

Las crecientes innovaciones en la captación de imágenes mediante técnicas digitales, y sus claras aplicaciones en el ámbito cartográfico posibilitan la generación de nuevos productos, o bien el perfeccionamiento de otros ya existentes.

Uno de estos casos es la producción de ortoimágenes verdaderas, que como veremos a continuación se trata de un producto innovador, que técnicamente resuelve las deficiencias de la ortoimagen convencional, proporcionando mayor calidad y con posibilidades de análisis y gestión del territorio no vistas hasta el momento. En el presente artículo se detallan las ventajas y las numerosas aplicaciones que surgen de este nuevo producto, adentrándonos en el análisis comparativo entre la metodología convencional y la digital.

GEOCART,S.L ofrece este producto en España a través de la generación de la Trueortho® , realizándose en la actualidad diversos proyectos.

2. Introducción.

Desde la introducción de la ortimagen como un producto cartográfico para la realización de diferentes trabajos de análisis del territorio, las investigaciones trataban de resolver las deficiencias existentes para adaptarse a las exigencias del mercado.

- ¿Cómo generar un producto con cualidades métricas completas?
- ¿Cómo rectificar la proyección de las edificaciones y demás elementos verticales?
- ¿Cómo evitar las ocultaciones?
- ¿Cómo captar los datos de forma continua y homogénea?
- ¿Cómo optimizar el proceso de obtención de ortoimágenes?
- ¿Cómo integrar perfectamente una ortoimagen con los restantes productos cartográficos?

En resumen, ¿cómo obtener un producto de mayor calidad?



Figura 1: Problemas Orto Convencional

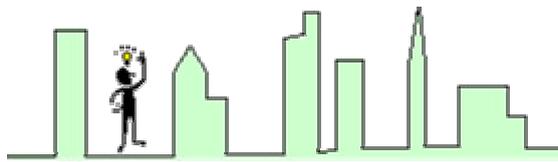


Figura 2: Solución Geocart-Istar

Existen varias técnicas que permiten resolver algunos de estos problemas, pero no obtienen una respuesta óptima que englobe el conjunto de necesidades. Las posibilidades ofrecidas mediante la tecnología digital han dado un giro completo al estudio de nuestro entorno, ofreciendo diferentes soluciones, ya sea mediante satélites, para escalas medias e inferiores, ó sistemas aerotransportados para escalas grandes (1/1000, 1/2000, 1/5000).

Sin duda alguna, una de las tecnologías desarrolladas más importantes es la toma de imágenes mediante la cámara digital de LEICA ADS-40 que junto al procesamiento investigado por ISTAR conforman la base de la Trueortho® (marca registrada de **Istar**). Como veremos en el presente artículo, se trata de un producto innovador, que tecnológicamente y técnicamente resuelve las deficiencias de la ortoimagen convencional, proporcionando mayor calidad con posibilidades de análisis y gestión del territorio no vistas hasta el momento. Sin perder una perspectiva técnica, es conveniente mencionar que se trata de un resultado obtenido a partir de la captación de imágenes, mediante herramientas con unas determinadas precisiones, y

procesamientos basados tanto en las propias imágenes como en modelos del terreno que representan la superficie real. Es decir, son modelos de la realidad, no la realidad misma. Aún así y sin ninguna duda, mejora lo existente tanto en calidades como en aplicaciones.

3. Descripción del Producto.

GEOCART, S.L., ha establecido una política de alianzas estratégicas para introducir en España un producto que cambiará el concepto de ortoimagen tal y como la conocemos en la actualidad.

La Trueortho es una ortoimagen cuya captación, procesamiento y resultado se realiza de manera digital y automatizada, lo que la convierte en un producto rápido de obtener, sin errores de interpretación y con un precio de mercado muy competitivo. El resultado generado es una **Ortoimagen verdadera** rectificadas en todos sus puntos, a partir del **Modelo Digital de Superficies**, y con resoluciones geométricas que llegan hasta los 15 cm., lo que posibilita un tratamiento cartográfico completo de todos los elementos que la componen.

De esta forma es posible realizar mediciones en edificaciones, masas de árboles u otros elementos posicionados sobre el terreno, cuyas dimensiones no podían ser medidas en la orto convencional ya que tan solo era rectificado el terreno propiamente dicho.

Para obtener la proyección ortogonal sobre toda la imagen es imprescindible disponer de un Modelo Digital de Elevaciones que represente todos los elementos, naturales y artificiales existentes sobre el terreno. La tecnología presentada resuelve este problema, mediante la generación del denominado **Modelo Digital de Superficie (MDS)**, mostrado en la figura 4, cuya información, además de posibilitar la obtención de la ortoimagen, es una fuente segura de potenciales análisis.



Figura 3: Trueortho pancromática a 25 cm de resolución.

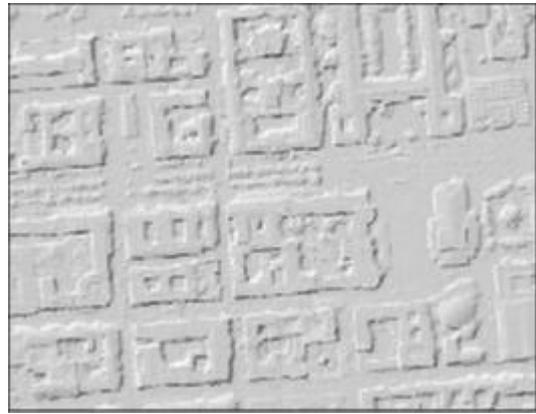


Figura 4: MDS a 1m de resolución.

4. Ventajas y aplicaciones.

Las ventajas que proporcionan tanto de la **Trueortho** como del **MDS** permiten numerosas aplicaciones de gestión y análisis. A continuación se muestran numerosos detalles que superan las limitaciones hasta ahora vistas en las ortoimágenes.

- Perspectiva ortogonal de todos los elementos de la ortoimagen. Este aspecto dota al producto de cualidades métricas completas, superando la deficiencia de las ortos convencionales, en las cuales solo era posible realizar mediciones sobre el terreno,

dejando fuera aquellos elementos, como construcciones y edificaciones, no representados en el MDE y por lo tanto no rectificadas en el producto final.

- Eliminación de abatimientos y ocultaciones de información provocadas por causas de la proyección cónica sobre elementos verticales. (Edificios, Construcciones, masas de árboles).
- Radiometría homogénea y reducción del mosaicado debido al registro continuo de información, restringiéndose el proceso a la unión entre las pasadas.
- Obtención del MDS que supone una fuente de información ideal para diferentes estudios basados en las elevaciones de un entorno urbano.

En las figuras 5 se resumen varias de las deficiencias, ya comentadas, aparecidas las ortoimágenes convencionales, y cómo mediante la ortoimagen verdadera, mostrada en la figura 6, se resuelven los clásicos problemas derivados de la proyección cónica, como los abatimientos y ocultamientos provocados por los edificios.



Figura 5: Orto con abatimientos y ocultamientos



Figura 6: Trueorto Lyon

Lo importante es que todas las ventajas antes descritas posibilitan la ejecución de aplicaciones prácticas, que muestran un nuevo campo en el mundo del análisis cartográfico. A continuación se intenta dar una serie de ejemplos prácticos que muestran la potencialidad del producto y confirman que se trata de un medio imprescindible para el estudio y análisis del territorio urbano.

- **Integración perfecta entre la ortoimagen y la cartografía vectorial.** Al disponer de proyección ortogonal en toda la imagen nos aporta ventajas de control de calidad y actualización de la cartografía urbana, permitiéndonos introducir vectores utilizando como referencia la Trueortho.



Figura 7: Integración de Orto Lyon y Cartografía Vectorial

- **Integración en Sistemas de Información Geográfica.** Las diferentes capas de información se adaptan en su totalidad a la Trueortho, obteniendo análisis más fiables de la realidad.
- **Incorpora tres dimensiones al Catastro.** Mediante el Modelo Digital de Superficies permite, no solo la definición planimétrica de las parcelas si no la regulación y comprobación de las alturas.



Figura 8: Modelo de Alturas a partir del MDS

- **Análisis de desarrollo urbanístico.** Control y planificación de las alturas, Análisis de nuevas construcciones mediante contraste de alturas, Evolución histórica.
- **Análisis de vegetación.** La trueortho incorpora un canal de infrarrojo que permite obtener información sobre la vegetación existente.
- **Análisis de visibilidad mediante el MDS.** Aplicaciones como situación de antenas de telefonía móvil en entornos urbanos utilizando análisis de visibilidad para determinar coberturas. Realización de mapas solares para la valoración de viviendas.

- **Vuelos Interactivos en Tres Dimensiones.** Es posible realizar un modelo completo en tres dimensiones de la zona representada, mediante la integración de las ortoimágenes y el MDS. A partir de aplicaciones informáticas se genera un vuelo libre, con la posibilidad abierta de insertar datos vectoriales, alfanuméricos y audiovisuales. El resultado es un modelo de la realidad por donde se puede viajar libremente, con aplicaciones para la divulgación turística, callejeros virtuales, realización de simulaciones etc. En la Figura 9 se muestra una perspectiva en 3D de entornos urbanos realizada a partir de esta metodología. La figura 10 es una imagen captada del vuelo 3D realizado sobre la isla de Palma.



Figura 9: Perspectiva 3D de la ciudad de Marsella

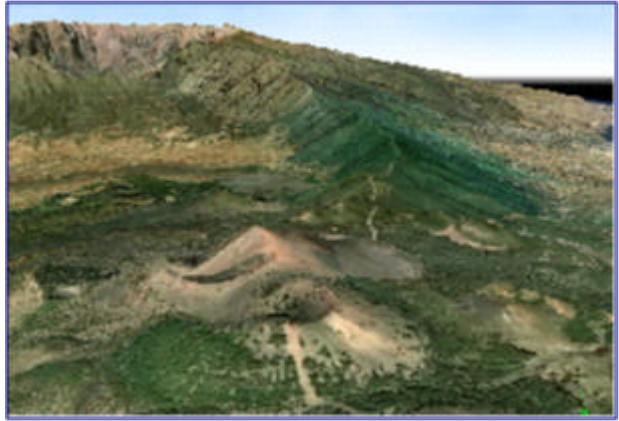


Figura 10: Perspectiva 3D de la Isla de la Palma

5. Comparativa entre la Trueorto y la Orto convencional.

Realizar un análisis comparativo, entre las ortos convencionales y la **Trueorto**, puede dar una idea de las ventajas que supone esta nueva tecnología, por lo que es posible determinar para que tipo y zonas de trabajo está más recomendada cada una de ellas.

Clásicamente se ha realizado una rectificación de la imagen fotográfica basada en la transformación de la perspectiva cónica, correspondiente a un fotograma tomado desde una cámara aérea analógica, a una perspectiva ortogonal que dotase al producto derivado de cualidades métricas. Técnicamente la ejecución partía del tratamiento fotogramétrico oportuno, que atenuase por un lado los errores debidos tanto al soporte establecido para la recogida de la información como al método utilizado para su captura (Orientación Interna); por otro lado se realizaba la formación de los modelos estereoscópicos (Orientación relativa), imprescindible para el caso en el que fuese necesaria la extracción del Modelo Digital de Elevaciones; y finalmente se establecía la relación entre el espacio modelo y el espacio terreno (Orientación absoluta) mediante el uso de una serie de puntos con coordenadas conocidas en ambos sistemas (Puntos de Apoyo). Estas dos orientaciones, relativa y absoluta, conforman la Orientación Externa de los fotogramas. Posteriormente y mediante un modelo digital de elevaciones que simulase la realidad del terreno, era posible eliminar los efectos producidos por la perspectiva cónica sobre la superficie cambiante y transformar cada elemento de la imagen a una perspectiva ortogonal. Una vez rectificado cada fotograma puede cubrirse una extensa zona de terreno mediante el mosaicado del conjunto de las ortoimágenes individuales.

Por lo tanto y como conclusión de lo expuesto anteriormente es posible deducir que la exactitud final del producto está delimitada por los siguientes puntos:

1. **Captura de la información:** Vuelo, Lente, Soporte, Escaneo de fotogramas.
2. **Apoyo fotogramétrico:** Exactitud y distribución de los puntos.

3. **Modelo Digital del Terreno.**
4. **Tratamiento de los datos.**

A. Una óptima **captura de la información** de partida es imprescindible para obtener un producto final de calidad, tanto en aspectos geométricos como radiométricos. Para la realización de un proyecto de dimensiones medias, los métodos convencionales requieren la utilización de cámaras analógicas, permanentemente mantenidas y calibradas, el uso de películas fotográficas adecuadas donde registrar los múltiples fotogramas que cubran estereoscópicamente la superficie deseada, amplio laboratorio para el tratamiento fotográfico y procesos de conversión analógico-digital mediante un escáner fotogramétrico que digitalice los negativos.

La metodología utilizada en la **Trueortho** resuelve todos estos procesos en un solo paso, mediante la captura y procesamiento digital de todos los datos, de tal forma que elimina posibles errores debidos a la manipulación de la información, sin olvidar los errores propios de cada uno de ellos surgidos de las limitaciones instrumentales. Otro aspecto importante, es la captura de datos en bandas continuas a partir del sensor de barrido de matriz lineal, lo que provoca un recubrimiento longitudinal total que permite la captura centrada de la información, eliminando ocultamientos, abatimientos de los elementos verticales y errores debidos a la proyección, además de obtener un resultado radiométrico homogéneo, ya que reduce el mosaicado a la unión de bandas transversales con un recubrimiento entre 50% y el 80 %, disminuyendo cuantiosamente los procesos radiométricos posteriores.

B. El **apoyo fotogramétrico** a realizar en campo supone una parte importante del proceso de obtención de las ortos convencionales. El sistema de navegación utilizado con esta nueva tecnología permite dotar a la cámara digital de posicionamiento absoluto en todo momento del vuelo. Para ello es imprescindible situar receptores fijos en puntos de coordenadas conocidas, acompañados de un número mínimo de puntos de control para garantizar la calidad final. Por lo tanto es posible limitar el número de puntos, siendo superior la diferencia con respecto a la aerotriangulación fotogramétrica convencional, cuanto mayor sea la superficie de actuación.

C. Como se ha mencionado anteriormente una de las innovaciones más importantes que aporta esta tecnología es la generación de un **Modelo digital de Elevaciones** que describe toda la realidad de la superficie captada (MDS), de esta forma se representa no solo el terreno propiamente dicho si no también las diferentes estructuras de ámbito vertical que en un MDT clásico no se especificaban. Con una resolución de 1 metro, dispondremos de datos capaces para la rectificación total de la ortoimagen.

D. Finalmente el **procesamiento de los datos** supone otra ventaja imprescindible que la tecnología presentada nos ofrece. Desde el inicio del proceso, hasta la entrega de las ortoimágenes el tratamiento es completamente digital con un alto grado de automatismo, lo que supone la eliminación de errores, tanto de interpretación por parte de operadores subjetivos como por las transformaciones de la información (Película-Negativos-Digitalización), además de una alta velocidad de procesamiento, lo que permite la entrega del producto en un corto espacio de tiempo.

Una vez analizada la comparativa podemos llegar a varias conclusiones.

- Se trata de un producto que supera las limitaciones de las ortos convencionales.
- Las prestaciones ofrecidas en todas las fases de producción optimizan la generación de ortoimágenes.
- Eliminación de fases de trabajo (película, revelado, escaneo), con la pertinente disminución de costes en el proceso productivo, que originan unos precios de mercado muy competitivos.
- Ideal para zonas urbanas y diseminadas ya que la rectificación de las construcciones permite tratar la ortoimagen como un producto cartográfico completo. Es importante mencionar que los resultados obtenidos en zonas rurales son de muy buena calidad, tanto geométrica como radiométricamente.

- La producción mediante cámaras analógicas seguirá, por un tiempo, teniendo vigencia para escalas 1/1000 y mayores, sin olvidar su pronta caducidad debido a la celeridad de los avances científicos.

6. Alianza Istar-Geocart.

Como resultado de la política de innovación tecnológica y búsqueda de nuevos productos establecida por **GEOCART, S.L.**, ha firmado una alianza estratégica con la compañía ISTAR, filial del grupo tecnológico europeo EADS, que ha desarrollado el sistema de procesamiento de la imagen digital obtenida a partir de la cámara ADS-40 de LEICA.

Este acuerdo permite a **GEOCART, S.L.** ofertar en España esta tecnología de última generación, con precios muy competitivos, así como desarrollar aplicaciones de gran valor añadido a partir de la ortoimagen verdadera. Actualmente se están realizando varios proyectos en España con esta nueva tecnología.

7. Directrices Técnicas.

Indiscutiblemente las especificaciones técnicas del producto, se basan, en su mayoría, en la captación de los datos mediante la cámara ADS-40 de Leica, y las condiciones establecidas en el vuelo fotogramétrico.



Figura 11: Cámara ADS-40

La característica clave de la cámara ADS-40, para la captación de los datos, es el empleo de una matriz lineal triple, consistente en la colocación de tres sensores lineales pancromáticos situados en distintas posiciones del plano focal (Sistema pushbroom). El sensor central tiene una orientación completamente nadiral, mientras que los otros nos facilitan una vista hacia delante y hacia atrás respectivamente (Figura 11). Cada sensor guarda los datos de forma separada, ensamblando la información de cada línea en bandas, con lo que nos está dando la información del terreno desde tres puntos de vista y por tanto la posibilidad de visión estereoscópica jugando con pares de fajas (Frontal-Vertical; Vertical-Posterior; Frontal-Posterior). Adicionalmente entre estas tres líneas pueden ser habilitadas con líneas adicionales dotadas de filtros para la captación de imágenes multiespectrales.

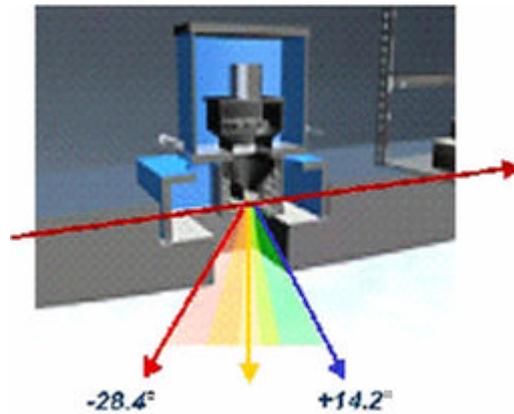


Figura 12: Sensor de triple línea

La óptica del sensor ADS-40 es otro punto importante a detallar. Es imprescindible que una cámara digital destinada a trabajos fotogramétricos cumpla con una serie de requisitos, tales como en gran campo visual, amplio rango espectral, telecentricidad e insensibilidad a las condiciones medioambientales. Para satisfacer estas características la cámara ADS-40 utiliza un plano focal de cuatro alojamientos de CCDs, dos de ellos constan de una única línea, mientras que los otros dos albergan CCDs de triple línea.

De esta forma se toman las bandas de las imágenes pancromáticas con un sistema de dos arreglos de 12000 píxeles yuxtapuestos, desplazados uno respecto al otro a lo largo de la línea equivalente a medio píxel, por otro lado se capta la información discriminada del espectro visible mediante un sistema denominado tricoide con uno de los CCDs de triple línea. La cámara también puede disponer de un canal de infrarrojo.

En la Tabla 1 se muestra las características técnicas de la cámara ADS-40

Tabla 1: Características Técnicas de la cámara ADS-40	
Altura de vuelo	2.000 m - 9.600m
Velocidad de vuelo	103 m/s
Distancia focal	62,7 mm
Superficie media adquirida por día	900 km ²
Recubrimiento Transversal	Del 50 % al 80%
CCD línea	12.000 píxeles
CCD tamaño de píxel	6,5 nm
Definición digital	16 bits
Tamaño de píxel (color)	0,15 a 1,00m
Stereo View angles	-14,2° / 0° / +28,4°
Longitud de onda (bandas espectrales):	

Pancromático (stereo)	465 - 680 nm
Rojo	610 - 660 nm
Verde	535 - 585 nm
Azul	430 - 490 nm
Infrarrojo	835 - 885 nm

La metodología de vuelo se realiza la toma mediante pasadas continuas, con un recubrimiento transversal del 80 %, de tal forma que de cada punto del terreno se toma desde seis puntos de vista, como mínimo en dos pasadas (Figura 14) y en tres bandas de cada pasada (Figura 13).

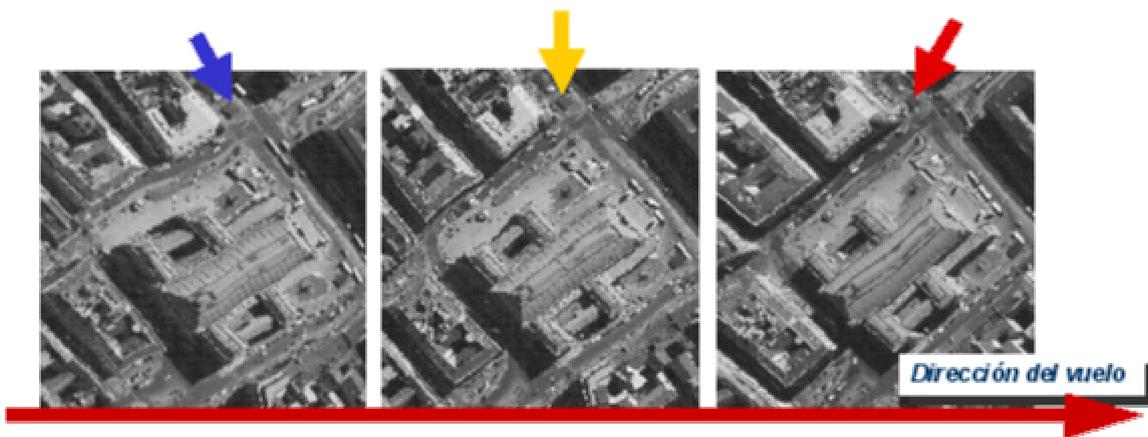


Figura 13: Recubrimiento Longitudinal

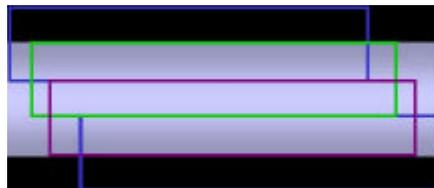


Figura 14: Recubrimiento Transversal

Mediante el sistema de navegación y el posicionamiento de tres receptores GPS en puntos de coordenadas conocidas, conocemos la situación del avión en todo momento, imprescindible para poder referenciar todos los datos.

Todos los datos correspondientes a las imágenes y al posicionamiento del avión son estructurados y registrados en potentes sistemas informáticos habilitados dentro de la aeronave con una tasa de transferencia de datos de 50 Mb por segundo. Para el

almacenamiento masivo se utilizan cintas magnéticas capaces de soportar cuatro horas de registro de información.

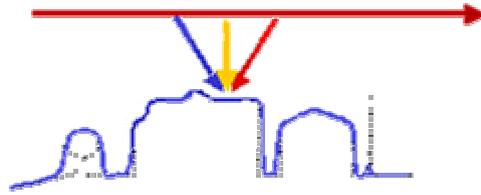


Figura 15: Obtención MDS

Con los datos recogidos se puede ejecutar una estereocorrelación masiva, que permite obtener, tal y como muestra la figura 15, las elevaciones de forma automatizada y con un alto nivel de seguridad debido a la reiteración de datos. Posteriormente se realiza la rectificación de la imagen obteniendo el mosaicado de las pasadas con un coste temporal mucho menor que en los trabajos convencionales. Con un breve proceso radiométrico se efectúa la entrega del producto.

En la Figura 16 se muestra el flujo del procesamiento de datos efectuados con complejos sistemas informáticos.

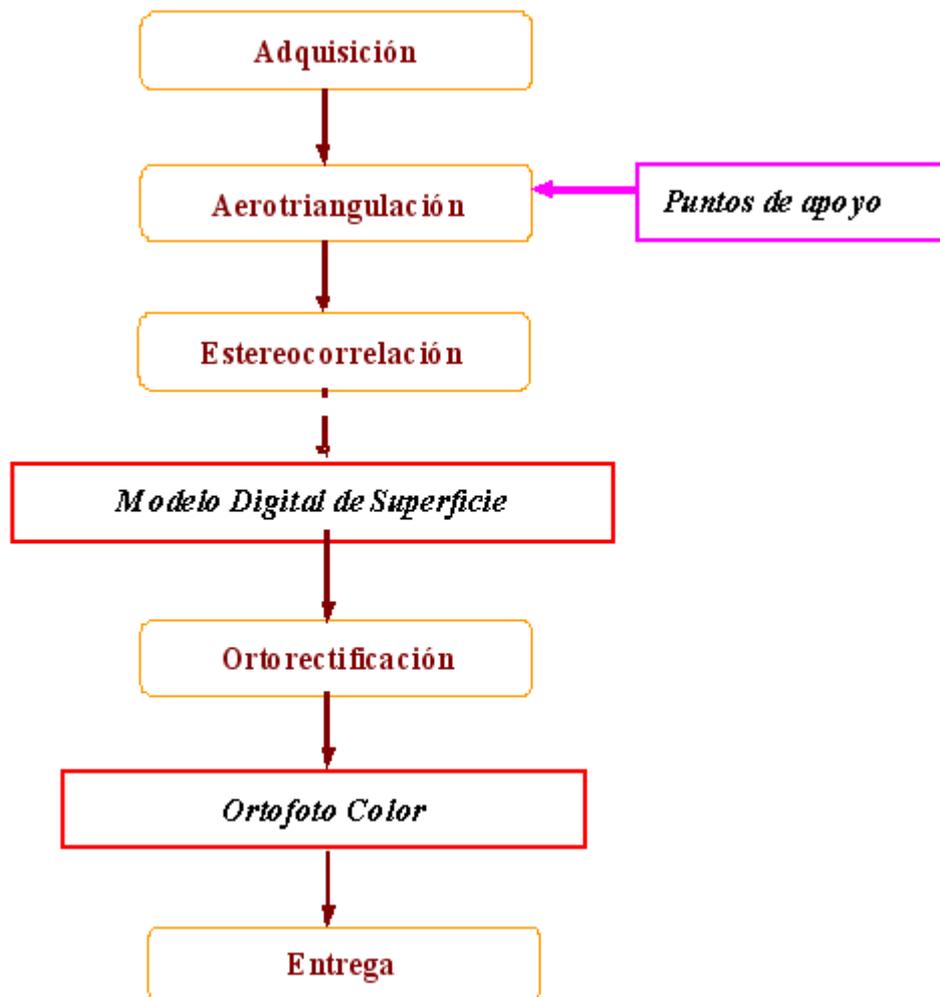


Figura 16: Procesamiento de Datos

8. Información

Para cualquier información y aclaración relacionada con este producto, o con cualquier tema de índole cartográfico, geodésico y topográfico contacte con nosotros en:

GEOCART,S.L.

<http://www.geocart.es>

E.mail: geocart@geocart.es

Avenida de América nº 49, CP: 28002

Teléfono: 91-4150350

Fax: 91-5192540

FDO: Felipe Plasencia Martín, Ingeniero en Geodesia y Cartografía.

FDO: Javier Rodríguez Avial, Ingeniero Agrónomo.

REFERENCIAS EN INTERNET

- Página de Geocart: <http://www.geocart.es>

- Página de Istar: <http://www.istar.com>

- Página de LH Systems, LLC: <http://www.lh-systems.com/products/ads40.html>