

En el momento de activar uno de los formatos, se habilitarán los campos en los que se pueden introducir las coordenadas. Para que las coordenadas UTM calculadas tengan sentido, se deberá antes seleccionar la zona UTM en la que se calcularán; si se deja en blanco, la aplicación buscará la zona más adecuada; si se ha indicado antes o se arrastra de un cálculo anterior, la aplicación utilizará esa. Esto es así en un panel y en otro, por lo que se debe vigilar el contenido de ese campo. Para la interpretación de las coordenadas geodésicas la aplicación tendrá en cuenta, preferentemente, el hemisferio seleccionado en las listas a la derecha de cada coordenada: N / S, E / W; posteriormente tendrá en cuenta el signo de los “grados”. Por ejemplo, seleccionado el hemisferio norte, ‘+’ indica norte, pero ‘-’ indica latitud sur; igualmente, seleccionado el hemisferio oriental, ‘+’ indica este, pero ‘-’ indica longitud oeste. La selección de ‘S’ o ‘W’ produce las interpretaciones opuestas.

En las esquinas inferiores derechas de ambos paneles se encuentran los botones de cálculo: actualizar coordenadas desde origen (para calcular las coordenadas en el panel B a partir de las introducidas en el panel A) y actualizar coordenadas desde destino (para recalculando las coordenadas en el panel A a partir de las introducidas en el panel B). El cálculo se realizará siempre a partir de las coordenadas de los campos habilitados en el panel (que se supone que es donde el usuario acaba de introducir las coordenadas origen del cálculo). La actualización se lleva a cabo, primero, recalculando las coordenadas del propio

Conversor de coordenadas geográficas

(cambio de datum, proyección UTM)

Datum: WGS84/UTRS		Datum: ED50 Spain-NWZ99	
<input type="radio"/> UTM Zona 30 [N]		<input type="radio"/> UTM Zona 29 [N]	
<input type="radio"/> (l/°d.m.fff)		<input type="radio"/> (l/°m.mff)	
<input checked="" type="radio"/> (cd°mm.fff)	Panel A	<input type="radio"/> (dc°r.m.fff)	Panel B
<input type="radio"/> (cd°mm ss.fff)		<input type="radio"/> (dc°r.m'ss.fff)	
Longitud/UTM-X	Latitud/UTM-Y	Longitud/UTM-X	Latitud/UTM-Y
1821.77 8223.21	4322.30	549791.68 549805.46	4801956.97 4801930.05
Actualizar desde origen		Actualizar desde destino	

Figura 2: Interfaz gráfica de la aplicación de cambio de datum y proyección UTM por lotes. Marcados, los elementos discutidos en la explicación, con un ejemplo de su funcionamiento.

panel (UTM y geodésicas en sus distintas expresiones) y, posteriormente y a partir de éstas, calculando las coordenadas geodésicas del otro panel y actualizando el resto (UTM) a partir de ellas. Además de las coordenadas sobre el elipsoide de referencia de cada datum, también se calculan las alturas sobre éste.

2. Interfaz de conversión por lotes

A esta interfaz se accede desde el archivo `datum_batch_transform.html`.

La interfaz gráfica del conversor por lotes consta de dos paneles análogos a los del conversor simple: en el panel de la izquierda (panel A) se introducen las coordenadas correspondientes a un datum; en el de la derecha (panel B) las correspondientes al otro datum.

La introducción de las coordenadas, en cualquiera de los paneles, se lleva a cabo seleccionando el formato adecuado a la representación que se desea mediante los “radio botones” en la parte superior de los paneles: coordenadas UTM-XY (en cuyo caso es necesario introducir la zona UTM de los puntos), longitud-latitud en formato decimal (se ha optado por este orden, en lugar de latitud-longitud, por analogía con las coordenadas UTM-XY), longitud-latitud en grados y minutos (y fracciones de éstos) o longitud-latitud en grados minutos y segundos (y fracciones de éstos). Las coordenadas se introducen línea a línea en las dos columnas de cada panel: Longitud/UTM-X y Latitud-UTM-Y. La aplicación interpreta la aparición de cualquier carácter no numérico como separación de los campos correspondientes al formato seleccionado, así es posible indicar tanto “-8 23 7.69” como “-8° 23' 7.69”” como “-8g 23m 7.69s”. Este formato permite, por ejemplo, copiar el contenido de las columnas desde una hoja de

cálculo de Gnumeric, Open Office Calc o, incluso, Microsoft Excel: las columnas del rango seleccionado se encontrarán separadas por tabuladores dentro del área de texto, mientras que cada fila del rango ocupará una línea, como se requiere.

Bajo las columnas de coordenadas de cada panel se encuentran los botones de cálculo: actualizar coordenadas desde origen (para calcular las coordenadas en el panel B a partir de las introducidas en el panel A) y actualizar coordenadas desde destino (para recalculas las coordenadas en el panel A a partir de las introducidas en el panel B). Al pulsar uno de estos botones se recalculan los datos del otro panel, expresándose siempre los resultados en el formato separado por tabuladores que, de nuevo, se puede copiar al portapapeles y pegar en una de las hojas de cálculo.

Nota: en la versión actual la conversión por lotes no proporciona información sobre alturas. Todas las alturas de partida se consideran sobre el correspondiente elipsoide, pero ello no se ha de suponer (más que aproximadamente) para el datum de destino. Una estimación del error cometido al asumir esto se puede obtener llevando a cabo la conversión inversa que, de nuevo, asume puntos sobre el elipsoide de origen.

3. La biblioteca libDatum

La biblioteca libDatum es una biblioteca de funciones Javascript que emplean como único objeto especializado el objeto Datum que caracteriza un Datum respecto al de referencia (el WGS84 empleado en el posicionamiento GPS [1, 4]). El resto de los datos se manipulan como tipos primitivos de Javascript, tratando de hacer la biblioteca lo más portable posible a otros lenguajes de programación no orientados a objetos.

3.1. Objeto datum

Datum(semiA, semiB, Dx, Dy, Dz, sf, Rx, Ry, Rz) Constructor de un objeto Datum a partir de los semiejes del elipsoide (semiA, el mayor; semiB, el menor), de las componentes del vector desplazamiento (Dx, Dy, Dz) de su centro hasta el centro de masas de la Tierra (origen del elipsoide del datum WGS84), del factor de anisotropía (sf) correspondiente a la región sobre la que se hace tangente el elipsoide de referencia y de los ángulos de rotación sobre los tres ejes (Rx, Ry, Rz) que llevan el elipsoide de este Datum sobre el elipsoide WGS84 (de referencia).

La biblioteca tiene algunos Datums predefinidos:

- DatumWGS84: el de referencia de todos los demás, basado en el elipsoide de Hayford [2].
- DatumETRS: similar al WGS84, aunque varía temporalmente respecto a éste por hallarse ligado a la placa continental del continente

europeo (cambios de unos centímetros cada año) [Nota: actualmente se considera idéntico al WGS84; en un futuro se podrían derivar varios ETRS, correspondientes a diferentes años [5]].

- DatumED50: es la solución media del European Datum (supuesto paralelo al WGS84, pero referido a un elipsoide Internacional de 1924 desplazado respecto al del WGS84) [4].
- DatumED50SpainPortugal: es el European Datum que corresponde a España y Portugal [2, 4].
- DatumED50SpainNW: es el European Datum que corresponde a la zona noroeste de la Península Ibérica (Galicia) [3, 5]
- DatumED50SpainEST: es el European Datum que corresponde al centro de la Península Ibérica [3, 5]
- DatumED50SpainBAL: es el European Datum que corresponde al Archipiélago Balear [3, 5]
- DatumPicoDeLasNieves: es el Datum de las Islas Canarias (basado en el elipsoide Internacional de 1924 y supuesto paralelo al datum del WGS84) [2]
- DatumNAD83: es el Datum empleado en el SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission, de la NASA); a efectos prácticos, idéntico al WGS84 [2].

3.2. Conversión XYZ a lat-lon

latlonhgt2XYZ(datum, lat, lon, hgt, xyz) Convierte las coordenadas geodésicas lat-lon y altura sobre el elipsoide relativas al datum dado en coordenadas cartesianas respecto a dicho datum; el resultado se retorna en el array pasado como quinto argumento o, si no se pasa éste, como un nuevo array resultado de la función (basado en [4]).

XYZ2latlonhgt(datum, xyz, latlonhgt) Convierte las coordenadas XYZ (proporcionadas en un array) relativas a un datum dado en coordenadas lat-lon que retorna en el array del tercer argumento; si no se pasa tercer argumento, retorna un array de dos elementos con la latitud y la longitud calculadas (basado en [4]). Las ecuaciones se resuelven mediante un método iterativo, que proporciona una solución exacta (con la precisión de la máquina).

3.3. Cambio de datum

datum2datumXYZ(datumA, xyzA, datumB, xyzB) Transforma las coordenadas XYZ (proporcionadas en un array) relativas al datumA a las coordenadas XYZ relativas al datumB; el resultado se retorna en el array pasado como cuarto argumento (que puede ser el mismo que el de las coordenadas cartesianas de origen) o, si no se pasa éste, son retornadas en un nuevo array por la función (basado en [3, 5]).

3.4. Cambio de geodésicas a proyección UTM

latlon2UTMXY(datum, lat, lon, zn, xy) Convierte las coordenadas latlon relativas al datum dado y para la zona UTM zn en coordenadas UTM-XY; las coordenadas UTM-XY se retornan en el array pasado como quinto argumento o, si no se proporciona éste, como un nuevo array resultado de la función (basado en [1]). Las expresiones de las aproximaciones en polinomios trigonométricos se han optimizado para velocidad [6].

UTMXY2latlon(datum, x, y, zn, southhemi, latlon) Convierte las coordenadas UTM-XY relativas al datum dato, la zona UTM zn y el hemisferio indicado (false si es norte, true si es sur) a coordenadas geodésicas latlon; las coordenadas latlon se retornan en el array pasado como sexto argumento a la función o, si no se pasa este argumento, como un nuevo array resultado de la función (basado en [1]). Las expresiones de las aproximaciones en polinomios trigonométricos se han optimizado para velocidad [6].

3.5. Utilidades

rad2dms(r) Esta función construye una cadena con la expresión sexagesimal de un ángulo, de la forma $+/-dd^{\circ}mm'ss.ff''$, a partir del valor del ángulo en radianes (las unidades naturales de libDatum).

UTMCentralMeridian(zn) Esta función auxiliar retorna el meridiano central de una zona UTM (en radianes).

4. Errores conocidos

- Actualmente la conversión recíproca entre datums (en la segunda parte datum2datumXYZ) no es totalmente exacta, lo que hace que se cometan errores del orden de los milímetros (en latitudes intermedias) que se acumulan cuando se realizan conversiones sucesivas.

Referencias

- [1] Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J., GPS: Theory and Practice, 3rd ed. New York: Springer-Verlag Wien, 1994.
- [2] NIMA Technical Report, Department of defense World Geodetic System 1984. Its definition and relationships with local geodetic systems. TR8350.2, 3rd edition, 2000
- [3] Javier González-Matesanz, Adolfo Dalda, Rafael Quirós, Jesús Celada. ED50-ETRS89 transition models for the Spanish geodetic network. IGN

- [4] Eurocontrol & IfEN, WGS84 implementation manual. Version 2.4, February 12, 1998
- [5] Coordinate Reference Systems in Europe (<http://www.crs-geo.eu>)
- [6] Numerical Recipes in C. The art of scientific computing. Chapter 5. Evaluation of functions. W.H.Press et al. Cambridge University Press, 1992.