

# Ortorrectificación de imágenes del satélite Ikonos 2

F. Mediavilla\*, M. F. Pavo López\*\*, C. Alonso\*, V. Moreno\* y A. Arozarena\*\*  
*fmediavilla@indra.es*

\* *Departamento de Teledetección, INDRA Espacio.  
C/ Mar Egeo, n.º 4. 28850 San Fernando de Henares, Madrid*  
\*\* *Área de Teledetección, Instituto Geográfico Nacional I.G.N.  
C/ General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid*

## RESUMEN

Una de las principales de las imágenes de satélite de última generación, es la actualización cartográfica a escala 1:25.000 y 1:10.000 de forma rápida y relativamente sencilla. Previo a esta tarea, se requiere su ortorrectificación para dar validez cartográfica a dichas imágenes. Se han aunado esfuerzos y criterios entre I.G.N. e Indra Espacio S.A., con el fin de encontrar y dar luz a los aspectos más oscuros de los metadatos asociados con estas imágenes y obtener unos productos de calidad para la actualización de la BCN25. El programa fotogramétrico empleado es el módulo Orthobase de ERDAS IMAGINE 8.4. Como datos de entrada se ha contado con dos modelos digitales del terreno de diferente resolución, ortografía aérea a escala 1:8.000 y 25 puntos GPS. Se han realizado muestreos estadísticos para verificar datos desconocidos de entrada en Orthobase y validar la calidad de los resultados obtenidos.

**PALABRAS CLAVE:** Ikonos, Orthobase, fotogrametría de satélite, actualización cartográfica.

## ABSTRACT

One of the main goal of the latest satellite generation is cartography update from different scale, since 1:25.000 to 1:10.000, very quickly and in an easily way. Previous to this task, this images needs to be corrected with a D.E.M., in order to turn on in a cartography products. From to combine effort and criteria between I.G.N. and Indra Espacio S.A., had been found critical data from metadata's images to obtain quality products to update the BCN25. The photogrametric software use in this skill was Orthobase mmodulus from ERDAS IMAGINE 8.4. As input data were be able two D.E.M. of different spatial resolution, aerial ortophotography of 1:8.000 scale and 25 points taken from GPS. An Statistical study was made to get unknown input parameters on Ortoibase and evaluate the goodness from the resultants products.

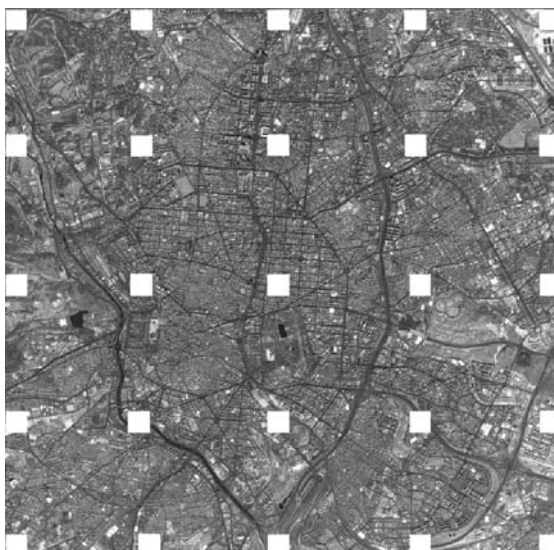
## INTRODUCCIÓN

Una de las principales aplicaciones de las imágenes de satélite de última generación, es la actualización cartográfica a escala 1:25.000 y 1:10.000. Previamente a esta tarea, se requiere su ortorrectificación para dar validez cartográfica a dichas imágenes. La zona de estudio (Figura 1) ha sido la zona central del casco urbano de la Comunidad Autónoma de Madrid. El producto empleado en el estudio, ha sido Carterra Geo, cuyas características radiométricas y geométricas, son niveles básicos de procesado en el tratamien-

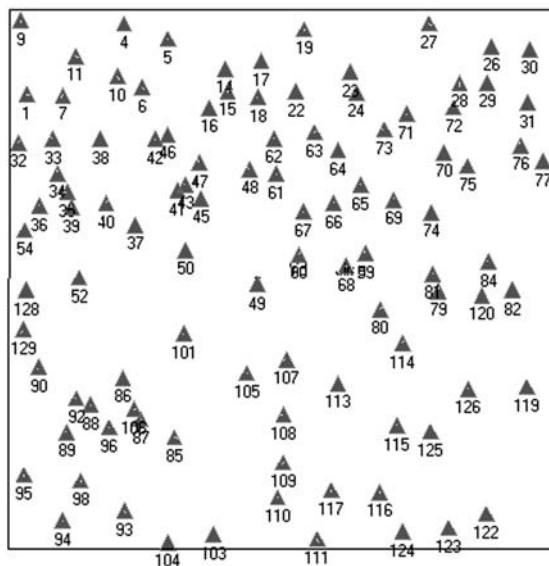
to digital de imagen. La precisión planimétrica es de 50 m. tomando como patrón el CE90%.

La herramienta comercial que se ha empleado para realizar este estudio es el módulo Orthobase de ERDAS IMAGINE 8.4, usando el modelo de sensor *generic pushbroom*, puesto que cuando se realizó esta experiencia, no se contaba con el modelo del sensor implementado.

La empresa Space Imaging, no ha revelado el modelo del sensor, ni datos referentes al sistema óptico, por tanto han tenido que ser deducidos y calculados basándose en los metadatos de las imágenes, trigonometría esférica y tanteo.



**Figura 1.** Imagen de satélite IKONOS 2, del área de estudio (05/09/200). Los puntos en blanco representan la posición de los puntos GPS utilizados en su ortorrectificación.



**Figura 2.** Distribución de puntos tomados a partir de las ortofotos a escala 1:8.000.

## DATOS DE ENTRADA Y PROCESADO

La fecha de adquisición de la imagen fue el 05/09/2000. Se tomaron tanto la imagen pancromática como la multiespectral y se realizó la fusión de los mismos, utilizando el método de componentes principales, mediante el remuestreo por convolución cúbica y salida en float.

## DATOS DE REFERENCIA

Los datos de referencia utilizados para ortorrectificar la imagen han sido de variada naturaleza. Se han utilizado ortofotos aéreas a escala 1:10.000 (tamaño de píxel 0.8 a 1 m/píxel), de las cuales se tomaron 129 puntos y se emplearon 72 para realizar la triangulación (Figura 2) y 25 puntos GPS (Figura 1), como referencia geográfica planimétrica y dos modelos digitales del terreno diferentes, el MDT25 generado en el IGN y otro generado en Indra Espacio S.A., equivalente a la precisión dted2, con paso de malla de 25 y 30 m, respectivamente, como referencia geográfica altimétrica.

## TOLERANCIA

Uno de los objetivos de la ortorrectificación de la imagen IKONOS es comprobar su validez para la actualización de cartografía a escala 1:25.000. Si consideramos el límite de percepción visual de 0.2 mm como la tolerancia gráfica de un mapa, es fácil ver que a escala 1:25.000 la tolerancia o error máximo que se puede cometer es de 5 metros. Es imposible evaluar la exactitud de un mapa (o una ortofoto en este caso) en toda su extensión, por tanto habrá que tomar una serie de puntos como muestra y obtener el *RMS*.

La expresión del *RMS* viene dada por (ERDAS, 1999)

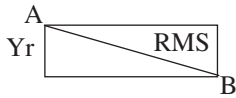
$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xr_i^2 + Yr_i^2)}{n}}$$

o lo que es igual

$$RMS = \sqrt{RMS_x^2 + RMS_y^2} \quad \text{donde}$$

*Xr* : residuo o discrepancia en coordenada x  
*Yr* : residuo o discrepancia en coordenada y  
*n* : número de puntos

En el caso de un solo punto el significado del *RMS* es el siguiente:



Siendo A la posición del punto rectificado y B la posición obtenida con GPS.

Se utilizará como criterio para evaluar la exactitud de un punto el Error Circular, es decir, el punto de la imagen está contenido en un círculo cuyo radio es el error que se ha cometido al rectificar dicho punto, o dicho de otra forma, el radio del círculo supone la indeterminación en la posición del punto.

El origen de esta circunferencia no es más que una simplificación de la elipse de error, en la que se han considerado sus dos semiejes iguales. Si los errores siguen una distribución estadística normal, los semiejes de la elipse de error estándar tienen un valor igual a las desviaciones estándar  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  (equivalentes a los  $RMS_x$ ,  $RMS_y$ ). Si además se consideran los errores en  $x$  e  $y$  independientes, los semiejes de la elipse son paralelos a los ejes  $x$  e  $y$ . Gráficamente el error circular tiene el siguiente significado (Figura 3). En lugar de la desviación estándar se puede considerar el  $RMS_x$  o el  $RMS_y$  (puesto que los hemos supuesto iguales), que son equivalentes, y que denominaremos para evitar confusión  $RMS_{x,y}$ . La probabilidad de que un punto caiga dentro del círculo de error estándar (aquel cuyo radio es igual al  $RMS_{x,y}$ ) es 39.35%.

Para asegurar otra probabilidad hay que multiplicar el valor del radio por un factor, que para el 90% es 2.1460, y para el 95% es 2.4477 (FGDC, 1988). En el gráfico anterior puede comprobarse que a medida que aumenta el radio aumenta el área del círculo y por tanto la probabilidad de estar contenido en él.

Como hemos supuesto que  $RMS_x = RMS_y = r_s$ , siendo  $r_s$  el radio del círculo estándar  
Y partiendo de la definición

$$RMS = \sqrt{RMS_x^2 + RMS_y^2}$$

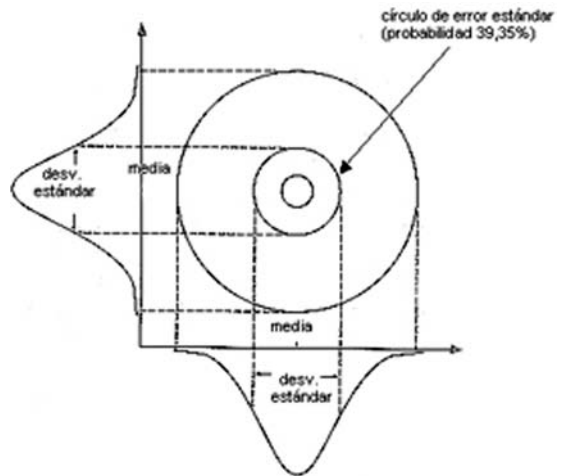


Figura 3. Círculo de error estándar. (Adaptado de Kraak y Ormeling, 1998).

Tenemos que

$$RMS = \sqrt{2RMS_x^2} = 1.4142RMS_y = 1.4142RMS_x = 1.4142r_s$$

Y sabiendo que:  $r_{90\%} = 2.1460 r_s$  y  $r_{95\%} = 2.4477 r_s$

Los radios esperables al 90% y 95% de probabilidad serán respectivamente:

$$r_{90\%} = 1.5175 RMS$$

$$r_{95\%} = 1.7308 RMS$$

En el muestreo se obtiene el *RMS* según se ha definido anteriormente, por tanto hay que calcular el *RMS* máximo admisible para una tolerancia de 5 metros. Según se quiera asegurar una probabilidad u otra tendremos:

$$5 \text{ m} = 1.5175 RMS \text{ es decir, } RMS_{max90\%} = 3.29 \text{ m}$$

$$5 \text{ m} = 1.7308 RMS \text{ es decir, } RMS_{max95\%} = 2.89 \text{ m}$$

Esos son los valores que no deben superarse para una escala 1:25.000 según se desee asegurar una probabilidad del 90% o del 95%.

## PRUEBAS Y RESULTADOS

Los datos necesarios para ortorectificar una imagen de satélite usando el Generic pushbroom, de orthobase, son ángulos de adquisición de imagen, que para nuestro caso fueron:

Side Incidence Angle = 16.3072°, Track Incidence Angle = 4.111°, siendo éstos los ángulos, uno perpendicular y otro transversal a la traza del satélite respectivamente.

Se han realizado diferentes ensayos, variando los datos de entrada, como son distancia focal, dirección de barrido del sensor, tipos de GCP de entrada, tanto a partir de las ortofotos, como número de pun-

tos GPS utilizados, número de iteraciones en el cálculo, grados de polinomio para calcular parámetros desconocidos como son  $\omega_0$ ,  $\phi_0$ ,  $\kappa_0$ ,  $x_0$ ,  $y_0$  y  $z_0$ , y la desviación estándar en metros de x, y y z de los GCP.

En la tabla 1, que se muestra a continuación se muestran los valores de los RMS variando las condiciones antes citadas.

<b>Imagen Apoyada con puntos de ortofoto</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	x
Focal	10000 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	1, 1
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	1, 1, 1
Número de iteraciones	10
<b>RMS</b>	<b>6,46 m</b>
<b>Imagen Apoyada con puntos de ortofoto</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	y
Focal	5100 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	2, 2
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	5
<b>RMS</b>	<b>6,38 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (25) y mdt25</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	x
Focal	7300 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	2, 2
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	5
<b>RMS</b>	<b>6,13 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (25)</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	X
Focal	10000 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	1, 1
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	2.5, 2.5, 2
Número de iteraciones	15
<b>RMS</b>	<b>5,07 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (25)</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	Y
Focal	10000 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	1, 1
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	1, 1, 1
Número de iteraciones	10
<b>RMS</b>	<b>4,16 m</b>

<b>Imagen Apoyada con GPS (25) y mdt25</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	Y
Focal	5100 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	1, 1
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	10
<b>RMS</b>	<b>3,51 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (13) y mdt25</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	Y
Focal	5100 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	1, 1
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	10
<b>RMS</b>	<b>3,68 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (9) y mdt25</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	Y
Focal	5100 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	0, 0
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	10
<b>RMS</b>	<b>3,88 m</b>
<b>Imagen Apoyada con GPS (25) y mdt Indra Espacio S.A</b>	
Línea de barrido a lo largo del eje	y
Focal	5100 mm
Orden del polinomio para $_{,}$ $_{,}$	2, 2
$_{x}$ , $_{y}$ , $_{z}$ (metros)	0.5, 0.5, 1
Número de iteraciones	6
<b>RMS</b>	<b>2,24 m</b>

Tabla 1. Sumario de resultados.

## CONCLUSIONES

Las variaciones más determinantes sobre el resultado en los parámetros de cálculo han sido: sustituir la dirección de barrido  $x$  por la dirección  $y$ , y variar la focal de 10000 mm a 5100 mm. 7300 mm quedó descartada.

La utilización de polinomios de orden 1 ó 2 para  $\omega$ ,  $\phi$  no parece ser decisiva, aunque se observan resultados ligeramente mejores con polinomios de orden 1.

Las desviaciones estándar a priori utilizadas de 0,5, 0,5 y 1 metro para  $x$ ,  $y$ ,  $z$  respectivamente, dan resultados buenos.

La disminución en el número de puntos de apoyo utilizados en el cálculo produce un ligero empeoramiento en los resultados, que aún así siguen siendo válidos.

Las ortoimágenes obtenidas con el MDT25 del IGN son menos exactas que aquellas en las que se ha utilizado el MDT de Indra debido a errores grandes encontrados en algunos puntos.

La ortoimagen definitiva obtenida utilizando el MDT de Indra tiene una precisión suficiente para la actualización a escala 1:25.000 y cuenta aún con cierto margen. Considerando un  $RMS_{max95\%} = 2,89$  m, el mejor resultado obtenido es 2,24 m.

Parece descartada de forma definitiva la utilización de puntos de apoyo a partir de ortofotos para obtener la exactitud necesaria a escala 1:25.000.

## BIBLIOGRAFÍA

- DIAL, GENE. IKONOS SATELLITE MAPPING ACCURACY, Space Imaging.
- ERDAS (1999). *ERDAS Field Guide*. ERDAS Inc. Atlanta, Georgia.
- FGDC (1998): *Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy*.  
[www.fgdc.gov/standards/documents/standards/accuracy/](http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/accuracy/)
- KRZYSTEK, PETER. Automatic Aerial Triangulation, Conceptual aspects and new investigations. 3<sup>rd</sup> Course on Digital Photogrammetry, Bonn, February, 9-13, 1998.
- LÓPEZ CUERVO, SERAFÍN, Fotogrametría. EGRAF, S.A; MADRID31, ED 1980,ISBN: 84-300-2559-6.
- MADANI, MOSTAFA. Digital aerial triangulation – the operational comparison, XVIII ISPRS Congress, Commission III, Working Group III/2.

