

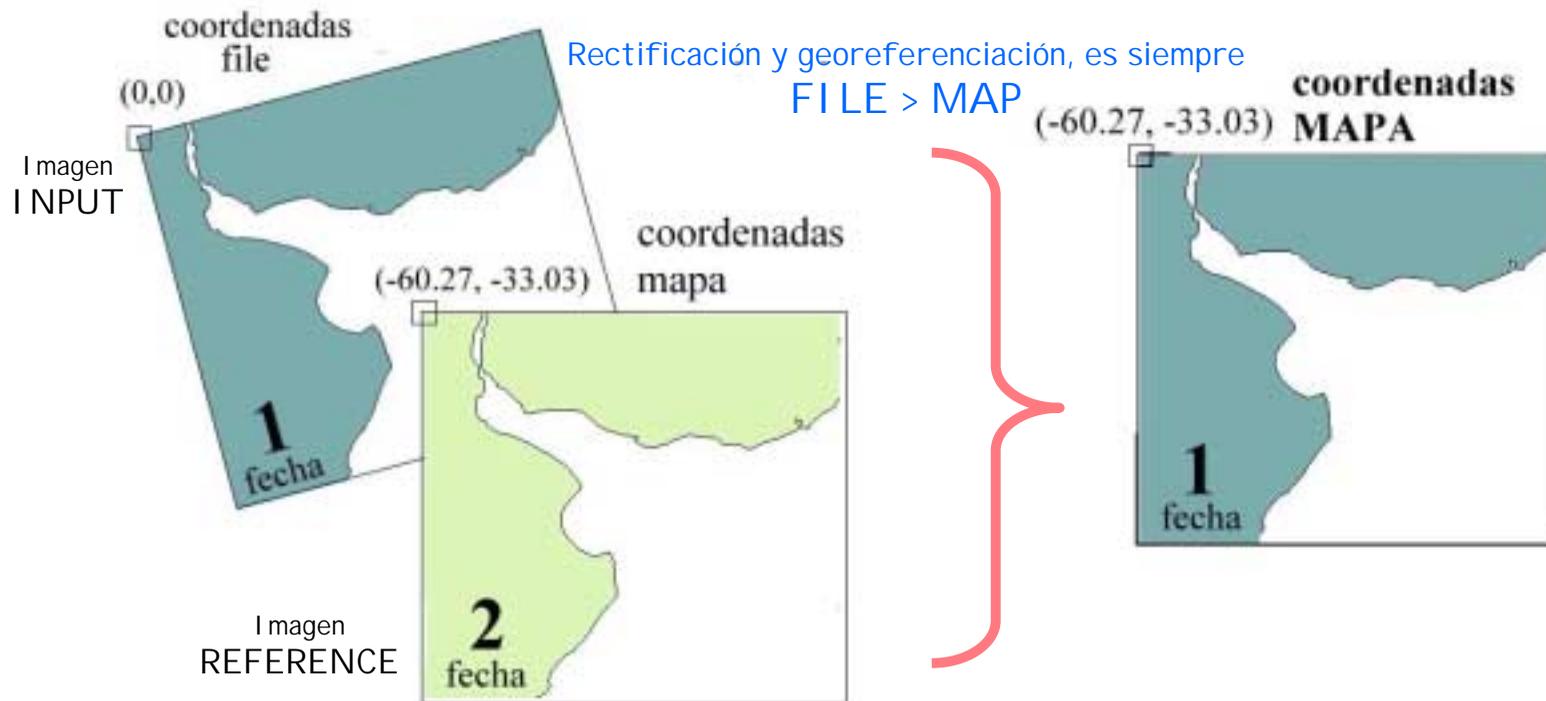
¿Que es...?

Rectificación

es la conversión de las coordenadas del archivo de datos a alguna otra grilla y sistema de coordenadas, llamado "sistema de referencia", y que en general es alguna proyección de mapas dadas

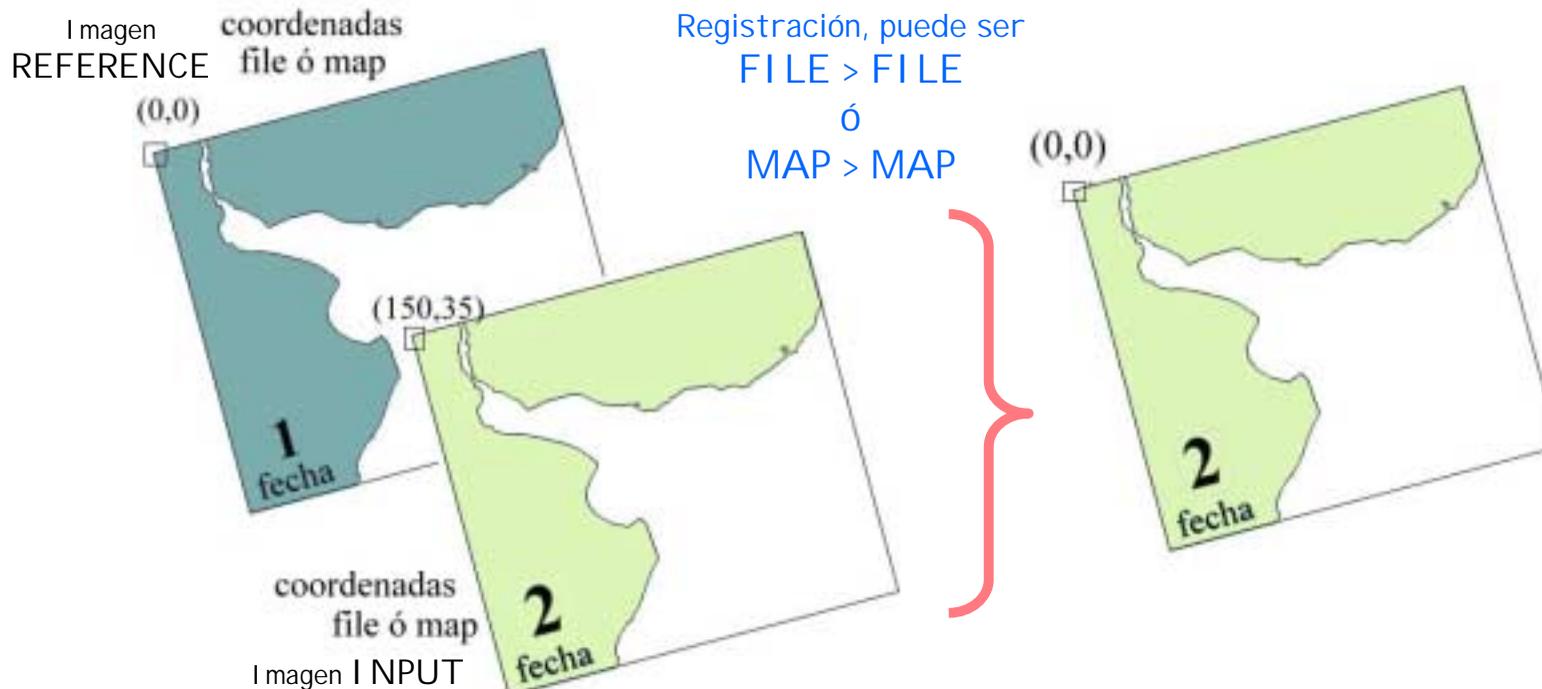
Georeferenciación

se refiere al proceso de asignar coordenadas de mapa a los datos de la imagen. involucra cambiar solamente la información de coordenadas de mapa en el archivo imagen. La grilla de la imagen no cambia, por lo tanto no constituye una corrección geométrica.



Registración

es el proceso de hacer que una imagen conforme con otra imagen. En estos casos, un sistema de coordenadas de mapas no esta necesariamente involucrado

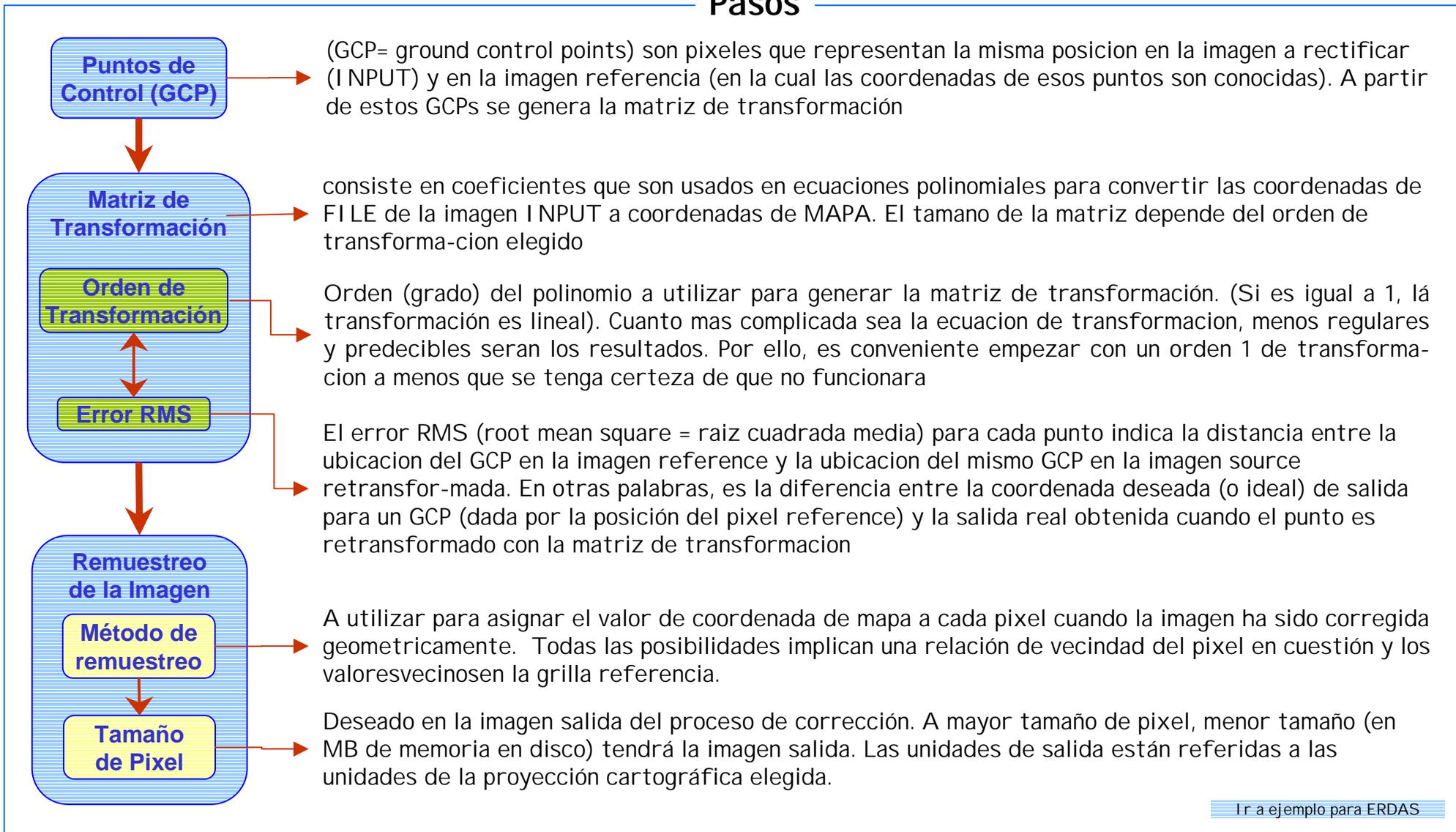


Latitud/ Longitud

Es un sistema de coordenadas esferico que no esta asociado con una proyeccion de mapa. Lat./Long expresa ubicaciones de los pixeles de una imagen en terminos de un esferoide, no de un plano. De todas formas, es posible convertir las imagenes a este sistema de coordenadas.



Pasos



Puntos de control (GCP) (ground control points),

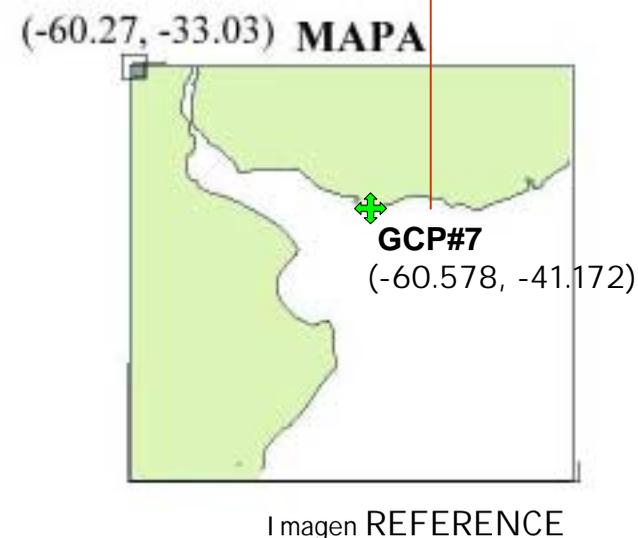
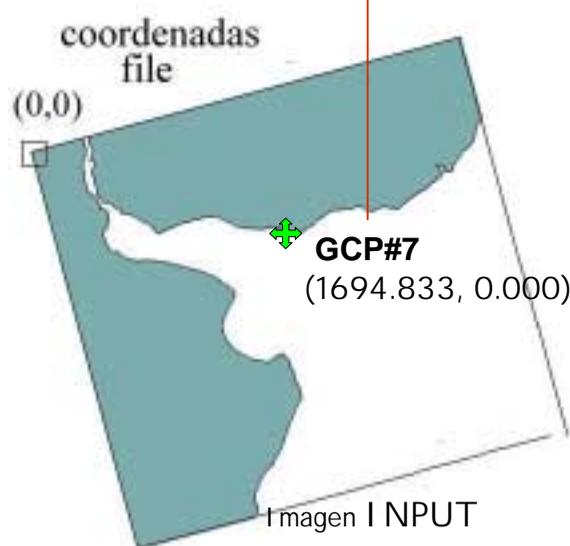
NOAA, SAC-C, MODIS, SeaWiFS, etc:

Para satélites con gran ancho de barrido, la información de los GCP viene con la imagen. Los GCP se obtienen en el satélite en el momento de la toma de la imagen. Se genera un archivo que contiene un GCP cada X cantidad de columnas e Y cantidad de filas de la imagen.

LANDSAT, SPOT, ERS, etc:

La serie de GCP necesarios para corregir la imagen debe ser generada por el usuario, para lo cual cada GCP de la imagen INPUT debe corresponderse con la misma posición geográfica tomada de un mapa, carta-imagen o una imagen de la misma zona previamente rectificadas, las cuales se utilizan como REFERENCE. El set completo de pares de puntos se utiliza para generar un algoritmo que permite obtener las funciones para el eje X e Y necesarias para corregir la imagen

Nro. de GCP	Coordenadas INPUT (File)		Coordenadas REFERENCE (lat-lon)	
	Point ID	X Input	Y Input	X Ref.
GCP #1	95.910	0.000	-40.297	-36.727
GCP #2	647.671	0.000	-47.000	-38.656
GCP #3	937.647	0.000	-50.648	-39.508
GCP #4	1146.386	0.000	-53.336	-40.055
GCP #5	1324.940	0.000	-55.664	-40.469
GCP #6	1499.756	0.000	-57.977	-40.828
GCP #7	1694.833	0.000	-60.578	-41.172



Volver ESQUEMA



Matriz de transformación

Las **funciones** mas utilizadas para obtener el algoritmo de corrección son las **polinómicas**. En primer lugar se asocia la imagen INPUT a corregir con el mapa de REFERENCE, y esto permite generar la función que asocia los valores en coordenadas de proyección con el mapa con la imagen

Polinomio de orden 1

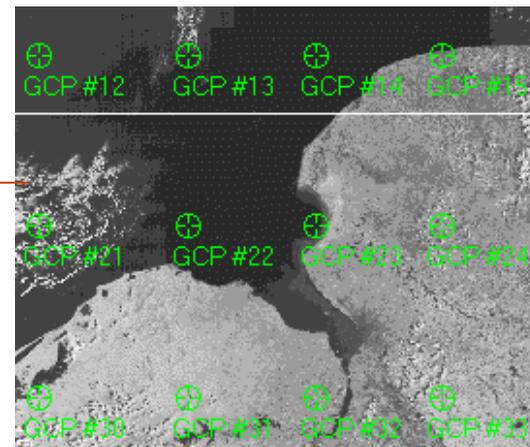
	X'	Y'
Const	-3993	-3005
X	-77	17
Y	-25	-99

Error RMS
 X: 26.72
 Y: 33.24
Total: 42.67

Polinomio de orden 2

	X'	Y'
Const	-5704	-1261
X	-99	72
Y	-87	-86
X2	0.11	0.41
XY	-0.99	0.25
Y2	-0.07	-0.02

Error RMS
 X: 1.11
 Y: 1.46
Total: 1.83



GCP sobre imagen NOAA a corregir

Orden de transformación

para tener en cuenta sobre el orden del polinomio.

El grado u orden de polinomio a usar (orden 1=potencia 1, orden 2=potencia 2, etc.) depende, entre otras cosas, del grado de 'deformación' de la imagen. Por ejemplo, de manera general puede usarse un orden 1 para imágenes como LANDSAT y SPOT en terrenos planos.

Cuando uso imágenes con mucha mayor cobertura espacial, como SAC-C y AVHRR(NOAA), la curvatura de la tierra introduce otro tipo de distorsión que no tiene que ver con que el terreno sea plano o no. En esos casos debe usarse un orden mayor, si se usa todo el ancho de barrido del SAC-C por ejemplo (360km), se deberá usar un orden 2, y en el caso de considerar todo el ancho de la Argentina con AVHRR seguramente deberá usarse un orden 3

Cuando se usan GCP que vienen con la imagen (SAC-C y AVHRR), el error de cada GCP es el mismo porque los puntos se tomaron con la orbita automáticamente, así que la solución para reducir el error no es eliminar puntos sino aumentar el orden del polinomio para minimizar el desajuste de la función polinómica en los extremos de la imagen

Funciones para X' e Y' con orden 2

$$X' = -5703.6 - 99.1 \cdot X - 86.5 \cdot Y + 0.11 \cdot X^2 - 0.99 \cdot XY - 0.07 \cdot Y^2$$

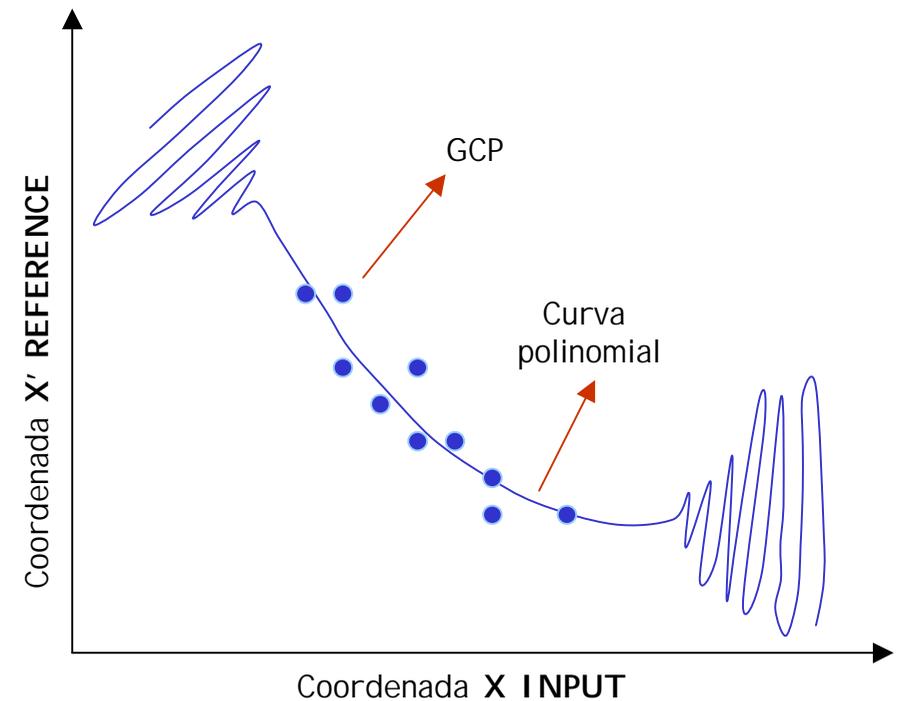
$$Y' = -1261.2 + 72.1 \cdot X - 85.7 \cdot Y + 0.41 \cdot X^2 + 0.25 \cdot XY - 0.02 \cdot Y^2$$



🔍 Aumentar el orden del polinomio puede disminuir mucho en ciertas ocasiones el error de remuestreo, pero hay que considerar que a medida que se aumenta el orden del polinomio, más 'inestable' puede volverse la solución polinómica en los extremos (ver gráfico). El polinomio puede 'dispararse' para órdenes altos y deformar el ajuste en los extremos de la imagen. Si la imagen a corregir no tiene correcciones panorámicas, el orden del polinomio puede ser incluso mayor que 3.

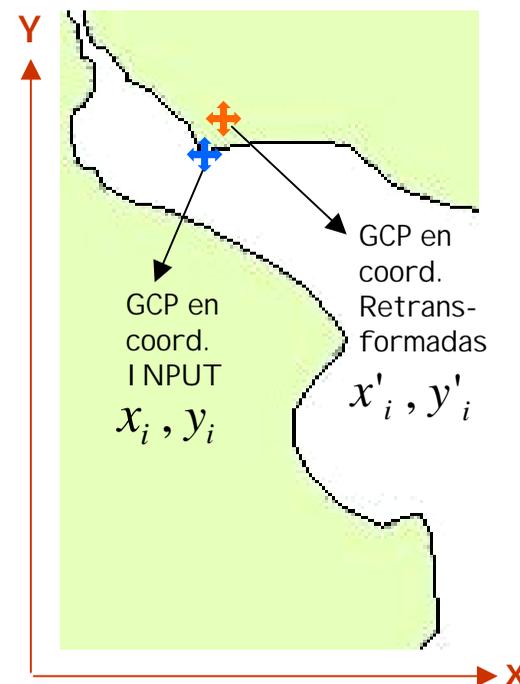
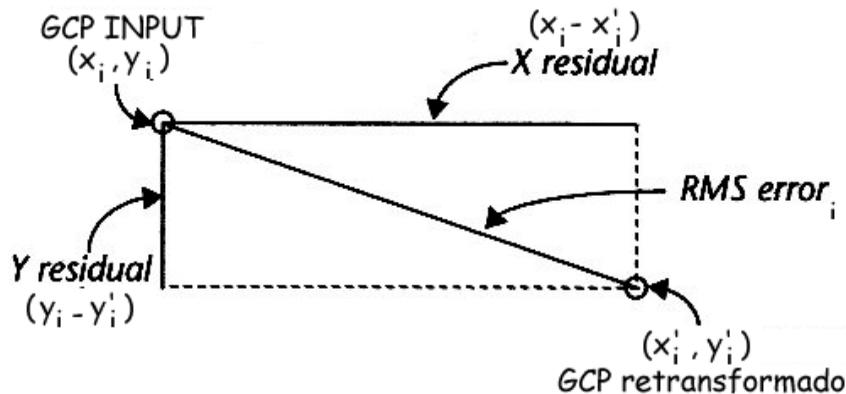
🔍 Para evitar esa oscilación polinómica (que se dispare y oscile la solución, sobre todo en los extremos de la imagen), hay que mantener una relación entre el orden del polinomio y la cantidad de GCP. A mayor orden del polinomio mayor cantidad de GCP se deberán coleccionar y como regla general a mayor orden más lejos debe estar el número de GCPs del mínimo impuesto por el método para cada orden polinómico (3 puntos para un orden 1 de polinomio, 6 puntos para un orden 2, 9 puntos para un orden 3).

🔍 La geometría interna (coherencia entre todos los píxeles de la imagen) y coherencia cartográfica (posicionamiento de la imagen con respecto a un sistema cartográfico de referencia) deben ir de la mano. Si tengo una zona con mucho relieve, no tiene demasiado sentido aumentar tanto el orden del polinomio, porque puedo perder geometría interna. Es mejor usar un orden 1, que corregirá la mayoría de los efectos generales y dará una coherencia cartográfica tal vez razonable.



Error RMS (Root Mean Square)

✓ Las **ecuaciones polinómicas** son utilizadas para obtener la posición de cada GCP de la imagen a corregir en las coordenadas X' e Y' de la proyección cartográfica del mapa o imagen referencia. El **error RMS** es la distancia entre la ubicación en el espacio de la imagen del GCP en coordenadas INPUT (x_i, y_i) y la ubicación del mismo GCP en las coordenadas retransformadas (x'_i, y'_i). En otras palabras, es la diferencia entre la coordenada retransformada deseada para un GCP y la coordenada real obtenida como salida.



$$RMS_{error(i)} = \sqrt{\underbrace{(x'_i - x_i)^2}_{XR_i} + \underbrace{(y'_i - y_i)^2}_{YR_i}}$$

Donde,
 x_i e y_i son las coordenadas INPUT (imagen original)
 x'_i e y'_i son las coordenadas retransformadas
 XR_i Valor X residual para el GCPi
 YR_i Valor Y residual para el GCPi



✓ La diferencia (X-X') e (Y-Y') permite estimar que tan bien esta ajustando la funcion polinomica elegida a la solucion del problema (o sea, corregir la imagen), esto se hace mediante cuadrados minimos y se obtiene un error RMS total, para toda la imagen. El error esta dado en magnitudes de píxel, es decir, un error de 0.5 significa un error de medio píxel para toda la imagen. En el caso particular de ERDAS, se puede dejar la opcion de calcular el resultado de la funcion polinomica a medida que se incorpora cada nuevo GCP, o calcular la funcion y su error RMS luego de haber obtenido un numero coherente (entre 25-50) de GCP. Idealmente, el valor de error RMS por referencia para corregir una imagen debe ser aproximadamente 0.5, y en lo posible nunca superar la unidad.

✓ No obstante, el error RMS obtenido indica un valor 'promedio' para toda la imagen, este valor puede ser menor en ciertas zonas de la imagen con alta densidad de GCP y mayor en otros lugares

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n XR_i^2} \quad R_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n YR_i^2}$$

$$RMS_T = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n XR_i^2 + YR_i^2}$$

donde,

- R_x = error RMS X
- R_y = error RMS Y
- RMS_T = error total RMS
- n = número de GCP
- XR_i = error residual en X para el GCP_i
- YR_i = error residual en Y para el GCP_i

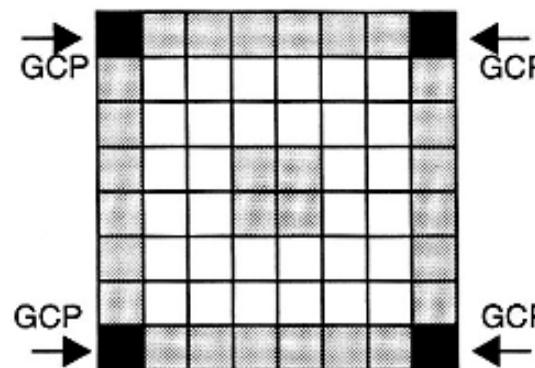
Remuestreo de la imagen ('resampling')

Es la reproyección de los datos de la imagen dentro del sistema cartografico del mapa. Para ello se utilizan las funciones polinómicas antes definidas.

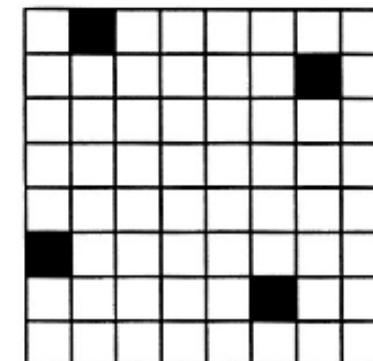
$$X' = -5703.6 - 99.1 \cdot X - 86.5 \cdot Y + 0.11 \cdot X^2 - 0.99 \cdot XY - 0.07 \cdot Y^2$$

$$Y' = -1261.2 + 72.1 \cdot X - 85.7 \cdot Y + 0.41 \cdot X^2 + 0.25 \cdot XY - 0.02 \cdot Y^2$$

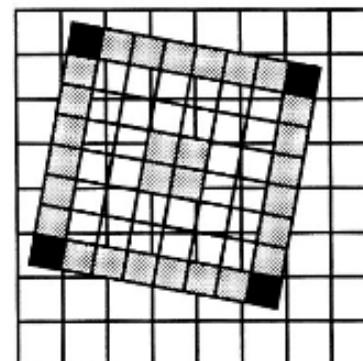
Cada punto en las coordenadas de proyección cartográfica es 'buscado' en la imagen original de acuerdo con la función que los relaciona y ese píxel de la imagen original es puesto en una nueva grilla "vacía" que tiene el mismo sistema de proyección cartográfica que el mapa. Aquellos valores del mapa para los cuales no exista píxel en la imagen son rellenados con cero o algún valor background dado en la nueva grilla.



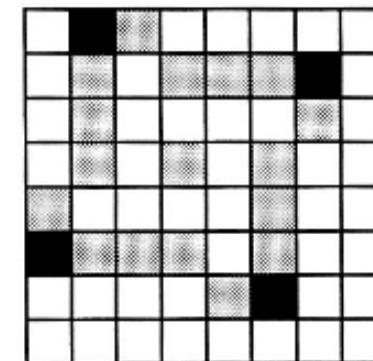
1. Imagen INPUT con GCP



2. La grilla de salida, con coordenadas retransformadas y los mismos GCP con las nuevas coordenadas



3. imagen INPUT superpuesta sobre la nueva grilla, de manera tal que los GCP coinciden



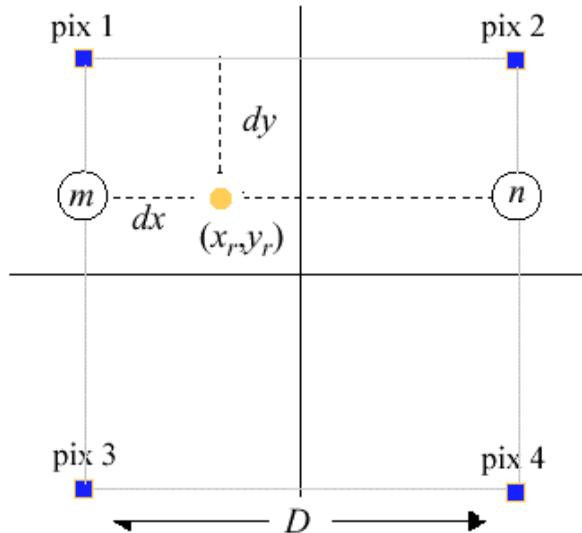
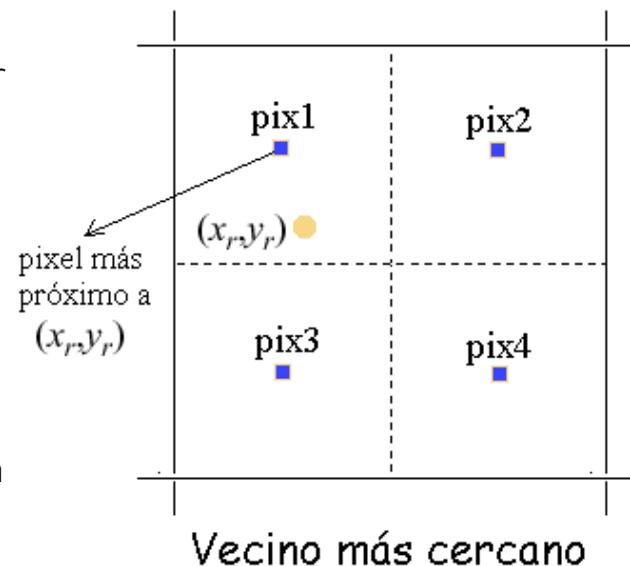
4. Remuestreo, los pixeles de la imagen INPUT son asignados a pixeles en la grilla de salida

[Volver ESQUEMA](#)

Métodos de Remuestreo

Vecino más cercano: Asigna a cada pixel de la imagen salida (rectificada) el valor del pixel mas cercano en la imagen source. Tiene como ventaja que transfiere los valores originales de los datos, sin promediarlos. Esto es importante cuando se discriminan tipos de vegetacion o se determinan distintos niveles de turbidez o temperaturas en el agua. Es bueno para utilizarlos antes de un proceso de

clasificación y util para imagenes tematicas (cualitativas). Las desventajas son que crea un efecto de "escalones" en los bordes cuando se remuestrea desde un tamaño de grilla grande a uno chico. Además pueden perderse algunos valores (que no se asignan a ningun nuevo pixel) y otros duplicarse.



Interpolación bilineal

$$V_{r \text{ retransf}} = \sum_{i=1}^4 \frac{(D-dx_i)(D-dy_i)}{D^2} \times V_{i \text{ original}}$$

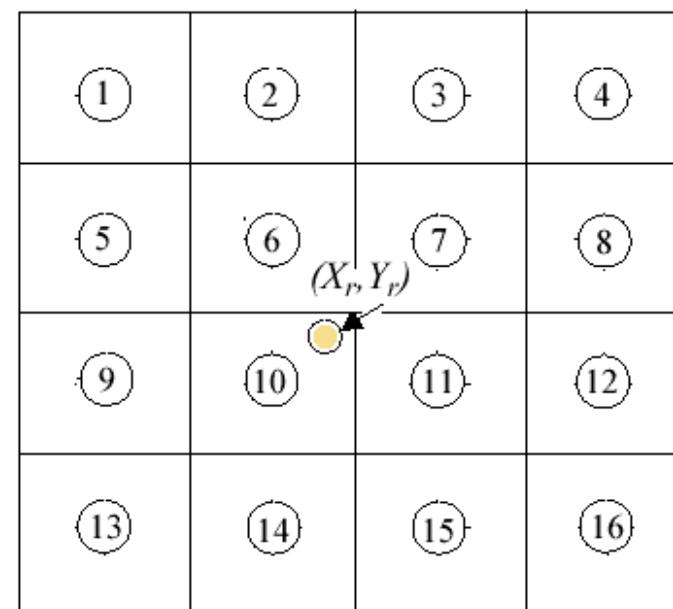
Interpolación Bilineal: Considera el valor de los 4 pixeles mas cercanos en la imagen INPUT para asignar el nuevo valor al pixel de la imagen salida. Las ventajas son que no existe el efecto de "escalones" en los bordes que puede aparece en nearest neighbor y además hay mejor exactitud espacial. Se usa a menudo cuando se cambia el tamaño de las celdas en los datos. La desventaja es que como los pixeles son promediados tiene el efecto de una baja frecuencia de convolucion. Es decir, algunos extremos de los valores de los datos pueden perderse



Convolución Cúbica: Es similar al anterior, solo que considera los 16 pixeles mas cercanos y además se aplica una aproximación de una función de convolución sobre los datos, mas que una lineal. La ventaja es que en la mayoría de los casos la media y varianza de los pixeles salida coincide con la media y varianza de los pixeles entrada mas que en cualquier otro metodo. Tambien puede tanto mejorar la forma de la imagen como remover ruido, aunque esto depende de los datos que se esten usando. Este metodo es recomendado cuando se esta cambiando mucho el tamaño de las celdas en los datos. Las desventajas son que los datos son alterados y que debido a sus características constituye el metodo mas lento de todos

Entonces, sobre los métodos de remuestreo...

Los mas usados son el primero (Vecino más cercano) y el tercero (Convolución Cúbica). El vecino mas cercano es el que mas conserva la radiometria original de la imagen (los valores), pero genera un efecto de corrimiento de geometrías locales en cuanto al posicionamiento de los píxeles. La convolucion cúbica conserva mejor la geometría local pero cambia los valores radiometricos y ademas insume mucho mas tiempo de procesamiento. La utilización de uno u otro depende de las necesidades particulares de la aplicación y del tipo de imagen a procesar. En radar, por ejemplo, debido a las características de la señal SAR, no sirve utilizar el método del vecino más cercano.



Convolución cúbica

$$\begin{aligned}
 V_r = & \sum_{n=1}^4 V(i-1, j+n-2) \times f(d(i-1, j+n-2)+1) \\
 & + V(i, j+n-2) \times f(d(i, j+n-2)) \\
 & + V(i+1, j+n-2) \times f(d(i+1, j+n-2)-1) \\
 & + V(i+2, j+n-2) \times f(d(i+2, j+n-2)-2)
 \end{aligned}$$

[Volver ESQUEMA](#)



LANDSAT ETM... Notar el efecto de "escalones" que genera el método del vecino mas cercano, visible mayormente en los caminos

Convolución Cúbica

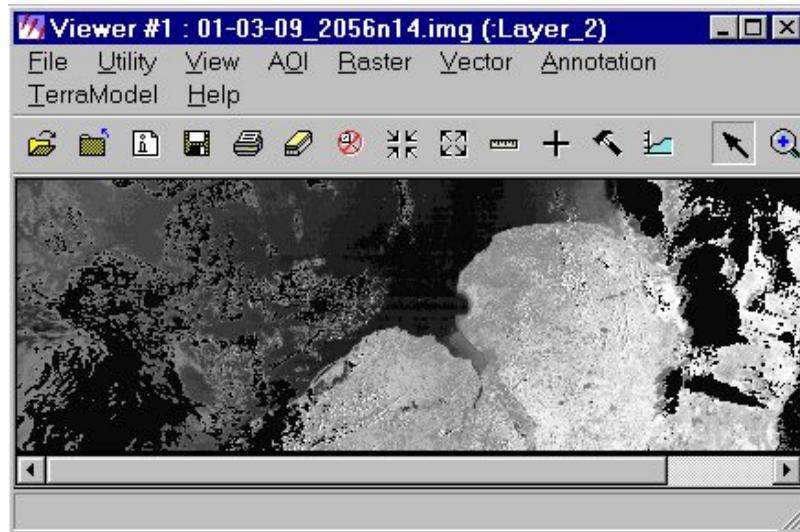


Vecino más cercano

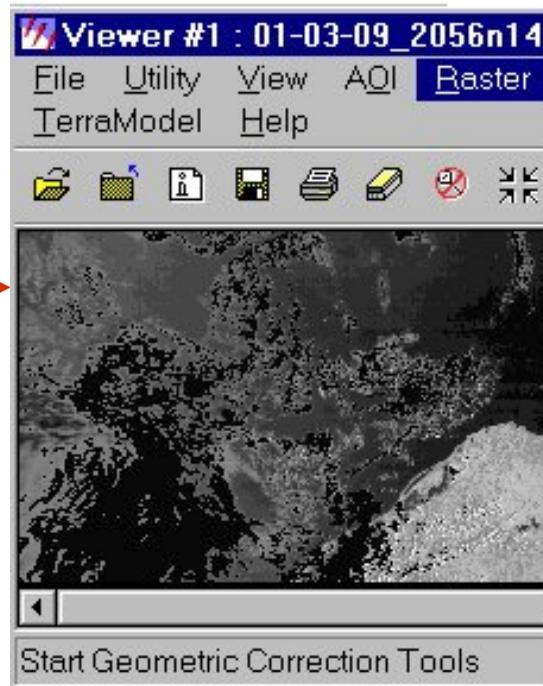


[Volver ESQUEMA](#)

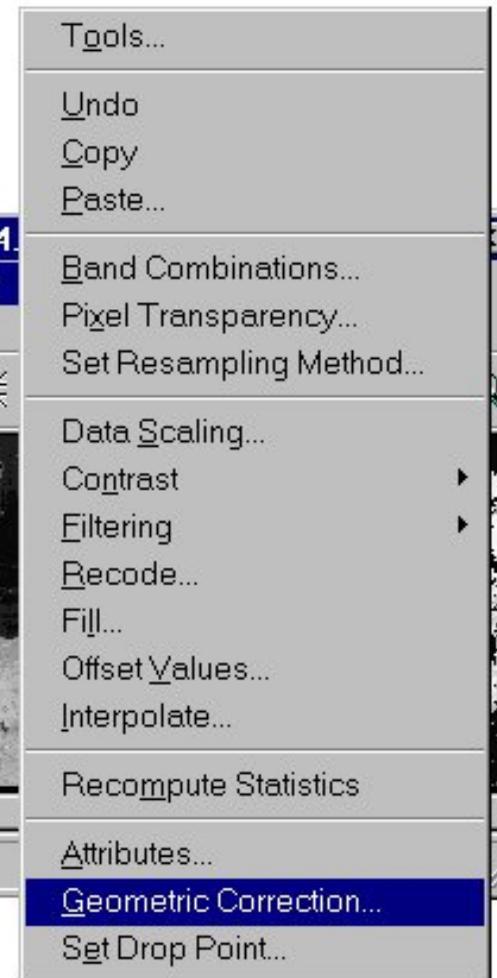
Ejemplo usando ERDAS Imagine para una imagen NOAA-AVHRR



File → Open → Raster Image



Raster → Geometric Correction



Seleccionar Polynomial → OK

orden del polinomio

Matriz de transformación

Proyección de salida

Polynomial Order: 1

Load CFF File

Apply

Reset

Save

Save As

Close

Help

Status: Model has no solution.

Cancel these Properties and Close

“Close”

OK Cancel

OK Cancel Help

Open Existing Model...

Use Existing Calibration

Collect Reference Points From:

- Existing Viewer
- Image Layer (New Viewer)
- Vector Layer (New Viewer)
- Annotation Layer (New Viewer)
- GCP File (.gcc)
- ASCII File
- Digitizing Tablet (Current Configuration)
- Digitizing Tablet (New Configuration)
- Keyboard Only

Como las imágenes AVHRR en formato 1B traen la información de los GCP, seleccionamos "GCP File" → OK



Viewer

Geo Correction Tools

“Polynomial Model Properties” (Parameters, Transformation, Projection), ver diapositiva anteriores

“Resample”: remuestreo de la imagen

“GCP editor”

Calcular el modelo geométrico con los parámetros actuales

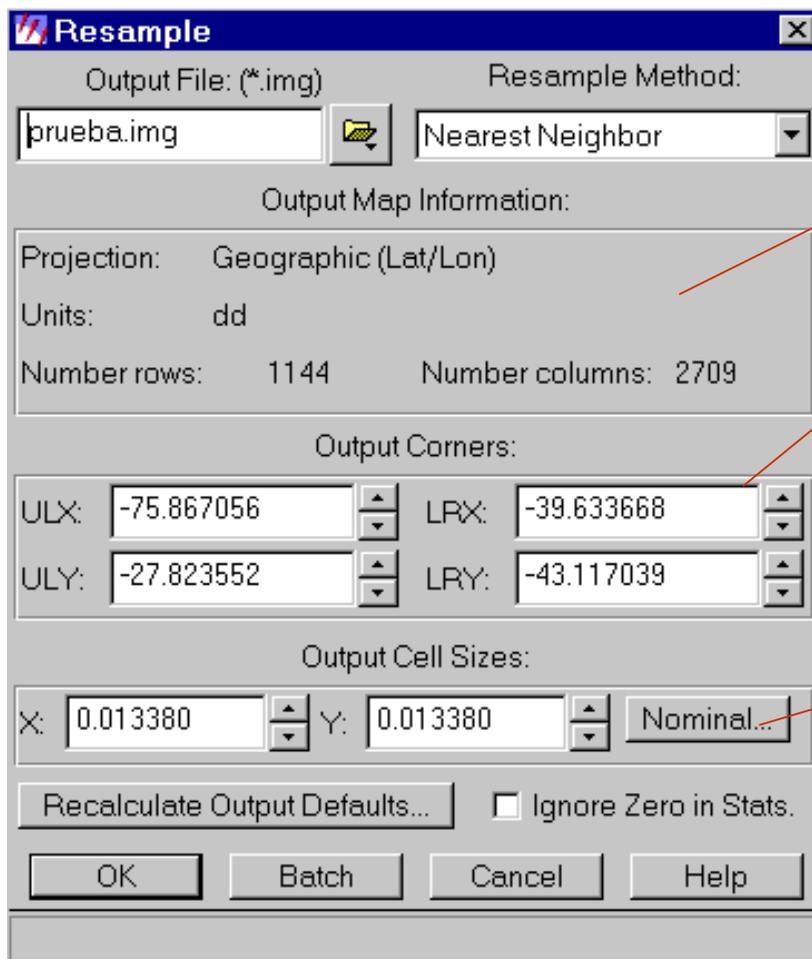
Error RMS para el eje X, eje Y y error RMS total

Point #	Point ID	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Cont
1	GCP #1	95.910	0.000	-40.297	-36.727	Control	-0.620	0.087	0.626	1.2
2	GCP #2	647.671	0.000	-47.000	-38.656	Control	0.848	0.450	0.960	2.1
3	GCP #3	937.647	0.000	-50.648	-39.508	Control	0.031	-0.102	0.107	0.2
4	GCP #4	1146.386	0.000	-53.336	-40.055	Control	0.070	-0.031	0.077	0.1
5	GCP #5	1324.940	0.000	-55.664	-40.469	Control	-0.253	-0.167	0.303	0.6
6	GCP #6	1499.756	0.000	-57.977	-40.828	Control	-0.040	-0.288	0.290	0.6
7	GCP #7	1694.833	0.000	-60.578	-41.172	Control	-0.186	-0.406	0.446	1.0

Control Point Error: (X) 0.3316 (Y) 0.2886 (Total) 0.4396

Una vez ajustado el orden del polinomio e indicados los parámetros de proyección → Resample

Indicar un nombre de la imagen de salida, método de remuestreo, y tamaño de pixel → OK



Chequear SI EMPRE antes de lanzar el remuestreo que la proyección de salida es la deseada

Si las coordenadas extremas del área de interés son conocidas en la proyección de salida, se pueden especificar aquí antes de lanza el remuestreo

Para indicar el tamaño de pixel de salida nominal en metros, este tamaño es entonces ajustado a la unidad de salida que tenga la proyección elegida (por ejemplo de metros a hectáreas, etc.)

