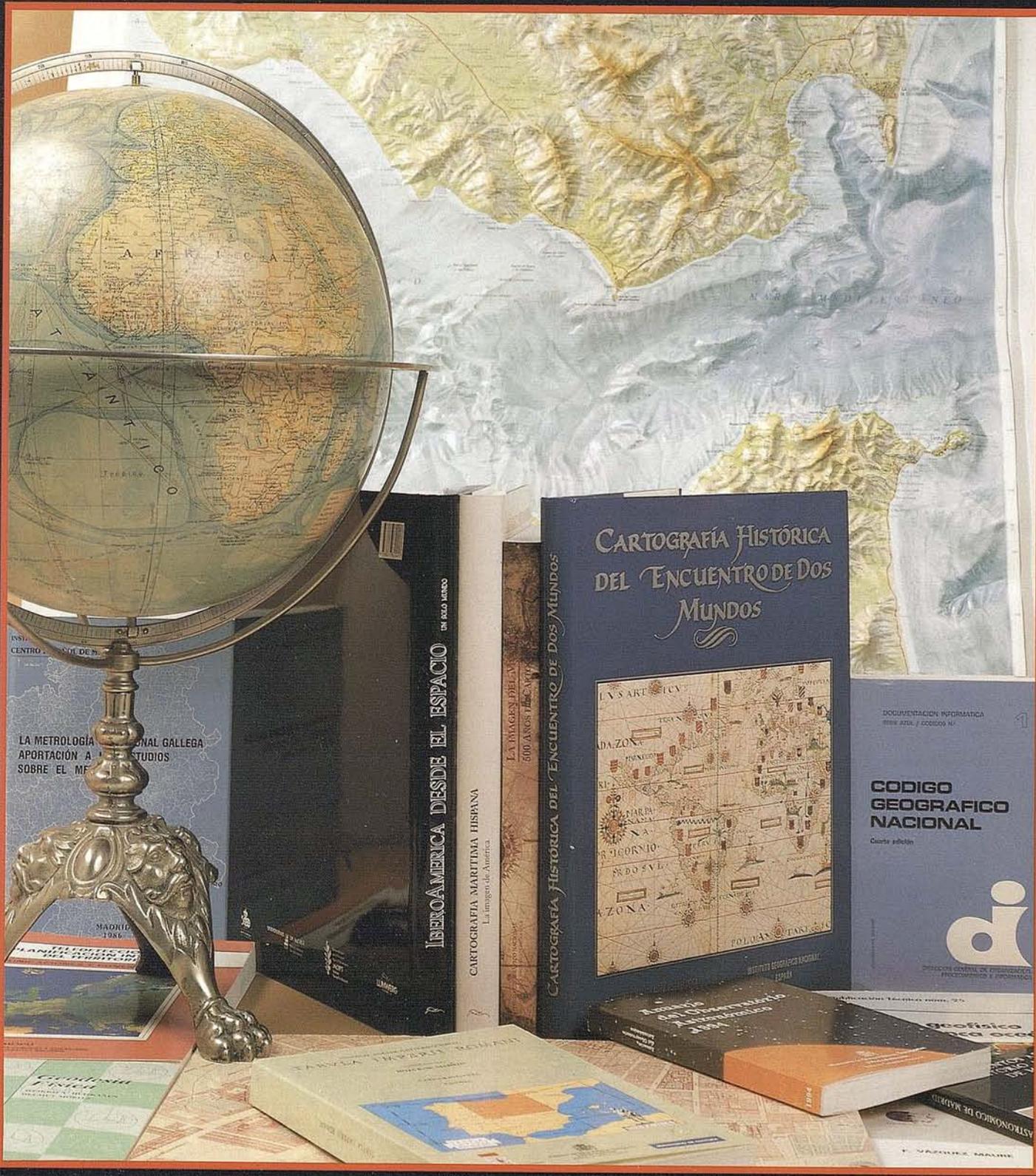


MAPPING

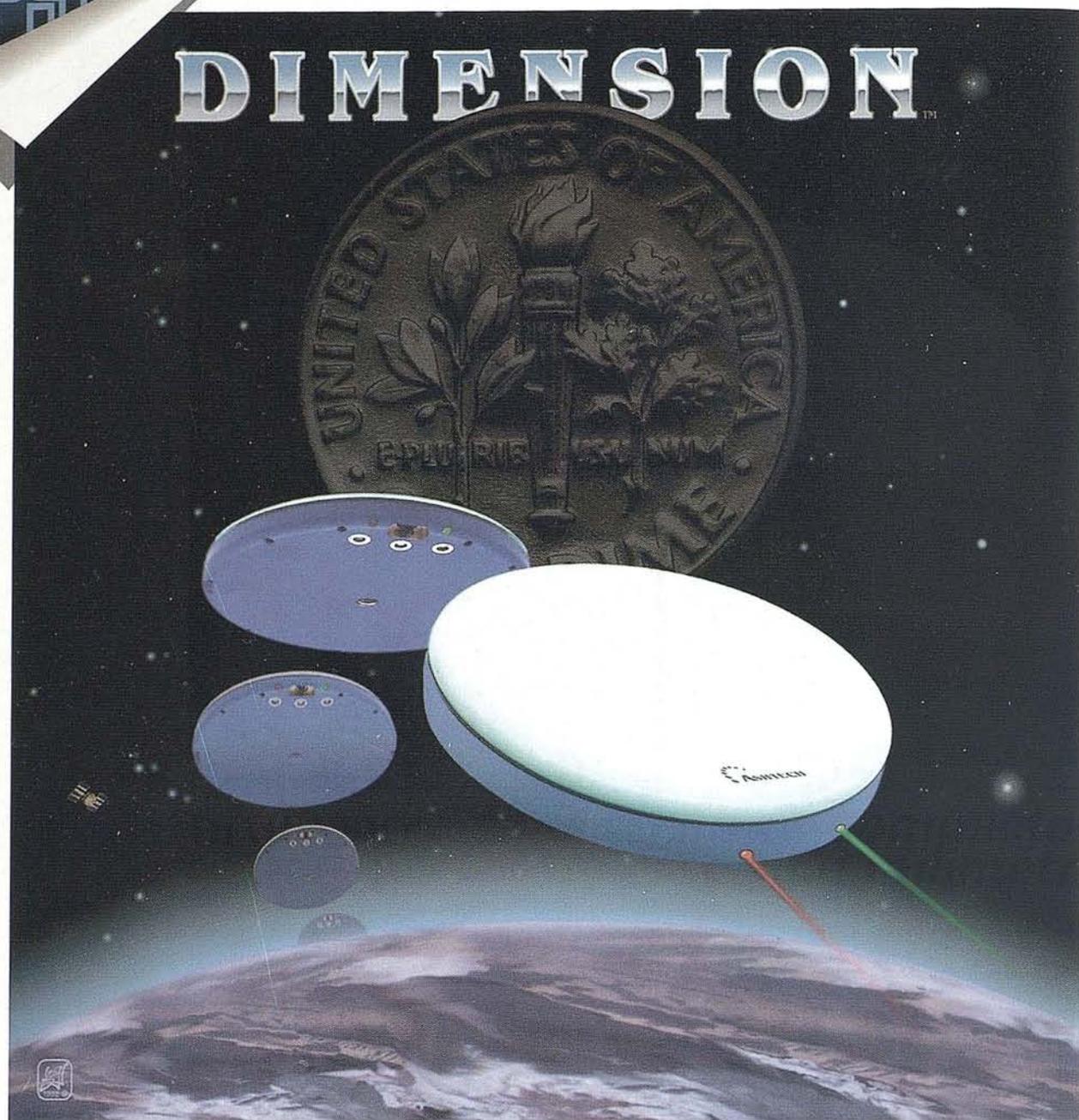
REVISTA DE CARTOGRAFIA, SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y TELEDETECCION



Nº 18 JULIO 1994 PRECIO 900 PTAS.

GPS

DIMENSION™



DIMENSION... *el receptor compacto G.P.S. de precisión milimétrica*

Receptor G.P.S. topográfico

- + PEQUEÑO
- + PRECISO
- + COMPACTO
- + PRESTACIONES
- + INFORMACION
- + **ECONOMICO!**

Por una inversión poco mayor que una estación total



póngase en contacto con n/ **Departamento Técnico**, le asesoraremos o le demostraremos si en su trabajo es rentable la inversión... ¡o si no lo es!

 **ASHTECH INC.**



GERMAN WEBER, S. A.
 Hermosilla, 102 - 28009 Madrid
 Tel. (91) 401 67 79 - Fax (91) 403 76 25

Potente, pero personal.



Intergraph's PERSONAL WORKSTATIONS

Potencia y flexibilidad de elección.

- Configuraciones disponibles con uno o dos procesadores pentium de Intel a 90 Mhz.
- Sistema operativo Windows/NT ó Windows/DOS.
- 512 Kb de Cache externo.
- Aceleradores gráficos de alto rendimiento en 3D "OPEN GL".
- 16 a 256 MB, de memoria RAM.
- Elección entre uno o dos monitores de 17", 20"-21" ó 27".
- Sistema de visualización hasta 16,7 millones de colores.
- Sistema de almacenamiento de 540 MB, 1 GB ó 2 GB con bus fast SCSI tipo 2 de doble canal.
- Red Ethernet Integrada.
- Disquetera 3 1/2.
- CD-ROM.
- Garantía de 3 años.
- Ventas, servicio y soporte en todo el mundo.



MICROSOFT
WINDOWS NT.

Por primera vez los usuarios de sistemas gráficos avanzados de PC's y Estaciones de Trabajo, pueden resolver sus necesidades en una solución de sobremesa única. Este es el camino definitivo para

conseguir el rendimiento de una estación de trabajo, manteniendo al mismo tiempo el 100% de compatibilidad de un PC. Incluso Vd., podrá compartir en la pantalla aplicaciones de PC y Estacion de Trabajo simultáneamente. Sí, **Aplicaciones Técnicas** combinadas con **herramientas**

ofimáticas. Las estaciones personales de Intergraph, le ofrecen una potencia sin precedentes, utilizando configuraciones con uno o dos



procesadores pentium de Intel a 90 Mhz., **pentium** para SMP (Simetric Multiprocessing). Dé un paso hacia el futuro hoy y **llámenos** para que le informemos lo únicas que son las estaciones de trabajo de Intergraph.

INTERGRAPH COMPUTER SYSTEMS

Intergraph (España) S.A.
C/ Gobelos, 47 - 49 La Florida
28023 Madrid - SPAIN

(Rellene y envíe por correo o fax)

Mi plataforma actual de trabajo es:

Software que utilizo:

- Windows
- Windows NT
- UNIX
- Ofimática
- CAD
- GIS
- Multi-Media

Compañía: _____

Dirección: _____

Código postal: _____

Nombre: _____

Cargo: _____

Actividad de la Empresa: _____

Tel: _____

Fax: _____

INTERGRAPH y el logotipo de Intergraph son marcas registradas de Intergraph Corporation. Los logotipos de Intel Inside y Pentium Processor son marcas registradas de Intel Corporation. Microsoft es una marca registrada y Windows y el logo de Windows son marcas registradas de Microsoft Corporation. Otras marcas y productos son marcas registradas de sus respectivos propietarios.



Edita:
MAP & SIG CONSULTING

Editor - Director:
D. José Ignacio Nadal

Redacción, Administración y Publicación:
P^o Sta. M^a de la Cabeza, 42
1^o - Oficina 2
28045 MADRID
Tel.: (91) 527 22 29
Fax: (91) 528 64 31

Fotocomposición:
Departamento propio

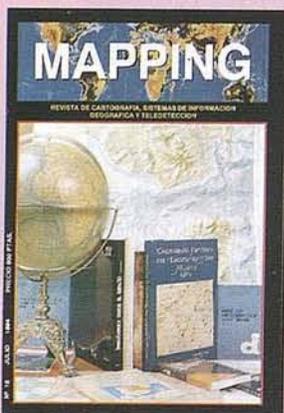
Fotomecánica:
FILMAR

Impresión:
A.G. MAWIJO, S.A.

ISSN: 1.131-9.100
Dep. Legal: B-4.987-92

Mapa cabecera de MAPPING:
Cedido por el I.G.N.

Portada cedida por:
I.G.N.



Prohibida la reproducción total o parcial de los originales de esta revista sin autorización hecha por escrito.

No nos hacemos responsables de las opiniones emitidas por nuestros colaboradores.

10

INFORMATIZACION DEL PROCESO DE PRODUCCION DEL MAPA TOPOGRAFICO 1/25.000



22

LA TELEDETECCION EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL



52

LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG: DEFINICION, CARACTERISTICAS, ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE DESARROLLO

76

ORTOFOTOGRAFIA

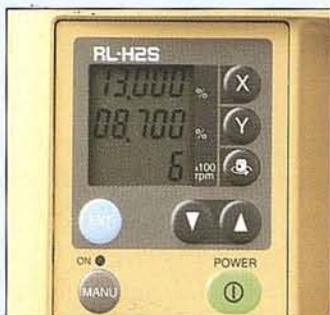


88

GPS DIFERENCIAL: DISEÑO, COMPONENTES Y FUNCIONES DE UNA ESTACION DE REFERENCIA



Giro vertical con RL-VH



Colocación exacta de doble pendiente con RL-H2S



RL-50 proporciona un rayo altamente visible en modo seguimiento

TODO LO QUE NECESITA ES...

Reconocimiento de los problemas cotidianos que se presentan en la construcción, asumiendo que cada necesidad es diferente. TOPCON es consciente de ésto y, por eso, ha desarrollado una variada gama de Niveles Láser.

Cualquiera que sea su necesidad, TOPCON dispone del instrumento especialmente diseñado para satisfacerla.

- RL-H : Nivel láser automático para auto-nivelación horizontal.
- RL-VH : Láser de luz visible para plano Horizontal y Vertical.
- RL-H1S/2S : Robusto láser de plano inclinado para 1 ó 2 planos.
- RL-50 : La revolución de los niveles láser. Económico nivel láser con haz visible, compensador automático y otras avanzadas características.

Todo lo que necesita es... un láser TOPCON.

ENFOCADO HACIA EL FUTURO.



UN RELEVO ABIERTO A TODAS LAS ESPECTATIVAS

El 29 de Abril del año en curso, se produjo en los locales del Instituto Geográfico Nacional el relevo en su Dirección General, al que asistió el Excmo. Sr. Ministro D. José Borrel, el cual como Ministro, efectuaba su primera visita al citado Instituto.

Cesaba en el cargo como Director General D. Angel Arévalo, al que sin duda, hay que agradecerle desde nuestro más expresivo sentimiento patrio, la infatigable labor de adecuación, tanto de medios como de proyectos, a los que el dinamismo de los tiempos que corren ha venido obligada esta Institución. Con él se va una etapa de ensamblaje a las nuevas estructuras que servirán de basamento a sus proseguidores.

Asume el relevo un técnico rescatado de la Política, a la que ha servido con pundonor, celo y honestidad, D. Teofilo Serrano, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, quien a sus 43 años accede a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, con la serena madurez que imprimen sus más de quince años en labores de Alta Dirección, en cargos de notoria responsabilidad a los que se entregó con un sobresaliente empeño por la realización de las cosas bien hechas.

Con su incorporación se abre una nueva etapa en el Instituto Geográfico Nacional, cargada de expectativas abiertas a la confirmación de una Institución que no por su escasa incidencia en el ámbito del conocimiento popular, está exenta de una verdadera importancia para el más preciso conocimiento de este nuestro País: España.

Por su dilatada experiencia, nos consta que podemos garantizar el éxito de este nombramiento, llamado a representar el asentamiento e incardinación de las nuevas técnicas y avances que hagan del Instituto Geográfico Nacional un Organismo dinámico y capacitado para colaborar con el desarrollo de forma evidente.

Así mismo, somos conscientes de que la Cartografía se revitalizará, consolidando el Instituto su más firme posición aglutinadora de cuantas empresas se dedican a esta actividad, sin que haya lugar a actuaciones partidistas o arbitrarias. En el Instituto Geográfico Nacional, con su nuevo Director General, convergerán todos los intereses, manteniendo unas directrices inequívocamente imparciales y solidarias, de forma que no se puedan producir descarríos perversos para la Cartografía. Es una gran empresa la cual, no dudamos, se acometerá con todo el rigor que precisa.

Desde estas páginas guardamos nuestro más sincero recuerdo y agradecimiento al anterior Director General, D. Angel Arévalo y abrimos nuestras expectativas, cifradas en colaboración y apoyo a la gestión que tiene encomendada el nuevo Director General del Instituto Geográfico Nacional, Ilmo. Sr. D. Teófilo Serrano Beltrán.

Bienvenido y todos los éxitos.

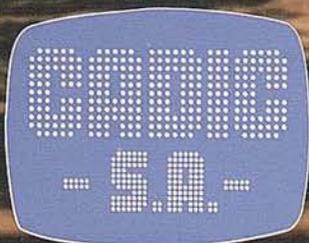
Ignacio Nadal
Director Técnico

EN EL AMANECER DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR SATELITE (G.P.S.)

RESTITUCION ANALITICA Y NUMERICA

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA



DOCTOR ESQUERDO, 166
TLF.: 433 12 12 - FAX.: 433 58 74
28007 MADRID

MARQUES DE SAN JUAN, 5
TLF.: 348 86 37 - FAX.: 348 86 38
46015 VALENCIA

TEOFILO SERRANO BELTRAN

Nacido en Tudela (Navarra) el 28 de julio de 1950.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (promoción 1974), funcionario de la Escala de Técnicos Superiores de Organismos Autónomos del MOPU. Entre 1976 y 1982 trabajó en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, en el campo del hormigón armado y pretensado. Durante este tiempo fue vocal de la Comisión Permanente del Hormigón en representación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

En 1982 fue nombrado Director del Gabinete del Ministro de Trabajo y Seguridad Social, puesto en el que permaneció hasta 1986. En este período trabajó en la elaboración de los Proyectos de Ley de Reforma del Estatuto de los Trabajadores, de Protección por Desempleo, Orgánica de Libertad Sindi-



cal y de Medidas Urgentes para la Reforma de la Seguridad Social.

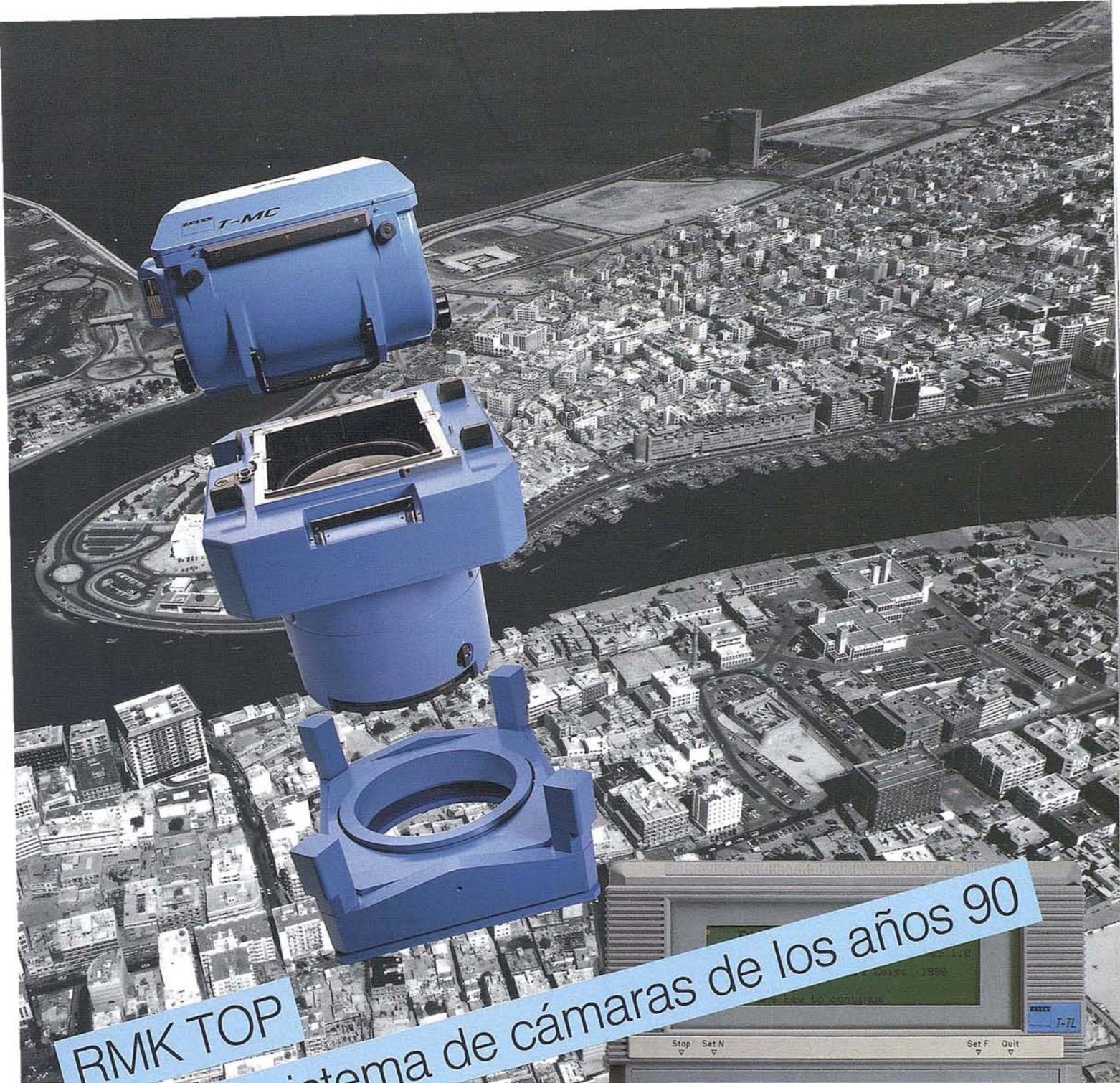
Secretario de Estado para la Administración Pública entre 1986 y 1991 continuó el proceso de reformas emprendido. En estos años

se pusieron en marcha las Inspecciones Operativas de Servicios, auditorías de gestión que proporcionaron gran parte de la información que permitió elaborar las propuestas que se plasmaron en el documento "Reflexiones para la Modernización de la Administración Pública", de cuyo análisis y discusión surgió el actual Plan de Modernización de la Administración del Estado.

Diputado de la Asamblea de Madrid y Senador desde 1992. En el Senado ha sido Presidente de la Comisión de Sanidad y Asuntos Sociales y ponente de las Leyes de Medidas para el Fomento del Empleo y de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

El 29 de abril de 1994 fue nombrado Director General del Instituto Geográfico Nacional.





RMK TOP

El sistema de cámaras de los años 90

Carl Zeiss, empresa líder en la fabricación de sistemas fotogramétricos, presenta el nuevo sistema de cámara RMK TOP. A continuación, se detallan los diez argumentos decisivos que caracterizan la nueva cámara aerofotogramétrica:

- 1 Microprocesador para el mando del sistema y el control de las funciones
- 2 Ordenador compacto y resistente, para ajustes previos asistidos bajo diálogo, así como manejable por menú
- 3 Datos de servicio y navegación, registrados en el ordenador y reproducidos en la película
- 4 Obturador pulsado de láminas en rotación continua, con tiempo de acceso constante de 50 msec, para regular con precisión el recubrimiento de los fotogramas

5 Objetivos de alto rendimiento, todavía más perfeccionados, con cuatro filtros interiores, intercalables por mando exterior

6 Amplia compensación del arrastre de la película, gracias al FMC mejorado y a la suspensión estabilizada por giroscopio

7 Mando inteligente del tiempo de exposición, de acuerdo con el principio de Image Quality Priority

8 Estructura modular para el cambio rápido y seguro de la película (chasis) y de la distancia focal (cuerpo de cámara)

9 Conexión del sistema GPS para determinar la posición de los lugares de toma y para la navegación durante los vuelos fotogramétricos

10 Compatible con los componentes de la familia de cámaras RMK A y preparada para admitir ampliaciones futuras.

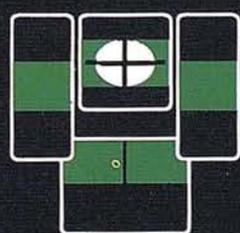
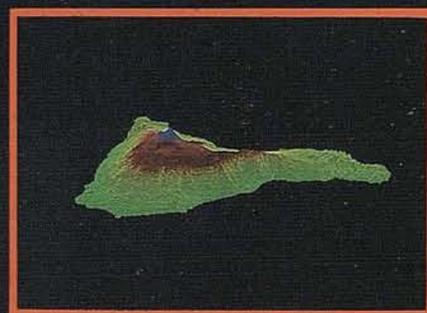
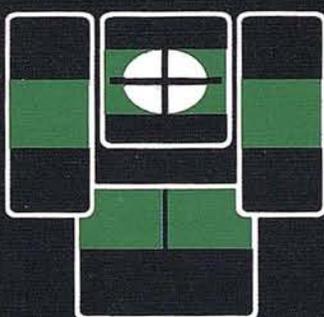
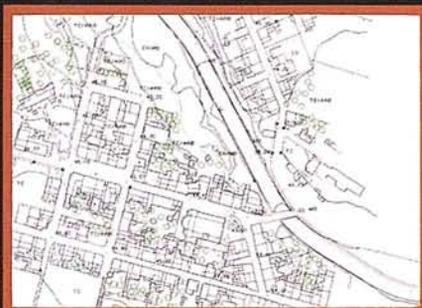


Carl Zeiss S.A.

Dpto. Fotogrametría - Cartografía
Avda. Burgos, 87
"Edificio Porsche" - 28050 MADRID
Telf. - (91) - 767 00 11
Fax. - (91) - 767 04 12

RMK TOP: La nueva calidad del vuelo fotogramétrico

TOPOGRAFIA - BATIMETRIA - FOTOGRAMETRIA - CARTOGRAFIA DIGITAL



INTOPSA
INTERNACIONAL DE TOPOGRAFIA S.A.

C/ General Peron, 5 1ºD - 28020 MADRID Telf.- 555 86 69 - Fax.- 555 89 71

Pero aún siendo las consideraciones anteriores, respecto a la comparación con los procesos tradicionales, de evidente cambio positivo para los centros productores de cartografía, existe también un aspecto de transformación conceptual de notoria trascendencia para el futuro. Se deriva del hecho de que el mapa impreso en colores es tan sólo una de las salidas, uno de los productos elaborados en este proceso informatizado. Los datos que componen el mapa, la INFORMACION GEOGRAFICA, en el nuevo concepto cartográfico, está disponible en soporte digital y está preparada para integrarse en la Base Cartográfica Numérica, que como veremos se convertirá en el moderno mapa continuo del territorio nacional, disponible para sus utilizadores, en soporte digital.

2. EL PRIMER LEVANTAMIENTO DEL MAPA TOPOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA

El proyecto actual en torno al Mapa Topográfico Nacional a escala 1/25.000,

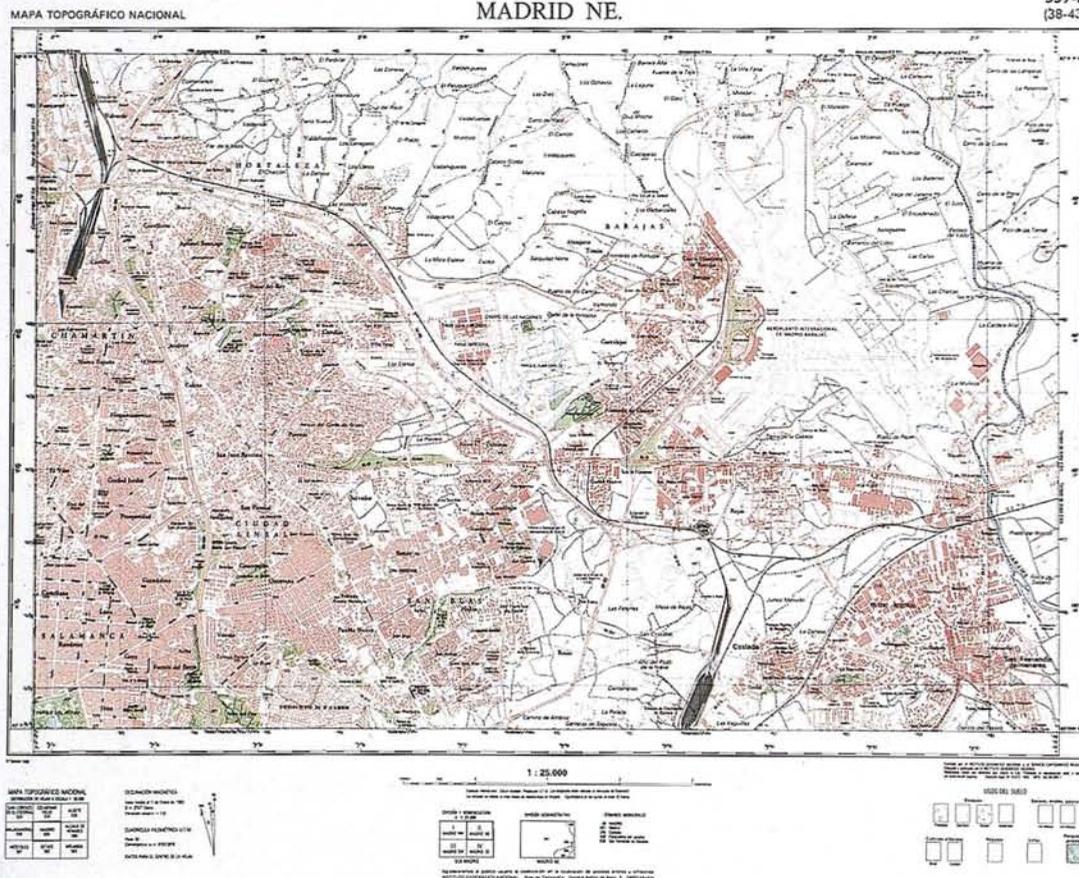
tiene sus antecedentes en los primeros trabajos realizados en España a partir del año 1870, con la creación del Instituto Geográfico. Desde aquella fecha se planificó la formación del Mapa Topográfico a escala 1/25.000 y su publicación a escala 1/50.000. Fue esta una tarea de notable envergadura, a la que se le dedicaron los mejores esfuerzos de esta institución, a lo largo de los 93 años transcurridos entre la publicación de la primera hoja, 559 Madrid, en el año 1875 y la última, 1125 San Nicolás de Tolentino, en el año 1968.

De la misma manera que en la actualidad podemos considerar que en todos los países desarrollados existen proyectos que establecen como prioridades de los organismos productores de cartografía, la elaboración de bases de datos cartográficos informatizadas, como el caso de ATKIS en Alemania, BDTN en Canadá, BDTopo en Francia; en la elaboración de mapas topográficos, que condujeron a la formación del de Francia a escala 1/80.000 (1818-1882), de Suiza a 1/100.000 (1836-1865), de Inglaterra a 1/63.360 que se termina en el año 1870, fecha de crea-

ción del Instituto Geográfico en España, de Alemania a escala 1/100.000 (1841-1909).

Antes de entrar en la descripción del proyecto actual del MTN y BCN25, considero muy conveniente hacer una breve referencia a las características del antiguo MTN, ya que de esta forma podremos considerar distintos aspectos comunes que han condicionado decisiones actuales en la formación del nuevo mapa, y también conocer alguna de las características de la representación adoptada, indispensables para la comparación de ambas publicaciones, de especial valor en su aplicación en los estudios de determinación de la dinámica de evolución territorial.

Inicialmente se señaló como elipsoide de referencia el llamado de Struve, con origen en el Observatorio Astronómico de Madrid. Se definía el punto fundamental como aquél en el que geoide y elipsoide son superficies tangentes, coincidiendo la vertical, que es perpendicular al geoide, con la normal al elipsoide.



La proyección elegida para el levantamiento del Mapa Topográfico, fue la proyección poliédrica, en la que el fraccionamiento del territorio se realizó de tal modo que consideraba en la extensión de una hoja, que las deformaciones eran muy pequeñas, asimilándose la superficie terrestre, en este caso sobre nuestro país, a un poliedro de un gran número de caras. De aquí se deriva el inconveniente de la imposibilidad de ensamblar un conjunto de varias hojas sobre un plano sin que queden entre ellas pequeñas "cuñas".

De esta forma se establecieron las siguientes consideraciones generales:

1. La publicación del mapa se realizaba a escala 1/50.000. Los trabajos de levantamiento topográfico a escala 1/25.000.
2. El mapa se dividirá en hojas de 20' de base, en el sentido de los paralelos y de 10' de altura en el de los meridianos.
3. La parte de superficie terrestre que comprende cada hoja se consideraba como plana.

El número de hojas resultante con estas premisas era de 1106, de las que correspondían a la Península 1036; 26 a las Islas Baleares; 42 a las Islas Canarias; una a la isla de Alboran y otra a las islas Columbretes.

Los 10' de arco de meridiano correspondientes a las hojas más septentrionales tienen una longitud de 18.518 metros, siendo en las más meridionales de 18.493 metros. Los 20' de longitud sobre la parte norte de España, paralelo de 43°50', representan un arco de 26.811 metros, mientras que en el paralelo de 36° esta longitud es de 30.056 metros. Se deduce por lo tanto que las variaciones de las alturas de las hojas no son muy considerables, pero por el contrario si se producen en lo que se refiere a las bases. Por ello la superficie representada en las más septentrionales es de 49.718 hectáreas, mientras que en las más meridionales es de 55.519 hectáreas.

Se estableció la Red Geodésica de Primer Orden Fundamental, compuesto por 285 vértices, a lo largo de diez cadenas que seguían las dimensiones de meridianos y paralelos, con triángulos

cuyos lados medían entre 40 y 50 kilómetros y las complementarias de segundo y tercer orden, que definían lados entre 5 a 10 kilómetros, integrando en ella, también, una torre de iglesia en la capital de cada término municipal. La Base de partida de la Red Geodésica, medida directamente fue la Base Central de Madribejos de 14.662,8964 metros de longitud. La orientación de la Red se dedujo del acimut del lado Observatorio Astronómico de Madrid al vértice Hierro, situado en la Sierra de Guadarrama.

Seguidamente se realizaron los trabajos topográficos, que habfan de efectuarse por términos municipales, que comprendían las fases de triangulación topográfica, señalamiento de los mojones y líneas de término, representación planimétrica de los accidentes topográficos, planos de poblaciones y la representación del relieve del terreno.

La triangulación topográfica cubría la superficie de cada término municipal con lados entre cinco y dos kilómetros, apoyándose en los vértices de la red geodésica de tercer orden.

El señalamiento de los mojones y de las líneas de término municipal, que ha tenido una gran importancia y valor documental atribuido en el reglamento de demarcación y delimitación territorial, fue objeto de levantamientos muy precisos a través de la reducción de actas de deslinde, con la presencia de representantes de los ayuntamientos afectados, prácticos conocedores del terreno y de los representantes del Instituto Geográfico, en las que se describían, de manera detallada, cada uno de los ingenieros del IGN, realizaban el levantamiento topográfico de la línea límite definida por acuerdo entre las partes.

La representación planimétrica se efectuaba por itinerarios, con brújula y estadía, a lo largo de carreteras, ferrocarriles, caminos, ríos y arroyos, que constituían las líneas principales, apoyados en las redes topográfica y geodésica. Desde los itinerarios se lanzaban visuales a los puntos notables que se encontraban dentro del término municipal y debían figurar en el mapa.

Los planos de población, en el caso de capitales, se apoyaban en una trian-

SIGNOS CONVENCIONALES

Carreteras	N-IV	N-401
Autovía y salvo en (Escala 1:50.000)	M-401	M-402
Avenida de la Ciudad de Madrid		
Carretera y avenida (Escala de terreno)		
Carretera de la Ciudad de Madrid	M-405	M-216
Ciudad semirural y rural		
Cerros, Sierra		
Trojes, peñas, cañales, etc.		
Ferrocarriles		
Vías electrificadas, ancho métrico		
Vías electrificadas, ancho métrico		
Estaciones (En construcción o abandonadas)		
Estación (Tipo antiguo)		
Vías a nivel superior interior		
Vías fluviales		
Ríos, arroyos, caudales		
Carreteras especiales		
Autovías (Escala de terreno)		
Autovías (Escala de terreno)		
Carreteras especiales		
Límites de divisiones administrativas		
Provincia		
Municipio		
Signos especiales		
Indice geográfico (IGN, IGN)		
Carretera M-401		
Carretera M-402		
Carretera M-403		
Carretera M-404		
Carretera M-405		
Carretera M-406		
Carretera M-407		
Carretera M-408		
Carretera M-409		
Carretera M-410		
Carretera M-411		
Carretera M-412		
Carretera M-413		
Carretera M-414		
Carretera M-415		
Carretera M-416		
Carretera M-417		
Carretera M-418		
Carretera M-419		
Carretera M-420		
Carretera M-421		
Carretera M-422		
Carretera M-423		
Carretera M-424		
Carretera M-425		
Carretera M-426		
Carretera M-427		
Carretera M-428		
Carretera M-429		
Carretera M-430		
Carretera M-431		
Carretera M-432		
Carretera M-433		
Carretera M-434		
Carretera M-435		
Carretera M-436		
Carretera M-437		
Carretera M-438		
Carretera M-439		
Carretera M-440		
Carretera M-441		
Carretera M-442		
Carretera M-443		
Carretera M-444		
Carretera M-445		
Carretera M-446		
Carretera M-447		
Carretera M-448		
Carretera M-449		
Carretera M-450		

NOMENCLATURA DE CARRETERAS

N-IV: De Madrid a Valencia
M-401: Circunvalación de Madrid (Ronda del Norte Sur al Norte O'Connell)
M-402: Circunvalación de Madrid
M-403: De la N-IV a la N-100 de Valencia por Alcorcón del Canal
M-404: De la N-IV al límite de provincia por San Martín de la Vega
M-405: Del Cementerio de la Almudena a la M-401 por Vigorena
M-406: Del Puerto de Vigorena a la N-100
M-407: Del Puerto de Vigorena a la N-100 por Ciudad
M-408: De la M-401 a San Fernando de Henares
M-409: Tramo N-100 de Villavieja a Vigorena
M-410: Ramal de acceso al Cristo de los

Mapa Topográfico Nacional de España

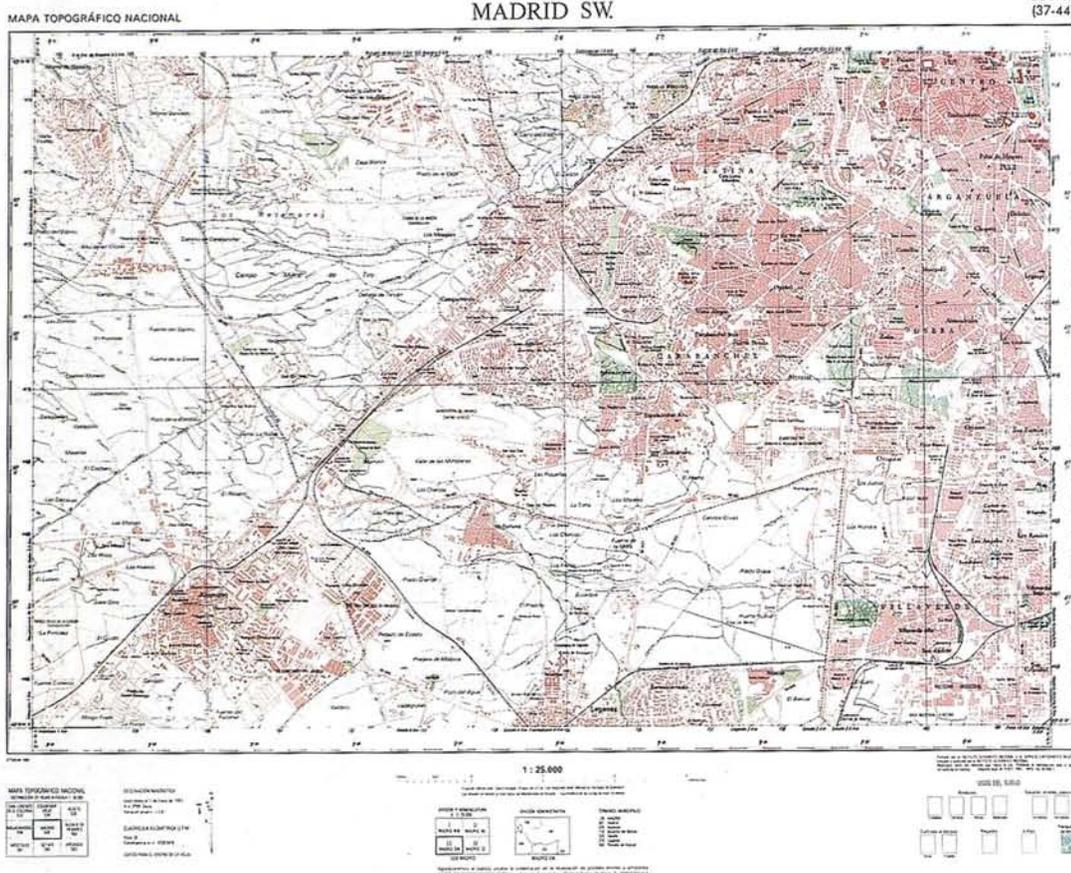
1 : 25.000

MADRID SE.

559-IV
(38-44)

MOPT
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

IGN
Dirección General del Instituto Geográfico Nacional



gulación especial, enlazada con la del término municipal, con poligonales a lo largo de las vías principales.

La nivelación topográfica de cada término municipal debía comprender el número necesario de perfiles para representar el terreno con curvas de nivel con equidistancia de 10 metros. Existían puntos de nivelación topográfica, sobre los que se hacían líneas de doble nivelación; y los de nivelación sencilla que seguían los accidentes principales del terreno.

Para cada término municipal se dibujaban dos minutas, a escala 1/25.000, una planimétrica y otra altimétrica. En la planimétrica se dibujaban vértices, y todos los detalles topográficos y líneas límite en tinta negra; hidrografía en azul; con rotulación de todos los datos del levantamiento y de la toponimia. En la altimétrica se desarrollaban los perfiles y se trazaban las curvas de nivel en siena con los puntos acotados.

Por último se preparaban las minutas de las hojas del MTN, a escala 1/25.000, a partir de las dibujadas, por

términos municipales, para cada planimetría y altimetría en el formato ya indicado para las distintas hojas del Mapa. Terminado el dibujo pasaba la hoja a talleres para preparar su publicación a escala 1/50.000.

3. EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL NUEVO MAPA

Finalizado el proceso de publicación del Mapa Topográfico a escala 1/50.000, se define el pliego de condiciones técnicas del nuevo MTN25, que habría de mantener la misma división de hojas que el anterior. Se adopta la proyección U.T.M., Elipsoide internacional, Datum europeo, coordenadas geográficas correspondientes a la red geodésica europea unificada, altitudes referidas al nivel medio del Mediterráneo en Alicante, con cuadrícula kilométrica UTM sobreimpresa en azul.

En un principio, al comenzar la década de los años 70, el mapa se restituía analógicamente, siguiéndose un proceso que se describe de manera breve; es

a partir del año 1986 cuando se introduce la restitución numérica, aunque se mantiene el proceso de producción manual, hasta que en el año 1993, queda totalmente informatizado el proceso completo de producción del mapa y el proceso posterior de carga en base de datos cartográfica numérica.

El actual proceso de producción del mapa topográfico nacional introduce modificaciones considerables con respecto al que se estaba realizando en los años 80. La incorporación de métodos de trabajo basados en la utilización de técnicas informáticas ha hecho desaparecer los largos y costos procesos de delineación cartográfica.

El procedimiento utilizado desde los primeros años, al comienzo de los 70 hasta bien entrada la década de los 80, partía de la restitución fotogramétrica de vuelos a escala 1/30.000, en algunos casos 1/40.000, que proporcionaban como primer resultado, analógico, tres minutas, planimétrica, altimétrica y cultivos, dibujadas sobre papel herculene, documentos considerados como originales del mapa. De los dos prime-

ros se obtenían copias en película, cronaflex, que sería el soporte de trabajo para la incorporación de datos de campo, toponimia, líneas límite, puntos kilométricos, modificaciones e incorporaciones de datos actualizados, en campo, respecto a la fecha del vuelo, clasificación de la red viaria en sendas, caminos y distintos tipos de carreteras, incorporación de símbolos puntuales, en definitiva las tareas de "humanización" del mapa en contacto con el terreno, recorriendo cada hoja a lo largo de sus caminos, pistas y carreteras un ingeniero técnico en topografía, que apoyándose en prácticos conocedores de cada uno de los lugares, le facilitaban la información que es necesaria para completar el mapa.

De los datos procedentes de la restitución fotogramétrica, creo conveniente destacar, la necesaria revisión de vías de comunicación por ser una de las fuentes de datos más inciertas en la fotointerpretación realizada, influyen de manera notable la posición del sol, humedad y calidad del terreno, así como las obras que se pudiesen hacer en el mismo.

La recogida de toponimia menor ofrece dificultades ciertas en el caso de parajes, hidronimos y de la orografía. No en vano el tesoro lingüístico de los nombres geográficos, de las pequeñas formas del territorio, se transmite por vía oral, de padres a hijos, entre la población rural. En los últimos años en que se ha producido un trasvase importante de población desde las zonas rurales a los núcleos urbanos, con el consiguiente envejecimiento de esta población, se produce, en ocasiones, una ruptura generacional en el conocimiento de los nombres. Es preciso por ello, recurrir a buenos conocedores del terreno, generalmente personas de edad avanzada, que permitan recuperar cada toponimo, por incluirlo en el mapa, darle su dimensión geográfica y transmitirlo hacia el futuro de manera cierta y localizable en cada lugar. La toponimia menor encuentra en el mapa su dimensión geográfica y transmitirlo hacia el futuro de manera cierta y localizable en cada lugar. La toponimia menor encuentra en el mapa su dimensión natural y sirve por lo tanto como

elementos de referencia y localización de cada punto del territorio.

La identificación en el mapa de las entidades de población menores, que componen el nomenclator nacional, en el que se integran más de 60.000 núcleos o asentamientos de población, resulta de especial transcendencia por que llega a constituirse en el único registro gráfico de las entidades españolas. El trabajo de campo realizado por ingenieros técnicos en topografía, acompañados de prácticos conocedores de cada lugar, permite dar la máxima precisión a la identificación del grupo de casas que constituye cada una de las poblaciones. Es en este sentido en el que se deduce la aplicación del mapa, y posteriormente de la base de datos de entidades de población, como elemento integrador único, de aquellos trabajos de ordenación o planificación territorial, estadística y formación de nomenclator, o de encuestas como la de infraestructuras básicas del territorio, que en muchos casos no están suficientemente coordinadas sobre una base común en la descripción del territorio y los asentamientos de población.

El trabajo de toponimia se termina con la remisión de una prueba del mapa a la comisión de toponimia o filólogos de conocido prestigio, en el caso de las comunidades autónomas con lengua propia, con objeto de poder asegurar la exactitud ortográfica de cada uno de los topónimos.

Finalizado el trabajo de formación en gabinete, se daba comienzo a delineación o esgrafiado, para lo cual se obtenían fotográficamente distintos establenes impresionados en laboratorio fotográfico con los documentos anteriores de cronaflex de planimetría, altimetría y cultivos. A partir de los distintos establenes se realizaba el esgrafiado, con agujas de zafiro, para la separación de cada uno de los colores con que se imprimía el mapa. Por último se obtenía una prueba en color cromaline para efectuar la revisión previa a la tirada del mapa, que se efectuaba una vez realizado el control de calidad que aseguraba que el mapa reunía los requisitos necesarios para su publicación.

4. FORMULACION DEL NUEVO PROYECTO

La restitución numérica de los vuelos fotogramétricos, realizada a partir del año 1986, impulsó el estudio de elaboración de un procedimiento propio del IGN, que diera solución a la, todavía pendiente, informatización de las fases de formación cartográfica, delineación y obtención de positivos finales.

Era preciso acortar los tiempos de producción del mapa desde la obtención del vuelo fotogramétrico hasta la tirada en imprenta de las hojas, que difícilmente bajaba de períodos de tiempo en torno a los diez años. Se consideraba necesario, por otra parte, establecer un programa de trabajo que permitiera concluir la publicación del Mapa en torno al año 1997, avanzando también en la elaboración de la Base Cartográfica Numérica (BCN-25) y Modelo Digital del Terreno (MDT-25) asociado a la misma.

Por otra parte se consideraba que la demanda más definida, en materia cartográfica; desde la sociedad, desde los usuarios de mapas en soporte impreso y digital, desde los distintos organismos de la Administración, empresas y compañías privadas y ciudadanos a título individual, la constituía la publicación del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/25.000. Estudios de mercado y de conocimiento de opinión, realizados en los dos últimos años, manifiestan que junto a la incorporación al mundo cartográfico de un importante número de personas y empresas nuevos usuarios de información geográfica, se requiere, de manera urgente, como instrumento de gestión, el mapa 1/25.000. El actual desarrollo económico e industrial del país esta planteando la necesidad de contar con una cartografía de suficiente detalle, levantada con los medios técnicos que se ofrecen en la actualidad, que define con precisión la morfología del territorio, que, también, combine criterios de detalle con los de visión de conjunto y facilite su utilización como Base Cartográfica de referenciación de información socioeconómica y estadística para la gestión empresarial y de la propia Administración Pública.

Estas razones avalan la decisión tomada en el IGN de dar la máxima prioridad a la ejecución del proyecto del Mapa Topográfico Nacional, incorporando las tecnologías más modernas existentes en el mercado, a los distintos equipos de trabajo, tanto en los Servicios Centrales como Periféricos. Como hemos visto, el MTN-25 tiene una fuerte componente local en la toma de datos y de incorporación de información que es preciso realizar con carácter marcadamente descentralizado. Hay que acercar la realización de los trabajos de campo y de formación al lugar más próximo a la propia Hoja. En este sentido se han incorporado las Delegaciones del IGN al proyecto, con la dotación del equipamiento informático preciso para la ejecución de las fases de formación del mapa, a partir de los trabajos previos de campo y gabinete, que han de realizar en las mejores condiciones técnicas y de conocimiento geográfico del territorio que les es próximo.

5. EJECUCION TECNICA DEL NUEVO PROYECTO

Aerotriangulación

Se parte de una colección de positivos del vuelo, en papel, en la que se pinchan vértices geodésicos y puntos de apoyo necesarios para la aerotriangulación, así como de las copias diapositivas del vuelo, que como se indicó se realiza previamente a escalas 1/30.000 ó 1/40.000, en blanco y negro.

Se calculan, como mínimo, seis puntos para cada modelo estereoscópico. En cada fotograma se proyectarán tres puntos, al norte, centro y sur del mismo, de tal modo que el del norte, coincide con el del sur de la pasada superior, y el del sur, con el del norte de la pasada inferior.

Cada uno de estos puntos, tres por fotograma o seis por modelo estereoscópico, se marcarán en las diapositivas en un aparato de transferencia de puntos (PUG).

En un stereocomparador o monocomparador se obtendrán las coordena-

das fotogramétricas de vértices, puntos de apoyo de campo y puntos PUG de cada uno de los pares estereoscópicos.

El tratamiento de estas coordenadas instrumentales y su transformación en UTM se hace aplicando un método de compensación por bloques de tipos polinómico, SCHUT o PATM. Para cada uno de los modelos se calculan los parámetros de transformación, sus errores medios cuadráticos y la matriz de rotación. La tolerancia del ajuste debe ser de 5 metros en el valor del error cuadrático medio de las coordenadas X, Y; y 2 metros en el valor del error cuadrático medio de la coordenada Z.

Restitución numérica

Los trabajos de restitución numérica se efectúan en restituidores analíticos o en restituidores analógicos dotados de codificadores X, Y, Z, y de sistemas de registro y edición de datos, con una calibración que permitirá efectuar el posado estereoscópico de tal manera que no exceda los 0,005 mm.

El proceso se realiza mediante el registro informático de las coordenadas X, Y, Z, que definen la geometría de los elementos topográficos que deben figurar en el mapa, asociándolos con códigos que determinan la naturaleza de cada elemento.

El orden en el que se debe restituir el modelo es el de altimetría, planimetría y por último cultivos de vegetación.

Se establece como criterio para la selección automática de puntos; con objeto de asegurar la correcta representación de la curvatura de los elementos lineales, el de flecha de 2,5 metros, en primer lugar y el de distancia en función del tipo de elemento en segundo lugar. Cuando permiten una configuración claramente poligonal se debe efectuar el registro punto a punto de sus vértices.

La consistencia topológica de los datos restituidos debe quedar asegurada manteniendo la continuidad geométrica

de los elementos registrados, cuando se extiendan a lo largo de varios modelos, empezando y terminando los diferentes tramos en coordenadas idénticas a las del fragmento anterior y siguiente.

En todos los casos, cuando un elemento lineal arranque de otro o termine en otro, las coordenadas de sus extremos deberán pertenecer a la línea que define el elemento de partida o de llegada, si un elemento lineal coincide exactamente con otro distinto, las coordenadas de ambos deben ser idénticas en el tramo común.

Edición y Trazado

Una vez concluida la restitución numérica de la hoja se envían los datos obtenidos a la Delegación regional correspondiente para que realice los trabajos, sobre ordenador personal, con software Microstation-PC, de incorporación de toponimia, actualización de datos y de ultimación de contenidos topográficos como son identificación de simbología, trazado de líneas límite, corrección de los tipos de cultivo, puntos Kilométricos a lo largo de la red viaria; y en definitiva de clasificación de todos los elementos puntuales, lineales y superficiales del campo.

De manera simultánea la altimetría, compuesta por las curvas de nivel, con equidistancia de diez metros y los puntos acotados, pasa al Servicio encargado de la elaboración del modelo digital del terreno, en donde se realizan los trabajos para la definición de una malla, que cubre la totalidad del territorio nacional, con un ancho de 25 metros, con la determinación de una cota en cada uno de sus vértices.

Finalmente la información ya elaborada con los criterios establecidos en las distintas unidades periféricas del IGN, pasan al Servicio de Edición y Trazado, que tiene las funciones relativas a la producción de mapas por procedimientos informáticos, en el que se realiza su tratamiento, delineación informatizada y trazado láser de fotolitos finales.

Se dispone para la realización de esta tarea de un equipo integral de pro-

ducción cartográfica Intergraph, compuesto por los siguientes componentes:

- Un ordenador central I-200. Soporte el software de núcleo, gráfico, de base de datos y de comunicaciones.
- Un Server Interserve 305. Gobierna el plotter electrostático color y al scanner fotoplotter laser.
- Cinco estaciones de trabajo Interpo 125, con tableta digitalizadora.
- Una estación de trabajo Interviv 220, con mesa digitalizadora A0.
- Un plotter electrostático color de 400 dpi.
- Un scanner-trazador láser Optronics 5040, de alta resolución.

El esquema de trabajo, general, establecido es el siguiente:

- El operador realiza el tratamiento de los datos mediante las utilidades IGDS y MICROSTATION -soft-

ware de diseño gráfico en dos y tres dimensiones- con el que completará y estructurará la información de base.

- La depuración y creación de las estructuras topológicas se realiza mediante "Spacial Editor", de introducción, edición y verificación de información gráfica y alfanumérica; y el "Spacial Analyst" de localización, análisis y estructuración topológica de datos geográficos, que facilitan el cierre de polígonos, con el fin de lanzar los procedimientos de "patterning" y relación con base de datos DMRS, con conexión directa a gráficos que permite ligar información gráfica y alfanumérica.

- Se obtiene una prueba de color, mediante INTERPLOT, en el plotter electrostático color, con corrección interactiva de los errores producidos.

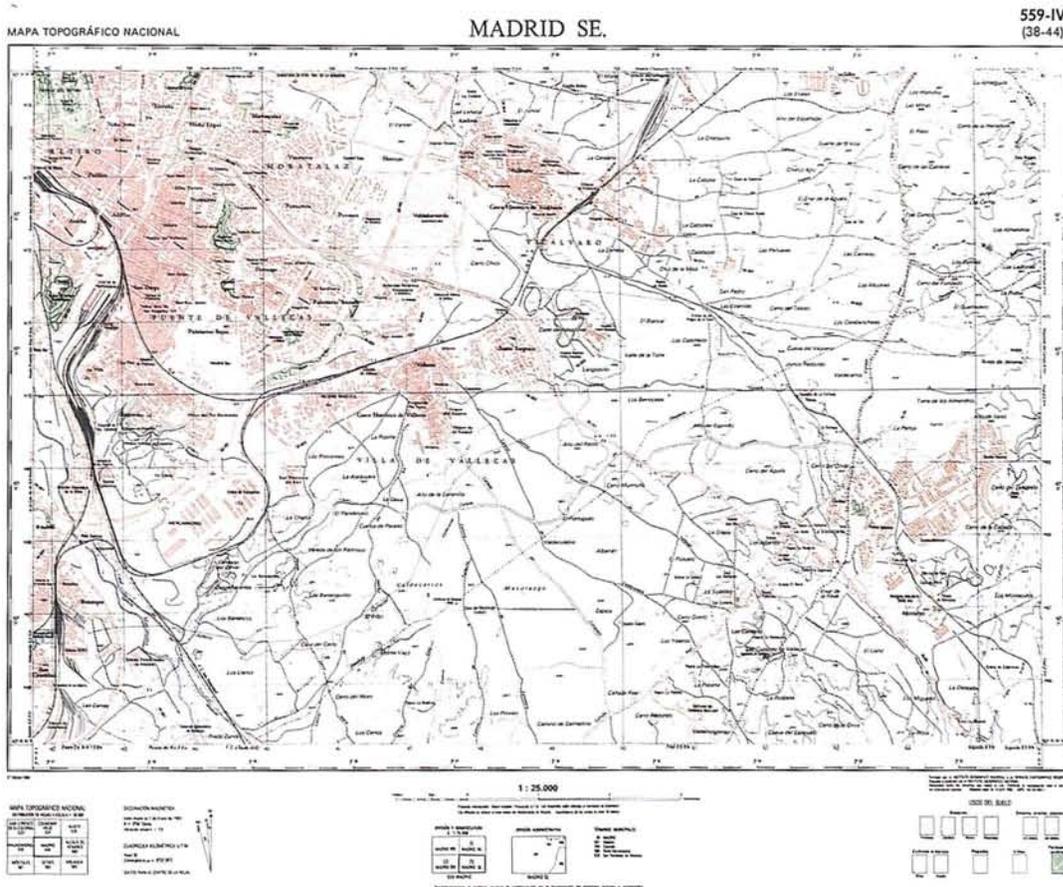
- Se realiza la conversión a raster de los ficheros vectorizados.

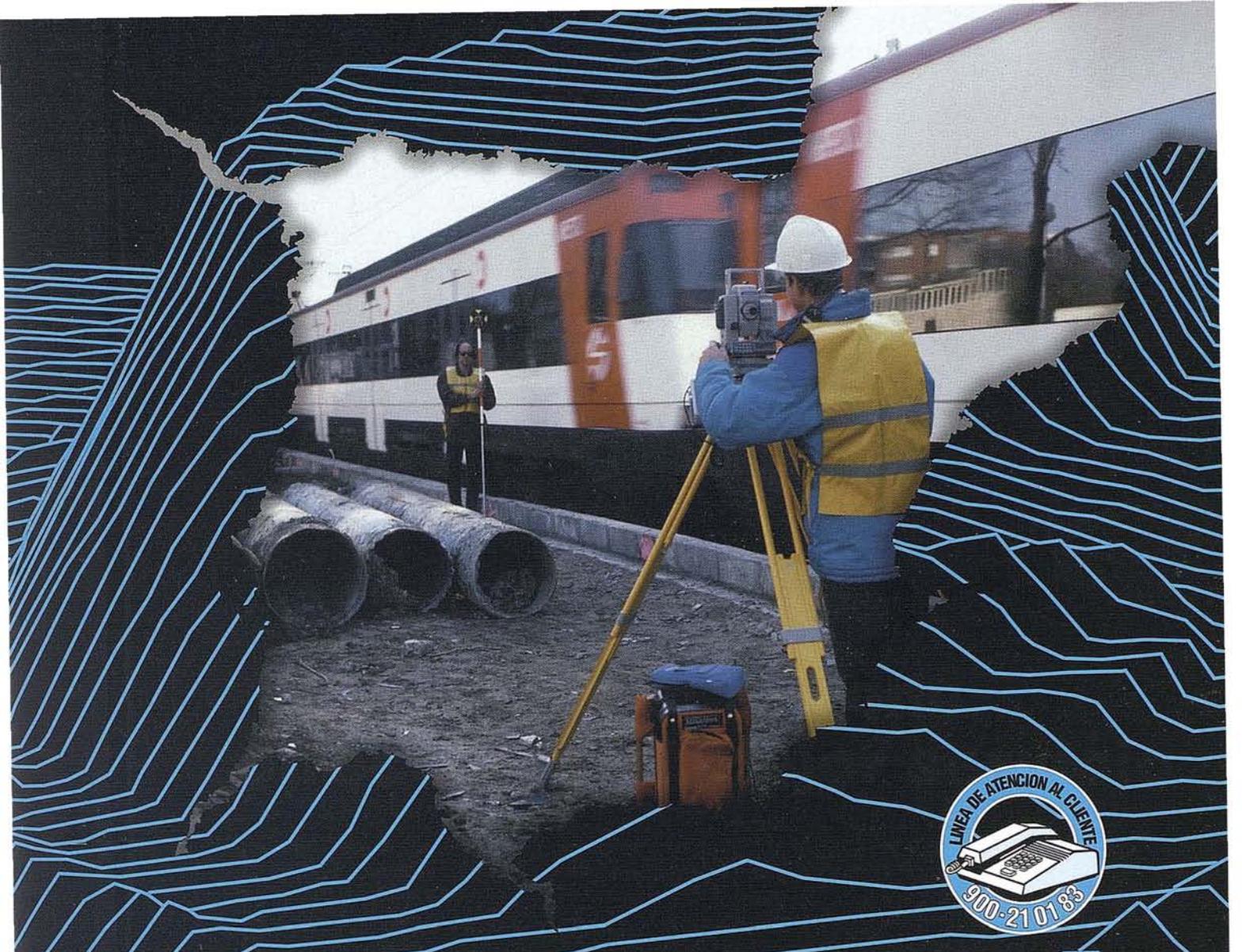
- Se prepara la tabla de especificaciones, definiendo la separación de colores, enmascaramientos y tramados deseados, obteniendo los ficheros depurados raster para su interpretación por OPTRONICS.

- Por último se lleva a cabo el trazado láser en el OPTRONICS 5040 de los fotolitos finales para la litografía.

6. BASE CARTOGRAFICA NUMERICA

Hasta este momento hemos visto, a grandes rasgos, cual es la cadena o secuencia de las fases sucesivas que permiten llegar al mapa topográfico nacional impreso, haciendo uso de una metodología basada en procedimientos informatizados, a partir de datos digitales de restitución numérica. Se logra de esta forma modernizar el proceso de elaboración cartográfica, acelerando los tiempos de ejecución y facilitando,





Sobre el terreno, ofrecemos el mejor servicio

Porque Isidoro Sánchez, S.A. amplía día a día su campo de acción y su vocación de servicio.

Porque contamos con un equipo de profesionales técnicos unido a la tecnología más puntera, que es capaz de solucionar cualquier necesidad puntual que en Topografía pueda surgir.

Porque realizamos los trabajos a medida usando las nuevas tecnologías y además

formamos a su personal al mismo tiempo, todo ello con el mismo coste que un alquiler puro.

Por eso consulte nuestras tarifas. Si ya somos líderes en CALIDAD Y SERVICIO, ahora también lo somos en PRECIO.

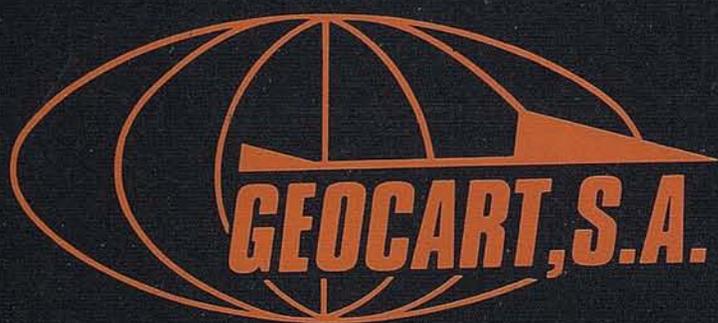
Nuestra división de trabajos de campo y consulting ofrece:

- Tecnología punta en equipos de campo, y medios informáticos de hardware y software.
- Rapidez en organización de equipo, ejecución y desplazamiento a cualquier lugar de España.
- Amplia dotación en instrumentos de campo, ordenadores, impresoras, vehículos, teléfono móvil...

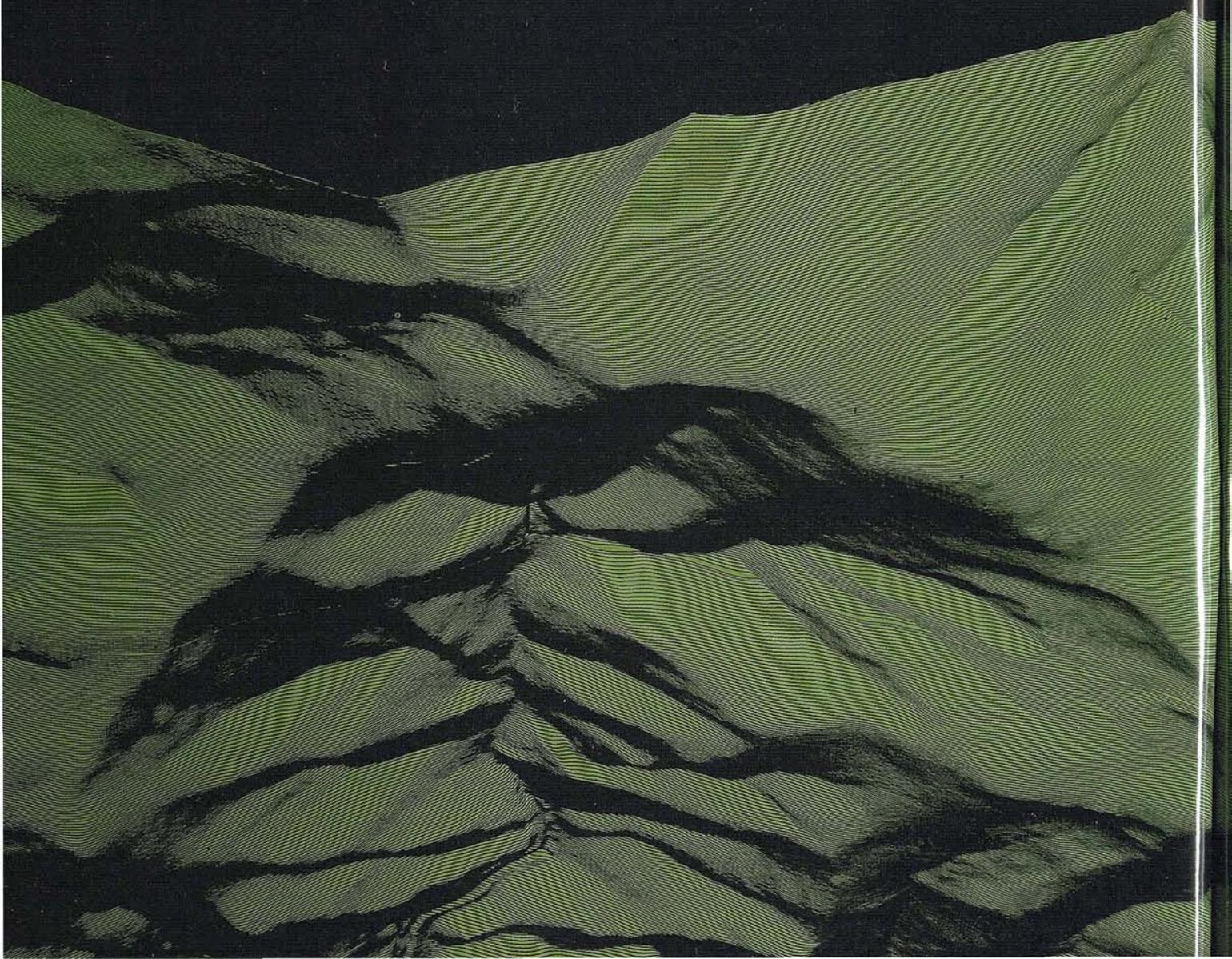


Imagen obtenida de nuestro software exclusivo SDR-VARIN versión 5.0 para tratamiento topográfico





Avenida de América, 49 – 28002 MADRID
Tel. (91) 415 03 50



Fotografía Aérea. Laboratorio Industrial.
Topografía. Cálculos. Restitución Analítica.
Ortofotografía. Cartografía.
Tratamientos Informáticos. Catastro.
Teledetección. Gis.



LA TELEDETECCION EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

Antonio Arozarena Villar*
Jefe de Area de Teledetección
Instituto Geográfico Nacional

INTRODUCCION

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. ERTS-1 (1972).

En el momento actual la Teledetección está estructurada como un "Area" dependiente de la Subdirección General de Procesos Cartográficos, con 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 21, con los siguientes perfiles profesionales:

- 4 Ingenieros Geógrafos.
- 4 Ingenieros Técnicos Topógrafos.
- 2 Analistas.
- 8 Delineantes/Operadores.
- 1 Auxiliar.
- 2 Administrativos.

OBJETIVOS

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:

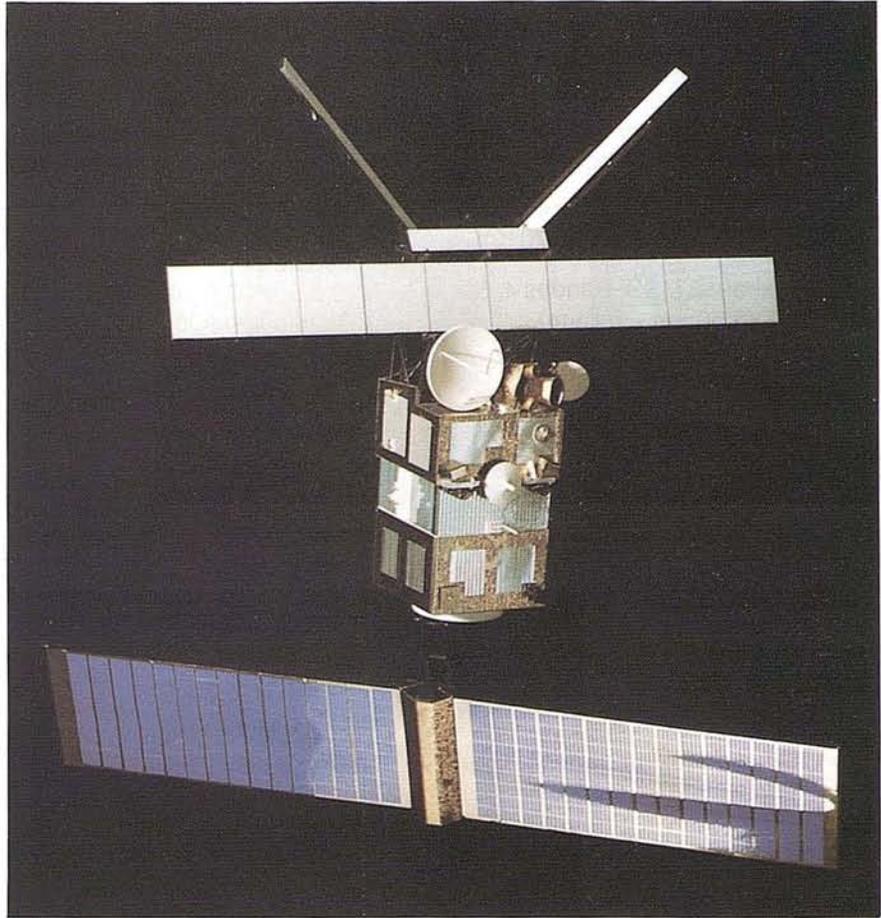
- Obtener información lo más directamente posible, en el origen mismo de los datos, transformando dicha información en productos derivados.
- Mantenimiento de una "Base de datos de imágenes" para diversos usuarios con fines diversos.
- Incremento sustancial del "valor añadido" a las imágenes obtenidas, 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, y quizás lo más importante, contribuir de una forma eficaz a la mejora de la cartografía básica y derivada del I.G.N.



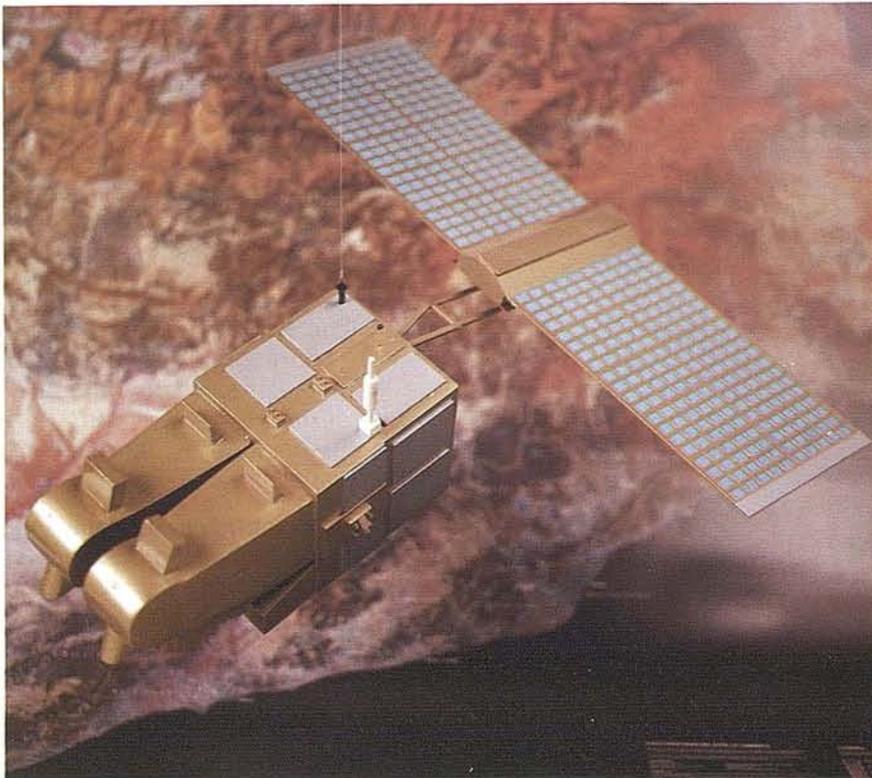
SATELITES Y SENSORES DISPONIBLES

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.
 - Sensor: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).
Resolución: 1 Km.
NOAA 6/8/10.- 4 canales
NOAA 7/9.- 5 canales
(0,58 μm - 12,5 μm)
- * METEOR (USSR):
 - Similares características al NOAA.
 - Ambos se pueden utilizar para obtener índices de vegetación (combinaciones de bandas).



Satélite ERS-1. Comunidad Europea. Radar de Apertura Sintética (SAR).



- * METEOSAT (ESA):
 - Satélite de órbita estacionaria a 36.000 Km.
 - Capta información en 3 bandas desde 0,4 a 12,5 μm .
 - Resolución espacial que oscila 2,4 - 5 Km.
- * GOES (USA). GMS (JAPON). 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) (SYSTEME 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 (JAPON) (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). 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 sincrónica con el sol a 780 Km. Ciclo orbital 3 días.
 - Sensores: AML: 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.

TRATAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES DIGITALES

La información captada mediante sensores espaciales contiene los siguientes "tipos de información":

- Información Temporal: Observación de la tierra en cortos períodos de tiempo.
- Información Espacial: Captan información de una superficie extensa del territorio.
- Información Espectral: Los sensores recogen la radiación electromagnética reflejada o emitida.

Asimismo conviene recordar que una "Imagen" en Teledetección es una matriz numérica bidimensional, compuesta por un número de elementos (pixel). Cada pixel contiene la información del territorio correspondiente a la resolución de cada sensor, representado por un valor numérico. Por ej. entre 0 y 255 (si es de 8 bit) relacionado directamente con la energía reflejada o emitida por cada objeto.

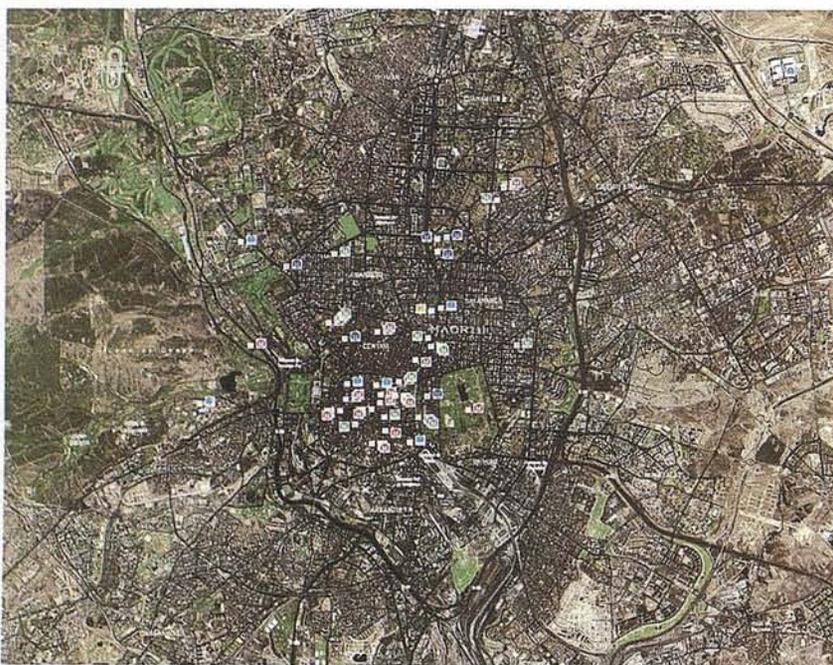
Un "proceso digital", de lo que más tarde hablaremos, no es más que las transformaciones numéricas en la matriz original según diversos criterios.

Dicha información es almacenada sobre soporte magnético, con una estructura (y formatos) que permitirán, mediante tratamientos posteriores, su recuperación y análisis.

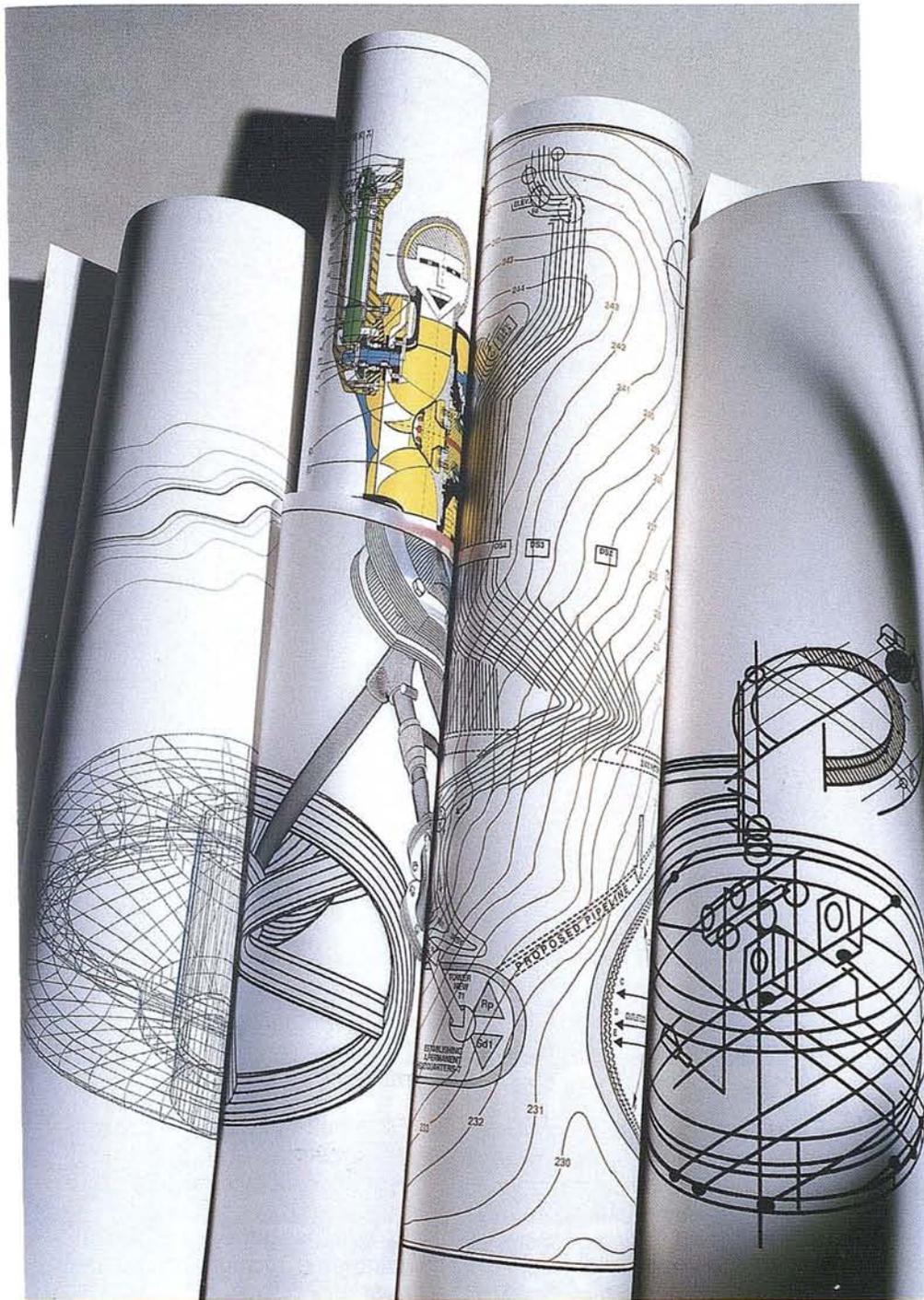
La infraestructura de trabajo básica en Teledetección pasa por los siguientes procesos:

1) Fase captura y pretratamiento.

Este proceso normalmente se realiza en las estaciones de seguimiento y captura de la información. La ESA dispone de tres



Nuevo HP DesignJet 650C. La máquina de los líderes.



Los plotters de inyección de tinta HP DesignJet son las auténticas máquinas de precisión que necesitan los estudios de ingeniería, GIS, arquitectura o diseño que quieren estar en primera línea.

Con los nuevos HP DesignJet se acaba definitivamente con las limitaciones de los anticuados plotters de plumillas.

Son máquinas diseñadas para trabajar y producir más y mejor, con un mantenimiento sencillo, tan rápido como cambiar un cartucho de tinta y preparadas para admitir cualquier tipo de papel: normal, satinado, translúcido, vegetal y poliéster.

Por el precio de un plotter de plumillas, ahora puede elegir entre toda una gama de HP DesignJet para imprimir sus planos con calidad láser tanto en blanco y negro como en color.

Pídanos información técnica detallada, muestras reales de impresión y el nombre de su distribuidor HP más cercano llamando al Servicio de Información Hewlett-Packard:

900 123 123

O, si lo prefiere, rellene y envíe el cupón adjunto a:
Hewlett-Packard Española, S.A.
Ctra. N-VI, Km. 16,500
28230 Las Rozas (Madrid)

Características técnicas del nuevo HP DesignJet 650C.

Tecnología de inyección de tinta, con una anchura de líneas entre 0,13 y 0,2 mm., curvas y sombreados perfectos y rellenos uniformes.

Millones de colores en 300 puntos por pulgada.

La mejor calidad en blanco y negro: 300 puntos por pulgada.

Buffer ampliable hasta 68 Mb.

- Trazados en color, tamaño A0, en menos de 9 minutos.
- Trazados en blanco y negro tamaño A0, en menos de 6 minutos.
- Solución Adobe PostScript opcional.
- Kit de interface Macintosh opcional, incluyendo PostScript.

Envíeme información detallada de la familia HP DesignJet.

Nombre
Apellidos
Empresa
Cargo
Dirección
Teléfono
C.P. Ciudad

**hp HEWLETT®
PACKARD**

estaciones en Europa (España, Italia, Suecia). En total existen 16 estaciones en todo el mundo.

El resultado final son unas cintas magnéticas (CCT) con una estructura de registros determinada, que permite mediante equipos adecuados su posterior tratamiento.

Como ejemplo, el registro de una imagen "Spot Multiespectral", tiene los formatos siguientes:

[Los formatos más empleados son:

BIL: Bandas intercaladas por líneas.

BSQ: Bandas separadas secuencialmente.

BIP: Bandas intercaladas por pixel].

Consta de 5 ficheros (FORMATO BIL).

	LONG.REG.	NºREG.
Fichero Directorio:	360	5
Fichero Cabecera:	3.960	27
Fichero Imagen:	5.400	9.004
Fichero Final:	1.080	3
NUL (Fichero nulo)	360	1

Las cintas magnéticas (CCT) recibidas en el I.G.N. tienen los formatos siguientes:

- LANDSAT (TM): Formato BSQ. Información 10 bit. Estructurado en 6 ficheros. 260 Mb.
- SPOT (PANCROMATICO): Estructurado en 5 ficheros. 48 Mb. Información 8 bit.



(MULTIESPECTRAL): FORMATO BIL. Información 8 bit. Estructurado en 5 ficheros. 130 Mb.

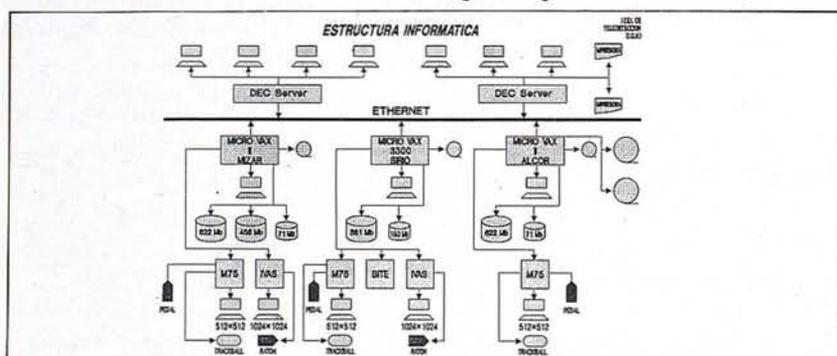
Estas cintas son las que servirán, mediante la utilización de técnicas de tratamiento digital de imágenes, para obtener tanto en forma digital como gráfica, imágenes corregidas geométricamente, clasifi-

cadas para diversos fines, etc. que serán de utilidad para cartografía, planificación, conservación, análisis de recursos, etc.

- 2) Fase de tratamiento. (Procesos desarrollados en el I.G.N. que se describen a continuación).

En términos generales podemos decir que las técnicas se pueden agrupar en:

- "Restauración de imágenes". Corregir errores debidos a su captura (barrido) y a la transmisión en la atmósfera.
- "Aumento de la información". Técnicas específicas de tratamiento digital. (Análisis de histogramas, combinaciones de bandas, realce de bandas, etc.).

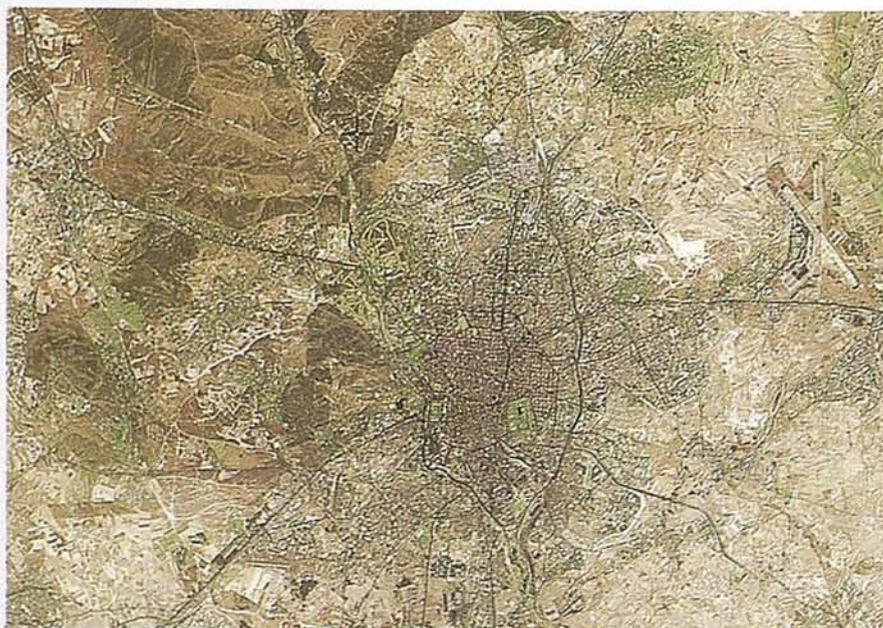




FOTOGRAFIA DE ALTOS VUELOS


TASA
TRABAJOS AEREOS, S.A.

Avda. de America, 47 - 28002 MADRID
Tel. (91) 413 57 41 - Fax (91) 519 25 40



- "Obtención de información". Procesos de clasificación y su posterior transformación en información digital (CCT) o en analógica.

En el I.G.N. los sistemas específicos que se dispone; 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:

3 M75, 1 IVAS y 1 BITE (I2S) (con tarjetas específicas para los procesos de corrección geométrica WAPER) y tratamiento de imágenes de cualquier tamaño limitadas por 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 1024 x 1024.

- * Sistemas especiales de tratamiento digital

1 MICROVAX 3400

1 PC (486)

2 PC (386)

- * 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 y Terminal.
- MICROVAX II (16 Mb):
 - Discos 90 Mb, 456 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-4300.
 - Motorola M68010 42 Mb.

En cuanto a periféricos de utilización general (IGN):

- Plotter CALCOMP 960 (1024 colores).
- Coordinatógrafo Kongsberg DM 1216 de alta precisión.

La configuración actual es la siguiente:

- **SOFTWARE**

El Software específico para tratamiento de imágenes digitales está basado en el Sistema 600 (I2S), desarrollado e implementado en el Area 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 Area 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. Paramétrico-Polinómico.
- Remuestreo. (varios tipos).
- Registro imágenes.
- Correcciones atmosféricas.
- Efectos iluminación.

2º) TECNICAS REALCE:

- CONTRASTE:

- Exp. contraste lineal. Ecuación de histogramas. Expansión Gaussiana.

- PSEUDOCOLOR:

- Transformaciones. Densidades cortadas o limitadas.

3º) TRANSF. IMAGENES:

- OPERACIONES ARITMETICAS DE IMAGENES $(X, -, +, /)$.
- TRANSF. IMAGENES EN BASES EMPIRICAS. (Indices de veget. a Kauth-Thomas).
- ANALISIS DE DISCRIMINANTE MULTIPLE.
- TRANSFORMACION DE COLOR, SATURACION/INTENSIDAD (HSI)
- TRANSFORMACION FOURIER.

DECAR

DELINEACION CARTOGRAFICA, S.A.

Carlos Martín Álvarez, 21 – Bajo – Local 5 – Teléfono y Fax: 478 52 60 – 28018 MADRID

- Delineación general y esgrafiado de planos.
- Digitalización de planos.
- Fotogrametría
- Topografía
- Fotocomposición
- Fotomecánica

EMPRESA ESPECIALIZADA EN PLANOS TOPOGRAFICOS POR FOTOGAMETRIA AEREA Y TERRESTRE, CARTOGRAFIA, CATASTRO, PERFILES Y PROYECTOS



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.
 - Paralelopípedo.
- CLASIFICACION SUPERVISADA.
- RASGOS ESPECTRALES.

Se dispone asimismo de software de utilización en tratamientos digitales especiales como son:

- ERDAS - ARC/INFO: Tratamiento convencional de imágenes de satélite.

- HAI (HELAVA). Estereocorrelación automática de imágenes y vuelos digitalizados.

Los sistemas operativos utilizados son: VMS (Digital) UNIX (System V). MS-DOS.

A partir de los diversos software adquiridos tanto de base, como de aplicaciones específicas, se han desarrollado en el Area de Teledetecciones, mediante programación en Fortran y C, los diversos procesos y procedimientos necesarios para la ejecución de los proyectos que más adelante se describen.

APLICACIONES CARTOGRAFICAS. PROYECTOS REALIZADOS Y EN CURSO

Primeramente conviene aclarar, lo que a mi entender, se entiende por un "Sistema de Producción Integral en Cartografía" 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. El segundo, llamado aquí "Integral", es al que se tiende ya en estos momentos en diversos centros y concretamente el IGN dispone de los medios necesarios para su ejecución (captura, tratamiento y salida) en forma raster. Tienen la ventaja sobre los anteriores, en principio, su rapidez e integración de datos.

En ningún caso se incluye la explicación de lo que se considera Edición Cartográfica por considerar que el concepto de Producción automática de documentos analógicos (CAC), no es quizás motivo de estas notas.

- Ver cuadro 2 y 3 -

(Como ejemplo entre las dos formas de obtener datos altimétricos por "tecnicas vectoriales" (Sistema convencional-analíticos) y "matriciales" (Sistema integral-digital), se facilita -en la ponencia que se incluye a continuación- resumen comparativo en la producción de datos altimétricos matriciales de una hoja a escala final 1/25.000 con diferentes sistemas realizados en este Area):

APLICACIONES CARTOGRAFICAS

Antes de definir más detalladamente el proceso cartográfico completo que se expondrá a continuación (ortoimágenes a escala 1/100.000), se enumera de una forma resumida, algunas 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 dicha escala. (Documento Alternativo).



FOTOGRAFIA AEREA
FOTOGRAFIA MULTIESPECTRAL
PROSPECCIONES GEOFISICAS

AZIMUT, S.A. AL SERVICIO DE LA TÉCNICA
Y EL MEDIO AMBIENTE

Marqués de Urquijo, 11
Tlfs. 541 05 00 - 541 37 08
Fax. 542 51 12
28008 - Madrid

- 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 Potsdam.

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 μm .
- Orbita circular a 832 Km. de altitud.

- Ciclo orbital 26 días, inclinación respecto al plano del ecuador 98,2 grados.

- Tamaño nominal del pixel 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 pixel interpolado, 10 metros. Error máximo 1.5 pixels.

- 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/pulgadas.

Producción realizada:

- Escenas existentes: (corregida geoméricamente)

	Nivel IB	Nivel II
Pancromático (P)	120	80
Multiespectral (XS)	20	15
Ortoimágenes 1/50.000:		
Cinta magnética (CCT)		72
Película fotográfica		51
Editadas		45

Plazo de ejecución:

6 años.

*** Satélite Landsat 5. Sensor TM.**

- Serie cartográfica a escalas 1/100.000-1/250.000-1/500.000. (Se describe posteriormente).

APLICACIONES TEMATICAS

Dentro del concepto temático se ha colaborado y realizado algunos proyectos, que se pasan a describir. Conviene resaltar que aunque últimamente se ha trabajado algo más en desarrollo de metodologías temáticas en tratamiento digital de imágenes no es el cometido esencial ni primordial de este IGN, existiendo organismos y centros en España que se han dedicado con mayor exclusividad que nosotros.

*** Proyecto CORINE - LAND COVER.CEE. 1990-1.**

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.



Fácil de manejar, rápido al medir: eficiente



Nuevo
Rec Elta® 15

La eficiencia de un taquímetro no sólo la determinan los tiempos de medición cortos. Es decisivo en primer lugar el manejo seguro y fiable del instrumento. Por este motivo, el Rec Elta® 15 no tiene teclas de asignación doble. Por ello también las teclas de funciones están directamente coordinadas a la pantalla de gráficos de tamaño grande. Vd. manda el desarrollo de la medición siguiendo informaciones en texto claro. El instrumento le indica lo que hay que hacer

y medir. Sirven de ayuda los programas de aplicación integrados y acreditados en la práctica. El registro interno automático de los resultados es una característica estándar del taquímetro compacto Rec Elta® 15. Haga un ensayo con un Rec Elta® 15. Convenzase de que un manejo seguro incrementa la eficacia, ya que altas prestaciones y precio económico no se excluyen mutuamente. Nos gustaría presentarle las demás ventajas que le ofrece el Rec Elta® 15 para el trabajo práctico. Llámenos por teléfono o envíenos un telefax.

**Topografía con Carl Zeiss
Simplemente precisa**



BERDALA, S.A.
División Geodesia de Carl Zeiss
MADRID
Teléfono (91) 5 19 21 27
Telefax (91) 4 13 26 48
BARCELONA
Teléfono (93) 3 01 80 49
Telefax (93) 3 02 57 89

- Corrección geométrica de imágenes. Polinomio 2º grado. Remuestreo a 25 m. (interpolación cúbica).
- Clasificación manual. Fotoidentificación y Fotointerpretación.
- Número de clases obtenidas: Jerarquizada en 3/5 niveles con un total de 44/67 clases.
- Digitalización de minuta clasificada.
- Carga de bases de Datos.

*** ESQUEMA GENERAL DE UN PROCESO DE CLASIFICACION**

El procedimiento de clasificación de imágenes digitales se puede dividir en:

- Preproceso (restauración de la imagen)
 - Corrección de distorsiones.
 - Calibración de radiometría y geometría.
 - Eliminación de ruidos.
- Mejora de la imagen (realce).
 - Realce geométrico y radiométrico.
- Clasificación y extracción de información:
 - Diversos tratamientos numéricos.
 - Componentes principales.



- Sistemas de clasificación.

"Esquema de clasificación supervisada: Ver gráfico 4º".

PRODUCCION DE ORTOIMAGENES ESPACIALES A ESCALA 1/100.000 MEDIANTE EL SATELITE LANDSAT TM

Dentro de un esquema general de producción 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 si no 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 este así mismo la proyección más utilizada en la Cartografía Nacional, se decidió utilizar dicha proyección para homogenizar 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.

Nº de Hojas.	
Hojas a escala 1/500.000 3º x 2º	17
Hojas a escala 1/200.000 1º 30' x 1º	58
Hojas a escala 1/100.000 45' x 30'	188

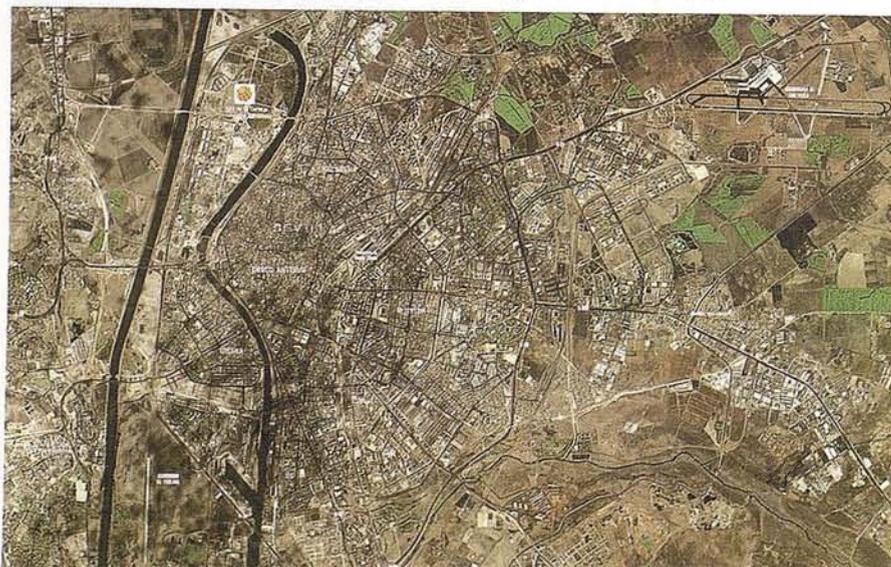
Para una mejor relación con otra cartografía en la misma proyección, se le ha impuesto una cuadrícula de 10 Km.

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 pixel remuestreado (25 mts), de tal forma que pudiese tener una respuesta satisfactoria en cuenta a una interpretación mínima de datos. Para ello se fijó en 1/100.000.

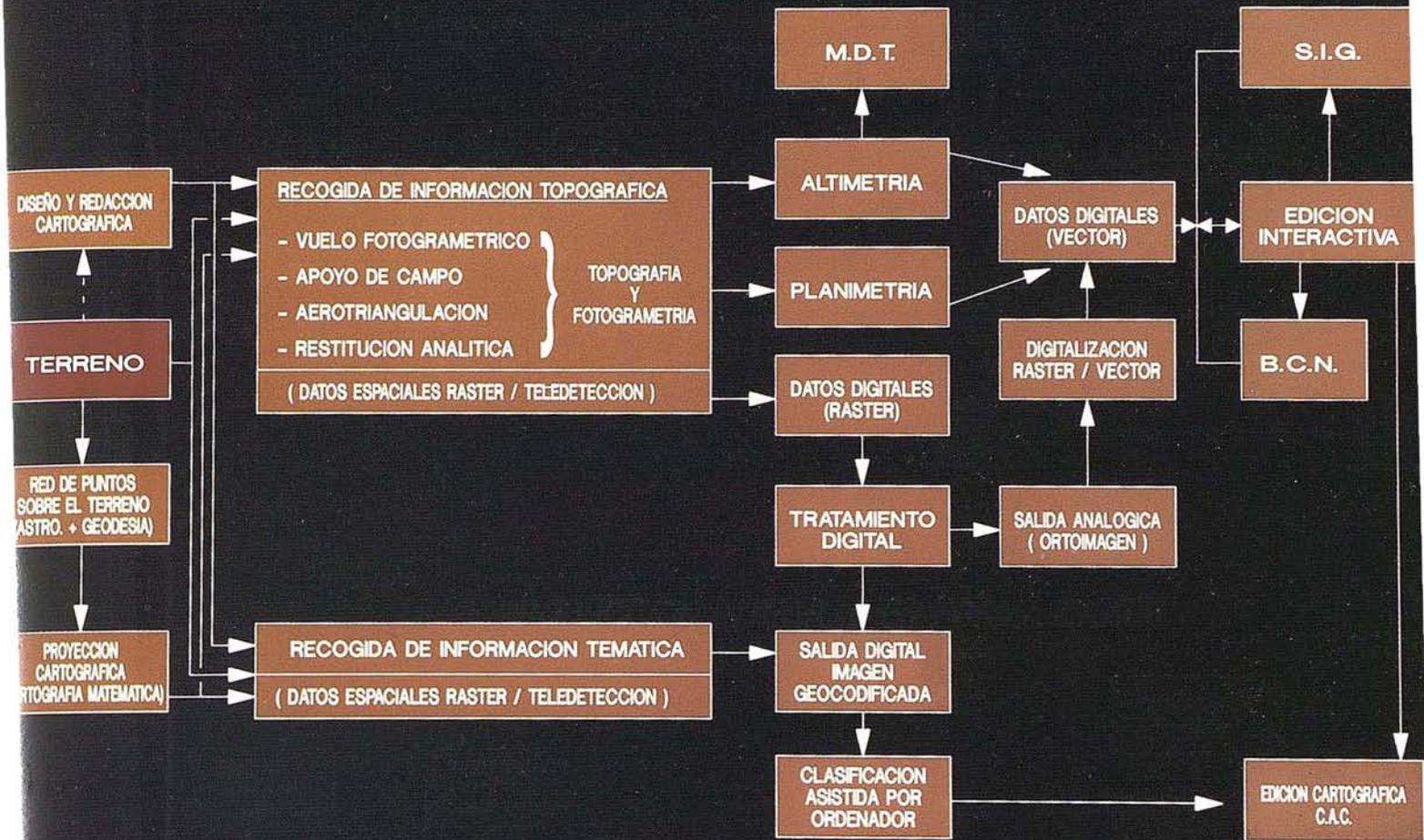
*** Diseño cartográfico.**

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



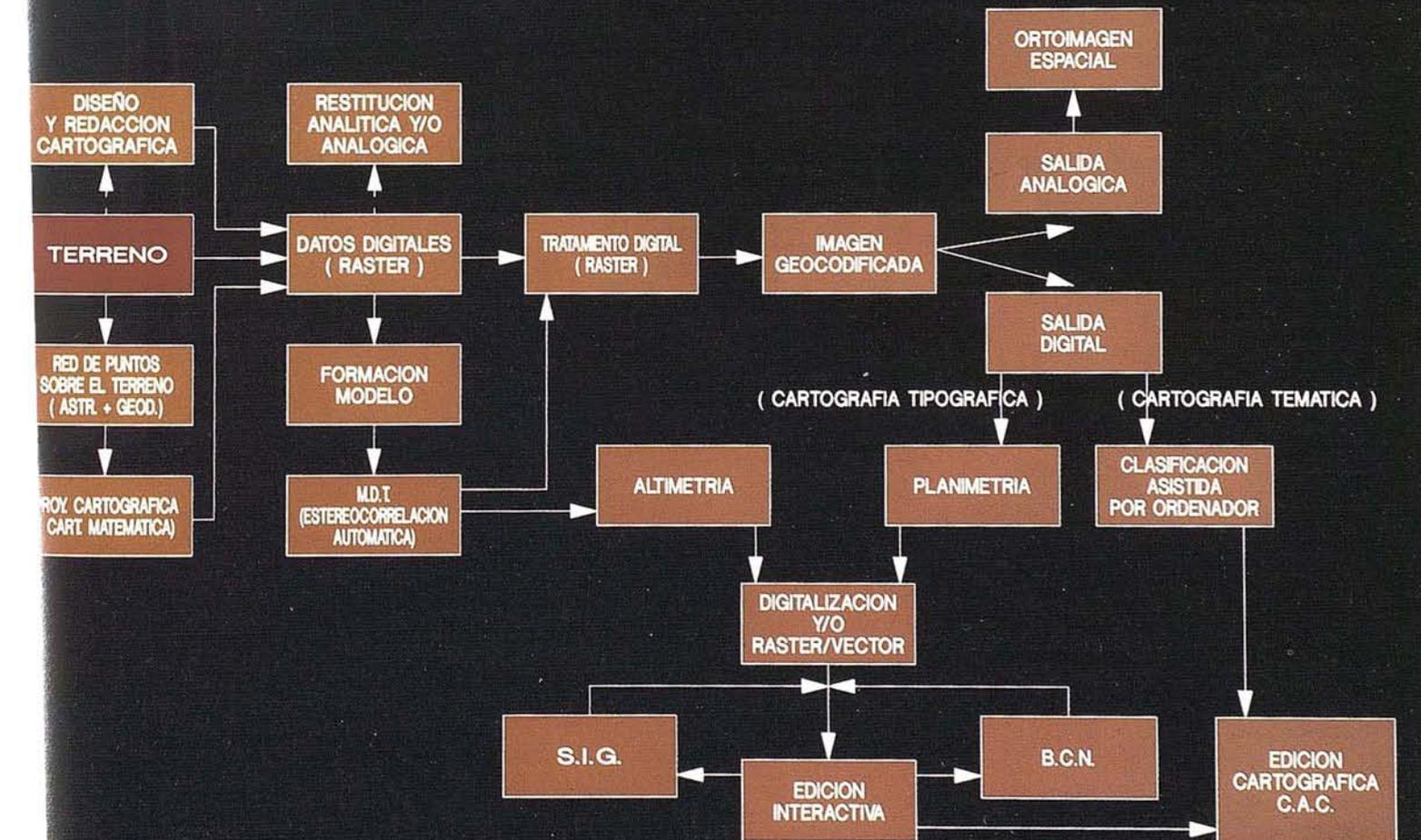
ESQUEMAS DE PRODUCCION CARTOGRAFICA PRODUCCION CONVENCIONAL

AREA DE
TELEDETECCION
(I.G.N)



PRODUCCION INTEGRAL EN FORMA DIGITAL

AREA DE
TELEDETECCION
(I.G.N)





Una vez fijada la proyección y la escala, estamos en condiciones de establecer formatos definitivos tanto de la ortoimagen 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 ortoimagen, se ha preferido que una vez efectuada sobre la misma diversos tratamientos (que posteriormente se analizan) 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 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 imágenes brutas, hasta obtener la correspondiente imagen transformada.

- Satélite/sensor empleado (1/3/84).
 - Fecha de toma de imágenes Julio/Agosto 1987.
- 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.
- Matriz de correlación entre bandas.
- Matriz de varianza.
- 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

pixel 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:

$$u = f(x,y) = A_0 + A_1 x + A_2 y + A_3 xy + A_4 x^2 + A_5 y^2$$

$$v = g(x,y) = B_0 + B_1 x + B_2 y + B_3 xy + B_4 x^2 + B_5 y^2$$

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

(u,v) = Coordenadas imagen (pixel, línea).

- Se determinarán los coeficientes por ciertos puntos de control y

CIBACHROME

CIBATRANS

CIBACOPY

COLOR LUXE

REVELADOS

REPRODUCCIONES

DUPLICADOS

INTERNEGATIVOS

MANUAL RC

DURATRANS

FOTobyte

RETOQUES

FUSIONES

LABORATORIO FOTOGRAFICO

Copy Photo

PROFESIONAL

CONTACTOS

BARITADOS

MONTAJES

ENCAPSULADOS

PASSE-PARTOUT

PLASTIFICADOS

ADHESIVOS

SILICONAS

PVC

METACRILATO

General Varela, 35
28033 MADRID

Tel.: 571 13 07
Fax: 571 39 10



resolvemos un polinomio de 2 grado por mínimos cuadrados y ecuaciones de observación superabundantes (+20 puntos de apoyo).

- Se obtienen: Estimación de coordenadas en puntos de control. Residuos (EMC residual).

Todo ello nos definirá la calidad del ajuste.

Normalmente el EMC 1,5 pixel.

- Asignación del nivel de brillo.

Hay que restaurar a continuación a cada pixel 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 (empleada en este proyecto).

Se efectúa sobre 16 pixels 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-(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 pixel será el resultado de operaciones matemáticas con los pixeles que le rodean.
- Su expresión matemática es del tipo:

$$r(i,j) = \sum_p \sum_z \phi(p,z) t(i-p, j-z)$$

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

$\phi(p,z)$ nivel de brillo en la original (núcleo de la convolución).

- En este caso se ha empleado 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.

- 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/análogo.
- 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 1.000/hoja.

En todos las diversas fases se efectuarán los necesarios contro-

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

Dichos controles en forma genérica son en la/s:

Adquisición
Procesamiento
Salidas gráficas

- Se adjunta gráfico de distribución de hojas a escala 1/100.000.

En el momento actual se encuentra finalizado completamente el proyecto a escala 1/100.000 y pendiente de edición a las restantes escalas.

EURO CARTO, S.A.

Avda. Santa Eugenia, 29 (Local 11 - 14)
28031 MADRID
Tel.: 332 40 90 - Fax: 332 50 96

**CARTOGRAFIA
TOPOGRAFIA
Y FOTOGRAMETRIA
A NIVEL EUROPEO**

BIBLIOGRAFIA

- Paul M. Mather
(1987) *Computer Processing of Remotely Sensed Images*. John Wiley-Sons.
- M.C. Girard - C.M. Girard.
(1989) *Teledetección aplicada*. Masson.
- Nasa.
(1987). *Earth Science and Applications Division*. Nasa.
- Robert Barrion.
(1978) *Manual de Teledetección*. Sodipe S.A.
- Rafael C. Gonzalez - P. Wintz.
(1977) *Digital Image Processing*. Addison-Wesley P. Company.
- Laureano F. Escudero.
(1977) *Reconocimiento de Patrones*. Paraninfo.
- Anil K. Jain.
(1989) *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- Antonio Arozarena.
(1986) *Sistemas de producción integral en Cartografía*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica Madrid.
- Pedro Vivas.
(1990) *Sistema de Tratamiento de Imágenes Digitales del IGN*. (Publicación Técnica nº 24).
- Lillesand/Riefer.
(1979) *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley-Sons.
- J. Lintz, J.
(1976) *Remote Sensing of Environment*. Addison-Wesley.

RELACIONES INTERNACIONALES

En materia de Teledetección el IGN participa en diversos proyectos de ámbito internacional. Como miembros del Grupo Europeo de Interés Económico "EUROMED-GEIE", (en el que están incluidos asimismo el IGN de Francia Internacional, CNIG de Portugal, Telespazio de Italia y dos empresas de Francia, Satec y Scot), colabora activamente en la creación de una base de datos del Mediterráneo (MEDGEOBASE) para la Comunidad Europea, mediante la información captada por sensores remotos y

Hay que hacer constar que el importante y significativo desarrollo de la teledetección en el I.G.N. se debe en primer lugar a la firme apuesta y confianza que depositaron en 1985 el Director General del I.G.N., D. Angel Arevalo Barroso, así como el Subdirector General de Procesos Cartográficos D. Angel García San Roman, sobre todas las personas (funcionarios y contratados) que componemos este Area.

posteriormente tratadas por técnicas digitales.

Asimismo en el ámbito "Americano", el área de Teledetección del IGN, está incluida como miembro activo en el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), dentro del Comité de Aplicaciones Cartográficas de la Teledetección (CARS), desarrollando diversos proyectos científicos de colaboración con otros organismos públicos. En estos momentos se está preparando una metodología de obtención de documentos cartográficos en zonas no

En segundo lugar, sin cuyo esfuerzo, ilusión y apoyo hubiera sido irrealizable estos proyectos, a todo el personal que ha trabajado y trabaja en el Area de Teledetección. Aprovechando esta ocasión para agradecer a todos ellos, a título personal, la constante y eficaz colaboración que han portado a todos los programas desarrollados, destacando asimismo la alta cualificación profesional conseguida por este grupo de profesionales.

cartografiadas hasta la fecha a escalas 1/100.000. Dicho proyecto se realiza conjuntamente con el United States Geological Survey de Estados Unidos, Cartografía Nacional de Venezuela y el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

Fruto de este intercambio de conocimientos ha tenido recientemente lugar en Madrid el "Seminario internacional de trabajo" del Comité CARS en la sede del IGN, el pasado mes de septiembre,

También hay que hacer notar la importante ayuda recibida y el excelente trabajo realizado por el personal de talleres de Artes Gráficas del I.G.N., sin cuya aportación no hubiéramos obtenido las series impresas con la alta calidad alcanzada.

Y por último, agradecer a todos aquellos que nos han ayudado con sus críticas y aportaciones, tanto de esta casa como de empresas privadas y organismos públicos ajenos a este Instituto.

* ANTONIO AROZARENA VILLAR

- Ing. Técnico Topógrafo (Univ. Politécnica Madrid - UPM - 1969).
- Ing. de Montes (UPM - 1976)
- Diplomado en Administración y Dirección de Empresas (UPM - 1977)

- Ingeniero Geógrafo (I.G.N. - 1985)
- Doctor Ingeniero de Montes (UPM - 1986)
- Catedrático "Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría" (UPM - 1988)

Situación Actual

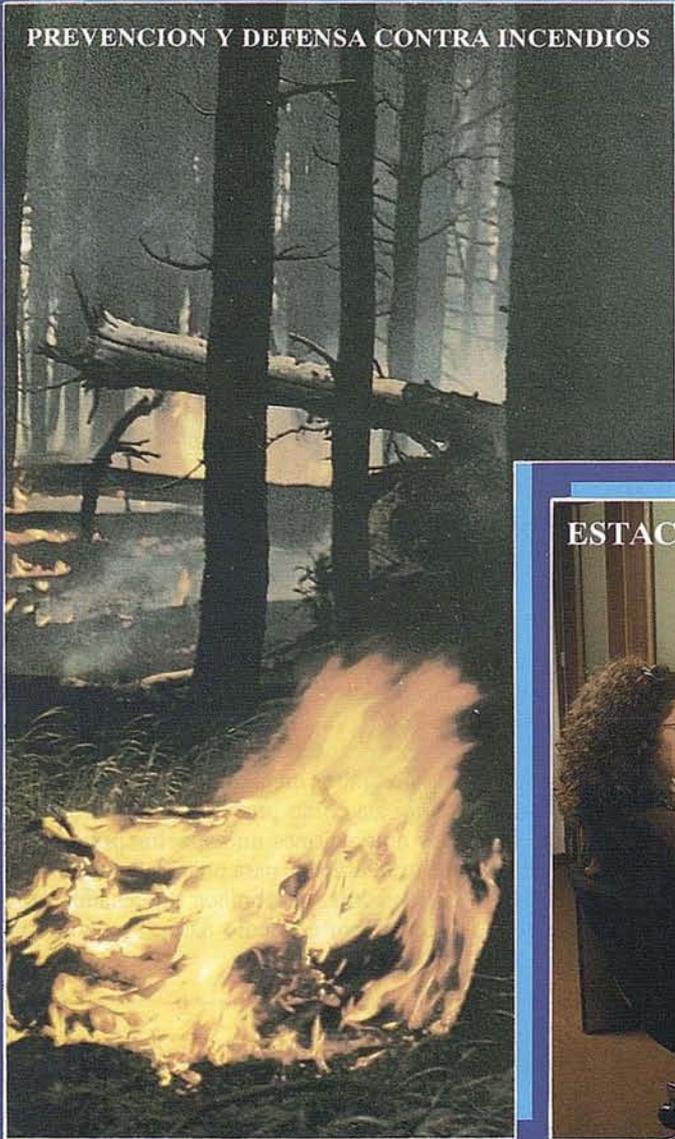
- Jefe del Área de Teledetección (I.G.N. - 1989)
- Profesor Asociado de la ETSI Montes. Catedra de Topografía - Fotogrametría y Vías Forestales (UPM - 1991).



INVESTIGACIONES
CIBERNÉTICAS, S.A.

EXPERTOS EN INGENIERIA SIG

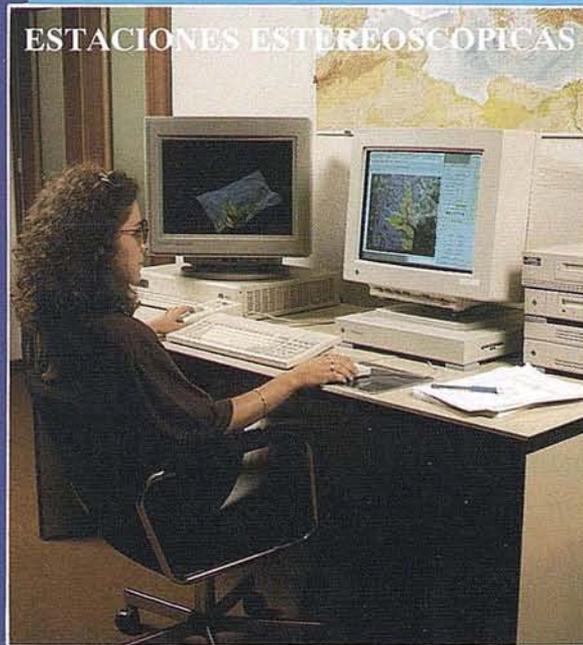
PREVENCIÓN Y DEFENSA CONTRA INCENDIOS



CONTROL DE CALIDAD EN CARTOGRAFIA



ESTACIONES ESTEREOESCOPICAS



**PORQUE ADEMÁS DE TODOS LOS SISTEMAS DEL
MERCADO CONTAMOS CON UNA TECNOLOGIA
PROPIA. DESARROLLADA TOTALMENTE EN
ESPAÑA Y ABIERTA A CUALQUIER NECESIDAD**

IBERGIS



INVESTIGACIONES CIBERNÉTICAS, S.A.
Corporación IBV

Urb. Parque Real, Bl. 1 - 28080 El Escorial - MADRID
Tel.: (91) 890 20 61 - Fax.: (91) 890 75 73

Seminario sobre La Teledetección en el Análisis Territorial

Del 5 al 8 de abril pasado se ha celebrado el Seminario sobre La Teledetección en el Análisis Territorial, organizado por el Instituto Geográfico nacional, Centro Nacional de Información Geográfica, Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante.

OBJETIVOS

Las nuevas tecnologías de análisis territorial, como la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), se imponen cada día más como herramientas básicas en la captura y análisis de datos así como en la gestión de los recursos del medio natural, geográfico y económico.

La evolución general experimentada en el último quinquenio por estas técnicas, ha eliminado gran parte los obstáculos y reticencias que las mismas presentaban y despertaban entre especialistas y posibles usuarios.



Las necesidades crecientes de una mayor y más precisa información, el incremento de la calidad y, ante todo, de la objetividad y ampliación a grandes campos temáticos y espacios físicos, son entre otros aspectos, materias que se abordan con estas tecnologías que interesan a un variado espectro de instituciones públicas y privadas preocupadas por la gestión y vigilancia del medio ambiente y la planificación territorial.

El objetivo del seminario es acercar la Teledetección y su integración en los sistemas de información geográfica a los servicios públicos y planificadores involucrados en la ordenación del territorio, así como profundizar a través de sus aplicaciones en aspectos prácticos de gran utilidad para postgraduados, investigadores y técnicos interesados en general por el medio natural y geográfico y por su gestión.

EXPOSICION CARTOGRAFICA EN ALICANTE

De los días 5 al 17 del pasado mes de abril tuvo lugar en Alicante la exposición de Geografía y Cartografía Digital, en el Palacio de Gravina en Alicante.



Esta exposición estaba organizada por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica, Instituto Universitario de Geografía (Universidad de Alicante) y la Diputación Provincial de Alicante. A continuación destacamos algunos contenidos de la exposición:

Geodésia. Red geodésica de Alicante. Nivelación. Mareógrafos. Mapa Topográfico Nacional. Conjunto Provincial Alicante (1959). Mapa Provincial de Alicante 1:200.000 (1976). Mapa Provincial de Alicante 1:200.000 (1991). Regni Valentiae Typus (Jodocus Hondius, 1606). Valentia Regnum (Willem Janzoon Blaeu, 1672). Los Reynos de Valencia y Murcia. Reyno de las Islas de Mallorca (Jean Baptiste Nolin, 1698). Les Royaumes de Valence et de Murcie (Nicolas de Fer, 1788). Mapa geográfico del Reyno de Valencia (Tomás López de Vargas, 1788). Mapa del Reyno de Valencia (Antonio José Cavanilles, 1795). Mapa del Reyno de Valencia con las nuevas divisiones (Alphonse Henri Dufour, 1849). Mapa de España, escala 1:1.000.000 (Físico-Político), etc...



NR 101

RECEPTOR G.P.S.



SERCEL RAPID STATIC CON RECEPTORES MONO-FRECUENCIA TAN RAPIDO COMO PUEDES DESPLAZARTE DESDE A HASTA B

Hasta ahora, el método **Rapid Static** sólo era disponible en los receptores de doble frecuencia. Gracias a nuevos algoritmos de post-proceso, **SERCEL** ofrece una productividad mayor disminuyendo los periodos de observación a algunos minutos con el receptor **NR101** de 10 canales y código C/A.

El logical (software) de **SERCEL GpsWin RAPID STATIC**, no sólo proporciona la planificación de la observación con la disponibilidad y geometría de los satélites, sino también después de un cálculo

automático para algunos minutos de observación en campo, indica la calidad de las medidas y los resultados.

Naturalmente las observaciones dinámicas también pueden efectuarse con el mismo receptor **NR101**:

El logical **TRAJECTOGRAPHY**, paquete único que compensa la pérdida total de señal y método **KINEMATIC** con un rápido procedimiento de inicialización (sin necesidad de antena swap) están disponibles en **SERCEL**.

Soluciones en tiempo real de acuerdo a sus necesidades **ECÓNOMICO, SENCILLO, Y SEGURO.**

Firma del Convenio Marco de Cooperación

El pasado día 5 de abril se firmó el Convenio Marco de Cooperación entre el Instituto Geográfico Nacional, Universidad de Alicante y la Excm. Diputación Provincial de Alicante.

Introducción

Desde estos propósitos se pretende mostrar la gran labor del I.G.N., acercándolo a la sociedad, rentabilizando proyectos, infraestructuras y equipos y establecer un soporte científico y técnico más sólido para los servicios cartográficos y geográficos universitarios y provinciales, fundamentados en la interdisciplinariedad y cooperación de las entidades que suscriben el presente convenio.

Convenio Marco de Cooperación

Desde sus orígenes en el siglo XIX, el Instituto Geográfico Nacional viene desarrollando una larga e intensa actividad centrada en los trabajos de Geodesia, Cartografía, Fotogrametría, Geofísica, Astronomía, Metrología, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y de realización del Atlas Nacional de España.

El contenido funcional que viene desarrollando el Instituto y sus fines y actividades, vinculados en sus orígenes a la necesidad del Estado de conocer sus potencialidades y dominios territoriales, hoy se han ampliado hasta alcanzar una gran complejidad, y ello merced a la apertura que ha encontrado la información territorial y la cartografía, y, sobre todo, a las necesidades de una sociedad cada vez más consciente de que es necesario estar formados y bien informados respecto del territorio y de los recursos naturales.

Además de las competencias propias, reguladas por el Real Decreto 89/1987, de 23 de enero, el I.G.N. forma parte de diversos organismos nacionales e internacionales y de distintos proyectos que reclaman una estrecha colaboración entre naciones. La creación en 1991 del



Centro Nacional de Información Geográfica (C.N.I.G.) permite acceder a cualquier particular u organismo público a las informaciones y datos que en él se generan, así como encontrar asesoramiento y asistencia mediante proyectos de investigación con múltiples instituciones.

Por último, citar la amplia infraestructura de medios técnicos y humanos y la respetable experiencia que ha acumulado a lo largo de su trayectoria, que le convierten en el centro más pujante y competente en el campo de la información geográfica y la cartografía nacional.

El Instituto de Geografía de la Universidad de Alicante, creado en 1982, constituye el elemento vertebrador de gran parte de los estudios e investigaciones geográficas y territoriales que se llevan a fin en el marco de la provincia de Alicante. Sensible a la necesidad de incorporar estudios imprescindibles y metodologías complementarias, introdujo desde fecha temprana, merced a la remodelación de los planes de estudios vigentes, la utilización de la cartografía como método de análisis geográfico, creándose para ello el Aula de Cartografía.

La intensa e ininterrumpida actividad docente e investigadora tiene como objetivo prioritario el análisis geográfico

como síntesis de las relaciones entre el hombre y el medio natural. Esta máxima y el deseo de ser un organismo cercano a las realidades espaciales y socioeconómicas de su entorno más inmediato le han otorgado un reconocimiento en el mundo universitario y entre los agentes sociales próximos, al tiempo que le empujan a seguir incorporando nuevas tecnologías y desarrollando proyectos interdisciplinares.

La Diputación de Alicante ha mostrado siempre su decisión de mejorar las condiciones sociales y de calidad de vida de la provincia y más que nunca en estos últimos años es consciente de la necesidad de dotar y asistir a los municipios y a la provincia de una base estadística, documental y cartográfica que sirva de soporte, a la vez fiable y exhaustivo, a cuantas iniciativas de incidencia territorial acometan las administraciones locales.

Objetivo prioritario es la constante expansión de sus archivos y bases de datos a fin de constituir efectivamente un centro provincial, en directa colaboración con los órganos superiores de las Consejerías, al servicio de las administraciones locales, empresas y particulares y que sea referencia obligada a todos aquellos planes y proyectos de influencia territorial que se planteen en su ámbito de actuación.

Centro Nacional de Información Geográfica adelante con el proyecto OMEGA del programa IMPACT de la Unión Europea

La Comunidad Europea ha aprobado recientemente la creación de un consorcio internacional con el fin de desarrollar el proyecto OMEGA, bajo la iniciativa IMPACT.

El objetivo fundamental de IMPACT es permitir el acceso público a grandes bases de datos, utilizando la tecnología de Sistemas de Información Geográfica.

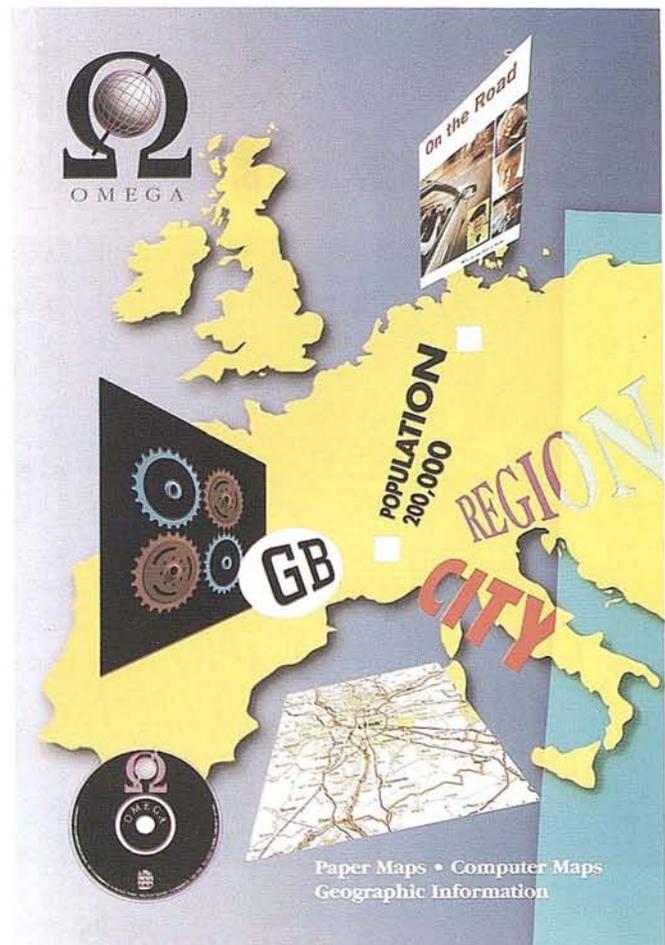
Una vez presentado el proyecto como prototipo, la DGXIII aprobó para su financiación a OMEGA, en su fase de implementación comercial.

El consorcio está constituido por el Centro Nacional de Información Geográfica de España, el Institut Geographique National de Francia, Ordnance Survey de Gran Bretaña y MVA Systematica junto con Longman Geoinformation del sector privado.

OMEGA es un CD-ROM que pretende proveer al usuario de todas aquellas fuentes de información geográfica relevantes en Europa. nace el concepto de páginas amarillas de la información geocartográfica. Contiene referencias geográficas, clasificación de datos y análisis de las fuentes de la información, pudiendo el usuario acceder a ella, utilizando técnicas SIG orientadas a objeto, e interfases multimedia.

Se pretende que OMEGA sirva para estimular el mercado de la información geográfica en Europa, además de perseguir un rol en el planeamiento de las infraestructuras europeas.

Se prevé un amplio mercado para OMEGA, quién permitirá a los usuarios asegurarse de la existencia de aquellos datos geográficos que mejor satisfacen sus necesidades. Estos podrán correlar los metadatos utilizando su propia lengua, ya que OMEGA se lanzará al mercado en inglés, español, francés, alemán e italiano.



El entorno de trabajo de OMEGA es soportado por PC's, estaciones UNIX y Apple Macintosh.

Para más información contactar con:

Joaquín A. Rodríguez

Centro Nacional de Información Geográfica

Tel. (91) 536 06 36

Fax. (91) 553 29 13



AURENSA, fue creada en 1986 por un equipo de profesionales con amplia experiencia en el terreno de los recursos naturales, especialmente en geología, minería, hidrocarburos, hidrogeología, energía y medio ambiente.

CARACTERISTICAS ESENCIALES:

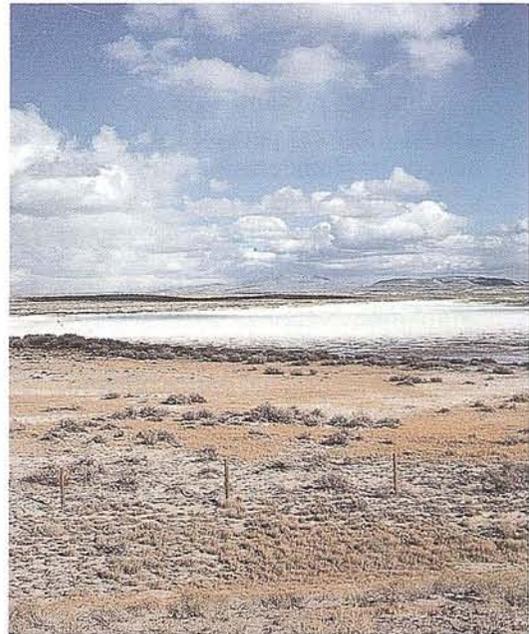
Capacidad para coordinar y realizar proyectos complejos.

Facilidad para desarrollar nuevos productos.

Creatividad para aportar soluciones imaginativas.

Disponibilidad para integrar tecnologías avanzadas.

Experiencia en "Joint ventures" con compañías internacionales.



LOS MEDIOS

AURENSA está integrada por un equipo humano de dilatada experiencia, joven y entusiasta.

Sus medios materiales incluyen:

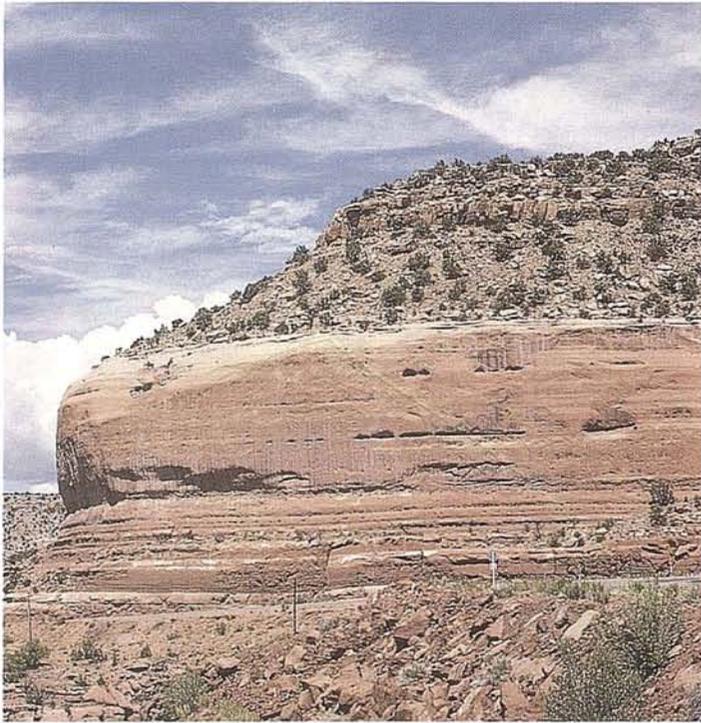
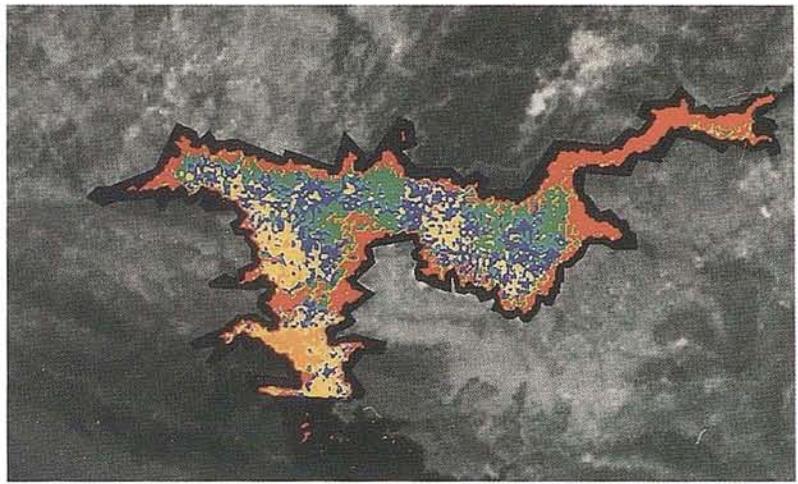
Potentes sistemas de procesamiento de imágenes, dotados de los correspondientes periféricos: lectores de cintas de alta densidad, discos magneto-ópticos, CD Rom

Sistemas de información geográfica

Software actualizado, científico, técnico y de gestión

LOS SERVICIOS

Agricultura
Obras Públicas
Ingeniería geológica
Ingeniería medioambiental
Investigación minera y petrolera
Hidrogeología
Teledetección



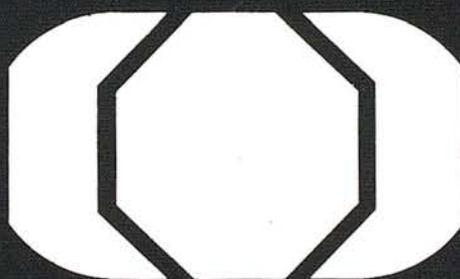
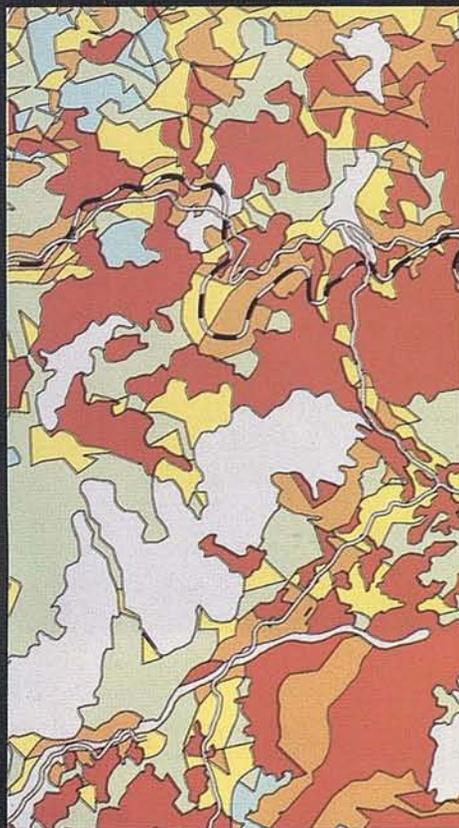
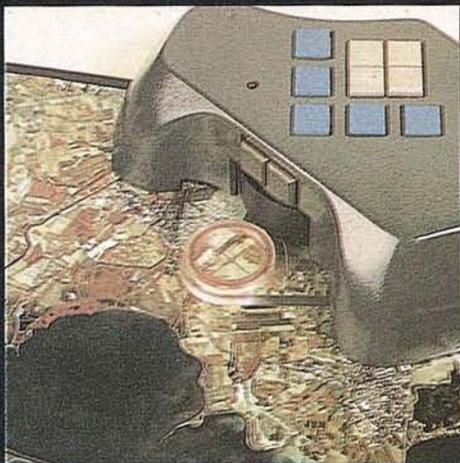
LOS PRODUCTOS

Estimación de superficies agrícolas: marco de áreas
Estudio de impacto de la sequía
Cartografía de usos del suelo
Cartografía de riesgos geológicos
Restauración de espacios alterados
Gestión del territorio: condicionantes al uso del suelo y subsuelo
Sistemas de caracterización de emplazamientos de depósitos de residuos tóxicos y radiactivos
Proyectos multidisciplinarios en prospección minera y petrolera
Selección de trazados para obras lineales

CEREMONIA DE NOMBRAMIENTO DEL NUEVO DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

El pasado día 4 de mayo de 1994 tuvo lugar en el Instituto Geográfico Nacional de España situado en la calle General Ibañez de Ibero nº 3 de Madrid la toma de posesión del nuevo Director General en la persona de D. Teófilo Serrano Beltrán en presencia del excelentísimo Sr. Ministro del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Sr. Borrell, una vez terminada la ceremonia el nuevo Director General acompañado del Sr. Ministro y personalidades del sector realizaron una visita a las instalaciones del Instituto Geográfico Nacional según muestran las fotografías.



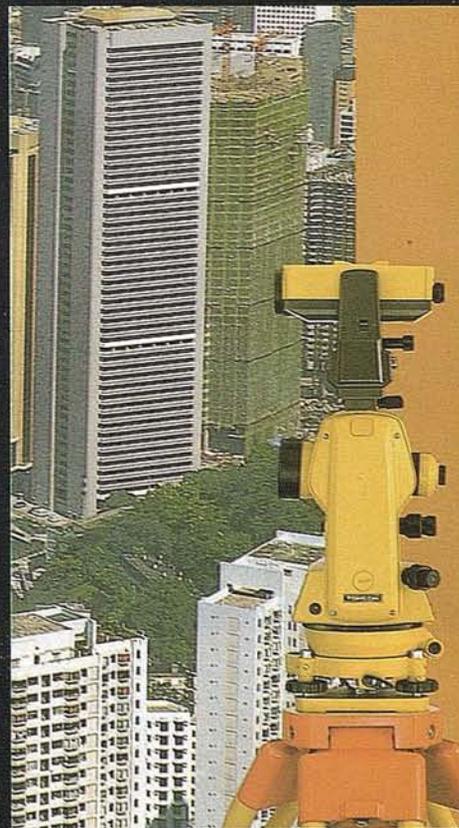


ASTOFO

ASOCIACION EMPRESARIAL DE TRABAJOS
TOPOGRAFICOS Y FOTOGAMETRICOS

Miembro Federado de TECNIBERIA

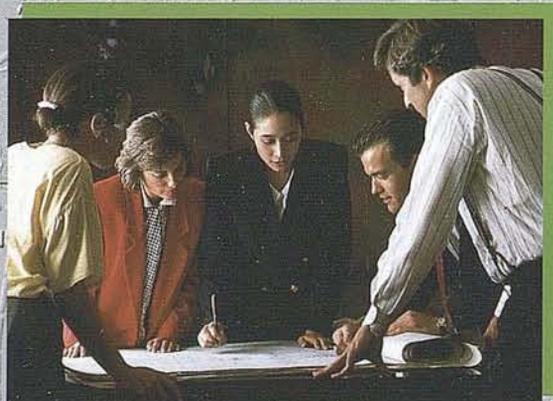
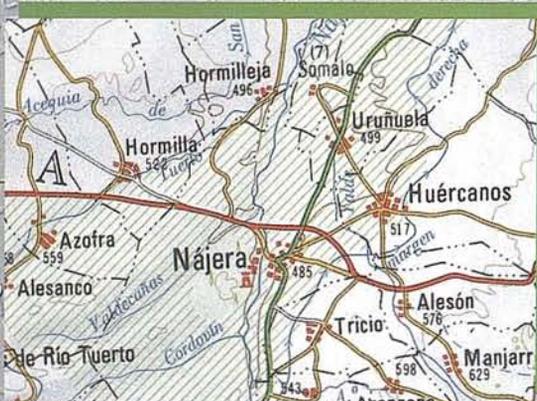
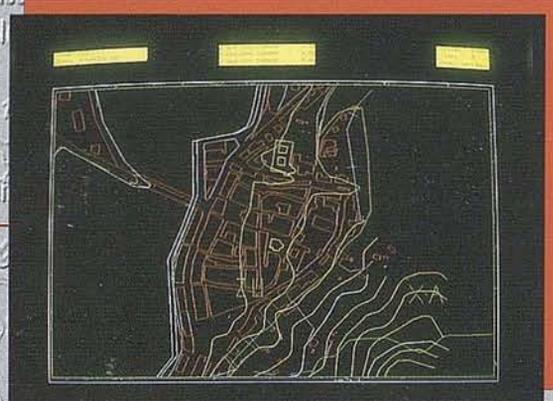
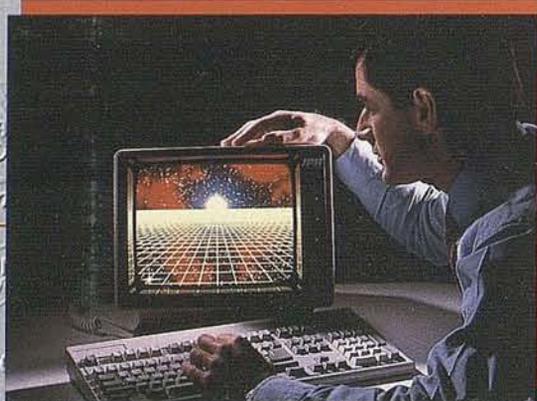
C/ Velázquez, 94 4º
28006 MADRID
Telf.: (91) 431 37 60
Fax.: (91) 576 99 19



MADRID: AEROGRAF - CADIC - CARTOCIVIL - CARTOGESA - CETFA - EDEF - ESTOSA - ETYCA - EUROCATO - FOTOCAR - GENECAR - GEOCART - GEOMAP - HELI-IBERICA - IBECAR - INTOPSA - LEM - NADIR - PROTOCAR - STEREOCART O - TASA - TECNICAS CARTOGRAFICAS REUNIDAS - TOPYCAR - VALVERDE TOPOGRAFOS - **LA CORUÑA:** TOPONORT - **PAMPLONA:** OMEGA - **SAN SEBASTIAN:** NEURRI - **SEVILLA:** TECNOCART - CARTOFOTO DEL SUR - **VALENCIA:** SERVITEX - **VALLADOLID:** GRAFOS.

Descubre el territorio

CARTOGRAFÍA DIGITAL



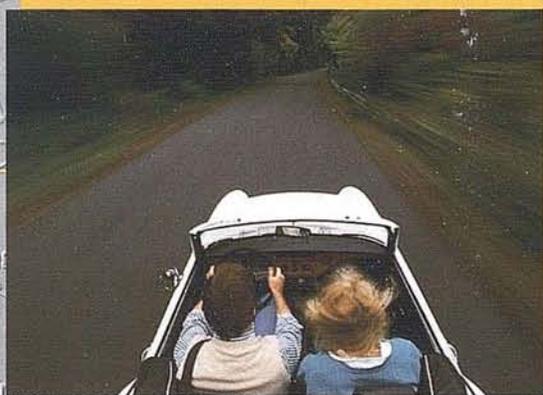
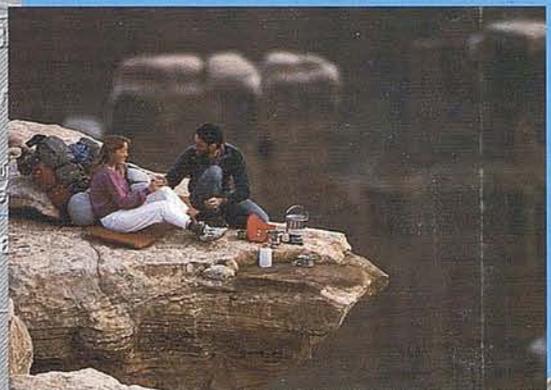
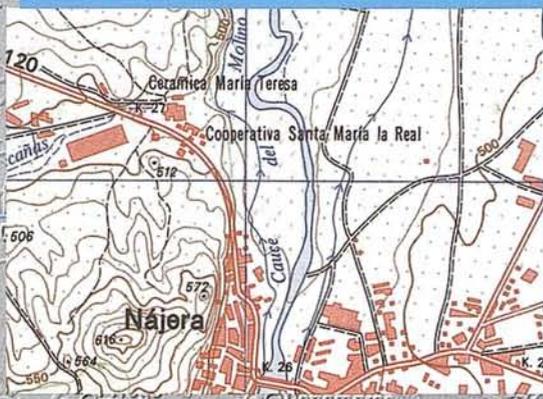
MAPAS PROVINCIALES

CENTRO NACIONAL DE INF

General Ibáñez d
Fax: (91) 553 29 13
Venta: (91) 5
Servicios Region

con nuestros mapas.

MAPAS TOPOGRÁFICOS



MAPAS TURÍSTICOS

AGENCIA GEOGRÁFICA (CNIG)

28003 MADRID.
Tel. (91) 536 06 36
Fax. 444 y 484
Oficinas Provinciales



Ministerio de Obras Públicas, Transportes
y Medio Ambiente
Instituto Geográfico Nacional

Los Sistemas de Información Geográfica SIG: Definición, características, estado actual y tendencias de desarrollo

Luis R. Díaz Cisneros y
Rafael Candeaux Duffatt

Características generales de los SIG

El desarrollo de la cartografía temática a nivel mundial, en el marco de los avances notables que han alcanzado las técnicas de computación y los sensores remotos, ha producido que estas tres tecnologías se acerquen cada día más para provocar su fusión en los SIG. Estos sistemas se han establecido como herramientas fundamentales en la toma de decisiones que involucran al espacio geográfico, tanto en los países de economía planificada como en los de mercado.

El término Sistema de Información Geográfica, en lo adelante SIG (GIS en inglés), a veces se presta a confusión por carecerse de una definición mundialmente aceptada.

El profesor David Rhind (1989) lo ha definido en los siguientes términos:

“Es un sistema de hardware, software y procedimientos, diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente referenciados (georeferenciados), para la solución de los problemas complejos del manejo y planeamiento territorial”.

Casi todas las organizaciones locales, nacionales e incluso internacionales utilizan cada vez más estas tecnologías. ¿Por qué?

1º Sin posiciones tecnócratas, los autores consideran realmente que el costo cada día menor del equipamiento de cómputo y el mayor acceso mundial a las técnicas de teledetección mediante los programas de SPOT IMAGE (Francia), LANDSAT (Estados Unidos), INTERCOSMOS (Países de Europa del

Este), han contribuido decisivamente a este progreso.

2º Las geociencias, entre ellas la geografía en primer lugar, mediante su posición sintetizadora, cada día adquieren una mayor importancia en el manejo territorial de la economía mundial. No existe una rama del saber en que la información geográfica no desempeñe un papel indispensable.

Por todo ello el uso de las tecnologías de SIG, nacidas en Canadá (Tomlinson, Calkins y Marble, 1976) en la década de los 60, ha tomado cada vez más adeptos, hasta que hoy casi 30 años después del surgimiento del Sistema de Información Geográfica de Canadá, (CGIS) se han impuesto mundialmente y forman parte integral de la cultura cartográfica de esta época de la Revolución Científico-Técnica.

Muchos programas de aplicaciones trabajan con operadores espaciales, sin embargo no se consideran un SIG pues no son capaces de realizar búsquedas y análisis espaciales, condición indispensable para tal consideración.

Las bases de datos relacionales son las únicas capaces de incluir en su estructura los datos topológicos que permiten ubicar espacialmente los puntos, líneas y polígonos, manejándose así sus ubicaciones en el espacio.

Problemas tales como: determinar el cierre óptimo de un embalse, pro-

poner el trazado menos costoso para una vía de comunicación, analizar el comportamiento espacial del nivel educativo o evaluar los territorios más propicios para cultivar tal o cual especie, constituyen las típicas interrogaciones a que son sometidas los SIG en su fase operacional. Ellas nunca podrían ser contestadas por los sistemas CAD/CAM, paquetes estadísticos y otros de aplicaciones, aunque todos ellos, apoyan sustancialmente a los SIG en calidad de herramientas de trabajo.

Rhind (1989) preparó una relación biunívoca entre los tipos de preguntas y las tareas que realiza un SIG:

Preguntas	Tipos de Tareas
¿Qué es...?	Inventario y Monitoreo
¿Dónde es... Verdadero/Falso?	Inventario
¿Qué ha cambiado desde...?	Inventario
¿Qué patrón espacial existe...?	Análisis espacial
¿Qué pasaría si...?	Modelado

Así vemos que las tareas de un SIG van desde el Inventario-Monitoreo hasta el análisis espacial y modelado de la realidad.

Guevara (1987) planteó que un SIG podría considerarse como una interfase entre el mundo real y el usuario, tal como describe en la Fig. 1.1.

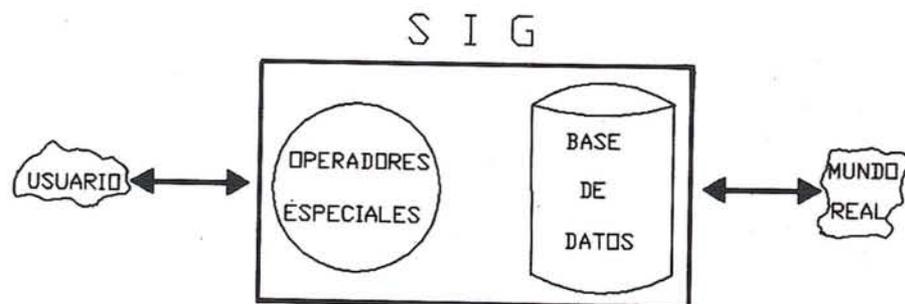


Figura 1.1 Esquema hipotético de la posición de un SIG ante la solución de un problema. (Guevara, 1987).

En la actualidad los SIG almacenan, analizan y mapifican datos espaciales de todo tipo. Es asombroso observar, como estos sistemas, utilizados inicialmente para el manejo de datos vectoriales, en estos momentos se preparan para el manejo de imágenes en raster de la superficie terrestre. Por tal motivo Wilkinson y Fischer (1987) introdujeron en la literatura científica el término (IGIS) para denominar los sistemas de información geográfica integrados, o sea aquellos SIG que reciben de manera directa los datos provenientes de sensores remotos. Los sistemas ERDAS y DRAGON son buenos representantes de estas tendencias, aunque la experiencia actual demuestra que tales variantes no son muy apropiadas para la arquitectura de microcomputadoras. Por ello los mayores avances se muestran mediante la utilización de los sistemas INTERGRAPH y EXITEC, que se basan en arquitecturas superiores pero mucho más costosas.

La unión que se presenta en la actualidad entre los datos vectoriales tradicionales de los SIG con los datos en raster provenientes de los sensores remotos brindan, según Wilkinson y Fischer (1987), opciones tales como:

- Selección inteligente de datos.
- Asignación de símbolos.
- Representación gráfica.
- Posicionamiento de textos.
- Evaluación en el monitor de diseños cartográficos.
- Localización de puntos, escalas y colores.

En los próximos 5 años se espera un incremento notable en el uso de las tecnologías integradas.

En general los SIG que se han desarrollado hasta el momento se componen de módulos de Entrada y Almacenamiento, Análisis y Salida de información (en forma cartográfica), lo cual aproximadamente sigue al Canadian Geographic Information System (CGIS).

Apuntes históricos del desarrollo de los SIG

Por lo escrito acerca de la temática del desarrollo de los SIG, no se podría evaluar ni siquiera su estado actual. El asunto es que con la excepción de J.A. Cebrián y David H. Rhind, muy pocos investigadores han realizado y/o publicado recuentos de la historicidad de estos métodos. En primer lugar ello responde a que la introducción de la tecnología de los SIG solamente data de los finales de los 60 y a que la mayoría de los investigadores que se han adentrado en este fascinante mundo han preferido desarrollar aplicaciones concretas y no comentar lo desarrollado por otros especialistas e instituciones.

No obstante, la revista norteamericana de Cartografía, *American Cartographer* en su Volumen 15 de julio/88, dedicó trabajos a esta temática que cubren el período 1958-1988.

Se considera, que los primeros SIG se implementaron a mediados de los años 60, (Rhind, 1989) cuando Tomlinson, Calkins y Marble desarrollaron el Sistema de Canadá (Canadian Geographical Information System) conocido por sus siglas CGSI, y que en Gran Bretaña se desarrolló la Unidad Experimental de Cartografía.

No fue hasta 1982 que se desarrolló el ARC/INFO, bajo la tutela de los ingenieros del Instituto de Investigaciones

de Sistemas Ambientales (ESRI) en Red Lands (California), fundado en 1969.

Otra institución pionera fue el Laboratorio de Gráficos de la Universidad de Harvard.

La historia de los SIG, va en relación directa con el costo de los equipos de cómputo, ya que los principios matemáticos del tratamiento de matrices, vectores, componentes principales y análisis multivariado, fueron descritos por los matemáticos desde el siglo XVIII, pero es ahora, con los medios actuales, cuando se hacen más rápidos y aplicables.

En el Forum Internacional de Instrumentación e Información en Geografía (FIG), celebrado en Lyon, Francia en 1987, se discutió muy gráficamente esta tendencia que se muestra en la Fig. 1:2 (Rhind, 1987), donde se nota la importancia creciente de los bancos de datos en esta tecnología.

Es difícil establecer el momento exacto en que estas técnicas se popularizan entre la comunidad geográfica, tal vez ese momento esté ocurriendo ahora y "los árboles no nos dejan ver el bosque".

Lo cierto es que en esta década final del siglo XX casi todas las instituciones geográficas de importante prestigio han adquirido o desarrollado un SIG para su gestión, toma de decisiones o investigaciones.

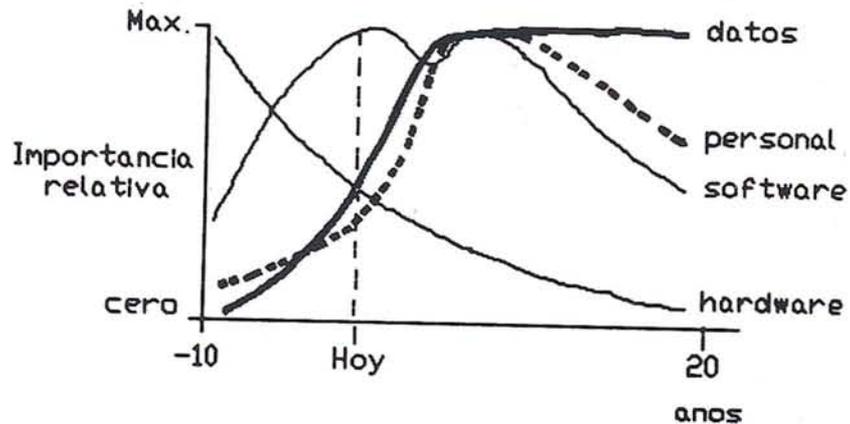


Figura 1.2 Tendencias de desarrollo de los principales componentes de los Sistemas de Información Geográfica. (D.H. Rhind, 1987)

En la arena internacional la Unión Geográfica Internacional (UGI) ha transformado su Comisión Permanente de Procesamiento de Datos, en una de Sistemas de Información Geográfica (Tabla 1.1). La Asociación Cartográfica Internacional (ACI) es quizás el ambiente donde con mayor fuerza se nota este cambio actual. La 14 Conferencia Internacional de la ACI celebrada en Budapest, Hungría, en 1989, fue testigo del hecho al comparar el promedio de edades en los asistentes en los salones donde se hablaba sobre SIG, con el de los salones donde se trataban los temas clásicos de la cartografía, la diferencia era tan abrumadora que de hecho parecían dos eventos diferentes.

En 1987 la UGI comenzó a organizar cada dos años las Conferencias Latinoamericanas sobre Sistemas de Información Geográfica. La primera se desarrolló en San José, Costa Rica (1987), y la segunda en Mérida, Venezuela (1989), ambos eventos este ha sido marco propicio para favorecer las transferencias tecnológicas y el apoyo a las instituciones que se inician en estos métodos. La tercera conferencia debe celebrarse en Viña del Mar, Chile en el verano de 1991.

En Europa y Norteamérica se han desarrollado sistemáticamente los congresos AUTOCARTO, donde numerosos profesores e investigadores de alto nivel muestran sus resultados más relevantes.

La tecnología de los SIG no sólo ha incursionado en tópicos referentes a datos espaciales en el ámbito rural, también se han desarrollado aplicaciones de interés en los ambientes urbanos. Díaz (1987), realizó una evaluación integral del tema al preparar un proyecto para Cuba bajo los auspicios de UNESCO.

En 1987 se publicó por primera vez una revista internacional acerca de la tecnología de SIG (International Journal of Geographical Information Systems Nº 1 Vol.1 I-III 1987).

Coppock y Anderson (1987) en su revisión editorial expresaron:

“Los Sistemas de Información Geográfica representan un campo de desarrollo, donde se interceptan muchas disciplinas, entre ellas, la cartografía, la

computación, la fotogrametría, la teledetección, la estadística y otras disciplinas relacionadas con el manejo y análisis de datos territorialmente codificados”.

“Los SIG se están desarrollando en escalas que van desde catastrales hasta globales, pero aunque los objetivos de su creación son muy amplios, presentan muchos puntos en común y facetas similares”.

Tabla 1.1 Miembros de la comisión de Sistemas de Información Geográfica de la Unión Geográfica Internacional para el período 1992-1996.

Presidente

Dr. Sachio Kubo
Faculty of Environmental Information
Keio University
5322 Endo, Fujisawa
Kanagawa 252, Japan

Miembros plenos

Dr. David J. Cowen
Social and Behavioral Sciences
Lab.
University of South Carolina
Columbia, SC 29208
U.S.A.

Dr. Milan Konecny
Department of Geography
J.E. Purkeyne University
Kotlarska 2
611 37 Brno, Czech Republic

Mr. Jonathan L.O. Ekpenyoung
Laboratory for Cartography and
Remote Sensing
Department of Geography
University of Lagos
Lagos, Nigeria

Dr. Vladimir S. Tikunov
Department of Geography
Moscow State University
Moscow, Russia

Dr. David J. Hawke
Department of Geography
University of Auckland
Private Bag
Auckland, New Zealand

Dr. Thomas C. Waugh
30 Keir Street

Edinburgh EH3 9EU
Scotland, U.K.

Dr. Wolfgang Kainz
ITC
P.O. Box 6
7500 AA Enschede
Netherlands

Professor Anthony G.O. Yeh
Center of Urban and Regional
Planning and Environmental
Management
The University of Hong Kong
Pokfulam Road
Hong Kong

Luis Rafael Díaz Cisneros
Doctor en Ciencias Geográficas
(1985)
Vicedirector de Desarrollo Tecnológico del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba.
Representante de GEOTECH/Cuba.

Rafael Candeaux Duffatt
Candidato a Doctor en Ciencias Geográficas. Investigador Cartógrafo del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba.
Representante de GEOTECH/México.

Características particulares de los SIG en algunos países y organizaciones internacionales seleccionadas

El análisis del estado actual de la tecnología de los SIG en países y organizaciones internacionales determinadas, permite evaluar el nivel de actualización del SIG de Cuba, objeto principal de análisis en esta obra.

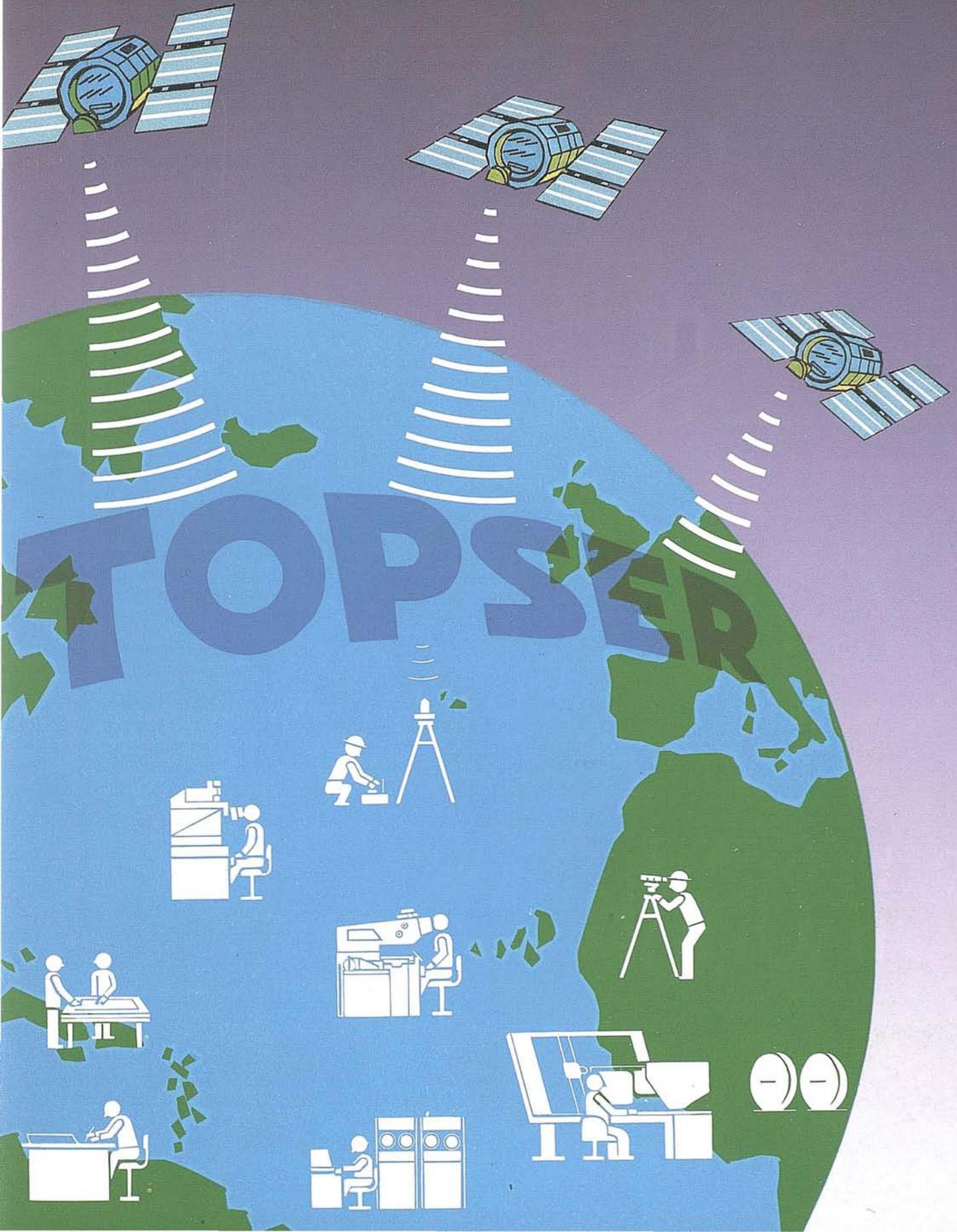
No se pretende analizar las características de los SIG en todos los países y organismos en que ellos se desarrollan y aplican. Sólo se han tomado los más representativos, lo cual no excluye la posibilidad de que en determinado ámbito se desarrollen aspectos interesantes que se omiten. Sin embargo, en este recuento se incluyen los principales y más representativos SIG a nivel mundial.



NUESTRO OBJETIVO EL DESARROLLO...

Ramírez de Arellano, 26 - MADRID 28043

Tif. 413.77.12 - FAX 5193948



- Estados Unidos de América.

En Estados Unidos ocurre el mayor desarrollo actual de la tecnología de SIG.

Green, Finch y Wiggins (1985) al analizar el estado actual de este tema, sólo se refieren a aplicaciones desarrolladas en Estados Unidos. Ello no es casual, ARC/INFO, es el líder mundial de los SIG integrados.

ARC/INFO es un híbrido consistente en un sistema de datos cartográficos (ARC), que se ha creado sobre un sistema de manejo de bases de datos relacionales. Se opera con una lógica vectorial (puntos, líneas y polígonos), manipulable incluso en modo raster mediante software integrado denominado GRID y GRID-TOPO. ARC/INFO está escrito en FORTRAN 77 y en la actualidad presenta buenas facilidades de hardware, ya que sus versiones más modernas permiten su uso en microcomputadoras (pc ARC/INFO).

Según Guevara (com. personal) ARC/INFO puede almacenar cerca de 1 millón de entidades cartográficas desde los puntos de vista topológicos y geométricos.

INFO es una parte del software que almacena y maneja la información temática vinculada con la geometría, mientras que ARC es la parte que se constituye por la geometría, propiamente dicha.

No existe otro software de SIG tan distribuido como ARC/INFO. En Inglaterra, en 1984 existían más de 200 instalaciones y en Estados Unidos casi todos los gobiernos estatales lo usan. Las principales aplicaciones se han diseñado para los problemas de desertización en África, manejo de bosques en Canadá, manejo urbano en Estados Unidos y otros muchos que harían esta lista interminable.

ARC/INFO tiene también sistemas de usuarios con reuniones anuales, un periódico trimestral (ARC/NEWS) y numerosos cursos de superación (39 en 1989).

Las futuras aplicaciones podrían incluir el chequeo automatizado de clasificaciones de imágenes de sensores remotos mediante su comparación con

mapas digitales, lo cual apunta hacia la tendencia de actualización automática de los mapas topográficos. Esta tarea es compleja (Green, *et al*, 1985), ya que incluye la generalización de los mapas topográficos y otras aplicaciones que requieren de conocimientos especializados.

ARC/INFO es el mayor avance cartográfico Tecnológico en Estados Unidos y a nivel mundial. A pesar de ello podría comentarse que los métodos de representación cartográfica, a nivel de cartodiagramas, no se han cuestionado profundamente, lo cual es lógica consecuencia de las tradiciones cartográficas norteamericanas donde impera la amplia difusión de la información y por ende su necesaria sencillez. En el ARC/NEWS del invierno de 1990, ESRI anunció la salida de sus nuevos productos de enlace con los software más reconocidos en el campo de la cartografía, tales como ATLAS GRAPHICS (ESRI 1990) (marca registrada de Strategia Mapping Inc).

El 24 de marzo de 1989, el supertanquero Exxon Valdés, chocó en el arrecife Bligh en Prince William Sound a la entrada del Golfo de Alaska, causando el peor derrame de petróleo de la historia. La marea negra se extendió por 470 millas con su consecuente impacto ambiental en la vida silvestre, la pesca, el transporte y otras actividades. El grupo regional de usuarios de ARC/INFO brindó una respuesta rápida (entre 4 y 6 días) y en su reunión mensual de abril presentó todas las recomendaciones pertinentes para enfrentar el desastre ecológico.

Otras aplicaciones de ARC/INFO pueden ser evaluadas en ARC/NEWS para Suecia, Omán, Hong Kong, México, China y otros muchos países.

El desarrollo de los SIG en Estados Unidos no se limita a los productos de ESRI. Los laboratorios de este tema, en la Universidad de Búfalo y en la Universidad Estatal de Ohio, han desarrollado bajo la tutela de Dana Tomlin el MAP ANALYSIS PACKAGE, el Academic MAP y el Professional MAP. Todos están dirigidos al análisis espacial en una estructura matricial. Como quiera que este paquete se ha integrado al SIG de Cuba, mediante donativo, será

comentado en el capítulo correspondiente al subsistema de análisis. Es interesante señalar que el MAP no es un producto comercial, sus fines están eminentemente dirigidos a la docencia, por lo que se ha distribuido gratuitamente en Panamá, Tailandia, Costa Rica, Venezuela, España y otros países, en el marco de cursos especializados en el tema.

- República Popular China.

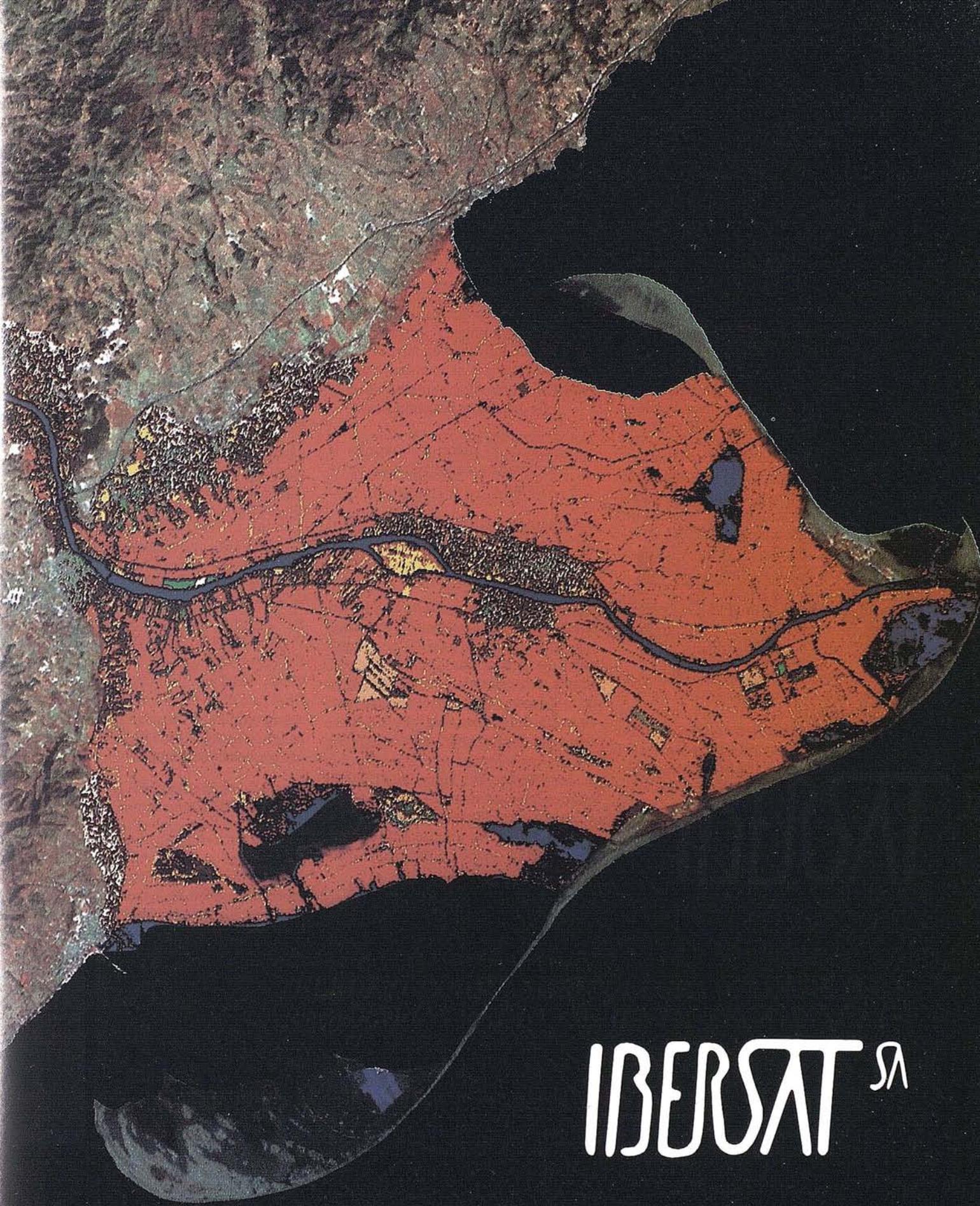
El desarrollo del SIG en la República Popular China es sorprendente tanto por su nivel de organización, como por la cantidad de profesionales dedicados a esta temática, y por sus niveles de aplicación.

El Laboratorio Nacional de Sistemas de Información sobre Recursos Naturales y el Medio Ambiente (LREIS) conjuntamente auspiciado por la Comisión Estatal de Planeamiento y la Academia de Ciencias de China (CAS), es la institución clave de esta temática. Este laboratorio, afiliado al Instituto de Geografía de la (CAS), se organizó en febrero de 1985 y fue aceptado por el gobierno en diciembre de 1987. En septiembre de 1989, pasó a constituir el Departamento de Sistemas de Información Geográfica del Centro Nacional de Sensores Remotos de China.

Las principales líneas de investigación de este laboratorio son:

- a) Normalización y estandarización de los sistemas de información de los recursos naturales y del medio ambiente a escala nacional.
- b) Sistema de Información del Medio Ambiente Natural en China.
- c) Establecimiento de SIG regionales y su aplicación práctica.
- d) Desarrollo de modelos de análisis y sistemas de expertos en Geociencias.
- e) Composición y renovación de la información espacial proveniente de sensores remotos.

El laboratorio tiene programas de colaboración con 20 proyectos científicos de interés, así como talleres en SIG y muchas clases de seminarios y tipos de entrenamientos.



IBERSAT^{SA}

**TELEDETECCION - AGRICULTURA - GEOLOGIA -
CARTOGRAFIA - MEDIO AMBIENTE - USOS DE SUELO**

C/ Araquil, 11 - 28023 Aravaca - MADRID - Telf.: 357 18 60 - Fax.: 357 31 92

El Director del laboratorio es el profesor Chen Shupeng, académico y profesor de la CAS. Los miembros del laboratorio están divididos en 3 grupos: el primer grupo, de 35 colaboradores y técnicos, estudia las tecnologías avanzadas, el segundo, de 35 a 40, desarrolla los proyectos internacionales (la cifra incluye los becarios extranjeros) y el tercer grupo este compuesto por 15 doctores en ciencias que trabajan activamente en el frente de la investigación.

Ahora el laboratorio posee diferentes sistemas interconectados de software-hardware: VAX 11/785-ARC/INFO e Is Image Processing System. La colección de mapas temáticos se realiza con los sistemas Planicom C-120, Z-2 Orthocomp-Orthophoto system y los rectificadores SEG-6c, todo conectado a una computadora Kodak IMT-350 con sistema de micro-film. El SIG se enlaza a varias terminales con microcomputadoras como puestos de trabajo.

Las principales aplicaciones son las siguientes:

- Sistema de información del medioambiente natural de China.
- Sistema de información de las planicies de loess.
- Sistema de monitoreo dinámico de los beneficios ecológicos del cinturón boscoso "Three-North".
- Sistema de información del pronóstico del riesgo de inundaciones.
- Sistema de información de contramedidas de desastres y riesgos de inundaciones en la parte baja del río Amarillo.
- Sistema de información para el pronóstico del riesgo de movimiento de los hielos en el área del delta del río Amarillo.
- Sistema de información para recursos naturales del medio ambiente en la región del lago Dangting.
- Desarrollo de los sistemas de información regionales en las áreas de Beijing-Tianjin-Tangshan.

Jiulin y Yanping (1990), consideran, que el TRIS es uno de los sistemas más sofisticados que se ejecutan en China. El TRIS es un sistema informati-

vo territorial para el análisis de explotación de los recursos naturales.

Sus objetivos son:

- Apoyar el manejo científico de la información acerca de los recursos territoriales y proveer servicios de información territorial.
- Brindar las posibilidades de análisis de recursos territoriales.
- Diseñar el manejo, desarrollo y explotación de los recursos territoriales.
- Proveer los datos espacialmente orientados para los sistemas de información económica.

El TRIS se desarrolla en niveles de análisis Nacional, Regional, Provincial y Local. En cada uno, el sistema toma diferentes gradaciones que van desde el simple almacenamiento y recuperación de la información hasta el análisis y la toma de decisiones, basándose inclusive en el diseño de sistemas expertos.

Las tendencias futuras del TRIS están encaminadas hacia su simplicidad práctica, actualización informativa, adaptación a todo tipo de hardware y desarrollo de modelos geográficos de evolución.

En Beijing se celebró entre el 8 y el 11 de agosto de 1990 el segundo Taller Internacional de SIG, auspiciado por la CAS y otras organizaciones geográficas del país, así como por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá.

La contribución China en trabajos y experiencias, es notable en cada conferencia de la UGI o de la ACI (Jianbang, et al 1990). Figuras internacionales de reconocido prestigio en este campo como G. Konecny, D.F. Marble, R. Tomlinson, S. Murrari y J. Dangermond han visitado el país para intercambiar experiencias. El LREIS es el distribuidor técnico de ARC/INFO en China desde 1987 y recientemente ha realizado más de doscientas instalaciones de este software con fines educativos.

- República Francesa.

En Francia la cartografía constituye una ciencia con gran tradición, tanto desde el punto de vista científico y tecnológico como artístico. Por ello no es de extrañar que tales características de los cartógrafos franceses se mantengan hasta nuestros días y se manifieste su notable influencia en las escuelas cartográficas aledañas, o bajo su radio de acción. Los SIG como una rama cartográfica moderna no han estado exentos de desarrollo en Francia, aunque en la cartografía automatizada es donde se han producido los mayores adelantos y precisamente en su combinación con las técnicas de teledetección.

Son varios los organismos estatales franceses que marcan las tendencias y avances en la trilogía SIG-teledetección-atlas, entre ellos están los siguientes: Instituto Geográfico Nacional de Francia (IGN-F) en Saint Mandé, GIP Reclus en Montpellier, GDTA en Toulouse, Instituto Francés de Petróleo, Buró para el Desarrollo de la Producción Agrícola, SPOT Image, Centro Nacional de Estudios Especiales y ORSTON, entre los más destacados.

Instituto Geográfico Nacional de Francia (IGN-F).

"...los mayores avances en la cartografía asistida por computadoras, así como su orientación en diferentes direcciones dependen de la tecnología, condiciones operativas, tipos de producción y resultados que lleva a cabo el Instituto Geográfico Nacional para establecer varias líneas de producción cartográfica en diferentes departamentos". (IGN-F, 1985).

"...la línea de producción conceptual que aparece en los inicios de la cartografía automatizada fue formalizada hasta cierta extensión, y considerablemente renovada por el uso de las técnicas de procesamiento de datos y su aplicación al proceso gráfico de la información". (IGN-F, 1985).

En resumen, los componentes de la línea de computación-gráfica se pueden describir en las siguientes etapas:

- a) Adquisición de datos, incluyendo digitalización y preprocesamiento.

- b) Edición y manejo, incluyendo corrección y actualización.
- c) Procesamiento de datos y su representación en forma digital.
- d) Despliegue y ploteo en una forma gráfica final (soportes permanentes).
- e) Almacenamiento e inversiones, si es necesario, en un banco de datos geográficos.

“Estas tareas que en varias etapas podrían utilizar diferentes técnicas, equipamientos y procesamientos, son de hecho interdependientes y a veces utilizan los mismos recursos, para la digitalización y edición de datos”. (IGN-F, 1985).

Como se puede analizar en estas notas, el IGN-F utiliza conceptos diferentes en la tecnología de SIG, pues diseña la estructura fundamental en un sentido cartográfico tradicional, con la incorporación de todas las modernas técnicas de los sistemas CAD.

Las herramientas que se operan en esta institución IGN-F se pueden dividir en dos grupos tecnológicos principales:

- a) Tecnología vectorial, donde el mapa es considerado como un conjunto de líneas y cada línea reducible a un grupo de vectores.
- b) Modo matricial o “RASTER”, donde el mapa es considerado como una superficie bi-dimensional reducible, como una imagen televisiva, a sus elementos matriciales, que pueden ser puntos desde 0,05 hasta 0,1 mm en las variantes de mayor resolución.

Las variantes vectoriales se trabajan en el IGN-F mediante digitalizadores y las matriciales mediante el barrido o “scanner”. Es significativo el desarrollo de técnicas de intercambio RASTER-VECTOR desarrolladas en este centro.

La producción del IGN-F puede ser resumida de la siguiente forma:

- a) Producción de mapas topográficos de escala media y grande por ploteo fotogramétrico de fotos aéreas, grabaciones digitales, y ploteo automático.

- b) Producción de fotomapas mediante ortoproyecciones de fotos aéreas.
- c) Digitalización de los mapas de escala media y pequeña y de la producción de mapas derivados, mediante el procesamiento de datos digitales, en particular de los modelos tridimensionales del terreno.
- d) Producción de mapas temáticos, basados en levantamientos en forma de documentos de autor.
- e) Producción de mapas estadísticos basados en los inventarios de los datos existentes representados en unidades administrativas.
- f) Producción de mapas topográficos o temáticos a partir de imágenes de satélites, actualmente enlazadas a SPOT.

En este instituto se concentran las mayores posibilidades tecnológicas de Francia, no obstante, no se puede hablar del establecimiento de un SIG como tal en esta institución, al menos en los conceptos tradicionales que se manejan en esta obra. Se carece así, de métodos geográficos de análisis de la información temática. Sin embargo, no parece existir dudas de que el IGN-F marcha a la cabeza mundial en las técnicas de automatización cartográfica.

GIP RECLUS:

Se trata de las siglas que caracterizan al Grupo de Interés Público RECLUS (Red de Estudios de los Cambios de las Localizaciones en las Unidades Espaciales, en francés, Réseau d'étude des Changements dans les Localisations et les Unités Spatiales).

Este centro, denominado también MAISON de la GEOGRAPHIE agrupa desde su fundación en 1984, 25 prestigiosas organizaciones científicas en Montpellier. GIP-RECLUS tiene a su cargo una Geografía Universal en ejecución (10 volúmenes terminados en 1986), un Observatorio de la Dinámica de las Localizaciones, y una colección de atlas automatizados. En general se trata de una organización de muy alta agilidad y dinámica, capaz de analizar la información geográfica y obtener salidas cartográficas automatizadas con un nivel de generalización alto, pero que cumple sus objetivos de diseño. No

es posible hablar de un SIG como tal en GIP-RECLUS, sin embargo el Observatorio de la Dinámica de las Localizaciones cumple este papel, basado en los siguientes aspectos:

- a) Abundancia de datos estadísticos.
- b) Análisis macroeconómicos.
- c) Información disponible acerca de las localizaciones de alta dinámica.

Grupo para el Desarrollo de la Teledetección Aero Espacial y SPOT Image (Satélite para la observación terrestre)

El Grupo para el Desarrollo de la Teledetección Aeroespacial (GDTA) es una agrupación que reúne las capacidades tecnológicas más sofisticadas, que saben cómo y qué hacer (know how) en la teledetección aeroespacial. El mismo está integrado por el Buró de Desarrollo de la Producción Agrícola, el Buró de Investigaciones Geológicas y Mineras, el Centro Nacional de Estudios Espaciales, el Instituto Francés de Petróleo y el Instituto Geográfico Nacional antes mencionado. GDTA incluye así una fuerza técnica laboral de 2.940 ingenieros, 2.890 técnicos y 71 oficinas en el extranjero. La esfera principal de su actividad realiza investigaciones espaciales en geología, agricultura, aguas, riesgos naturales y población. Todo ello se apoya en un programa de entrenamiento que incluye cursos de rutina, específicos y las transferencias de tecnologías. GDTA cuenta con facilidades de cómputo en máquinas grandes y VAX, 10 aviones y un helicóptero, así como un sistema de captura de imágenes. Las tendencias de los SIG apuntan hacia la integración de la tecnología aeroespacial. GDTA, basado en la información que brinda SPOT logra plenamente encabezar la tendencia de los SIG hacia la integración de la tecnología aeroespacial.

SPOT Image incorporó su información a partir del 22 de febrero de 1986, fecha de lanzamiento. Se trata de la primera campaña comercial en el planeta, encargada de distribuir información sobre los recursos naturales para su mapificación. Toda estación receptora equipada convenientemente es capaz de

recibir la información SPOT a nivel de datos de imágenes. De ellas existen numerosas alrededor del mundo. Las estaciones de Aussaguel-Issus (cerca de Toulouse) y Kiruma (Suecia) reciben cerca de 500.000 escenas al año, referidas a Africa del Norte, Europa y la zona del Polo Norte. Cada escena SPOT representa un área de 60x60 km. con una resolución de 10 metros en modo pancromático y 20 metros en espectral. Se distribuye tanto en cintas magnéticas como fotográficas.

El adelanto francés en la incorporación de la teledetección es evidente y se encuentra organizado convenientemente.

- Reino de los Países Bajos.

En Holanda se ha realizado un intenso trabajo en el Instituto Internacional de Investigaciones Aeroespaciales y de las Ciencias de la Tierra (ITC), dirigido fundamentalmente al entrenamiento de especialistas del Tercer Mundo en las diversas técnicas de investigaciones, así como en numerosos proyectos específicos que cuentan con el apoyo de los gobiernos interesados.

En materia de SIG, se destaca el denomina ILWIS (Integrated System) que constituye un sistema de bajo costo, basado en computadoras personales. ILWIS es considerado como una nueva generación de SIG, pues combina los beneficios tradicionales de éste, con el procesamiento digital de imágenes y una base de datos tabulares, todo como un paquete integrado.

Sus características principales son las siguientes:

- a) Adquisición de datos utilizando imágenes aeroespaciales como parte integral del sistema.
- b) Está diseñado para la preparación y modelación de escenarios.
- c) Tiene facilidades para la incorporación de modelos alóctonos.

ILWIS: Se basa en una arquitectura de microcomputadoras AT con coprocesador matemático, procesador de imágenes y monitor de alta resolución. Incluye conversiones vectoriales-matrices, trabajos con matrices y otras aplicaciones de interés, como un mode-

lo de digitalización de alto nivel. Sus aplicaciones se han producido en mapas de erosión, facilidades de cultivos y otros.

- República de Finlandia

Las tradiciones cartográficas de Finlandia son bien conocidas pues en 1899 este país publicó el primer Atlas Nacional que se diseñó en la historia de la cartografía moderna.

Después así se han realizado diferentes ediciones corregidas y aumentadas del Atlas Nacional, sin embargo el desarrollo actual marca un hito en la historia de la cartografía fina. Se trata del FINGIS, que es el nombre del SIG desarrollado en el Centro Nacional de Investigaciones de Finlandia. Este software no sólo convierte datos espaciales a forma digital, sino que los manipula en una gran variedad de aplicaciones. La primera versión del sistema se com-

pletó en 1985, aunque ha seguido desarrollándose de acuerdo con los deseos y experiencias de los usuarios.

El sistema se utiliza para el diseño de mapas catastrales, de uso del suelo, de consideraciones espaciales, de información topográfica y de modelos tridimensionales del terreno, así como en trabajos en ciudades a escala 1:1.000.

La Fig. 1.3 se muestra el esquema funcional del FINGIS.

FINGIS es un producto terminado, diseñado para las condiciones concretas de Europa Occidental, donde se cuenta con largas y confiables series estadísticas, lo cual conlleva la aplicación de sistemas VAX de alta velocidad de operación y capacidad de almacenamiento. Se trata, sin lugar a dudas, de una magnífica realización de los geógrafos fineses.

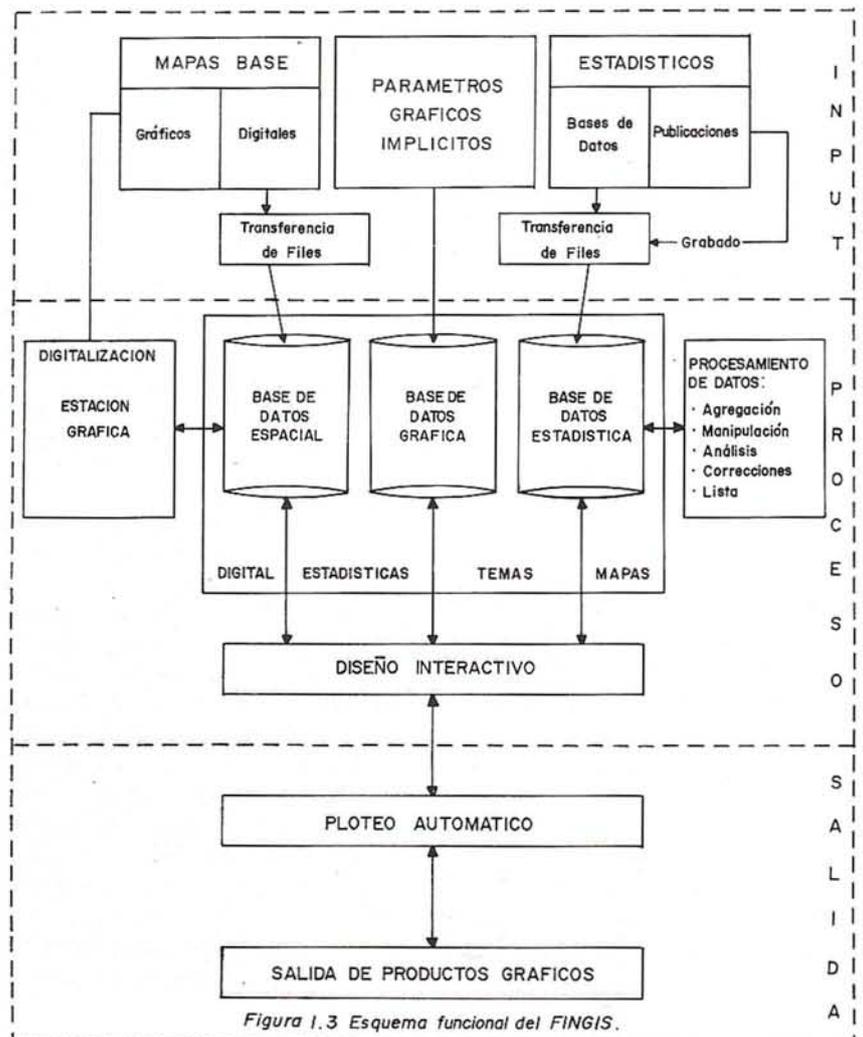


Figura 1.3 Esquema funcional del FINGIS.

– República de Hungría y República Federativa Checa y Eslovaca.

En estos países de contexto centroeuropeo, sin costas y con una parte importante de su historia política y económica ligada a la construcción socialista, se han producido circunstancias propicias para que el desarrollo de los SIG haya sido efectivo y muy similar. Quizás sean Hungría y la República Federativa Checa y Eslovaca los países del este europeo con mayor aval dentro de esta tecnología, llevada adelante mediante el esfuerzo de los Institutos de Geografía de sus respectivas Academias de Ciencias.

– República de Hungría

En Hungría, el Instituto de Investigaciones Geográficas de la Academia de Ciencias, desarrolló diversos "Métodos de Exploración de Recursos Ecológicos" (Pecsi, 1989) que constituyen la base metodológica o plataforma programática sobre la que los SIG se han fundamentado. Pecsi (1989) planteó al respecto "Hemos elaborado nuevos métodos y estudios de casos para hacer más eficaces los aspectos fundamentales de la investigación del paisaje y de la calidad ambiental". A pedido de los organismos de planificación y dirección se han elaborado estudios de casos, ante todo en los temas siguientes:

- Elaboración de un Sistema de Información Ambiental.
- Desarrollo de un Sistema de Información para determinar cambios en el ambiente social y su pronóstico.
- Designación de microrregiones agroecológicas.
- Sistema de Información Urbano.
- Modelos de erosión del suelo.
- Bancos de datos del atlas nacional.

Para cada tema se han desarrollado diferentes sistemas integrados, que aún estando en sus fases de diseño y experimentación, ofrecen perspectivas de interés para la colaboración internacional.

– República Federativa Checa y Eslovaca

Son muy conocidos internacionalmente los trabajos desarrollados por el Instituto de Geografía de Brno de la Academia de Ciencias, la Facultad de Geografía de la Universidad Purkine en Brno y el Instituto para la Planificación Territorial (TERPLAN) de Praga.

En estas instituciones se han desarrollado sistemas que de manera generalizada presentan similitudes entre ellos. En primer término, han sido desarrollados en máquinas grandes (mainframes), con muy bajo nivel de interacción con los usuarios y necesitando contar con operadores especializados que juegan el papel de intermediarios.

Otro aspecto muy similar es la propia concepción de su organización, mediante la cual se realiza toda una serie de módulos de programación estrechamente vinculados y cuyo objetivo fundamental apunta hacia la cartografía automatizada, es decir, la confección de maquetas de autor y sus correspondientes originales positivos y de grabado de líneas y relleno, vinculados a los atlas nacional, a la mapeación del uso del territorio y al catastro.

Por una parte, el hecho de que los Sistemas de Cartografía Automatizada utilicen como información base la geográfica, con todos sus correspondientes componentes (atributos, geometría, representación cartográfica y cronológica) y por la otra, el que en un SIG se pueden obtener como salidas, mapas automatizados con todos sus requerimientos de representación cartográfica, exactitud y escala, no significa para ellos que ambos tipos de sistemas sean la misma cosa. En los sistemas cartográficos checos se pueden desarrollar algunos tipos de análisis, pero esto no implica considerarlos como SIG en su totalidad, pues no cuentan con las posibilidades de un análisis espacial amplio. En todo caso, se trata de sistemas automatizados de cartografía temática como casos particulares de SIG, formadores de la ya mencionada trilogía SIG-cartografía temática-teledetección.

Esto puede ser observado en el ejemplo metodológico de SIG preparado para la provincia de Las Tunas,

Cuba, elaborado por los Institutos de Geografía de las Academias de Ciencias de Cuba y Checoslovaquia y publicado en la revista *Zprávy Geografického Ustavu csav*, Brno, 1986.

La concepción se basa en dividir el sistema de bases de datos en dos subsistemas fundamentales:

- a) Sistema de almacenamiento gráfico: Logra la transformación y almacenamiento de la información gráfica contenida en los mapas a información digital archivada en diferentes soportes magnéticos. Esto se realiza siguiendo el modelo vectorial, lo que implica la creación de varios ficheros organizados de forma tal que garanticen el almacenamiento de las coordenadas cartesianas de los elementos gráficos (puntos, líneas y límites areales) y su enlace con los atributos. En esta concepción, se ha introducido la teoría de los grafos del álgebra discreta que posibilita algunas soluciones cartográficas, como la superposición de símbolos o de los areales de diferentes mapas, entre otras.
- b) Sistema de datos estadísticos: Contiene la información temática sobre cada uno de los elementos tomados en consideración. Son ficheros de acceso directo y registros de longitudes fijas. Esta información puede ser de dos tipos: primaria y secundaria aunque esta última implica la implementación de considerables cálculos complicados. Aquí se han incluido análisis de frecuencia, de correlación, de regresión, cluster y de otros tipos. Pueden ser aplicados también algunos algoritmos de clasificación, de formación de tipologías y de superposición a partir de las operaciones de conjunto entre los grafos. El resultado constituye la respuesta cartográfica del sistema, la que puede ser separada en originales positivos de grabados, propiciando una conexión favorable al proceso de impresión del mapa. Los mapas Densidad de Población y Principales tipos de uso del territorio de la provincia de Las Tunas, muestran las posibilidades de este tipo de sistema.

En la actualidad, se están operando cambios sustanciales en la concepción y organización de estos SIG, debido a la reciente introducción de las microcomputadoras con gran capacidad de almacenamiento y velocidad de ejecución, lo que posibilita una interacción más directa con los usuarios.

- **Canadá.**

Como se conoce, la tecnología de los SIG se desarrolló inicialmente en Canadá, cuando fue diseñado el Sistema de Información Geográfica del Canadá (CGIS) entre 1962 y 1963.

El CGIS se originó como un sistema de cartografía por computadoras planeado para facilitar el uso de los datos recopilados por el Canadá Land Inventory (CLI) (Tomlinson, Calkins y Marble, 1976).

En 1962 los planificadores del CLI reconocieron que si los datos adquiridos no se manejaban por computadora se perdería su uso potencial. Así se iniciaron las ideas fundamentales de la tecnología de SIG, aplicadas al CLI.

En una etapa inicial del CGIS se refería fundamentalmente a datos rurales, ya que el propósito del CLI era el inventario de uso actual de la tierra según sus capacidades:

- agrícolas
- silvicultural
- recreacional
- mantenimiento de la fauna silvestre.

El CLI fue diseñado entre 1958 y 1963, con mapas de escala 1:250.000.

En la literatura científica se ha publicado ampliamente la evolución del CGIS (Tomlinson, Calkins, Marble, 1976) y se tradujo al castellano durante la conferencia de San José, Costa Rica. Por ello no se requiere una descripción detallada de sus funciones. Sin embargo, Crain y MacDonald, (1987) publicaron una evaluación del estado actual del CGIS. En el presente se han incorporado unos 3.500 mapas al CGIS, aunque el CLI sigue siendo su fuente fundamental.

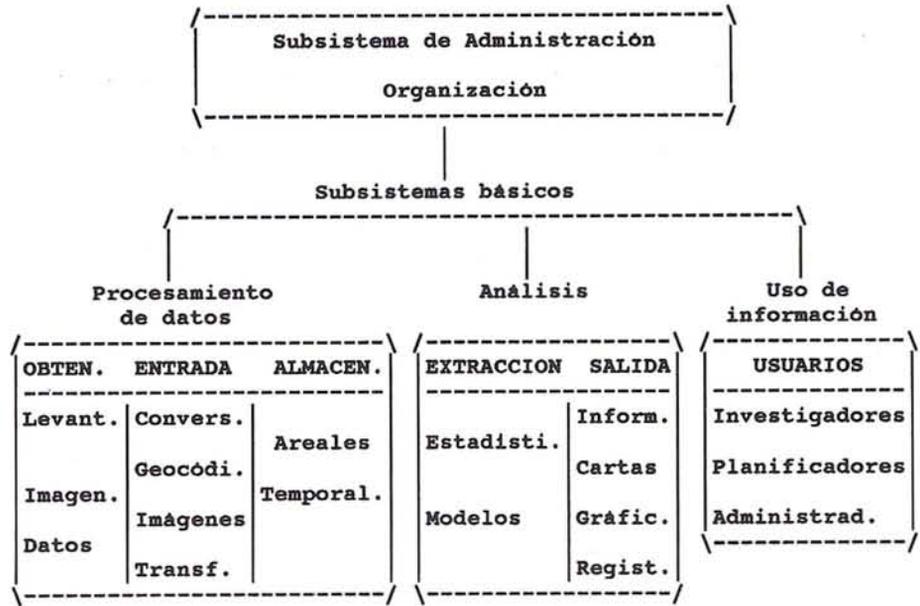


Figura 1.4 Esquema funcional del Canadian Geographical Information System (CGIS).

En la Figura 1.4 muestra su esquema actual de trabajo. El CGIS fue el primer SIG en incorporar una digitalización por barrido (SCANNER), que es la base de su programa de INPUT (o entrada) denominado AUTOMAP. En la actualidad maneja una gran variedad de temas que incluyen:

- a) Potencialidad de tierras para agricultura, silvicultura, recreación, vida silvestre, unglados, reservorios, uso del suelo.
- b) Mapas ecológicos.

El manejo actual de las enormes bases de datos del CGIS es totalmente interactivo mediante clasificaciones y reclasificaciones de la información. Las salidas son tablas, mapas, archivos digitales y bases de datos interactivas.

El CGIS se está utilizando para el manejo de datos de grandes programas federales que incluyen:

- Federal Land Management
- Canadian Land Use Monitoring Program

Adicionalmente el CGIS se usa en el manejo de parques nacionales, accediendo a una base de datos ecológico-silvícolas en Nueva Escocia.

El acceso se realiza mediante terminales gráficas en las oficinas de Ottawa, Halifax, Quebec y Burlington. También se puede acceder desde Edmonton y Manitoba.

El desarrollo futuro apunta hacia la utilización de técnicas para la producción de mapas a color, salida interactiva de gráficos, conversiones de raster a vector, algoritmos y definición de formatos estándares para el intercambio de datos entre diferentes SIG.

En Canadá, los sistemas de información geográfica se consideran como una nueva frontera del conocimiento geográfico. Roger F. Tomlinson, (Tomlinson Associates, 17 Kippewa Drive, Ottawa Canada K1S 3G3) quien ha sido una figura clave en el desarrollo de la tecnología SIG en Canadá, clasificó así esta frontera:

“En los años 60 se iniciaron las técnicas de manejo tradicional de gráficos mediante métodos numéricos, introducción de mapas en computadoras, que según los estándares actuales eran muy lentos”.

“En los años 70 se introdujo el gobierno en la tecnología de SIG, se desarrollaron las computadoras y se redujo su precio. Proliferaron muchos SIG cuadros entrenados y calificados y se mostró una tendencia hacia sistemas en áreas limitadas sin gran generalidad. Se iniciaron algunos proyectos de grandes bases de datos”.

“En los 80 se ha incrementado la velocidad del hardware y con ello, la facilidad y flexibilidad con que se manejan los datos geográficos. Se han desarrollado nuevas metodologías y se

han identificado las necesidades en el manejo interactivo de los usuarios de SIG". (Tomlinson, 1987)

En Canadá se han desarrollado otras aplicaciones de interés como LA CAD, que es un software diseñado especialmente para la arquitectura de los paisajes. Este paquete permite la entrada gráfica de mapas, bases planimétricas y secciones para trabajos de diseño arquitectónico.

Sus especificaciones son las siguientes:

Nombre: LA CAD 1983

Autores: Robert M. Itami
Randy Gumlett

School of Landscape Architecture
University of Guelph, Guelph Ontario
Canada, N16 2W1

Lenguaje: Micro Soft Basic 80

Sistema: CP M

Hardware: Microcomputadora 64K por usuario

Digitalizador, Ploteador.

Evidentemente en este país existe una rica tradición en los SIG, que sirve de base a otras aplicaciones específicas en diferentes territorios extranjeros.

El más reciente desarrollo ha sido el software SPANS, que se está imponiendo en el mercado de México y Canadá de manera impresionante.

- Japón.

El desarrollo de Japón en todas las aplicaciones de la automatización es notable, lo que está plenamente en correspondencia con su propio nivel tecnológico en la electrónica y la microelectrónica. La geografía no está exenta de tales avances y en esta nación se desarrollan actualmente amplios programas de aplicación de los SIG, encabezados por las universidades de Risho, Toyo, Ochanomizu, Komazawa y Tokyo Metropolitan, en Tokyo, así como la Hokkando Kyoiku en Asahikawa y Tohoku en Sendai.

El Buró de Planeamiento y Coordinación y la Agencia Nacional de Tierras iniciaron en 1976, el Land Information

System (LIS) de Japón, cuyos primeros resultados vieron la luz en 1984. El LIS de Japón se ocupaba de áreas urbanas, viviendas, recreación, industrias y pesquerías. Este sistema se denominó ISLAND (Information System for the Utilization and Management of Land Information).

La entrada principal del LIS era información de imágenes (350.000 fotos aéreas a color en marzo de 1982) que cubren un área de 1170 hojas cartográficas de escala 1:25.000.

Los datos se adquieren además de diapositivas, mapas de uso del suelo, hidrológicos, de clasificaciones y de conservación.

En el LIS se introdujeron en 1982, a partir de las imágenes, los modelos tridimensionales del terreno.

El LIS definió para cada tipo de entrada su campo de utilización y los contenidos a descifrar almacenándose todo ello como Información Digital de las Tierras (DLI). Las localizaciones utilizadas fueron en modo raster para celdas de un grado de latitud y 40' de longitud. Como Japón varía sustancialmente en latitud se utilizaron 3 divisiones regionales de 80, 10 y 1 km², lo cual dio una cifra nacional de unas 386.400 celdas terciarias. Japón prácticamente fue con este sistema uno de los pioneros en la aplicación de la tecnología espacial de los SIG/LIS.

En función de estas aplicaciones, el LIS de Japón recomendó su utilización en:

- a) La compilación y actualización de los mapas de uso de la tierra existentes, para los que se diseñaron métodos de análisis que elevaron su eficiencia.
- b) El proceso de grabado y procesamiento digital de la información.
- c) La determinación de los cambios temporales en el uso de la tierra.
- d) La preparación de mapas de vegetación, bosques y otros.
- e) La comprensión del impacto ambiental sobre tierras vírgenes debido a la urbanización.

- f) La identificación del grado de urbanización del ambiente natural y de la calidad de las aguas.

El tema de los SIG en Japón se ha reorientado en 1990 hacia los cambios ambientales, teniendo como objetivo analizar los cambios en el ambiente natural de Japón tanto a nivel natural como humano, desde la época de la modernización de la sociedad que tuvo lugar cien años atrás. Es evidente que a partir de datos hidrológicos y atmosféricos, el medio ambiente ha empeorado. Ello se debe a la acción antrópica actual y a su integración con las consecuencias de acciones pasadas. Los mecanismos de las complejas interacciones no se entienden a profundidad, inclusive, si se evaluaran los documentos del estado ambiental del pasado.

La creación de una base de datos que colecte la información del presente y del pasado y contribuya a comprender los mecanismos complejos de los cambios ambientales es críticamente importante.

Se pretende encauzar este esfuerzo desde un punto de vista global y nacional en el marco de la colaboración internacional. Para ello se desarrollarán 6 temas básicos.

- 1.- Estimación numérica de los proto-ambientales.
- 2.- Cambios en el uso del suelo.
- 3.- Cambios en el ambiente acuático.
- 4.- Papel del hombre en los cambios ambientales.
- 5.- Distribución global de las actividades industriales y su impacto sobre el medio ambiente.
- 6.- Sistemas de información geográfica para el análisis espacio-temporal.

El evidente desarrollo de Japón en el tema, se enfoca fundamentalmente hacia los aspectos ambientales.

**REGIONAL CONFERENCE
OF LATIN AMERICAN
AND CARIBBEAN COUNTRIES
INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL UNION**

IGU

**LATIN AMERICA IN THE WORLD:
ENVIRONMENT, SOCIETY AND DEVELOPMENT**

July 31 / August 5, 1995
INTERNATIONAL CONFERENCE CENTER
HAVANA, CUBA



Para cualquier información ponerse en contacto con CESIGMA.

“Representante del Congreso para Europa”

Pº Sta. Mª de la Cabeza, 42 - Tel.(91) 527 22 29 - Fax.(91) 528 64 31 - 28045 MADRID - ESPAÑA

- Rusia.

No sería posible comentar el desarrollo de la tecnología de los SIG en Rusia sin ubicarnos en el contexto histórico que ha vivido este país. Rusia ha estado enmarcada en condiciones histórico-concretas que dificultaron un avance en las técnicas de computación, acorde con sus reales e indiscutibles avances en otras esferas científico-técnicas, como podría ser la cosmonáutica, por sólo citar un ejemplo.

Es cuestionable que la geografía rusa marcha a la vanguardia de las ideas actuales entre los círculos más especializados del orbe. En 1976, el XXII Congreso Internacional de Geografía celebrado en Moscú, sirvió para aprobar esta aseveración. En Rusia existe un alto grado de apoyo oficial a la geografía, existiendo numerosas instituciones que son líderes nacionales e internacionales en sus respectivas especialidades.

El Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Rusia, la Facultad de Geografía de la Universidad Estatal Lomonosov de Moscú y la Sociedad Geográfica de Rusia son tres de los máximos representantes de la Escuela Geográfica Rusa. Los nombres de I.P. Guerasimov, A.M. Riabchikov, V.M. Kotliakov (actual vicepresidente de la UGI) y G. Mashbits entre otros han estado ligados a este desarrollo.

Sobre el desarrollo cartográfico en Rusia podría escribirse un tratado. Sólo mencionar al recientemente desaparecido Dr. K.A. Salitchev es un aval considerable. No menos aportes se han realizado en el marco del programa INTERCOSMOS, patrocinado por los geógrafos rusos y desarrollado desde la década del 70.

Sin embargo, los resultados han carecido hasta hoy de la integridad que brindaría un SIG. Esto ha sido percibido por los geógrafos rusos, que aceleradamente lo están desarrollando.

Salitchev (1989) planteó "en las investigaciones aerocósmicas Rusia ocupa posiciones avanzadas, pero se atrasa notablemente en la técnica de la cartografía automatizada".

La firma ELORG (ELECTRO-NORGTECHICA, 121 200 Moscow,

Rusia Smolenskaya Sennayaa, 32/34) ha desarrollado en este marco un novedoso sistema de información cartográfica.

El sistema de información cartográfica está destinado para el trabajo con distintos tipos de objetos geométricos planos: tipo lineal (carreteras, comunicaciones), de tipo provincial (parques, lagos, ríos), de tipo regional (regiones, repúblicas), y de tipo puntual (edificios, monumentos histórico-arquitectónicos).

En el sistema todos los objetos geométricos se dividen en clases jerárquicas, que a su vez pueden dividirse en subclases. De acuerdo con las demandas, los usuarios pueden definir nuevas clases de objetos. Para el trabajo con las clases de objetos se brinda ayuda con los menús gráficos pues cada clase recibe un pictograma correspondiente.

Las clases de objetos se caracterizan por sus representantes concretos, los cuales forman un complejo que puede ser ampliado para cada una de ellas. Con cada objeto puede ser conectada una descripción, la que contiene información en la forma textual, así como imágenes gráficas en forma raster.

Para la descripción de las clases de objetos y sus representantes existe un lenguaje especial. Se tiene la posibilidad de dirigir la imagen en la pantalla del display de las clases de objetos y de sus representantes concretos de esta clase. En el proceso del trabajo el usuario puede cambiar la escala de la imagen presentada en pantalla.

El sistema supone la posibilidad de la solución de las tareas, tales como presentación de la situación ecológica en el mapa, definición de la estructura y los parámetros de las comunicaciones ingenieriles, cálculos de las distancias entre los objetos dados del tipo puntual, definición de las rutas óptimas y otros. Las imágenes sintetizadas pueden también utilizarse en calidad de cómodos medios de formación de simples demandas de búsqueda en los sistemas de información.

El sistema de información cartográfica corre en el ordenador personal tipo IBM PC bajo el sistema operativo MS-DOS (versión 3.10 y más avanzadas).

Kotliakov y Liuti (1987) analizaron los nuevos rasgos de la mapificación en la época de la Revolución Científico-Técnica, deteniéndose en los problemas claves del desarrollo de su teoría y metodología, búsqueda de nuevos tipos de representaciones cartográficas, formas y métodos de los vínculos de la ciencia con la práctica y proponen así desarrollar:

- a) Atención especial a los aspectos semióticos del mapa.
- b) Modelación cartográfica.
- c) Automatización de los trabajos cartográficos.
- d) Desarrollo de los sistemas de información geográfica.

K.A. Salitchev (1989) en uno de sus últimos trabajos: "Cartografía Temática en el Período de Desarrollo Socioeconómico Acelerado de Rusia" planteó que la reconstrucción radical y el aceleramiento en los planes de mapificación de Rusia es uno de los numerosos aspectos de la transformación de su vida económica y social.

Salitchev (1987) señaló 4 problemas básicos que se citan, debido a su interés general:

- a) El fortalecimiento de las relaciones externas de la cartografía con otras ciencias, su interpenetración orgánica, desarrollo de la metodología de investigaciones interdisciplinarias.
- b) Desarrollo de la cartografía temática como una ciencia y cognoscitiva que utiliza el enfoque sistémico en la confección y utilización de los mapas como modelo de imagen-signo-espacio-temporal de la realidad.
- c) Implantación enérgica y rápida de las técnicas novedosas del cómputo electrónico y automatización de las investigaciones aerocósmicas, así como el desarrollo de nuevas tecnologías de modelado y mapas sin papel.
- d) Incremento del papel activo, transformador de la cartografía en el progreso y ampliación de sus funciones de diseño y pronóstico.

Como se puede apreciar, en el marco teórico los geógrafos rusos trabajan firmemente y se cuestionan la teoría cartográfica del siglo XXI. Ello puede constituir la principal fuente teórico-metodológica para las relaciones entre cartógrafos occidentales y de Europa del Este.

- Iberoamérica.

El desarrollo de la tecnología de los sistemas de información geográfica en Iberoamérica no presenta gran tradición, aunque existen en la actualidad las condiciones propicias para que se produzca una explosión en este orden. Ello está determinado por varios factores objetivos:

- a) La creación de la Sociedad Latinoamericana de SIG con amplia participación regional.
- b) Las posiciones de prestigiosas figuras latinoamericanas en la Comisión de Sistemas de Información Geográfica para el período 1988-1992 de la UGI (Presidente) y en el área de transferencia tecnológica de ESRI.
- c) El desarrollo de las relaciones bilaterales mutuamente ventajosas entre los gobiernos latinoamericanos, como por ejemplo ORSTON-IPGH en Ecuador, PNUMA-Centros Sectoriales y Regionales GRID (Brasil, México, Estados Unidos, Canadá) y otros ejemplos elocuentes como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia.
- d) El apoyo brindado por el gobierno español en el marco de las festividades del medio milenio del descubrimiento mutuo de las culturas del nuevo y viejo continentes. Ello se ha traducido en posibilidades de superación, cursos, becas, adiestramientos, y diseño y creación de obras cartográficas. Ejemplo de ello son los cursos de SIG en Cáceres 1988, la impresión en el IGN-España del NANC y el apoyo español en cuanto a la participación activa de profesionales en las Conferencias Latinoamericanas del SIGC.
- e) El diseño y fabricación de hardware de microcomputadoras electrónicas en Brasil y Cuba que con bajo costo

abren una perspectiva interesante hacia la comercialización latinoamericana.

- f) El diseño y creación de software de SIG para microcomputadoras de 16 y 32 bits en Brasil, Cuba, Argentina, Ecuador y otros países del área, que a nivel de intercambio tecnológico informativo diseminan sus resultados científicos.
- g) El desarrollo de la tecnología de SIG en España, principalmente en la Universidad de Alcalá de Henares, tanto a nivel docente, como de investigación.
- h) La creación de CESIGMA y su integración al mercado latinoamericano (Cuba, México, República Dominicana).
- i) El desarrollo activo de obras cartográficas sobre bases de SIG en Latinoamérica y España.

No sería posible analizar el contexto latinoamericano y español para cada país. Sin embargo es necesario destacar que en el marco de las conferencias de San José 1987, Mérida 1989 y Viña del Mar 1991, han visto la luz muy interesantes resultados. Ellos no habían sido presentados en las conferencias de Europa o Estados Unidos por falta de recursos financieros.

Se pueden destacar por su calidad los siguientes trabajos, que marcan las tendencias actuales iberoamericanas:

- 1.- *Atlas Informatizado de Quito. IPGH-ORSTON-IGN*
Se trata de producir un atlas de la tercera generación, enfocado desde el punto de vista de los problemas prioritarios de la capital, desarrollando y utilizando metodologías que permiten una actualización automatizada simple y rápida.
- 2.- *Guía para la implementación de un Sistema de Información Geográfica para la Planificación Regional y Nacional.* ESRI presenta una metodología interactiva que constituye a partir de 1987 en la práctica una norma iberoamericana de diseño.
- 3.- *Empleo de la teledetección y de los SIG en la planificación del territorio.*

Universidad de Alcalá de Henares.

Permite de una manera flexible y ágil conectar las nuevas tecnologías espaciales con sus análisis por medio de los SIG. En esta universidad se diseña un atlas de teledetección que constituye una labor cooperada de toda Iberoamérica.

- 4.- *Atlas Nacional de México.* Instituto de Geografía de la UNAM.

El atlas de México es sin dudas la obra cartográfica más completa del inicio de los 90 en el ámbito latinoamericano. Esta obra presenta un alto grado de automatización en su diseño y realización nacional. Sin dudas recoge todos los antecedentes mundiales en la temática.

- 5.- *Sistema de Información Geográfica para líneas de microcomputadoras IBM-pc.* Universidad Estatal Nacional de Sao Paulo.

Se refiere a la optimización de GEO-INF que se diseñó originalmente en máquinas de 8 bits, con opciones de manejo de la base de datos, edición de mapas, impresión, análisis estadístico y aplicaciones temáticas.

- 6.- *Atlas Escolar del Estado de México.* Auspiciado por la Facultad de Geografía de la UAEM, se diseñó y realizó de manera automatizada.

- 7.- *Atlas Nacional de España.* Realizado por el IGN-España bajo una plataforma automatizada de la casa INTERGRAPH, recoge todas las características geográfico-cartográficas de la España moderna e íntegra por primera vez en un atlas de habla hispana la realidad tecnológica moderna.

Muchos otros trabajos marcan además la línea que se sigue en Iberoamérica, sin embargo los mencionados son representativos de los factores señalados. América Latina y la Península Ibérica tienen algo muy importante en común que viene de sus raíces históricas, el idioma, ya sea español o portugués. Este factor lingüístico posibilita que las transferencias tecnológicas de diseño local puedan tener un alto grado

de asimilación al ser analizadas en el idioma fuente. La creación cada vez mayor de software en español y portugués señala a que a finales de siglo, se debe producir un despegue tecnológico en la región. Sin dudas ello ayudaría mucho a la explotación racional de los recursos naturales, que en las actuales condiciones económicas de la región sería un notable aporte en el orden práctico.

La superación profesional de los profesionales latinoamericanos, ha sido un factor negativo que ha conspirado tradicionalmente en contra de su desarrollo en estos aspectos. Hasta el presente la superación posgraduada se ha realizado en Holanda, E.U., Canadá y otros países de alto prestigio ya mencionados, sin embargo surgen coincidentemente dificultades financieras y lingüísticas que minimizan estos esfuerzos bilaterales. En Colombia el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" ha marcado una pauta en favor de resolver estos problemas. A este esfuerzo se han sumado en conjunto los geógrafos mexicanos y cubanos al diseñar en la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, una especialización anual en estos temas integrados. No existe otra vía que no sea la colaboración multilateral para lograr un avance continental efectivo.

- Organismos internacionales.

Los organismos internacionales que se relacionan en su quehacer cotidiano con el análisis territorial, han seguido las tendencias actuales dominantes de apoyarse en el análisis computarizado de los datos.

La *Unión Geográfica Internacional* creó la Comisión Sistema de Información Geográfica para el período 1988-1992, también denominado C. 88-21 con el objetivo siguiente:

"Promover directamente todas las actividades concernientes o que tratan con aspectos del manejo de datos espaciales. Mientras que a la Geografía le concierne primariamente esta tarea, es reconocido que otras muchas disciplinas hacen uso activo de la tecnología de SIG, por ello la comisión promueve activamente los trabajos interdisciplinarios en esta área".

El trabajo de la comisión está enfocado a:

- a) Apoyo y operación de reuniones científicas de alto nivel.
- b) La diseminación de conocimientos relativos a SIG, por medio de publicaciones, programas de adiestramiento e intercambios con otros grupos internacionales.
- c) La promoción de los elementos críticos de la infraestructura científica, que asista tanto a científicos como no científicos que trabajen en la tecnología de SIG (Kosinski, 1988).

PNUMA

La GRID (Base de datos sobre recursos mundiales) forma parte del SIMUVIMA (Sistema mundial de vigilancia del medio ambiente) creado como un sistema de datos sobre el medio ambiente a raíz de la conferencia de la ONU sobre el medio humano (Estocolmo, 1972). Es coordinado por el PNUMA en Nairobi, Kenya. Sus esferas de aplicación son el clima, la contaminación y los recursos naturales renovables. También proporciona capacitación en tecnologías de aplicación del SIG.

Su objetivo es proporcionar la información ambiental más actualizada mediante el empleo de las tecnologías de computación más nuevas en forma de SIG y tratamiento de imágenes para cotejar información procedente de mapas, imágenes de satélite, fotografías aéreas, cuadros y otras fuentes. Publica una revista llamada "Noticias de la GRID" cuatro veces al año.

GRID ofrece cursos de capacitación en los que se utilizan las microcomputadoras IBM PS/2 Modelo 80 (32 bits) y los programas PC-ARC/INFO del Instituto de Investigaciones Ambientales, ESRI y SIG IDRISI de la Universidad de Clark.

La GRID utiliza para sus proyectos las aplicaciones del ARC/INFO para proyectos geográficos y de cartografía y LAS y ERDAS para análisis de imágenes de satélites.

Las bases de datos están soportadas en microcomputadoras IBM y mini-computadoras VAX y en sistemas diferentes, aunque actualmente se está estudiando la posibilidad de buscar un sistema de almacenamiento de datos que sea compatible para ambas tecnologías.

GRID se organiza territorialmente en 3 centros regionales, 1 sectorial y 8 nacionales con independencia de los planes de desarrollo a mediano y largo plazo.

La tabla 1.2 se muestra el conjunto de datos mundiales y regionales en poder de GRID.

Nº	Parámetro
1.	Límites políticos
2.	Límites naturales
3.	Elevación
4.	Suelos
5.	Vegetación
6.	Densidad de cultivos
7.	Cuencas hidrográficas
8.	Elementos climáticos
9.	Densidad de población
10.	Distribución de la mosca Tsé-Tsé
11.	Distribución y densidad de las poblaciones de elefantes.
12.	Protección
Nº	Alcance
1.	Mundial
2.	Mundial
3.	Mundial
4.	Mundial
5.	Mundial/Africa
6.	Mundial
7.	Africa
8.	Mundial/Africa
9.	Africa (1960)
10.	Africa
11.	Africa
12.	Africa

Nº	Fuente	Vegetación potencial. Aprovechamiento general de la tierra.
1.	World Database II- Dpto.Estado USA	2.- Estudios sobre desertificación. Factores de riesgo del suelo. Factores de riesgo del viento. Factores de riesgo del agua.
2.	World Database II- Dpto.Estado USA	Factores de riesgo de la salinidad. Presión demográfica. Presión de carga animal. Resumen.
3.	Centro Nacional de Geo- físicos, USA	3.- Matriz.
4.	Mapas edafológicos FAO/UNESCO	4.- Precipitaciones medias anuales.
5.	FAO, UNESCO, NASA...	5.- Velocidad anual media del viento.
6.	Instituto Goddard, USA	6.- Número de días al año con alta humedad.
7.	PNUMA/FAO	7.- Zonas agroecológicas.
8.	PNUMA, FAO, NOAA, NASA...	8.- Países y provincias.
9.	Serie Philips	9.- Ríos.
10.	IBAR/OUA	10.- Cuencas hidrográficas.
11.	WWF/ELSA/UICN	11.- Carreteras.
12.	UICN/CVC	12.- Ciudades.

FAO

El SIG de la FAO se encuentra en fase de desarrollo. Tiene como objetivos proporcionar bases de datos mundiales y regionales que incluyan la cobertura cartográfica apropiada para su trabajo y que incorpore los datos estadísticos existentes con que ya cuenta la organización; combinar dichas bases de datos para proporcionar perspectivas y otros estudios; constituir un instrumento de apoyo técnico para los proyectos nacionales y subnacionales realizados con la ayuda de la organización y para la creación de bases de datos nacionales; servir de modelo para la utilización de SIG en los países en desarrollo y ofrecer capacitación a su personal y al de otros organismos.

Entre las bases de datos adquiridas o digitalizadas por la FAO se encuentran para Africa:

- 1.- Unidades integradas de terreno.
Suelos, FAO.
Suelos, USDA.
Geología, UNESCO.
Fisiografía.
Geomorfología.
Topografía.
Morfología superficial.

- 13.- Zonas ecoflorísticas.
- 14.- Vegetación actual.
- 15.- Estudios sobre riego y sobre recursos potenciales de agua (suelos, irrigables, potenciales, nivel acuífero, disponibilidad de agua).

Otras regiones en desarrollo.

- 1.- Estudios sobre desertificación.
Textura del suelo, pendiente, factores pedogenéticos.
- 2.- Suelos, FAO.
- 3.- Zonas agroecológicas.
- 4.- Países.
- 5.- Matriz.
- 6.- Vegetación (Sur y Sureste de Asia).
- 7.- Zonas ecoflorísticas (Sur y Sureste de Asia).

Se han adquirido dos paquetes de programas (uno con base vectorial y otro con base reticular) para proyectos experimentales durante la etapa de per-

feccionamiento del SIG. El hardware del SIG de la FAO es el siguiente:

Dos minicomputadoras con una memoria de 8 y 6 megabytes, 2 discos con una capacidad de 912 y 159 megabytes, una cinta (1.600 bits por pulgada), un digitalizador formato A0, un graficador de formato A0, dos terminales para sistema vectorial como unidades para copias impresas en color y una terminal para microcomputadora reticular.

Entre las aplicaciones del SIG en la FAO están:

- a) Potencial de riego para Africa.
- b) Mapa de suelos del mundo.
- c) Capacidad de la tierra para usos forestales.
- d) Planificación de la acuicultura.
- e) Planificación forestal.
- f) Zonas agroecológicas de Kenya.

Entre las futuras tareas del SIG de la FAO se encuentran:

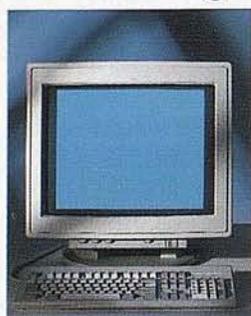
- Perfeccionar las bases de datos digitalizadas necesarias para dar apoyo a las principales actividades de la FAO en la sede y en el campo.
- Ampliar la capacidad del SIG de la FAO en lo que respecta a programas y equipos, así como a conocimientos especializados.
- Ampliar la interfase para los datos procedentes de la teledetección.
- En colaboración con los países miembros, continuar aplicando los archivos de la FAO sobre bases de datos a nivel nacional.
- Organizar y llevar a cabo cursos de capacitación sobre las aplicaciones del SIG en la agricultura, la pesca y las actividades forestales.
- Integrar en el SIG las bases de datos socioeconómicas de la FAO.
- Continuar reforzando los vínculos existentes con otros sistemas internacionales de información como el sistema GRID que está elaborando SIMUVINA el mencionado anteriormente.

SIEMENS NIXDORF

PÖTZ



Querido Cristóbal Colón: Con su genio descubridor y nuestro geosistema SICAD, el descubrimiento de América se hubiera llevado a cabo con un destino seguro.....



Anticipación y creatividad son, hoy día, los elementos más esenciales que nunca para alcanzar el éxito en el mercado mundial. Siemens Nixdorf le descubre un nuevo mundo con el geosistema de información SICAD/Open, mostrándole una nueva perspectiva de sus datos geográficos. La ciencia evoluciona, la informática se transforma y Siemens Nixdorf se anticipa creando el "estándar en

geomática". SICAD/Open es el resultado de la evolución y experiencia de quince años de liderazgo en el mercado europeo. Desde la obtención de los datos hasta su explotación, el geosistema garantiza la exactitud y precisión de su información geográfica "con toda seguridad". Anticípese y descubra un nuevo mundo del que se beneficiarán no sólo los Cristóbal Colón de hoy día.

Siemens Nixdorf Sistemas de Información S.A.,
Ronda de Europa 5, 28760 Tres Cantos, Madrid,
Tel. 8 03 90 00, Fax 8 04 00 63

La idea europea
Sinergia en acción

NOTICIAS GRAFINTA

Durante los pasados días 29 y 30 de marzo, se celebró en Barcelona el Seminario Internacional de Distribuidores Trimble para Topografía y Geodesia. Asistieron más de cincuenta personas representativas de las diferentes compañías que distribuyen los productos Trimble en los diferentes mercados Europeos, Oriente Medio y Norte de Africa. Por España participan los representantes de GRAFINTA S.A. y GPSNAV S.A.

Como es costumbre en Trimble, los productos no se anuncian hasta estar ya terminados, resueltos y listos para entrega. También siguiendo la política general de desarrollo de empresa, en estos Seminarios se suelen presentar nuevos productos, físicos o lógicos, que usualmente marca los hitos en el desarrollo de la tecnología GPS. Trimble, compañía líder mundial en soluciones GPS, aprovecha este tipo de reuniones, no sólo para presentar nuevos productos, sino para realizar prácticas de entrenamiento en su nutrida fuerza de venta.

En esta ocasión, Trimble presentó los siguientes nuevos productos:

- 1) GEOEXPLORER, sistema cartográfico de la familia Pathfinder que ofrece en 400 gramos de peso y 2w de consumo el potencial de registro hasta 9000 puntos GPS tridimensionales, entrada de correcciones RTCM, logical de navegación y corrección diferencial (precisión 2 ó 2-5 metros), seis canales, antena incorporada, con las siguientes opciones:
 - Logical PFinder, para planificación, procesado diferencial, dibujo y creación de características y adquisición de atributos.
 - Procesador Decimétrico, para precisión submétrica diferencial.
- 2) La nueva "GPS Total Station", que permite realizar en tiempo real, y dentro de un radio de 10 Km de la estación de referencia, las siguientes operaciones:
 - Captación de coordenadas con incorporación de atributos si así fuera deseable.
 - Replanteo, del fichero de puntos que previamente se haya cargado en el Colector de Datos.



Todo ello, de día o de noche, con visibilidad mutua o sin ella, con obstáculos intermedios, y con precisión centimétrica independiente (errores no acumulativos).

Tanto el GEOEXPLORER como la GPS Total Station (una o dos frecuencias) significan los avances más importantes en el rapidísimo desarrollo de las técnicas GPS en el campo de la Topografía o Geodesia.

El martes día 29 por la noche los participantes fueron atendidos en una animada cena social, actuando como anfitriones el Sr. Michel Coles, Gerente General de Trimble Europa, y el Sr. Peter Göllner, Director de Trimble Iberica, ayudados por las eficientes Srtas. Ester Mas y Patricia Estrany de la Oficina de Barcelona. La cena se celebró a bordo de un barco anclado en el puerto de Barcelona, y la reunión fue motivo de relax, facilitando el cambio de ideas entre todos los miembros de la extensa familia Trimble dedicada a la promoción y venta de productos GPS.

El Seminario concluyó el miércoles por la tarde, después de que todos los participantes tuvieran la ocasión de practicar con la Estación Total SSE de doble frecuencia, y comprobar que la precisión en operaciones de replanteo y de captación de coordenadas en tiempo real no excedía de 10 mm. Esta precisión se conseguía de modo repetitivo.

Los que tuvimos la oportunidad de participar en estas jornadas de trabajo quedamos gratamente impresionados no sólo por el alto nivel tecnológico de los nuevos productos presentados, sino por el elevado grado de preparación de todos los miembros de la familia Trimble, tanto los Gerentes Especialistas de Trimble Sunnyvale, USA, y de Hook, Inglaterra, Sres. Clark, Ackroyd, Gilbert, Jacobs, Houghton, Göllner, como los miembros de las compañías distribuidoras de estos productos en España, Sres. Mier, Bonilla, Sastre y Srta. Mier.

Con seguridad, que estos relevantes productos significarán un notable aumento en la precisión, rapidez y productividad, de los usuarios. Sin caer en exageraciones, podemos afirmar que estamos presenciando el nacimiento de una nueva serie de instrumentos que harán el trabajo y la vida del topógrafo futuro más rica, más eficaz y más rentable.

EL PROGRAMA DE TELEDETECCION *IRIS*

CARACTERISTICAS GENERALES

IRIS, es un programa de aplicación en el dominio disciplinario de la TELEDETECCION, que ha sido desarrollado por la empresa GEOESPACIO S.A. Su finalidad es el tratamiento digital de imágenes multispectrales, y permite la realización integrada de una serie de operaciones cuyo objetivo es la extracción de información de las citadas imágenes.

FUNCIONES PRINCIPALES

Leer y grabar imágenes raster en formatos standard.

Selección interactiva de contraste y brillo.

Expansión lineal interactiva del histograma.

Visualización multibanda en color (256 colores).

Utilidades de zoom y scroll.

Transformación a componentes principales de la imagen.

Transformación Tasseled Cap.

- Selección del tamaño de las áreas de entrenamiento.
- Establecimiento automático y/o manual de áreas de entrenamiento.
- Características paramétricas de clases y áreas.
- Clustering isodata de áreas.
- Componentes principales de áreas.
- Clasificador bayesiano óptimo.
- Modificación interactiva de colores (sistema RGB).



Avda. de América, 51 - 28002 MADRID

Telf. (91) 415 03 50 - Fax. (91) 519 25 40

GEOESPACIO es una empresa creada para el estudio, identificación y delimitación de la composición, características, ocupación y uso del espacio geográfico, mediante el análisis e inventariación de los recursos naturales, su aprovechamiento, conservación y recuperación a partir del tratamiento informático de fuentes de información multiespectrales, llevada a cabo con procedimientos propios por especialistas en Ciencias de la Tierra.

Para la realización de las actividades citadas, desarrolla procedimientos y metodologías específicas sobre plataformas informáticas de bajo costo y compatibles.

ACTIVIDADES

- **Procesos de corrección de imágenes orbitales.**
- **Procesos de integración y obtención de cartoimágenes.**
- **Clasificación y restitución multiespectral.**
- **Procesos cartográficos: Mapas temáticos.**
- **Informes técnicos de análisis y diagnóstico.**
- **Desarrollo de procedimientos y metodologías informáticas.**
- **Integración de información y procedimientos RASTER/GIS.**

La actividad comercial de **GEOESPACIO** está orientada a la venta de los desarrollos informáticos realizados como consecuencia de su actividad productiva, siempre y cuando vayan vinculados a la adquisición de información multispectral con valor añadido, y sean requeridos por el usuario para la gestión y aplicación de su propia actividad, y no como un producto autónomo e independiente.

PRODUCTOS Y SERVICIOS

- **Imágenes multispectrales y radar.**
- **Imágenes con tratamiento.**
- **Fotointerpretación y clasificación (restitución, visual y multispectral).**
- **Mapas raster.**
- **Vectorización e integración con cartografía.**
- **Mapas temáticos y GIS.**
- **Procedimientos de elaboración y uso de la información temática raster:
Ingeniería informática.**

ORTOFOTOGRAFIA

Vicente Rodrigo Angulo.
JEFE DE GEODESIA Y CÁLCULO.
ENDESA.

1. DE LA RECTIFICACION A LA ORTOPROYECCION

Se denomina RECTIFICACION al proceso fotogramétrico que transforma una proyección cónica en una proyección ortogonal.

Su desarrollo se ha debido, principalmente, a la aplicación en fotografías aéreas verticales. Hoy día, puede aplicarse a las imágenes radar y multiespectrales, siendo necesario desarrollar nuevas técnicas de rectificación.

Esta técnica tiene hoy día bastante importancia pues permite obtener "pseudomapas" de zonas en las que la fotografía clásica no puede hacerlo.

Es un método muy rápido de actualizar cartografía y en este campo se ha venido empleando para parcelarios rústicos, o como base de inventarios y explotación de recursos naturales.

La rectificación puede ser:

- 1) Analítica.
- 2) Gráfica.

Teniendo en ambos casos a la obtención de un documento cartográfico, enderezando un sólo fotograma.

Para poder efectuar una rectificación se deben cumplir dos condiciones:

- 1) Angulo i muy pequeño ($1-3^\circ$).
- 2) Terreno prácticamente horizontal y plano.

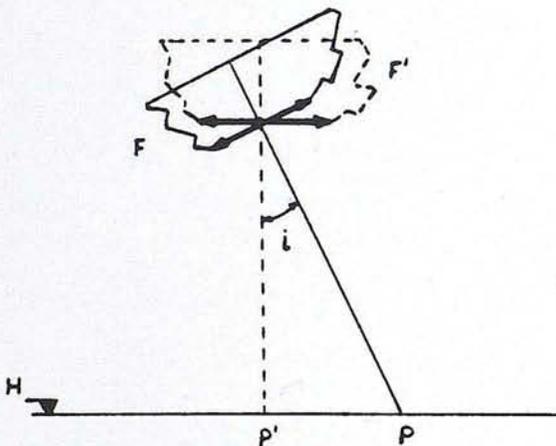


Fig. 1 Enderezamiento del fotograma

Estas limitaciones son muy difíciles de cumplir en la práctica, pues, pese al desarrollo de los aviones y cámaras métricas de toma, cualquier movimiento brusco produce una variación sustancial del ángulo i .

En cuanto a la falta de horizontalidad del terreno, se producirá el efecto que se observa en la Figura 2.

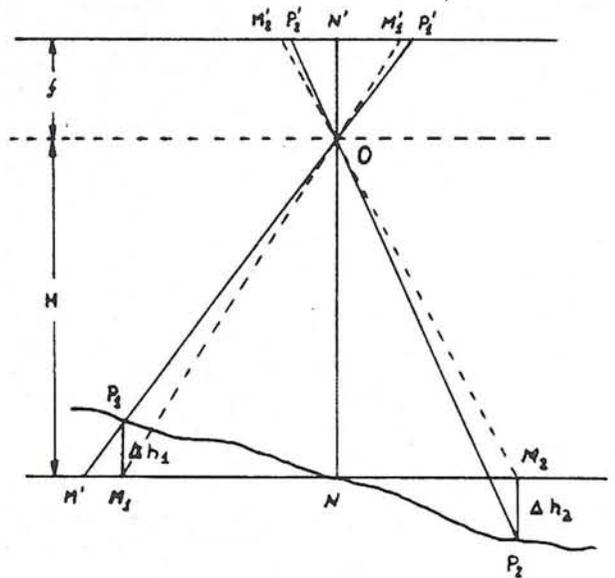


Fig. 2 Desplazamientos-foto, según desniveles del terreno.

Llamando:

$$P'_1M'_1 = Dr'_1, N'M'_1 = r'_1$$

$$M'_2P'_2 = Dr'_2, NM' = r, M'M_1 = Dr_1$$

De la semejanza de los triángulos formados se deduce, para un punto genérico:

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta h_i} = \frac{r_i}{f} = \frac{r}{H}$$

Siendo f la focal de la cámara y H la altura de vuelo sobre el terreno.

Para el desplazamiento en el terreno, Dr_i , se cumplirá:

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta h_i} = \frac{r_i}{f} \quad \Delta r_i = \Delta h_i \cdot \frac{r'_i}{f}$$

Y para el fotograma:

$$\frac{\Delta r_i}{\Delta h_i} = \frac{r_i}{f} \quad \Delta r_i = \frac{\Delta r_i \cdot f}{H}$$

$$\Delta r_i \cdot f = r'_i \cdot \Delta h_i$$

Luego:

$$\Delta r'_i = \frac{\Delta h_i}{H} \cdot r'_i$$

Esta expresión nos da el valor de la desviación. Como se ve en dicha fórmula, cuanto mayor sea el desnivel y cuanto más al borde de la foto esté el punto considerado, mayor será la desviación. El incremento de la altura de vuelo, sin embargo, atenúa el efecto.

Se admiten unas tolerancias para las desviaciones, sobrepasadas las cuales, la rectificación daría valores erróneos. Para que fuera válida habría que rectificar, uno a uno, todos los rayos del haz perspectivo.

Ante la posibilidad evidente de llevar a cabo esta tarea, se puede hacer una rectificación de un conjunto de puntos (línea o superficie). Esta rectificación diferencial es la idea general de la ortoproyección.

La rectificación de fotografías satélite (Spot, Landsat, etc.) es posible en mayor número de casos, ya que al ser la altura de vuelo (H) muy grande, la desviación es muy pequeña y puede entrar en el margen de tolerancias.

2. IDEAS GENERALES SOBRE LA ORTOFOTOGRAFIA

La representación fotográfica del terreno debido a su mayor riqueza informativa, resulta ventajosa en numerosas aplicaciones en relación a los mapas gráficos.

La ortofotografía es un documento fotográfico que permite aprovechar el contenido informativo de la fotografía aérea y realizar las mismas medidas que en un plano gráfico.

En el caso ideal teórico de ser el eje de la toma rigurosamente vertical y el terreno llano y horizontal, la fotografía aérea coincidirá con la ortofotografía. Si el terreno es llano y horizontal y el eje de la toma forma un pequeño ángulo con la vertical, se corrigen las deformaciones de la imagen original a través de la rectificación fotográfica convencional. En el caso general de disponer de un cliché correspondiente a un terreno en relieve y tomado con el eje inclinado, para obtener una ortofotografía es preciso aplicar la técnica de la rectificación diferencial.

Esta técnica corrige las deformaciones de la imagen, causadas, tanto por los desniveles del terreno como por la falta de verticalidad del eje óptico de la cámara en el momento de la toma, transformando geoméricamente zonas elementales de la fotografía aérea en ortofotografías.

Para que esta transformación resulte teóricamente exacta, sería preciso que la zona elemental quedara reducida a un punto, lo cual es, evidentemente, imposible en la práctica. Los ortoproyectores actuales siguen métodos de rectificación diferencial, bien por elementos lineales o por elementos de plano, que implican aproximaciones a la superficie real del terreno, que serán tanto más exactas cuanto menor sean las

dimensiones de la zona elemental de fotografía transformada en ortofotografía.

Los principios en los que se basa el desarrollo de la ortofotografía, fueron enunciados por Lacmann en el año 1931 y más tarde por Ferber (1933), pero hasta la construcción del Orthophotoscope, en 1955 por Bean, se puede decir que no empezó el desarrollo y aplicaciones de esta técnica cartográfica.

La solución dada por Ferber, que está esquematizada en la figura 3, consistió en introducir un teleobjetivo en el sistema de proyección, con la finalidad de conseguir una imagen nítida, en la proyección de un punto a del negativo.

El principio se basa en la conservación del haz perspectivo original, colocando el proyector en la misma posición relativa, que en el momento de la toma fotográfica. Es preciso conservar las condiciones geométricas de la proyección, y compaginarlas con las exigencias ópticas de nitidez fotográfica, en el plano de proyección.

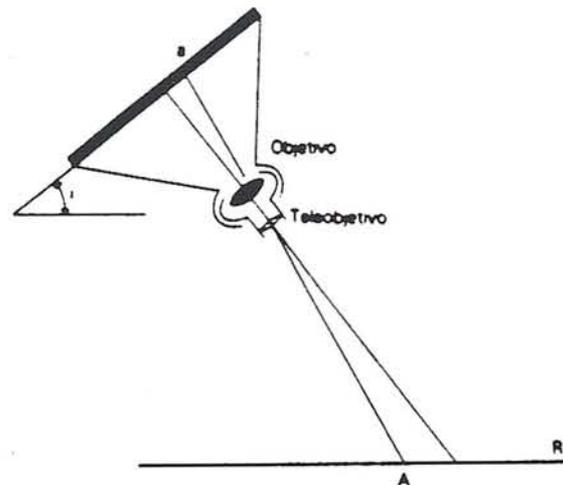


Fig. 3: Solución de Ferber, introducción de un teleobjetivo.

El haz de rayos procedente del entorno A, al pasar a través del objetivo, se transforma en un haz paralelo, que motiva una imagen desenfocada en el plano imagen. Al sistema óptico transformado por Ferber, mediante el acoplamiento de un teleobjetivo, se le impone la condición de ser orientable, con el fin de conseguir que su eje esté constantemente dirigido hacia el punto a, y además tener una longitud variable, para que se obtenga la convergencia de los rayos, cualquiera que sea la distancia del objetivo al punto A.

El entorno del punto a, se puede asimilar a una pequeña figura geométrica, limitada por un diafragma de dimensiones dadas, el cual, mediante un sistema de barrido por bandas (Fig. 4), puede realizar el proceso mediante una rectificación diferencial.

Estos diferentes movimientos: orientativo y funcionamiento del teleobjetivo, desplazamiento del diafragma a lo largo de una misma banda y traslación en una longitud dada, para iniciar el barrido de otra faja, se realizan de forma automática en el instrumento de rectificación.

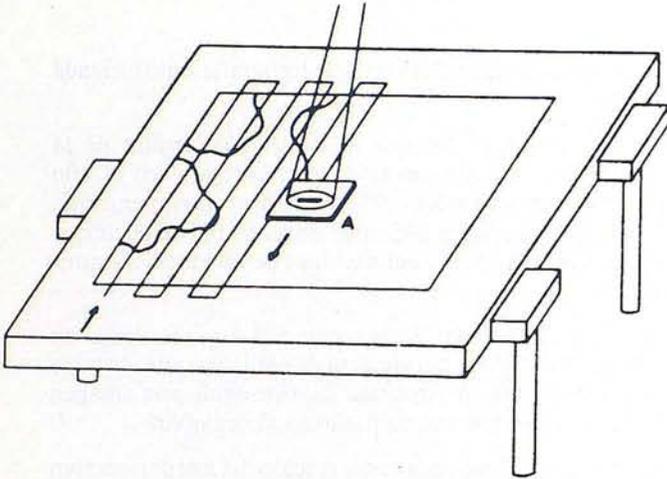


Fig. 4: Sistema de barrido por bandas.

3. METODOS DE RECTIFICACION DIFERENCIAL

La rectificación diferencial por elementos lineales o de plano, puede seguir uno de los dos submétodos siguientes:

- Transformación por similitud.
- Transformación afín.

El primero es menos preciso que el segundo y se basa en la corrección de errores mediante cambios continuos de escala en el elemento lineal o de plano de acuerdo con la información altimétrica proporcionada por el estereomodelo. Este ajuste en alturas durante la exposición de la ortofotografía es causa de arrastre de la imagen originando la consiguiente pérdida de nitidez.

Al prescindir de la pendiente del terreno los errores residuales pueden superar la tolerancia establecida si aquella adquiere valores elevados. Además se pueden producir lagunas o duplicaciones en los puntos situados en los bordes del elemento.

El segundo de los submétodos se basa en someter a cada elemento de imagen a una transformación afín, caracterizada por las siguientes fórmulas:

$$x = \frac{a_{11}x' + b_1}{a_{01}x' + 1} \quad \text{para elementos lineales}$$

$$\left. \begin{aligned} x &= a_{11}x' + a_{12}y' + a_{13} \\ y &= a_{21}x' + a_{22}y' + a_{23} \end{aligned} \right\} \quad \text{para elementos de plano}$$

La transformación afín proporciona ortofotografías de mucha mayor precisión geométrica y de mejor calidad. Se utiliza ampliamente en los ortoproyectores analíticos.

La ortofotografía se puede considerar como un plano fotográfico obtenido mediante la rectificación diferencial transformando una perspectiva cónica (fotograma aéreo) en una proyección ortogonal (ortofotografía).

La restitución fotográfica que conduce a la obtención de la ortofotografía es uno de los tres procedimientos de restitución fotogramétrica aplicados actualmente. Los elementos indispensables para su realización son los mismos que para la restitución gráfica y numérica, es decir: un vuelo de cobertura regular, puntos de apoyo, orientación relativa y absoluta.

La ortofotografía se forma a partir de una de las dos fotografías que componen el modelo, rectificadas en forma de fajas paralelas a la dirección x ó y , limitando al propio tiempo el tamaño de la imagen que se va a transformar mediante una rendija que define un elemento de línea o de plano según sean sus dimensiones. De esta manera la ortofotografía se constituye también por bandas, cada una de las cuales es el resultado de la yuxtaposición de varios elementos (ver figura 5).

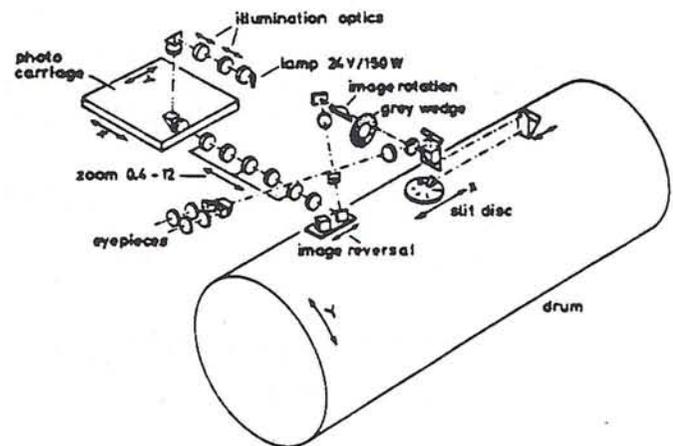


Fig. 5: Esquema del Orthocomp Z2.

4. ESTUDIO DE LOS EQUIPOS DE ORTOPROYECCION

4.1. Criterios de valoración

El análisis de los diferentes medios utilizados en la producción de ortofotografías, se puede realizar bajo los siguientes criterios:

- Simulación del espacio.
- Método de transmisión de la imagen fotográfica.
- Creación de la imagen ortofotográfica.
- Método de rectificación diferencial.

4.2. Simulación del espacio

Para rectificar diferencialmente una fotografía es indispensable disponer de datos referentes a la forma del terreno. Esto se consigue mediante una simulación del espacio por vía analógica o por vía analítica.

La simulación analógica es la aplicación a la ortofotografía de los métodos de la fotogrametría clásica. Consiste en crear un modelo plástico semejante al terreno, basándose en la analogía geométrica existente entre la figura del espacio formada por dos haces proyectivos en el momento de la toma de las fotografías y la figura formada por dos haces reconstruidos

sobre el aparato de restitución a partir de dos fotogramas que forman modelo. Son de aplicación en ortofotografía todos los aparatos de simulación analógica, que actualmente tienen usos en fotogrametría, agrupados en las tres categorías siguientes: reconstitución óptica, reconstitución óptica-mecánica y reconstitución mecánica.

La simulación analítica se ha constituido como una solución viable, a medida que los constructores han conseguido abaratar el procedimiento. En la simulación analítica no se produce la materialización de los rayos proyectivos como en los aparatos analógicos.

La correspondencia en tales puntos homólogos de dos fotografías que constituyen par y el punto resultante del modelo se establece analíticamente, aplicando fórmulas de transformación de coordenadas.

4.3. Transmisión de la imagen fotográfica

El traslado de la información de la fotografía a la ortofotografía puede efectuarse por vía óptica o por vía electrónica.

La transmisión óptica, es propia de los instrumentos de simulación analógica. Se inició en los aparatos de reconstitución óptica, para después ampliarse a los óptico-mecánicos y mecánicos mediante el acoplamiento de un dispositivo de ortoproyección.

El traslado electrónico de la imagen fotográfica, está basado en la aplicación del principio de los correladores de la imagen.

El dispositivo de correlación viene a realizar la misma función que el operador humano en la visión estereoscópica. La percepción estereoscópica resulta de la comparación realizada por el cerebro humano de puntos homólogos de dos imágenes fotográficas distintas. El criterio seguido en esta comparación es la diferencia de paralaje. Análogamente, el principio del correlador de imágenes se fundamenta en las diferencias de paralaje de las dos imágenes fotográficas determinadas por medios electrónicos sin intervención del operador humano. La determinación de paralajes requiere dos etapas.

En la primera, se produce el "barrido" de las dos fotografías por sendos tubos catódicos, transformando las imágenes en señales eléctricas. En la segunda etapa, el correlador mide el desfase existente, entre las dos señales, determinando así la componente x e y de la paralaje.

El sistema electrónico se adapta, de modo muy especial, a la ortofotografía dado el método de exploración del modelo en forma de bandas paralelas. En relación con el traslado óptico de la imagen, presenta las siguientes desventajas:

- Menor poder de resolución, si bien las diferencias tienden a desaparecer.
- Dificultad en la producción de ortofotografías en color.
- Coeficiente de ampliación de la fotografía aérea en torno a la unidad, mientras que en el traslado óptico puede variar de 2,5 a 5.
- Dificultad en la obtención de ortofotografías de terrenos, cubiertos de vegetación o con muchos obstáculos sobre el terreno.

" LA TIENDA VERDE "

C/ MAUDES Nº 38 - 28003 - MADRID

TI.: 533 07 91 533 64 54

Fax: 533 64 54

"LIBRERIA ESPECIALIZADA EN
CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA"

- 
- MAPAS TOPOGRAFICOS: S.G.E. I.G.N.
 - MAPAS GEOLOGICOS.
 - MAPAS DE CULTIVOS Y APROV.
 - MAPAS AGROLOGICOS.
 - MAPAS DE ROCAS INDUSTRIALES.
 - MAPAS GEOTECNICOS.
 - MAPAS METALOGENETICOS.
 - MAPAS TEMATICOS
 - PLANOS DE CIUDADES.
 - MAPAS DE CARRETERAS.
 - MAPAS MUNDIS.
 - MAPAS RURALES.
 - MAPAS MONTADOS EN BASTIDORES.
 - FOTOGRAFIAS AEREAS.
 - CARTAS NAUTICAS.
 - GUIAS EXCURSIONISTAS.
 - GUIAS TURISTICAS.
 - MAPAS MONTAÑEROS.

"VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA"

"SOLICITE CATALOGO"

- Mayor coste del sistema.

Frente a estos inconvenientes, hay que resaltar las siguientes ventajas:

- Automatización completa del proceso.
- Menor tiempo en la producción de ortofotografías.
- La rectificación diferencial puede realizarse punto a punto y en todo caso por elementos de área o de línea de menores dimensiones sometidos a una transformación afín o proyectiva.
- Obtención de un documento altimétrico más próximo al mapa de curvas de nivel.

4.4. Creación de la imagen ortofotográfica

La producción de la ortofotografía puede realizarse en tiempo real (sistema "on line") o en tiempo diferido (sistemas "off line").

El método en "tiempo real" permite la creación de la ortofotografía simultáneamente a la exploración del modelo. La ventaja de esta técnica directa de producción de ortofotografías radica en su simplicidad y en su bajo coste.

En el segundo método, la creación de la imagen ortofotográfica y la exploración del modelo, se realizan en tiempos distintos.

En la primera fase se efectúa la exploración y registro de los perfiles altimétricos en un restituidor convencional. En la segunda, se lleva a cabo la rectificación diferencial en el dispositivo de ortoproyección, utilizando para ello los datos registrados.

Esta separación de procesos posibilita el hecho de que un solo ortoprojector pueda estar servido por varios aparatos de restitución.

La utilización de este método implica los siguientes instrumentos:

- aparato para la formación y exploración del modelo,
- sistemas de registro,
- instrumento de lectura de perfiles,
- ortoprojector.

Se acepta generalmente como ventaja de los sistemas "off line" el ahorro económico que implica el poder utilizar el ortoprojector a pleno rendimiento, puesto que la velocidad en la confección de la ortofotografía no viene limitada por la capacidad humana en el seguimiento de la marca flotante, siendo posible, como ya se ha indicado, que un solo ortoprojector pueda atender a varios restituidores. Sin embargo, esta ventaja viene limitada por el coste adicional que supone los aparatos que integran el sistema. Posiblemente cuando se trata de rectificaciones diferenciales de muy elevado coste, esta ventaja es cierta, y resulta dudosa cuando el rectificador es de bajo coste.

La ventaja más aceptable de los sistemas en tiempo diferido, es probablemente la posibilidad de ejecutar la rectifica-

ción diferencial de la imagen en la dirección transversal a la de barrido, evitando con ello los fenómenos de doble imagen y pérdida de detalles así como el efecto de diente de sierra, fenómenos todos ellos que frecuentemente aparecen en los bordes de la banda.

La rectificación en la dirección transversal exige el conocimiento de la pendiente del terreno, lo cual únicamente puede deducirse a partir de, por lo menos, dos perfiles consecutivos. Por eso, es inevitable su registro intermedio en forma analógica o digital.

4.5. Rectificación diferencial

Los métodos de rectificación diferencial pueden también ser criterios de mucha utilidad en la valoración de los equipos de ortoproyección. De acuerdo con los criterios anteriormente citados, los ortoprojectores pueden aplicar una rectificación diferencial por elementos de línea o de plano y a su vez someter dicho elemento a una transformación por similitud o afín.

La transformación por similitud es la adoptada generalmente por los ortoprojectores ópticos. Se exceptúan aquellos aparatos que llevan el sistema de interpolación óptica de fibras de vidrio capaz de leer simultáneamente dos perfiles adyacentes, como por ejemplo el GZ-1 de ZEISS OBERKICHEN cuando funciona "off line", que experimentan una transformación afín. Esta última transformación es la utilizada en los ortoprojectores analíticos. En el moderno Z-2 (ORTHO-COMP) todo el proceso, a partir de los datos de perfiles digitalizados, es automático.

5. ORTOFOTO DIGITAL

Dentro de los métodos fotogramétricos digitales, la ortofoto es ya un producto "secundario" del propio proceso. Y se entrecomilla el carácter de secundario, pues en realidad la ortofoto se obtiene como resultado, sin buscarlo, al conseguir la formación del modelo fotogramétrico sobre pantalla. La rectificación digital (numérica) surge del DTM orientado, que convierte la fotografía ya sobre pantalla, en proyección ortogonal, por algún método numérico de los citados anteriormente.

El único inconveniente del sistema es la obtención del producto final, en soporte papel. En efecto, la obtención de calidad fotográfica en la salida es de enorme dificultad. Se están probando actualmente impresoras fabricadas por Kodak, con resultados de buena calidad, pero de pequeño formato.

Para grandes formatos, solo es posible obtener calidad fotográfica con un Plotter Raster bajo técnica Laser, con un precio muy elevado y una calidad que no alcanza el nivel de la fotografía convencional. Sin embargo, al ritmo de la evolución tecnológica actual, no es difícil augurar una pronta solución a estos problemas, que convierta a la solución digital en el futuro de la ortofoto.

6. REPRESENTACION DEL RELIEVE

La ortofotografía propiamente dicha es una representación puramente planimétrica y por consiguiente carece de información del relieve o altimetría. En muchas aplicaciones prác-

ticas sin embargo, es fundamental el conocimiento altimétrico del terreno. La técnica ortofotográfica ha resuelto el problema, mediante la incorporación de diversos mecanismos encargados de proporcionar los datos necesarios para deducir las curvas de nivel del terreno.

En la técnica convencional, se obtiene el mapa de curvas de nivel por un proceso, dentro de la restitución del modelo, independiente al seguido en la planimetría. Sin embargo, la obtención de la forma de relieve en los ortoproyectores, se efectúa simultáneamente al proceso de rectificación diferencial sin ninguna participación del operador. Indudablemente existe un importante ahorro de tiempo y reducción en los costes, lo cual hace atractivo el método, pero sin embargo presenta serias limitaciones:

- Una de ellas viene impuesta por la exploración del modelo, durante la rectificación diferencial, en forma de perfiles de una cierta separación. Estos intervalos de separación son superiores al espaciamiento de las curvas de nivel en un mapa convencional.
- Otra limitación procede del hecho de obtener un documento más o menos próximo a un mapa de curvas de nivel, que siempre requiere su interpretación y posterior dibujo de las curvas, consiguiendo un mapa final en el cual las cotas enteras de los puntos no coinciden exactamente con la curva correspondiente.

Los ortoproyectores actuales utilizan los siguientes métodos de representación del relieve:

- Método de las curvas hipsométricas o de las líneas de trazos (dropped lines).
- Método de los elementos de tangente.
- Método de las curvas de nivel aproximadas.

6.1. Método de las curvas hipsométricas

Se utiliza prácticamente en todos los ortoproyectos ópticos. La información empleada en esta técnica es la coordenada Z del centro del perfil explorado.

Los intervalos comprendidos entre dos curvas de nivel vienen indicados por una línea del mismo espesor. Existen tres tipos de espesor diferentes, cada variación en el espesor indica que se ha cruzado una curva de nivel.

En los terrenos muy accidentados y con equidistancias pequeñas, resulta difícil deducir las curvas de nivel, a partir de los trazos hipsométricos, por ser éstas muy costosas e imprecisas, pudiendo incluso faltar algunas ya que el mecanismo trazador no reacciona ante el rápido pase de la correspondiente estereorestitución, de algunas curvas de nivel que servirán de guía para la interpretación del mapa hipsométrico y conseguir así con más facilidad el mapa final de curvas de nivel.



RUGOMA, S.A.

CARTOGRAFIA

PUBLICACIONES

CARTOGRAFIA INFORMATIZADA

PROYECTOS

LABORATORIO TECNICO FOTOGRAFICO

MAPAS EN RELIEVE

C/ Conde de la Cibera, 4 - 28040 Madrid
Tels. 5536027/33 Fax 5344708

6.2. Método de los elementos de tangente

Los ortoproyectores electrónicos proporcionan un documento informativo del relieve mucho más próximo al mapa de curvas de nivel que el obtenido en los instrumentos ópticos. El método seguido es el de los elementos de tangente.

La información proporcionada por los instrumentos electrónicos, permite conocer la dirección de las curvas de nivel; de esta manera cada vez que se cruza una de ellas, el mecanismo traza un segmento lineal tangente a la curva correspondiente. La envolvente de tangentes forma la línea de nivel.

6.3. Método de las curvas aproximadas

El método denominado de las curvas de nivel aproximadas, significa un importante progreso en la representación del relieve como trabajo complementario de la confección de ortofotografías.

El dispositivo electrónico HLZ, acoplado al ortoprojector GZ-ZEISS es capaz de producir un mapa de curvas muy aproximadas a las curvas de nivel convencional obtenidas por estereorestitución.

El método, está basado en la exploración simultánea de dos perfiles adyacentes. Para ello resulta indispensable el almacenamiento de dichos perfiles, ya que si no sería imposible la citada exploración simultánea. Un tubo de rayos catódicos sigue la pendiente transversal del terreno definida por ambos perfiles y emite una señal cada vez que se cruza una curva de nivel. Esta señal impresiona puntualmente una emulsión fotográfica, resultando finalmente que al ser muy alta la densidad de puntos de imagen, produce la impresión de ser una curva de nivel continua.

6.4. Técnicas actuales

El desarrollo de programas que trazan curvas de nivel ha sufrido un enorme auge con los nuevos ordenadores y trazadores automáticos. Los complicados algoritmos de interpolación (polinómicos, bicúbicos, akima, etc.) resuelven actualmente el problema, en tiempos de orden inferior al minuto.

Los modernos trazadores de cabezas tangenciales logran una perfección casi absoluta en homogeneidad de líneas, y a una velocidad realmente competitiva.

La interpolación se hace en base a la digitalización de los perfiles. Estos forman una nube de puntos en el plano, donde la variable a interpolar es la cota. Es decir, se aprovecha la misma información que la utilizada para generar la ortofoto, con la consiguiente rentabilidad del sistema.

De los programas existentes en el mercado (generados en Universidades de la RFA y Austria principalmente) cabe destacar el "SCOPE", de la Universidad de Stuttgart (RFA), con 25 años de rodaje, mejoras y experiencia en todo tipo de usos.

La precisión de estos programas de interpolación es función de la densidad de puntos digitalizados. Para hacerlos rentables deberá poderse utilizar la misma densidad que para la ortofoto. Aunque con ello bajará algo la precisión, pueden usarse para escalas muy pequeñas.

Para ortofotomapas en los que se sacrifica la economía a la precisión, la restitución clásica, sigue siendo indispensable.

7. ERRORES RESIDUALES DE LA ORTOFOTOGRAFIA

En páginas anteriores, se ha puesto de relieve, que el método de rectificación diferencial punto a punto, aún siendo el único teóricamente exacto, no tiene aplicación en los ortoprojectores actuales. Los restantes métodos, es decir, la rectificación diferencial por elementos lineales o por elementos de plano, implican aproximaciones a la superficie real del terreno, que será tanto más exacta cuanto menores sean las dimensiones de la zona elemental de fotografía transformada en ortofotografía. Así pues, es inevitable la existencia de errores planimétricos de posición derivados del propio método de rectificación diferencial, a los que hay que añadir los procedentes del instrumental.

En la rectificación diferencial, el elemento geométrico que está sujeto a enderezamiento, sufre dos tipos de correcciones:

- Una en el sentido del barrido, que le obliga a permanecer constantemente tangente al terreno en el trayecto del índice de colimación.
- Otra en sentido transversal. Esta segunda correlación, normalmente en dirección X, es la más comprometida en cuanto a sus aspectos geométricos.

Las inclinaciones para la corrección transversal se pueden realizar de la siguiente forma:

- a) Por medio de ajustes lineales, a puntos conocidos del perfil transversal. Caso de Stereomat en el cual, definida la inclinación, el ajuste se realiza por medio de la tangente al terreno, paralela a la dirección de la inclinación calculada. O bien, por medio de una secante, que consigue un mejor ajuste de las discrepancias de los extremos (Gigas-Zeiss).
- b) Por un ajuste transversal de segundo orden. Este se realiza por medio de una curva, con datos suministrados por los perfiles contiguos y por el propio del barrido (Gestalt Photomapper).

Estas consideraciones tienen gran importancia en la selección del ancho de banda de barrido. En instrumentos del tipo b, rectificadores de imagen electrónica, el ancho de banda puede ser el doble que en el resto.

Como vemos, el desplazamiento de la imagen debido al relieve, es la principal causa de error. Y éste, es función de las características de la topografía del terreno.

Para definir la precisión de la rectificación diferencial, se han elaborado numerosas fórmulas que intentan, mediante el uso de una serie de parámetros, dar una idea de la precisión a conseguir. Sin embargo, el uso de estos parámetros, entraña un riesgo elevado, dada la dificultad de su buena definición.

Los estudios prácticos realizados hasta la actualidad, pueden dar una idea, quizá más realista:

- Terreno llano o de relieve escaso. Sus diferencias de altitud respecto al plano de referencia serán inferiores al 1 por 100 de la altura de vuelo sobre dicho plano.
- Terreno de relieve moderado. Estas diferencias no serán superiores al 5 por 100.
- Terreno montañoso.

La experiencia generalizada con distintos sistemas ha probado que con valores superiores al 10 por 100:

$$h \geq \pm 15\% J$$

los errores de desplazamiento de imagen no son tolerables. La precisión alcanzable, se puede cifrar de forma general según el siguiente cuadro:

Diferencia de elevación en tantos por ciento de la altura de vuelo	Error medio cuadrático a la escala del fotograma
$h \geq 1\% H$	0,05 mm
$h \geq 5\% H$	0,06 mm
$h \geq 15\% H$	0,28 mm

Luego, si se cifra la tolerancia admisible, en la escala de rectificación en 0,3 mm tendremos, que para terrenos llanos o de relieve escaso, se pueden realizar ampliaciones de hasta seis veces; cinco para terrenos de relieve moderado, e igual escala para los terrenos montañosos, siempre que se cumpla que:

$$h \geq 15\% H$$

Lógicamente, el tamaño de rendija del diafragma debe irse reduciendo en función de las elevaciones del terreno.

En los modernos instrumentos analíticos OR 1 (WILD) y Z2 (ZEISS, Oberkochen) estas limitaciones se han paliado al crear un modelo completo espacial y tomar de él la parte correspondiente a la rendija. El sistema de proyección es telescópico y el recorrido de 200 m telescópico a la escala del modelo, es la limitación del desnivel total permitido en la imagen.

A fin de analizar en circunstancias prácticas los errores residuales del proceso ortofotográfico, así como la calidad de la imagen, factores que condicionan la potencialidad de aplicación de la ortofotografía, se desarrolló en el Servicio de Fotogrametría y Fotointerpretación de la Universidad Politécnica de Madrid un trabajo experimental sobre estos puntos que nos llevaría al establecimiento de unas conclusiones altamente satisfactorias acerca de las posibilidades de aplicación de la ortofotografía. El equipo usado en el estudio fue de **Ortoproyector Topocart B ortofoto B** que está en funcionamiento en dicho centro desde 1971.

Los resultados finales quedan recogidos en el cuadro adjunto, donde se indica el error medio cuadrático para las escalas 1/2000 y 1/5000 y rendijas 2, 4, 8 y 16 mm de longitud.

ERROR MEDIO CUADRÁTICO Mxy DE LA RECTIFICACION DIFERENCIAL (EN MILIMETROS)

Escalas/Rendijas	1:5.000	1:2.000
2	0,09	0,14
4	0,10	0,16
8	0,14	0,18
16	0,20	0,28

8. ESTEREO-ORTOFOTOGRAFIA

La estero-ortofotografía trata de resolver dos de los inconvenientes que presenta la ortofotografía clásica:

- falta de visión estereoscópica en un par de ortofotografías
- dificultad en la obtención de datos altimétricos.

Esta técnica se basa en la utilización del llamado par de “estereo-ortofotografías”, integrado por una ortofotografía clásica procedente de uno de los dos fotogramas que constituyen el par estereoscópico y de la estereo-ortofotografía correspondiente obtenida a partir del segundo fotograma, mediante la introducción artificial de paralajes longitudinales proporcionales a la altitud de cada detalle sobre el plano de referencia.

La visión estereoscópica del par proporciona un modelo métrico cuya exploración permite la medida de las tres coordenadas de un detalle, el trazado de curvas de nivel definidas por líneas de paralajes longitudinales constantes y en general, el aprovechamiento de toda la riqueza informativa de la ortofotografía unida al rigor métrico en las tres dimensiones.

La estereo-ortofotografía ha supuesto la introducción del nuevo concepto del mapa en tres dimensiones y ofrece la posibilidad de elaborar mapas temáticos a especialistas de otras disciplinas distintas a la fotogrametría. Se trata de confeccionar el par de estereo-ortofotografía en centros especializados y dejar la observación a cargo de los mismos usuarios que de esta manera podrán restituir los detalles propios de su materia.

El método de la estero-ortofotografía que empezó desarrollándose por el Consejo Nacional de Investigaciones del Canadá y requería el empleo de dos instrumentos complementarios, ha continuado su evolución en Europa en los modernos ortoproyectores de WILD y ZEISS (Oberkochen), que permiten la edición completa de la estereofoto a partir de la foto original y el barrido de perfiles digitalizados.

9. APLICACIONES DE LA ORTOFOTOGRAFIA

La ortofotografía, en los tres escasos lustros de su existencia, ha cubierto todos los campos de la cartografía convencional, y más importante aún, ha conseguido soluciones instrumentales para los problemas que imponen las normas cartográficas. Su campo de aplicación lo podemos enjuiciar por medio de los dos factores que más incidencia tienen en estas expresiones gráficas: el métrico y el semántico.

Las escalas grandes estarán a favor de la fotogrametría convencional, dado que en ellas las condiciones métricas se pueden cumplir de forma más precisa que en las escalas pequeñas. En estas últimas, surge el problema de la generalización cartográfica, como un compromiso entre la métrica y la semántica de su contenido.

De acuerdo con esta hipótesis, el dominio del mapa tendrá su mejor definición en la ortofotografía, mientras que el del plano corresponderá a las ejecuciones convencionales.

Por otro lado, las ventajas de rapidez en la edición y menor costo en la actualización juegan a favor de la ortofotografía, hasta tal punto que en el aspecto catastral, donde las necesidades corresponden al dominio de las escalas medias y grandes, se está imponiendo como el registro gráfico más idóneo, dada la dinámica a la que están sometidas las estructuras físicas de la propiedad.

Como cartografía de base de un país, la ortofotografía permite, la confección de mapas multidisciplinarios, dada la riqueza de expresión que encierra una imagen fotográfica, la facilidad de su actualización, unida al mayor control y versatilidad en sus ediciones. La rectificación de imágenes en color está hoy conseguida en la mayoría de los sistemas, lo cual hace posible, dados los materiales fotográficos, realizar ediciones en blanco y negro y color indistintamente. Además de poder hacer ediciones cortas sin la incidencia de costos que este aspecto tiene en las ediciones cartográficas convencionales.

La ortofotografía dentro del moderno ámbito digital, permitirá la interpretación y el uso de la información geográfica sobre cualquier pantalla gráfica capaz de soportar un sistema

de CAD. En muy poco tiempo, los precios de los equipos de explotación serán competitivos y podrán ser utilizados a niveles insospechados. Si antes el control de la gestión de la infraestructura a base de sistemas fotogramétricos estaba reservada al ámbito nacional (civil y militar) y a ciertas Comunidades Autónomas, hoy día puede pensarse ya en una gestión municipal.

De idéntica manera, los grandes "consultings" de proyectos pueden perder su preponderancia en aras de nuevas pequeñas empresas de explotación de datos cartográficos.

En efecto, ya no se precisan operadores expertos en "manejos misteriosos". El ámbito digital, transformará la ciencia fotogramétrica en una materia útil y asequible a las necesidades de cualquier empresa.

BIBLIOGRAFIA

Apuntes D. Constancio González Rivera. Universidad Politécnica de Madrid.

Fotogrametría D. Serafín López Cuervo.

CalComp anuncia su primera serie de plotters de inyección de tinta

TECHJET DESIGNER

CalComp anuncia su primera serie de plotters en formatos A1 y A0 con tecnología de inyección de tinta, denominada serie TechJet Designer. Los nuevos plotters de alta velocidad permiten obtener imágenes con calidad láser en formatos A1 y A0 dependiendo del modelo.

Su resolución real de 360 puntos por pulgada y su gran capacidad hacen que el plotter TechJet Designer de CalComp resulte ideal para utilizarlo en ingeniería civil y mecánica, diseño asistido por ordenador (CAD), arquitectura, mapping y artes gráficas. Los usuarios pueden trazar todo tipo de planos monocromo con rapidez y precisión, con líneas precisas e imágenes con amplias zonas de relleno.

TechJet dibuja sobre papel en hojas sueltas con medidas que van desde los tamaños A4-A1 (modelo 5424) hasta el tamaño A0 con el modelo 5436 y con una longitud de dibujo máxima de 2,5 metros. Acepta una amplia gama de tipos de papel, que incluye papel normal, papel translúcido, vegetal y poliéster.

Con la incorporación de la tecnología de inyección de tinta, CalComp ofrece ahora la más amplia variedad de tecnologías para plotters disponible actualmente y que va desde la creación de

imágenes por transferencia directa, o con plumas, a la creación de imágenes con tecnología electrostática o por láser. Muy recientemente, CalComp ha introducido un plotter láser por LED muy avanzado que es el Solus 4.

Rendimiento y Productividad

La nueva serie TechJet permite la impresión con una resolución real de 360 puntos por pulgada como resolución estándar, para conseguir gráficos, líneas y textos nítidos y brillantes. El plotter TechJet Designer ofrece al usuario dos modos de trazado y la selección depende de la calidad y la velocidad del trazado que se deseen. El ajuste estándar unidireccional permite el trazado con una resolución más alta, mientras que el modo bidireccional permite un trazado más rápido. Un dibujo medio de tamaño A1 exige menos de 4 minutos para su trazado y un dibujo en tamaño A0 puede conseguirse en menos de seis minutos. En cualquiera de los modos, la capacidad aumenta mediante un sistema detector de espacios en blanco. El plotter detecta automáticamente las zonas donde no se necesitan imágenes y pasa inmediatamente al siguiente punto de datos, lo que acorta el tiempo de trazado normal. CalComp utiliza una tinta de secado muy rápido que permite reducir posibles emborronados y garantiza lí-

neas claras y nítidas incluso sobre papel normal.

Sencillez de trabajo

La compatibilidad con la mayoría de los entornos de trabajo está asegurada por el funcionamiento silencioso y la sencillez de manejo del plotter TechJet Designer. Por sus reducidas dimensiones y su actual diseño lo hacen adecuado para situarlo en cualquier entorno, además se suministra de serie con una cobertura antipolvo.

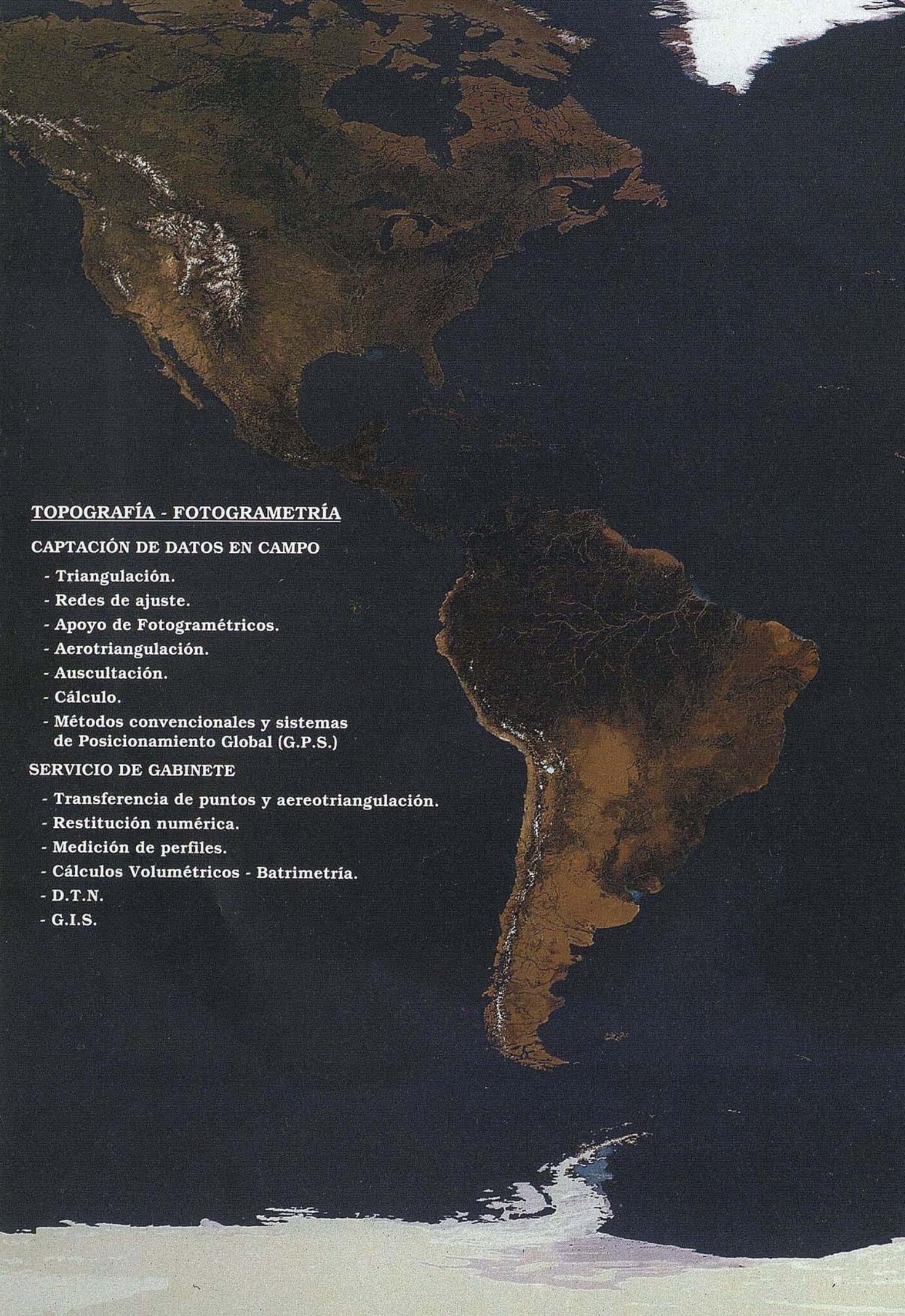
La tinta se suministra en cartuchos de fácil sustitución. Con el sistema de cartuchos de tinta de CalComp, a diferencia de lo que ocurre con algunas impresoras de chorro de tinta, el cabezal no tiene que cambiarse cada vez que se vacía el cartucho, reduciéndose así el coste de los consumibles. Un dispositivo de tapado automático evita que se seque la tinta del cabezal y que se obstruya; funciona tapando el cabezal cuando transcurren cinco segundos sin movimiento.

Además, TechJet Designer dispone de un panel de control LCD de fácil uso, selección automática del tamaño de las hojas sueltas, firmware de optimización del trazado PlotManager y una memoria no volátil programable por el usuario.

CUARTAS JORNADAS TECNICAS PARA LA AUTOMATIZACION DE LA CARTOGRAFIA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Del día 25 al 27 de mayo pasado ha tenido lugar en el Museo Nacional de Antropología de la Ciudad Universitaria de Madrid las Cuartas Jornadas Técnicas para la Automatización de la Cartografía y Sistemas de Información Geográfica, organizado por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, bajo la Presidencia de Honor del Excmo. Sr. Alcalde-Presidente del Ayuntamiento de Madrid. También destacaremos a las entidades que han colaborado en este evento que son: Ministerio de Cultura, Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica y el Excmo. Ayuntamiento de Madrid.





TOPOGRAFÍA - FOTOGRAMETRÍA

CAPTACIÓN DE DATOS EN CAMPO

- Triangulación.
- Redes de ajuste.
- Apoyo de Fotogramétricos.
- Aerotriangulación.
- Auscultación.
- Cálculo.
- Métodos convencionales y sistemas de Posicionamiento Global (G.P.S.)

SERVICIO DE GABINETE

- Transferencia de puntos y aerotriangulación.
- Restitución numérica.
- Medición de perfiles.
- Cálculos Volumétricos - Batrimetría.
- D.T.N.
- G.I.S.



CARDENAL BELLUGA, 6 1ºB - 28028 MADRID

Tlf. (91) 361 15 76 - 361 17 53

Fax. (91) 361 18 57

GPS Diferencial: Diseño, Componentes y Funciones de una Estación de Referencia

José M. Fraile Ordóñez
Andreas Lissner

Kayser-Threde GmbH
Wolfratshausener Str. 48
D-81379 Munich
República Federal de Alemania

7 Marzo 1994

Resumen

Debido a los efectos degradadores de la *Selective Availability* (o SA), los usuarios *no autorizados* del sistema GPS se enfrentan a precisiones límite en el posicionamiento de unos ± 100 metros. Mediante el uso de técnicas de *GPS Diferencial* (DGPS) se puede reducir notablemente tanto los efectos de SA como otras fuentes de error y así alcanzar precisiones en tiempo real por debajo de los 8 metros (normalmente bastante mejores).

Las estaciones de referencia son la pieza clave en GPS Diferencial. En este artículo se describirá en detalle su diseño, componentes y funciones así como el proceso para la determinación de correcciones diferenciales.

1 Introducción

El potencial del sistema GPS es tal que un usuario equipado con un receptor GPS podría llegar a conocer su posición con una precisión de unos ± 20 metros. Los responsables militares norteamericanos decidieron la introducción de una degradación intencionada en el sistema (*Selective Availability* o SA) que afecte a usuarios *no autorizados* con el fin de que estos no puedan explotar todo el potencial técnico del sistema GPS y se vean limita-

dos a precisiones de ± 100 metros en el posicionamiento de puntos.

Afortunadamente, los efectos de SA pueden ser radicalmente reducidos mediante el uso del GPS diferencial. El GPS Diferencial se basa en la casi cancelación de la mayoría de los errores (naturales e intencionados) que afectan a las medidas GPS mediante el uso simultáneo de dos receptores GPS. Para alcanzar el incremento en la precisión mediante GPS Diferencial se utiliza el hecho de que receptores cercanos reciben señales de satélites que, en una buena aproximación, se han propagado a través del mismo trayecto.

Las técnicas de GPS Diferencial han sido usadas intensamente durante más de diez años por geodestas y topógrafos. Normalmente, este sector de usuarios lleva a cabo el proceso de las observaciones en sus oficinas tras la campaña de observación. Ese proceso está frecuentemente basado en el uso de técnicas de alta precisión que incluyen: periodos de observación muy largos o reocupación de puntos, medidas de fase, determinación de las ambigüedades de ciclo, y a veces, uso de receptores de dos frecuencias y/o con Código P.

Sin embargo, la comunidad topógrafa de usuarios (con necesidad de precisión decimétrica o centimétrica) es pequeñísima en com-

paración con el número de usuarios que necesitan precisiones en el orden de *unos pocos metros*. Afortunadamente, el GPS Diferencial es capaz de proporcionar esos niveles de precisión en tiempo real con métodos relativamente sencillos que serán explicados más en detalle a continuación.

2 GPS Diferencial

Los errores en las medidas GPS tienen orígenes diversos como por ejemplo, los relojes de los satélites, órbitas transmitidas inexactas y la propagación de las señales a través de la atmósfera. Estos errores son variables y muy difíciles de predecir con alta exactitud por lo que se hace necesario un método que permita medir los errores reales a la vez que estos afectan a las medidas GPS.

Si un receptor se encontrase situado en un punto de coordenadas conocidas, podría predecirse las distancias geométricas a los satélites GPS y comparar éstas con las medidas de pseudodistancia efectuadas por el mismo receptor. La diferencia entre distancia medida y predecida es el error en la señal GPS.

Puesto que estos errores varían en el tiempo, se hace necesario un receptor que continuamente lleve a cabo esa diferenciación (receptor de referencia). Si este receptor tuviese la capacidad de transmitir en tiempo real (pasa a ser una estación de referencia) aquellos errores de las señales a otros usuarios equipados con receptores GPS, entonces estos podrían corregir sus propias medidas y así obtener precisiones mucho más elevadas. Básicamente así funciona el GPS Diferencial.

En la Tabla 1 (extraída de [1]) se muestra un resumen de los errores que afectan a las señales GPS así como la magnitud de sus efectos en GPS y DGPS (para un usuario cerca de la estación de referencia).

Los errores de los relojes de los satélites quedan completamente compensados en la diferenciación siempre y cuando la estación

Fuente de Error	GPS	DGPS
Reloj sat.	1.5	0
Error orbital	2.5	0
Ionosfera	5.0	0.4
Troposfera	0.5	0.2
Ruido receptor	0.3	0.3
Multicamino	0.6	0.6
SA	30.0	0
Prec. posición		
Horizontal	50.0	1.3
Vertical	78.0	2.0
3-D	93.0	2.8

Tabla 1: Errores en las señales GPS

de referencia y el usuario usen datos de los mismos satélites. Los errores de las órbitas de los satélites (siempre que sean menores de ± 30 metros) también quedan compensados. Los efectos de SA que afectan a la sincronización de las señales son igualmente compensados aunque la validez de las correcciones es muy corta. Para usuarios cerca de la estación de referencia la compensación es casi completa. A medida que la separación usuario—estación de referencia aumenta, las distintas trayectorias de las señales a través de la ionosfera y la troposfera pueden causar ya efectos diferentes especialmente para aquellos satélites con ángulos de elevación baja.

Las correcciones diferenciales calculadas en la estación de referencia para cada satélite han de ser transmitidas de alguna manera a los usuarios. Normalmente el medio de transmisión es el de radio; el uso del teléfono celular es también una opción válida.

Puesto que los errores en las señales cambian rápidamente (especialmente aquellos causados por la SA), la transmisión de las correcciones ha de ser tan inmediata como sea posible. Los errores producidos por la *edad* de las correcciones se conocen como efectos de latencia. Estos son el resultado del tiempo necesario para el cálculo de las correcciones, su transmisión y la aplicación de las mismas por parte del usuario. La experiencia ha demostrado que la transmisión de correcciones

una vez cada cinco segundos es adecuada incluso con la SA en funcionamiento.

Por otra parte, no todos los usuarios necesitan las correcciones calculadas por la estación de referencia en tiempo real. Un ejemplo son aquellos usuarios que pretendan recoger datos GPS para usos geodésicos, creación o actualización de sistemas geográficos de información (GIS) y/o catastro. Para estos usuarios es más importante que los datos de observación y/o correcciones diferenciales de la estación de referencia estén disponibles a posteriori y a ser posible en formatos *standard* internacionalmente conocidos y aceptados (por ejemplo RINEX para los datos de observación y RTCM-SC 104 para las correcciones diferenciales).

Ya que las actividades y técnicas de observación de este tipo de usuarios pueden ser muy variadas (observaciones estáticas o cinemáticas, con doble o única frecuencia, etc.) y en ningún caso conocidas a priori por los controladores de la estación de referencia, ésta ha de estar preparada para satisfacer a la gran mayoría de las personas que puedan solicitar datos de observación de referencia días o semanas más tarde. Por ello, si la estación de referencia está pensada como un servicio público amplio ha de estar equipada, entre otras cosas, con un receptor GPS de las más altas prestaciones posibles (doble frecuencia, código P, etc.) y de sensores atmosféricos; además, el registro (a ser posible en disco duro) de observaciones con una frecuencia de 1Hz es más que recomendable. Una estación de referencia GPS de estas características puede además ser usada para el estudio de la ionosfera como se propone en [2] y [3]. Por otra parte, si la estación de referencia va a ser usada con fines únicamente navegacionales, entonces un diseño más sencillo sería también totalmente apropiado.

Aparte de todo esto, las estaciones de referencia DGPS pueden así mismo efectuar paralelamente el control de la salud de las señales transmitidas por los satélites o *integrity* o *health monitoring* ([7]). Este control puede llegar a ser incluso más importante que

la mejora en la precisión ya que, debido al diseño del Segmento de Control del GPS, un satélite puede transmitir señales erróneas durante varias horas antes de ser detectada esa deficiencia. Sin embargo, con los mensajes DGPS se puede mantener a todos los usuarios informados en tiempo real del estado verdadero de los satélites; los usuarios pueden entonces evitar el uso en sus cálculos de medidas que podrían contaminar resultados finales.

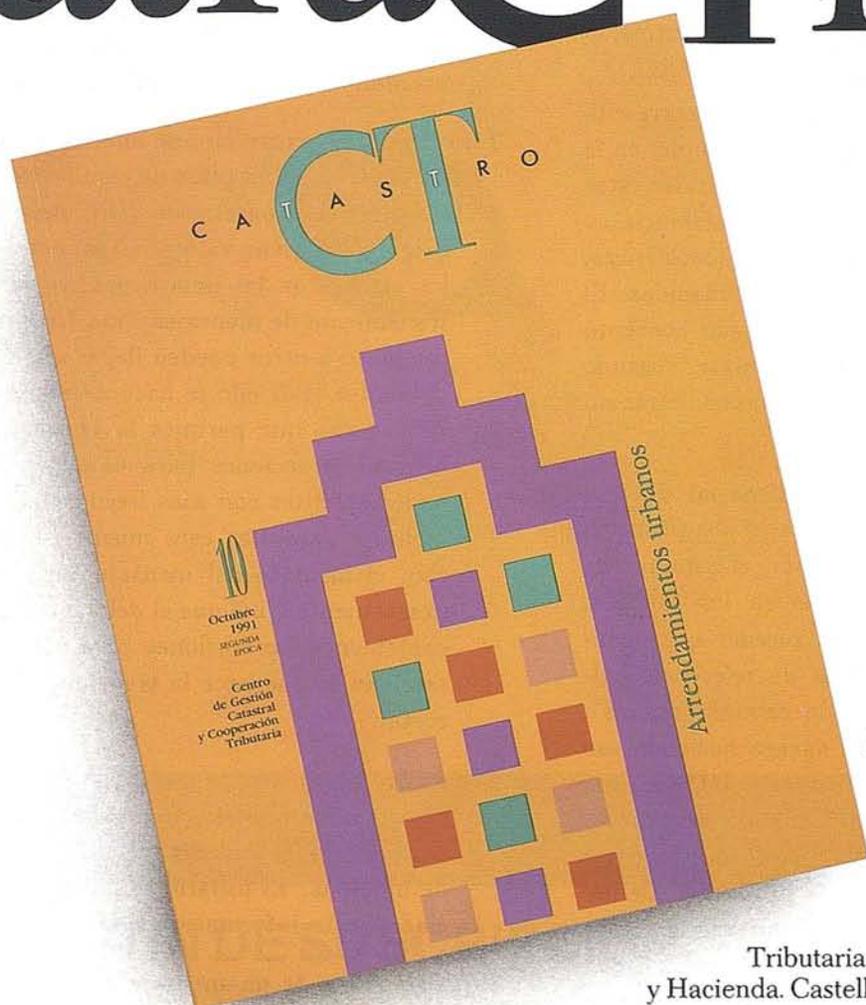
3 Formato RTCM SC-104 para la transmisión de correcciones diferenciales

En Noviembre de 1983 se constituyó el Comité Especial 104 de la RTCM sobre GPS Diferencial ([4]) con el fin de desarrollar *stándares* para la transmisión de correcciones diferenciales. Las conclusiones de dicho comité ([5]) incluyen la descripción de los mensajes con los datos a transmitir, su formato de transmisión y las estrategias de uso de los pseudolites (pseudo-satélites) entre otras cosas. Algunos mensajes han sido ya fijados y son usados ampliamente; otros son objeto todavía de discusiones públicas con el fin de optimizarlos ([6]).

El formato general de los mensajes se basa en el formato del Mensaje de Navegación transmitido por los satélites GPS aunque existen algunas diferencias notables. El tamaño, formato, algoritmo de paridad y otros aspectos de la *GPS word* se mantuvieron. La mayor diferencia entre ambos formatos es que los mensajes diferenciales tendrán una longitud variable mientras que el formato GPS es de longitud fija.

Cada mensaje diferencial está compuesto por un encabezamiento, número de identificación, datos, bits de paridad, etc. Una descripción detallada del formato de los mensajes diferenciales cae fuera del ámbito de este artículo y por ello no se incluirá. El lector interesado

Técnica y atraCTiva



Suscripciones:
Centro
de publicaciones del
Ministerio de
Economía y Hacienda.
Plaza Campillo Mundo
Nuevo, 3. 28005 Madrid.
Tel. 527 14 37.

Información y venta:
Centro de Gestión
Catastral y Cooperación
Tributaria. Ministerio de Economía
y Hacienda. Castellana, 272. 28046 Madrid.
Tel. 583 66 90.
Librería del BOE. Trafalgar, 29.
28007 Madrid. Tel. 538 22 95.
Suscripción anual (4 números): 2.000 ptas.
Número suelto: 700 ptas. (I.V.A. incluido).

C A T A S T R O

La revista del Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria

puede leer [5]. Sin embargo, sí se expondrán los tipos de mensaje definidos hasta ahora de manera tabular. Los mensajes más importantes son los siguientes:

Tipo 1: Contiene las correcciones a las pseudodistancias (PRC) y sus primeras derivadas (RRC) para una cierta época t_0 . La corrección a usar en un tiempo t sería entonces: $PRC(t) = PRC(t_0) + RRC \cdot (t - t_0)$. El usuario puede así mejorar su pseudodistancia medida $PRM(t)$ para obtener una pseudodistancia corregida ($PR(t)$): $PR(t) = PRM(t) + PRC(t)$.

Este tipo de mensaje contiene correcciones para todos los satélites visibles en la estación de referencia. Al calcular estas correcciones la estación de referencia no ha de aplicar correcciones ionosféricas, troposféricas o de SA a sus medidas. El usuario no debe bajo ningún concepto calcular una solución "mixta" usando pseudodistancias corregidas con otras sin corrección.

Tipo 2: Este mensaje contiene las diferencias en pseudodistancias y sus primeras derivadas causadas por el cambio de las efemérides usadas en los cálculos. Por ejemplo, podría suceder que mientras que la estación de referencia calcula correcciones con órbitas "nuevas", el usuario todavía navega haciendo uso de las órbitas "anteriores" y por ello existiría un "desajuste" cuando ese usuario utilizase esas correcciones. Este mensaje intenta solventar este problema. De hecho, debido al uso generalizado de receptores de canales múltiples que pueden observar satélites continuamente, este mensaje no es necesario y su inclusión no hace más que aumentar los efectos de latencia.

Tipo 3: Este mensaje consiste únicamente de las coordenadas de la estación de referencia. Normalmente se emitirá cada media hora. El usuario puede hacer uso de esta información para aplicar correcciones atmosféricas en sus algoritmos.

Tipo 5: El principal uso de este mensaje será el de informar al usuario de la salud de los satélites (*integrity*).

Tipo 6: Este mensaje vacío puede usarse para mantener sincronización en las transmisiones en caso de que no haya otros mensajes que emitir.

Tipo 7: Aquí se incluye información sobre la localización, frecuencias, alcance del servicio, etc. de otros transmisores (estaciones de referencia) cercanos así como del que emite. Este mensaje se emite normalmente cada diez minutos aprox.

Tipo 9: Si las correcciones diferenciales se encuentran en una fase de cambio rápido (es decir si el parámetro RRC del mensaje Tipo 1 tiene valores altos) entonces los errores de latencia causados por la transmisión de mensajes Tipo 1 completos junto a otros pueden llegar a ser importantes. Por ello se hace necesario un mecanismo que permita la transmisión de las correcciones para esos determinados satélites con más frecuencia; este mensaje garantiza esto mismo. De hecho, el formato del mensaje Tipo 9 es exactamente igual que el del Tipo 1 pero conteniendo correcciones para sólo tres satélites lo que hace la transmisión más corta.

Tipo 15: Este mensaje podrá contener parámetros de modelos ionosféricos o troposféricos mejorados para la corrección de medidas. El usuario se puede beneficiar de esta información si lo desea.

Tipo 16: Este es un mensaje ASCII de 90 caracteres que puede ser usado para transmisión de mensajes de alarma o similares. El equipo del usuario debería estar preparado para producir una señal acústica de aviso en caso de recepción.

Aunque el objetivo inicial durante la fase de diseño de este formato fue alcanzar precisiones de ocho a diez metros, la práctica ha demostrado repetidamente que precisiones

Le damos una visión tan clara de los
Sistemas de Información
Geográfica que no podrá resistirse a
suscribirse a **MAPPING**.



BOLETIN DE SUSCRIPCION

MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números, al precio de 11 números . (9.900 ptas.)

Válido para España y Portugal.

Forma de pago: Talón nominativo a favor de MAP & SIG CONSULTING.

Enviar a: MAP & SIG CONSULTING, S.L. - P² Sta. M^a de la Cabeza, 42 - Of.2 - 28045 MADRID.

Nombre.....

Empresa..... Cargo.....

Dirección..... Teléfono.....

Ciudad..... C.P..... Provincia.....

Núm.	Título
1	Correcciones GPS diferenciales
2	Correcciones GPS delta diferenciales
3	Parámetros de la estación de referencia
4	Topografía
5	Salud de la constelación
6	Serie nula
7	Información sobre balizas
8	Información sobre pseudolites
9	Correcciones diferenciales de alta frecuencia
10	Correcciones diferenciales para códigos P
11	Código C/A L1, correcciones delta L2
12	Parámetros de la estación pseudolite
13	Parámetros del transmisor de tierra
14	Mensaje auxiliar para topografía
15	Mensaje con información sobre la ionosfera (o troposfera)
16	Mensaje especial
17	Información sobre las efemérides
18-59	Sin definir
60-63	Mensajes diferenciales de Lorán-C

Tabla 2: Mensajes RTCM SC-104

por debajo de diez metros (2D rms) en tiempo real son realizables. De hecho, los resultados cotidianos se encuentran entre dos y cinco metros para usuarios en movimiento mientras que los usuarios estáticos pueden esperar precisiones bien por debajo de los dos metros.

El formato RTCM SC-104 se ha convertido ya en el *standard* internacional para correcciones diferenciales y todos los receptores en el mercado con capacidad diferencial son compatibles con él, ya sea generándolos sus mensajes o aceptándolos y usándolos. El problema que aparece a continuación es el de la generación de las correcciones.

4 Cálculo de correcciones diferenciales

En principio sobre la base del concepto de GPS Diferencial, el cálculo de correcciones diferenciales es muy simple: el receptor referencia mide las pseudodistancias a cada satélite GPS visible y les resta las distancias geométricas a los mismos calculadas a partir de la efemérides transmitidas.

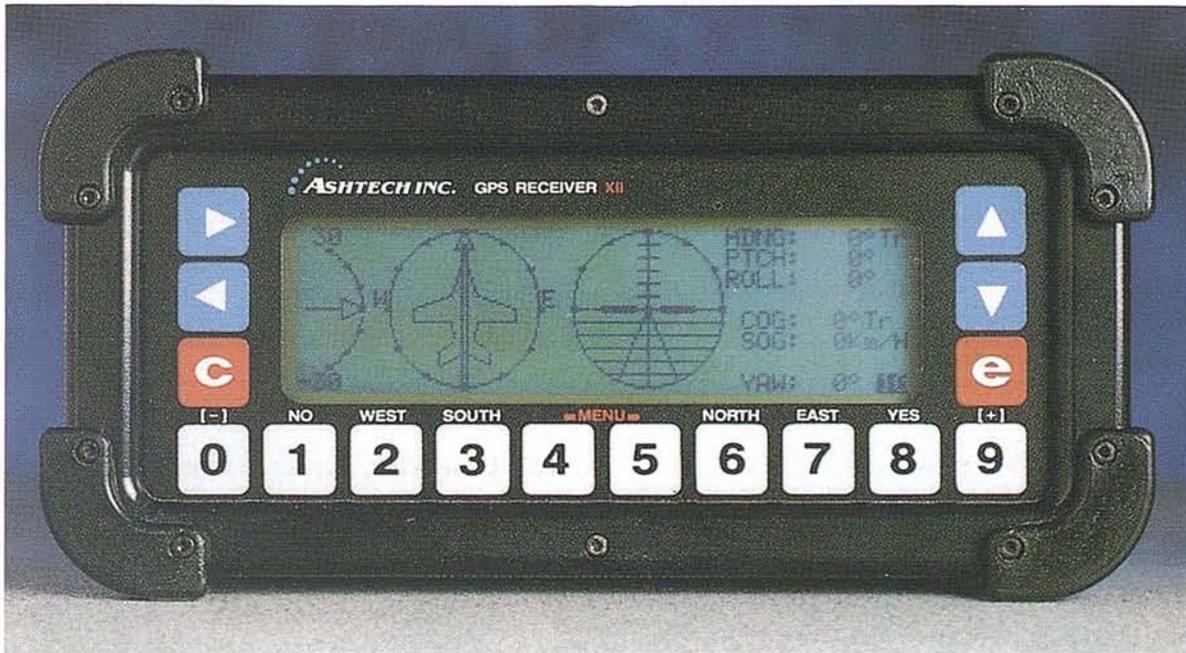
Esta construcción funciona fiablemente y elimina los errores locales comunes a la estación de referencia y al usuario. Sin embargo, no es óptima ya que aquellos errores de medida únicos a la estación de referencia (multi-camino, ruido del receptor, etc.) no son eliminados. La generación de correcciones diferenciales ha de ser tal que permita la filtración de los errores propios de la estación de referencia sin filtrar aquellos comunes con el usuario.

En [8] se presentan algoritmos que cumplen la función óptima de filtrado mencionada. Estos algoritmos basados en un filtro de Kalman modelan los errores de baja frecuencia propios de un receptor y filtra aquellos errores de alta frecuencia mediante la combinación de medidas de fase y pseudodistancias.

Se recomienda al lector interesado en más detalles relacionados con estos algoritmos la consulta de [8] o [2].

5 Descripción de una estación de referencia de alta precisión

Una estación de referencia para DGPS ha de estar equipada, como mínimo, con un receptor GPS L1 Código C/A y un sistema de transmisión de datos por radio o similar. En principio, nada más es necesario para que los usuarios puedan alcanzar precisiones de 5 a 8 metros. Sin embargo, si esa estación de referencia va a formar parte de una red DGPS o va a ser el equipo de un centro de investigación, entonces un equipamiento más exi-



Receptor GPS. Foto cedida por GERMAN WEBER

gente resulta más que recomendable.

Un ejemplo de estación de referencia DGPS de características "exigentes" ha sido desarrollada por Kayser-Threde GmbH en el marco de los proyectos DARES (navegación de alta precisión con DGPS) y RAKO (estudio de la ionosfera mediante medidas GPS) para la Estación de Teledetección de Neustrelitz (Alemania). El sistema completo de DGPS está compuesto por una estación de referencia fija, otra monitora con idéntica arquitectura pero móvil y una tercera "del usuario" completamente móvil.

Las estaciones referencia y monitora están equipadas con un receptor Turbo Rogue de doble frecuencia (son asimismo compatibles con los receptores Trimble 4000SSE o Ashtech Z-12), un PC de alta potencia, un sistema de *backup* por cinta magnética, reloj atómico de rubidio, estación meteorológica y sistema de radio para la transmisión de correcciones diferenciales. El software funciona bajo *Windows* y es capaz de ejecutar todas las funciones necesarias en operación

de manera totalmente autónoma (generación y transmisión de correcciones, *backups*, control de la salud de los satélites, modelado ionosférico, registro de datos, selección del conjunto de satélites con mejor geometría, etc.).

La estación móvil está compuesta por un receptor GPS Magnavox MX-4200, un receptor GLONASS ruso tipo SHKIPPER, un *laptop* y un receptor de datos por radio. El software también funciona bajo *Windows*. La idea de uso de este conjunto de estaciones tiene dos facetas. La primera es el modelado de la ionosfera mediante medidas GPS de dos frecuencias y el uso de algoritmos como el presentado en [3]. Segundo, tomando ventaja de estos modelos ionosféricos, transmitir los parámetros definitorios de dichos modelos dentro del mensaje RTCM SC-104 Tipo 15 mencionado anteriormente y estudiar las mejoras experimentadas en la determinación de la posición en la estación móvil. Los primeros resultados alcanzados en las investigaciones con este sistema DGPS fue presentado con éxito recientemente ([9]).

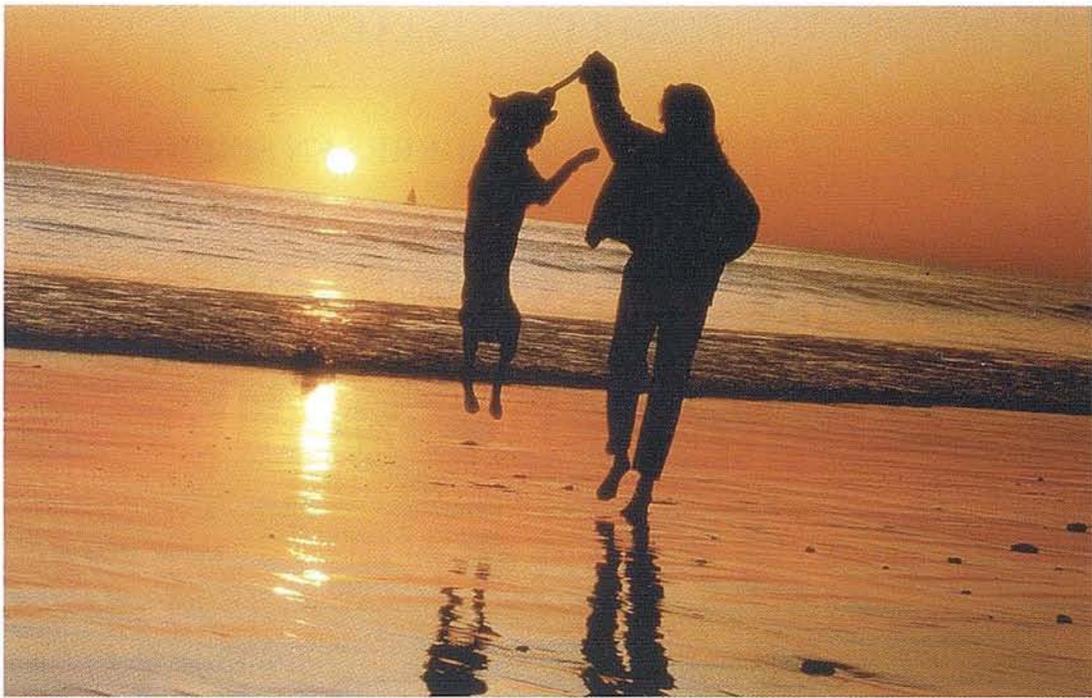
6 Conclusiones

En este artículo se ha presentado el concepto de GPS Diferencial de manera básica pero rigurosa. El cálculo de correcciones diferenciales en un estación referencia y su transmisión a usuarios han sido analizados. También se ha presentado el formato RTCM SC-104 para la transmisión de las correcciones incluyendo los tipos de mensajes ya fijados.

Finalmente, se discutieron propuestas para el óptimo diseño de estaciones de referencia y, como caso concreto, se analizó la estación de alta precisión desarrollada para los proyectos DIRES y RAKO en Neustrelitz.

Referencias

- [1] Hurn, J.: *Differential GPS Explained*. Publicado por Trimble Navigation. Sunnyvale, California; 1993.
- [2] Engler, E.; N. Jakowski; A. Jungstand; D. Klähn; B. Eissfeller; J. M. Fraile Ordóñez y A. Lissner: *DIRES-A High Precision DGPS Reference Station*. Proceedings del 2nd Internacional Symposium on Differential Satellite Navigation Systems, DSNS'93, Amsterdam, Holanda, del 29 Marzo al 2 Abril; 1993.
- [3] Eissfeller, B. y J. M. Fraile Ordóñez: *An Algorithm for High Precision Total Electron Content Determination with GPS*. Presentado en el Workshop "Modelling the Ionosphere for GPS Applications", Neustrelitz, Alemania, del 29 al 30 Septiembre; 1993.
- [4] Kalafus, R. M.; A. J. van Dierendonck y N. A. Pealer: *Special Committee 104 Re-recommendations for Differential GPS Service*. Navigation, Journal of the Institute of Navigation, Vol. 33, 1, Spring; 1986.
- [5] Radio Technical Commission for Maritime Services: *RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service*. Versión 2.0, RTCM Special Committee no. 104, January 1; 1990.
- [6] Gloeckler, F.; A. J. van Dierendonck y R. R. Hatch: *Proposed Revisions to RTCM SC-104, Recommended Standards for Differential NAVSTAR/GPS Service for Carrier Phase Application*. Proceedings ION GPS-92, Fifth Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Albuquerque, del 16 al 18 Septiembre; 1992.
- [7] Eissfeller, B.; M. Haunschild; A. Jansche y N. Niklasch: *On-line health monitoring. An integrity improvement for the civil use of GPS and GLONASS*. Proceedings of Satellite Symposia 1 & 2: Navigation & Mobile Communications, and Image Processing, GIS & Space-assisted Mapping, International Space Year Conference, Munich, del 30 Marzo al 4 Abril; 1992.
- [8] Loomis, P.; G. Kremer y J. Reynolds: *Correction Algorithms for Differential GPS Reference Stations*. Navigation, Journal of the Institute of Navigation, Vol. 36, 2, Summer; 1989.
- [9] Engler, E.; A. Jungstand y D. Klähn: *First Experiences with the DGPS Reference Station DIRES*. Presentado en el National Technical Meeting of the Institute of Navigation, San Diego, del 24 al 26 de Enero; 1994.



TARJETA POSTAL

Por primera vez en años mis vacaciones no han sido interrumpidas, y las disfruto tranquilamente. ¡Es fantástico tener en quién confiar! Con Isidoro Sánchez, sé que cualquier problema será solucionado. ¡Qué descanso!

Carlos

LÍDERES EN SERVICIO

Un equipo de profesionales técnicos unido a la tecnología más puntera, puestos a su servicio para solucionar cualquier necesidad que pueda surgir en Topografía



Isidoro Sánchez, S. A.

Consúltenos. Esperamos su llamada

SERVICIOS INTEGRALES EN TOPOGRAFÍA

Ronda de Atocha, 16 - 28012 MADRID
Tel: (91) 46753 63 - Fax: (91) 539 22 16

TARJETA POSTAL

En el mar me siento tranquilo. Confío plenamente en mi embarcación porque para mí la calidad es fundamental. Por eso he dejado todos mis trabajos topográficos en manos de Isidoro Sánchez. En buenas manos.

Esteban

LÍDERES EN CALIDAD

Nuestro compromiso es el cliente. Por eso trabajamos cada día para innovar equipos, perfeccionar el servicio y asegurar su satisfacción. Meta: la mejora continua.



Isidoro Sánchez, S. A.

Consúltenos. Esperamos su llamada

SERVICIOS INTEGRALES EN TOPOGRAFÍA

Ronda de Atocha, 16 - 28012 MADRID
Tel: (91) 46753 63 - Fax: (91) 539 22 16

TARJETA POSTAL

Trabajar con Isidoro Sánchez, sale a cuenta. Este año, con el dinero que me he ahorrado y lo bien que han ido todos mis asuntos, he podido hacer este viaje inolvidable.

Sonia

LÍDERES EN PRECIO

Consulte nuestras tarifas. Por casi el mismo coste recibirá, además de equipos de primera calidad, asesoramiento, formación, rapidez, y la mejor atención que pueda encontrar.



Isidoro Sánchez, S. A.

Consúltenos. Esperamos su llamada

SERVICIOS INTEGRALES EN TOPOGRAFÍA

Ronda de Atocha, 16 - 28012 MADRID
Tel: (91) 46753 63 - Fax: (91) 539 22 16

*Los Topografos de todo
el Mundo confian en*
SOKKIA



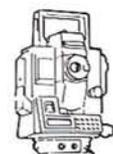
SOKKIA - EN LAS FRONTERAS DE LA TEGNOLOGIA TOPOGRAFICA

• GPS • Medida Industrial • Software • G.I.S. •



SOKKIA

LA MEJOR DE NOSOTROS PARA EL MUNDO



Isidoro Sánchez S.A., Ronda de Atocha 16, 28012 Madrid, España, Tel.: (1) 467.53.63, Fax: (1) 539.22.16



RTK



Competir en el mercado topográfico de hoy día significa encontrar procedimientos innovadores para optimizar la productividad.

El sistema Site Surveyor de



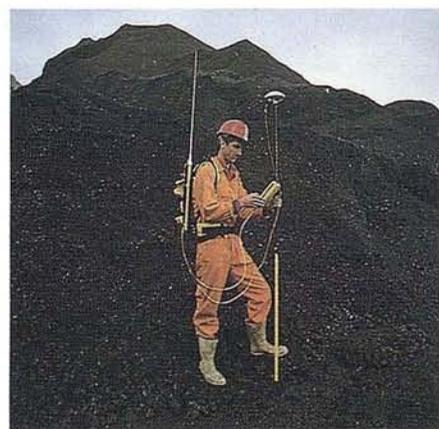
 **Trimble** introduce en la topografía una tecnología revolucionaria. Empleando satélites GPS, el sistema permite obtener las coordenadas de los puntos con precisión centimétrica en tiempo real y su display gráfico le ayuda a encontrar fácilmente los puntos de replanteo.

El sistema Site Surveyor es el único sistema topográfico, en su clase, basado en GPS y diseñado para trabajos topográficos, de apoyo, de replanteo o cartográficos; el sistema proporciona precisión centimétrica en tiempo real.

El Site Surveyor se basa en la técnica **RTK**, cinemático en tiempo real. Utilizando los receptores  **Trimble**

de tecnología digital, una o dos frecuencias, dotados del logal residente RTK, podrá realizar los trabajos descritos en tiempo real, como precisión centimétrica.

El sistema gráfico de orientación del Site Surveyor facilita el



replanteo aumentando la productividad. La indicación gráfica de azimut y distancia le permite alcanzar el punto que necesita ocupar sin necesidad de intervisibilidad o comunicación con otro operador.

RTK. El método de trabajo que empleará en el futuro. No lo olvide. RTK.

Si desea información adicional, llámenos. GRAFINTA, S. A.

Avda. Filipinas, 46
MADRID 28003

Tel. (91) 553 72 07

Fax (91) 533 62 82