

APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN A LA CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (I.G.N.): SERIE DE ORTO-IMÁGENES A ESCALAS 1/100.000 Y 1/250.000

J. A. ARDIZONE, A. AROZARENA, J. DELGADO, M. HERRERO, G. VILLA Y P. VIVAS.
I. G. N. Madrid

RESUMEN

- 1) Introducción.
- 2) Satélites y sensores disponibles.
- 3) Definición de algunas aplicaciones cartográficas de la Teledetección.
- 4) Producción de ortoimágenes espaciales a escala 1/100.000, mediante el satélite Landsat-TM.
- 5) I.G.N. Area de Teledetección. Estructura y medios. Sistema de tratamiento digital de imágenes.
- 6) Bibliografía.

ABSTRACT

- 1) Introduction.
- 2) Current satellites and sensors.
- 3) Definition of some cartographic applications in Remote Sensing.
- 4) Production of spatial orthoimages at 1/100.000 scale by Landsat-TM satellite.
- 5) I.G.N. Department of Remote Sensing. Structure and facilities.
- 6) Bibliography.

1. INTRODUCCIÓN

Considerando en su sentido más amplio la Teledetección como el sistema de obtener información de un objeto a distancia mediante el estudio de la energía que refleja o emite, los trabajos y estudios específicos de Teledetección en el I.G.N. comenzaron justamente con la obtención de imágenes (con fines cartográficos) de España por los primeros satélites y sensores que captaron información de la Tierra (1972).

La infraestructura de trabajo básico en Teledetección pasa por los siguientes procesos:

- Fase de captura y pretratamiento.
- Fase de tratamiento digital (I.G.N.):
 - . Restauración de imágenes.
 - . Aumento de información.
 - . Obtención de información.

El I.G.N. a partir de la información analógica (imágenes fotográficas) captadas por los sensores transportados, realizó y publicó diversos trabajos en las áreas siguientes:

- Estudios de "radiometría" para identificación sobre imágenes (0,4 μm - 1,1 μm).
- Fotografía multispectral. Obtenida por medios manuales combinando bandas y filtros.
- Interpretación de datos obtenidos desde el espacio.

La Teledetección como sistema de recogida de información topográfico/temática en forma digital a partir de vuelos convencionales de avión o satélites estaría incluida en un esquema general de producción cartográfica como aparece en la Tabla 1.

2. SATÉLITES Y SENSORES DISPONIBLES

Los objetivos que el I.G.N. ha pretendido con la incorporación de la Teledetección y las técnicas de tratamiento digital de imágenes a los sistemas de producción e información cartográfica en forma digital, han sido los siguientes:

- Obtener información lo más directamente posible, en el origen mismo de los datos, transformando dicha información en productos derivados.
- Mantenimiento de una "Base de datos de imágenes" para diversos usuarios con fines diversos.
- Incremento sustancial del "valor añadido" a las imágenes obtenidas, mediante la utilización de los medios humanos y técnicos disponibles.
- Participación a nivel internacional en los trabajos que realiza la CE, aportando las metodologías y experiencias más adecuadas para los fines requeridos, colaborando para ello, con diversos centros públicos y privados, tanto nacionales como extranjeros.
- Por último, contribuir de una forma eficaz a la mejora de la cartografía base del I.G.N.

Satélites y sensores:

Primeramente conviene resaltar ciertos satélites que aún con fines meteorológicos, son utilizables para diversos usos:

- * NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) (USA).
 - Serie de satélites numerados correlativamente y en orden creciente NOAA 6, ..., NOAA 10.
 - Órbita casi polar a 900 Km de altura. Repite cada 12 h.

Tabla 1.- Esquema general de producción cartográfica.

1) SISTEMAS BASICOS DE EJECUCION.**SISTEMA GEODESICO Y DE REFERENCIA.**

- **ASTRONOMIA:**
FIJAR ALGUNOS PUNTOS SOBRE EL TERRENO EN COORDENADAS GEOGRAFICAS ABSOLUTAS. DATUM. P.A.
- **GEODESIA:**
RED DE PUNTOS SOBRE EL TERRENO EN COORDENADAS GEOGRAFICAS, A PARTIR DE LOS P.A. RED GEODESICA.

SISTEMA CARTOGRAFICO.

- **CARTOGRAFIA:**
PROCESOS QUE INCLUYEN DESDE LA RECOGIDA DE LA INFORMACION UTILIZACION DE LA MISMA
 - **CARTOGRAFIA MATEMATICA:**
PROYECCION CARTOGRAFICA.
 - **DISEÑO CARTOGRAFICO:**
DISEÑO Y REDACCION CARTOGRAFICA. ESCALA.
 - **TOPOGRAFIA**
 - **FOTOGRAMETRIA**
 - **FOTOINTERPRETACION**
 - **TELEDETECCION**
 - **ETC**
 - **TECNICAS CARTOGRAFICAS:**

SISTEMAS DE RECOGIDA DE INFORMACION TOPOGRAFICA Y TEMATICA EN DIVERSAS FORMAS Y FORMATOS (ANALOGICO Y/O DIGITAL).	}	MINUTAS
EDICION CARTOGRAFICA. CAD PREPARACION DE ORIGINALES.	}	CCT POSITIVOS
 - **EXPLOTACION DE DATOS**

BASE DE DATOS NUMERICOS. SIG SISTEMAS ANALOGICOS CONVENCIONALES	}	
---	---	--

- Sensor: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).
Resolución: 1 Km.
NOAA 6/8/10.- 4 canales.
0,58 μm - 12,5 μm
NOAA 7/9.- 5 canales.
 - * METEOR (USSR):
- Similares características al NOAA.
- Ambos se pueden utilizar para obtener índices de vegetación (combinaciones de bandas).
 - * METEOSAT (ESA):
- Satélite de órbita estacionaria a 36.000 Km.
- Capta información en 3 bandas desde 0,4 m a 12,5 μm .
- Resolución que oscila 2,4 - 5 Km.
 - * GOES (USA). GMS (Japón). GOMS (USSR):
- Similares características al METEOSAT.
- Actualmente los satélites con una mayor utilización para la detección de recursos naturales, así como para fines cartográficos, tanto por su disponibilidad real como por su resolución espectral y métrica, son los siguientes:
- * LANDSAT-5 (USA) (Land Remote Sensing Satellite):
- Satélite de órbita sincrónica con el Sol. Casi polar.
- Altitud aproximada 700 Km. Repite cada 16 días por el mismo punto del terreno.

- Cada escena ocupa una superficie de: 185 Km x 170 Km.
- Sensores:
MSS: Bandas 4,5,6,7 (0,50 μm - 1,1 μm).
Resolución 80 m.
TM: Bandas 1,2,3,4,5,7 (0,45 μm - 2,35 μm).
Resolución 30 m.
Bandas: 6 (10,4 μm - 12,5 μm).
Resolución 120 m.
- * SPOT-1 (Francia) (Système Probatoire d'Observation Terre):
- Satélite de órbita sincrónica con el Sol. Casi polar.
- Altitud aproximada 832 Km. Repite cada 26 días.
- Cada escena ocupa una superficie de 60 x 60 Km.
- Sensores:
HRV-P: (Visible 0,51-0,73 μm).
Resolución 10 m.
HRV-XS: Bandas 1,2,3 (0,49-0,98 μm).
Resolución 20 m.
- * MOS-1 (Japón) (Marine Observation Satellite):
- Satélite con fines oceanográficos y terrestres, de órbita sincrónica con el Sol a 900 Km de altitud. Ciclo orbital 17 días.
- Sensores:
VTIR: Bandas 1 (0,5 μm -0,7 μm).

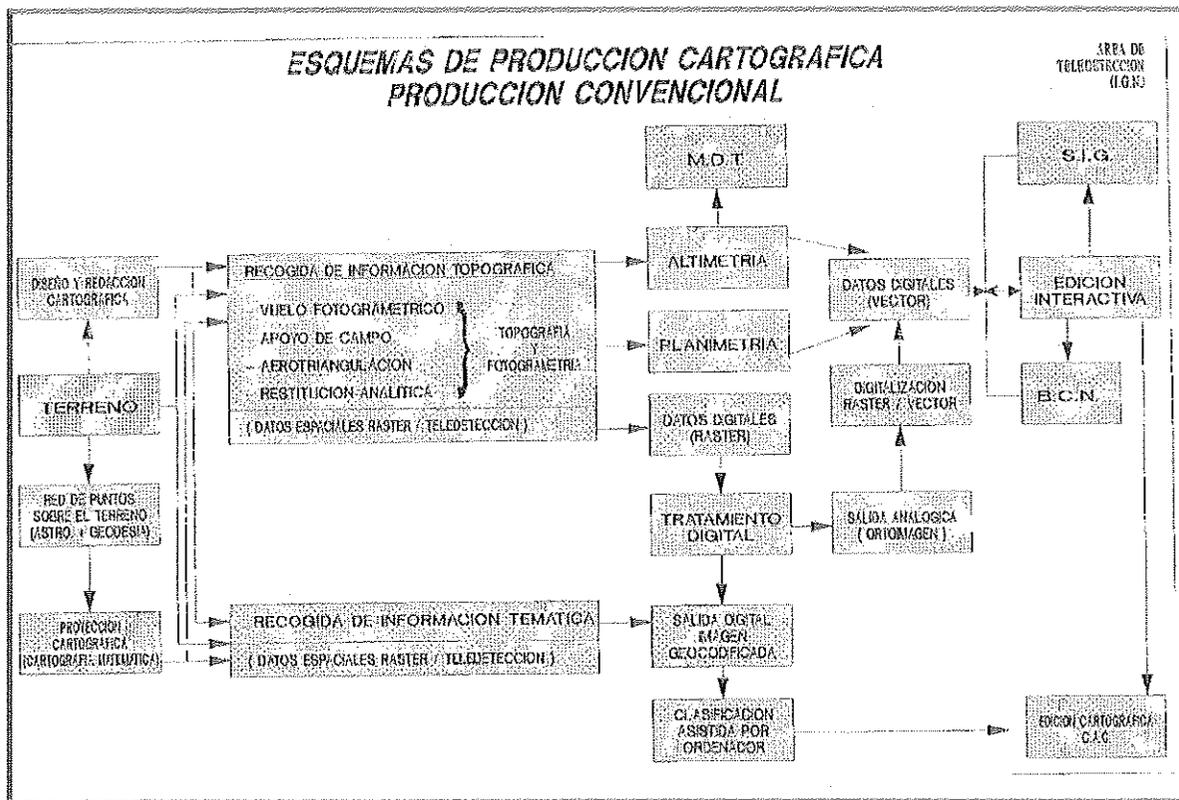


Figura 1.- Esquemas de producción cartográfica. Producción convencional.

- Resolución 900 m.
- Bandas 2,3,4 (6 µm-12,5 µm).
- Resolución 2700 m.
- MESSR: Bandas 1,2,3,4 (0,5 µm-1,1 µm).
- Resolución 50 m.
- MSR: Bandas 1,2 (23 GHz-47 msec).
- Resolución 32 Km.
- Bandas 3,4 (31 GHz-47 msec).
- Resolución 23 Km.

- * ERS-1 (CE) (European Remote Sensing Satellite):
 - Estudio científico del medio ambiente. Órbita síncrona con el sol a 780 Km. Ciclo orbital 3 días.
 - Sensores:
 - AMI: Bandas 5,6 cm-5,3 GHz. Resolución 30 m.
 - RA: 13,8 GHz. Rango 1-20 m.
 - ATSR/M: Bandas 1,6-3,7-10,8-12 µm.
 - 23,8-36,5 GHz.
 - PRARE: Fines Geodésicos.
 - LR: Infrarrojo.

3. DEFINICIÓN DE ALGUNAS APLICACIONES CARTOGRAFICAS DE LA TELEDETECCION

Primeramente conviene aclarar, lo que a mi entender, se entiende por un "Sistema de Producción Integral en Cartogra-

fía" tanto topográfica como temática. Para ello se presentan dos sistemas, el primero que se puede considerar "Convencional" que responde básicamente a los sistemas actuales de captura de información en forma vectorial o transformación a dicho formato y su posterior almacenamiento en base de datos (Figura 1). El segundo, llamado aquí "Integral", es al que se tiende ya en estos momentos en diversos centros y concretamente el I.G.N. dispone de los medios necesarios para su ejecución (captura, tratamiento y salida) en forma raster. Tiene la ventaja sobre los anteriores, en principio, de su rapidez e integración de datos.

Antes de definir más detalladamente el proceso cartográfico completo que se expondrá a continuación (ortoimágenes a escala 1/100.000), se enumeran de una forma resumida, otras aplicaciones directas de ciertos satélites/sensores que se han desarrollado en el I.G.N.:

* Satélite SPOT. Sensor HRV.

- Obtención de ortoimágenes espaciales a escala 1:50.000.

Objetivos:

- Facilitar información complementaria a la cartografía a escala. (Documento Alternativo).
- Detección y cuantificación de cambios.
- Actualización de la cartografía existente a escala

1:50.000 del I.G.N.

Metodología:

- SISTEMA DE REFERENCIA Y GEODESICO.

Elipsoide Internacional. Datum Postdam.
Red Geodésica Europea 1950 (RE 50).

- SISTEMA CARTOGRAFICO DE REPRESENTACION.

Proyección UTM. Husos 28,29,30,31.

- Adquisición de la información:

- . Satélite SPOT Sensor HRV1. Modo Pancromático. Nivel IB. 0,56-0,73 m.
- . Orbits circular a 832 Km de altitud.
- . Ciclo orbital 26 días, inclinación respecto al plano del ecuador 98,2 grados.
- . Tamaño nominal del píxel 10 metros.

- Tratamiento digital:

- . Corrección de las distorsiones geométricas mediante funciones polinómicas y ajuste por mínimos cuadrados. Método de convolución cúbica para la interpolación. Tamaño del píxel interpolado, 10 metros. Error máximo 1,5 píxeles.
- . Ajuste de histogramas de las diferentes zonas que constituyen una hoja. Formación de hoja por mosaico.
- . Realce de bordes mediante la aplicación de un filtro Laplaciano. Aumento de contrastes por expansión lineal de histograma.
- . Desarrollo de técnicas de fotointerpretación para obtención de datos temáticos y topográficos.

- Reproducción:

- . Obtención de positivo tramado, mediante sistema laser sobre película. 200 líneas/pulgada.

Producción realizada:

. Escenas existentes:

	Nivel IB	Nivel II
	(corregida geoméricamente)	
Pancromático (P)	95	45
Multiespectral (XS)	30	8
	. Ortoimágenes 1/50.000:	
	Cinta magnética (CCT)	82
	Película fotográfica	51
	Editadas	45

Plazo de ejecuciones:

4 años.

* Satélite Landsat 5. Sensor TM.

- Serie cartográfica a escalas 1/100.000-1/250.000-1/500.000.

Objetivos:

Obtener un conocimiento real del territorio, no sólo en su aspecto cualitativo sino en su posicionamiento riguroso, en proyección plana y como base para posteriores estudios y usuarios.

Dentro del **concepto temático** se ha colaborado y reali-

zando algunos proyectos, que se pasan a describir. Conviene resaltar que aunque últimamente se ha trabajado más en desarrollo de metodologías temáticas en tratamiento digital de imágenes no es el cometido esencial ni primordial de este I.G.N., existiendo organismos y centros en España que se han dedicado con mayor exclusividad que nosotros.

* Proyecto de una metodología de clasificación automática utilizando imágenes de Satélite. 1983.

Sistema empleado FACOM (no interactivo).

Software ORSER.

Imágenes Landsat-3 (MSS 217-34) (4 bandas visibles: - IR) (13-7-78) Píxel = 79 m.

Area de estudio: Parque Nacional Doñana (327 Km²)

Escala final estudio 1/200.000.

Tratamiento: - Análisis Cluster (Clasificación no supervisada).

- Obtención estadísticas.
- Agrupación de píxeles por uniformidad estadística. (Area de entrenamiento).
- Clasificación por mínima distancia.
- Comparación de resultados.
- Muestra por impresora.

Resultados de la clasificación:

- Zonas de agua profunda (ríos).
- Zonas de agua poco profundas (lucios).
- Aguas turbias.
- Coníferas (pinares).
- Dunas.
- Frondosas.
- Arrozales.
- Cultivos agrícolas en regadío.
- Mezcla de coníferas y frondosas.

Resultó ser un buen clasificador para zonas húmedas diferentes, presentando confusión en las zonas de transición.

Hay que destacar que actualmente tanto por el satélite/sensor como por los medios informáticos disponibles, es fácilmente mejorable dicha clasificación.

* Regional Crop Inventory of Castilla-León: 1989.

Este trabajo fue realizado en colaboración con las Empresas:

- Hunting Technical Services.
- Auxiliar de Recursos y Energía.

Objetivos

Obtener un "Sistema de información sobre la agricultura actual del territorio.

Este sistema estaría basado en la utilización conjunta de técnicas estadísticas y teledetección.

Metodología

Se ha dividido en los puntos siguientes:

- Estratificación del área de estudio (Zamora-Valladolid).
- Definición de la población y la muestra (estructura del muestreo).
- Preparación de documentos para el levantamiento (toma de muestra = segmentos).

- Escrutinio de resultados.
- Adquisición de datos Spot XS y Landsat TM. Imágenes necesarias para detectar los cultivos siguientes:
 - trigo (duro y blando)
 - cebada
 - colza
 - cereales/meses de marzo-junio.
- Situación de los segmentos del muestreo sobre las imágenes.
- Agrupamiento y clasificación de datos de satélite.
- Cálculo de la regresión por cada cultivo. (segmento/clasificación resultante).

Resultados

El proceso de detección de cultivos fue más eficaz para cebada que para el resto.

Asimismo hay que resaltar que con respecto a la información facilitada por el M.A.P.A., los datos obtenidos mediante el análisis de regresión, tanto con Spot XS como con Landsat TM, fueron más próximos que con el propio muestreo en campo.

* Proyecto CORINE-LAND COVER. CEE. 1990-91.

Objetivos

Clasificación mediante imágenes de satélite Landsat-TM (resolución 30 m) (Bandas 4-5-3) (7-1987) de un mapa de España de usos del suelo a escala 1/100.000.

- Corrección geométrica de imágenes.
 - Polinomio 2º grado. Remuestreo a 25 m (interpolación cúbica).
- Clasificación manual y asistida por ordenador. Fotoidentificación y Fotointerpretación.
- Número clases obtenidas: Jerarquizada en 3 niveles con un total de 44 clases.
- Digitalización de minuta clasificada.
- Carga de bases de Datos.

* Satélite NOAA (AVHRR).

- Mapa de España a escala 1/1.500.000.

Objetivos:

- Para una evaluación sistemática de la evolución del territorio (desertización, cambios en los usos del suelo, etc) y en períodos muy breves desde la captación de los datos hasta su tratamiento, el I.G.N. ha empezado a utilizar en fase de experimentación datos procedentes del satélite NOAA (AVHRR). Hasta el momento se han obtenido resultados en "índices de vegetación" que permitirán estudiar la evolución y localización geográfica de la vegetación.

Metodología:

- SISTEMA DE REFERENCIA Y GEODESICO.
 - Elipsoide Internacional. Datum Potsdam.
 - Red Geodésica Europea 1950 (RE50).
- SISTEMA CARTOGRAFICO DE REPRESENTACION.
 - Proyección Lambert.
 - Adquisición de la información:
 - . Satélite NOAA. Sensor AVHRR.

. Bandas usadas:	1	0,58 - 0,68 μm
	2	0,72 - 1,10 μm
	3	3,55 - 3,93 μm
	4	10,50 - 11,50 μm
	5	11,50 - 12,50 μm

- . Órbita circular heliosíncrona.
- . Inclínación 102 grados.
- . Ciclo orbital: 1 día.
- . Tamaño nominal del píxel: 1 Km.
- . Metodología:
 - . Obtención del cociente de bandas $\frac{2-1}{2+1}$
 - . Corrección geométrica polinómica.
 - . Ajuste de histogramas. Formación de mosaicos.
 - . Realce de bordes (Laplaciano). Expansión lineal de histogramas.
 - . Asignación de colores, según colores obtenidos en el cociente de bandas anteriores.
- Producción realizada:
 - . Mapa de España clasificado en siete niveles de vegetación.

4. PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES ESPACIALES A ESCALA 1/100.000, MEDIANTE EL SATÉLITE LANDSAT-TM

Dentro del esquema general de producción ya expuesto anteriormente, y para el caso concreto que nos ocupa, las fases de estudio serán las siguientes:

* Definición y Objetivos.

- Obtener un conocimiento real del territorio, no sólo en su aspecto cualitativo sino en su posicionamiento riguroso, en proyección plana y como base para posteriores estudios y usuarios.

* Cartografía matemática. Proyección. Escala.

Dado que los puntos de apoyo en los cuales nos basaremos posteriormente para la corrección geométrica de la imagen se encuentran en coordenadas UTM, y ser asimismo la proyección más utilizada en la Cartografía Nacional, se decidió utilizar dicha proyección para homogeneizar resultados.

También como se incluye este proyecto en el general a escalas 100.000-250.000-500.000 (con el mismo satélite), se estudió una nueva división en hojas que facilitase tanto el tratamiento digital como su consulta, partiendo para ello de divisiones exactas de los "husos" 28, 29, 30 y 31.

Número de Hojas

Hojas a escala 1/500.000	3° x 2°	17
Hojas a escala 1/200.000	1° 30' x 1°	58
Hojas a escala 1/100.000	45' x 30'	188

Para una mejor relación con otra cartografía en la misma proyección, se le ha superimpuesto una cuadrícula de 10 Km.

Asimismo y de forma digital se incluyen esquinas de todas las hojas del M.T.N. a escala 1/50.000.

La escala se ha seleccionado básicamente en función de resolución del píxel remuestreado (25 mts), de tal forma que

podiese tener una respuesta satisfactoria en cuenta a una interpretación mínima de datos. Para ello se fijó en 1/100.000.

* Diseño cartográfico.

El objetivo de esta fase es definir "formatos" y contenido.

Una vez fijada la proyección y la escala, estamos en condiciones de establecer formatos definitivos tanto de la ortomagen como del papel de impresión. El formato definitivo quedó establecido en 78 x 78 cm (con estos datos ya será posible definir tipo de papel). Para la elección como es lógico se han tenido en cuenta sistemas existentes de reproducción (en nuestro caso offset).

En esta misma fase se establecen la existencia y contenidos de datos internos y marginales.

En la propia ortomagen se ha preferido, que una vez efectuada sobre la misma diversos tratamientos (que posteriormente se verán) que mejoran sustancialmente su interpretación, no incluir ninguna otra información que variase o dificultase la visión de los mismos.

Como datos marginales:

- Esquema geográfico de situación. Escala 1/1.000.000.
- Esquema de numeración de hojas (filas y columnas) y distribución de las mismas.
- Definición del proyecto:
 - Sistema Geodésico/Referencia
 - Sistema Cartográfico de representación.
- Coordenadas geográficas y UTM de la esquina de la hoja.
- Usos de suelo. Hasta un máximo de 12:
 - Zona urbana
 - Superficie agrícola
 - Superficie arbórea
 - Superficie arbustiva
 - Aguas continentales
 - Varios.

* Redacción cartográfica.

En este proceso se definieron colores, tintas, tipos y cuerpos en rotulación y toponimia, simbología, etc.

* Recogida de información. Procesamiento de imágenes digitales.

En estos procesos se incluyen propiamente todos los específicos tratamientos digitales efectuados en una/s imagen/es brutas, hasta obtener la correspondiente imagen transformada.

- Satélite/sensor empleado (1/3/84).
 - . Fecha de toma de imágenes julio/agosto 1987.
 - . Órbita polar heliosíncrona.
 - . Altitud 705 Km.
 - Periodo 98,9 minutos. Ciclo 16 días.
 - Sensores MSS, TM (7 bandas, 8 bits/banda, 256 niveles de gris).
 - . Barre en tiras perpendiculares a la dirección de avance.
 - . Selector de espejo oscilante.
 - . Ancho del recubrimiento 185 Km.
- Imagen digital.

CCT a 6250 bpi.

Formato BSQ.

- Determinación de las estadísticas de la imagen:
 - . Obtención de histogramas de frecuencia/banda.
 - . Extremos inferiores y superiores.
 - . Media y desviación típica.
- Análisis de componentes principales (Clasificación).
 - . Matriz de correlación entre bandas.
 - . Matriz de varianza/covarianza.
 - . Valores principales/vectores principales.

- Corrección geométrica.

Debido a ciertos motivos las imágenes recibidas no se pueden considerar mapas, las causas más importantes son:

- Errores en la instrumentación.
- Distorsión panorámica.
- Rotación tierra.
- Inestabilidad del satélite.
- Para eliminar dichos efectos, se pueden corregir por diversos métodos:

. Modelo paramétrico para cada fuente de distorsión.

. Relación matemática píxel imagen

?

punto terreno

Este último sistema es el empleado en el I.G.N.

La forma explícita de las funciones es desconocida por lo que empleamos su forma polinómica:

$$u = f(x,y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$

$$v = g(x,y) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

(x,y) = Coordenadas terreno (MTN 1/25.000).

(u,v) = Coordenadas imagen (píxel, línea)

- Se determinarán los coeficientes por ciertos puntos de control y resolvemos un polinomio de 2 grados por mínimos cuadrados y ecuaciones de observación superabundantes (+20 puntos de apoyo).

- Se obtienen: Estimación de coordenadas PC.

Residuos, EMC

(σ) residual.

Todo ello nos definirá la calidad del ajuste.

Normalmente el EMC < 1,5 píxel.

- Asignación del nivel de brillo.

Hay que restaurar a continuación a cada píxel un nivel de brillo correspondiente. Esta operación se efectúa por interpolación en la imagen sin corregir. Los métodos más empleados son:

. Vecino más próximo.

. Interpolación bilineal.

. Interpolación cúbica. Esta es la empleada en el I.G.N.

Se efectúa sobre 16 píxeles más próximos al punto determinado y se ajustan 5 polinomios de 3 grado.

- Comparación del modelo. (En forma local, seleccionando otros puntos de control diferentes a los

anteriores).

- Selección de 3 bandas para su visualización en RGB. (5.4.3.).

- Formación de mosaico.

El objetivo es la obtención de una hoja, para ello:

- . Partimos de imágenes corregidas.
- . Superimposición de cruces de esquinas de hojas a escala 1/50.000 y 1/100.000.
- (x,y) UTM \rightarrow (x,y) P/L
- . Selección y unión de partes de escena.

- Convolución.

El objetivo que se pretende es el realzar los detalles geométricos y facilitar la lectura e interpretación.

- El nivel de brillo de un píxel será el resultado de operaciones matemáticas con los píxeles que le rodean.
- Su expresión matemática es del tipo:

$$r(i,j) = E_{\mu} E_{\nu} O(\mu,\nu) t(i-\mu, j-\nu)$$

$$r(i,j)$$
 nivel de brillo en la transformada

$$O(\mu,\nu)$$
 nivel de brillo en la original

$$t$$
 núcleo de la convolución
- El I.G.N. emplea un laplaciano de 3x3, con núcleo de 5.
- Con este proceso se eliminan asimismo los efectos producidos por la óptica del sensor.

- Realce de la imagen.

El objetivo es mejorar el impacto visual, marcando las diferencias entre suelo y vegetación.

Se efectúan las expansiones del histograma por cada banda, obteniéndose:

- Histograma/banda.
- Histograma acumulado/banda.
- Realce (expansión lineal).

Transformación lineal de niveles de brillo.

Otros métodos que se podrían emplear: Polinómicos, LUT, etc).

- Salida de la imagen.

Una vez la hoja seleccionada está convolucionada y realzada, se pasa directamente a cinta CCT, para su posterior transformación de soporte digital a analógica.

* Técnicas Cartográficas.

Son todos los procesos que van desde la imagen corregida, convolucionada y realzada anteriormente, hasta la obtención de positivos finales.

Las fases son las siguientes:

- . Esgrafiado de líneas.
- . Separación de colores. Transformación digital/analógico.
- . Rotulación y Toponimia.
- . Positivos finales.
- . Montaje de planchas.
- . Prueba color.

* Impresión:

- Se pretende con ello, obtener a bajo coste un número elevado de copias.
- El número de ejemplares obtenidos es de 1000/hoja.

En todas las diversas fases se efectuarán los necesarios

controles de calidad, seguidos por la necesidad de detectar y subrayar los errores que se cometen en dichas transformaciones.

Dichos controles en forma genérica son:

- Adquisición
- Procesamiento
- Salidas gráficas

5. I.G.N. ÁREA DE TELEDETECCIÓN. ESTRUCTURA Y MEDIOS

El "Área" está integrada en la Subdirección General de Procesos Cartográficos de este Instituto Geográfico Nacional. Consta de los Servicios y Secciones siguientes:

- Servicio de Teledetección.
- Sección de Investigación y Desarrollo.
- Sección de Coordinación.
- Sección de Producción.

El número total de personas es de 26, con los siguientes perfiles profesionales:

- 4 Ingenieros Geógrafos.
- 6 Ingenieros Técnicos Topógrafos.
- 2 Analistas.
- 12 Delineantes/Operadores.
- 1 Auxiliar.

Los medios físicos y lógicos disponibles son los siguientes:

- HARDWARE

El sistema informático base de la unidad de Teledetección consta:

* Sistema básico (Host): Como tal sistema sus rasgos más característicos son:

- Rápida ejecución CPU.
- Gran capacidad de memoria.
- Acceso rápido al disco (imágenes almacenadas).
- Rápida transferencia de disco a CPU.
- Acceso rápido a datos RAM.

Se dispone en este momento de:

- 2 MICROVAX II (9 Mb y 16 Mb). 32 bit. (DEC).
- 1 MICROVAX 3.300. (20 Mb).

* Subsistema específico: (Procesador de imágenes). Cuyas características son:

- Gran memoria virtual.
- Transformaciones rápidas de forma digital analógica (pipeline).
- Capacidad de almacenamiento y manipulación de imágenes digitales.

Se cuenta con:

- 2 M75 (I2S) y 1 BITE con tarjetas específicas para el ca. (WARPER) y tratamiento de imágenes de cualquier tamaño sin más limitaciones que la propia capacidad de disco.

Sus características más destacadas son:

- 16 memorias de refresco de 512 x 512 x 8 bit.
- 32 LUT (256 x 12 bit).
- UAL de realimentación 512 x 512 x 16 bit.
- 16 Planos gráficos 512 x 512 x 1 bit.
- Monitor de visualización 512 x 512.

- Procesador imágenes IVAS para visualización y tratamiento radiométrico. Monitor de visualización de 1924 x 1024.
- * Sistema de entrada/salida.
Por cada unidad la distribución es la siguiente: (conectados indistintamente dichos periféricos vía Red Local).
 - MICROVAX II (9 Mb):
 - Discos 90 Mb y 456 Mb.
 - Streamer.
 - Unidades de Cinta 1600 bpi y 6250 bpi.
 - Impresora de caracteres.
 - Consola Terminal.
 - MICROVAX II (16 Mb):
 - Discos 90 Mb, 450 Mb, 625 Mb, 156 Mb.
 - Streamer.
 - Impresora color. (Chorro de tinta).
 - Consola y Terminal.
 - MICROVAX 3.300 (20 Mb):
 - Discos 381 Mb y 150 Mb.
 - Streamer.
 - Consola y Terminal.
 - Registradora de imágenes digitales. OPTRONICS C-4.300.
 - Motorola M68010 42 Mb.

* Sistema General.

Corresponde con el sistema informático del I.G.N. al cual se conectará el sistema específico de tratamiento de imágenes vía ETHERNET.

Dicho sistema consta:

- FUJITSU/FACOM M 180 N. (8 Mb de memoria central).
- Procesador 1,7 Mip.
- Palabra de 16 bit.
- 16 Discos de 3,5 Gbit.
- 12 Discos de 7,5 Gbit.
- Sistema operativo OS IV/F4.
- Gestor de base de datos ADABAS.
- Comunicación de ficheros VTAM.
- Gestor de ficheros VSAM.

En cuanto a periféricos de utilización general:

- Plotter CALCOMP 960 (1024 colores).
- Coordinógrafo Kongsberg DM 1216 de alta precisión.
- Scanner Tektronix 4991.

La configuración actual aparece resumida en la Figura 2:

- **SOFTWARE**

El Software específico para tratamiento de imágenes digitales está basado en el Sistema 600 (IIS), desarrollado e implementado (FORTRAN y C) en el Área de Teledetección de acuerdo a nuestras necesidades. Consta esencialmente de los módulos siguientes:

- CENTRAL
- GENERAL
- AVANZADO
- FILTRADO
- REGISTRO DE MAPAS

CLASIFICACION DE IMAGENES

Asimismo el Área dispone del Software específico denominado IVAS. Está especialmente diseñado para el análisis y la visión de imágenes en forma interactiva.

El número total de comandos es de unos 350, pudiéndose agrupar los diversos tratamientos digitales que realizan de la forma siguiente:

1º) PREPROCESO: - OPERACIONES PREVIAS:

- Pérdida líneas.
- Igualación histograma.
- REGISTRO Y CORRECCIONES GEOMETRICAS:
 - Transf. coordenadas.MOD. PARAMENT.POLINOMICO.
 - Remuestreo (varios).
 - Registro imágenes.
 - Correcciones atmosféricas.
 - Efectos iluminación.

2º) TECNICAS REALCE:

- CONTRASTE: - Exp. contraste lineal.
Ecuación de histogramas
Expansión Gaussiana.
- PESEUDOCOLOR:
 - Transformaciones
Densidades cortadas o limitadas.

3º) TRANSF. IMAGENES: - OPERACIONES ARITMETICAS DE IMAGENES

- (x, -, +, /).
- TRANSF. IMAGENES EN BASES EMPIRICAS. (Indice de veget. a Kauth-Thomas).
- ANALISIS DE DISCRIMINANTE MULTIPLE.
- TRANSFORMACION DE COLOR, SATURACION/INTENSIDAD (hsi).
- TRANSFORMACION FOURIER.

4º) TECNICAS DE FILTRADO: -

- PASO BAJO Y ALTO
- DETECCION DE BORDES (LAPLACIANOS)
- FILTROS DE FRECUENCIAS.

5º) TECNICAS DE CLASIFICACION:

- CLASIFICACION SUPERVISADA:
 - Parcelas de muestreo.
 - Máxima verosimilitud.
 - Centroide.

- Paralelepípedo.
- CLASIFICACION NO PERSIVADA.
- RASGOS ESPECTRALES.

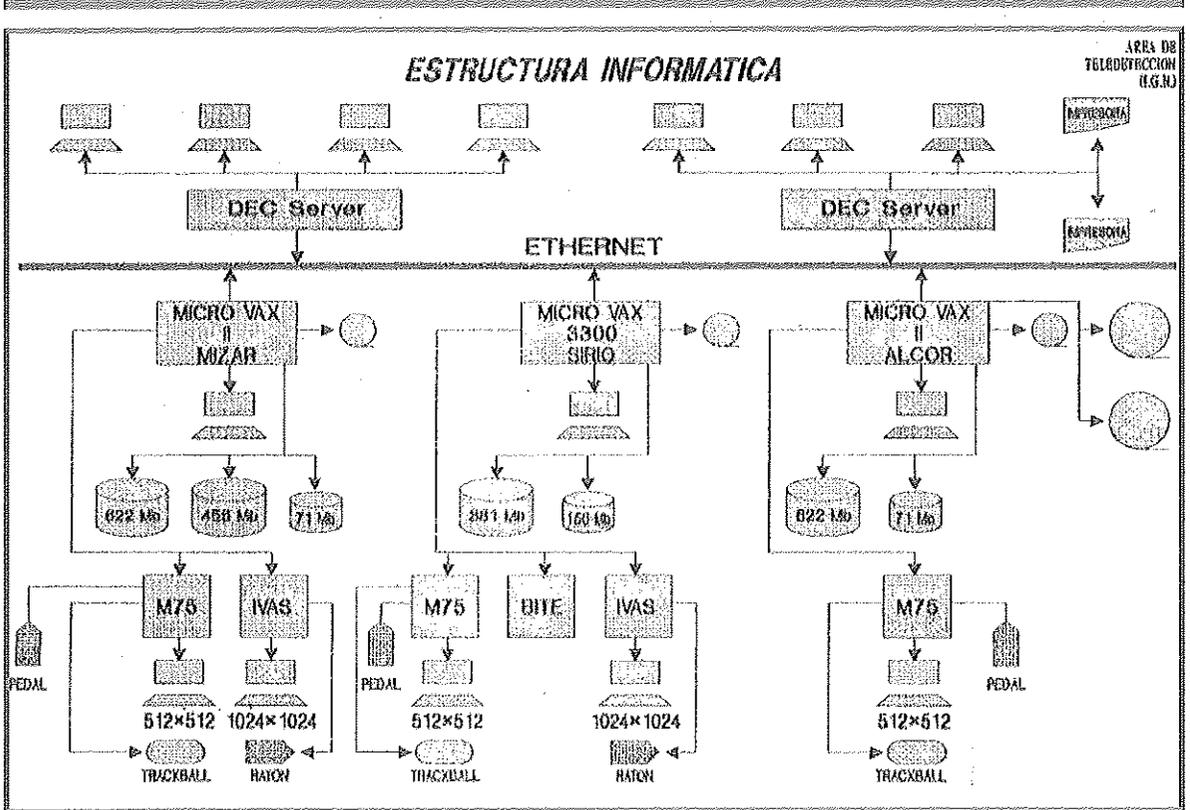


Figura 2.- Configuración informática actual del I. G. N.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ MATHER, P.M., (1987): *Computer Processing of Remotely Sensed Images*. John Wiley-Sons.
 - ✓ GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M., (1989): *Télédétection Appliquée*. Masson.
 - ✓ NASA, (1987): *Earth Science and Applications Division*. Nasa.
 - ✓ BARRION, R., (1978): *Manual de Télédétection*. Sodipe S.A.
 - ✓ GONZÁLEZ, R.C.; WINTZ, P., (1977): *Digital Image Processing*. Addison Wesley P. Company.
 - ✓ ESCUDERO, L.F. (1977): *Reconocimiento de Patrones*. Paraninfo.
 - ✓ JAIN, A.K. (1989): *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall.
 - ✓ AROZARENA, A., (1986): *Sistemas de Producción Integral en Cartografía*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica Madrid.
 - ✓ VIVAS, P., (1990): *Sistema de Tratamiento de Imágenes Digitales del IGN*. (Publicación Técnica nº 24).
 - ✓ LILLESAND/RIEFER (1979): *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley-Sons.
 - ✓ LINTZ, J., (1976): *Remote Sensing of Environment*. Addison-Wesley.
-