

Digitalización mediante escaneo masivo del archivo de ortofotos de la Dirección General del Catastro

Luis Julián Santos Pérez
Ingeniero en Geodesia y Cartografía
Ingeniero T. en Topografía
Jefe de Servicio de Fotogrametría

Resumen

En este artículo se describe el método utilizado por el Catastro español para convertir su archivo de ortofotos analógicas a formato digital. Se ha empleado un escáner de última generación, gran formato, alta resolución y alta velocidad. El total de documentos es de 70.000 y la empresa contratista ha empleado cuatro meses. Todas las ortofotos han sido georreferenciadas de forma automática y se han entregado en un SIG que permite su gestión.

La génesis de los trabajos que se van a describir a continuación surge a partir de una actuación emprendida por la Subdirección de Valoración e Inspección, actualmente ultimada, como ha sido la digitalización de todas las reseñas de vértices topo-geodésicos que la Dirección General del Catastro

(en adelante DGC) ha implantado en prácticamente el total de núcleos urbanos donde se ha elaborado cartografía catastral.

Dicha actuación se plantea en función de una doble necesidad; por una parte se trata de la necesidad de custodia y conservación de un fondo documental de alto valor histórico, como es la serie documental *ortofotografías*, al tiempo que se libera el espacio físico que ocupa, y por otra mantener el servicio de suministro de ortofotografías al ciudadano que lo requiera. Pensemos a describir la actuación.

La DGC custodia en sus archivos un fondo documental de carácter histórico de gran relevancia, compuesto por dos series documentales "*fotografía aérea*" y "*ortofotografía*" de todo el territorio nacional (excepto país Vasco y Navarra), la primera de fechas extremas 1956-1976, y la segunda de 1987-2000. Este fondo constituye una imagen de territorio español en un amplio horizonte temporal

-aunque presenta algunas lagunas- de más de sesenta años, constituyendo por tanto un material excepcional para múltiples fines como la investigación, estudios de desarrollo rural, planeamiento urbanístico o litigios jurídicos, entre otros. Consciente de todo ello, la DGC mantiene este fondo bajo su custodia y unido en un único espacio, a la espera de su posible transferencia a un Archivo Histórico, una vez que se cumplan los plazos legales establecidos para ello.

No obstante, el gran volumen de información que supone la serie ortofotos ha requerido de su instalación en un espacio que ocupa una gran superficie, cumpliendo con creces el fin para el que fue creado por lo que la DGC lo destinará a partir de la finalización del proyecto a cubrir otras necesidades.

Así pues, con la doble finalidad, por una parte de conservar las ortofotos en formato papel y por otra de continuar atendiendo, como se ha venido haciendo hasta ahora, las demandas de suministro de información de ortos al ciudadano, mediante el pago de la tasa correspondiente, la solución elegida ha sido poner en marcha el proyecto de digitalización de toda la serie documental *ortofotografías* mediante escaneo de alta resolución, así como su posterior georreferenciación (ubicación en su verdadera posición en el terreno mediante nuevas tecnologías digitales). Una vez escaneada, la serie será conservada en su doble formato - original en papel y escaneada - de manera que cada ortofoto podrá ser suministrada al ciudadano en el nuevo soporte digital.

Descripción del archivo de ortofotos

Bajo el garaje del edificio de la DGC, situado en el Paseo de la Castellana de Madrid, se encuentra un gran archivo que se extiende a lo largo de toda su longitud y

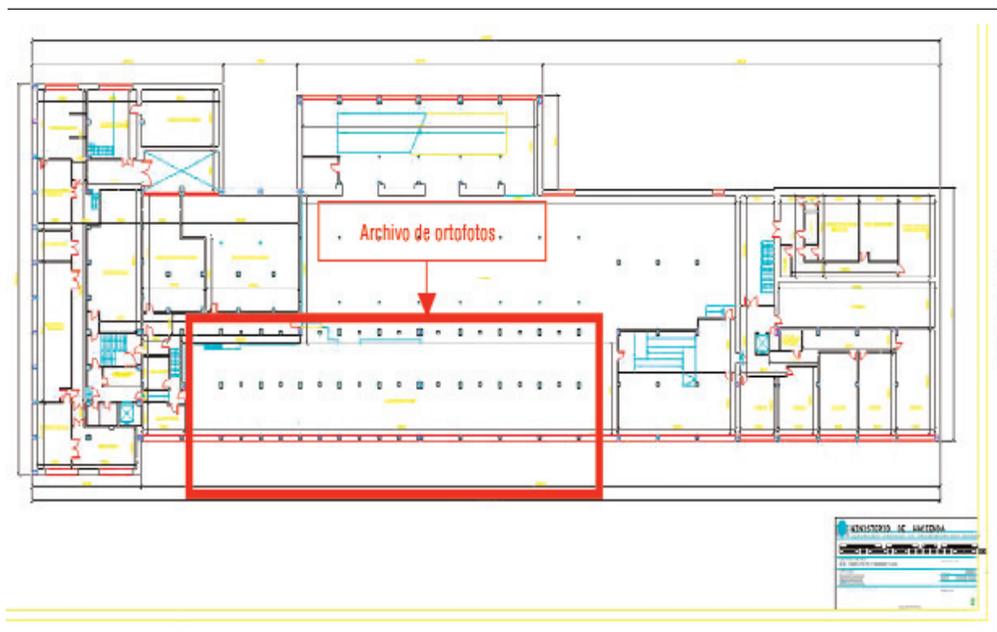
parte de su anchura (figura 2). Cuenta con una superficie de aproximadamente 600 m²., tiene alrededor de 5 m. de altura útil y está ocupado por unos 490 planeros verticales metálicos (figura 6) que contienen 3 colecciones de la serie documental ortofotos: una de copias en papel, otra de negativos y por último una de diapositivas. El número aproximado de ejemplares de cada colección es de 70.000, por tanto en realidad existirían 210.000 ejemplares triplicados de toda la serie.

La cota de suelo de este archivo está varios metros bajo rasante, por ello y para poder dedicar en el futuro este espacio a otros usos, será necesario elevarlo entre uno y dos metros. Este recinto se utilizaba como sala de rotativas cuando el edificio fue ocupado por un periódico después de su construcción.



Figura 1. Vista general del Archivo de Ortofotos

Figura 2
Plano de la ubicación del archivo de ortofotos



Por causa de la baja cota del suelo y por su escasa ventilación, ventanales altos corridos (figura 1) los trabajos que ahora se van a describir no se han realizado en el propio archivo, sino en un recinto cercano, con más elevación de su suelo que éste y mejor ventilación.

Producto catastral tradicional

Hasta la actualidad, cuando se decide llevar a cabo el cambio y adoptar las nuevas tecnologías, el Servicio de Fotogrametría de la DGC realizaba primero la venta y más tarde, a partir de la entrada en vigor de la Tasa de Acreditación Catastral que grava este producto catastral, el suministro de ortofotos. El trabajo se basaba entonces en un proceso fotográfico tradicional. Todos los negativos estaban custodiados en el archivo antes descrito y cada vez que un

ciudadano requería una ortofoto, primero se determinaba en qué hoja del Mapa Topográfico Nacional estaba situada la zona de interés, después qué numeración (fila – columna) tenía la orto buscada. El siguiente paso era bajar al archivo y buscar el negativo correspondiente que, una vez en el laboratorio fotográfico situado en la 6ª planta, se copiaba por contacto al vacío y se revelaba. Unos días después, satisfecha la tasa correspondiente, el ciudadano podía pasar a recoger la copia solicitada.

En cuanto a la georreferenciación de estos documentos, ésta estaba asegurada puesto que contaba con las coordenadas UTM de las esquinas y de las cruces reticulares cada 500 m. en X y en Y.

Este proceso, que a partir de este proyecto va a cambiar radicalmente, tenía por supuesto el encanto de lo artesano, era posible incluso hacer ampliaciones de las zonas pedidas mediante ampliadora fotográfica de gran formato (figura 3).



Figura 3. Ampliadora fotográfica Durst (1959)

Nuevo producto catastral

Como ya se ha comentado, la idea original era la de continuar con el servicio de suministro de ortofotos a los ciudadanos interesados, pero actualizando el modo de actuación adaptándolo a las nuevas tecnologías digitales. Se planteó por tanto la necesidad de digitalizar todos los ejemplares en soporte físico existentes en el archivo de ortofotos. Esta digitalización habría que contratarla a una empresa especializada debido a la falta de medios técnicos y humanos.

El proyecto contempla que, una vez se tengan en soporte digital todos los ejemplares existentes y adecuadamente georreferenciados, éstos se colocarán en un servidor del la DGC y desde el ordenador del Servicio de Fotogrametría se podrán elegir las ortofotos requeridas por el ciudadano. Esto se realizará desde un SIG implementado por la empresa adjudicataria o mediante software

libre como Google Earth o similar, de forma que, entrando con el nombre del municipio y polígono ó mediante referencia catastral, se podrá obtener la ortofoto en la que está situada la zona de interés, sin necesidad de consultar las hojas del Mapa Topográfico Nacional. Una vez localizada la ortofoto, se imprimirá en papel de alta calidad mediante plotter en el momento, de forma que el ciudadano pueda llevársela directamente, una vez abonada la tasa correspondiente, sin esperar varios días. También será posible plotear una determinada zona ampliada.

Si la Dirección General así lo considera, el siguiente paso del proyecto consistiría en hacer posible que este gran patrimonio digital este disponible a través de Internet, a semejanza de otros organismos (Geomadrid, por ejemplo) para realizar consultas “on line” e incluso imprimir croquis escalados.

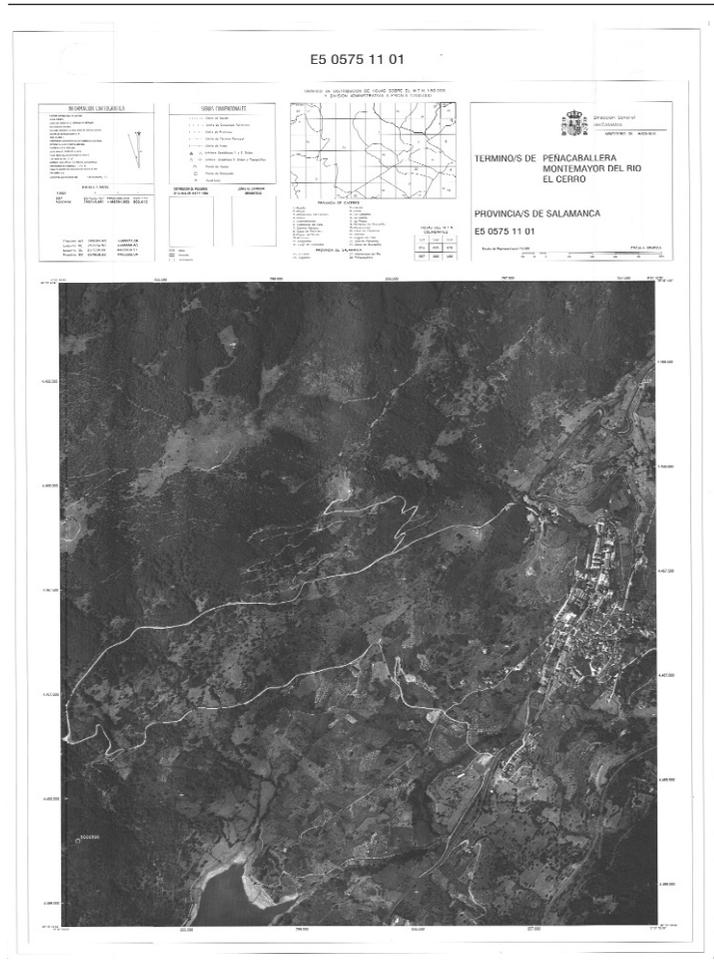
Trabajos previos

Como se ha descrito anteriormente, la serie ortofotos consta de tres colecciones de los mismos productos pero en tres soportes diferentes: papel, negativo y transparencia. El material de los dos últimos es poliéster fotográfico y el del primero papel fotográfico monocromo.

El primer problema al que el equipo de trabajo se enfrentó fue el de cuantificar las unidades existentes. Es de destacar que no existía un inventario actualizado de las mismas, ya que durante los últimos años se han suministrados multitud de ortofotos a ciudadanos interesados y ha tenido una gran dificultad ir poniendo al día las existencias.

Con anterioridad el Servicio de Fotogrametría disponía de un responsable encargado de actualizar y controlar el archivo. Según estimaciones obtenidas de dos fuentes, dicho Servicio y un cálculo “grosso modo” a partir de los archivos en los que se almacenan, podríamos estar hablando de 60.000 a 70.000 ortofotos en cada uno de los tres soportes. Pero, según tanteos iniciales, ningun-

Figura 4
Ortofoto catastral escaneada



no estaba completo, por tanto uno de los objetivos era completar totalmente al menos una colección. Esto quiere decir que si damos como base (como así ha sido) el soporte papel, en esta colección faltaban -multitud de ortofotos- por diversas causas, así pues los ortos que faltaban se habrían de buscar en soporte diapositiva y si no en negativo-.

El siguiente tema era decidir cual de los tres soportes se iba a digitalizar mediante escaneo. Para realizar estas pruebas se contó con la inestimable colaboración de HP (España) que se prestó a probar sus más modernos

equipos de escaneo de alta precisión con nuestras ortofotos. Aparentemente parece intuitivo escanear los negativos, ya que son la fuente de la que se obtienen los otros dos soportes. Se comenzaron las pruebas digitalizando éstos y luego positivándolos informáticamente. Se digitalizaron también las diapositivas y el papel. La sorpresa surge cuando se comparan los tres escaneos a la misma resolución, negativo y diapositiva tienen un efecto de fondo al ampliar que surge del tramado hecho para su impresión, no ocurre así con el papel que da una excelente calidad.

La decisión adoptada, por tanto, fue la de digitalizar el soporte en papel. En caso de que no existiera una determinada ortofoto en ese soporte, se digitalizaría la diapositiva y si no el negativo, pero siempre como última opción.

El tercer problema era determinar la resolución de escaneo necesaria para que no se produjeran pérdidas de calidad en comparación con el original escaneado. Tras varias pruebas con los tres soportes y diversas resoluciones, se adoptó la línea de trabajo consistente en escanear el soporte papel con una resolución de 150 puntos por pulgada (dpi) que es lo mismo que decir que se discriminarían objetos de 1,5 décimas de milímetro. Esta resolución es la óptima para que cuando las imágenes digitales se plotén, el producto quede con una calidad idéntica a la que tenía en soporte papel original.

Esta decisión se adopta también teniendo en cuenta el “peso” informático de las imágenes escaneadas. Con esta resolución el tamaño de los ficheros de las ortofotos grandes está alrededor de 70.000 KB., es decir 70 MB. Por tanto el tamaño de memoria necesario para almacenar todas las ortofotos sería de (70.000 ortofotos X 70 MB cada ortofoto) 4,9 TB (Terabytes).

El cuarto problema, y no menor, era contar con un sistema útil y práctico para georreferenciar las imágenes ya digitalizadas. Antes de la contratación, se sabía que era necesario georreferenciar las imágenes digitales, pero no la forma de hacerlo masiva y rápidamente. Una imagen se georreferencia en pocos minutos, pero 70.000 son palabras mayores. En resumen, el proceso consiste en identificar cuatro o más puntos de coordenadas conocidas en la imagen digital (esquinas de orto, cruces de la retícula) e introducir sus coordenadas de forma automática o en el peor de los casos manual, para poder así realizar una transformación de semejanza entre los dos sistemas (imagen digital – terreno) y al final conseguir que al movernos por la

imagen digital sea como movernos en el terreno en verdaderas coordenadas UTM X e Y.

Elaboración del pliego de prescripciones técnicas

Debido a que no se habían abordado con anterioridad trabajos de este tipo en la DGC, fue necesario elaborar desde cero las normas que iba a ser necesario seguir por la empresa contratista para digitalizar todos los ejemplares de ortofotos que existían en el Archivo de los Servicios Centrales.

Dicho pliego fue acompañado por un informe de insuficiencia de medios en el que se describe la falta de personal y de recursos técnicos en la Subdirección de Valoración e Inspección, siendo por tanto necesario abordar los trabajos mediante una empresa de adecuada cualificación, a ser posible que hubiera elaborado ortofotos para la D.G.C., ya que así estaría familiarizada con su nomenclatura, manejo y características.

El pliego de cláusulas administrativas apenas tiene diferencias con el de cualquier contrato de servicios, no ocurre así con el pliego de cláusulas técnicas. Se trataba de definir todas las especificaciones con las que tenía que cumplir la empresa que fuera contratista. Un breve resumen de las mismas, comenzando por la definición del entorno legal, se expone a continuación.

Cláusula 1. Régimen jurídico

El contrato al que dé lugar el presente pliego de cláusulas administrativas particulares se regirá por las cláusulas del mismo y por el Texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (TRLCAP), aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto

1098/2001, de 12 de octubre, en especial por las normas referidas al contrato de servicios, y sus disposiciones de desarrollo; supletoriamente se aplicarán las restantes normas de derecho administrativo y en su defecto las normas de derecho privado y en lo referente a procedimientos en materia de contratación, la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

De acuerdo con el informe que se adjunta, se justifica la necesidad del contrato que se propone y la insuficiencia, la falta de adecuación y la conveniencia de no ampliar los medios con que cuenta la Subdirección para cubrir la misma.

Cláusula 2. Objeto de contrato

El objeto del contrato lo constituye la realización de trabajos de asistencia técnica para la digitalización de las ortofotos analógicas existentes en el archivo de la Dirección General del Catastro, mediante escaneo, con localización y extracción de las ortofotos analógicas del archivo, conteo y archivo de las mismas, almacenamiento de la información obtenida, etc.

Comprende los trabajos necesarios para la digitalización de las ortofotos analógicas existentes en el archivo de la Dirección General del Catastro y posterior grabación y almacenamiento de la información resultante.

1. Traslado de los documentos del archivo al área de trabajo, habilitada a tal efecto en las oficinas de la Dirección General del Catastro. La manipulación de los documentos se realizará conforme a lo establecido en las Prescripciones Técnicas.
2. Escaneado de la ortofoto en formato papel de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en las Prescripciones Técnicas.
3. Grabación de los archivos resultantes, según los formatos y diseño de registros establecidos en las Prescripciones Técnicas.

La codificación correspondiente a la nomenclatura de la Clasificación de Productos por Actividades 2002 (CPA-2002) es: 74.20.74: Servicios de Cartografía. La codificación de la nomenclatura del Vocabulario Común de Contratos (CPV) de la Comisión Europea es 74274100-1: Servicios de cartografía digital.

En cuanto a la forma y procedimiento de adjudicación elegido, el pliego define lo siguiente:

Cláusula 3. Procedimiento y forma de adjudicación

La adjudicación se llevará a cabo por procedimiento abierto, y la forma de adjudicación será el concurso con valoración de la fase técnica y posteriormente de la fase económica.

La adjudicación recaerá en el licitador que en conjunto haga la proposición más ventajosa, sin atender exclusivamente al valor económico de la misma y sin perjuicio del derecho de la Administración a declararlo desierto.

Los criterios que servirán de base para la adjudicación por concurso, de acuerdo con el artículo 86 TRLCAP serán, por orden decreciente de importancia y con la ponderación que se les atribuye, los siguientes:

Primera fase: valoración de la oferta técnica:

- A. Calidad. Se ponderará con un máximo de 25 puntos correspondientes a:
 1. Valor técnico del producto. Se ponderará con un máximo de 15 puntos. Atenderá en función del tipo de trabajo que se contrate:
 - Reflejar sobre una base cartográfica digital, la ubicación de las ortofotos escaneadas.
 - Incorporar en una base de datos la información relativa a la denominación de las ortofotos escaneadas y

asociarla con su ubicación en un soporte gráfico.

- Mejoras en la calidad de la imagen obtenida sin incremento del tamaño del archivo informático resultante.
- Personal con conocimiento en materia de cartografía catastral y ortofotos catastrales.

2. Metodología de trabajo. Se ponderará con un máximo de 10 puntos. Atenderá en función del tipo de trabajo que se contrate:

- Calendario de entregas secuenciales y periódicas.
- Medios materiales y personales puestos a disposición de la ejecución de los trabajos que puedan conducir a una reducción del tiempo de ejecución.
- Mejoras respecto a la metodología recogida en el pliego que puedan conducir a una mayor calidad de los resultados del trabajo.

La máxima puntuación se le asignará a la propuesta más favorable y proporcionalmente al resto.

B. Plazo de ejecución. Se ponderará con un máximo de 25 puntos y atenderá a la reducción del plazo de ejecución previsto en la convocatoria del concurso. La puntuación se realizará teniendo en cuenta:

- El plazo no podrá ser inferior al mínimo razonable, establecido en 6 meses.
- La máxima puntuación se asignará a la propuesta más favorable y proporcionalmente al resto de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_i = 25 \left(1 - \frac{m_i \cdot M_f}{M_i} \right) \quad \text{donde:}$$

Pi = Puntuación de la oferta

mi = Plazo de la oferta en meses

Mf = Plazo de la oferta más ventajosa en meses

Para superar esta primera fase será necesario obtener una calificación mínima del 50% del total de puntos en cada uno de los criterios técnicos, es decir, al menos 12.5 puntos en el criterio A y al menos 12.5 puntos en el criterio B. Las empresas cuya oferta no supere esta puntuación no serán tenidas en cuenta en la fase de valoración de la oferta económica.

Si el oferente no presenta la documentación que permita ponderar alguno o algunos de los criterios objetivos de adjudicación o aquella es claramente insuficiente, no se atribuirá al licitador puntuación al calificar dicho criterio.

Segunda Fase: Valoración de la oferta económica

C. La oferta económica más ventajosa. Se ponderará con un máximo de 50 puntos, que se le asignará a la propuesta más favorable, aplicando la fórmula siguiente para las demás ofertas:

$$\text{Puntuación} = 50 \left(1 - \frac{\text{Baja máxima \%} - \text{Baja oferta \%}}{100} \right)$$

Se considerará oferta temeraria o desproporcionada, a efectos de lo establecido en los artículos 83 y 86 TRLCAP, toda propuesta económica inferior o igual al 80% de la media aritmética de las ofertas económicas aceptadas en el concurso.

En cuanto al presupuesto de partida y valoración, podemos aportar lo siguiente:

Cláusula 24. Presupuesto de licitación

El presupuesto máximo de licitación es de ciento trece mil setecientos cincuenta euros (113.750,00 €) y será satisfecho con cargo



Figura 5. Vista de rampa de acceso al Almacén de Ortofotos

al concepto del presupuesto de gastos asignado a la Dirección General del Catastro, 15.08.932 M.640.08, en el que existe crédito adecuado y suficiente en los Presupuestos Generales del Estado para 2006 y se cumplen las limitaciones presupuestarias del art. 47 de la Ley 47/2003, General Presupuestaria, para el ejercicio 2007.

Se considerará la baja ofertada por el adjudicatario repercutida proporcionalmente en todas las anualidades a las que se extienda la ejecución del contrato.

A todos los efectos se entenderá que las ofertas presentadas por los licitadores, comprenderán no sólo el precio del Contrato sino también, como partida independiente, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido.

Serán de cuenta del adjudicatario los gastos de anuncio del contrato, que como máximo ascenderán a 1.800,000 €.

Sección 2ª. Valoración

Cláusula 25. Forma de valoración

La valoración de los trabajos efectuados se realizará de la siguiente forma:

- "Precios unitarios".

Las valoraciones se efectuarán aplicando los precios de cada una de las unidades base del trabajo al número de unidades ejecutadas.

El pliego de Prescripciones Técnicas, concretamente explicita:

Pliego de Prescripciones Técnicas de aplicación general a la contratación de los trabajos de digitalización de ortofotos analógicas del archivo general de la Dirección General de Catastro

El objeto de las siguientes especificaciones es la contratación de los trabajos de asistencia técnica para la digitalización, mediante escaneo, de ortofotos analógicas existentes en el archivo de la Dirección General del Catastro.

Prescripción 1. Descripción de los trabajos

El escaneo del archivo de ortofotos de la Dirección General del Catastro, tiene por objeto el paso de dicho patrimonio de formato analógico a formato digital con el fin de acomodarse a las nuevas tecnologías de cara a la conservación, gestión y comercialización de estos documentos.

A partir de una determinada fecha se adoptó el formato digital para la elaboración de ortofotos catastrales, con anterioridad se realizaron gran cantidad de ortofotos por medios clásicos (vuelo fotogramétrico analógico, apoyo, ortorrectificación y positivado en papel opaco y diapositiva). Hay que destacar la categoría de "acta notarial" sobre el territorio que poseen estos documentos, en ellos se

encuentra información de cómo era el “estado de cosas” en el momento de la toma fotográfica que se produjo entre los años 80 y 90. De ahí la necesidad de conservar de forma accesible toda esta ingente cantidad de información.

En concreto, los trabajos objeto del contrato comprenderán:

1. Localización y extracción de las ortofotos analógicas del archivo.
2. Digitalización de las ortofotos analógicas en el formato existente en cada caso, mediante escaneo. Georreferenciación de las mismas.
3. Archivo de la información obtenida en el formato especificado y almacenamiento.
4. Devolución de la ortofotos al archivo y colocación de las ortofotos que estén fuera de su ubicación correspondiente.
5. Conteo de ejemplares escaneados así como de la totalidad de los restantes en cada momento del trabajo.

Los trabajos se realizarán con arreglo a las Condiciones Técnicas relativas a cada fase del trabajo.

La empresa adjudicataria realizará los controles de calidad necesarios que aseguren el estricto cumplimiento de estas normas.

Los trabajos se ejecutarán en las oficinas de la Dirección General del Catastro. La empresa adjudicataria deberá trasladar a dichas dependencias los medios técnicos y personales necesarios para la realización de las diferentes tareas.

Prescripción 2. Adjudicación. Documentación a entregar por la empresa

Además de la documentación prevista en la Ley de Contratos del Estado y demás disposiciones de aplicación, a cada oferta se deberá adjuntar una memoria que especifique:

- Metodología a seguir en el desarrollo de los trabajos, de acuerdo con lo estableci-

do en este Pliego de Prescripciones Técnicas.

- Cronograma completo para la ejecución de las fases del proyecto.
- Equipo humano a aplicar en el proyecto, especificación de su competencia técnica, así como su cuota de dedicación en caso de adjudicación.
- Equipo técnico a aplicar al proyecto, características y especificaciones de calidad. Capacidad productiva y cuota de dedicación al proyecto en caso de adjudicación y documentación acreditativa de esos medios (facturas comerciales del escáner, certificados de calibración correspondientes, etc.).

De la citada memoria deberá desprenderse, en todo caso, la capacidad técnica suficiente para abordar el proyecto bajo las condiciones y plazos previstos en el presente pliego.

Las ofertas válidas técnicamente serán evaluadas de acuerdo con los criterios contenidos en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, que rige la adjudicación.

Prescripción 3. Características de las ortofotos objeto de digitalización

Formato

Cada ortofoto corresponde a un sesenta y seisavo de hoja del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, resultante de dividirla en 6 filas y 11 columnas, según paralelos y meridianos.

Los límites de la ortofoto a escala 1:5.000 son dos meridianos distantes 20/11 minutos y dos paralelos distantes 10/6 minutos.

Las dimensiones de los bordes verticales corresponden, en el terreno, aproximadamente a 3.086 m., representados por 617 mm. en la ortofoto.

Las dimensiones de los bordes horizontales corresponden en latitudes de 43 grados N. con una distancia entre meridianos de 2.462 m. representados por 492 mm. en la ortofoto.

La máxima dimensión horizontal corresponde a latitudes de 28 grados con una distancia entre meridianos de 2.971 m. equivalentes a 594 mm. en la ortofoto a escala 1:5.000.

Cada ortofoto tiene marcadas las coordenadas geográficas de sus esquinas, resultantes de dividir las coordenadas geográficas de las esquinas de las hojas del MTN, en 6 x 11 partes.

También figuran las coordenadas UTM de las esquinas de cada ortofoto y se marca la cuadrícula de 500 x 500 m. mediante cruces.

En general, de cada ortofoto se archiva el negativo, una diapositiva y una copia en papel. En el caso del archivo existente en la Dirección General, en la mayoría de los casos se dispone de los tres documentos, si bien existe un porcentaje en los que puede no existir alguno de los formatos.

Denominación de las ortofotos

Cada ortofoto se identifica por una referencia o código de identificación constituido por:

Un distintivo alfanumérico E5, que indica la escala (1:5.000), seguido del número de la hoja del Mapa Topográfico Nacional (M.T.N) y seguido de dos pares de números que indican la columna y fila en la que se encuentra dicha hoja. (Ver anexo 2)

Por ejemplo E5-0635-09-05, para indicar una ortofoto situada en la hoja 0635 del MTN, 09 columna nueve, 05 fila cinco.

Las ortofotos a escala 1:2.000 vienen identificadas por la escala mediante las siglas E2 seguidas de los dígitos identificativos de la hoja del MTN en que se encuentra y las coordenadas X e Y de la esquina sur-oeste de la parte a ampliar.

Por ejemplo, la ortofoto E5-0060-64-98, da lugar a cuatro ampliaciones que son: la NO identificada por E2-0060-64-99; la NE identificada por E2-0060-65-99; la SO identificada como E2-0060-64-98 y la SE cuyas siglas son E2-0060-65-98.

El fichero informático generado para cada ortofoto se nombrará con la denominación identificativa de dicha ortofoto.



Figura 6. Detalle de uno de los 460 planeros verticales que contienen las ortofotos

Prescripción 4. Almacenamiento y manipulación de originales

Sistema de archivo de las ortofotos

El archivo de ortofotos se halla ubicado en la planta semisótano de las oficinas de los servicios centrales de la Dirección General del Catastro.

Los originales están almacenados en planeros verticales. En general, en cada uno de ellos se archivan las ortofotos correspondientes a 7 hojas del MTN 1:50.000. Por tanto, como cada hoja contiene 66 ortofotos, el número de documentos por planero es de aproximadamente 460.

Estos planeros se dividen en tres grupos, los que contienen los positivos en papel, los que contienen las diapositivas y un tercer grupo con los negativos.

Manipulación de los originales

Con carácter general, se escaneará la ortofoto en formato papel, por tanto se irán extrayendo del grupo de planeros correspon-

dientes y de modo ordenado, las 66 ortofotos correspondientes a cada hoja del M.T.N y se comprobará si falta alguna.

La ortofoto que no se localice en formato papel, se escaneará la diapositiva y en caso de faltar esta, el negativo. A medida que se escanean se devolverán ordenadas, a su planero.

El sistema de manipulación será tal que asegure que los originales no se deterioren por rotura, suciedad ó ralladura.

Prescripción 5. Condiciones técnicas para la digitalización mediante escaneo

Zonas y superficies

La ortofotos existentes en el archivo de la Dirección General, abarcan gran parte del territorio nacional en aproximadamente 70.000 documentos, de las que se incluirá en el contrato el número correspondiente a la cuantía del mismo.

Las ortofotos objeto del trabajo, se marcarán en un gráfico general que se entregará a la empresa adjudicataria.

Resolución y escala de la imagen

La resolución será de 300 pp (puntos por pulgadas), necesaria para conservar la precisión de los documentos, con un tamaño de pixel de 10 a 20 micras y precisión en el posicionamiento de 5 micras. Las imágenes digitales tendrán una resolución terreno mínima de 50 cm, o GSD < 50 cm (GSD Ground Sample Distance - Distancia Muestreada Terreno).

La escala de las imágenes a digitalizar será de 1:5.000 en su gran mayoría, existiendo el 1:2.000 en algunos casos particulares.

Los formatos de los documentos analógicos a digitalizar son de dos tipos:

- 1.- DIN A1 (60 x 85 cm.) con área útil de 2 x 4 Km.
- 2.- DIN A2 (42 x 60 cm.) con área útil de 2 x 2 Km.

Posición de la ortofoto.- Es muy importante que la posición de la ortofoto en el escáner sea tal que el fichero gráfico obtenido esté sensiblemente orientado al norte, de forma que al visualizar dicho fichero no haya que girarlo para que el eje Y de las coordenadas UTM sea adecuadamente vertical.

Se evitarán los errores mecánicos de posición y errores producidos por vibraciones del sistema debidos a fricciones en los movimientos.

Tipo y características del Escáner

Se deberá utilizar un escáner de gran formato A1 ó A0, con una resolución adecuada al objeto del trabajo con un rango dinámico de los sensores CCD de 12 bits y una resolución radiométrica de las bandas espectrales de 8 bits.

Se escaneará en niveles de gris, no en b/n.

Se han de conseguir imágenes con la suficiente calidad geométrica y radiométrica, por tanto las principales características de escáner han de ser:

1. Iluminación: Ha de ser uniforme, estable y de luz blanca con estricto control del calentamiento de las partes sensibles, es por ello que la iluminación ha de ser la mínima necesaria.
2. Resolución radiométrica.- Será necesario aumentar la escala de grises en la captura y posteriormente reducirla mediante software a la escala de 256 niveles de gris. Esta mejora se realiza ampliando en número de bits de 10 a 12 y reduciéndolo después a 8 mediante el adecuado tratamiento. El fin de esta operación es ampliar el rango dinámico de forma que $0.1 < D < 2.5$. (D.- densidad).
3. Velocidad.- La ha de definir el usuario y ha de ser estable. Ha de estar entre los 2 y los 5 minutos por ejemplar tanto al escanear soportes translúcidos como opacos.
4. Limpieza.- Se garantizará la limpieza del escáner mediante periódicas revisiones que tendrán por objeto evitar la existencia de humedad condensada, restos de polvo y manchas de grasa.



Figura 7. Detalle del escáner (rodillos tractores y "platter"

5. Calibración.- Es fundamental contar con procesos de calibración que garanticen la estabilidad dimensional del producto digital así como su calidad radiométrica. Estos tests de calibración se pasarán periódicamente.

El sistema de calibración se basará en un soporte perfectamente estable (cuadrícula) que se escaneará. El sistema obtiene una imagen digital de la retícula, compara ambos y los resultados obtenidos se aplican a las imágenes escaneadas en forma de correcciones.

6. Certificado de Calibración del escáner.

El escáner de gran formato usado habrá sido calibrado y certificado su buen uso por el fabricante u otro centro autorizado por él. Este certificado (que es uno de los documentos que el contratista ha de proporcionar) será considerado como válido durante un período de dieciocho meses.

El certificado de calibración geométrica contendrá los siguientes datos:

- a) El nombre del centro de calibración y la fecha de esta operación.
- b) Tipo de escáner y número de fábrica del mismo.
- c) La distorsión en diferentes zonas del mismo

d) Tamaño del pixel CCD (mm) y dimensiones de la imagen en píxeles.

El certificado de calibración radiométrica y espectral.

- En cuanto a la sensibilidad espectral se indicará el rango de respuesta espectral de los sensores y el procedimiento utilizado en su determinación.

- La calibración radiométrica contendrá los factores de corrección de los números digitales para los niveles de gris (RGB) e infrarrojo.

Prescripción 6. Entrega de los archivos digitales

Todos los ficheros productos del escaneado de las ortofotos se pasarán on-line según se vayan obteniendo a un servidor del servicio de informática de la Dirección General del Catastro.

El formato de los ficheros será JPEG. Podrán comprimirse, siempre y cuando el ratio de compresión sea tal que no pierda la calidad obtenida por la resolución definida en el escaneo.



Figura 8. Disposición del portátil y escáner de producción

Además se entregarán dos juegos de copias:

1. Grabados en DVD.

En cada DVD se grabarán los ficheros correspondientes a las ortofotos de una hoja del MTN. Cada DVD se distinguirá por etiqueta externa, según modelo recogido en el Anexo 3, con la lista de las ortofotos incluidas. Se entregarán en una caja transparente para que la etiqueta pueda verse.

El soporte de almacenamiento para las imágenes de será DVD con capacidad no inferior a 4,7 Gb. Se etiquetará según hoja del MTN50, incluyendo la relación de ortofotos almacenadas en dicho DVD. Antes de empezar el trabajo, la empresa adjudicataria entregará a la Dirección General del Catastro dos DVD grabados en el mismo grabador y con el mismo tipo de discos que se van a emplear, para comprobar su compatibilidad total con los distintos lectores de DVD de la Dirección General.

En el DVD se incorporará un fichero .txt que contenga un listado con los ficheros incluidos en ese DVD.

La empresa deberá asegurarse que los todos los DVD entregados están correctamente grabados y puede leerse su contenido.

2. Grabados en disco duro de alta capacidad.

Se entregará una única copia de las imágenes en discos duros externos. Esta entrega deberá realizarse de forma progresiva y sin incluir información anterior, excepto si es necesario corregir productos entregados anteriormente, en cuyo caso se especificará expresamente, identificando exactamente el material al cual sustituye la nueva entrega.

En el disco duro se incorporará un fichero .txt que contenga un listado con los ficheros incluidos en ese disco.

La empresa deberá asegurarse que los todos los discos duros entregados están correctamente grabados y puede leerse su contenido.

El adjudicatario conservará una copia de los materiales entregados hasta un año después de la recepción definitiva de los trabajos.

Prescripción 7. Pruebas de recepción y verificación

Podrán efectuarse, en cualquiera de las fases, pruebas de recepción y verificación de los trabajos realizados.

La empresa contratista realizará los trabajos de control que solicite el Director de los trabajos en cualquiera de las fases:

- Manipulación de los documentos
- Escaneo propiamente dicho
- Formateo de los ficheros
- Almacenamiento informático de los ficheros

Serán considerados defectos críticos:

- Maltrato de los documentos en las fases de manipulación
- Mal estado de limpieza o calibración del escáner
- Giro de la imagen digitalizada.

Prescripción 8. Control y seguimiento de los trabajos

La vigilancia y seguimiento del trabajo en sus distintas fases corresponde al personal técnico de la Dirección General del Catastro dirigido por el Director del Proyecto designado al efecto, que estará auxiliado por los Servicios correspondientes en cada una de ellas. Sus misiones principales serán las de resolver dudas interpretativas de las normas, asesorar en la modificación de los métodos empleados si estos no ofreciesen la calidad y precisión exigida y realizar cuantas inspecciones crea necesarias durante el desarrollo de los trabajos.

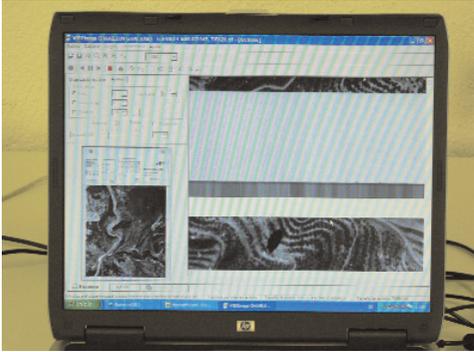


Figura 9. Software de escaneo corriendo en el portátil de trabajo

Para el cumplimiento de tales fines las empresas adjudicatarias deberán facilitar el acceso a sus instalaciones al personal de la Dirección General del Catastro asignado a las citadas tareas.

Prescripción 9. Recepción de los trabajos

Recibida la documentación a entregar por el adjudicatario, los Servicios correspondientes procederán a la revisión de la misma, comunicando la dirección facultativa de la Dirección General del Catastro a la empresa adjudicataria las deficiencias, errores y/u omisiones advertidas.

El adjudicatario se verá obligado a sus expensas a modificar, corregir y/o completar los posibles errores cometidos en las distintas fases del trabajo.

Características del escanner

El scanner es un instrumento óptico-electrónico que permite convertir a formato digital imágenes analógicas que están ubicadas en diferentes soportes (papel, poliéster, vidrio, cerámica, etc.).

En nuestro caso se ha elegido el mejor escáner existente para estas aplicaciones de alta precisión y gran formato. Está fabricado en Dinamarca por Contex y el mismo modelo se vende a diferentes marcas del mundo de la informática y las artes gráficas. Más exactamente el modelo es Chameleon G600. Digitaliza en color y en blanco y negro (monocromo) con alta resolución y alta velocidad. La anchura máxima de los documentos a digitalizar es de 92 cm. y la longitud no esta limitada. En cuanto a la velocidad se puede comentar que una ortofoto de 1 m x 70 cm tarde 5 segundos en ser escaneada.

La resolución máxima del instrumento, nos indica el detalle más pequeño que puede registrar y es de 600 dpi (dots per inch ó puntos por pulgada) lo que equivale a objetos de 42 milésimas de milímetro (micras) o lo que es lo mismo 23 objetos diferenciables en cada milímetro.

Por otro lado es capaz de manejar originales de muy distintos grosores, tratándolos siempre con gran cuidado, es decir, que no los deteriora ya que cuenta con varios juegos de ruedas que van arrastrando el original por los sensores. A diferencia de los escáneres de sobremesa, que dejan fijo el original y los sensores le recorren de arri-



Figura 10. Escáner Chamaleon G600

Figura 11

Escáner en disposición de digitalizar una ortofoto en soporte papel opaco



ba abajo, éste tiene fijos los sensores y desplaza el original. Los grosores admitidos van desde pocas décimas de milímetro a 15 mm.

Los sensores que “leen” la imagen son unos dispositivos muy parecidos a los de las cámaras fotográficas o de vídeo digitales llamados CCD (Couple Charged Device), en este caso de 48 bit de profundidad de color. Esto quiere decir que son capaces de distinguir entre millones de colores o tonos de gris diferentes cuando están registrando o digitalizando la imagen original.

Hay que destacar la gran calidad del mismo ya que ha escaneado o digitalizado 80.000 ortofotos de tamaño Din-A1 sin un solo problema, únicamente hubo que cambiar una tarjeta de circuitería al principio de los trabajos por un pequeño defecto de fabricación.

No obstante ,es necesario un cierto mantenimiento y limpieza continua de sus partes ópticas así como cambiar cada 5000 operaciones una pieza llamada “platter” que es una chapa rectangular alargada cromada en blanco que tiene por función

reflejar la luz que pasa a través del soporte que hay que digitalizar.

También es necesario “calibrar” el instrumento, es decir volver a poner en valores correctos los sensores ópticos y el sistema mecánico para que mantenga en todo momento la precisión exigida. Esto se realiza escaneando una plantilla de colores y formas conocidas por el instrumento (parecida a una carta de ajuste de TV) y corriendo un software especial.

Desarrollo de los trabajos

Una parte muy importante del resultado final va a depender de la correcta georreferenciación. Georreferenciar en este ámbito es la incorporación al fichero de imagen (o a un fichero auxiliar, eg: TFW) de la información necesaria para saber a qué punto de la superficie de la tierra corresponde un punto de la imagen.

Figura 12
Escáner en disposición de digitalizar una ortofoto en soporte papel negativo



Es imprescindible que la imagen sea “geométricamente correcta”, es decir superponible a un mapa en un Sistema Geodésico de Referencia y una proyección cartográfica determinada, los casos más conocidos son GeOTIFF, TFW. De esta forma, cuando nos movamos sobre ella, en vez de obtener coordenadas fotográficas obtengamos coordenadas terreno (UTM). Por tanto se trata de asignar una función $y=f(x)$ de forma que transforme las coordenadas píxel (fotográficas) a coordenadas terreno. Esta transformación estará compuesta por una traslación (en X y en Y), un giro y un factor de escala.

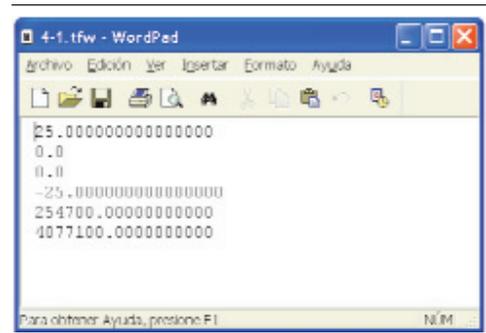
Informáticamente, un fichero gráfico en el formato que sea (JPGE, TIFF, etc.), debe estar modificado o contar con un fichero auxiliar en el que de algún modo se refleje la función antes descrita.

En este ejemplo (Figura 13) podemos ver el contenido de un típico fichero TFW de georreferenciación de imágenes. Su descripción es la siguiente:

En la primera fila se muestra la escala x (dimensión de un píxel en metros en

dirección X, en este caso 25 m.). En la segunda y tercera los ángulos de rotación que en este caso son nulos. Después el tamaño del píxel en dirección Y, en sentido negativos. Por último los términos de traslación, coordenadas x e y coordenadas del mapa de centro del píxel superior izquierda.

Figura 13
Fichero TFW con los datos de georreferenciación

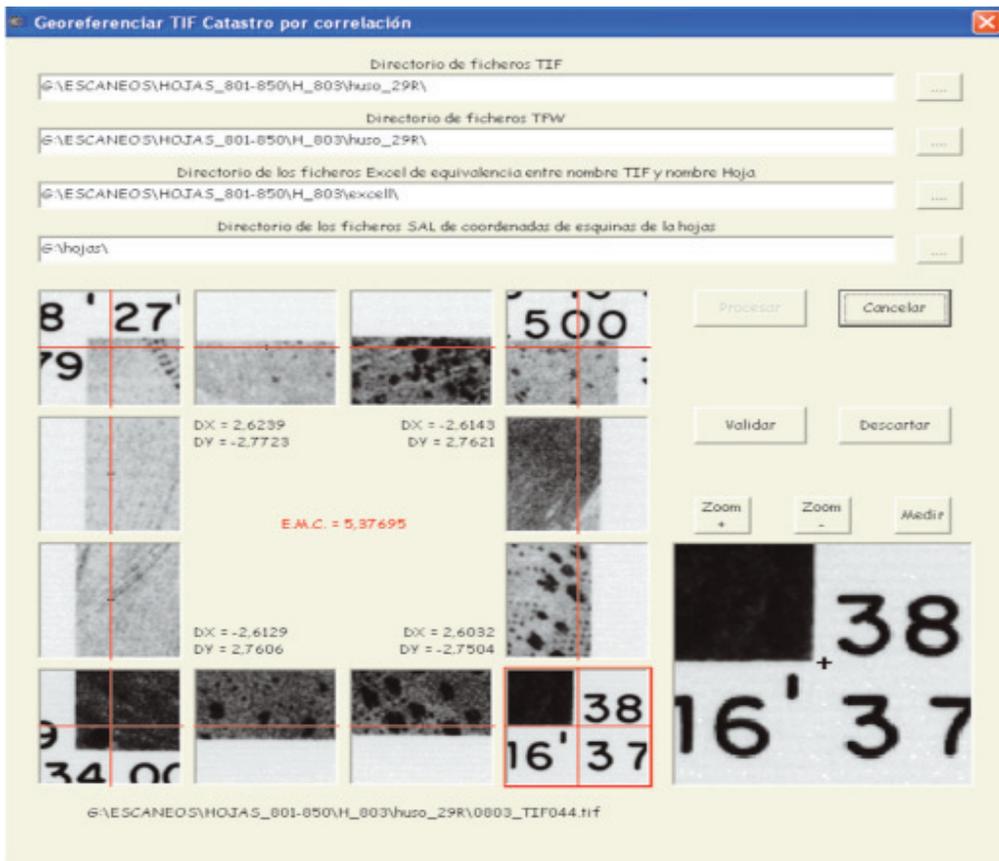


En la práctica, la georreferenciación se puede realizar con casi todos los softwares SIG y/o CAD. Los pasos a seguir son similares y constan de:

- visualización de la imagen en el ordenador;
- conocer las coordenadas Terreno de algunos puntos identificables de la imagen (al menos 4). Estos puntos pueden ser elementos naturales y/o artificiales o en nuestro caso esquinas de las ortofotos o cruces de referencias de 500m.;
- ampliación mediante zoom de la zona de los detalles antes descritos;

- pinchar cada uno de los detalles y asignarle las coordenadas conocidas. Si éstas no están en un fichero, hay que teclearlas con el consiguiente riesgo de equivocación;
- ejecución de la transformación y comprobación de errores residuales que definen la precisión de la misma.

Este proceso ejecutado para unas pocas imágenes ya es laborioso, para 70.000 se convierte en casi imposible de abordar por este sistema manual. Por ello la empresa Stereocarto, adjudicataria de este concurso, diseñó un software para automatizar el proceso. Vamos a describir brevemente este programa:



Pantalla 1

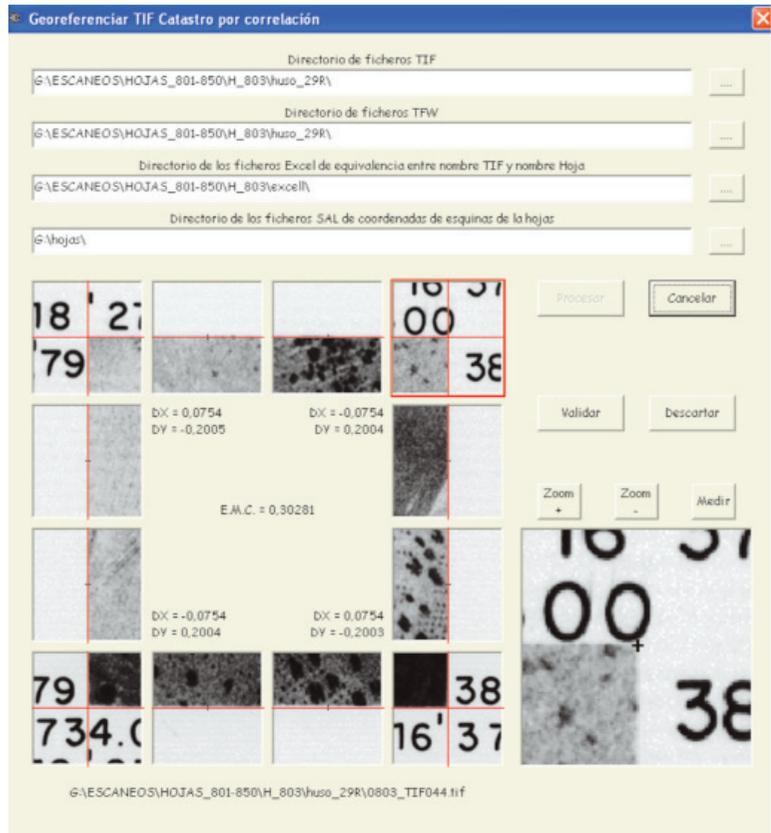
En la primera pantalla (pantalla 1) se introducen los datos: a) Directorio de ficheros TIFF que queremos georreferenciar, así como el directorio de ficheros TFW (datos de la función) una vez georreferenciados, también se introducen los ficheros con la relación entre nombre del TIFF y el número real de la orto y por último las coordenadas de esquinas de orto.

Se pulsa procesar y aparece la imagen de las cuatro esquinas con los errores respectivos. Esto evita ir a cada esquina de forma independiente, hacer zoom sobre ella y pinchar con detalle. El programa, por reconocimiento de formas localiza y pincha él solo la esquina, sin intervención del operador. Da los errores obtenidos con su “elec-

ción” y deja la decisión de validar o no al operador. En la imagen anterior (pantalla 2) se puede apreciar que los errores en cada punto son altos, del orden de los 3 m.

Si el operador elige hacerlo manualmente, en la imagen inferior derecha aparecerá la esquina que seleccionemos y con la cruz se ajusta a la esquina de la imagen. Esta operación se realiza en las cuatro esquinas.

Al volver a repetir manualmente la marcación de las esquinas, los errores disminuyen en gran medida, alcanzando valores de alrededor de 10 cm. En este punto, se daría por buena la georreferenciación ya que hemos de tener en cuenta que los 10 cm. Lo son a escala terreno. (Pantalla 2).



Pantalla 2

Entrega de los trabajos

Una vez que la empresa ha terminado los trabajos principales consistentes en:

- escaneo de todas las ortofotos en soporte papel;
- búsqueda de las que faltaban y escaneo de las encontradas en soporte Diapositiva;
- búsqueda de las que faltaban y escaneo de las encontradas en soporte Negativo;
- búsqueda de las que faltaban en soporte digital (existían muchos CD's en el archivo, de entregas de empresas de ortofotos digitales no clasificadas) e integración en la colección final;
- integración de todas en una única colección en soporte analógico;
- georreferenciación de todas las ortofotos escaneadas.

Nos encontramos con que hay que considerar la forma de gestionar toda esa ingente cantidad de información, tanto para su búsqueda como para obtener las ortofotos solici-

tadas para su comercialización. En el pliego de prescripciones técnicas no se definía con precisión el sistema, dejándolo abierto a que las empresas presentaran esta fase como mejora.

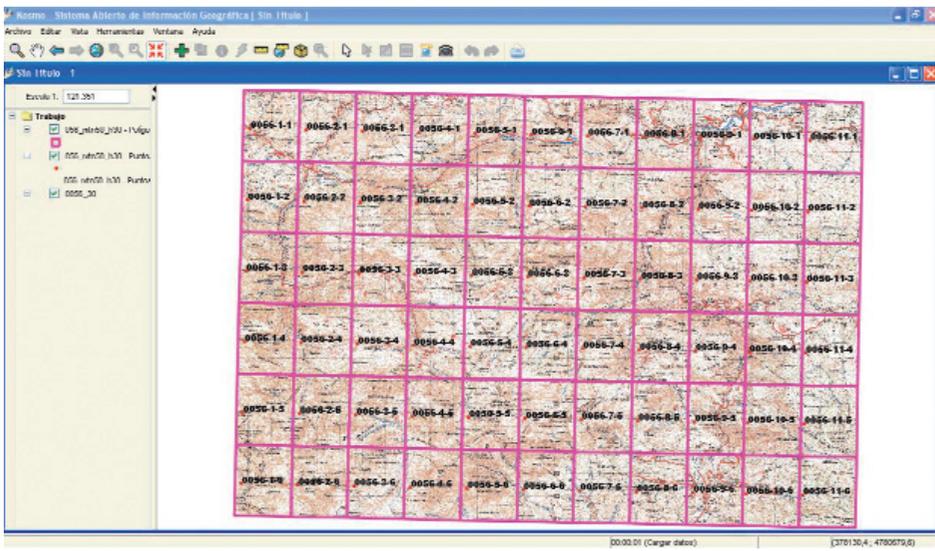
La empresa Stereocarto ofertó como mejora la entrega de todo este material digital georreferenciado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este sistema ha sido desarrollado por la empresa para otras aplicaciones pero es muy útil para ésta, ya que permite obtener la ortofoto buscada en base a diversos parámetros, como pueden ser coordenadas UTM, coordenadas geográficas, municipios, pueblos y ciudades.

El nombre del sistema es Kosmos, es software libre (freeware) y más abajo se describe brevemente su apariencia y funcionamiento.

Una vez abierta la aplicación nos pide cargar los datos del fichero imagen y nos muestra como fondo la hoja correspondiente del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 con la retícula de ortofotos superpuesta. Eso nos ayudará a buscar la zona que necesitamos. (Figura 14)

Figura 14

Hoja del MTN 1:50.000 con la distribución de las 66 ortofotos con sus códigos fila columna



Figuras 15 y 16
Ortofoto en su verdadera posición con dos zoom diferentes

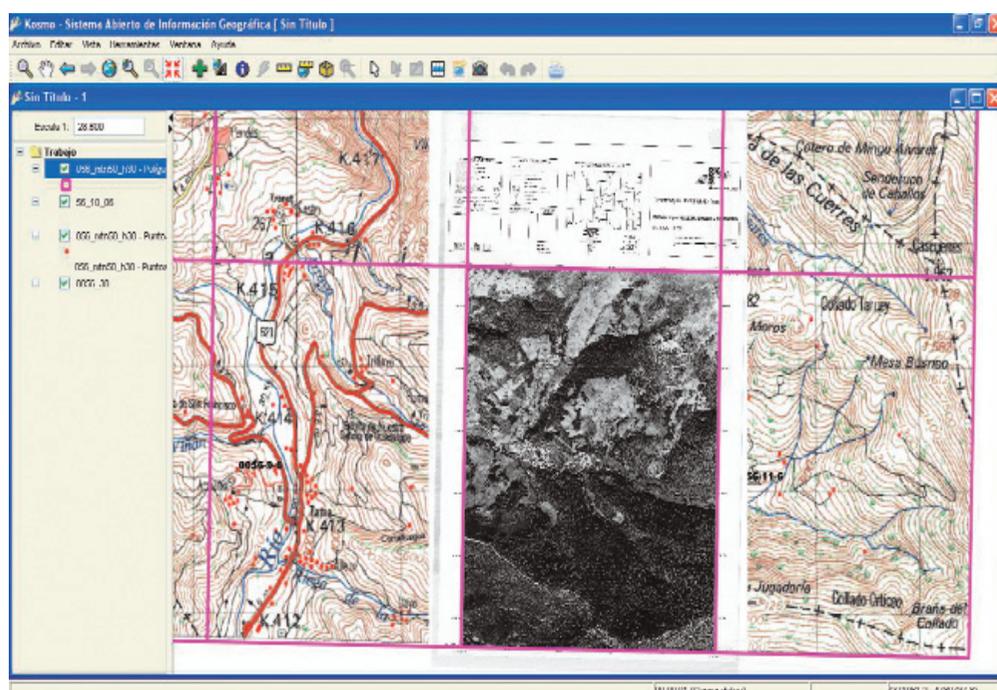
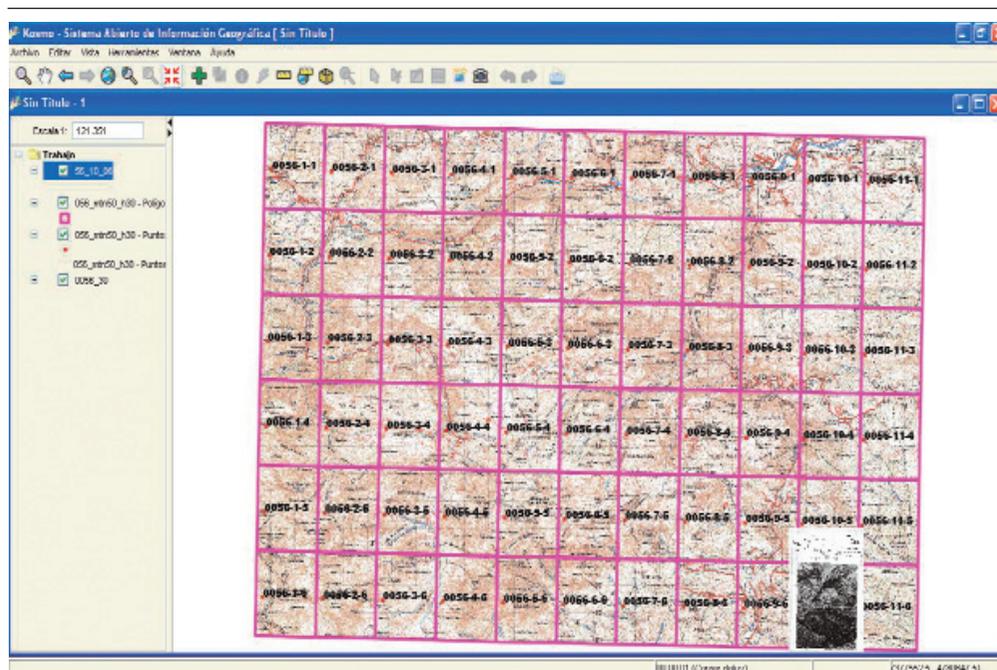


Figura 17
Ortofoto escaneada y superpuesta en Google Earth en 3D



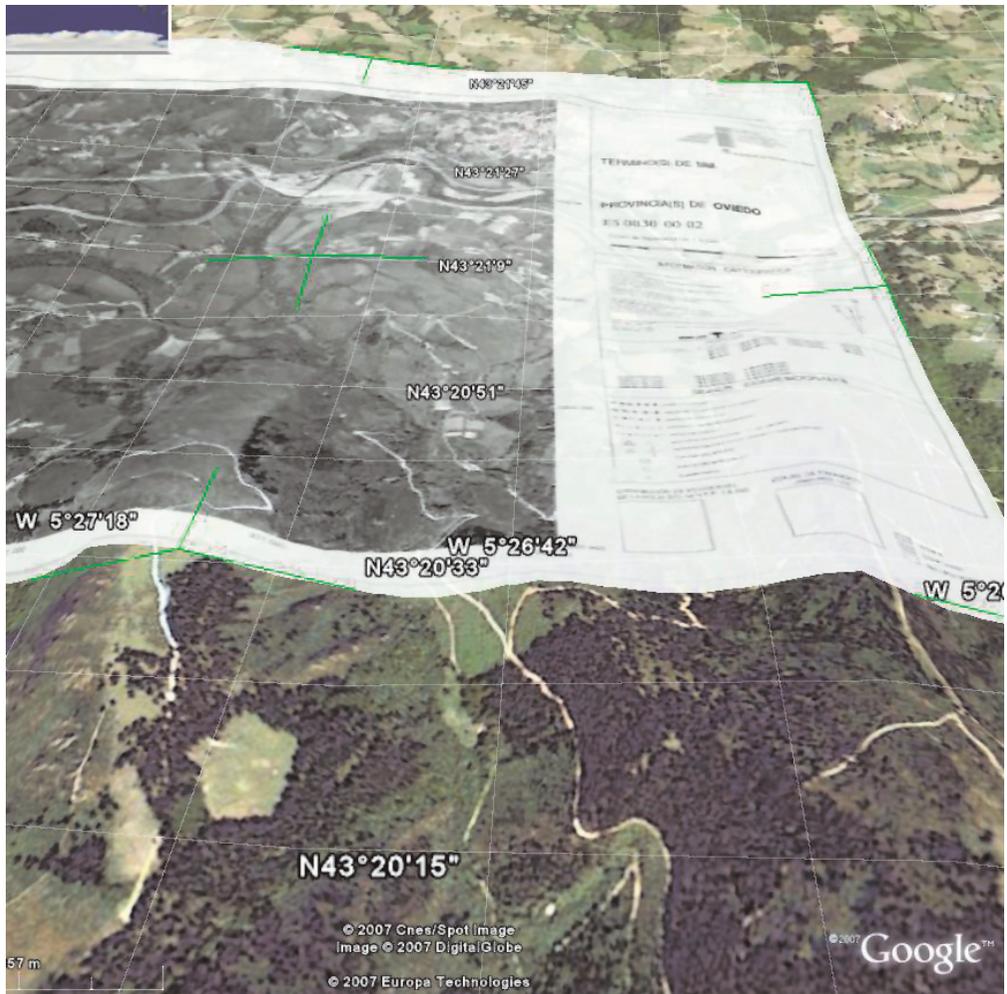
El paso siguiente es colocar de forma automática la imagen digital de la ortofoto seleccionada. Al estar georreferenciada, se coloca exactamente en las coordenadas correspondiente del terreno.

Por último se ajusta a la pantalla la ortofoto, y se lanza al plotter o se salva para entregarla en formato digital con resolución máxima. Se pueden colocar ortofotos

configurando un orto-mosaico o tratarlas de forma individual. (Figuras 15 y 16).

Tanto los técnicos que han trabajado en la Dirección General como en la empresa adjudicataria, se muestran orgullosos de este proyecto ya que es puntero y piloto para poder abordar trabajos similares en CCAA y países europeos y sudamericanos en los que trabaja.

Figura 18
Detalle de ortofoto escaneada y superpuesta en Google Earth en 3D



Posibilidades futuras

Al disponer de la totalidad de las ortofotos en formato digital, se pueden utilizar de muy diversas formas, dos de las cuales se exponen a continuación.

Google Earth

Esta aplicación informática se ha configurado como una de las grandes Infraestruc-

turas de Datos Espaciales (IDE's) y se ha extendido en todo el mundo y para todo tipo de usuarios. Antes, las imágenes de satélite eran de utilidad sólo para los técnicos en Teledetección, mientras que ahora cualquiera puede ver con detalle (resolución de 1m. e incluso menos), zonas del mundo ni siquiera pisadas por el hombre, cuanto más las grandes ciudades de todo el planeta.

Es una plataforma que permite visualizar la superficie terrestre en tres dimen-

siones y a diferentes escalas. Se basa en la unión de Google Maps (depósito de cartografía mundial) y la incorporación de imágenes de satélite de la empresa Keyhole. Incorpora capas raster y vector y permite la personalización de sus aplicaciones.

Una de estas utilidades puede consistir en situar las ortos digitales del Catastro en la zona correspondiente del territorio (ya que están georreferenciadas) para así poder establecer comparaciones temporales y temáticas.

Para ello tenemos que construir un KML (que es un XML con especificaciones propias) para cada ortofoto con los parámetros de georreferenciación y pasar la orto a formato JPEG. Una vez hecho esto, insertamos la imagen y ya el programa la sitúa en su verdadera posición y escala, adaptándola a la tridimensionalidad del terreno. (Figura 17)

Para ello hemos de tener la orto en formato JPG en un determinado directorio conocido. Tenemos que conocer las coordenadas UTM de sus esquinas que están en la información marginal de la orto. Transformamos esas coordenadas UTM a geográficas (con SIGCA2->Herramientas->Cambio de coordenadas) o con otro software.

En google nos situamos en la zona aproximada y hacemos visible la retícula de latitudes y longitudes. Situamos la orto encima del terreno con "superposición de imágenes" y la movemos hasta hacer coincidir las esquinas con sus coordenadas correspondientes. Con las marcas verdes giramos y tenemos también la posibilidad de variar su transparencia para poder ver el terreno bajo ella con mayor o menor definición. (Figura 18).

Como podemos ver en las imágenes, la orto se adapta tridimensionalmente al terreno.

SIGCA 2

Otra opción es visualizar las ortofotos escaneadas en el Sistema de Información Geográfica Catastral, como mapa de fondo para comparar con otras o como ayuda de trabajos cartográficos. Para ello hay que compilar las ortos en un determinado directorio para que no tengan un gran peso informático y se puedan buscar con eficiencia.

Para su correcta localización, se puede entrar por Intranet del Catastro a cartografía y dentro de ahí a mapas de fondo para SIGCA2, podemos poner como mapa de fondo la IDEE del IGN que tiene un servicio de localizador de ubicaciones por nomenclator.

También se puede buscar la zona por Gerencia y municipio y situar la orto encima aprovechando que está georreferenciada.

Bibliografía

MIKAEL HOLM, ESPOO. An integrated approach for orthoimage production (2003).

Pliego de Prescripciones Técnicas para la realización de Ortofotos Catastrales. Dirección General del Catastro <http://www.catastro.meh.es/esp/contratacion>.

LERMA GARCÍA, J. LUIS. Universidad Politécnica de Valencia. Fotogrametría moderna; Analítica y Digital (2002).

GÓMEZ ALONSO. Stereocarto España. Proceso digital en fotogrametría (2000).

JOSEF BRAUN, INPHO GMBH. Stuttgart. Aspects on True-Orthophoto Production (2003).

JOSEF BRAUN, INPHO GMBH. Stuttgart. Aspects on True-Orthophoto Production (2003).

MIKAEL HOLM, ESPOO. An integrated approach for orthoimage production (2003). ■