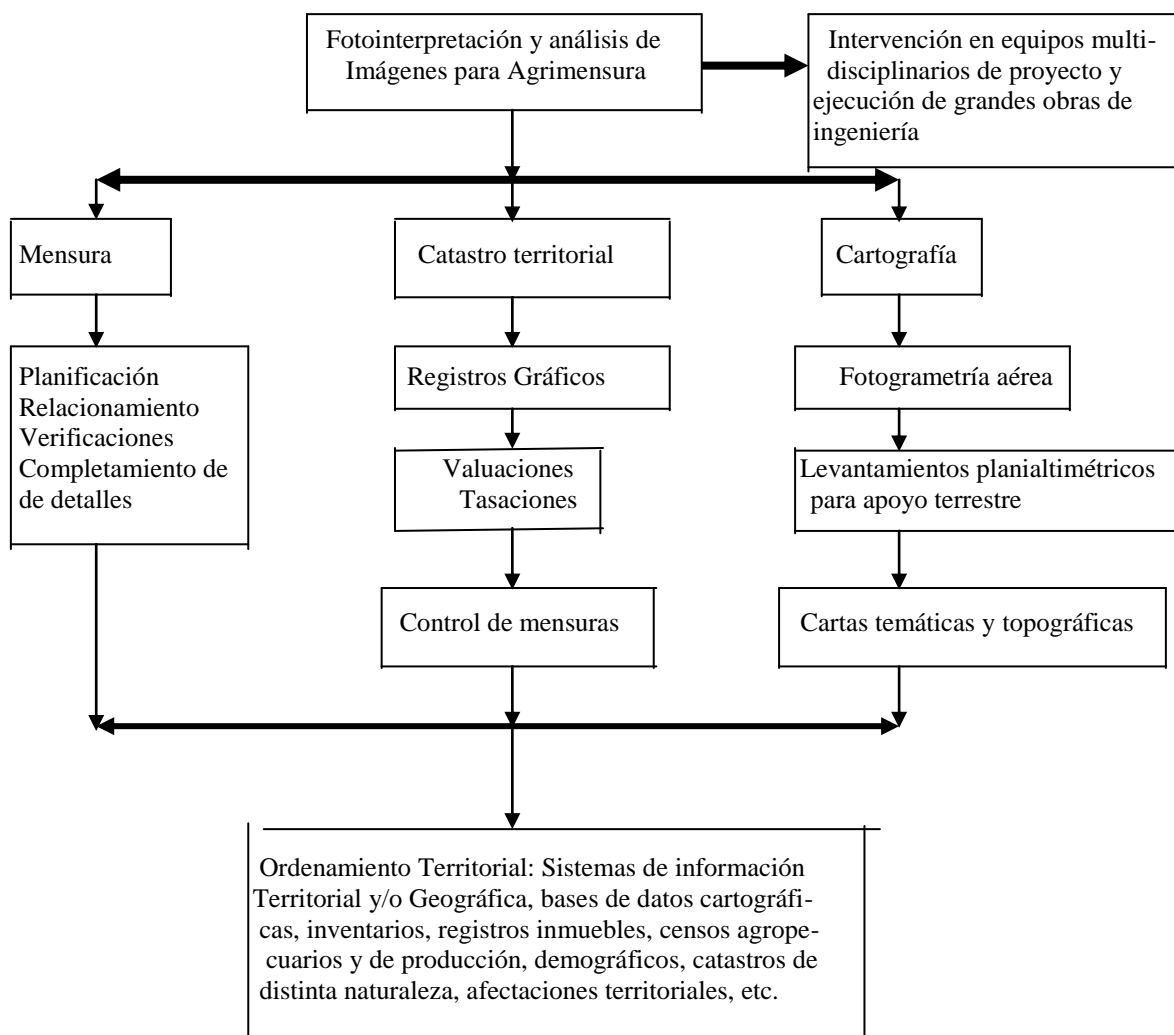


Tema 7.

La Fotointerpretación para la Agrimensura. El ordenamiento territorial: contribución de la fotointerpretación en el mismo. El catastro territorial: mensuras, valuaciones urbanas y rurales. La fotointerpretación en los sistemas de información territorial y geográficos. Cartografía temática en base a datos fotointerpretados. La fotointerpretación como herramienta del agrimensor para su participación en el proyecto y ejecución de grandes obras de ingeniería. Relación de la fotogrametría con la fotointerpretación. Usos de la fotointerpretación en la planificación de la actividad particular del agrimensor.

LA FOTOINTERPRETACIÓN PARA LA AGRIMENSURA



La fotointerpretación es una técnica de gran utilidad para el agrimensor. Si bien no se pretende que sea un avezado intérprete de los temas que no son de su incumbencia y especialidad, debe conocer como utilizarlas obteniendo el mayor de los provechos. Además, al participar en equipos multi e interdisciplinarios debe conocer el lenguaje y las técnicas que se utilizan para estar en un pie de igualdad con las otras profesiones.

Estas técnicas pueden ser utilizadas en todas las actividades primarias de la agrimensura como lo son la mensura, el catastro, la cartografía y las tasaciones y en todas aquellas actividades que necesiten relevamientos a nivel de detalle en macroescala.

Por otra parte, la fotointerpretación y el análisis de imágenes constituyen un valioso aporte en la implementación de los sistemas de información georreferenciados.

- Contribución de la fotointerpretación en el ordenamiento territorial.

Todas las tecnologías mencionadas en el cuadro precedente son las herramientas que contribuyen para obtener el conocimiento del territorio que es necesario, junto con la aplicación de políticas adecuadas, para lograr el ordenamiento territorial de la nación.

Éste puede entenderse, en sentido amplio, como el conjunto de políticas, leyes y decretos que tienen por objeto hacer cumplir la función social de la propiedad inmueble dentro de las garantías y limitaciones que establece la constitución de esa nación. En sentido estricto, el ordenamiento territorial es además todo el conjunto de actividades y procedimientos de la administración pública destinados a ordenar y planificar el territorio para su uso racional, de manera que sobre él se pueda establecer un desarrollo sostenido y sustentable.

⇒ La fotointerpretación y el análisis de imágenes contribuyen en el ordenamiento territorial porque ambos constituyen una de las metodologías más completas para brindar la información sobre el territorio necesaria para su inventario y posterior planificación de las acciones destinadas a la conservación y aprovechamiento integral.

En este sentido, ambas tecnologías brindan los relevamientos temáticos de distintos tipos, tanto de los elementos físicos como de los elementos introducidos por el hombre sobre la superficie, con la salvedad expresa de que la escala de reconocimiento sea pequeña.

- El Catastro inmobiliario o territorial.

Las oficinas de Catastro son las entidades gubernamentales donde se lleva el registro y censo de todas las parcelas pertenecientes a distintas personas jurídicas y cuyo objetivo es el ordenamiento del territorio, juntamente con el establecimiento del valor de la tierra para el cobro del impuesto inmobiliario.

Sabemos también que un catastro completo debe contemplar los aspectos jurídicos, físicos y económicos del territorio. Esto da lugar a la existencia del catastro físico o geométrico o parcelario; el catastro jurídico y el catastro económico.

◆ El catastro jurídico es el registro de todos los títulos de propiedad de las parcelas y aún de aquellas que sin poseer el título, se inscriben con carácter de poseedor a título de dueño. Ello es así porque los escribanos tienen la obligación, cada vez que se realizará una transferencia de dominio o que se afectarán los derechos reales sobre una propiedad, de presentar a Catastro una copia de los títulos para su inscripción. De esta forma y con el

aporte de los agrimensores a través de las divisiones que efectúan en sus mensuras, de las cuales deben presentar las declaraciones juradas, se va conformando el catastro jurídico.

◆ El catastro físico es aquel que determina y ubica la parcela dentro de la jurisdicción que le corresponde, siendo su manifestación los planos, cartas o mapas que abarcan a todas las parcelas, llamados registros gráficos catastrales.

◆ El catastro económico es aquel que determina las valuaciones fiscales para hacer efectivo el cobro del impuesto inmobiliario. Es aquí donde interviene directamente la fotointerpretación.

La fotointerpretación encuentra una amplia aplicación dentro de las actividades del catastro.

Para el catastro geométrico la fotointerpretación interviene en el control de mensuras y en la ejecución de todo tipo de cartografía que brinde la información territorial. Su expresión son los registros gráficos catastrales que pueden ser urbanos y rurales.

Hasta hace dos décadas atrás, éstos se confeccionaban sobre mosaicos semiapoyados por medio de rutinas de fotointerpretación, además del estudio detallado de títulos de propiedad y de mensuras preexistentes, con lo que se obtenían las cartas temáticas a escalas medias (1:30.000 generalmente) para las áreas rurales y a escala 1:1.000 para áreas urbanas.

Esta metodología ha quedado obsoleta y en el presente es de esperar obtener los registros gráficos catastrales como resultado de la aplicación de la tecnología SIT/SIG, expresada como una carta temática conseguida por medio de la base de datos georreferenciada. Por ello, también es de esperar que la georreferenciación adquiera mayor precisión.

Durante el control de mensuras por parte de la Dirección de Catastro previo a su registración, la fotointerpretación puede ser usada para su relacionamiento y comparación aproximada de las dimensiones angulares y lineales con mensuras preexistentes y ubicación dentro de una zona.

Para el catastro económico brinda una poderosa herramienta para lograr precisión cualitativa y cuantitativa en la determinación de las valuaciones fiscales.

Valuaciones y tasaciones.

La valuación fiscal es una apreciación de las características naturales y culturales de una parcela de tierra urbana o rural, siendo su objetivo la determinación del impuesto inmobiliario por aplicación de un porcentaje de la misma.

La valuación fiscal es asignada por la Dirección de Catastro en función de valores básicos que se determinan por calles o por departamentos, según que el inmueble sea urbano o rural.

En la determinación de los valores básicos, para el caso de los rurales, juegan factores tales como las características de las aptitudes y cobertura del suelo, la distancia con respecto a centros poblados y de acuerdo a la importancia de éstos, la presencia de rutas que se hallen en sus proximidades, etc.

Para el caso de las calles de una ciudad, el valor básico se determina teniendo en cuenta la presencia de mejoras tales como asfalto, líneas de agua potable, cloacas, líneas telefónicas, situación con respecto a centros comerciales, zona residencial, avenidas de importancia, etc. Estos valores básicos son afectados en más o en menos por coeficientes que se aplican en función de las dimensiones del terreno, obteniéndose así el valor por metro cuadrado de tierra para un determinado inmueble.

Los edificios son valuados en función de las características de la construcción y también son afectados por un coeficiente que depende de la antigüedad de la edificación.

Existen diversos métodos, matemáticos o no, para determinar estos valores básicos.

En cuanto al rol de la fotointerpretación en la asignación del valor de los inmuebles podemos decir:

a) Para inmuebles rurales: la fotointerpretación brinda una de las mejores herramientas para llegar a la valuación, ya que al disponer de una visión global y total de la parcela, con el análisis de las aptitudes y cobertura del suelo, el uso que de él se realiza, se obtiene en forma muy acertada las particularidades que permiten su determinación.

El procedimiento es el siguiente: sobre las fotografías correspondientes se sitúa la parcela en cuestión “volcando” la mensura. Estereoscópicamente se determinan las aptitudes del suelo, clasificando las mismas en zonas altas, medianamente altas, bajas, inundables, espejos de agua entre los cuales se incluye lagunas, arroyos; bosques; afloramientos de piedra, esteros, cañadas, etc.

Posteriormente se puede digitalizar el mapa usando la mesa digitalizadora, y se procede al cálculo de la superficie que corresponde a cada una de estas características (anteriormente se usaba un planímetro). También se pueden calcular las superficies por medio de algunos de los utilitarios de la computadora (por ej. AUTOCAD o cualquier programa de dibujo). Cada una de estas superficies es multiplicada por el valor básico de la tierra y por unos coeficientes fijados en función de parámetros establecidos para cada peculiaridad.

b) Para inmuebles urbanos la fotointerpretación presta menor utilidad, ya que el limitante es la escala de la imagen por una parte, y por otro lado la radiación no penetra los edificios, por lo que no se pueden apreciar las características interiores de un edificio. Solo se puede usar fotointerpretación para la ubicación preliminar; para el relacionamiento dentro de la manzana y para calcular en forma aproximada las superficies cubierta, descubierta y semi-cubierta en algunos casos. Por otra parte, en función de las texturas que se aprecian a la observación estereoscópica se puede determinar si los techos son de chapa, de tejas o de terrazas.

Para determinar las características de la edificación se debe realizar la inspección ocular, a la vez que para determinar el coeficiente de antigüedad, por la envejecimiento de la construcción.

Las tasaciones tradicionalmente se efectúan para fijar el valor de los inmuebles para proceder a su venta o expropiación. La fotointerpretación es utilizada siguiendo los mismos criterios que para las valuaciones fiscales.

- La fotointerpretación en los Sistemas de Información Territorial y Geográfica.

Antes de especificar las utilidades de la fotointerpretación dentro de los SIG/SIT, daremos algunos conceptos acerca de los mismos. Existen muchas definiciones sobre esta tecnología, de las cuales daremos las siguientes:

En forma sucinta, un SIG es un sistema computacional capaz de admitir entrada, proveer almacenamiento, manipular y analizar información geográfica.

En forma más general, es un sistema para el manejo del medio ambiente para lograr el desarrollo sostenido y continuo en temas tales como el análisis de datos, planificación, toma de decisiones e implementación de las mismas.

Dentro de la tecnología de los SIG, se conoce al Sistema de Información Territorial (SIT o LIS) que se diferencia de los GIS porque maneja solamente datos inmobiliarios/ catastrales.

Por ello, podemos decir que el ámbito natural de aplicación de los SIT son las instituciones catastrales y que su desarrollo es la tendencia actual para la organización de los catastros.

Existen también:

- * UIS (Urban Information System) sistema de información urbana.
- * EIS (Environmental Information System) sistema de información del medio ambiente.
- * PLIS (Planning Information System) Sistema de información para la planificación.
- * NIS (Network Information System) sistema que maneja información concerniente a redes de servicios públicos (gas, agua, electricidad, servicios sanitarios, etc.)
- * SIS (Specialized Information System) sistemas especiales de información, tales como aquellos destinados a comunicaciones, usos militares, corporaciones, tráfico, etc.

Cualquiera sea el nombre que se les adjudica, ya sea de acuerdo al tipo de datos que maneja o al uso al cual se los destina, todos ellos son distintos tipos de SIG.

Conformación de un SIG.

Un SIG esta formado por dos componentes principales: los datos y el manejo de dichos datos.

⇒ Conceptualmente los datos que maneja un SIG se dividen en dos grandes grupos:

- los datos gráficos o espaciales que son la representación geométrica de los objetos naturales o artificiales construidos por el hombre, es decir en forma genérica, mapas.

En general, en los datos gráficos o espaciales se distinguen la *geometría* o sea la posición absoluta de cada objeto respecto a los ejes de coordenadas, y la *topología* definida como las relaciones entre los objetos (polígono A es vecino del B, el punto D se halla fuera del polígono A, etc.)

Dentro del SIG existen los distintos mapas: catastrales, topográficos, geomorfológicos, uso del suelo, hídricos, de las redes de servicios públicos, de la división administrativa, de los edificios, de zonificación y planificación, etc. Toda esta información se halla georeferenciada, lo que vale decir que se halla referida a un mismo sistema de coordenadas cartográfico. Por ello es posible efectuar una correlación vertical entre los distintos objetos que se encuentran en cada mapa temático.

A su vez cada uno de los mapas temáticos se puede dividir en sub-temas, así en el mapa topográfico podemos tener las curvas de nivel, rutas, cursos de agua, etc. Por ello podemos pensar a dichos subtemas como capas yuxtapuestas, las que en la literatura se las conoce con el nombre de “layers” o estratos.

- Los datos alfanuméricos o atributos abstractos son las propiedades de cada uno de los entes que figuran en el mapa. Este componente de los datos es llamado *temático*. Un ejemplo característico son los datos de una parcela: nombre del propietario, dimensio-

nes, superficie, valor fiscal y de mercado, uso de la parcela, historia fiscal (estado de las cuentas impositivas), etc. Esta información se encuentra en bases de datos cuya apariencia al usuario es similar a una tabla por cada uno o grupo de entidades cartográficas.



Diagrama de las distintas capas o layers que integran un SIG.

Ambos tipos de datos se encuentran aglutinados en lo que se conoce con el nombre de **base de datos**. Una definición sencilla de este término es: un conjunto o colección de datos inter-relacionados con la menor redundancia posible y que se halla lista para ser usada en forma óptima y racional.

⇒ El otro componente fundamental de un SIG es el software que se ocupa de la tarea gerencial, esto es del manejo del uso de la información. Tal sistema se conoce con el nombre de “data base management system (DBMS)”, al cual se puede definir como una colección de programas para manejar la entrada de datos, su almacenamiento, manipulación y salida de los mismos en diversas formas.

Estructuración de los datos.

La representación del aspecto espacial se cimienta en dos formas o modelos de datos diferentes y son las que se han denominado *teselación o formato raster* y la *vectorial*.

En el primer caso el espacio geográfico real es subdividido en pequeñas unidades en las cuales se miden los valores temáticos existentes.

En el modelo vectorial se centra la información en la descripción de las fronteras exteriores de los elementos geográficos existentes en el mundo real.



Las diferencias entre uno y otro se pueden sintetizar en un ejemplo sencillo. Si se pretende almacenar digitalmente la información contenida en un mapa de suelos, puede optarse por una doble alternativa. Por un lado el mapa puede definirse por las líneas que separan los distintos tipos de suelos. Para ello bastaría almacenar las coordenadas de esas líneas para contar con toda la información original, suponiendo que podamos reconstruir, a partir de esas líneas, la categoría a que pertenece cada unidad edáfica. Para ello es preciso describir topológicamente el mapa digitalizado, esto es diseñar una tabla de referencia donde se indique a qué línea pertenece cada coordenada, a qué polígono cada línea y a qué categoría cada polígono.

La otra opción sería dividir la superficie que ocupa ese mapa en una matriz de celdillas o teselas, todas ellas del mismo tamaño, que se consideran como unidades elementales de información. El mapa se convierte en una malla regular de píxeles, en cada uno de los cuales se almacenaría un valor numérico, descriptor del tipo de suelo que alberga.

En el primer caso, las unidades se definen por sus fronteras, indicando implícitamente su contenido. En el segundo, los contenidos están explícitamente definidos y las fronteras solamente de modo implícito.

Un aspecto importante es determinar como se relacionan los datos espaciales con los datos temáticos asociados a ellos. En el modelo vectorial, la solución usual es el establecimiento de un identificador para cada elemento geográfico representado que aparece en las dos bases de datos: la espacial y la temática. Para ello se elaboran programas informáticos que establecen la relación entre las dos bases de datos a través del empleo de un identificador común.

En la estructura raster el establecimiento de un indicador puede ser más variable, ya que a veces el identificador coincide con un valor temático concreto que aparece en ese punto de la realidad; otras veces se refiere a un objeto/elemento geográfico que puede estar dotado de numerosas variables temáticas contenidas en otra base de datos.

Georreferenciación.

Una vez digitalizada la información que compone la base de datos es necesario realizar una conversión de coordenadas para que toda la información quede referida a un único sistema de coordenadas que son llamadas reales. Esta etapa constituye el georreferenciamiento y las coordenadas que se utilizarán serán las de las proyecciones cartográficas más usuales tal como UTM, geográficas (latitud y longitud), etc. Un SIG debe ser lo suficientemente versátil para permitir ejecutar transformaciones de coordenadas en distintos sistemas cartográficos.

Análisis y transformaciones.

En esta etapa se incluye cualquier operación que transforme las variables originales para un objetivo determinado. Las posibilidades son muy amplias: señalar corredores en torno a un polígono o línea; trazar la línea óptima entre varios puntos; generar modelos digitales del terreno; superponer de formas diversas dos o más mapas; realizar tablas de coincidencia espacial entre dos o más variables; ajustar mapas fronterizos; generalizar información; suprimir polígonos inferiores a un umbral previamente fijado y un largo, etc. Cada una de esas funciones puede ser origen de otras aplicaciones. Por ej., el análisis topográfico pasa

por generar un modelo digital del terreno, a partir del cual pueden realizarse otros análisis: estimación de pendientes y orientaciones, cálculo de perfiles, áreas vistas y ocultas, perspectivas tridimensionales, etc.

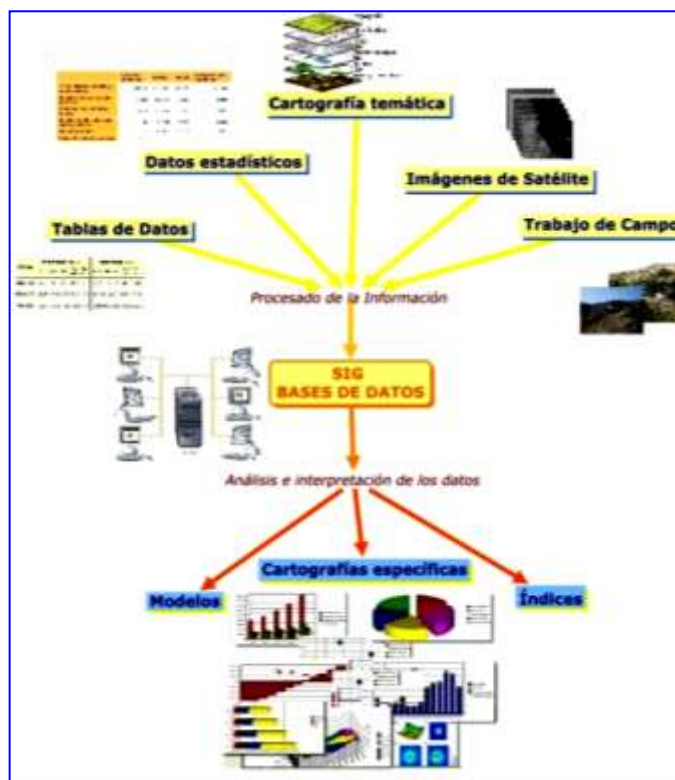
Este vasto abanico de posibilidades constituye una de las principales novedades de un SIG frente a las herramientas analíticas convencionales. La capacidad de cálculo de un ordenador permite abordar operaciones muy complejas o inaccesibles manualmente. En esta integración entre distintas variables espaciales puede hallarse un camino muy prometedor para una futura planificación, más eficaz, de los recursos que presenta un determinado territorio.

Representación visual.

Un SIG permite aprovechar los numerosos periféricos de representación gráfica accesibles a un ordenador, facilitando la obtención de resultados en un formato de considerable calidad.

Entre los distintos periféricos necesarios, aparte del monitor y las impresoras de distinto tipo, podemos mencionar los plotter (trazadores gráficos), que son idóneos para la cartografía digital cuando se emplea un sistema de almacenamiento vectorial. Estos equipos están formados por un elemento móvil transversal y un rodillo, de giro perpendicular al primero, que consigue dirigir a una plumilla en la dirección deseada por el programa de dibujo.

Si la estructura de almacenamiento es raster es preciso recurrir a otros medios de representación gráfica, como impresoras de distinto tipo, plotters electrostáticos, filmadoras láser. Buena parte de la calidad de estas reproducciones gráficas se debe al tipo de programas de representación que incorpora el SIG. En este terreno las posibilidades son muy amplias pudiendo optarse por una cartografía de isolíneas, por representación en tres dimensiones, en niveles de gris o utilizando una variada paleta de colores.



Conexión de la Teledetección y Fotointerpretación con los SIG.

Al finalizar la exposición acerca del SIG, cabe preguntarnos cual es la conexión entre la fotointerpretación y la Teledetección con aquel.

Intuitivamente surge que tanto una como la otra son herramientas importantes para crear la base de datos del SIG, en cualquiera de los dos tipos de estructuración (vectorial o raster).

En cuanto a la fotointerpretación ejecutada visualmente, la forma de conectarse a un SIT es mediante diversas técnicas de introducción de la información temática.

Entre estas técnicas una de las que brinda mejores resultados es el escaneado de los mapas. Sin embargo, requiere un importante trabajo de edición para pulir posibles errores en la codificación de líneas o en la topología del mapa.

La digitalización de coordenadas usando las mesas digitalizadoras es una operación lenta y tediosa que requiere una detallada depuración de errores.

La fotografía digital va a permitir la incorporación directa de la información a las SIG

En cuanto a la teledetección podemos decir que es la herramienta óptima para volcar información dentro de las bases de datos.

Ello es así porque los programas de análisis digital de imágenes traen incorporados módulos que permiten la conexión a los SIG mediante:

- * la incorporación directa del fichero generado por la clasificación digital.
- * la incorporación de los valores digitales de los píxeles correspondientes a las bandas originales.

Resulta evidente que la forma más conveniente es la primera, puesto que proporciona una variable temática al SIG, obviando la tarea de la digitalización. Explicando mejor este concepto, la clasificación digital genera un fichero numérico, en donde el valor del píxel indica la categoría que se le asignó. Por tratarse de información digital, la integración en un SIG resulta bastante sencilla. Los programas de corrección geométrica permiten referenciar la clasificación al sistema de coordenadas definido por el SIG.

La forma correcta de llevar a cabo esta integración depende de la estructura de almacenamiento del SIG. Si en la base de datos se pretende cargar el fruto de una fotointerpretación o análisis visual, las categorías deducidas de la imagen se definen por sus fronteras, por lo que el mapa resultante puede introducirse en un SIG de tipo vectorial. Asimismo puede usarse un programa de conversión vectorial a raster para conectarse a este tipo de formato. En ambos casos, resulta obligada la previa digitalización del mapa, introduciendo tanto los polígonos que definen cada unidad temática como la categoría a la que pertenece. En este sentido la entrada de datos es similar a la de cualquier aplicable en el caso de cartografía convencional. Las ventajas de la teledetección frente a otras técnicas convencionales (como la aerofotografía) se refieren a su mayor accesibilidad temporal y menores errores geométricos.

Si se abordó una clasificación digital de las imágenes, la conexión resulta más directa. El píxel puede considerarse como la unidad teselar, por lo que una imagen clasificada ofrece los mismos rasgos de un formato raster. En caso de contar con un SIG de estas características la entrada de datos es inmediata una vez que la imagen clasificada se ajusta al sistema de referencia elegido por el SIG (tipo de proyección y tamaño de la celdilla).

En caso de trabajar con un SIG de tipo vectorial es preciso abordar la conversión raster a vectorial. Algunos sistemas de tratamiento digital de imágenes incorporan este tipo de algoritmos.

Además del aporte de la teledetección a un SIG puede establecerse un flujo en sentido contrario, cuando variables almacenadas en un SIG se utilizan para mejorar la interpretación de la imagen. Para ello se utilizan distintos algoritmos. Los desarrollos más recientes tienden a aplicar técnicas de análisis vectorial a la interpretación de imágenes: estratificación, reconocimiento de objetos y empleo de sistemas expertos.

⇒ Independientemente de los problemas que pueda traer consigo, la conexión de la teledetección espacial con un SIG es la conclusión más lógica del empleo de esta técnica. Brinda enormes posibilidades para la realización de estudios ambientales, evaluación de recursos, análisis de impactos, modelos de localización, etc. Con el apoyo de estos sistemas informáticos, el estudioso del medio natural (o social) podrá preocuparse más del análisis que de la obtención de la información. Será posible diseñar alternativas para un proyecto, estimar comportamientos futuros y simular efectos antes de que éstos sean irreparables.

La fotointerpretación para la cartografía.

La cartografía fue definida como la ciencia y arte de representar en un plano la superficie terrestre. Es una ciencia muy antigua cuyos orígenes se basaron en los fines bélicos. Fue inventada por el hombre para describir la situación a su alrededor. Antiguamente se realizaban dibujos a mano alzada de lo que los cartógrafos apreciaban a simple vista.

Cuando se inició la exploración de la tierra el hombre necesitó establecer puntos de referencia que le permitieran retornar al lugar de partida. La tierra y el mar fueron puestos sobre planos y se obtuvieron así las representaciones cartográficas. Durante los siglos XV y XVI la cartografía se convierte en ciencia apoyada por las matemáticas a través de las proyecciones. Su máximo representante fue Mercator, cuyas proyecciones aún hoy son las que representan a la Tierra.

En el siglo XX, la cartografía se vuelve más precisa con el uso de las fotografías aéreas, naciendo la fotogrametría y la fotointerpretación.

En las dos últimas décadas nace la cartografía automática con el uso de las computadoras y la información proveniente de los sensores remotos satelitarios para el estudio de los recursos naturales terrestres. Surgen las bases de datos y los sistemas de información georreferenciados, a la vez que el vocablo geoinformática adquiere relevancia para describir diversas ciencias aplicadas al territorio.

Tipos de mapas

Existen diversos criterios para clasificar a los productos de la cartografía.

En función de la escala se clasifican en:

- a) mapas: aquellos en que la escala es superior a 1:100.000
- b) cartas: aquellos cuya escala está comprendida entre 1:100.000 y 1: 10.000
- c) planos: aquellos cuya escala está por debajo de 1:10.000

En función de su precisión se clasifican en:

- a) mapas cartográficos con métrica de precisión. Pueden ser:
 - 1) mapas base: es el fondo de plano que contiene elementos gráficos básicos para su localización geográfica. Son aquellos provenientes de fotogrametría.
 - 2) mapas de uso: Pueden ser los mapas catastrales, urbanísticos, de servicios públicos, de recursos del suelo, de obras civiles, etc.

b) mapas topológicos o esquemas: no poseen métrica de precisión y son representaciones esquemáticas de elementos gráficos. Ejemplos de ellos son algunos mapas temáticos de vegetación, demográficos, etc. Se incluye dentro de esta clasificación a los grafos y todo tipo de esquemas.

En forma muy general, para la ejecución de una cartografía automatizada se requieren tres etapas:

- 1) Captación de datos.
- 2) Tratamiento e integración de la información.
- 3) Explotación del sistema: obtención del producto final.

La etapa 1 se puede realizar a través de:

- a) Cartografía preexistente.
- b) Digitalización interactiva de planos usando mesas digitalizadoras.
- c) Sistemas de ortoproyección.
- d) Por tratamiento de imágenes digitales provenientes de aerofotografías o de sensores remotos satelitarios.

La etapa 2 requiere el tratamiento matemático de la información a fin de obtenerla y resguardarla utilizando el software conveniente para unificación, uniformidad y ordenamiento de los datos captados.

La etapa 3 brinda el producto final a través de los mapas, cartas o planos, informes, tablas de informes de distinta temática en determinada representación gráfica. Además prevé la posterior actualización a fin de establecer un proceso dinámico. El estado de la técnica y los medios disponibles determinan los métodos a aplicar.

La fotointerpretación y el análisis de imágenes intervienen en la captación de los datos para ser posteriormente sometidos a los procesos matemáticos que habilitan obtener la información procesada.

Fotointerpretación para levantamientos planialtimétricos para apoyo de cartografía, fotogrametría, topografía y geodesia.

La fotogrametría aérea es la ciencia auxiliar de la cartografía ya que mediante los procesos fotogramétricos se obtienen los mapas restituidos que constituyen los mapas base topográficos utilizados para volcar en ellos información temática de cualquier tipo.

Todo procedimiento de fotogrametría requiere un trabajo de apoyo de campo consistente en la medición de poligonales de puntos terrestres y redes de nivelación cuyo fin es conseguir las coordenadas terreno o verdaderas que, con la aplicación posterior de los modelos matemáticos convenientes, transforman las coordenadas de los puntos de triangulación fotogramétrica al sistema terreno y de esta manera se obtiene un mapa base topográfico a escala y con cotas de precisión.

La fotointerpretación interviene en este proceso para planificar el apoyo terrestre.

El procedimiento consiste: en un mosaico de la zona a cartografiar se planifican los puntos a ser medidos, dibujando su monografía o sea la ubicación exacta del punto para que al concurrir al terreno se logre el homónimo del punto ubicado en la foto. Ello se realiza foto-

interpretando los detalles. Estos pueden ser cruces de alambrados, cruces de caminos, abrevaderos, esquinas de una ciudad, bancos de una plaza, etc.

Al terreno, el agrimensor debe concurrir con las fotografías aéreas y las monografías y allí pueden suceder dos casos: a) que el punto determinado en el gabinete sea perfectamente identificable en cuyo caso se procederá a la medición. b) Que los detalles hayan variado, entonces deberá elegirse un punto próximo a éste, realizarse una nueva monografía que reemplace a la primera y luego la medición correspondiente. Una vez en el gabinete con todas las mediciones efectuadas se realiza el cálculo, ajuste y compensación del block obteniéndose las coordenadas X, Y, Z de los puntos de apoyo del sistema terreno.

El levantamiento planialtimétrico debe ser planificado teniendo profundos conocimientos de fotogrametría, topografía y geodesia a fin de que se cumplan las precisiones que se esperan obtener de los trabajos.

Intervención en equipos multidisciplinarios de proyecto y ejecución de grandes obras de ingeniería y arquitectura.

No podemos dejar de mencionar la intervención que tiene la fotointerpretación en el proyecto y ejecución de grandes obras de ingeniería.

Esta se manifiesta desde el inicio de un proyecto hasta su etapa final y posteriormente en el control del probable impacto ambiental y socio-económico que toda gran obra produce.

Ejemplo.

En el proyecto de la construcción de una ruta o autopista, la fotointerpretación brinda una de las más convenientes metodologías para elegir las trazas más acertadas.

Para ello se ejecutará la interpretación de las características del terreno, los futuros accesos, el cómputo de las poblaciones a las que servirá, la probable ubicación de los materiales para la construcción, etc. Posteriormente, elegida la mejor alternativa, se procederá a la medición de la topografía de la traza para lo cual se procede a su descripción para determinar la ubicación de los puntos de medición.

Mientras tanto se puede estudiar el impacto ambiental y social que producirá la futura obra, ejecutándose mapas de cobertura y uso del suelo, mapas fitogeográficos, mapas de suelos, etc. y prever el aprovechamiento que se dará al área involucrada. Después de su finalización se puede realizar el seguimiento del impacto ambiental y socio-económico provocado mediante la interpretación de imágenes o aerofotografías de fechas posteriores.

Relaciones de la fotointerpretación y de la teledetección con la fotogrametría.

La fotointerpretación ha sido definida como un método de investigación, análisis y evaluación que a través de imágenes fotográficas aéreas o satelitarias permite deducir e identificar las características de los objetos y del área involucradas en las mismas.

Se ha hablado de los niveles de referencia del fotointérprete, general, local y específico, los que son definidos como la suma de conocimientos sobre matemáticas, física, geomorfología, vegetación, uso del suelo, aspectos humanos (nivel general), el conocimiento local producto del chequeo de campo y el conocimiento específico que se refiere a la ciencia en la que se está aplicando directamente la F.I., por ser ésta multidisciplinaria y constituir en esos casos una ciencia auxiliar.

Breves conceptos sobre Fotogrametría.

Cuando la captación de la información por medios aerotransportados tiene su aplicación en el terreno cartográfico, estamos definiendo a la Fotogrametría (F.G.), o sea la explotación métrica (extracción de medidas) de la información, cuya expresión o resultado es toda la gama de documentos cartográficos, así como la realización de todas aquellas mediciones precisas para el desarrollo de la ingeniería. La F.G. ha conseguido en pocas décadas dar un notable impulso a la necesidad de mapas y planos, así como programar las revisiones y actualizaciones en períodos cada vez más cortos.

Tanto en F.G. como en F.I. se utilizan las aerofotografías en forma sistemática. En estos casos es difícil establecer un límite muy definido entre ambas.

En F.G. se necesita de cierta cantidad de interpretación y viceversa. La diferencia entre ambas la podemos acentuar en el hecho de que la metodología de mediciones que se usan en F.I. es distinta a la de los mapas topográficos, porque en su mayoría son métodos más aproximados que los utilizados en F.G., siendo que éstos requieren una precisión casi absoluta, al igual que las técnicas cartográficas. Más aún y generalmente, los relevamientos de F.I. se apoyan en mapas topográficos preexistentes.

Terminología de la Fotogrametría.

Dentro de la terminología de la fotogrametría que debe ser conocida por todo fotointérprete encontramos:

- *desplazamiento por relieve, modelo estereoscópico, restituidores, apoyo de campo, aerotriangulación, orientación interna y externa, relativa y absoluta, restitución, rectificación, ortofotografías, fotogrametría analítica y analógica, (entre los más utilizados).*

Recordemos el concepto de *desplazamiento por relieve*, cuyo fundamento es que al ser las fotografías aéreas una proyección cónica o central, donde el centro óptico de la cámara de toma actúa de centro de proyección, la proyección de objetos que se hallan por encima o por debajo del plano de proyección, (la película fotográfica), queda desplazada con respecto a la posición que tendría si la proyección fuera ortogonal. Así, cuanto más lejos del centro de la foto se hallan los objetos, mayor será su desplazamiento debido al relieve, o sea su deformación.

El par de fotogramas, o sea el juego de dos fotografías aéreas consecutivas con una superposición del 60% como mínimo entre ambas, constituye un *modelo estereoscópico* al ser observadas con los instrumentos apropiados, ya sean los simples estereoscopios o los *restituidores*.

En estos últimos instrumentos mencionados, para lograr la visión estereoscópica, o sea obtener la visión tridimensional del terreno, se requiere realizar una proyección de ambas fotografías y para que esta superposición de ambas proyecciones sea nítida se debe realizar el proceso conocido como *orientación, interna y externa*.

La orientación interna consiste en la recomposición del haz de rayos perspectivo en idénticas condiciones a como se forma en el momento de la exposición. Para ello se deben centrar las fotografías en los portaplacas de los proyectores de los instrumentos, introduciendo la constante de la cámara de toma, distancia focal, y corrigiendo las distorsiones de las lentes.

La orientación externa comprende la *orientación relativa* y la *orientación absoluta*. La primera (O.R.) consiste en ubicar una foto respecto de la otra tal como fue la situación en el momento de la exposición, ya que debido a los movimientos del avión habrá desplazamientos distintos de la cámara de toma en ambos momentos, con lo que la proyección de un mismo punto que aparece en ambas fotos debido a la superposición, tendrá desplazamientos verticales (en sentido y) llamado “paralaje Y”. Entonces la O.R. significa la eliminación de la paralaje y. Los desplazamientos en sentido “ x “, (paralaje x) se eliminan su- biendo o bajando el plano de proyección del instrumento.

Esta O.R. se puede realizar por métodos analógicos o analíticos. Los primeros son aquellos que establecen analogías óptico-mecánicas entre ambos proyectores. Los métodos analíticos se realizan en base a cálculos y algunas mediciones basados en los modelos matemáticos convenientes que responden al comportamiento de las paralajes con los movimientos a que está sometido el avión.

La orientación absoluta consiste en dar al modelo una escala apropiada y determinada de antemano y además nivelar al mismo, es decir apoyarlo sobre un plano de comparación para que las mediciones que se efectúen tanto en planimetría como en altimetría sean lo más precisas posible. La O.A. también se efectúa por métodos analíticos o analógicos.

El modelo así obtenido está listo para su *restitución*, entendiéndose por tal al proceso de extracción de la información métrica del modelo, lo que se efectúa con el auxilio de un índice móvil, llamado marca flotante, que recorre todo el modelo y cuyas mediciones, x, y, z de todos los puntos, se transmiten a una mesa de dibujo o a una pantalla de televisión.

Pero para poder realizar la O.A. se requiere conocer las coordenadas de puntos terrestres que se identifiquen perfectamente en los fotogramas. Para la determinación de estas coordenadas planialtimétricas se debe ejecutar el proceso de *apoyo de campo*. No obstante ello, también pueden ser extraídas de trabajos preexistentes de redes geodésicas o topográficas medidas en el terreno.

El *apoyo o control de campo*, si es que va a ser efectuado para esta tarea, consta de dos fases: ejecución de la red básica o puntos obtenidos por trilateración, triangulación o poligonales topográficas de precisión, medidos en el terreno (son los llamados puntos de apoyo mayor), sin una distribución particular. La segunda fase es la obtención de la red de apoyo fotogramétrica constituida por puntos determinados por mediciones muy precisas en las fotografías que se apoyan en los anteriores (son los puntos de apoyo menor constituidos por los puntos centrales de las fotografías y por los puntos de enlace entre fotos y corridas consecutivas). Deben poseer una distribución particular en el modelo de acuerdo a la geometría del vuelo. Su determinación y cálculo es lo que constituye el proceso fotogramétrico conocido como “*aerotriangulación*”.

La elección de los puntos de apoyo mayor se efectúa en el gabinete con el mosaico (o conjunto de todas las fotografías del área a trabajarse) teniendo en cuenta la accesibilidad del punto desde el terreno y su visibilidad con respecto a los demás.

La planificación de la red de apoyo mayor se puede ejecutar con anterioridad al vuelo, en cuyo caso se procederá a marcarlos convenientemente para que sean visibles en las fotografías. O se pueden elegir con posterioridad al vuelo.

Dentro del concepto de *aerotriangulación* se engloban distintos métodos de acuerdo a su precisión. Entre los de menor precisión y que se utilizan para planimetría se hallan los métodos de triangulación radial analítica o gráfica, siendo éste el que se utiliza en F.I. Entre los de mayor precisión se hallan los métodos de haces de rayos, de ajuste en block, por secciones, etc., los que responden a modelos matemáticos y son resueltos con gran cantidad de cálculos, aplicando métodos de ajuste.

Cuando deseamos transformar una fotografía aérea (proyección cónica o central del terreno) obtenida desde un vehículo aéreo o espacial en una proyección ortogonal, estamos hablando del proceso fotogramétrico conocido como "*rectificación*". Se utilizan los instrumentos denominados rectificadores que trabajan con una sola fotografía.

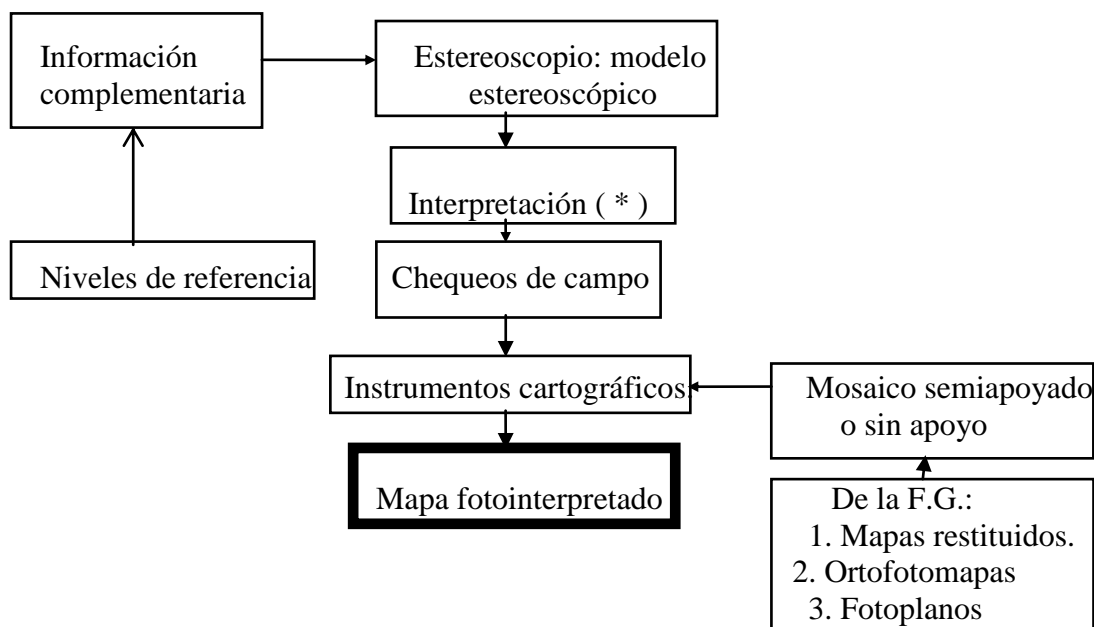
Este proceso puede realizarse cuando el terreno es relativamente llano dentro de ciertos límites de tolerancia. El documento cartográfico que se obtiene se llama *fotoplano*. Sus aplicaciones cartográficas han sido muy difundidas en trabajos catastrales sobre terrenos llanos durante décadas anteriores.

La *ortofotografía* completa el sistema de representación cartográfica por medio de fotografías aéreas. La imposición de terreno llano que teníamos en la rectificación se supera con el de la ortofotografía, que admite pendientes de hasta 35°.

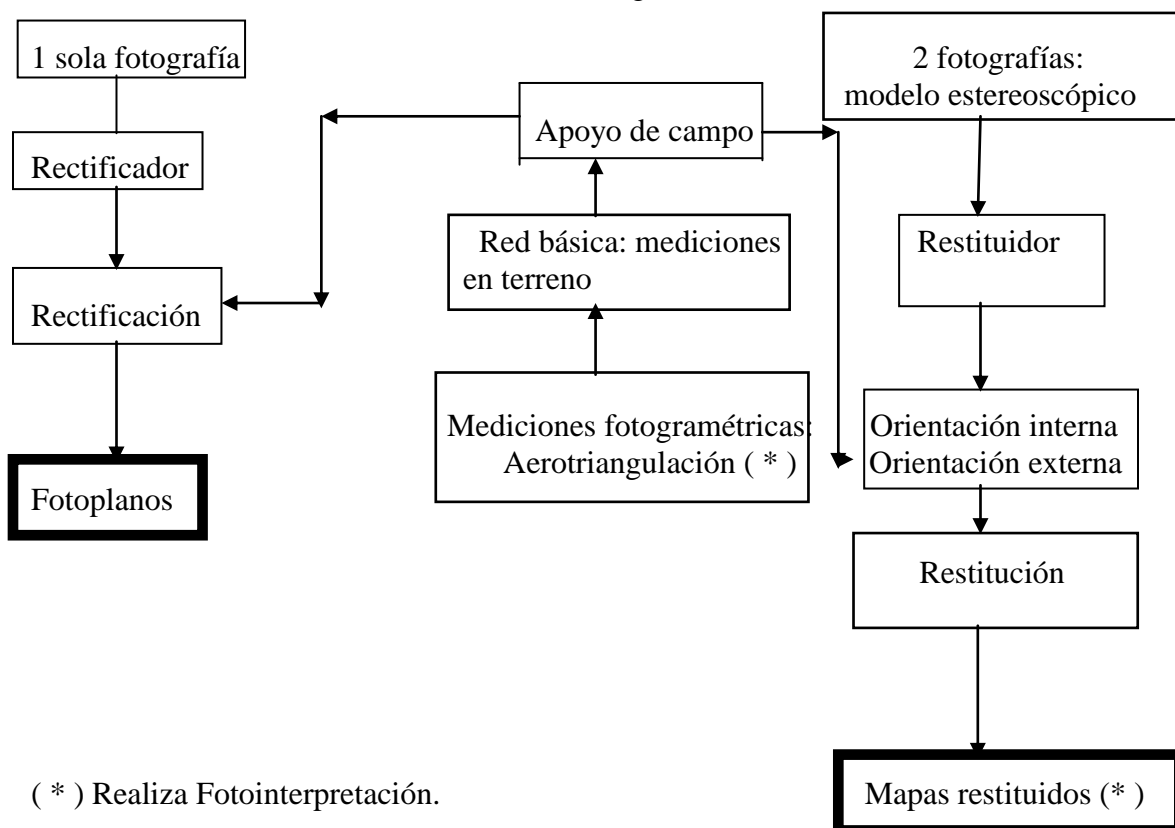
Su producto son los *fotomapas*, o sea una imagen fotográfica del terreno donde han sido corregidas las deformaciones y se ha escalado y nivelado. Su campo de aplicación es tanto la explotación métrica como semántica. La única limitación y su diferencia con los productos obtenidos por restitución es la escala, ya que para escalas grandes (1:10.000 ; 1:5.000) es más conveniente la restitución; mientras que para escalas menores (1: 50.000) es más conveniente la ortofotografía u ortofotoimagen.

Se pueden obtener ortofotomapas en colores y en blanco y negro, usándose fotografías aéreas con cualquier tipo de emulsión y con imágenes satelitarias en distintas bandas.

Diagrama de las relaciones entre la Fotogrametría y la Fotointerpretación. Proceso de Fotointerpretación

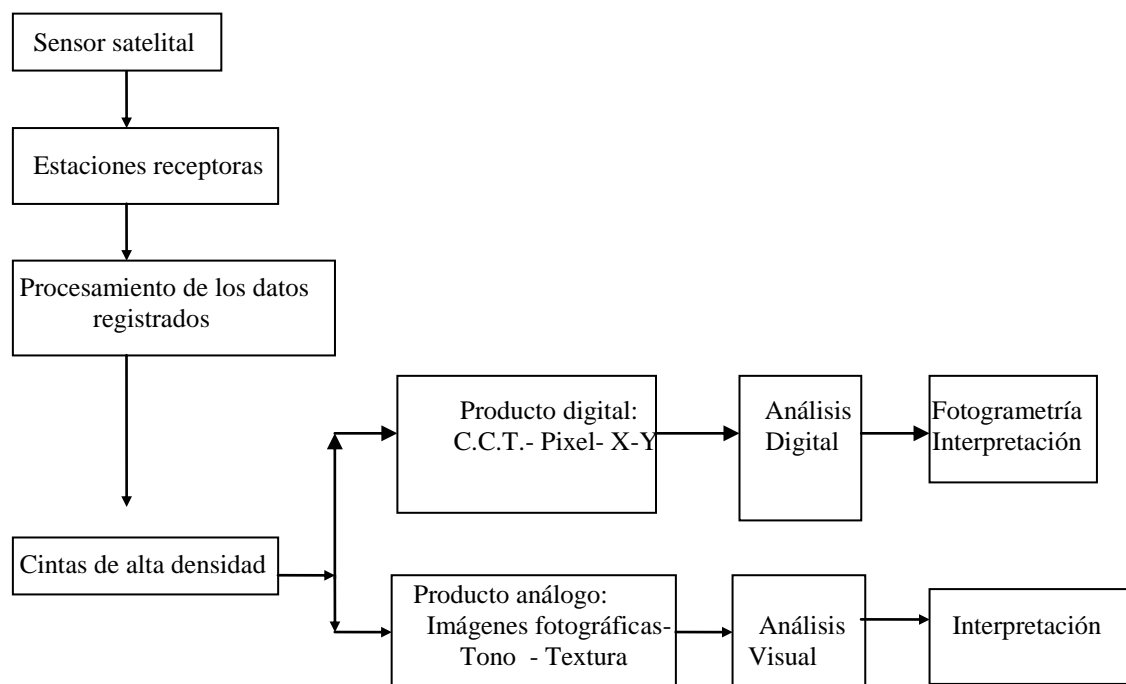


Procesos Fotogramétricos



(*) Realiza Fotointerpretación.

Conceptos actuales sobre la relación entre Fotogrametría y Teledetección



La fotointerpretación en la actividad particular del agrimensor.

De todo lo expuesto, es evidente que la fotointerpretación y la teledetección son herramientas que brindan múltiples y variadas utilidades a la agrimensura.

Podría pensarse que estas técnicas serían utilizadas solamente cuando se trabaja en entidades, gubernamentales o no, para la ejecución de grandes proyectos. No obstante, también podemos decir que en la actividad particular del agrimensor brinda utilidades que le permite ahorrar tiempo, esfuerzos y economía en los costos.

Mensuras.

El objetivo general del uso de la fotointerpretación para la realización de mensuras es el ahorro de tiempo y esfuerzos a la vez que el económico, porque estas técnicas permiten relevamientos expeditivos a nivel de macroescala. Mencionaremos las siguientes utilidades.

Relacionamiento y verificaciones para la ejecución de mensuras.

Sabemos que la mensura es la aplicación del título al terreno. Para ello deben estudiarse los títulos y mensuras linderos en lo que se denomina “el relacionamiento”, haciendo uso de los puntos fijos existentes determinados por métodos geodésicos o de aquellos determinados por relevamientos topográficos de precisión.

También se pueden considerar puntos de mensuras antiguas cuyos mojones se hayan encontrado en el terreno.

Al utilizar las fotografías aéreas se busca que la mensura en ejecución no quede “descolgada”, sino que se ubique dentro de una manzana en el caso de mensuras urbanas o dentro de los registros gráficos catastrales en el caso de mensuras rurales.

Para ello se consulta en la Dirección de Catastro las mensuras existentes de la zona, se replantean sobre el mosaico de fotografías correspondiente, se identifican los alambrados de los deslindes para proceder a la ubicación y verificación de la situación de la parcela en cuestión.

Planificación de mensuras.

En la planificación para la ejecución de mensuras cuyos objetos puedan ser loteos, división en suertes de chacras, o en una mensura de cualquier extensión, se utilizan las fotografías aéreas de tal forma de visualizar los alambrados perimetrales si los hubiere; observando estereoscópicamente las formas y cobertura del terreno, se podrá obtener una visión de conjunto de las características con que nos encontraremos cuando concurráramos al terreno.

De esta forma se puede planificar de antemano los desmontes para abrir las picadas que habrán de ejecutarse; las extrapoligonales e intrapoligonales que se habrán de medir en el terreno para salvar lagunas o arroyos que deslinden a la parcela en ejecución de mensura.

También se observan las rutas, caminos, líneas férreas que servirán de acceso a la propiedad o que la limitan. Se puede calcular la superficie aproximada, verificar aproximadamente los ángulos a medir y la longitud de los lados.

En el caso de proyectar loteos y colonias, se puede estudiar mediante el uso de las fotografías aéreas la conveniencia del diseño de los lotes, según las aptitudes del suelo de manera que constituyan cada una de las parcelas proyectadas una unidad económica. También se puede planificar los lugares en donde abrir las calles de acceso; en función de la pendiente del terreno, la que es observada estereoscópicamente, pueden preverse los canales de desagüe.

Completamiento de detalles en la mensura.

En todo plano de mensura deben figurar los detalles interiores a los deslindes de la propiedad. En este caso la fotointerpretación es de gran utilidad, ya que brinda con bastante precisión la ubicación de alambrados interiores, molinos, tanques de agua, abrevaderos, cascadas de estancias, caminos interiores, lagunas, esteros, arroyos, etc., que el agrimensor debe demarcar dentro de su plano de mensura.

En una mensura urbana se puede determinar en forma aproximada la superficie cubierta, semicubierta, en algunos casos, y la descubierta, datos que deben constar en los planos de mensura.

Nivelaciones.

En la ejecución de nivelaciones, la fotointerpretación es un auxiliar de la tarea del agrimensor al permitirle planificar y controlar su actividad.

Tasaciones.

Por último es necesario mencionar que así como la fotointerpretación es útil para efectuar las valuaciones fiscales, también lo es para el agrimensor cuando efectúa la tasación de un inmueble.

Resumiendo, las utilidades de la Fotointerpretación en la actividad particular del agrimensor no se agotan con lo expuesto. A medida que la tecnología avanza se encuentran mayores aplicaciones. En consecuencia, todas las aplicaciones que hemos mencionado para las aerofotografías, se extienden al uso de las imágenes satelitales.

Bibliografía:

- “ Fotogrametría “ - Serafín López Cuervo - Egraf - Madrid - 1980 -
- “ Some thoughts on photointerpretation “ - P.A. Vink - I.T.C. Publications- 1965 -
- “ Ordenamiento Territorial “ - Agrim. Carlos Alberto Bianco- Revista “ Qué es Agrimensura “ - Rosario - 1985
- “ Fundamentos de Teledetección Espacial “ - Emilio Chuvieco.