

Teledetecció a l'INTA i l'ús de sensors aeroportats

María Jesús Gutiérrez
de la Cámara Ara

Alix Fernández-Renau
González Anleo

José Antonio Gómez Sánchez

Laboratorio de Teledetección
de l'Institut Nacional de Técnica
Aeroespacial

Antecedents

La trobada amb la teledetecció a l'Institut Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) té els seus orígens a la dècada dels 60 a través del desenvolupament de tècniques de reconeixement amb fotografia aèria mitjançant la realització de campanyes de vol amb cambres aeroportades.

El 1976 l'INTA, potser avançant-se a les necessitats reals de l'observació de la Terra a Espanya, va adquirir el seu primer sensor multispectral Bendix, amb una configuració capaç d'enregistrar (no reproduir) onze canals simultàniament, l'infraroig tèrmic inclòs. Aquest important esdeveniment, a més d'aportar una sòlida capacitat en la difícil tasca de la coordinació tècnico-operativa per a la realització de campanyes, va orientar el Laboratori cap a una activitat d'enginyeria de sistemes, en el sentit d'especificar (maquinari i programari), dissenyar i construir un sistema configurable de reproducció de dades del sensor (sincronitzadors de trama, decommutadors, programes en acoblador de lectura...); es va arribar a aconseguir una configuració de reproducció compacta per als onze canals simultàniament. Malauradament, al mateix temps el sensor Bendix anunciava, amb importants falles aleatòries al seu funcionament, la seva etapa final.

Paral·lelament a aquestes activitats, es va començar a treballar en el tractament digital de les imatges del sensor, amb una orientació més adreçada al coneixement de l'eina (sistema de tractament), que al de les diferents aplicacions per a les quals s'adquirien les dades.

A la segona meitat de la dècada dels 80, una crisi important va afectar tot l'INTA, el Laboratori de Teledetecció va reduir la plantilla de 12 a 3 tècnics. De fet, no va desaparèixer gràcies a l'esforç en la realització d'una sèrie de treballs puntuals, com per exemple, un projecte de cooperació amb l'AMES Research Centre de la NASA sobre classificació de recursos geològics i terrestres a Gredos; i un altre, de plantejament i execució difícils per la baixa qualitat de les dades, per a l'empresa nacional Adaro de Investigaciones Mineras, sobre el tractament d'una campanya d'anàlisi de suggeriments i anomalies tèrmiques al Mediterrani.

Fruit d'aquesta situació, en el context dels nous reglaments de l'Institut, es va adquirir el compromís que la teledetecció, com a tecnologia basada en sensors embarcats en plataformes aeroespacials, no pot ser ignorada per un organisme d'investigació en el camp aeroespacial com l'INTA.

Els punts següents reflecteixen de manera resumida els objectius de teledetecció proposats per a l'INTA en aquesta nova etapa:

- Crear i mantenir un grup expert en les tècniques de teledetecció amb sensors en avió i satèl·lit, amb capacitat per abordar l'ampli espectre de projectes civils i militars que cobreix aquesta tecnologia i, a més, prestar serveis d'assessoria i resoldre problemes concrets.
- Disposar d'un sistema d'adquisició i processament d'imatges i dades d'avió al servei de la comunitat, que pugui oferir les màximes prestacions possibles per resoldre els problemes de les aplicacions de la teledetecció.

Aquesta sèrie de situacions favorables convergeixen en la identificació de la teledetecció a l'INTA com una de les seves línies de desenvolupament prioritàries. Des de llavors ençà aquesta línia s'ha anat consolidant i, actualment, el Laboratori compta amb el personal i la tecnologia idonis per realitzar campanyes d'obtenció de dades-imatges de teledetecció i extreure'n informació d'interès, mitjançant l'aplicació de les tècniques de tractament adequades. D'altra banda, el Laboratori de Teledetecció du a terme una tasca molt important en el desenvolupament del programa militar franco-italo-espanyol HELIOS, com a responsable de la definició, disseny, desenvolupament i integració del Centro de Tratamiento y Explotación de Imágenes Español, projecte CTEIE.

Organització del Laboratori

El Laboratori de Teledetecció de l'INTA consta dels elements següents:

- Dues unitats tècniques les funcions de les quals responen a l'ordre lògic de tasques que genera un treball complet de teledetecció:
 - Unitat tècnica d'adquisició de dades.
 - Unitat tècnica de tractament d'imatges.

- Un grup de treball especialitzat en enginyeria de sistemes dedicat íntegrament al projecte CTEIE.
- L'NPOC, oficina de contacte entre els usuaris espanyols de teledetecció i l'European Space Agency (ESA, Agència Espacial Europea), que cobreix les funcions de distribució de productes i dades de teledetecció.

Unitat tècnica d'adquisició de dades

La seva funció prioritària és obtenir imatges multiespectrals de la superfície terrestre, per a la qual cosa planifica i du a terme campanyes de sobrevols. Compta amb la col·laboració de l'Esquadró 403 del Centro Cartográfico y Fotográfico de l'exèrcit de l'aire.

La unitat disposa d'un escàner multiespectral Daedalus-1268, totalment operatiu, de configuració molt flexible (IFOV variable, quatre velocitats d'escanejament, configuració espectral de simulació Thematic Mapper, CZCS, canals infrarojos de 3-51 µm i 8-14 µm d'alta de resolució, etc.). Així mateix, hi opera un Linescan o sensor d'escombratge que enregistra imatges infraroges en pel·lícula fotogràfica. El Laboratori té cambres Hasselblad per a fotografia aèria i pot subministrar, juntament amb les imatges digitals, fotografies preses amb cambres Wild RC-10.

La qualitat de les imatges obtingudes depèn, en gran mesura, de les condicions en què es van adquirir. Es dedica, per tant, una atenció especial a circumstàncies com:

- a) les característiques i prestacions de l'aeronau, concretament, l'acoblament mecànic-elèctric entre els sistemes de captació i l'avió,
- b) l'estat de l'entorn ambiental (meteorologia, lluminositat, posició del sol, fase lunar, època de l'any, orografia, etc.), i
- c) es condicions d'operació de l'escàner, característiques previsibles del fenomen a detectar (linealitat, orientació, intensitat, moment en què la seva detecció té més probabilitats d'èxit o un interès més gran, dimensió característica, etc.).

Les condicions esmentades estan estretament relacionades. Amb molta freqüència, la millora d'una s'ha de realitzar a costa de l'empitjorament d'una altra. A la fi sempre s'adopta una solució de compromís.

Durant el vol s'enregistren totes aquelles dades que defineixen l'escenari en què s'han obtingut les imatges i es genera un informe de vol.

Unitat tècnica de tractament d'imatges

La seva missió fonamental és realitzar les tasques de preprocessament, tractament

digital, anàlisi i interpretació de les imatges digitals procedents de sensors remots.

Amb la incorporació al Laboratori del sistema multiespectral s'ha impulsat el desenvolupament d'un programari específic per cobrir l'ampli ventall de possibilitats que presenta, sota criteris de multiespectralitat, multitemporalitat, anàlisis específiques de dades tèrmiques o utilització de la informació auxiliar.

La unitat disposa d'un sistema constituït per un processador digital d'imatges IMCO-1000 de Kontron B., una configuració cluster de processadors de control numèric Vax de Digital E.C., un programari integrat de processament digital d'imatges, i d'una xarxa de perifèrics completa. Aquesta configuració permet la realització de les tasques bàsiques i avançades pròpies del processament i interpretació d'imatges.

Com a resultat d'un procés complet d'obtenció, preprocessament i tractament d'imatges es genera un informe en què es recullen els procediments, les incidències i les conclusions de l'estudi, i molt sovint, amb vista al futur, s'apunten suggeriments, recomanacions, nous enfocaments, etc.

Projecte CTEIE del programa HELIOS

L'HELIOS (França-Itàlia-Espanya) és un programa classificat com a reservat pel Consell de Ministres Espanyol.

La missió fonamental del CTEIE és obtenir productes que permetin una explotació eficaç de les imatges obtingudes pel satèl·lit HELIOS, i proporcionar tot el suport necessari, tant lògic com d'equipament, per desenvolupar les tasques de producció i explotació dels productes.

Les funcions del CTEIE són:

- Adquisició i processament de dades de telemetria.
- Obtenció de productes d'identificació.
- Obtenció de productes normalitzats.
- Gestió d'arxiu i base de dades.
- Gestió de la producció i de l'explotació.
- Explotació d'imatges.

El CTEIE executa tot el procés d'obtenció de productes i de diàleg amb el Centre de Direcció i Programació. Consta dels sistemes següents: sistema de producció, gestió de base de dades i arxiu, explotació i tractament interactiu.

NPOC

(Punt Nacional de Contacte d'ESA a Espanya)

El servei espanyol de distribució d'imatges de satèl·lits de teledetecció va ser incorporat el mes de març passat al Laboratori de Teledetecció de l'INTA. Per aquest motiu, va traslladar la seva seu del carrer Pintor Rosales núm. 34, Madrid, a l'edifici que aquest Laboratori té a les instal·lacions de Torrejón de Ardoz de l'INTA.

Amb aquesta mesura l'Institut pretén potenciar les activitats que desenvolupen en aquesta oficina i afavorir, amb un contingut tècnic més gran, les seves funcions comercials d'assessora i distribuïdora.

L'NPOC distribueix imatges i dades dels satèl·lits: ALMAZ, ERS-1 (controla l'estació receptora d'FD *Fast Delivery* de baixa resolució), HCMM, LANDSAT (disposa d'un catàleg complet del territori nacional en *quick look* des de 1979), MOS-1, METEOSAT, NIMBUS-7, NOAA, SEASAT i SPOT.

Treballs desenvolupats pel Laboratori de Teledetecció des de la seva incorporació a la Divisió d'Investigacions Espacials

El novembre de 1991 el Laboratori va passar a formar part de la nova Divisió d'Investigacions Espacials. Aquest fet va confirmar l'interès de la direcció de l'INTA a potenciar les activitats d'investigació aèria/espacial en el camp de la teledetecció.

En etapes anteriors, tota l'activitat del Laboratori es plantejava des d'una perspectiva tècnica, l'objectiu fonamental de la qual era l'obtenció de resultats concrets. Des de 1992, s'ha adoptat un enfocament més orientat cap a la investigació.

Els treballs d'aquesta etapa es poden classificar en aquestes categories:

1. Campanyes de teledetecció.
2. Línies d'investigació específiques.
3. Desenvolupament de programes de programari.
4. Millores en la instal·lació d'equips.

Campanyes de teledetecció

ROTA. 91 - ARMADA
(novembre de 1991)

El 24 de novembre de 1991 va tenir lloc la realització d'una campanya de vols amb el sensor aeroportat Daedalus-1268 sobre la fragata f-83 "Numancia", en el marc del conveni de col·laboració entre la Jefatura de Apoyo Logístico (JAL) de la Direcció de Construcciones Navales Militares i l'INTA.

Durant el mes de gener de 1992, es van realitzar les tasques de processament i interpretació de les imatges obtingudes.

Objectius:

Estudi de la firma multispectral de la fragata "Numancia":

- Determinació dels canals espectrals que ofereixen major i menor detectabilitat de la fragata en diferents condicions de vol.
- Anàlisi de la resposta tèrmica diürna i nocturna de la fragata a la finestra 3 a 5 µm i 8 a 14 µm.

Els resultats d'aquest estudi estan recollits a l'informe INTA I-222/91 1/92.001.

CLIMA URBÀ DE MADRID
(febrer de 1992)

Projecte d'investigació per a l'estudi del fenomen "Isla de Calor" a la província de Madrid, mitjançant l'ús d'imatges multispectrals procedents del sensor aeroportat DS-1268.

Col·laboració amb el Centre d'Investigacions sobre l'Economia, la Societat i el Medi del Consell Superior d'Investigacions Científiques.

Objectius:

Estudi de les diferències en la temperatura de l'aire entre els espais urbans i les àrees rurals circumdants; l'efecte de l'època estacional, l'hora del dia, les condicions meteorològiques i la morfologia urbana.

Es van fer vols a 640 i 2 560 m amb IFOV de 2,5 mrad, en els quals es van obtenir imatges amb una resolució d'1,6 i 6,4 m, respectivament.

PROJECTE DE REHABILITACIÓ DE L'HORTA-JARDÍ DEL PALAU DE VILLENA, SOBRE LA BASE DE LA INFORMACIÓ OBTINGUDA PER TÈCNiques DE TELEDETECCIÓ

És un estudi pilot sobre la viabilitat de l'ús de les tècniques de teledetecció per a la remodelació de jardins i monuments històrico-artístics del Patrimoni Històric Nacional, encarregat per la Direcció General de Patrimoni Cultural i la Subdirecció General de Belles Arts.

Objectius:

Obtenció de la informació que faciliti la investigació històrica i estètica del "lloc" del Marquès de Villena a Cadalso.

Elaboració de la proposta concreta dels criteris que s'han de seguir en la futura remodelació.

Línies de treball identificades:

- Estudi geomorfològic: pendents, substrats i relleu topogràfic.
- Estudi i diagnòstic de la vegetació: vegetació actual, aspectes fitosanitaris i ordenació.
- Estudi edafològic: drenatge, estructura, risc d'erosió i compactació.
- Estudi d'elements arquitectònics: restes de tàpies, murs i murets de bancals. Elements ocults. Restes dels sistemes de proveïment d'aigua originals.

Les tasques realitzades pel Laboratori de Teledetecció en relació amb aquest projecte han estat les següents:

- Estudi de viabilitat i definició d'objectes concrets.

- Sobrevol d'una part de la zona d'interès, aprofitant un vol de calibratge del sensor (per a ús intern) de configuració 3-5 µm, amb tres passades diürnes.
- Decommutació de la informació obtinguda i generació de les CCT corresponents.
- Anàlisi preliminar de les imatges adquirides: aplicació de diferents tècniques de tractament digital d'imatges.
- Identificació de la necessitat de realitzar una campanya de vol dissenyada expressament per a aquest objectiu.

El Laboratori no va poder acollir aquest projecte perquè no va aconseguir ni el finançament, ni la col·laboració necessaris per abordar-lo en profunditat.

EUCLID

(European Cooperation for a Long Term in Defense) octubre de 1992

Programa de cooperació entre Espanya, França, Holanda i Portugal. La campanya de vol realitzada per l'INTA tenia per finalitat obtenir dades visibles i infrarojos d'una sèrie predefinida d'objectes en vols diürns i nocturns.

Fase 1: Adquisició de dades de rang visible, IFOV 2,5 *Low Geometric Quality Data* (LGQD).

Fase 2: Adquisició de dades de rang infraroig, IFOV 1,25 *High Geometric Quality Data* (HGQD).

Paral·lelament a aquest treball, s'ha aprovat una línia d'investigació pròpia del Laboratori orientada cap a l'obtenció de temperatures reals utilitzant tècniques de biespectralitat tèrmica.

MAR MENOR

(novembre de 1992 i juliol de 1993)

L'objecte d'aquesta campanya era recollir dades en l'espectre visible i infraroig del Mar Menor i del seu entorn, a fi de poder estudiar els fenòmens tèrmics característics de la zona i l'estat de les aigües, així com també altres dades d'utilitat: qualitat, temperatura superficial, grau de turbulència, dades batimètriques, morfologia del fons, rugositat de la superfície i abocament d'efluents, i realitzar una comparació entre el mar interior i el mar obert. Es van dur a terme dues campanyes, una a l'hivern i l'altra a l'estiu, per comparar dades. Les imatges van ser tractades per INISEL i INTA. En principi, aquestes imatges s'utilitzaran per a projectes d'indole diversa com planificació d'infraestructures turístiques, producció de mapes d'impacte ambiental, bases de dades per a Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG)...

Com a primer resultat, s'ha obtingut el desenvolupament d'un model predictiu de la qualitat d'aigües del Mar Menor amb

tècniques de teledetecció (presentat en col·laboració amb INISEL a la V Reunión Científica de l'Asociación Española de Teledetección, Canàries, 1993).

AEGEAN SEA

(desembre de 1992)

Avaluació de l'impacte ambiental de l'abocament de petroli.

L'interès de la realització d'una campanya de presa d'imatges d'aquest tipus és evident. El processament i el tractament de les imatges i d'altres dades (orografia de la costa, paràmetres meteorològics, aplicació de dispersants, tasques de succió del cru, col·locació de barreres físiques flotants, etc.) permeten avaluar l'impacte ambiental de l'abocament, la seva evolució temporal, la realització de models de comportament i optimització d'estratègies que s'han de seguir en aquest tipus de catàstrofes.

El resultat d'aquesta campanya és un treball presentat als congressos de l'Asociación Española de Teledetección (Canàries, 1993) i First Airborne Remote Sensing (Estrasburg, 1994).

VALLADOLID

(febrer de 1993)

Campanya realitzada per a estudis mediambientals en el marc de la col·laboració INTA-UPM (ETSI Agrònoms, Madrid).

Aquestes imatges cobreixen una zona on l'ETSIA realitza un estudi complet sobre zonificació del sòl des del punt de vista agrícola (estudi encarregat per la denominació d'origen Ribera de Duero). Recolzant-se en la informació coneguda per l'ETSIA, es duen a terme dos treballs:

1. Classificació de sòls.
2. Correlació entre característiques físiques i químiques del sòl i la seva signatura espectral en el rang cobert pel DS-1268.

EL PARDO

(juliol de 1993)

Campanya per a l'estudi de la influència atmosfèrica en els valors enregistrats pel sensor. Es van realitzar passades a tres altures sobre una massa d'aigua (embassament del Pardo). S'assumeix que els canvis en l'ND són causats principalment per l'aportació atmosfèrica i s'obté informació sobre les característiques (magnitud, distribució per canals...) de la interferència atmosfèrica.

WP 3000 - "TIR SENSOR SIMULATED IMAGES" CAMPANYA WEU

(juliol de 1993)

Programa de cooperació "Earth Observation Satellite System", sol·licitat per The Western European Union (WEU). La

participació del Laboratori està especificada en el paquet de treball: WP 3000 - "TIR Sensor Simulated Images". L'objectiu d'aquest projecte és la generació d'imatges simulades de satèl·lit per a l'estudi de viabilitat del futur sistema d'observació de la Terra de la WEU. Per tant, la campanya ha de cobrir àrees volades amb objectius d'interès per aquest sistema: zones urbanes, bases militars, aeroports... La resolució i resta de paràmetres d'adquisició venen donats per les imatges que s'han de simular.

Està compost per una sèrie de vols sobre Torrejón (juliol de 1993), San Javier (juliol de 1993), Campamento (juliol de 1993), Colmenar (juliol de 1993) i Gando (octubre de 1993).

BALEAR
(març de 1994)

Projecte d'investigació conjunt (INTA, Laboratori d'Enginyeria Marítima de la UPC), finançat per la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia en el marc del Programa Nacional de Medi Ambient i Recursos Naturals.

Objectius:

Proporcionar informació per al desenvolupament de futures anàlisis específiques del risc de contaminació a la costa catalana.

Subministrar dades necessàries per al disseny d'infraestructures de sanejament.

Línies d'investigació:

- Investigació de la circulació sobre la plataforma continental catalana en detall de mesoescala.
- Estudi dels processos d'estratificació i mescla de la columna d'aigua.

Línies d'investigació específiques

CORRELACIÓ ENTRE IMATGES TÈMIQUES OBTINGUDES PEL SENSOR DAEDALUS-1268 I TEMPERATURA CINÈTICA D'UNA SUPERFÍCIE (1993, 1994)

En el procés d'enregistrament de la radiació tèrmica emesa per un objecte amb un sensor remot, una sèrie de factors modifiquen el valor real x i donen lloc a una sortida del sistema Y .

El Laboratori de Teledetecció ha emprat una línia d'investigació per caracteritzar, en el cas concret del sensor Daedalus-1268, aquests factors, de manera que es pugui definir la funció de transferència $Y = F(x)$ i, posteriorment, recuperar x a partir de Y . Això permetria obtenir imatges de la temperatura cinètica real d'un objecte, i la comparació entre imatges adquirides en diferents condicions o sobre objectes diferents.

Els factors que formen la funció F són:

- emissivitat de l'objecte,
- funció de transferència (MTF),
- interferència atmosfèrica,
- interferències en el sensor (soroll),
- resposta dels instruments del sensor,
- correlació del nivell digital en la imatge temperatura,
- geometria de l'adquisició, etc.

El pla de treball consta de quatre objectius:

1. Aconseguir experimentalment taules que relacionin els nivells digitals de sortida del sensor en els canals tèrmics amb un valor de temperatura.
2. Utilització del programari (LOW-TRAN-7...) per a càlcul de la interferència atmosfèrica.
3. Desenvolupar el programari necessari per incorporar els resultats obtinguts en els punts anteriors a la imatge tèrmica, de manera que es visualitzi la informació corregida.
4. Validació del mètode mitjançant els tests corresponents.

PLA TECNOLÒGIC DE DEFENSA (1993, 1994)

El Laboratori de Teledetecció ha preparat una proposta d'investigació sobre "Utilització de tecnologia multiespectral en sistemes d'informació per a defensa", que ha estat aprovada pels responsables del Pla tecnològic de defensa.

L'objectiu principal d'aquesta proposta d'investigació és el desenvolupament d'una metodologia estàndard que faciliti l'obtenció d'informació d'interès a partir d'imatges multiespectrals obtingudes amb els sensors espacials operatius actualment i en un futur proper.

Línies d'investigació:

Per a la consecució d'aquest objectiu s'han proposat quatre línies d'investigació, que s'especifiquen a continuació:

1. Simulació d'imatges.
2. Estudi comparatiu de la resposta espectral en el rang infraroig d'objectes d'interès militar.
3. Estudi comparatiu de la resposta tèrmica diürna-nocturna d'instal·lacions o objectes estratègics.
4. Estandardització i modelització de tècniques de tractament i processament digital d'imatges orientades a la caracterització d'objectius.

Desenvolupament de programes de programari

PROGRAMARI INTA-IPS

Entorn obert de programes que facilita l'accés integrat a les aplicacions de tractament d'imatges desenvolupades al Laboratori de Teledetecció per a proces-

sament d'imatges de diferents formats, incloent-hi les procedents del sensor aeroportat DS-1268 (ELAS).

La finalitat d'aquests programes és incrementar l'eficiència del programari existent amb la incorporació de noves funcions. Treballa en un entorn de finestres de menú desplegable que van mostrant a l'usuari totes les opcions disponibles. Actualment, es disposa d'un format inicial del programa susceptible de millores o modificacions futures.

El programa ha estat realitzat en els llenguatges FORTRAN i C per a entorn VMS; s'ha utilitzat l'entorn VAXSET i els serveis System Services de VMS, que permeten el nivell més baix de instal·lació de què es disposa en VMS. Aquestes rutines es troben distribuïdes en diverses llibreries d'objectes.

El programa INTA-IPS permet la incorporació periòdica de noves funcions, sense necessitat d'alterar el disseny i ni la configuració actuals.

Millores en les instal·lacions d'equips

CORRECTOR DE DERIVA

L'octubre de 1991 es van prendre imatges multiespectrals amb el sensor Daedalus-1268 sobre una fragata en moviment de l'armada.

Les imatges adquirides mostraven una forta distorsió geomètrica atribuïble al gran angle de deriva amb què es van realitzar algunes passades, a causa del fort vent lateral.

Encara que el suport estabilitzat PAV-10 de cambra de fotografia aèria Wild RC-10, sobre el qual està muntat el mòdul detector o *scan head* del sensor Daedalus-1268, permet que el navegant corregeixi l'angle de deriva durant el vol, el disseny de la primera interfície o element d'adaptació del mòdul detector al suport esmentat impossibilitava físicament la correcció.

Llavors, el Laboratori de Teledetecció va dissenyar un altre element auxiliar anomenat "extensor", que en endavant permetrà corregir l'angle de deriva durant el vol, amb la consegüent millora de la qualitat geomètrica de les imatges.

CORRECTOR D'APANTALLAMENT

Del 9 al 13 de març de 1992 es va realitzar, amb l'assessorament de dos tècnics de l'empresa Daedalus Ent. Inc., el "Final Commissioning" dels sistemes d'adquisició d'imatges comprats pel Laboratori de Teledetecció de l'INTA.

Es va observar que en la configuració de "baixa resolució/camp ample" les imatges presentaven un entenebriment a les vores o *vignetting*. Aquest defecte no apareixia a les imatges adquirides amb l'altra

òptica. L'aparició de *vignetting* s'ha atribuït a la instal·lació del dispositiu corrector de deriva. Aquest defecte no apareix amb l'altra òptica perquè el camp de visió és molt més petit (la meitat).

Un cop identificada la causa, es va procedir a dissenyar i fabricar una nova interfície que permetés eliminar el defecte de *vignetting* durant el vol i fos compatible amb el mecanisme de correcció de la deriva. Els elements de correcció de deriva i *vignetting* es van provar amb èxit.

INSTAL·LACIÓ DEL SENSOR DAEDALUS-1268 A L'AERONAU CESSNA CITATION V

Una de les millores que permetrà abordar noves campanyes és la instal·lació del sensor a la nova aeronau Cessna Citation V, adquirida fa poc per l'Esquadró 403 del Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire. Amb aquesta finalitat es treballa en la definició de les condicions que haurà de tenir la instal·lació del sistema d'adquisició d'imatges de teledetecció Daedalus-1268.

Aplicacions de la teledetecció aeroportada

Avui dia comptem amb una nova generació de satèl·lits experimentals en diferents programes d'observació de la Terra. El processament, tractament i interpretació de les dades que subministren permet realitzar una investigació més eficaç en les diferents aplicacions, en poder accedir a una informació més bona dels paràmetres que defineixen els diferents ecosistemes.

No obstant això, malgrat aquest avanç espectacular en les diferents disciplines relacionades amb l'observació de la Terra des de l'espai, hi ha algunes llacunes en les quals l'estat de l'art de la teledetecció espacial no permet abordar una solució vàlida. En alguns d'aquests problemes és la teledetecció aèria la que ofereix una solució real. Cal ressaltar-ne dos aspectes:

- a) L'adquisició de dades des de l'avió proporciona una nova perspectiva en l'enfocament d'alguns dels projectes abordables amb teledetecció, flexibilitza la selecció d'alguns dels paràmetres de l'observació espacial; per exemple, permet elegir la resolució temporal fins el nivell de dia i hora d'adquisició, i també la resolució espacial. En resum, es treballa a l'escala desitjada i es cobreixen àrees escollides d'acord amb diferents criteris.
- b) Alguns prototipus de nous sensors o sensors operatius poden actuar com a plataforma experimental en futurs programes d'observació de missions espacials, particularment en simulació d'imatges, són utilitzats com a base d'estudi de les característiques espacials,

temporals, espectrals i radiomètriques de la imatge.

En general, la informació que proporcionen les tècniques d'obtenció i tractament d'imatges de teledetecció permet realitzar estudis relacionats amb: predicció de collites, realització i actualització de mapes de conreus, lluita contra incendis forestals, inventaris i mapes forestals, control i estudi d'espais naturals protegits, control de la humitat del sòl, estimació d'evapotranspiració, seguiment i quantificació de l'erosió, estimació de reserves de neu, control de qualitat d'aigües, identificació de sòls, intercanvis d'energia i aigua entre sòl i atmosfera, mapes geomorfològics, litològics, etc., previsió de riscos geològics, planejament d'infraestructures, estudi de l'impacte ambiental d'activitats humanes, investigació de recursos miners, energètics, seguiment de catàstrofes naturals, estudis de corrents marins, batimetria, recursos pesquers, detecció i quantificació de contaminants marins, generació de mapes temàtics, creació de models digitals del terreny, control de l'ús del sòl, estudis dels ecosistemes urbans, etc.

Treballar amb el Laboratori de Teledetecció de l'INTA

El Laboratori de Teledetecció de l'INTA col·labora en congressos i reunions sobre tots aquells aspectes, equipaments i metodologies, que concerneixen al desenvolupament i ús de la teledetecció.

El Laboratori de Teledetecció de l'INTA està obert a la realització de treballs, estudis i investigacions en qualsevol dels camps d'aplicació de les tècniques de teledetecció, amb empreses i organismes públics i privats.

Per a més informació, les persones interessades poden adreçar-se a:

Laboratorio de Teledetección

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

Carretera de Torrejón de Ajalvir km 4

28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Telèfons: 627 09 90, 627 09 91,

627 09 92

Fax: 627 09 45

Apèndix I

Sistema Daedalus-1268

I. 1 Descripció del sistema d'adquisició d'imatges

L'escàner multispectral Daedalus-1268 anomenat "Airborne Thematic Mapper" (ATM) és un sensor passiu dissenyat per captar i enregistrar la radiació procedent de la superfície terrestre des d'una plataforma aèria.

És un sensor aeroportat compatible espectralment amb el sensor Thematic Mapper dels satèl·lits LANDSAT 4 i 5. Proporciona dades codificades en PCM BiØ-L enregistrades simultàniament en 12 pistes mitjançant un enregistrator magnètic d'alta densitat. Es tracta d'un sistema d'escombratge per línies, dotat d'un espectròmetre formador d'imatges. Recull des de l'aire informació radiomètrica del terreny en forma analògica, que un mòdul electrònic transforma en senyal digital de 8 bits, o el que és el mateix 256 nivells de gris.

L'equip consta d'un mòdul detector instal·lat sobre un suport de cambra de fotografia aèria RC-10, d'un mòdul electrònic de control i d'un mòdul d'enregistrament en suport magnètic d'alta densitat (HDDT). La unitat detectora és de disseny modular, amb la qual cosa pot cobrir un ampli rang d'especificacions mitjançant l'intercanvi d'uns mòduls per altres. Les variacions possibles són la selecció de les bandes espectrals i el canvi de camp de visió instantània (*Instantaneous Field of View*, IFOV). El sistema adquirit per INTA disposa, a més de l'array de sensor Thematic Mapper (TM), un array del sensor Coastal Zone Colour Scanner (CZCS), dos mòduls d'infraroig mitjà: un d'1,6 µm i un altre de 2,2 µm; i dos mòduls detectors d'infraroig tèrmic: un de 3-5 µm i l'altre de 8,5-13,0 µm. Els IFOV disponibles són de 2,5 mrad i d'1,25 mrad. El seu intercanvi s'ha de fer al Laboratori.

El Daedalus-1268 recull energia en el marge espectral de 0,42 a 13,0 µm, que inclou la zona de radiació visible, infraroig proper, mitjà i tèrmic, de l'espectre electromagnètic.

L'energia procedent de la zona sobre la qual es vola arriba a un mirall giratori amb forma de tascó, i és dirigida a un espectròmetre, que consta d'elements òptics (lents, miralls, xarxes de difracció, filtres) que separen espectralment aquesta radiació policromàtica, la filtren i l'enfoquen sobre els elements detectors.

D'aquesta manera, l'energia que arriba al mòdul detector se separa en dotze canals que varien segons la configuració espectral de l'escàner en aquest moment. Els elements detectors de radiació visible i d'infraroig proper són detectors fotovoltaics de silici als quals arriba la radiació dispersada per un prisme situat davant d'aquests. En l'infraroig mitjà són detectors fotovoltaics d'antimoniür d'indi (InSb)

associats a un joc de filtres que permet definir la finestra de radiació a què són sensibles. Els elements que capten la radiació en l'infraroig tèrmic són detectors MCT (HgCdTe), la finestra de sensibilitat dels quals es limita mitjançant un filtre de pas alt de $8,5 \mu\text{m}$ (típic) i la carda de la mateixa corba de resposta de l'element (varia entre 12 i $13 \mu\text{m}$). Cada element detector d'infraroig mitjà i tèrmic va encapsulat juntament amb un dipòsit de nitrogen líquid i dins d'una cambra de buit que li permet mantenir-se a una temperatura de funcionament adequada, sense necessitat de proveir-se de nitrogen durant algunes hores. Els elements detectors converteixen la radiació electromagnètica que capten en un senyal elèctric, que és preamplificat abans de sortir de l'*scan head* o mòdul detector.

L'equip posseeix dues fonts internes de calibratge, anomenades "cos negre 1" i "cos negre 2" (BB1 i BB2) que són "vistes" pel mirall rotatori abans i després de cada línia d'imatge. S'empren com a nivells de referència tèrmica en els canals d'infraroig tèrmic i com a nivell de "negre" en els canals visibles.

Mitjançant el senyal elèctric subministrat per un giroscopi que va muntat sobre el mòdul detector, es corregeix l'angle de curvatura o *roll* durant el vol.

L'escàner Daedalus-1268 ha estat instal·lat en un avió modificat CASA-212, propietat de les Forces Aèries Espanyoles. El subministrament d'energia elèctrica es realitza a través d'un mòdul especial instal·lat a l'aeronau. Els mòduls de control i enregistrament estan instal·lats en racks aeronàutics homologats i proporcionen l'aïllament elèctric i mecànic que l'equip requereix. El mòdul detector s'ha instal·lat sobre un suport estabilitzat PAV-10 de cambra de fotografia aèria Wild RC-10, mitjançant, una interfície mecànica dissenyada i fabricada per INTA, que permet corregir l'error de deriva durant el vol amb la consegüent millora de la qualitat de les imatges que es prenen. La correcció de l'error que introdueix l'angle de curvatura es fa a partir de la mesura realitzada amb un giroscopi fixat al mòdul detector. Els senyals analògics que arriben al mòdul de control s'analitzen mitjançant un oscil·loscopi integrat en l'esmentat mòdul i s'adeqüen al rang de digitalització disponible abans de convertir-los en senyals digitals i de procedir a enregistrar-los.

També es disposa d'un subsistema de visualització a bord en temps real, *Moving Window Display* (MWD), que permet veure les imatges que s'estan enregistrao que ja han estat enregistrades, i verificar-ne la qualitat, el funcionament correcte de tot el sistema i el cobriment que se'n pretén obtenir. S'anomena decommutació o preprocessament l'operació que consisteix a transformar el format de les dades adquirides a bord de l'aeronau i enregistrar-les en cinta magnètica d'alta densitat (HDDT), a un format i suport estàndard, compatible amb ordinador (format ELAS i suport magnètic CCT). Durant aquesta fase es procedeix a la primera visualització de les imatges obtingudes durant la campanya, en les diferents passades i canals. A partir d'aquesta, s'escullen per a la decommutació les imatges de les passades i canals d'interès i qualitat majors.

I. 2 Característiques tècniques

1. Sistema d'adquisició d'imatges digitals i multiespectrals Daedalus-1268.
 - Elements detectors de radiació visible i NIR de silici (canals 1 a 8).
 - Detectors fotovoltàics d'InSb per a detecció de radiació d'infraroig mitjà (canals 9 a 10) refrigerats amb nitrogen líquid.
 - Detectors d'infraroig tèrmic d'HgCgTe, amb refrigeració mitjançant nitrogen líquid.
 - IFOV (*Instantaneous Field of View*) $1,25 - 2,5$ mrad (selec.).
 - FOV $85,92^\circ$ per a IFOV = $2,5$ mrad, $42,96^\circ$ per a IFOV = $1,25$ mrad.
 - Velocitat d'escanejament seleccionable: $12,5$, 25 , 50 i 100 scans/segon.
 - Correcció de curvatura màxima: $+15^\circ$.
 - Paraules-vídeo per línia: 716 .
 - Possibilitat de correcció d'S-Bend durant la presa d'imatges.
 - Disponible un *array* de simulació de sensor CZCS.
 - Disponible un mòdul de detector per al canal infraroig tèrmic de 3 a $5 \mu\text{m}$.
2. Sistema de preprocessament per a conversió de cintes de format HDDT a CCT, Daedalus-1861, consta de:
 - consola de control del processament,
 - maquinari específic de decommutació,
 - programari i documentació,
 - enregistrator/reproductor d'HDDT, i
 - monitor de pantalla mòbil.

3. Ban de calibratge i proves del sistema DS-1268.
4. Array intercanviable de detectors CZCS per al sistema DS-1268.
5. Kit de conversió per a la finestra atmosfèrica de 3 a 5 μm .
6. Kit de canvi d'IFOV de 2,5 a 1,25 mrad.

Apèndix II

Sistemes GPS instal·lats

II.1 Sistema GPS autònom

El receptor GPS autònom Transpack II de Trimble permet introduir dues grans millores en la realització de les campanyes de presa d'imatges:

- La navegació al llarg de les passades fins aquell moment es feia mitjançant el seguiment visual d'una trajectòria traçada sobre un mapa 1:50 000, emprant com a punts de referència accidents del terreny, poblacions, carreteres, etc.; amb el suport de la tècnica del *Global Positioning System* GPS, la navegació passa a ser molt més autònoma, permet realitzar campanyes sobre zones de les quals no hi ha cartografia, o, si n'hi ha, és pobre o bé antiquada. A més, fa possible l'execució de vols sobre mar obert i en condicions de baixa visibilitat.
- La informació de posició, velocitat i rumb a cada instant pot ser enregistrada durant el vol, la qual cosa permet georeferenciar les imatges preses. En el passat, la "georeferenciació" de les imatges es feia mitjançant punts o objectes característics localitzats en les imatges i la seva identificació en el plànols utilitzats, per seguir les passades.

El receptor GPS autònom proporciona posicions amb un error d'uns 100 metres entre X i Y, i d'uns 150 metres en altitud, a causa de la degradació introduïda sobre el codi C/A del senyal GPS pel DoD (Department of Defense) dels Estats Units d'Amèrica, propietari del sistema.

II.2 Sistema GPS diferencial

La tècnica de posicionament anomenada GPS diferencial en temps real permet corregir l'error produït per la degradació del codi C/A i proporcionar posicions "exactes" cada segon. S'empren dos receptors GPS, un es col·loca en un punt de coordenades conegudes, estació de referència, i l'altre a l'aeronau, estació mòbil. El receptor de l'estació de referència

compara la posició que li proporcionen els senyals que rep dels satèl·lits, amb la posició introduïda manualment i calcula l'error introduït en el codi C/A i l'envia mitjançant un enllaç de ràdio de VHF a

l'estació mòbil. L'estació mòbil processa la informació que li arriba de l'estació de referència i dels satèl·lits, i obté posicions amb un error d'uns tres metres a X i Y, i 4,5 metres a Z. Es disposa d'un maquinari i programari que permet representar la zona de la qual es prendran les imatges, les passades que es faran i el seu seguiment. Les dades s'enregistren en suport magnètic durant el vol. S'enregistra a la capçalera de cada línia d'imatge obtinguda amb el Daedalus-1268 un comptador que permet correlar les posicions amb la informació imatge.

Apèndix III

Elements del sistema de tractament d'imatges

III.1 Configuracions de programari

Programari INTA-IPS

Conjunt de programes i utilitats desenvolupades al Laboratori de Teledetecció per al processament d'imatges de diferents formats, incloent-hi les procedents del sensor aeroportat Daedalus-1268 (ELAS).

Programari GEO-JARS de MICROM

És un bloc de programació per al processament digital i analític d'imatges de teledetecció. Opera en els conjunts IMCO i IPS (*Image Processing System*) de Kontron Bildanalyse, i inclou els bloc operatius següents:

- manipulació de fitxers,
- grup d'entrada/sortida,
- utilitats d'imatge,
- signatures espectrals i classificació,
- correccions geomètriques i radiomètriques,
- connexió amb SIG, i
- correcció radiomètrica i Models Digitals del Terreny (MDT).

III.2 Configuració de maquinari

Ordinador VAX 4100:

- Sistema operatiu VMS ver. 5.5-2.
- Memòria RAM de 16 Mbytes.
- Monitor gràfic VT320.
- Connexions via SCSI, DSSI o Qbus:

Canal	Configuració ATM DS-1268	DS-1268 Opció 3-5 μm	Configuració CZCS
1	0,42-0,45 μm	0,42-0,45 μm	0,423-0,463 μm
2	0,45-0,52 μm	0,45-0,52 μm	0,480-0,500 μm
3	0,52-0,60 μm	0,52-0,60 μm	0,508-0,532 μm
4	0,60-0,62 μm	0,60-0,62 μm	0,543-0,577 μm
5	0,63-0,69 μm	0,63-0,69 μm	0,580-0,630 μm
6	0,69-0,75 μm	0,69-0,75 μm	0,638-0,702 μm
7	0,76-0,90 μm	0,76-0,90 μm	0,715-0,815 μm
8	0,91-1,05 μm	0,91-1,05 μm	0,830-0,940 μm
9	1,55-1,75 μm	1,55-1,75 μm	1,55-1,75 μm
10	2,08-2,35 μm	N/A	2,08-2,35 μm
11	8,50-13,0 μm	3,0-5,0 μm	8,50-13,0 μm
12	8,50-13,0 μm	8,50-13,0 μm	8,50-13,0 μm

Taula 1:

Configuracions espectrals possibles

- Disc dur RF72 de GigaBytes
- Disc dur RF31 de 381 Mbytes
- CD-ROM RRD42, només lectura, de 600 Mbytes

Connexió via LAT (*Local Area Transport*) a:

- Windowing terminal VXT215:
 - Memòria RAM de 10 Mbytes
 - Sense dispositiu d'emmagatzemament intern
 - Entorn XWindows i MOTIF
 - Monitor en colors de 15 polzades i 8 bits per píxel
- Windowing terminal VXT219:
 - Memòria RAM de 10 Mbytes
 - Sense dispositiu d'emmagatzemament intern
 - Entorn XWindows i MOTIF
 - Monitor en colors de 19 polzades i 8 bits per píxel

Dispositius de sortida:

- Subsistema de cintes de cartutx TZ85:
 - Només lectura de cartutxos TK50
 - Només lectura de cartutxos TK70
 - Lectura i escriptura de cartutxos Compact Tape III TK81: capacitat 2 GigaBytes, 1/2 polzada, 1200 feeT
- Subsistema de cintes magnètiques TU81 per a CCT:
 - Doble densitat 1600/6250 bits/polzada
- Impressora tèrmica de color D-SCAN CH5514 de SEIKO.
- Equip FOCUS ImageRecorder PLUS connectat al monitor (RGB):
 - Cambra de diapositives estàndard de 35 mm
- Impressora matricial EPSON LQ 570 de 80 columnes.
- Impressora matricial FACIT B-3150 de 132 columnes.

Connexió per mitjà de Qbus (drv1a) al processador gràfic:
IMCO 100 de Kontron Bildanalyse

- Capacitat d'emmagatzemament: 16 Mbytes en memòria volàtil
- Plànol gràfic de 16 Mbits
- Processament Pipeline
- Monitor en colors HITACHI de 8 bits per píxel (1 280 x 1 024)
- Monitor en colors MICROVITEC de 24 bits per píxel (800 x 600)
- Targeta digitalitzadora

Digital Audio Tape (DAT) TLZ06 per a cintes (en tràmit).
Unitat de disc RX26 per a discos flexibles.

Connexió en cluster amb el VAX 4100:

- VAXSTATION 3100
- Dos discs durs RZ23 de 100 Mbytes de capacitat
 - CD-ROM RRD40
- Dispositiu de sortida:
- Lector de cartutxos TK50

Connexió en cluster amb el VAX 4100:

- MICROVAX II
- Disc dur RA81 de 381 Mbytes de capacitat
- Dispositius de sortida:
- Lector de cartutxos TK50
 - Unitat lectora de cintes magnètiques TSV05 per a CCT

Connexió a través de xarxa (*pathworks*, protocol TC-PIP):

- Ordinadors personals:
 - Sistema operatiu: DOS 6.0
 - 4 Mbytes de RAM
 - 80 Mbytes de disc dur
 - Targeta gràfica VGA (1 SuperVGA disponible)
 - Unitats de disc per a discos 5 1/4 i 3 1/2
- Perifèrics disponibles:
 - Impressora làsser IIIp
 - Escàner EPSON GT-4000
 - Plòter HP 7550 Plus (DIN A-3/A-4)
 - Impressora en colors HP DESKJET 550 C

CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, se ofrece como medio de comunicación para las instituciones, investigadores o estudiosos interesados en las distintas disciplinas que tienen incidencia sobre la Ordenación Territorial y el Urbanismo, invitando a colaborar a los urbanista, ingenieros, arquitectos, geógrafos, juristas, sociólogos, economistas, ecólogos, historiadores y demás profesionales especialistas en estas materias de las ciencias territoriales (Coranomía), con el objetivo de mejorar el conocimiento de todo lo que se relacione con la CIUDAD y el TERRITORIO.

Las dos veteranas revistas CIUDAD Y TERRITORIO y Estudios Territoriales que han venido desarrollando su labor de divulgación científica en los campos de la política territorial y el urbanismo, han procedido a su integración en una sola Revista. Bajo su cabecera.

CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales continúa siendo un vehículo de expresión de los trabajos, estudios, proyectos, realizaciones, actividades, congresos o debates con destacado interés en lo relacionado con la ciencias regionales, ordenación territorial, políticas de gobernación del espacio territorial europeo y nacional-regional, grandes actuaciones de transporte, infraestructuras, comunicaciones, vivienda y medio ambiente, estructurantes del territorio y los procesos técnicos de concertación intradministrativa e intereuropea, así como en lo referente a todas las disciplinas relacionadas con el urbanismo y sus diferentes aspectos históricos, sociológicos, técnicos, legales y económicos

CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales como revista continuadora de sus dos antecesoras, a las que refunde, asume la tradición que ambas se habían forjado en su larga y fructífera andadura editorial

CIUDAD Y TERRITORIO

Estudios Territoriales

Vol. II Tercera época
Nº 100, verano 1994

*Región
y ciudad
eco - lógicas*



Ministerio de Obras Públicas, Transportes
y Medio Ambiente

Redacción

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y
Vivienda
Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio
Ambiente
28071 MADRID - ESPAÑA
Tlfn: 597 58 83 - Fax: 597 58 84

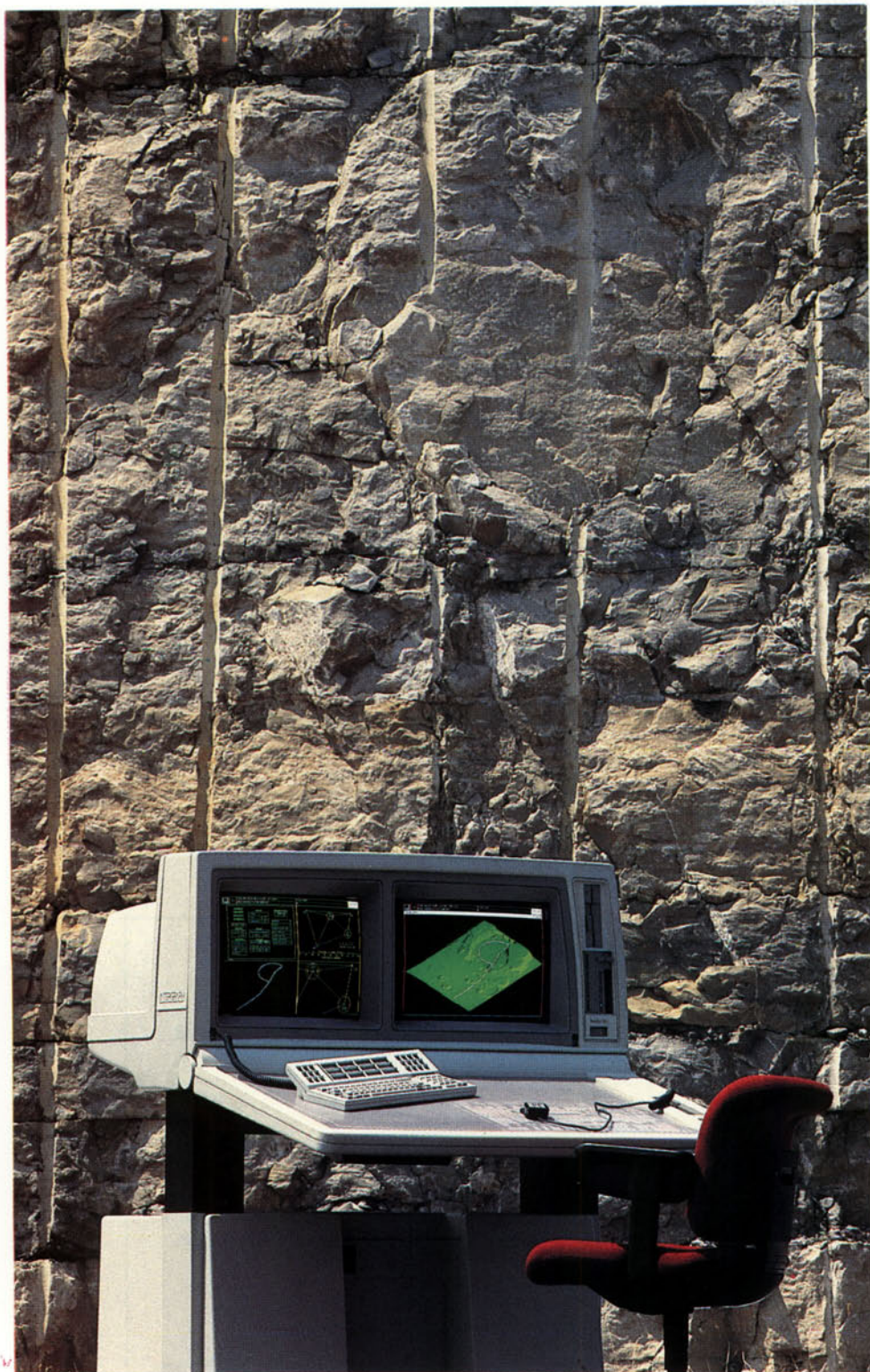
Suscripciones

Centro de Publicaciones
Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio
Ambiente
Paseo de la Castellana, 67
28071 MADRID - ESPAÑA
Tfno: 597 72 66 - Fax: 597 84 70

Suscripción anual: España: 5.000 ptas.
(4 números) Extranjero: 7.000 "

Número Sencillo: España: 1.500 ptas.
Extranjero: 2.500 "

Empezar sobre una base sólida



Cuando se están estableciendo las bases para la construcción de un edificio o autopista o de un sistema completo de información geográfica, se necesita una tecnología avanzada en topografía y cartografía. Existe un sistema suficientemente flexible que contiene una amplia gama de aplicaciones; una solución que resuelve todas las necesidades de captura de datos: INTERGRAPH.

Una base sólida para su proyecto

Para mejorar la eficacia en los proyectos o levantamientos para ingeniería, se requiere:

- Conexión con libretas electrónicas.
- Diseño parametrizado.
- Proyecto, simulación y cálculo de redes geodésicas.
- Modelos digitales del terreno.
- Aplicaciones para la implantación y diseño en ingeniería.
- Aplicaciones para cálculo y análisis de movimiento de tierras.

INTERGRAPH ofrece estas herramientas como parte de un sistema total e integrado, para la captura, gestión, análisis y presentación de información geográfica. Con INTERGRAPH, todos los ficheros relacionados con un proyecto forman parte de una base de datos única. La información compartida ayuda a los distintos departamentos a comunicarse adecuadamente, evitando la duplicación de datos, mejorando la productividad.

Un compromiso sólido de formación y asistencia

Para INTERGRAPH, la formación y asistencia al usuario son temas prioritarios. A partir del conocimiento de las tareas cotidianas en topografía e ingeniería, se consigue mejorar la productividad y la eficacia, introduciendo adecuadamente los gráficos interactivos. Este compromiso con el usuario ha convertido a INTERGRAPH en el líder mundial en cartografía asistida por ordenador.

Empezar con INTERGRAPH supone establecer una base sólida, para cualquier proyecto en topografía, ingeniería o cartografía.

Un sistema único. Todas las soluciones.

Para más información, dirigirse a:
INTERGRAPH ESPAÑA, S.A.
C/. Gobelos, 47-49 LA FLORIDA
28023 MADRID Tel.: 91 - 372 80 17
EDIFICIO UNIBER c/. Aribau, 197-199
08021 BARCELONA Tel.: 93 - 200 52 99
c/. Las Mercedes, 8 48930 LAS ARENAS
GETXO (VIZCAYA) Tel.: 94 - 463 40 66

INTERGRAPH