



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

SISTEMAS FOTOGRAMETRICOS DIGITALES EN EL I.C.C.

Resumen

En este artículo se describen los sistemas fotogramétrico cartográficos digitales para la producción de ortofotomapas desarrollados por el Institut Cartografic de Catalunya. La idea subyacente de este escrito puede ser sintetizada como sigue: no es lo mismo producir varias ortofotos que millares de ellas, así como tampoco lo es producir una ortofoto que un ortofotomapa. Por lo tanto, se presta especial atención a la descripción de aquellos factores ligados a la consecución de un sistema de muy altas prestaciones.

Introducción

La cobertura cartográfica de línea existente poco después de la creación del ICC (1982) puede considerarse nula a escala 1:5.000 y muy limitada a 1:25.000. Para paliar dicha situación e intentar resolver provisionalmente el vacío cartográfico existente se tomó la decisión de poner en producción un Gestalt Photomapper IV (GPM-IV) [1] Y definir un proyecto cuyos objetivos principales eran la generación de ortofotos y modelos digitales del terreno (MDT) con tasas elevadas de productividad. Este proyecto ofrecía el beneficio adicional de iniciar las actividades de investigación y desarrollo en los campos de la fotogrametría digital [9] y de elevaciones del terreno [10].

De esta manera, en 1984 [9], el hardware y el software del GPM-IV se modificó de forma que fuese posible obtener en formato digital tanto las imágenes aéreas digitalizadas como las ortofotos resultantes. A partir de este momento, el camino para desarrollar un Sistema de ortofoto Digital (SOD) estaba abierto. En 1986 se investigaron los aspectos fotogramétricos y numéricos de la generación de ortofotos: precisión geométrica, resolución radiométrica y complejidad numérica (por medio del procedimiento de anchor points). Hacia 1987 ya se había definido un primer concepto de lo que tendría que ser un SOD [2,3,6].

- Traducción del artículo Digital Photogrammetric Systems at the ICC (ISPRS conference: "Digital Photogrammetric Systems", 3-6.9.91) publicado en el volumen Digital Photogrammetric Systems (Eds. Ebner, Fritsch y Heipke), Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Artículo invitado a las Primeras Jornadas de Cartografía, organizadas por el Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones del Gobierno de Navarra, Pamplona, 19-20.11.91.

El primer sistema operacional se instaló en el año 1988 [7]. Este era capaz de producir quince ortofotos diarias sobre una VaxStation 3600. Como flat-bed scanner se utilizaba el ya antiguo pero preciso GPM-IV. En 1990 el SOD vio incrementadas sus



posibilidades al ponerse en marcha un subsistema de mosaico interactivo. Asimismo, se completó mediante un sistema cartográfico digital que permitía el ensamblado final del ortofotomapa (ortofoto en formato raster más la información vectorial asociada de la hoja) y sustituyó el procesado fotomecánico utilizado previamente.

Como complemento a las actividades anteriores se desarrolló una base de datos de elevaciones del terreno para toda Cataluña y un sistema de triangulación por haces. Además de una gran experiencia adquirida durante el desarrollo de los citados sistemas, se ha conseguido un elevado grado de integración entre todos ellos.

Aunque el artículo se concentra en sistemas digitales para imágenes aéreas convencionales es importante mencionar que en el ICC se ha realizado cartografía a partir de imagen satélite desde 1982. En concreto, desde 1987, se ha producido series orto fotográficas a pequeña escala tanto en blanco y negro como en color a partir de imagen SPOT [4,5].

2. Concepto

Desde el punto de vista fotogramétrico, la concepción del sistema de ortofoto del ICC descansaba sobre tres principios: era una aplicación muy concreta de un sistema (digital) fotogramétrico más general; tenía que ser un sistema industrial completamente automatizado; y, si era necesario, debía ofrecer la posibilidad de confeccionar las ortofotos una a una, de acuerdo con un flujo interactivo de trabajo controlado por un operador. Desde el punto de vista de mappublishing el objetivo a cumplir era el de la eliminación de todas las tareas fotomecánicas.

El concepto de un sistema fotogramétrico digital (SFD) capaz de realizar la función de captura de cualquier tipo de datos fotogramétricos ha sido descrito ampliamente por la literatura correspondiente. Desde el primer momento, cuando se definió el concepto de sistema de ortofoto, ya se adoptó la idea de una realización parcial del SFD [3]. Los aspectos claves del concepto original son discutidos en [8].

El requerimiento de que el sistema fuese "industrial" está en estrecha relación con la productividad. Un flujo de trabajo completamente automatizado, la optimización de las necesidades de CPU y disco y una gestión clara y eficaz de las líneas en producción son los puntos clave que caracterizan un sistema de alto rendimiento [8].

Los modos de operación interactivos se concibieron principalmente para el diseño de proyectos, control de calidad y confección de ortofotos conflictivas de forma manual. Como ejemplos de este último caso pueden ser consideradas las orto fotos de demostración o aquellas cuyas marcas fiduciales no permiten, por razones de baja calidad fotográfica, una orientación interna automática satisfactoria. Como es bien sabido, el punto clave respecto a la operación interactiva es el de disponer de una interfaz ergonómica con el usuario.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

3. El Sistema de Ortofotos Digitales (SOD)

El SOD del ICC, conocido como ORTO, ha estado en producción desde julio de 1988. Desde aquel momento ha sufrido mejoras radicales en sus funciones e interfaz gráfica de usuario. La tercera versión, actualmente en producción, fue puesta en marcha en julio de 1990. El sistema ORTO se caracteriza por dos rasgos esenciales: las utilidades de gestión de proyectos y la automatización del rectificador, desde la selección de las imágenes óptimas hasta la ortofoto pasando por una orientación interna completamente automatizada.

3.1. El subsistema RDI

El subsistema RDI - Rectificación Digital de Imágenes es el núcleo fotogramétrico de rectificación. Las principales características de dicho subsistema, desde el punto de vista del usuario, se indican a continuación.

Mosaico. Esta opción es imprescindible cuando el terreno es accidentado o la escala del vuelo no permite la producción de la ortofoto a partir de un único fotograma.

Área de rectificación arbitraria. El área de rectificación es definida en el espacio objeto por medio de polígonos cerrados arbitrarios. Para proyectos a gran escala dicho polígono contiene tan solo las cuatro esquinas que definen la hoja. Para escalas muy pequeñas y peticiones especiales, ésta es una opción muy útil.

Stereomates (pares estereoscópicos). Es posible producir un stereomate digital de la ortofoto para realizar control de calidad tridimensional.

Control. El usuario puede, en todo momento, parar o rearmar el subsistema, notificar la no disponibilidad de un determinado dispositivo como un armario de cinta, interrumpir el procesado de cualquier ortofoto, obtener información sobre el estado global del proceso, etc.

Debido a su especial relevancia, sería conveniente enfatizar algunas de las características técnicas de RDI: éste ha sido concebido como un subsistema batch, en pipeline, distribuido, flexible y robusto:

Batch. RDI está altamente automatizado y el grado de intervención humana es bajísimo. De hecho, ésta se reduce al montaje y desmontaje de cintas que son requeridas por el propio subsistema.

Pipeline. El proceso es dividido en varios pasos o fases que pueden ser solapados, de forma que varias ortofotos pueden ser rectificadas en el mismo instante. De esta forma la productividad se ve incrementada sensiblemente. Véase la sección 3.2.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Distribuido. Los pasos que componen el proceso de rectificación pueden ser ejecutados en diferentes CPUs, consiguiéndose de esta manera aprovechar las particulares características de la configuración existente.

Flexible. RDI fue diseñado y realizado teniendo en cuenta que la configuración podía ser alterada en cualquier momento, de forma que no fuesen requeridos cambios en el software ante eventuales cambios en aquella. Tanto el usuario final como el propio centro de cálculo, responsables finales de la explotación, se benefician de esta característica.

Robusto. RDI es capaz de reorganizar sin pérdida de información - y sin ningún tipo de intervención humana - en caso de colapso del sistema informático.

3.1.1. Diseño del software. Comentarios sobre su realización

Aunque el núcleo del software - rectificación y proceso de imagen en general, orientación interna automática, reformato, etc. - ha sido diseñado siguiendo el criterio de máxima portabilidad y estandarización, otros componentes de RDI, principalmente la parte de control del subsistema (véase sección 3.2), han sido realizados utilizando las posibilidades del entorno V AX/VMS con la intención manifiesta de incrementar la tasa de productividad. Esto implica que ORTO, como muchos otros productos software, no es un sistema completamente portable. No obstante, la migración a otros entornos podría ser realizada con un esfuerzo razonable.

Todo el software desarrollado por el ICC ha sido escrito en el subconjunto estándar de la versión V AX/VMS del lenguaje de programación FORTRAN 77. El entorno interactivo de ventanas escogido fue DECWindows y la librería gráfica estándar X-Windows.

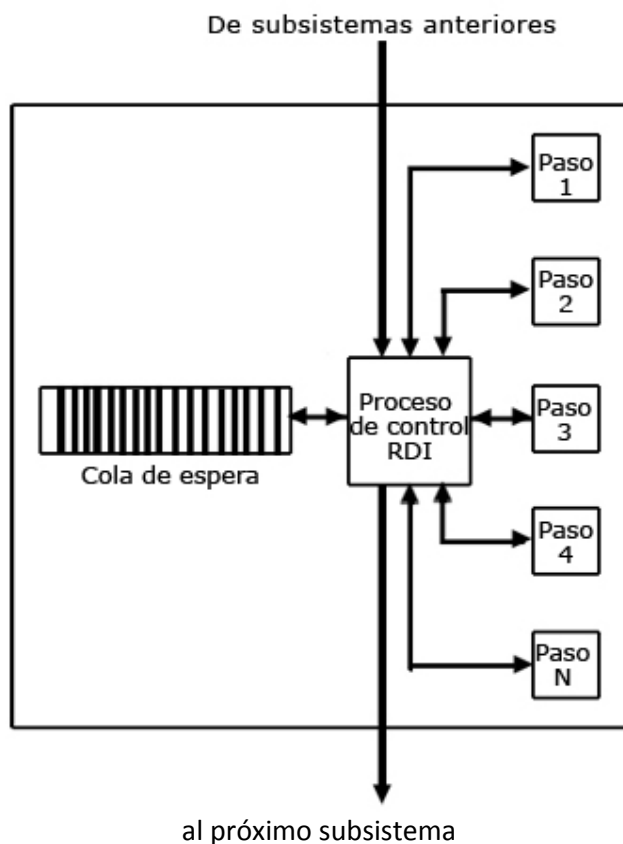
3.2. Pipelining y routing en el subsistema RDI

El subsistema DIR ha sido realizado utilizando una concepción pipeline. Es decir, el procesado de una ortofoto se ha subdividido en varias fases o pasos.

Un proceso de control, el master, es el encargado de la gestión de la coordinación de los citados pasos. Aquel dispone de toda la información concerniente a la configuración (número de discos, de cintas, el estado de éstos, etc.), a las necesidades de cada paso en términos de recursos así como al estado global del subsistema. Siempre que sea posible - esto es, cuando los recursos necesarios están disponibles - una nueva fase es iniciada por el master. El círculo se cierra por medio de la notificación que el propio paso transmite al master al concluir su tarea. El estado de RDI es alterado cada vez que una fase se inicia o concluye. Las ortofotos se intentan procesar de acuerdo con la política FIFO, pero si una de ellas no puede ser atendida debido al elevado volumen de recursos requerido es posible iniciar una posterior, siempre y cuando ésta no esté afectada por el mismo problema.



En un momento dado, el subsistema puede estar atendiendo varias ortofotos de entre las existentes en la cola de espera. En un principio, cada una de ellas ha de encontrarse en una fase diferente del pipeline. Es posible, no obstante, definir algunos o todos estos pasos como múltiples, de manera que varias ortofotos puedan realizar simultáneamente la misma fase. Esta característica es especialmente útil ya que permite equilibrar las diferencias en cuanto a tiempos de procesado existentes entre los diferentes pasos, reduciéndose así los lapsos de espera debido a la falta de datos e incrementándose automáticamente el rendimiento. En la figura 1 se muestra un esquema de RDI.



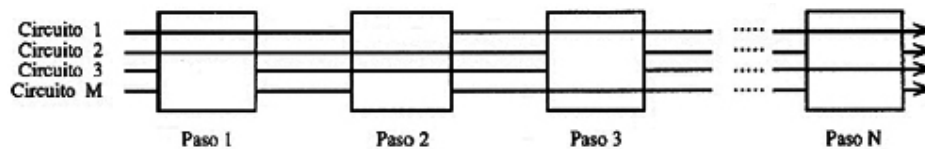
El conjunto de fases requerido para generar una ortofoto es función de los parámetros opcionales seleccionados por el usuario (subsistema de preprocesado). Puede definirse un circuito como el conjunto de pasos utilizado para generar una ortofoto de acuerdo con un grupo específico de parámetros de proceso. Si alguno de estos parámetros es alterado, el circuito a utilizar será diferente.

La ventaja principal de este concepto se encuentra en el hecho de que la realización en pipeline de RDI permite especificar el conjunto de pasos existentes y conectarlos de cualquier forma que se desee. Si se quiere incorporar una nueva función al subsistema – por ejemplo un nuevo algoritmo para mejorar la calidad radiométrica de la imagen -



solamente es necesario escribir el software relacionado con aquella. Esta nueva función se define a continuación como un nuevo paso de RDI y un circuito adicional, contemplando esta mejora, se añade a los preexistentes.

Fases y circuitos pueden ser añadidos y eliminados del subsistema sin alterar el software. Una simple modificación en los archivos de configuración de aquel basta para reflejar la nueva situación. Una ortofoto tiene que ser procesada forzosamente utilizando uno de los circuitos predefinidos. La figura 2 muestra el concepto de circuito.



4. Sistema de generación de ortofotomapas

Desde septiembre de 1990, las actividades relacionadas con el acabado del ortofotomapa han sido trasladadas a un entorno digital utilizando hardware y software de Intergraph. La concepción global del sistema así como muchos módulos software han sido desarrollados por el ICC. Los beneficios de este concepto son: la no degradación de la calidad de la ortofoto digital y la supresión de todas las tareas fotomecánicas de laboratorio necesarias para la integración de los componentes del ortofotomapa en una única película.

Para construir el ortofotomapa son necesarios varios elementos los cuales pueden ser clasificados como raster y vectoriales. Hasta cuatro de éstos últimos se mezclan con la ortofoto, la cual es el único elemento raster.

Perspectiva isométrica (esquina superior izquierda). Varios módulos de software fueron desarrollados para generarlas. Las principales características de éstos son: acceso directo a la base de datos MDT, eliminación de líneas ocultas y selección interactiva del punto de vista óptimo.

Mapa guía (esquina superior derecha). Utilizado para localizar el ortofotomapa en el contexto de una escala inferior (1:50.000). Se utilizan bases de datos administrativas y topográficas especialmente diseñadas al efecto.

Carátulas y leyendas. Las coordenadas geográficas, las de la proyección cartográfica utilizada, algunos datos geodésicos y fotogramétricos, leyendas, el logotipo y anagrama del ICC, etc, se incluyen en un archivo creado automáticamente a partir de diversas bases de datos.

Toponimia. Utilizando la ortofoto como background, los topónimos son colocados interactivamente en pantalla por un operador experto, en un entorno de trabajo



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

completamente WYSIWYG (what you see is what you get). Puesto que para el texto se utilizan contornos BitStream (vectores) los textos pueden ser reubicados, rotados o colocados a lo largo de un accidente geográfico con suma facilidad, respetando además las especificaciones de tipo y fuente almacenadas en un archivo. Una vez que la posición final del topónimo ha sido confirmada, sus coordenadas son utilizadas para actualizar la base de datos. De esta manera, el proceso de colocación de la toponimia sirve para mantener al día una base de datos de topónimos muy útil para las aplicaciones SIG.

Para conseguir la correcta disposición de todos los elementos citados, tanto la perspectiva isométrica como el mapa guía son automáticamente escalados, rotados y reubicados siempre que esto sea necesario.

Una vez que todos los componentes han sido generados, un fichero raster que los combina es creado por el proceso mappublisher, el cual se divide en tres etapas. Primero, la información vectorial es rasterizada y se obtienen dos archivos diferentes, conteniendo a) componente lineal negra, utilizando fuentes BitStream de alta resolución y b) reventado de topónimos. A continuación, estos archivos se combinan con la ortofoto para obtener el ortofotomapa, el cual, finalmente, es filmado (medios tonos o halftoned, 133 dpi, 1016 1pi de resolución) utilizando un Optronics 5040.

Debido a que la fusión de toda esta información es realizada en formato raster a una resolución de 25 m, se requiere una gran cantidad de espacio en disco (sobre 350 MB por ortofotomapa). Una nueva versión del software Mappublisher de Intergraph es capaz de efectuar este mismo proceso con una utilización de dicho recurso muy inferior (aproximadamente 40 MB). Para llegar a este punto, la fusión es realizada directamente por el software del Optronics 5040 en el mismo momento de la filmación (on-the-fly). El incremento de productividad esperado es de aproximadamente el 30%. El ICC está realizando actualmente la comprobación de este software.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

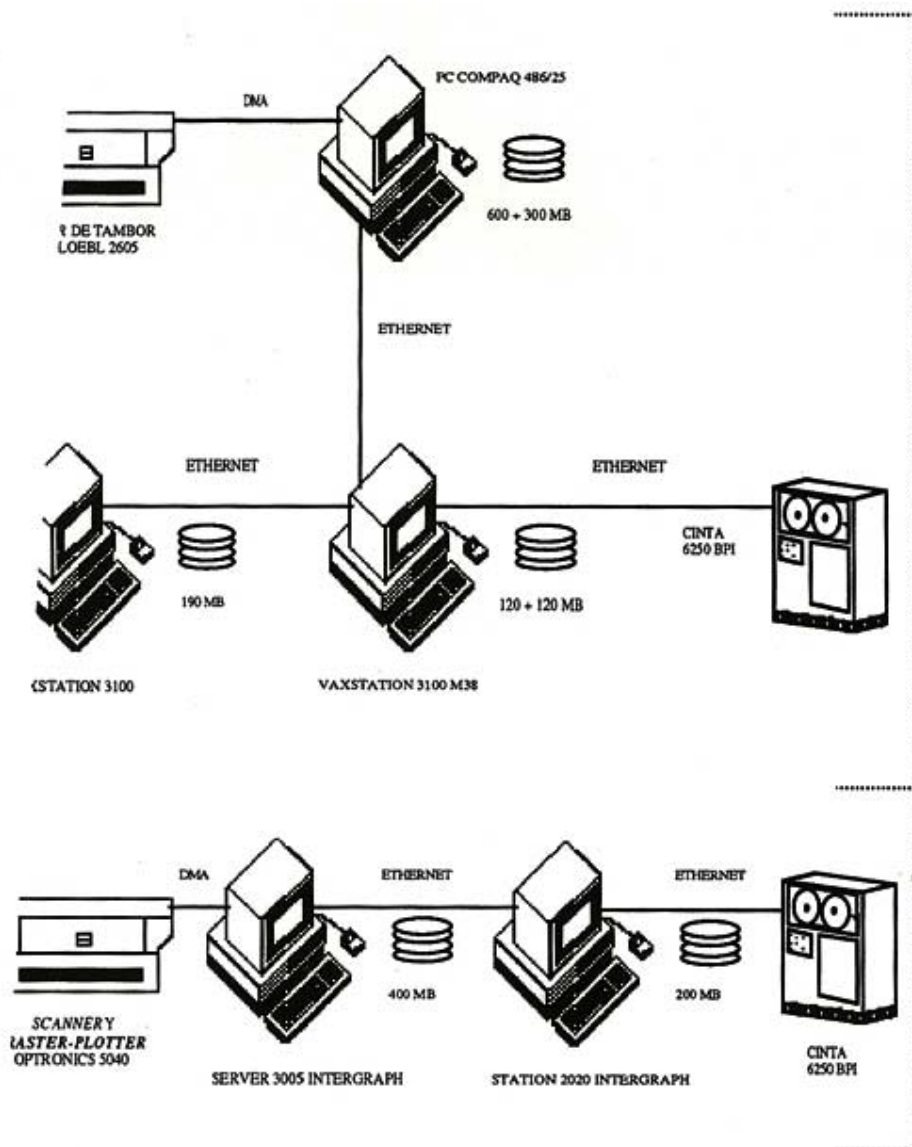


Figura 3: configuración hardware.

5. Hardware del sistema: configuración y rendimiento

La figura 3 muestra la configuración hardware utilizada, la cual fue diseñada teniendo en cuenta los recursos disponibles y las aplicaciones tanto existentes como futuras.

Dos grandes grupos pueden ser identificados dentro de esta configuración. El primero de ellos es usado para generar ortofotos; es responsabilidad del segundo la producción de films en medios tonos (halftoned) utilizando el raster-plotter.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Generación de ortofotos

Scanner de tambor Joyce-Loebl. Tamaños de pixel: 12.5, 25,50, 100, 200, 500 Y 1000 ym. Velocidades de rotación: 1, 2, 5 Y 10 reviso Máximo formato aceptado 1000 mm x 1200 mm. B/W y RGB. Modos de scanning: reflectancia y transmisión. Rangos de densidad: 0-2.0D y 0-4.0D.

PC Compaq 486/25 con 4 MB de RAM y 600 + 300 MB de disco. Controla el scanner, al cual está conectado vía DMA.

DEC VaxStation 3100 M38 con 8MB de RAM, 120 + 120 MB de disco, 2300 Whetstones de doble precisión (WDP). Prácticamente todas las tareas relacionadas con el SOD son ejecutadas en esta unidad. Las imágenes digitalizadas son transferidas desde el subsistema de scanning por medio de Ethernet (10 Mbits/s).

Cuando es preciso realizar tareas de mosaico una segunda estación es utilizada. Esta decisión fue tomada con la intención de evitar la sobrecarga de la primera unidad, al cual se dedica enteramente a la producción batch. Son responsabilidad de esta CPU la rectificación y ensamblado interactivo de un mosaico a escalas 1:25.000 y 1:5.000 son aproximadamente 45 y 60 minutos respectivamente. En una configuración previa a la actual, absolutamente todos los procesos eran realizados por una sola estación de trabajo. La migración de las tareas de mosaico a la unidad actualmente utilizada se realizó sin modificar el software, el cual había sido diseñado teniendo en cuenta toda esta problemática. La ya citada segunda unidad es, actualmente, una DEC VaxStation 3100, con 8 MB de RAM, 190 MB de disco y 1600 WDP.

Unidad de cinta de 6250 bpi. Utilizada para leer/escribir las cintas que contienen o han de contener las imágenes digitalizadas u ortofotos.

Ensamblado de ortofotomapas y filmado de calidad

Workstation 2020 de Intergraph, con 16 MB de RAM, 200 MB de disco, sobre 5000 WDP y 12.5 MIPS. Es utilizada para colocar la toponimia y generar la información vectorial.

Server 3005 de Intergraph, con 16 MB de RAM, 3 discos de 670 MB cada uno, 4100 WDP y 10 MPIS. Es utilizada para leer las cintas generadas por el SOD y enviar su contenido al raster-plotter una vez procesado por la Workstation 2020.

Scanner y raster-plotter de tambor Optronics 5040 del Intergraph. Tamaños de punto: 12.5, 25, 50, 100 Y 200 ym (redondo y cuadrado). Velocidades de rotación: 500 y 1000 reviso Máximo formato aceptado: 1270 mm x 1016 mm.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Los costos de generación de una ortofoto se muestran en la tabla 1. Estos se refieren a la escala 1:5.000, la cual es la principal línea de producción de ortofotos del ICC. El proceso ha sido dividido en los seis pasos de los que se compone.

PASO	Leer cinta <i>input</i>	Tiling	Orientación interna y captura DTM	Rectificación	Ajuste al corte geodésico	Escribir cinta <i>output</i>
CPU (min)	1	4	1.5	35	1	1
Disco (MB)	40	40	-0	25	25	0

Tabla 1: costos para una ortofoto (VaxStation 3100 M38).

MODO	Leer cinta	Crear carátula	Colocar toponimia (por operador)	Map- publishing	Filmación	Media por mapa
En pipeline	30	~0	120	60	60	120
On-the-fly	30	~0	120		90	90
Orto a orto	20	~0	120	35	45	220

Nota: el ortofotomapa (82 cm x 75 cm) es filmado a 25µm; las unidades son minutos (*elapsed*).

Tabla 2: Costos y rendimiento del sistema de ortofotomapa.

Utilización de disco (MB)	Unidades de cinta	Tiempo de proceso	Ortofotos
120 + 120	1	100% <	21
600 + 600	1	100% <	30
120 + 120 <	1	70%	34
160 + 160	1 <	70%	38
160 + 160 <	2	60%	42

Nota: el símbolo < indica el punto donde se produce el cuello de botella.

Tabla 3: Rendimiento de las configuraciones simuladas.

Es fácil comprobar que el tiempo total de CPU requerido para generar una ortofoto - incluyendo todos los pasos, no sólo la rectificación digital de la imagen - es aproximadamente 42 minutos. Por el contrario, no es necesario disponer de 130 MB de disco. De hecho, una cantidad muy inferior, 80 MB basta para realizar el proceso. La razón que justifica esta afirmación es que los archivos creados por una fase son borrados tan pronto como la siguiente ha sido completada.

Con una VaxStation 3100 M38, ORTO es capaz de producir hasta 21 ortofotos por día si tanto la imagen de entrada como la ortofoto de salida son leídas y escritas respectivamente por medio de cinta (éste es el caso mostrado por la tabla 1). Si la imagen digitalizada puede leerse directamente desde disco, entonces el rendimiento se eleva hasta 30 ortofotos diarias.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

El sistema de generación de ortofotomapas también tiene una arquitectura en pipeline. Los costos de generar un ortofotomapa así como el rendimiento de dicho sistema se muestran en la tabla 2. Para ilustrar los beneficios aportados por el tipo de arquitectura mencionado, se incluyen los rendimientos teóricos de un sistema "uno a uno" absolutamente secuencial.

5.1. Tuning de la configuración hardware

Con la intención de mejorar el rendimiento del subsistema RDI se han realizado ciertos tests en relación con el ajuste y adecuación de la configuración hardware.

Debido a la complejidad del subsistema en discusión y a la no disponibilidad de ciertos recursos se han utilizado técnicas de simulación discreta para evaluar los efectos de dichos ajustes.

Si bien el tiempo de proceso es un factor clave, no es el único que afecta el rendimiento final. Otros componentes del subsistema, como el espacio disponible en disco y el número de unidades de cinta, tienen que ser tenidos en cuenta para llegar a obtener un incremento significativo de la productividad. De otra forma, los cuellos de botella producidos por configuraciones desequilibradas harían disminuir la tasa de salidas.

La tabla 3 muestra resultados para algunas configuraciones posibles. Es de especial interés notar que el rendimiento actual puede llegar a ser multiplicado por un factor de dos (desde 21 hasta 42 ortofotos diarias).

6. Conclusiones y perspectivas

El sistema de generación de ortofotomapas del ICC es, con la excepción de la generación de MDTx, un sistema fotogramétrico- cartográfico operacional completamente digital de alto rendimiento. En su situación actual, la componente fotogramétrica del sistema es capaz de producir hasta 30 orto fotos diarias y la cartográfica hasta 0.5 ortofoto mapas por hora. Se ha señalado que alto rendimiento ha exigido una gran flexibilidad bajo condiciones reales de operación de forma que los picos de trabajo pudieran ser absorbidos eficazmente.

Las actividades de desarrollo en curso son la integración en el sistema del nuevo scanner Zeiss- Intergraph PS-1 así como la producción de ortofotomapas en color, incluyendo mosaico. A continuación, serán realizados los módulos de trabajo interactivos (orto-a-orto y control de calidad), concluyéndose de esta forma la parte principal del desarrollo del sistema y quedando así abierto un nuevo período. Las perspectivas para la investigación y actividades de desarrollo en el campo de la fotogrametría digital están relacionadas con el tema de generación asistida interactiva de MDTs para la producción y tareas de control de calidad.



Agradecimientos

Prácticamente todos los departamentos tecnológicos del ICC han estado involucrados de una forma u otra en el desarrollo descrito en este artículo. Ello incluye al departamento de producción cuyos miembros contribuyeron a la realización de los primeros tests fotogramétricos y al diseño de las sucesivas versiones del software así como al departamento del centro de cálculo, dónde se realizó el tuning final del sistema.

Referencias

- [1] Alberich, Ll., 1985. Orthophotomapping with an automatic system at 1:5.000 map scale. ASP-ACSM Convention, Vol. 1, pp. 222-228, Washington.
- [2] Arbiol, R., Colomina, 1., Torres, J., 1987. Experiences with Gestalt DTM for digital orthophoto generation. ASPRS-ACSM Convention, Vol. 4, pp. 177-187.
- [3] Arbiol, R., Colomina, 1., Torres, J., 1987. A system concept for digital orthophoto generation. Proceedings of the Intercommission Conference on Fast Processing of Photogrammetric Data, pp. 387-403, Interlaken.
- [4] Arbiol, R., Pala, V., Romeu, J., 1988. Generación de ortofotos 1:50.000 a partir de imágenes del satélite SPOT. II Jornadas Hispano-Francesas de Teledetección, Madrid.
- [5] Arbiol, R., Pala, V. Romeu, J., 1988. Color orthophotomaps from satellites. CERCO, Paris.
- [6] Colomer, J.Ll.', 1987. Configuring a production system for Digital Orthophoto Generation. ICC inner report
- [7] Colomina, 1., Navarro, J., 1989. El sistema de generación de ortofotos digitales del ICC. SECFT, Primera Jornada Técnica. Sistemas Cartográficos Digitales Españoles: productos y desarrollos, Madrid.
- [8] Colomina, 1., Navarro, J., 1991. On functional requirements of a photogrammetric station for digital orthophoto generation. SECFT, Tercera Jornada Técnica. Sistemas Fotogramétricos Analíticos Digitales: una nueva generación emergente. Barcelona.
- [9] Fernández, J., 1986. An overview to the DINIRALT system. ICC inner report
- [10] Torres, J., Colomina, 1., 1988. Els models digitals del terreny Gestalt: aspectes algorítmics. Revista Catalana de Geografia, Vol. 3, No. 7, pp. 49-66.