
www.topoedu.es

Los mejores recursos especializados en topografía y geodesia,
nunca vistos hasta ahora.



Facebook



Twitter



Google+



+34 661387681



LinkedIn

Hojas técnicas de cálculo:

Transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros)

Usando la precisión de los puntos de control en ambos sistemas. Versión 4

Versión 1. Febrero de 2015



	Contenido
Descripción del funcionamiento	3
Resolución del ejemplo	4
Notas	7



Transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros)

Usando la precisión de los puntos de control en ambos sistemas. Versión 4

Descripción del funcionamiento

Este libro de cálculo contiene una hoja de trabajo llamada 6p MMCC V4 (versión 4, de las disponibles actualmente en www.topoedu.es para este tipo de conversión).

La ecuación del sistema es:

$$ax + by + c = X + vx$$

$$dx + ey + f = Y + vy$$

Esta hoja de cálculo muestra el proceso de resolución de una transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros) a través del método de mínimos cuadrados, en un único proceso de ajuste. En ella se utilizan 4 puntos de control, y la incertidumbre posicional de los mismos (Sx y Sy) en ambos sistemas (inicial y destino). La hoja es capaz de transformar 3 puntos adicionales. Como resultado se muestran las coordenadas más probables de todos los puntos del sistema inicial expresados en el nuevo sistema. Además, también se calculan las incertidumbres de estos nuevos puntos en el nuevo sistema.

Como opciones adicionales, esta hoja permite:

- Trabajar en el sistema sexagesimal o centesimal.
- Visualizar el formato de coordenadas en XYZ o ENZ.

The screenshot shows the Excel spreadsheet interface for the 'Transformación_6p_MMCC_V4.xlsx' file. The spreadsheet is divided into several sections:

- Header:** 'Transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros)' and 'Solución mediante mínimos cuadrados, utilizando precisión de puntos de control en ambos sistemas'.
- Configuration:**
 - Formato XY: XY
 - Formato angular: Centesimal
 - Factor conver.: 200,0000
- Formulation:**
 - $ax + by + c = X + vx$
 - $dx + ey + f = Y + vy$
 - Parameters: $a = S_x \cos \alpha$, $b = S_x \sin(\alpha + \beta)$, $d = S_y \cos \alpha$, $e = S_y \sin(\alpha + \beta)$
- Datos Iniciales:**

		Sistema inicial				Sistema destino			
		x	y	Sx	Sy	X	Y	SX	SY
Grad. de libertad:	Pto. control 1	2190,790	1634,427	0,001	0,003	0,00	112,002	0,003	0,002
	Pto. control 2	2450,409	2644,094	0,005	0,007	112,005	0,002	0,003	0,001
	Pto. control 3	3460,075	2384,475	0,002	0,001	-0,002	-112,08	0,001	0,001
	Pto. control 4	3200,457	1374,808	0,003	0,008	-112,004	0,003	0,001	0,003
	Ptos. a convertir	2832,264	1375,202						
		2488,375	1657,224						
		2344,660	2200,755						
- Parámetros transformación obtenidos por iteración:**

	Sol. Inicial	Iteracion1	Iteracion2	Iteracion3	Sol. Final	Desviacion	t-value
a	-0,07730	0,00000076	0,00000000	0,00000000	-0,07730	0,00003	2443,17272
b	0,13081	-0,00000314	0,00000000	0,00000000	0,13080	0,00002	5280,10436
c	-44,44477	0,00527359	0,00000236	0,00000000	-44,43950	0,01024	438,95159
d	-0,13088	0,00000614	0,00000000	0,00000000	-0,13087	0,00002	6549,90345
e	-0,07727	-0,00003064	0,00000000	0,00000000	-0,07731	0,00003	2767,85371
- Estadísticos del ajuste:**

	So	Ref. Vari.

Fig. 1. Captura parcial de la hoja de cálculo



Resolución del ejemplo

Esta hoja se acompaña con un ejemplo ya resuelto.

Lo primero que ha de hacer es observar la nomenclatura de las celdas a través de la leyenda ubicada en vertical que encontrará a partir de la celda A6. Esta leyenda le informa sobre qué celdas debe modificar, y cuáles no debe modificar y, si fuera necesario, cuáles debe revisar.

Supongamos que ya tenemos las coordenadas de los puntos de control insertadas en las celdas D14 a D17, para la X, y E14 a E17, para la Y. También, la incertidumbre de estas posiciones insertadas en las celdas F14 a F17, para la X, y G14 a G17, para la Y. Del mismo modo, hemos insertado las coordenadas de estos puntos de control expresadas en el sistema destino, en las celdas H14 a H17, para la X, y I14 a I17, para la Y. Así como su incertidumbre, en las celdas J14 a J17, para la X, y K14 a K17, para la Y. Finalmente, también hemos insertado las coordenadas de los 3 puntos a convertir, en las celdas D18 a D20, y E18 a E20 respectivamente.

Datos iniciales									
		Sistema inicial				Sistema destino			
		x	y	Sx	Sy	X	Y	SX	SY
Pto. control	1	2190,790	1634,427	0,001	0,003	0,00	112,002	0,003	0,002
Pto. control	2	2450,409	2644,094	0,005	0,007	112,005	0,002	0,003	0,001
Pto. control	3	3460,075	2384,475	0,002	0,001	-0,002	-112,08	0,001	0,001
Pto. control	4	3200,457	1374,808	0,003	0,008	-112,004	0,003	0,001	0,003
Ptos. a convertir	5	2832,264	1375,202						
	6	2488,375	1657,224						
	7	2344,660	2200,755						

Supongamos también que ha configurado los parámetros de la hoja; sistema angular Centesimal, y formato de coordenadas XY.

Configuración

Formato XY:	XY
Formato angular:	Centesimal
Factor conver.:	200,0000

El método de mínimos cuadrados requiere una solución inicial a partir de la cual se van produciendo refinamientos sucesivos (iteraciones) hasta obtener la convergencia del sistema y, por tanto, la solución más probable.

1. Supongamos que conocemos la solución inicial, insertada en las celdas B24 a B29:

	Sol. Inicial
a	-0,07730
b	0,13081
c	-44,44477
d	-0,13088
e	-0,07727
f	525,02931

NOTA: si no sabe cómo obtener la solución inicial consulte la metodología incluida en la hoja técnica de cálculo gratuita Transformación bidimensional afín (6 parámetros), versión 1, disponible en www.topoedu.es.



- Al insertar los valores iniciales de los parámetros automáticamente se produce la primera iteración, obteniendo la corrección de la solución inicial en las celdas J90 a J95.
- Seleccione por arrastre las celdas J90 a J95 y pulse la combinación de teclas Ctrl.+C. Con ello habrá copiado el contenido de estas celdas. A continuación, seleccione la celda C24 y haga clic en el botón derecho del mouse. Seleccione Pegado especial y Valores.

Parámetros transformación obtenidos por iteración							
	Sol. Inicial	Iteracion1	Iteracion2	Iteracion3	Sol. Final	Desviacion	t-value
a	-0,07730	0,00000076			-0,07730	0,00003	2443,17272
b	0,13081	-0,00000314			0,13080	0,00002	5280,10438
c	-44,44477	0,00527359			-44,43950	0,10124	438,95161
d	-0,13088	0,00000614			-0,13087	0,00002	6549,90347
e	-0,07727	-0,00003064			-0,07731	0,00003	2767,85369
f	525,02931	0,05730712			525,08661	0,08358	6282,54799

Automáticamente la hoja de cálculo vuelve a procesar todos los cálculos de mínimos cuadrados, obteniéndose una nueva corrección. La correspondiente a la segunda iteración. Si analiza la hoja de cálculo verá que ésta no utiliza las coordenadas de la columna Sol. Inicial, sino las ubicadas en la columna Sol. Final. Estas son la suma de las iniciales y cada una de las correcciones establecidas en las columnas Iteración1, Iteración2,...

- Repita el paso #3 y copie los resultados en la columna Iteración 2.

Parámetros transformación obtenidos por iteración							
	Sol. Inicial	Iteracion1	Iteracion2	Iteracion3	Sol. Final	Desviacion	t-value
a	-0,07730	0,00000076	0,00000000		-0,07730	0,00003	2443,17272
b	0,13081	-0,00000314	0,00000000		0,13080	0,00002	5280,10436
c	-44,44477	0,00527359	0,00000236		-44,43950	0,10124	438,95159
d	-0,13088	0,00000614	0,00000000		-0,13087	0,00002	6549,90345
e	-0,07727	-0,00003064	0,00000000		-0,07731	0,00003	2767,85371
f	525,02931	0,05730712	-0,00000073		525,08661	0,08358	6282,54798

Fíjese en las correcciones que se han aplicado en la iteración #2. Como ve, son prácticamente nulas, pudiéndose haber detenido el proceso de cálculo en la iteración #1. No obstante, esta segunda iteración nos ha permitido ver que se produce una convergencia del sistema. Si revisa los datos de corrección de la matriz X verá que ya son totalmente despreciables (nulos). En este punto daremos por resuelta la transformación.

La columna Sol. Final (celdas F24 a F29) contiene el resultado final de los parámetros de transformación *a, b, c, d, e* y *f*, junto a sus estadísticos desviación estándar y t-value.

Los estadísticos del ajuste, desviación estándar y varianza de referencia, los podemos consultar en las celdas J29 y K29:

Estadísticos del ajuste:

So	Ref. Vari.
14,53629295	211,3038126



Los puntos transformados, expresados en el nuevo sistema, y acompañados de sus incertidumbres posicionales, están disponibles en las celdas E33 a E39, para la X, F33 a F39, para la Y, G33 a G39, para la Sx, y H33 a H39, para la Sy.

SOLUCIÓN: Puntos transformados y precisión				
	X	Y	SX	SY
1	0,004	112,023	0,034	0,025
2	112,004	-0,007	0,034	0,018
3	-0,002	-112,075	0,014	0,015
4	-112,002	-0,045	0,020	0,029
5	-83,489	48,111	0,021	0,028
6	-20,017	71,315	0,026	0,022
7	62,188	48,105	0,032	0,016

También disponemos de un croquis gráfico, con una representación de la distribución de los puntos en ambos sistemas:



Finalmente, tenemos todas las matrices de cálculo, junto al desarrollo matemático correspondiente a la última iteración:

B. Dim 8x16

-0,07730	0,13080	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,13087	-0,07731	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-0,07729908	0,13080385	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-0,13087268	-0,07730501	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-0,07729908	0,13080385	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-0,13087268	-0,077305006	0	-1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,077299078	0,13080385	-1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,130872682	-0,07730501	0	-1

F. Dim 16x16

0,00000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,00001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,00001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,00000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,00003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,00005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,00009	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,000010	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,000004	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000001	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000009	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000064	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000001
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000009



We. Dim 8x8

Table with 8 columns and 8 rows of numerical data.

J. Dim 8x6

Table with 6 columns and 8 rows of numerical data.

Qxx. Dim 6x6

Table with 6 columns and 6 rows of numerical data.

K Dim 8x1

Table with 1 column and 8 rows of numerical data.

Ve Dim 8x1

Table with 1 column and 8 rows of numerical data.

X Dim 8x1

Table with 1 column and 8 rows of numerical data.

J. Dim 8x6

Table with 6 columns and 8 rows of numerical data.

QII. Dim 12x12

Large table with 12 columns and 12 rows of numerical data.

Notas

Si usted es docente, y este artículo le ha ayudado a complementar explicaciones y ejercicios de clase para sus alumnos, por favor, sea comprensivo con los trabajos de investigación y cite al autor de este documento y a su web de referencia (www.topoedu.es).