

# 30 anys Institut Cartogràfic de Catalunya

Projectes de recerca, desenvolupament  
i innovació tecnològica  
1982-2012



30 anys  
1982-2012

# Índex

Presentació .....	A
Fites tecnològiques de R+D+IT .....	C
Indicadors econòmics .....	E
Indicadors de R+D+IT .....	G
Sumari .....	I
Relació projectes de R+D+IT, 1982-2012 .....	1



# Presentació

L'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) realitza activitats de recerca, desenvolupament i innovació per tal de disposar de tecnologia pròpia, difondre i implantar nous mètodes de treball, crear nous productes i serveis, i assolir els coneixements necessaris per a continuar essent un centre d'excel·lència i de referència a Catalunya.

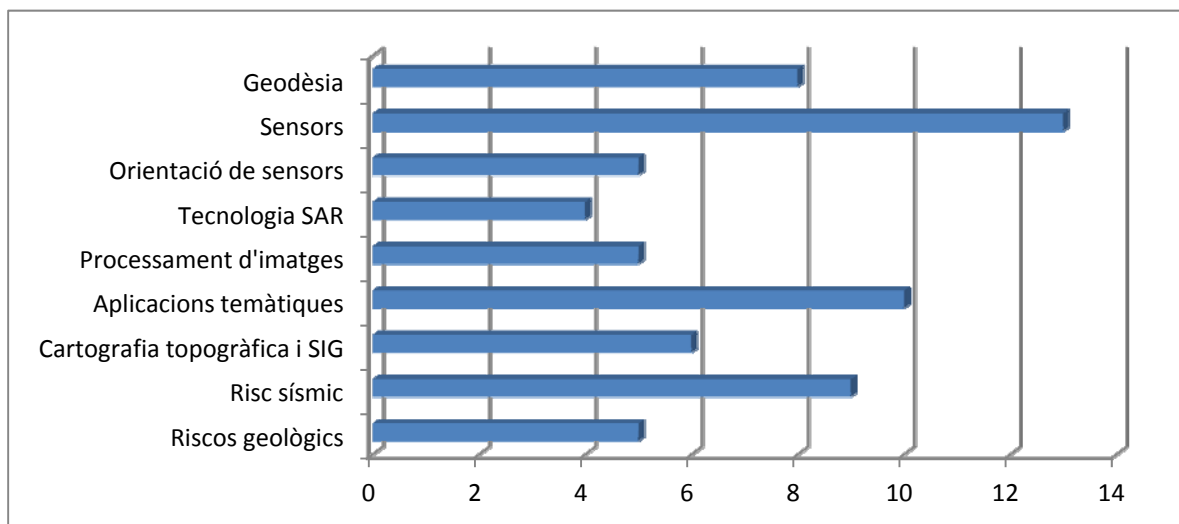
Les línies de recerca i desenvolupament abasten disciplines tant heterogènies com la geodèsia, la cartografia, la teledetecció, la cartoteconomia, el modelatge i la formalització d'informació espacial, i la difusió d'informació per Internet. També es recull els projectes de R+D+IT que va dur a terme el Servei Geològic de Catalunya quan formava part de l'ICC (1995-2005) referents a la geofísica i a la geologia.

Per a desenvolupar aquests projectes, l'ICC compta amb un grup d'especialistes amb reconeguda experiència i amb presència nacional i internacional. Això ha fet que alguns dels projectes que tot seguit s'exposen siguin peoners, tant a nivell d'Espanya com a nivell d'Europa.

També cal citar la destacada activitat que, des del seu inici, l'Institut ha desenvolupat en comissions, grups de treball i associacions. El personal tècnic de l'ICC se'ls ha convidat a formar-hi part atenent la seva expertesa.

En total es presenten els 65 projectes que l'ICC qualifica de R+D+IT, es mostren les fites assolides i els seus indicadors.

Distribució dels projectes per àmbit temàtic, 1982-2012.



Barcelona, febrer de 2014



# Fites tecnològiques de R+D+IT

## Geodèsia

Les activitats de recerca i desenvolupament en geodèsia tenen com a objectiu millorar i innovar els serveis del Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya (SPGIC), que dona un marc de referència precís i homogeni a la informació geogràfica alhora que facilita el posicionament sobre el territori.

## Sensors

Els sensors són els instruments per a la captació primària de dades. De forma general, els sensors es classifiquen en dos grans grups: els passius com les càmeres digitals, els sensors hiperespectrals i de microones, i els actius, que il·luminen els objectes abans de mesurar el retorn del senyal, tal com els altímetres làser i el radar. Tots aquests sensors poden anar instal·lats en sistemes mòbils terrestres, aeris o espacials. La línia de treball inclou la determinació acurada del model geomètric del sensor i de les seves característiques radiomètriques.

## Orientació de sensors

Perquè les dades que capten els sensors sigui correctes i aprofitables per a donar la mètrica precisa a qualsevol cartografia i projecte específic, aquests han d'estar correctament orientats. Primer s'orientaven indirectament, mitjançant l'aerotriangulació per blocs i models independents, i més tard, amb l'ús de tecnologia GPS i la instal·lació d'una antena GPS als avions fotogramètrics de l'ICC, va ser possible calcular de manera segura la trajectòria de l'avió durant el vol fotogramètric i determinar la posició del centre de projecció de les càmeres mètriques en l'instant de la presa de les fotografies.

## Tecnologia SAR

Els sensors radar d'obertura sintètica (SAR) són sensors actius. La particularitat d'aquests sensors és que poden treballar tant de dia com de nit, també poden treballar en zones nuvolades (molt útil per a fer cartografia del tròpic). Proporcionen dos tipus d'informació: la intensitat del retorn del senyal i una fase relacionada amb la distància entre el sensor i l'objecte observat. És aquesta fase la que facilita informació per a determinar elevacions del terreny o per a determinar moviments de terra a partir de l'interferograma de dues imatges que es capten des de posicions lleugerament diferents l'una de l'altra.

## Processament d'imatges

Les imatges captades per sensors, ja siguin actius com passius, han de ser tractades fins a arribar a ser un producte cartogràfic. En conseqüència, l'ICC desenvolupa contínuament eines de tractament d'imatge tant per a millorar els seus productes basats en imatge com per a explotar la informació continguda en les imatges digitals, i per optimitzar i automatitzar les metodologies de producció.

El processament d'imatges consisteix en fer igualació radiomètrica, igualació de contrast, millora de les tècniques automàtiques de mosaic per incorporar la possible informació oculta pels núvols, per solucionar les pèrdues de definició d'imatge associades als diferents pendents del relleu (estirades) i per eliminar les zones que pateixen ocultacions per objectes descrits en el model digital de superfície.

## **Aplicacions temàtiques**

Les imatges de satèl·lit són molt propícies per a extreure informació temàtica per a fer estudis que requereixen resultats a curt termini. Dins d'aquest epígraf cal mencionar el projecte de la classificació d'usos del sòl, la delimitació d'incendis forestals, l'agricultura de precisió, l'expansió urbana, la detecció de canvis territorials, només per citar-ne uns quants exemples.

## **Cartografia topogràfica**

Les activitats es concentren en el seguiment i l'aplicació dels avanços de generalització automàtica de cartografia i de bases cartogràfiques, en la implementació de noves eines per a la producció i en la modelització d'edificis per a cartografia 3D.

## **Sistemes d'informació geogràfica**

Estudi de la interoperabilitat i l'homogeneïtzació de dades en el marc de la directiva europea INSPIRE i participació en el desenvolupament de directrius per a la homogeneïtzació de dades en el marc del desplegament d'aquesta directiva.

## **Risc sísmic**

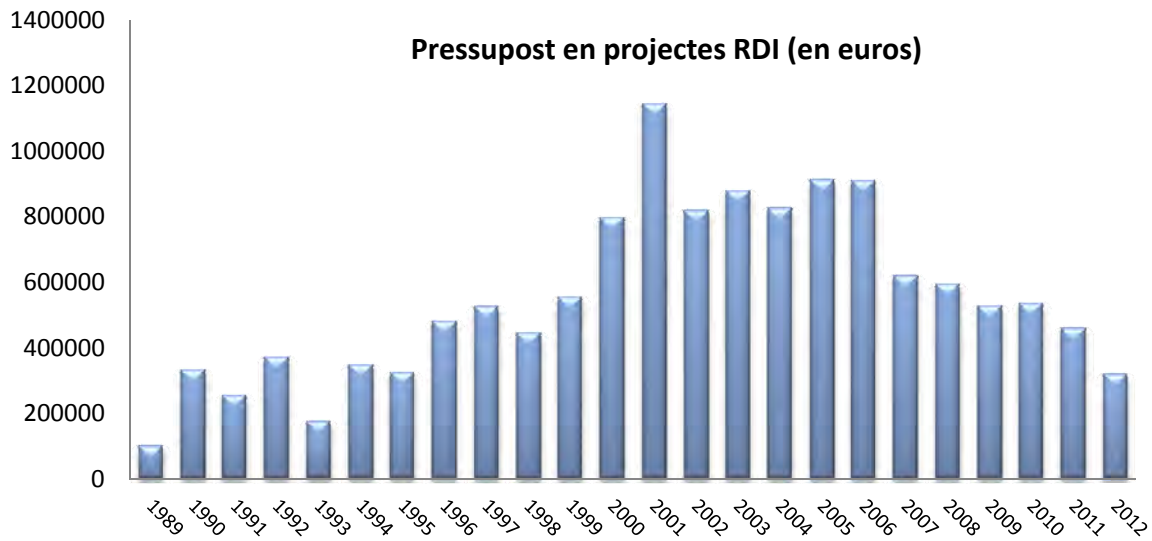
Ús de tècniques i estudis per a l'obtenció d'informació de la sismicitat i del risc sísmic (obtenir dades de moviments intensos tant per a l'avaluació dels possibles moviments del sòl com per a la verificació del component de les edificacions en cas de terratrèmols importants).

## **Riscos geològics**

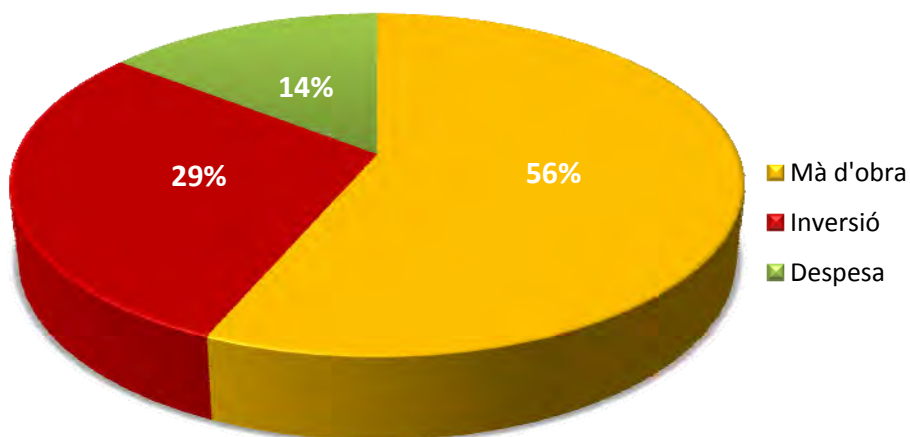
Pel que fa als riscos geològics, es realitzen prospeccions, i pel que fa a les allaus, es fan prediccions del perill que se'n produeixen, tot això per minimitzar el risc d'aquests fenòmens naturals.

# Indicadors econòmics

Les dades econòmiques fan referència als projectes de desenvolupament del període 1989-2012 i la distribució del pressupost en mà d'obra, despesa corrent i inversió.



Gràfic 1. Evolució del cost dels projectes de desenvolupament, 1989-2012.

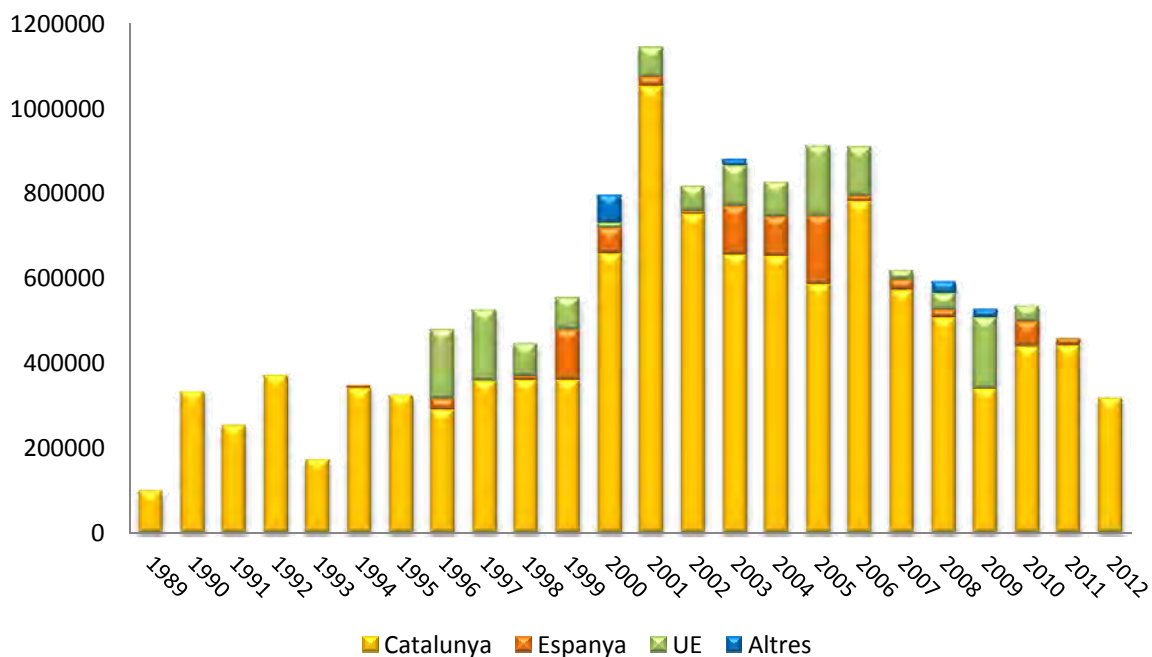


Gràfic 2. Distribució del cost dels projectes de desenvolupament, 1989-2012.



## Origen del finançament

Els projectes de desenvolupament de l'ICC s'han finançat principalment mitjançant el Contracte Programa amb el Departament de Territori i Sostenibilitat (anterior Departament de Política Territorial i Obres Públiques). També s'han cercat altres fonts de finançament com les convocatòries d'ajuts de suport a la recerca de la Generalitat de Catalunya, del Ministeri d'Educació i Ciència, del Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme i del CDTI, entre d'altres; les convocatòries dels programes marc de la Unió Europea o el projecte INTER-REG.



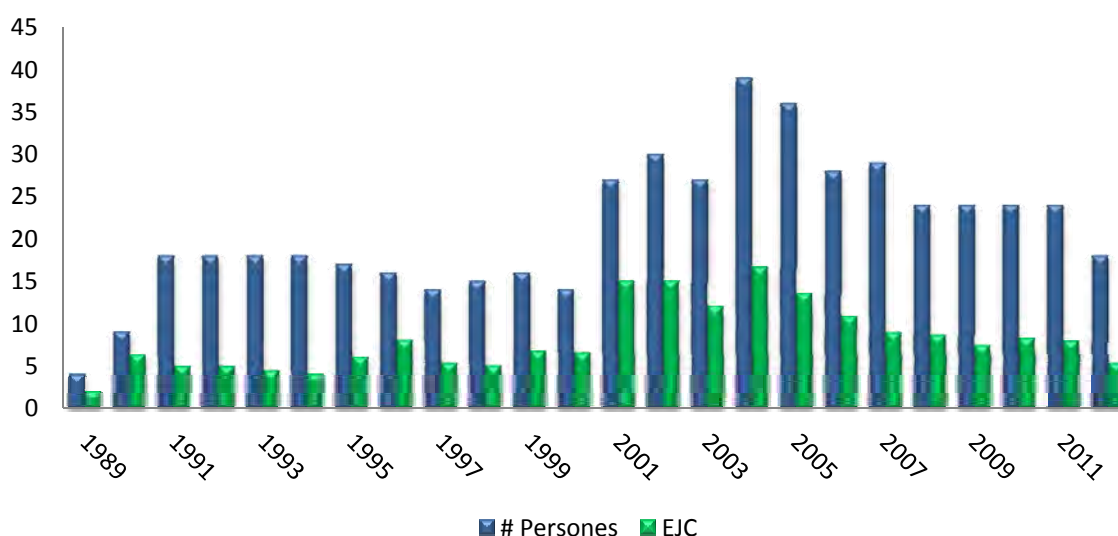
Gràfic 3. Procedència del fons de finançament del programa de R+D+IT, 1989-2012.

# Indicadors de R+D+IT

## Personal dedicat a la recerca i al desenvolupament

Les diferents àrees de l'ICC compaginen les tasques de suport, de desenvolupament i d'innovació tecnològica amb les tasques de producció. Aquesta organització facilita la detecció d'oportunitats i requeriments, la transferència de coneixements i la ràpida implementació dels desenvolupaments realitzats.

L'equip de persones dedicades totalment o parcialment als projectes de desenvolupament és format en la major part per matemàtics, físics, enginyers en telecomunicacions i informàtica, geògrafs i biòlegs.



Gràfic 4: Nombre de persones dedicades als projectes de desenvolupament i l'equivalent a jornada completa (EJC).

El nombre de personal equivalent representa entre un 3,5% i 4% del total de la plantilla de l'ICC.

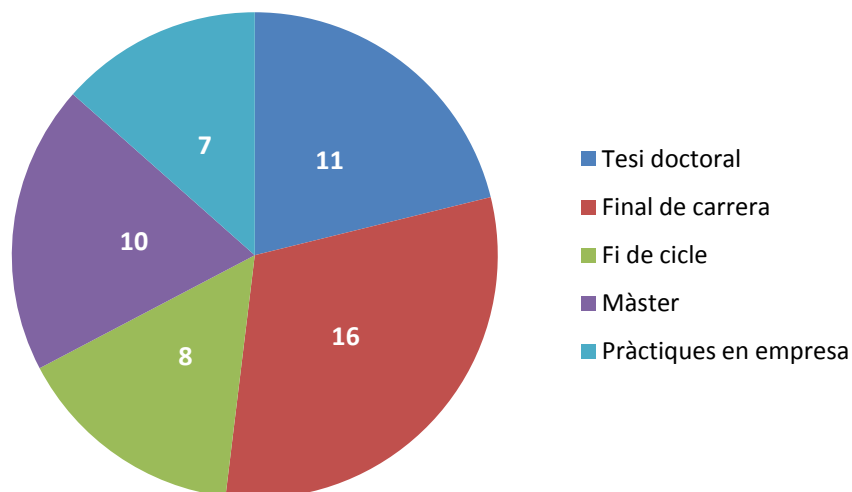
## Transferència de coneixements

Encara que adreçades a objectius productius, algunes de les tasques de desenvolupament de l'ICC es poden homologar amb les activitats de centres de recerca.

Un dels trets característics d'aquests projectes és la seva aproximació multidisciplinària, l'enfocament de problemes des de punts de vista diferents de la ciència. Això permet a estudiants i investigadors procedents d'altres disciplines conèixer els temes del món de la geomàtica, la cartografia i la informació geogràfica.

La cooperació amb el món acadèmic tant per a explorar i desenvolupar aplicacions pràctiques de la recerca mitjançant projectes de col·laboració i convenis per a l'estudi de temes avançats com per a afavorir la transferència de coneixements queda palesa en el gràfic següent amb el nombre de projectes d'estudiants dirigits, codirigits o assessorats per investigadors de l'ICC.

Un 73% d'aquests projectes són d'estudiants d'universitats catalanes, un 14% d'universitats espanyoles i la resta d'universitats europees.



Gràfic 5: Nombre de projectes dirigits, codirigits o assessorats.

### Projecció externa: Difusió i comunicació

L'esforç de l'ICC per difondre els resultats del desenvolupament a la comunitat científica es pot mesurar amb la participació en congressos, la publicació d'articles en revistes especialitzades i amb d'altres activitats de difusió científica. Les publicacions més notòries elaborades queden recollides en cadascuna de les fitxes.

Alguns dels projectes de desenvolupament de l'ICC es realitzen conjuntament amb d'altres centres de recerca o d'altres entitats. Aquest tipus de projectes són molt positius ja que permeten una transferència de coneixements entre els diferents col·laboradors i generen una sinergia que permet assolir objectius més ambiciosos.

# Sumari 1982-2012

## GEODÈSIA

Introducció		1
GeoCat: Geoide de Catalunya	1990-1994	3
SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya	1990-en endavant	5
Transmissions correccions GPS	1995-2005	9
IGUANA	1997-2000	11
MAGIC	1998-2001	13
Sistema de mesures del nivell delmar basats en boies GPS	1999-2001	15
GAST: Gravimetria aerotransportada	2002-2010	17
WARTK: Validació del Wide Area Real-time Kinematic	2005-2007	19

## SENSORS

Introducció		21
Sèries experimentals: Teledetecció	Activitat continuada	25
CASI: Sensor multiespectral	1994-2000	27
SAC: sistema d'ajut a la conducció	1998-2000	29
Model rigorós o funcions racionals – MOMS	1999-2000	31
Altímetre làser	1999-2005	33
Kit de digitalització d'imatges d'alta resolució	2000-2001	35
Sistema GEOMOBIL	2000-2010	37
Desenvolupament d'un radar d'obertura sintètica aerotransportat	2000-2002	39
Càmeres digitals	2002-2010	41
Lidar batimètric	2005-2007	43
EuroDAC <sup>2</sup>	2007-2010	45
Comportament radiomètric de les càmeres digitals	2008-2011	47
TASI: Sensor hiperespectral	2010-2013	49

## ORIENTACIÓ DE SENSORS

Introducció		51
AFO / ACX	1986-1991	53
PocNav	1990-1993	55
GeoTeX: Càlculs geodèsics	1992-2008	57
SISA: Orientació integrada de sensors	1995-1998	59
NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats	2000-en endavant	61

## TECNOLOGIA SAR

Introducció		63
InSAR: Interferometria SAR	activitat continuada	65
DInSAR: Interferometria diferencial	2000-en endavant	67
PISAR: Polarimetria InSAR	2006-2009	69
Anàlisi d'aplicacions de la polarimetria SAR	2009-2012	71

## PROCESSAMENT D'IMATGES

Introducció		73
Processament d'imatges: Algorismes	Activitat continuada	75
Visual Factori Suite	1998-2000	77
Extracció automàtica d'objectes	1998-2004	79
TRUEORTO: Ortofoto estricta	1999-2007	81
CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics	2001-2009	83

## APLICACIONS TEMÀTIQUES

Introducció		85
Aplicacions temàtiques de teledetecció	Activitat continuada	87
Fusió de la classificació multispectral d'imatges Landsat i anàlisi de textura d'imatges d'alta resolució	1999-2000	89
DECIL: Detecció de canvis amb imatges Landsat	2000-2004	91
Agricultura de precisió	2002-2012	93
EURMET: Expansió urbana de les metròpolis del sud-oest	2003-2006	95
GEOLAND: Sistema de monitoratge de la vegetació i usos del sòl	2004-2006	97
DECIS: Detecció de canvis amb imatges de satèl·lit	2005-2007	99
Projecte HUMID	2009-2012	101
Detecció de canvis	2010-2013	103
Aplicacions de l'ALTM (CLOSE-SEARCH)	2010-2013	105

## CARTOGRAFIA TOPOGRÀFICA I SIG

Introducció		107
Generalització	1993-en endavant	109
BASALT	1997-2000	111
Models de ciutats	Activitat continuada	113
Radargrametria	1997-en endavant	115
GIS4EU	2007-2010	117
INSPIRE: Interoperabilitat de dades	2008-2015	119

## RISC SÍSMIC

Introducció		121
PotSis: Potencialitat sísmica dels Pirineus orientals	Activitat continuada	123
Caracterització del moviments del sòl	1992-1998	125
Nova xarxa sísmica de Catalunya	1997-en endavant	127
PALEOSIS: Perillositat sísmica	1998-2000	129
RISK-UE: Escenaris de risc sísmic en ciutats europees	2000-2004	131
EUROSEISRISK: Avaluació de la perillositat sísmica, efectes del sòl i interacció sòl-estructura en una conca instrumentada	2002-2004	133
ERSE: Escenaris realistes de risc sísmic a Espanya	2003-2006	135
CASABLANCA: Caracterització de la detectabilitat d'un sismògraf submarí (OBS) per a l'estudi de la sismicitat i el risc sísmic	2003-2006	137
ISARD: Informació sísmica automàtica regional de danys	2003-2007	139

## RISCOS GEOLÒGICS

Introducció		141
PARAMOUNT: Aplicacions i serveis per a la seguretat pública i la immobilitat comercial a la muntanya	2002-2003	143
ALUDEX: Caracterització d'allaus catastròfiques mitjançant l'estudi dendrocronològic i nivoclimàtic	2002-2005	145
RISCMASS: Metodologies per a la gestió dels riscos de moviments del sòl i anàlisi de la política d'assegurances	2004-2006	147
Aplicabilitat de la tecnologia lidar per a l'avaluació dels recursos hídrics	2004-2007	149
AWARE: Una eina per a la mesura i la predicció dels recursos hídrics disponibles en àrees de muntanya	2005-2007	151

## Posicionament geodèsic

### Inicis - Motivació

Als anys 1980, la infraestructura geodèsica d'un territori es valorava en funció de la densitat i la precisió de la seva xarxa geodèsica. La infraestructura geodèsica existent a Catalunya es componia de 307 vèrtexs de la xarxa geodèsica de triangulació i d'uns 1 800 km de la xarxa d'anivellació.

Aquesta infraestructura geodèsica existent no era suficient per a les necessitats de l'ICC per a la generació de cartografia sobre el territori de Catalunya. Atesa la poca densitat de punts, comportava uns alts costos i una degradació en la precisió dels punts del recolzament necessaris per als diferents projectes cartogràfics. Així, doncs, s'imposava l'impuls de la infraestructura geodèsica de Catalunya en un moment en què noves tecnologies com el Global Positioning System (GPS) anunciaven canvis radicals en els procediments i les tècniques del posicionament geodèsic obrint un període d'anàlisi de les necessitats geodèsiques de Catalunya vinculades a les noves tecnologies de posicionament.

Per a poder disposar d'un aprofitament complet de les noves tecnologies de posicionament per satèl·lit es requeria la determinació del geoide. A partir de la informació aportada pel geoide es poden transformar les alçades el·lipsoïdals proporcionades pel sistema GPS en les alçades ortomètriques representades en la cartografia. **GeoCat: geoide de Catalunya.**

S'introdueix la tecnologia GPS en l'àmbit de la geodèsia que permetia la determinació precisa de les coordenades dels vèrtexs geodèsics sense necessitat de visibilitat entre ells i, per tant, el desplegament d'una xarxa geodèsica ubicada prop dels llocs de màxima utilització (en contraposició al desplegament de vèrtexs als cims de les muntanyes) i posteriorment en el recolzament fotogramètric de projectes cartogràfics [[Orientació de sensors](#)].

### SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

A partir de l'experiència adquirida i de la reflexió sobre les necessitats del territori i amb una clara vocació de servei, l'ICC va evolucionar cap al concepte modern de sistema de posicionament integrat des de l'origen de la seva activitat i que actualment és emprat a totes les agències geogràfiques modernes. Així, doncs, el 1990 s'endega el projecte **Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya.**

SPGIC és un servei que millora constantment incorporant els resultats dels estudis duts a terme:

- **Xarxa Utilitària:** La Xarxa geodèsica utilitària es basa en el principi d'utilitat i té com a principal objectiu l'apropament dels vèrtexs geodèsics als usuaris tot garantint-ne l'alta precisió requerida en els treballs de cartografia a totes les escales i l'homogeneïtat i la continuïtat de treballs cartogràfics distints. Això significa un augment de la qualitat geomètrica de qualsevol tipus de projecte que es desenvolupi sobre el territori i, a la vegada, un abaratiment dels costos de referenciació.
- **Xarxa permanent CatNet:** La Xarxa d'estacions permanents, que s'inicia el 1996 amb l'estació de l'Observatori de l'Ebre i es va consolidant fins a disposar d'una xarxa amb estacions que assoleixen el nivell de qualitat exigida per a formar part de xarxes internacionals (EUREF, IGRASS).
- **Transmissió de correccions GPS:** El 1997 es posa en marxa el sistema RASANT de transmissió de correccions de codi via DAB, el 1999 i en paral·lel al desplegament de CatNet es treballa en la transmissió de correccions de fase en model RTK. En ambdós casos el sistema és pioner a Espanya.

Entre el 1999 i el 2001 es desenvolupen dos projectes sobre sistemes de mesures del nivell del mar basats en boies GPS: un és CATALÀ – Calibratge absolut de l'altímetre Topex en el mar català i l'altre és CRAC – Desarrollo de un sistema de medidas geocéntricas del nivel del mar basado en boyas GPS.

- **Canvi a ETRS89:** El canvi de sistema de referència oficial ha comportat l'estudi exhaustiu de transformacions i procediments per a determinar els més adients en cada cas.

Gràcies a aquests canvis fonamentals, l'ICC va evolucionar cap al concepte modern de sistema de posicionament integrat des de l'origen de la seva activitat i que actualment és emprat a totes les agències geogràfiques modernes.

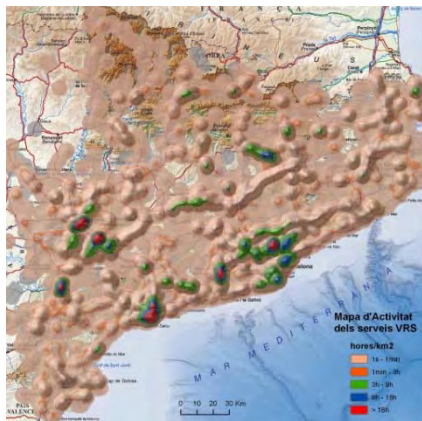
La utilització del GPS es consolida com l'instrument universal per al posicionament i l'observació geodèsics revolucionant els plantejaments existents en el disseny de xarxes geodèsiques, transformant-los

gradualment cap a sistemes de posicionament actius i ampliant els usos d'aquestes xarxes i les possibilitats de millora.

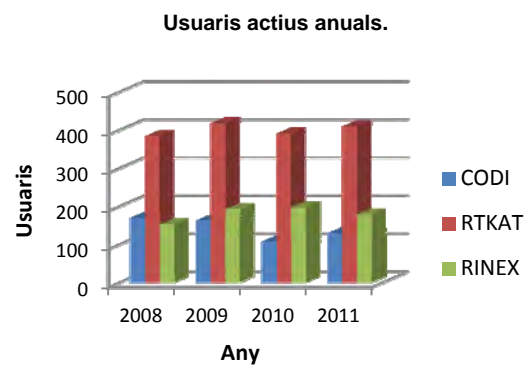
- Xarxes geodèsiques d'alta precisió per a l'avaluació potencial de risc sísmic [*Riscos geològics*].
- Integració de sensors metereològics a CatNet per al monitoratge de capes de l'atmosfera i la determinació del retard troposfèric - **IGUANA**, **MAGIC** i l'aplicació dels models ionosfèrics per al posicionament precís – **WARTK**.
- Gravimetria aerotransportada per a la determinació de geoides - **GAST**.

## Resultats productius

Per una part, s'han assolit els coneixements adients per a realitzar la integració dels diferents components d'un sistema d'orientació directa per a sensors. Per altra, el coneixement assolit permet una òptima utilització dels sistemes claus en mà que venen integrats en alguns dels sensors.



Mapa d'activitat de les estacions virtuals.



## Fites assolides

1987 – Primer càlcul del geoides de Catalunya (1987-1990). Primícia a Espanya.

1990 – Inici del Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya (posteriorment s'anomena Servei).

1996 – Posada en funcionament la primera estació permanent GPS.

1997 – Implantació del sistema RASANT per a l'emissió de les estacions diferencials de codi GPS. Primícia a Espanya.

1999 – Transmissió de dades GPS via ràdio digital per a ús en mode RTK. Primícia a Espanya.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Institut de Geodèsia i Fotogrametria (IGP) de l'ETH  
(Escola Politècnica Federal) de Zuric

### Període

1990-1994

### Projectes relacionats

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

GAST: Gravimetria aerotransportada

## Descripció

El 1987 l'ICC inicià el projecte de determinació del geoide local de Catalunya UB91, essent la primera determinació gravimètrica d'un geoide d'alta resolució a Espanya.

Amb l'arribada de les tècniques de posicionament basades en GPS només hi ha disponibles geoides globals de baixa precisió, per tant, és lògic posar en marxa un projecte d'aquestes característiques.

El projecte compta amb la col·laboració del Departament de Matemàtica Aplicada i Anàlisi de la Universitat de Barcelona, del Departament de Geofísica de la Universitat de Copenhaguen i del Kart & Matrikelstyrelsen de Dinamarca.

La primera determinació del geoide finalitza l'any 1991 i el geoide s'anomena UB91.

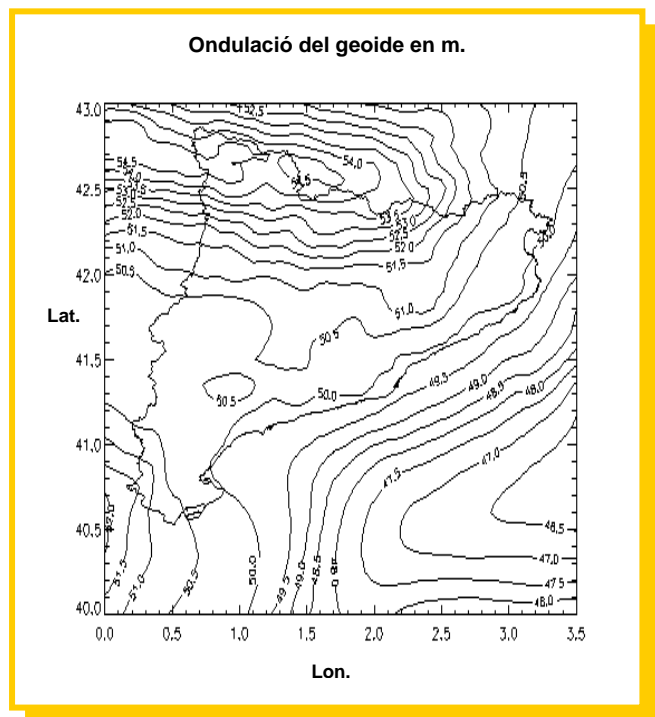
Posteriorment s'endega el projecte GeoCat per a avaluar la determinació del geoide de Catalunya UB'91 en col·laboració amb l'IGP, mitjançant la contrastació de les deflexions de la vertical observades durant les campanyes d'observacions amb càmera zenital per a determinar posicions astronòmiques (DEFLEX'91 i DEFLEX'94).

- 1a fase: Primera campanya d'observacions amb càmera zenital per a determinar posicions astronòmiques (1991).
- 2a fase: Avaluació de les observacions de la campanya.
- 3a fase: Segona campanya d'observacions (1994).

El resultat obtingut és el geoide de Catalunya amb una densitat de malla de 3' i una precisió estimada d'1 ppm.

## Aportació

El geoide UB91 és la primera determinació gravimètrica d'un geoide d'alta resolució a Espanya i es posa a disposició de tots els professionals de la geodèsia i de la cartografia.





### Publicacions tècniques

- Térmens, A., Cabré, M., Moysset, M. Gabela, I.: *Comparison of UB91 with GPS-levelling data*. 3<sup>a</sup> Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. València, 2002.
- Martín, A., Térmens, A.: *El geoide UB91 tomat a visitar: comparació amb DEFLEX'91, DEFLEX'94 i model global EGM96*. 1<sup>a</sup> Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica – 9<sup>a</sup> Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Aguadulce, Almeria, 1998.
- Colomina, I.: *Estado actual y perspectivas de la determinación del geoide en Cataluña*. Primera Setmana de Cartografía de Barcelona. Barcelona, 1992.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
1990-en endavant

**Projectes relacionats**  
GeoTeX: Càlculs geodèsics  
GAST: Gravimetria aerotransportada

## Descripció

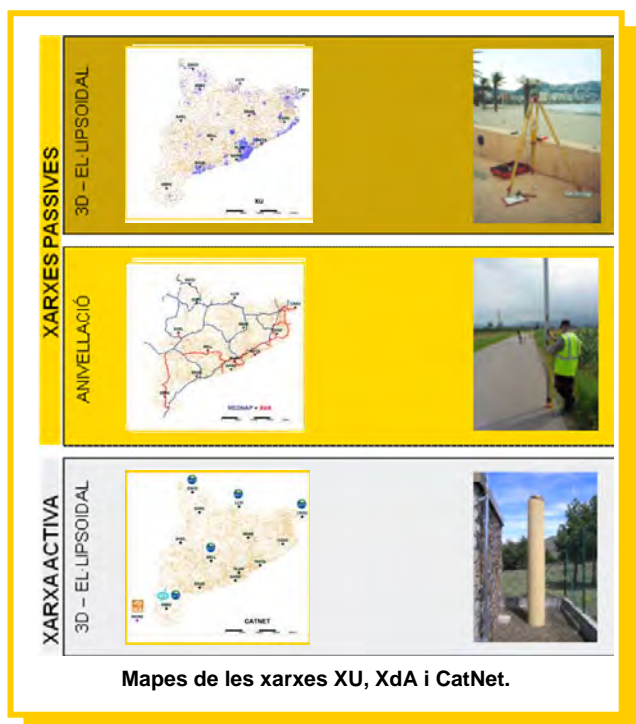
El Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya (SPGIC) és un servei públic que té com a objectiu facilitar la determinació de coordenades a Catalunya.

El SPGIC es compon d'un conjunt de xarxes geodèsiques clàssiques, estacions permanents GNSS, dades, documentació, procediments, comunicacions, programari, maquinari i suport tècnic.

El terme "integrat" vol destacar que es tracta d'un sistema tridimensional, basat en un coneixement acurat del geoide i en les observacions GNSS que són tridimensionals; és a dir, integra els sistemes de referència horitzontal i vertical.

El SPGIC és format per (desembre 2012):

1. Els actuals 4 169 vèrtexs de la Xarxa Utilitària de Catalunya (XU), amb una precisió de 2-3 cm i amb una separació entre vèrtexs de 800 m en àrees urbanes fins a uns 10 km en zones rurals.
2. Les 16 estacions permanents GPS de la xarxa CatNet. Aquesta xarxa recull i emmagatzema dades de la constel·lació GPS ininterrompudament segon a segon les 24 hores del dia i és la base d'un conjunt de serveis públics de posicionament:
  - ▶ GeoFons. Sistema de distribució de dades per a postprocés –en format estàndard RINEX en intervals de mesura d'1s i 30s– per Internet via ftp:  
<ftp://geofons.icc.cat/>
  - ▶ CatNet web. Sistema de distribució de dades per a postprocés d'una estació permanent GPS virtual via web. A partir de l'hora, l'interval de mesura i de les coordenades on es vol que s'ubiqui l'estació virtual, el sistema genera un fitxer RINEX amb les condicions sol·licitades. Accessible a:  
<http://catnet-ip.icc.cat>
  - ▶ RASANT. Sistema de radiodifusió de correccions diferencials del codi calculades en estacions de referència GPS que disposa d'un sistema de control d'integritat. La precisió d'aquest servei és d'1 m.



# Geodèsia

## SPGIC: Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

- ▶ DGPS. Sistema de difusió de correccions de codi en temps real. Es pot accedir al flux de correccions de cada estació de la xarxa en el protocol NTRIP, precisió d'1 m.
- ▶ CODCAT. Sistema de difusió de correccions de codi en temps real d'una estació virtual ubicada en la posició aproximada que l'usuari fa arribar al servidor de l'ICC, permetent una precisió decimètrica.
- ▶ RTKAT. Sistema de difusió de correccions de fase d'una estació virtual ubicada en la posició aproximada que l'usuari fa arribar al servidor de l'ICC. Les correccions són basades en l'estàndard RTCM 2.3 i 3.0 i permeten una precisió centimètrica.

Les estacions CatNet formen part de la xarxa mundial IGS (International GPS Service) i EU-REF (European Reference Frame).

3. Elements de suport geodèsic. A través d'Internet (<http://www.icc.cat>), es poden obtenir paràmetres, mètodes i dades necessàries per a un posicionament acurat sobre Catalunya.

- ▶ Geoide. La combinació d'un geoide local d'alta precisió (0.1 ppm – parts per milió) i del GPS fa innecessari l'ús de tècniques d'anivellació excepte per a projectes especials o per a tasques de control de les agències geodèsiques oficials. Des de 2001 es disposa d'un geoide local de precisió (2,5 ppm) que ha estat comprovat a partir d'observacions astronòmiques i a partir de dades combinades GPS i anivellació. El principal objectiu de la XdA és aconseguir millorar la precisió del geoide actual a partir de l'avaluació de nous models gravimètrics com l'EGM2008.
- ▶ Paràmetres de transformació de datum entre l'antic sistema oficial ED50, materialitzat pel marc de referència RE50 (Red Española 1950) i el sistema oficial ETRS89, marc de referència dels serveis basats en les estacions CatNet. L'ICC dóna suport per a fer la transició d'ED50 a ETRS89.
- ▶ Calculadores geodèsiques. Programa de transformacions i càlculs geodèsics que s'ofereixen al web de l'ICC com a servei públic.
- ▶ Fitxes dels senyals geodèsics. Per a conèixer la descripció, la ubicació, les coordena-

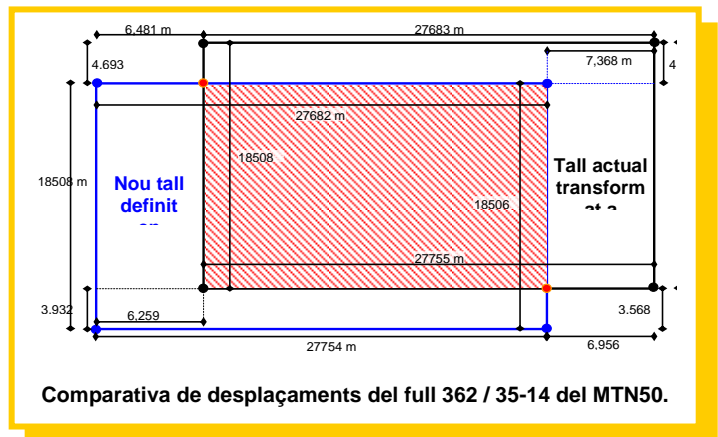
des i d'altra informació relacionada amb els senyals geodèsics que componen la XU, es genera una fitxa per a cada senyal, la qual és accessible des del web de l'ICC.

## Aportació

Conjunt de recursos geodèsics adreçats al manteniment i a la millora constant del servei de posicionament geodèsic a Catalunya.

Estudi i desenvolupament de les eines per a facilitar el canvi de sistema.

D'aquest servei públic se'n beneficia la comunitat geodèsica i topogràfica, i també els usuaris de sistemes de localització personal basats en GPS (LBS).



Comparativa de desplaçaments del full 362 / 35-14 del MTN50.

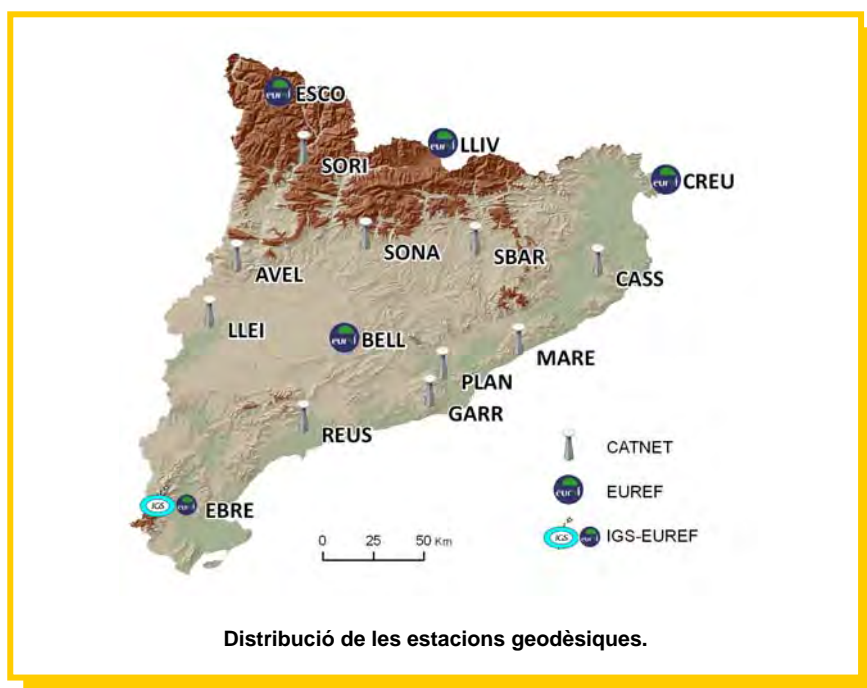
## Publicacions tècniques

- Baella, B., Bosch, E., Grau, J., González, J.C., Guimet, J., Pintó, M., Pla, M.: *Canvi de sistema de referència d'ED50 a ETRS89: Distribució de dades digitals de l'Institut Cartogràfic de Catalunya*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Grau, J., Bosch, E., Talaya, J.: *La transició de la geoinformació oficial a ETRS89 en Catalunya*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Martínez-Benjamín, J. J., Ortiz, M. A., Ruiz, A., Bosch, E., Térmens, A., Martínez, M., Martínez, X., Pérez, B., Rodríguez, G., Pros, F., Gili, J., Tapia, A., López, R.: *Implementación CGPS y altimetría en los Puertos de Ibiza, l'Estartit y Barcelona para monitorización del nivel del mar*. Revista de teledetección, núm. 36, pàg. 20-25. 2011.
- Térmens, A., Martínez-Benjamín, J. J.: *Comparison of several geoid models over the Western Mediterranean sea*. Proceedings de la 4<sup>th</sup> International GOCE User Workshop. Munic, 2011. Revista Catalana de Geografia, IV època, vol. XVI, núm 43. 2011. [www.rcg.cat](http://www.rcg.cat)

# Geodèsia

## SPGIC: Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

- Grau, J., Bosch, E.: *Canvi de sistema de referència ED50 a ETRS89*. Revista Catalana de Geografia, IV època, volum XIV, núm. 36. 2009. [www.rcg.cat](http://www.rcg.cat)
- Parareda, C., Soro, M., Bosch, E., Térmens, A.: *Un año de experiencias con el servicio RTKAT*. 7a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2007.
- Cano, M. A., Talaya, J., Térmens, A., Quirós, R., Sánchez Sobrino, J. A.: *Ajuste de la Red Geodésica de Orden Inferior (ROI) de Cataluña en ETRS89*. V Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Sevilla, 2006.
- Cabré, M., Térmens, A., Moysset, M., Soro, M., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *XdA: Red de nivelación de Cataluña*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.
- Parareda, C., Bosch, E., Térmens, A., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *CATNET: Servicios de posicionamiento de alta precisión y su integración en las nuevas tecnologías de la información*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.
- Soro, M., Térmens, A., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *XU: Red utilitaria de Catalunya*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.
- Talaya, J., Bosch, E., Térmens, A., Parareda, C.: *Positioning Services of the CATNET network*. IUGG XXIII General Assembly. Sapporo (Japó), 2003.
- Talaya, J., Bosch, E., Ortiz, M. À., Parareda, C.: *CATNET: una red de estaciones permanentes GPS con capacidades de tiempo real*. 4a Setmana Geomàtica de Barcelona i 2ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. 2000.
- Ortiz, M. À., Térmens, A., Colomina, I.: *El Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya*. 2a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 73-83. Barcelona, 1995.





### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions:

Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen

Centre de Telecomunicacions

### Període

1995-2005

### Projectes relacionats

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

## Descripció

De 1992 a 1995, l'ICC desplega la primera xarxa de 4 estacions permanents als vèrtexs de Catalunya i una al centre del país per a donar més robustesa a la xarxa i major disponibilitat dels serveis de posicionament d'alta precisió estàtica i cinemàtica per al postprocés.

Amb aquesta configuració, s'inicien els treballs per al desenvolupament i implantació a Catalunya del sistema d'emissió de correccions diferencials RASANT per al posicionament en temps real.

Les etapes del projecte van ser:

- Estudi del sistema implantat a la regió alemanya de Nordrhein-Westfalen i de la seva aplicació a Catalunya.
- Implantació a la Regió I i, de forma progressiva, a tot Catalunya.

Amb la posada en marxa del sistema RASANT (1997), peoner a l'estat amb l'emissió de correccions diferencials des de Collserola i amb una cobertura inicial sobre Barcelona, s'obté una precisió de 3 a 5 metres per al posicionament en temps real.

Una vegada assolits els objectius s'endega una segona fase de densificació de la xarxa CatNet amb l'objectiu d'assolir la densitat necessària a tot el territori per a proveir serveis d'alta precisió amb l'emissió de correccions diferencials GPS de la fase en temps real mitjançant tecnologia DAB (*Digital Audio Broadcast*).

El sistema digital de radiodifusió d'àudio, DAB, permet un millor aprofitament de l'espectre radioelèctric junt amb un increment de l'eficàcia en la potència transmesa. El sistema DAB pot transmetre dades utilitzant capacitat residual dels programes d'àudio PAD (*Program Associated Data*) o bé assignant una capacitat pròpia per a transmetre les dades en mode NPAD (*Non Program Associated Data*).

El projecte ha consistit a banda de la determinació de les correccions de fase a emetre, en l'adaptació d'un receptor DAB per a rebre senyals emeses



Torre de Collserola.

# Geodèsia

## Transmissions correccions GPS

pels sensors del Centre de Telecomunicacions de Catalunya. D'aquesta manera l'usuari que disposi d'un receptor GPS que realitzi mesures de la fase i d'un receptor DAB amb capacitat per a rebre dades es pot posicionar, amb una precisió de 2-10 centímetres en temps real, mode RTK (*Real Time Kinematic*).

## Aportació

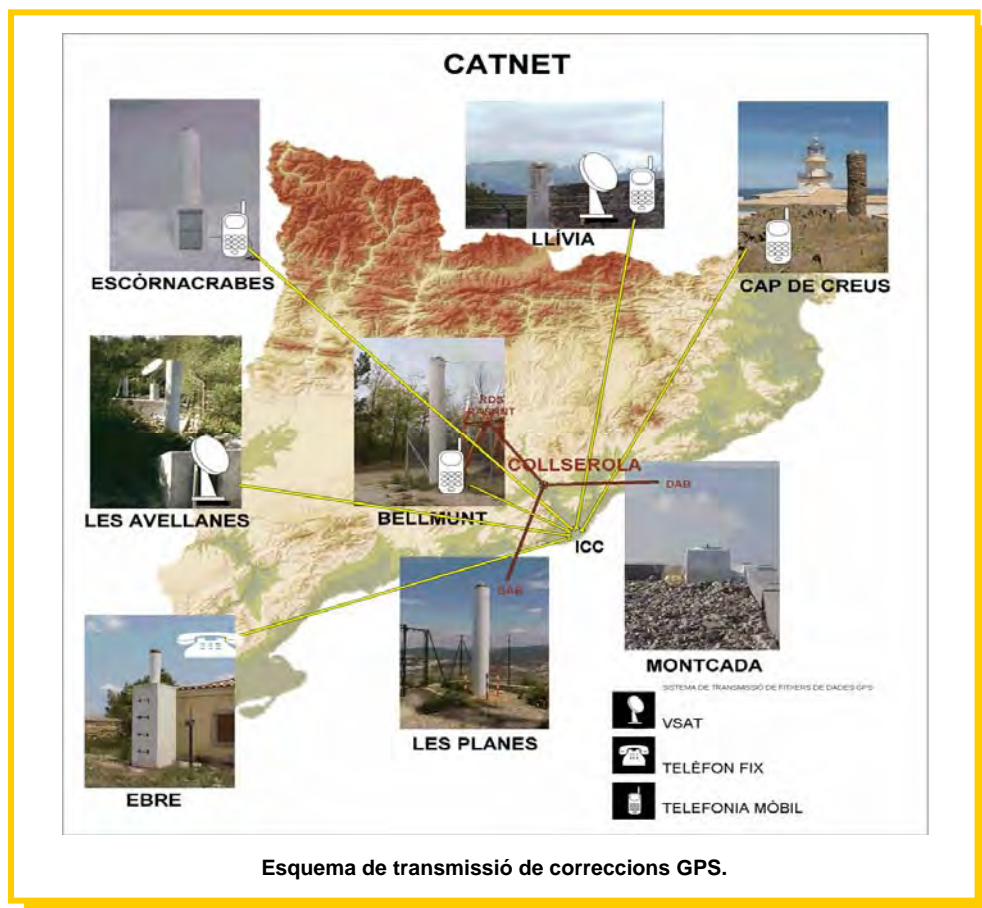
Tant la implantació del sistema RASANT per a l'emissió de correccions diferencials de codi GPS el 1997 com la transmissió de dades GPS via radio digital per a l'ús en mode RTK el 1999 han estat primícia a Espanya.

El RASANT va prestar un valuós servei a la millora del posicionament GPS a Catalunya, fent possible la reducció de l'error del posicionament GPS autònom de cent metres a una precisió mètrica en temps real en tot el territori.

El febrer de 2006 s'obren al públic els serveis de xarxa de posicionament que s'estenen a tot el territori, gaudint d'una molt bona acollida en els sectors professionals. Des de la seva posada en funcionament ha estat proveint servei de forma continuada i s'hi ha incorporat diverses millores com la migració a serveis de comunicació Wimax, que ofereixen una millora qualitativa al servei en termes de servei i de gestió de l'estació de forma remota.

## Publicacions tècniques

- Bosch, E.: *Nuevas tecnologías para el establecimiento de servicios de correcciones diferenciales GPS*. 4a Setmana Geomàtica de Barcelona. Sitges, 2000. Premi "Jordi Viñas".
- Talaya, J.: *Robust GPS kinematic positioning for direct georeferencing*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.
- Talaya, J., Bosch, E.: *CatNet: A permanent GPS network with real time capabilities*. ION GPS'99. Nashville, Tennessee, 1999.
- Talaya, J., Mesa, J., Segarra, J., Colomina, I.: *El sistema DGPS Rasant en Catalunya*. 3a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 71-79 i Revista del Instituto de Navegación de España, núm. 1, pàg. 78-87. Barcelona, 1997.



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Observatori de l'Ebre

### Període

1997-2000

### Projectes relacionats

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

## Descripció

El projecte IGUANA s'orienta cap a l'aplicació de tècniques espacials al modelatge de l'atmosfera i pretén, bàsicament, millorar les precisions en la navegació, el posicionament cinemàtic i la mesura de les línies de base GPS.

La metodologia de treball consisteix en la integració d'un receptor permanent GNSS com a monitoritzador ionosfèric i troposfèric:

- S'han seleccionat estacions meteorològiques per al desenvolupament del projecte.
- S'ha estudiat la interfície entre les estacions i els receptors GPS per tal d'obtenir informació meteorològica de l'àmbit de l'estudi.
- S'ha desenvolupat el programari necessari per a extreure la informació meteorològica en format RINEX.
- Adquisició i instal·lació d'una estació meteorològica a l'estació permanent de Cap de Creus.
- S'ha proporcionat a l'Observatori de l'Ebre d'accés directe a les dades de l'estació de referència mitjançant la seva xarxa.

El 1999 es du a terme l'experiment BELLKIN demostrant la viabilitat del posicionament cinemàtic precís a gran distància de les estacions permanents.

## Publicacions tècniques

- Colombo, O. L., Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., Sanz, J., Talaya, J.: *Resolución de ambigüedades en tiempo real a escala regional con ayuda de tomografía ionosférica*. 2ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Portugal, 2000.
- Colombo, O. L., Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., Sanz, J., Talaya, J.: *Resolving carrier-phase ambiguities on the fly, at more than 100 km from nearest reference site, with the help of ionospheric tomograph*. ION GPS'99. Nashville, Tennessee, 1999. [Millor comunicació presentada a la sessió Carrier-Phase Positioning & Ambiguity Resolution]



Estació permanent de Cap de Creus.





### Lideratge de l'estudi

Mécanique Appliquée et Sciences de l'Environnement (ACRI)

### Participants, col·laboracions:

Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS),  
Montpellier  
Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC)  
Agenzia Spaziale Italiana (ASI)  
Università degli Studi di Modena (UMOD)  
Danish Meteorological Institute (DMI)  
Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando  
Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)

### Període

1998-2001

### Projectes relacionats

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya  
IGUANA

## Descripció

El projecte europeu MAGIC (*Meteorological Applications of GPS Integrated Column Water Vapor Measurements in the Western Mediterranean*) s'orienta a la determinació del contingut de vapor d'aigua de l'atmosfera a l'oest del Mediterrani mitjançant el modelat del retard de les observacions de les estacions permanents GPS [[Riscos geològics](#)].

La metodologia de treball consisteix en:

- Estudi de la interfície entre les estacions i els receptors per tal d'obtenir informació meteorològica de l'àmbit de l'estudi.
- Adaptació del sistema de comunicació de dades per satèl·lit VSAT per a la transmissió en temps real de les dades GPS de les estacions permanents.

## Publicacions tècniques

- Haase, J., Calais, E., Talaya, J., Rius, A., Vespe, F., Santangelo, R., Huang, X. Y., Davila, J. M., Ge, M., Cucurull, L., Flores, A., Sciarretta, C., Pacione, R., Boccolari, M., Pugnaghi, S., Vedel, H., Mogensen, K., Yang, X., Garate J.: *The contributions of the MAGIC project to the COST 716 objectives of assessing the operational potential of ground-based GPS meteorology on an international scale*. Physics and Chemistry of the Earth Part a Solid Earth and Geodesy, 26 (6-8), 433-437. 2001.
- Haase, J., Calais, E., Talaya, J., Rius, A., Vespe, F., Santangelo, R., Huang, X. Y., Davila, J. M., Ge, M., Flores, A., Vedel, H., Mogensen, K., Yang, X.: *The MAGIC Project: GPS Meteorology in the Mediterranean and Requirements for Data Consistency and Quality*. EGS Meeting. La Haia, 1999. [Resum]
- Talaya, J., Bosch, E.: *CATNET: a permanent GPS network with real-time capabilities*. ION GPS'99. Nashville, Tennessee, 1999.
- Haase, J., Calais, E., Rius, A., Colomina, I., Vespe, F.: *MAGIC Meteorological Applications of GPS Integrated Column Water Vapor Measurements in the Western Mediterranean*. Actes de les assemblees conjuntes de la IAMAS (International Association for Meteorology and Atmospheric Sciences) i la IAPSO (International Association for Physical Sciences of the Ocean). Melbourne, 1997. [Resum]



Antena de comunicació per satèl·lit.



**Lideratge de l'estudi**  
UPC

**Participants, col·laboracions**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
1999-2001

**Projectes relacionats**  
SPGIC: Servei Geodèsic Integrat de Catalunya  
GeoCat: Geoide de Catalunya

## Descripció

Pel que fa als sistemes de mesures del nivell del mar basats en boies GPS cal destacar els projectes següents:

- CATALÀ - Calibratge absolut de l'altímetre *TopeX* en el mar català.
- CRAC - Desarrollo de un sistema de medidas geocéntricas del nivel del mar basado en boyas GPS.

La metodologia de treball ha estat diversa en relació a cada projecte:

- Per al programa CATALÀ s'ha fet el disseny i la construcció de dues boies GPS consistents en un sistema flotant per a hostatjar una antena Choque Ring per a l'estudi precís del comportament de la superfície del mar; s'ha participat en la campanya d'observacions GPS a 15 km de la costa catalana a la zona de Llafranc; s'ha fet el muntatge i control d'una estació de referència a la zona, i s'ha monumentat i observat amb GPS un senyal d'anivellació al port de Llafranc per a donar cota precisa al mareògraf situat en aquest port.
- Per al programa CRAC s'ha participat en dues campanyes d'observació amb boies GPS.

## Publicacions tècniques

- Martinez-Benjamin, J. J., Martinez-Garcia, M., Ortiz, M. A., Talaya, J., Garate, J., Davila, M., Ferrandiz, J. M., Vigo-Aguilar, M. I., Perez, B., Alvarez, E.: *The TOPEX/POSEIDON and JASON-1 Calibration Campaigns in the Cape of Begur and Ibiza Island Regions*. TOPEX/POSEIDON/Jason-1 Science Working Team Meeting. Miami, 2000.
- Martinez-Benjamin, J. J., Martinez-Garcia, M., Ortiz, M. A., Talaya, J., Kruizinga, G. L. H., Haines, B., Garate, J., Davila, M., Ferrandiz, J. M., Vigo-Aguilar, M. I., Perez, B., Alvarez, E., Colombo, O. L., Chao, B., Shum, C. K.: *The TOPEX/POSEIDON CATALA Altimeter Calibration Campaign*. American Geophysical Union. Washington, 2000.
- Martinez-Garcia, M., Kruizinga, G. L. H., Martinez-Benjamin, J. J., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *Preliminary experience and technical aspects on the JASON-1 validation and calibration radar altimeter by using GPS buoys*. XXV General Assembly of the European Geophysical Society. Nice, France, 2000.



Boies amb antena GPS.

# Geodèsia

## Sistemes de mesures del nivell del mar basats en boies GPS

- Martínez-Garcia, M., Martínez-Benjamin, J. J., Kruizinga, G. L. H., Haines, B., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *The CATALA campaigns: indirect calibration technique for ENVISAT altimeter calibration*. ERS-ENVISAT SYMPOSIUM (publicació ESA WPP-70, pàg 427-435). Gothenburg, 2000.
- Martínez-Garcia, M., Martínez-Benjamin, J. J., Ortiz, M. A., Talaya, J., Kruizinga, G. L. H., Haines, B., Garate, J., Davila, J. M.: *Absolute TOPEX altimeter calibration campaigns in the NW Mediterranean Sea and calibration site selection for JASON-1*. 10th General Assembly of the WEGENER Project. Butlletí ROA 3/2000, pàg 230-235. Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando. 2000.
- Martínez-Garcia, M., Martínez-Benjamin, J. J., Kruizinga, G. L. H., Ortiz, M. A., Talaya, J.: *Preliminary results of the GPS buoys data processing in the north western Mediterranean sea*. International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG). XXII General Assembly. Birmingham, EUA, 1999.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions:

Institut de Geomàtica

### Període

2002-2010

### Projectes relacionats

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

GeoTeX: Càlculs geodèsics

## Descripció

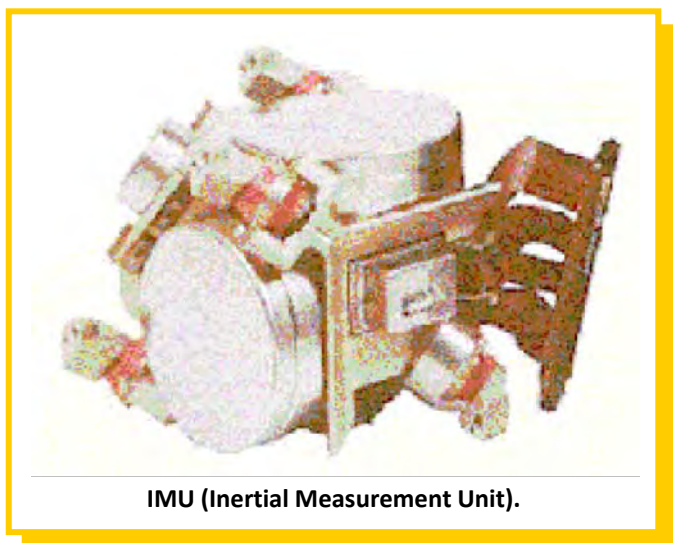
El coneixement de les variacions del camp gravitatori és de gran importància per a la geodèsia, la geofísica i la navegació, en especial des de la implantació de sistemes de posicionament basats en satèl·lits. El modelatge eficient i precís d'aquestes variacions, en concret la determinació del geoid, és una de les principals activitats de la recerca geodèsica actual.

El camp gravitatori pot ser determinat per diferents tipus de mesures: gravimetria i gradiometria satèl·lit/terrestre, combinació d'alçades GPS amb anivellació, gravimetria aerotransportada, altimetria satèl·lit, deflexions astronòmiques de la vertical, etc. La gravimetria aerotransportada es basa en les diferències entre les acceleracions inercials i les GPS per a obtenir anomalies de la gravetat: els sensors inercials permeten determinar la suma de l'acceleració deguda a la gravetat i la deguda a la dinàmica de l'avió, mentre que el receptor GPS proporciona només l'acceleració deguda a la dinàmica de l'avió. Les precisions que es poden obtenir amb aquest mètode són d'uns 2-3 mGal i són suficients per a la determinació d'un geoid de precisió. La gravimetria aerotransportada és superior, donat un cert nivell de precisió, en economia i eficiència als mètodes terrestres, sobretot en àrees remotes i de difícil accés.

La primera fase del projecte (GAST-01) (2002-2004) consistia en desenvolupar un programari de determinació òptima de trajectòries (posicions, velocitats i actituds) a partir d'observacions de sistemes inercials assistides amb observacions de posició i velocitat obtingudes a partir del GPS.

La segona fase (GAST-02) (2005-2010) consistia a desenvolupar i integrar eines de programari per a la determinació de la gravimetria i de geoides amb dades de sistemes aerotransportats a partir d'observacions inercials analítiques (velocitats angulars i acceleracions lineals) i d'observacions de posicions i/o velocitats.

Per a assolir les precisions adequades, el programari incloïa un alineador estàtic i incorporava les dades provinents d'una plataforma estabilitzada.



IMU (Inertial Measurement Unit).

### Aportació

El desenvolupament del GAST-01 ha aportat:

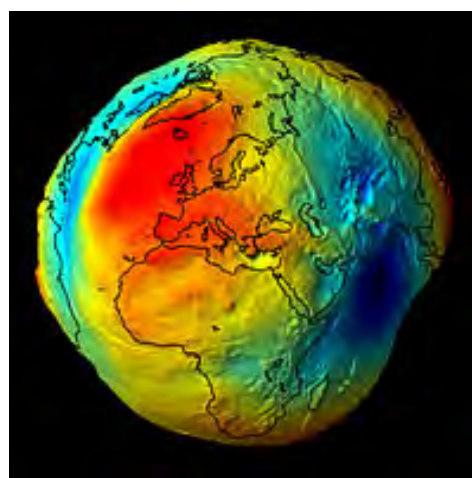
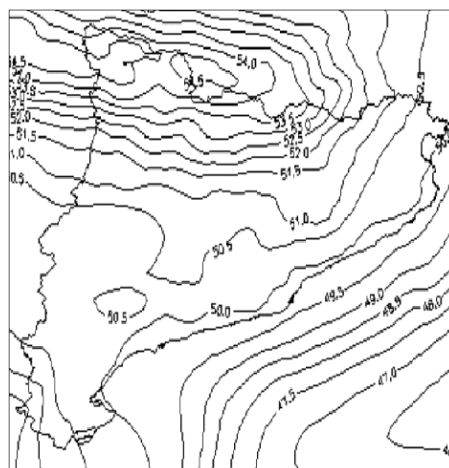
1. Un programari bàsic inercial "strapdown" per a la determinació de trajectòries (posicions, velocitats, actituds i les seves matrius de covariància) a partir de les equacions de mecanització d'un sistema inercial analític i de les observacions inercials proporcionades per l'IMU (velocitats angulars i acceleracions lineals instantànies). Aquest programari calcula actituds a partir de dades dels giròscops i calcula posicions i actituds a partir d'observacions dels giròscops i acceleròmetres.
2. Programari inercial analític assistit amb observacions de posició (P), de velocitat (V) o d'ambdues (PV), obtingudes amb ajuda del sistema GPS. Aquest programari realitza el calibratge dels giròscops i acceleròmetres de l'IMU, millorant la qualitat de la trajectòria a obtenir. Es calculen posicions i actituds utilitzant un filtre de Kalman assistit d'observacions de posició i/o velocitat, i s'afegeix una etapa de suavitzat de la trajectòria obtinguda.

Amb l'ús d'aquest programari també s'obté la capacitat d'adaptació del càlcul integrat de diferents sensors a les necessitats pròpies de l'ICC, com és la possibilitat d'integrar nous sensors o tipus d'observacions que altres programaris comercials no contemplin.

El desenvolupament del GAST-02 ha aportat mòduls per a la determinació de la gravetat i la part corresponent a la integració amb eines per a la determinació del geode a partir d'aquesta gravetat.

### Publicacions tècniques

- Térmens, A., Colomina, I.: *Network Approach versus State-space Approach for Strapdown Inertial Kinematic Gravimetry*. International Association of Geodesy Symposia. IAG, vol. 129, pàg. 107-112. Oporto, 2005.
- Creixell, F., Colomina, I., Baron, A.: *GAST-1: Determinación precisa de trayectorias con sistemas inerciales y GNSS*. 5a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2003.
- Térmens, A., Colomina, I.: *Sobre la correcció de errors sistemàtics en gravimetria aerotransportada*. 5a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2003.



Representació del geode.

**Lideratge de l'estudi**  
UPC - GAGE

**Participants, col·laboracions**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2005-2007

**Projectes relacionats**  
SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

## Descripció

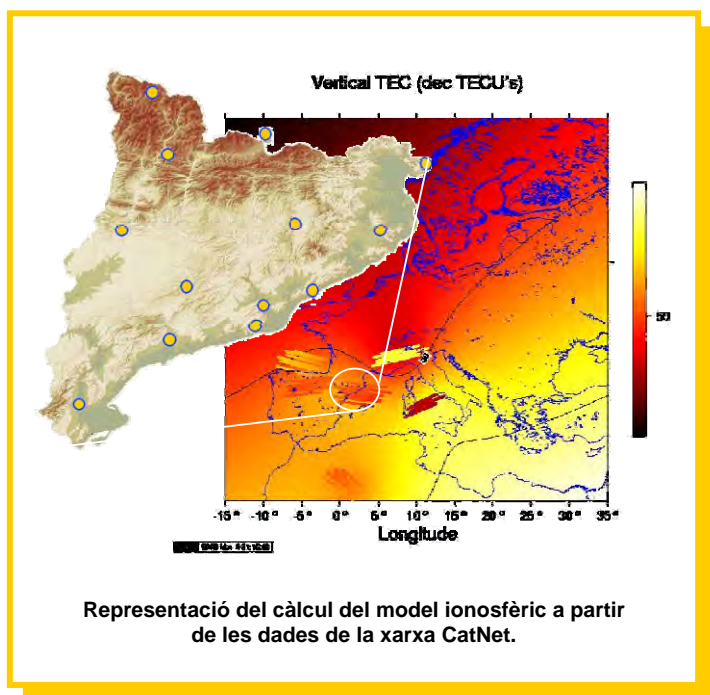
En aquest projecte es pretenia avaluar l'efecte de les pertorbacions ionosfèriques en el posicionament precís mitjançant un estudi a partir de 6 anys d'observacions acumulades. Al mateix temps es van desenvolupar algorismes perquè en una xarxa de receptors permanents es puguin advertir o modelar aquestes pertorbacions de manera que sigui possible mitigar l'efecte del posicionament d'un usuari en aquesta xarxa. Finalment es va estudiar la implementació dels algorismes desenvolupats en la xarxa CatNet d'estacions permanents GPS.

En aquesta línia de treball, l'ICC va participar en dos projectes:

- "Posicionament centimètric amb Galileo: Validació del Wide Area Real-time Kinematics (WARTK) en la xarxa CatNet (WARTKanet)". Projecte coordinat per la UPC i subvencionat parcialment pel programa d'I+D del Ministerio de Educación y Ciencia. La tasca a realitzar per l'ICC consistia en la validació dels algorismes desenvolupats mitjançant la seva implementació en la xarxa CatNet. Aquest conjunt de proves va permetre la consecució de tres objectius:
  - a) Validar els algorismes de generació de models ionosfèrics i WARTK.
  - b) Determinar la idoneïtat dels models en condicions ionosfèriques adverses (TDI).
  - c) Determinar la idoneïtat dels algorismes desenvolupats en xarxes d'estacions permanents GNSS menys denses.
- "WARTK based on EGNOS and Galileo: Technical Feasibility Study". Projecte coordinat per la UPC i cofinançat pel Galileo Joint Undertaking de la Unió Europea, en la prioritat de l'espai, subprioritat "Galileo". L'objectiu era el desenvolupament de la metodologia per a proveir posicionaments en temps real amb una precisió de centímetres sobre Egnos i Galileo.

## Aportació

El beneficiari final és la comunitat geodèsica i topogràfica, i també els usuaris de sistemes de localització personal basats en GPS (LBS).







## Sensors

### Inicis - Motivació

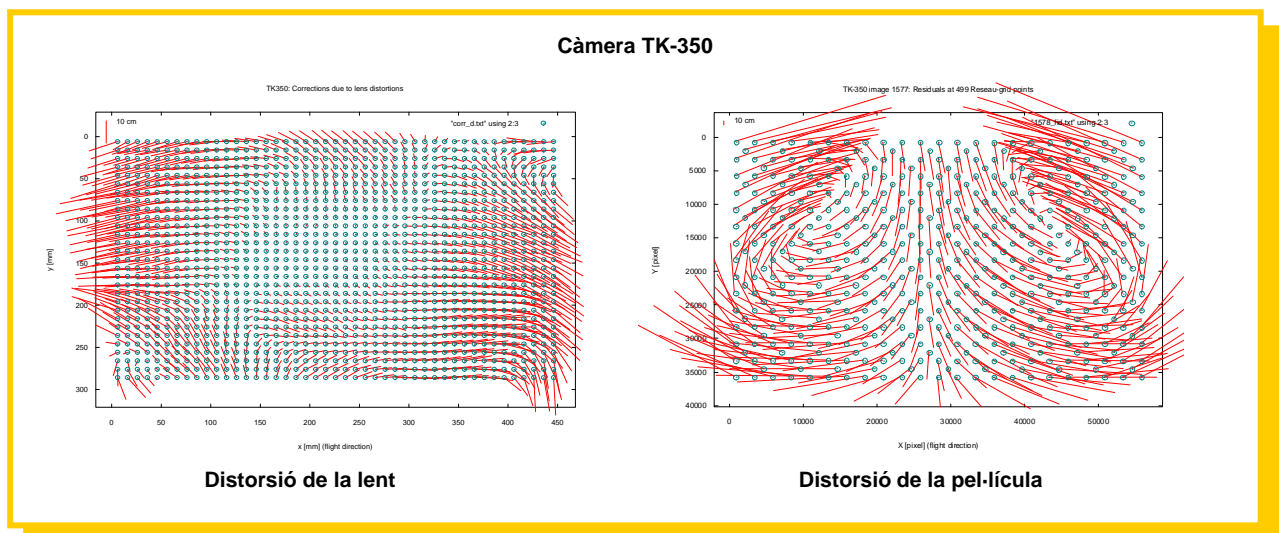
La clara demostració de la utilitat dels sensors embarcats per a moltes aplicacions ha facilitat l'extensió de les capacitats d'observació, per la via d'instal·lar-los en altres plataformes, i d'explorar també altres zones de l'espectre electromagnètic, per veure si aportaven informació complementària. Ambdues aproximacions han estat explorades per l'ICC.

Un dels objectius de l'ICC és conèixer a fons les possibilitats cartogràfiques de sensors aerotransportats i de la majoria de sensors embarcats en satèl·lits; bona part d'aquest objectiu implica estudiar-ne el model geomètric del sensor per assolir la precisió adequada i derivar transformacions genèriques implementades en sistemes comercials i el model radiomètric per a la definició de productes o detecció de nous camps d'aplicació. **Sèries experimentals.**

Al llarg d'aquests 30 anys (1982-2012) s'ha estudiat un ampli ventall de sensors com es reflecteix en la diversitat de productes generats [[Aplicacions temàtiques](#)] i també s'han fet estudis dels seus potencials per a la cartografia topogràfica. [[Cartografia topogràfica i SIG](#)]

### Càmeres fotogramètriques

S'han establert models geomètrics per a la correcció de les distorsions de càmeres analògiques embarcades en satèl·lits per a la seva aplicació a la producció cartogràfica en zones de difícil accés.



S'aposta per la digitalització de la producció cartogràfica des de l'inici de la cadena. La fotografia aèria digital permet estalviar el processos manuals de laboratori i d'escaneig dels fotogrames i evitar distorsions geomètriques, degradacions radiomètriques (**Comportament radiomètric de les càmeres digitals**) i imperfeccions degudes als processos manuals esmentats. Un benefici addicional és l'augment de la finestra diària de vol i l'allargament de la temporada de vol, degut a que els CCD tenen un rang dinàmic més ample, la qual cosa permet prendre imatges amb menys llum.

En aquesta línia es va una mica més enllà participant en el disseny d'un primer prototipus de **kit de digitalització d'imatges** basat en matrius CCD per al seu acoblament en càmeres fotogramètriques en pel·lícules d'emulsió, i a partir de l'experiència adquirida, l'ICC treballa en la construcció d'una **càmera aèria digital** basada en l'ensamblatge de les imatges de 16 CCD ubicades en 4 capçals òptics independents.

També s'ha treballat amb imatges estereoscòpiques de càmeres digitals embarcades en satèl·lits per utilitzar-les en restitució fotogramètrica de SPOT, RadarSat i MOMS (**Model rigorós o funcions racionals - MOMS**).

L'ús generalitzat de les càmeres fotogramètriques digitals va comportar la redefinició de la validació, el calibratge i la certificació d'aquestes càmeres per a assegurar la qualitat del producte final. **EuroDAC<sup>2</sup>**.

## Sensors hiperespectrals / multiespectrals

Els sensors d'observació de la Terra que cobreixen un ampli rang de l'espectre electromagnètic (visible, infraroig) proporcionen dades per a un ventall d'aplicacions temàtiques.

Amb l'experiència adquirida amb els sensors embarcats en satèl·lit (Landsat, SPOT, IKONOS, EarlyBird), el 1994 es considera convenient l'adquisició del sensor multiespectral CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) aerotransportat del fabricant canadenc Itres i el 2007 s'incorpora el sensor TASI, (Thermal Airborne Spectrographic Imager) del mateix fabricant.

El sensor CASI disposa de 288 canals espectrals seleccionables dins l'espectre visible i l'infraroig proper amb resolucions espacials i espectrals millor que les dels sensors dels satèl·lits i amb la possibilitat d'obtenir dades sense restriccions temporals ni espacials (**CASI: Sensor multiespectral**) i el sensor TASI disposa de 32 bandes situades dins de la zona de l'infraroig tèrmic (**TASI: Sensor hiperespectral**). També es coneixen en profunditat els models geomètrics dels sensors ERS (radar), Landsat i MOMS, i es troben en estudi altres models com IKONOS i Earlybird.

Els sensors d'observació de la Terra que no utilitzen l'espectre visible o infraroig proper, permeten que les microones puguin travessar els núvols sense problemes i que, en ser sensors actius que generen la seva pròpia il·luminació, poden treballar tant de dia com de nit.

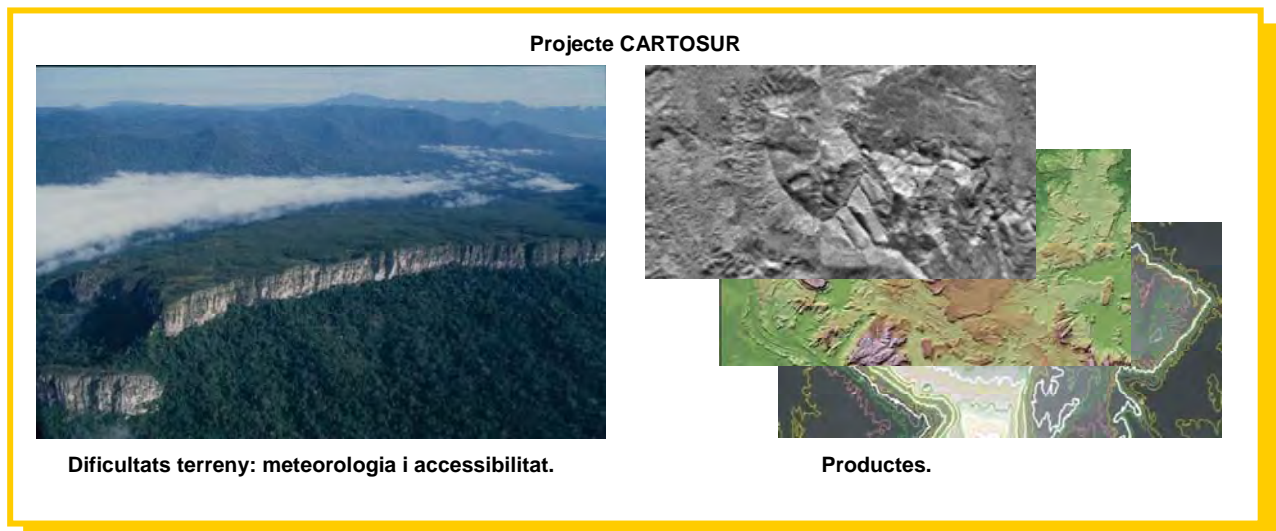
## Sensors radar

Les imatges obtingudes amb radar contenen informació de la distància del sensor a l'objecte observat, per la qual cosa poden ser utilitzades per a obtenir informació altimètrica del terreny.

Les imatges de radar d'observació de la Terra (a partir dels anys 1990) van ser tractades per l'ICC amb interferometria de manera inèdita a Espanya. [[Tecnologia SAR](#)]

S'ha desenvolupat un radar d'apertura sintètica (SAR) aerotransportat per a aplicacions topogràfiques i temàtiques.

Els sensors SAR són sensors actius que utilitzen la seva pròpia font d'il·luminació, el senyal de la qual pot travessar sense cap dificultat els núvols, ni es veu influenciat per la meteorologia. Aquestes propietats els fan molt apropiats per utilitzar-los en aplicacions cartogràfiques en zones amb una il·luminació pobre (cas de les latituds altes a l'hivern) o amb una cobertura de núvols molt important. A més, la tecnologia radar proporciona informació temàtica complementària a la dels sensors electroòptics. L'ICC ha construït i opera amb un sensor SAR aerotransportat multibanda i multipolarització amb capacitat interferomètrica.



## Sensors lidar

El 2001 l'ICC va adquirir l'altímetre làser ALTM 2025E, que serveix per a mesurar amb precisió les alçades del terreny. (**Altímetre làser**).

Es tracta d'un sensor actiu aerotransportat que il·lumina el terreny amb un senyal làser i obté l'alçada mesurant el temps de retorn del senyal emès.

Amb les tècniques de què es disposava el 2001, era possible mesurar la distància recorreguda pel làser amb un centímetre d'exactitud, malgrat que els errors dels sistemes GPS i inercials reduïen aquesta precisió fins a 15 cm en condicions operacionals normals.

Aquest sistema mesura 25 000 punts per segon i pot operar entre 550 i 3 000 metres sobre el terreny independentment de les condicions d'il·luminació. L'elevada densitat de punts permet que aquesta

tecnologia sigui una alternativa a la fotogrametria per a l'obtenció de models del terreny de gran precisió i densitat. És possible obtenir models del terreny amb densitats d'un punt per metre quadrat o fins i tot més grans, mantenint una alta productivitat. Altres possibilitats són l'obtenció de models digitals de la superfície de ciutats per a aplicacions d'emplaçament d'antenes de telefonia, cartografiat de línies elèctriques per a detectar quan una línia d'alta tensió toca o s'acosta massa a la vegetació, obtenció de dades de base per a estudis de risc d'inundacions, monitorització de canvis de la costa, mesurament de l'alçada de la vegetació per a la gestió forestal, etc.

El sistema va entrar en producció el 2001 amb resultats excel·lents comprovats al camp.

També es varen fer proves amb un altímetre làser batimètric (**Lidar batimètric**) per a l'estudi dels fons marí proper a la costa.

### Sistemes terrestres de recollida d'informació

El primer prototipus de sistema integrat de sensors terrestre fou pensat per a la navegació (**SAC: Sistema d'ajut a la conducció**), posteriorment es plantejà l'opció d'integrar-hi sensors per a la recollida d'informació.

El geomòbil (anteriorment denominat geovan) és un sistema de recollida d'informació primària des d'un vehicle terrestre. El sistema inclou el programari necessari per a la posterior captació de les dades d'una manera estructurada (**Sistema GEOMOBIL**).

En una furgoneta s'integren els sistemes necessaris per a la captació de parells d'imatges estereoscòpiques digitals que permetin la posterior determinació de coordenades dels diferents elements presents als vials. A més, s'integraran els elements necessaris per a l'orientació directa de les imatges digitals captades mitjançant observacions GPS i observacions inercials [[Orientació integrada de sensors](#)]. La combinació GPS/IMU permet determinar els paràmetres angulars i de la posició de les càmeres instal·lades en el vehicle fins i tot en zones d'obstrucció dels senyals GPS.

### Aplicacions

El sensor CASI ha estat utilitzat en diferents aplicacions: anàlisi de la qualitat de l'aigua (embassament i costa), agricultura de precisió o anàlisi de la contaminació lluminosa nocturna.

El TASI permet desenvolupar aplicacions que depenen de la temperatura dels objectes (illa de calor, dinàmica de les aigües) i de les característiques dels objectes, a través de la seva característica emissivitat (estrés hídric de plantes, degradació de l'asfalt).

El satèl·lit d'observació de la Terra amb sensor que no utilitza l'espectre visible o infraroig proper permet detectar moviments d'alguns mil·límetres en zones de subsidència, el moviment geològic associat a l'activitat volcànica o sísmica o, fins i tot, les dilatacions dels edificis i les infraestructures degudes a la variació de temperatura.

### Fites assolides

1994 – Inici de les operacions del sensor multiespectral CASI. Primícia a Espanya.

1994 – Primers models d'elevacions a partir d'interferometria radar. Primícia a Espanya.

2000 – Desenvolupament del prototipus d'un kit de digitalització d'imatges d'alta resolució adaptable a càmeres aèries. Primícia a Espanya i a Europa.

2000 – Desenvolupament del prototipus d'un geomòbil. Primícia a Espanya.

2001 – Inici de les operacions de l'altímetre làser ALTM 2025E. Primícia a Espanya.

2007 – Inici de les operacions del sensor TASI. Primícia a Espanya.



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

Activitat continuada

### Projectes relacionats

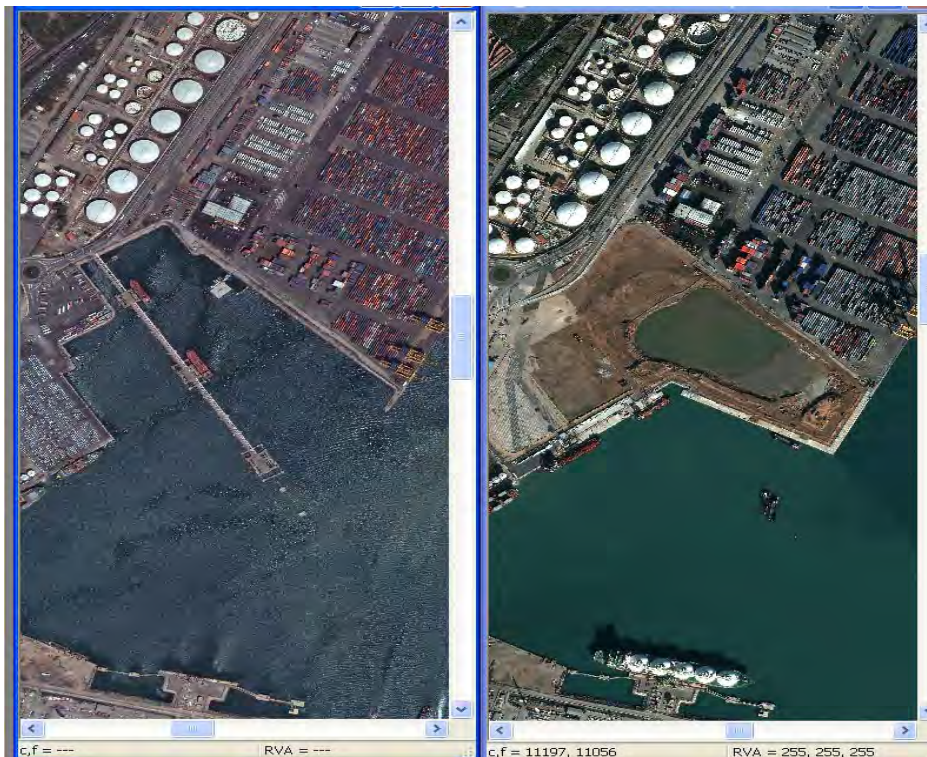
Radargrametria

## Descripció

El programa té com a objectiu conèixer a fons les possibilitats cartogràfiques dels nous sensors d'aplicació a la cartografia –especialment els este-reoscòpics embarcats en satèl·lits– i també prepa-rar i adaptar els sistemes de producció propis i comercials tant per a la línia de producció de ma-pes d'imatge com per a la de cartografia topogràfi-ca.

Una part important d'aquestes tasques implica l'estudi i el desenvolupament del model geomètric rigorós del sensor que defineix la geometria del procés de formació de la imatge. Aquest model té una sèrie de paràmetres lliures que s'ajusten mit-jançant un conjunt de punts de control de posició coneguda a terra i parells de punts homòlegs entre imatges.

La determinació de les orientacions de les imatges es realitza amb el sistema d'aerotriangulació GeoTeX/Ajumult de l'ICC, que permet ajustar nombroses imatges procedents de diferents sensors amb poc o nul recolzament de camp. Posteriorment es deriva una transformació genèrica que usen els sistemes co-mercials de fotogrametria digital per a la resti-tució. En el cas de les ortoimatges, les incerte-ses estan lligades bàsi-cament a l'òrbita del satèl·lit i la seva actitud i el model del sensor s'implementa en el pro-gramari de rectificació.



Anàlisi i avaluació d'imatges de satèl·lit de molt alta resolució:  
QuickBird i GeoEye.

# Sensors

## Sèries experimentals: Teledetecció

Actualment es coneixen els models dels sensors RadarSat, ERS i ENVISAT (radar), Landsat, SPOT, MOMS, Ikonos, QuickBird i GeoEye (òptics), TerraSAR-X, Radarsat-2, ALOS/PALSAR (radar) i es troben en estudi CartoSat II i Cosmo-SkyMed.

En el marc de l'estudi HRS (High Resolution Stereoscopic) organitzat pel CNES (Centre Nacional d'Études Spatiales) i l'ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) s'ha avaluat la capacitat del sensor HRS embarcat en el SPOT-5 per a la determinació de models d'elevacions del terreny.

També s'ha avaluat la qualitat de les imatges RapidEye geocorregides i s'ha aplicat satisfactòriament el model de funcions racionals a l'ajust d'imatges WorldView-2.

S'ha treballat en l'ajust simultani d'imatges òptiques i radar sobre zones remotes i en l'avaluació de les seves capacitats mètriques i estereoscòpiques en estacions fotogramètriques digitals (radargrametria).

S'ha estudiat el model geomètric i radiomètric del sensor d'alta resolució del futur satèl·lit Plèiades.

## Aportació

Tecnologia pròpia per a utilitzar imatges de satèl·lit estereoscòpiques en projectes cartogràfics. Aquesta tecnologia ha permès des de 1999 restituir amb qualsevol tipus de sensor estereoscòpic, tant òptic com radar.

Millora de la precisió del model de funcions racionals en el marc d'un ajust per blocs amb pocs o, fins i tot, cap punt de control, especialment quan es tracten moltes imatges simultàniament. Això permet dur a terme projectes cartogràfics en zones remotes on la informació de camp és escassa o inexistent.

Implementació de la interpolació dispersa en temps de rectificació i postprocés per evitar artefactes en la imatge resultant i posada en producció del programari per a la generació d'ortofoto veritable.

## Publicacions tècniques

- Gómez, P., Soler, M. E., Rodríguez, B., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Ortofoto verdadera de zonas urbanas en el ICC*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona. 2011.
- Martín, F., Corbera, J., Marchan, J. F., González, A.: *RapidEye and the Rededge band for modelling the vegetation and the recovery of the soil moisture*. Mapping, núm. 150, pàg. 10-20. 2011.
- Arbiol, R.: *Sensors i captació primària de dades*. Revista Catalana de Geografia, IV època, volum XIV, núm. 37. 2009. [www.rcg.cat](http://www.rcg.cat)
- Kornus, W., Alamús, R., Ruiz, R., Talaya, J.: *DEM Generation from SPOT-5 3-fold Along Track Stereoscopic Imagery using Autocalibration*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2006.
- Núñez, J., Fors, O., Otazu, X., Palà, V., Arbiol, R., Merino, M. T.: *A Wavelet-Based Method for the Determination of the Relative Resolution Between Remotely Sensed Images*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, núm. 9, pàg. 2539-2548. 2006.
- Kornus, W., Alamús, R., Ruiz, R., Talaya, J.: *Assessment of DEM Accuracy Derived From SPOT-5 High Resolution Stereoscopic Imagery*. XX ISPRS Congress Geo-Imagery Bridging Continents. Istanbul, 2004.
- Palà, V., Calvet, J., García Sellés, D., Ximenis, L.: *Fotogrametría terrestre en el Glaciar Johnsons, Isla Livingston, Antártida*. Acta Geologica Hispanica, vol. 34, núm. 4, pàg. 427-445. 1999.
- Font, J. Shirasago, B., Martínez Benjamín, J. J., Sánchez, D., Arbiol, R., Palà, V., Moreno, J., Martínez, A., Vázquez, J.: *Evaluation of ERS-1 microwave sensors capability in the study of oceanic fronts*. Revista de Teledetecció, núm. 6, pàg. 27-36. 1996.
- Palà, V., Pons, X.: *Incorporation of Relief in Polynomial-Based Geometric Corrections*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS), vol. 61, núm. 7, pàg. 935-944. 1995.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

1994-2000

### Projectes relacionats

Aplicacions temàtiques de teledetecció

SISA: Sistema integrat de sensors aerotransportats

## Descripció

Programa de treball per al desenvolupament i explotació de sensors multiespectrals aerotransportats, especialment el sensor CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) en operació a l'ICC.

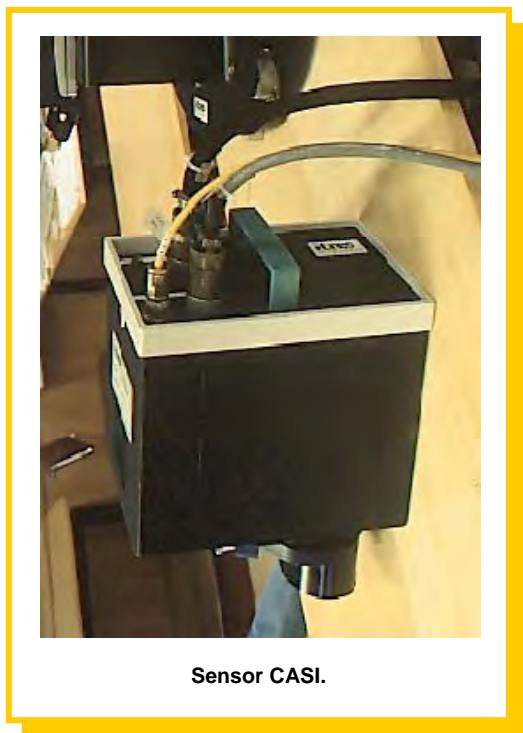
El CASI és un sensor multiespectral que capta imatges en 288 canals espectrals seleccionables dins l'espectre visible i l'infraroig proper i que es poden aplicar a tot un ventall d'aplicacions temàtiques relacionades amb la cobertura i usos del sòl. El precedent d'aquestes aplicacions són els sensors embarcats en satèl·lit i, molt especialment, els de la família de satèl·lits Landsat TM que comença el 1972 i que és la gènesi del concepte de satèl·lits d'observació global de la Terra. Tant la millor resolució espacial com la espectral del CASI el fan molt adient per a aplicacions molt específiques: agricultura de precisió, qualitat d'aigües, malalties de boscos, etc.

El sensor CASI escombra el terreny línia a línia i cada una d'elles està afectada pel moviment de l'avió. La correcció geomètrica i georeferenciació es realitza mitjançant el sistema SISA desenvolupat a l'ICC en el marc del programa NOSA d'orientació i navegació. [[Orientació de sensors](#)].

Des del punt de vista de la informació multiespectral, s'ha avaluat un nou sensor que permet cobrir més terreny amb més bandes espectrals i més fines. També es preveu realitzar experiències de control de boscos juntament amb dades d'altimetria làser.

## Aportació

El CASI fou el primer i únic sensor multiespectral de baix cost disponible a l'Estat Espanyol, s'ha utilitzat en nombroses aplicacions temàtiques, de les quals cal remarcar les d'anàlisi de qualitat d'aigües litorals i continentals i en agricultura de precisió per a donar als agricultors valors quantitatius dels fertilitzants que cal aplicar als camps de conreu.



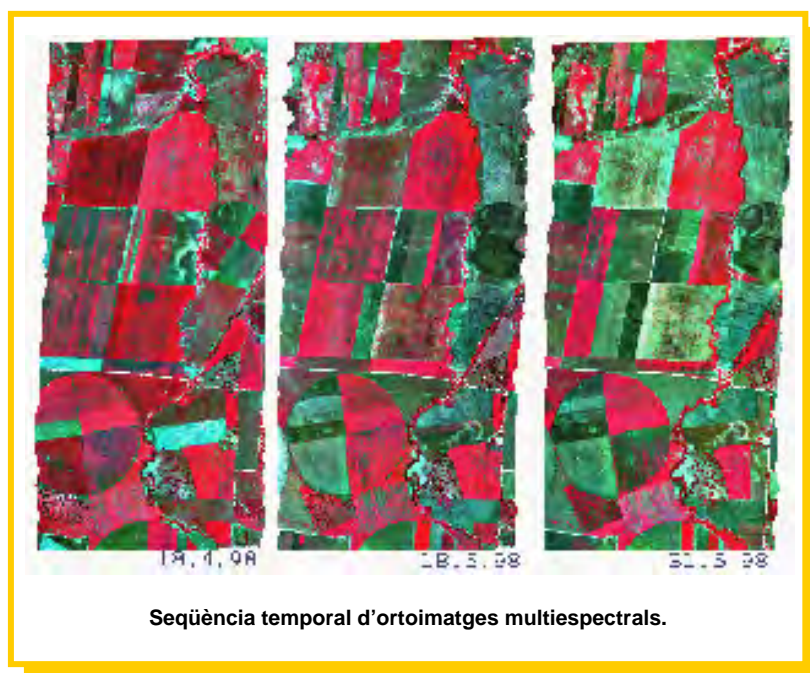


# Sensors

## CASI: Sensor multiespectral

### Publicacions tècniques

- Alamús, R., Talaya, J.: *Airborne sensor integration and direct orientation of the CASI system*. ISPRS, vol. XX-XIII. Amsterdam, 2000.
- Palà, V., Alamús, R., Pérez, F., Arbiol, R., Talaya J.: *El sistema CASI-ICC: un sensor multiespectral aerotransportado con capacidades cartográficas*. Revista de Teledetección, núm. 12, pàg. 89-92, 1999.
- Alamús, R., Colomina, I., Palà, V., Castillo, M.: *Orientació d'imatges 1-dimensionals de sensors aerotransportats*. 2a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 207-217. 1995.
- Arbiol, R.: *Els sensors multiespectrals aerotransportats*. TERRA, III època, volum IX, núm. 23, pàg. 2-5. 1994. <http://www.icc.cat/rcg/r23/index.djvu>



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Departament de la Presidència i Fundació Airtel Mòvil

### Període

1998-2000 (data de presentació del prototipus)

## Descripció

Sistema integrat que permet a l'usuari obtenir un itinerari òptim a partir d'un punt d'origen i una destinació dins el territori. Aquest sistema disposa d'un receptor GPS preparat per a RASANT (xarxa de difusió de senyals GPS corregides que l'ICC va posar en marxa l'any 1997 i que permet una precisió de posicionament d'1 metre en temps real - vegeu SPGIC), d'informació dels punts d'interès sobre el territori i de cartografia en suport CD-Rom.

El projecte és una prova pilot sobre la ciutat de Barcelona, per a la qual s'ha traspassat la cartografia urbana 1:2 000 ja existent a l'ICC a format PDF i s'ha desenvolupat el programari necessari per a la generació de les rutes i el càlcul de les distàncies. La informació cartogràfica parteix de les bases digitals de l'ICC.

Per al projecte definitiu, la navegació pels nuclis de població es recolzaria en una cartografia a escales 1:1 000-1:5 000, per tal de visualitzar detalladament els carrers, i per a la resta del territori es navegaria a escala 1:50 000, donant preferència a la informació viària.

## Publicacions tècniques

- Roset, R.: *Desarrollo de un Sistema de Ayuda a la Conducción*. 4a Setmana Geomàtica de Barcelona. Sitges, 2000.



Exemples de resposta del sistema.



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Deutsche Forschungstalt für Luft und Raumfahrt (DLR)  
Fachhochschule Neubrandenburg

### Període

1999-2000

### Projectes relacionats

Radargrammetria

## Descripció

L'estudi comparatiu de precisió en el mesurament de punts en imatges MOMS usant un model rigorós o amb funcions racionals es va començar per la iniciativa del grup de treball II/7 de la Societat Internacional de Fotogrametria i Teledetecció per tal d'avaluar la proposta d'usar funcions racionals com a estàndard universal per a expressar la transformació d'imatge a espai-objecte per a aplicacions fotogramètriques i de percepció remota. Mentre usar models fotogramètrics rigorosos garanteix una precisió definida, l'aproximació per funcions racionals només permet un coneixement més general sobre la precisió esperada dels punts extrems d'un parell estereoscòpic.

Els prerequisits necessaris va ser conèixer en profunditat el sensor MOMS (sensor electroòptic de tres càmeres instal·lat en l'estació espacial MIR) i posar a punt els processos necessaris per a treballar amb funcions racionals en sistemes comercials. Aquesta darrera fita es va assolir abans de 1999 i va significar poder usar restitució fotogramètrica amb pràcticament qualsevol tipus de sensor estereoscòpic.

## Metodologia

Hi ha dos paràmetres que determinen les funcions racionals que aproximen el model rigorós: el primer és el grau de funcions racionals i el segon és el conjunt de punts les coordenades dels quals són conegudes a través del model rigorós, usades en el càlcul dels coeficients de les funcions racionals.

La precisió en la determinació de punts ha estat comprovada en escenes MOMS de zones muntanyoses i planes. Els resultats utilitzant les funcions racionals (canviant els paràmetres per a determinar-les) i el model rigorós han estat comparats, i ha estat debatuda la dependència de les funcions racionals del tipus de terreny i dels paràmetres de calibratge.



Model estereoscòpic d'imatge MOMS en una estació fotogramètrica.

# Sensors

## Model rigorós o funcions racionals - MOMS

### Aportació

El mètode és operacional per als sensors SPOT, MOMS, Radarsat sobre estacions fotogramètriques de ZI-Imaging i en proves per al sensor IKONOS-1 que distribueix les imatges estereoscòiques amb les funcions racionals associades en lloc dels paràmetres del model rigorós.

### Publicacions tècniques

- Alamús, R., Langner, M., Kresse, W.: *Accuracy potential of point measurements in MOMS-images using a rigorous model and a rational function*. XIX Congress of ISPRS. Amsterdam, 2000.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

AQUATER

Finnish Geodetic Institute (Finland)

Helsinki University of Technology (Finland)

Terrasolid Oy (Finland)

Programa EUREKA (Ministerio de Ciencia y Tecnología i Fons FEDER)

### Període

1999-2005

### Projectes relacionats

Aplicacions de l'ALTM (CLOSE-SEARCH)

## Descripció

Es tracta d'un projecte tecnològic de demostració de l'ús i desenvolupament d'aplicacions amb les dades d'altímetres làser embarcats en avions destinats a la captació d'elevacions del terreny d'alta precisió i densitat.

L'altímetre làser (LIDAR- Light Detection And Ranging) és un sensor actiu que il·lumina el terreny amb un senyal làser i obté l'alçada mesurant el temps de retorn del senyal emès. Els lídar d'última generació poden diferenciar el primer i l'últim pols del rebot, la qual cosa permet discriminar el retorn de dalt dels arbres del retorn a terra i, per diferència, obtenir una aproximació a l'alçada de la vegetació.

Com a exemple, a una alçada de vol de 800 m, cobreix una passada de 450 m d'amplada amb 1 punt per metre quadrat i 15 cm de precisió. Per la seva precisió, són un complement a la fotogrametria quan es requereix recollir elevacions amb precisió. L'elevada densitat de punts permet que aquesta tecnologia sigui adient per a aplicacions com l'obtenció d'elevacions de la superfície de ciutats, detectar quan una línia d'alta tensió toca o s'acosta massa a la vegetació o per a dades de base d'inundacions.

El sistema va embarcat en avió i és capaç d'operar de nit o per sota els núvols. La georeferenciació de les mesures lídar s'obté directament amb sistemes inercials GPS/INS (vegeu projecte SISA: Orientació integrada de sensors).

AQUATER, va cedir l'ús d'un altímetre ALTM210 i va fer el procés primari de les dades captades de la prova pilot de final de maig de 2000 sobre 5 àrees de test diferenciades: ciutat de Granollers, un tram del Llobregat, un tram de línia elèctrica, un tram de xarxa ferroviària i una zona agrícola.

Posteriorment, el 2003, l'ICC va participar en el projecte EUREKA dins el programa marc europeu "Environmental AGIS", per a analitzar i millorar la captació i el tractament de les dades obtingudes amb altímetre làser.

Aquest projecte comporta la utilització del làser terrestre integrat en el sistema GEOMOBIL per a



Granollers (4 punt/m<sup>2</sup>).

# Sensors

## Altímetre làser

determinar directament la posició i la textura dels elements il·luminats pel sensor, en un mode cinemàtic.

Els principals temes estudiats en el marc del projecte EUREKA són:

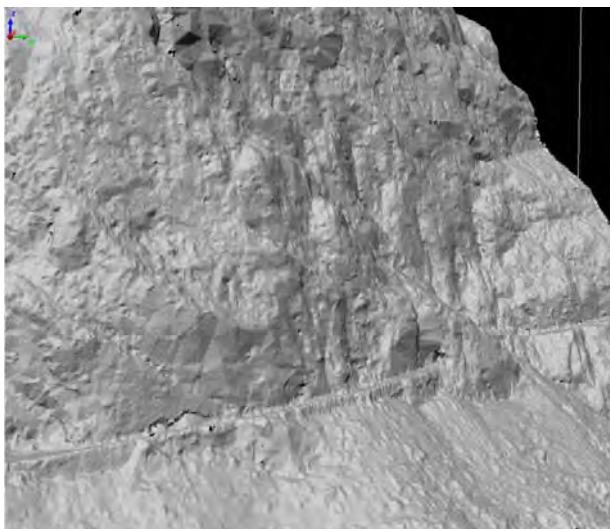
- Anàlisi dels factors que influeixen en la qualitat de les dades lídar.
- Desenvolupament i millora dels mètodes i programari de calibratge del procés de dades.
- Processos semiautomàtics per a l'obtenció de models 3D de ciutats i fusió amb imatges.
- Fusió de dades lídar aeri i terrestre en terrenys escarpats.

## Aportació

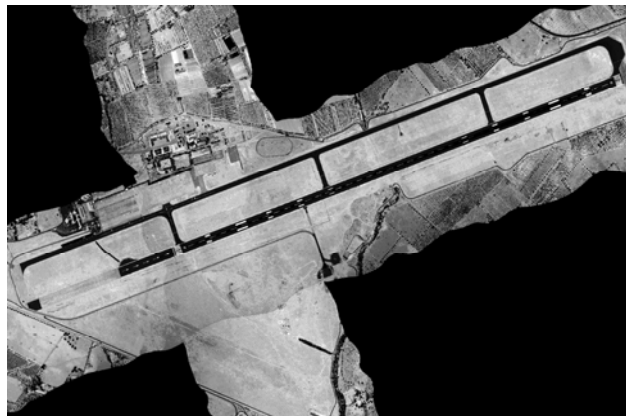
Experiència en la utilització d'aquesta tecnologia per a la gestió de costes i la cartografia hidrogràfica.

Consolidar la metodologia de fusió de dades lídar aeri i terrestre per a aplicacions especials.

Millorar les metodologies de producció o la precisió dels productes lídar.



Model del terreny del recorregut del cremallera de Núria.



Mapa d'intensitat de l'aeroport de Reus.

## Publicacions tècniques

- Ruiz, A., Kornus, W., Talaya, J., Colomer, J. L.: *Terrain Modeling in an Extremely Steep Mountain: A Combination of Airborne and Terrestrial LIDAR*. XX Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). Istanbul, 2004.
- Kornus, W., Ruiz, A.: *Strip Adjustment of LIDAR Data*. International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 34, part 3/W13, pàg. 47-50. Dresden, 2003.
- Ruiz, A., Kornus, W.: *Experiencias y aplicaciones del LIDAR*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Departament d'Òptica i Optometria de la Universitat  
Politécnica de Catalunya (UPC)  
NTE, SA

### Període

2000-2001

## Descripció

Fabricació d'un prototip de kit de digitalització d'imatges basat en matrius CCD per al seu acoblament a càmeres fotogramètriques de pel·lícules d'emulsió per tal d'estalviar els processos manuals de laboratori i d'escaneig dels fotogrames i evitar distorsions geomètriques, degradacions radiomètriques i imperfeccions degudes als processos manuals esmentats.

Un benefici adicional és degut a que els CCD tenen un rang dinàmic més ample, la qual cosa permet prendre imatges amb menys llum. La conseqüència pràctica és augmentar la finestra diària de vol i allargar la temporada de vol.

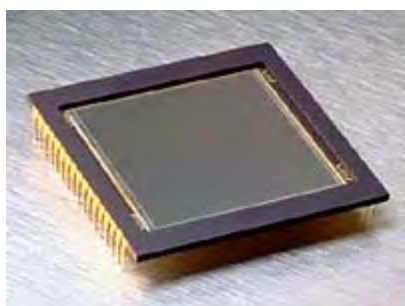
Un dels principals problemes és que les matrius CCD més grans (de fins a 9 k x 9 k píxels en prototipus) continuen essent petites comparades amb la fotografia aèria de 23 x 23 cm. La solució al problema s'ha atacat de diferents maneres: barretes lineals CCD que "escombren" el terreny línia a línia amb l'avanç de l'avió, ensamblatges de 4 càmeres, cada una amb una matriu CCD relativament gran (per exemple 7 k x 4 k) o d'altres solucions més o menys enginyoses. La que es desenvolupa es basa en l'ús de tècniques òptiques per a concentrar la imatge sobre un conjunt de matrius CCD situades al pla focal de la càmera.

Desenvolupament de les eines i dels mètodes de calibratge geomètric i radiomètric, i de les eines de procés d'imatge necessàries per a assolir una imatge lliure de defectes tant geomètrics com radiomètrics.

Adaptació dels programaris necessaris per tal d'assegurar la integració en els processos de fotogrametria digital establerts.

Es desestima el projecte per les dificultats de disseny dels trens òptics necessaris per a la digitalització del pla focal d'una càmera fotogramètrica analògica.

Pocs anys després apareixen les primeres càmeres fotogramètriques digitals.



CCD d'una càmera digital.





### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Centre de Visió per Computador (CVC)

### Període

Prototipus GEOVAN: 2000-2001

GEOMOBIL: 2002-2010

### Projectes relacionats

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

Models de ciutats

## Descripció

GEOMOBIL és un sistema de captació contínua d'informació des d'un vehicle terrestre en moviment. Es basa en una plataforma mòbil terrestre sobre la qual s'han instal·lat diferents sensors i un sistema d'orientació directa. També disposa del programari necessari per a la captació i el processament de les dades dels sensors.

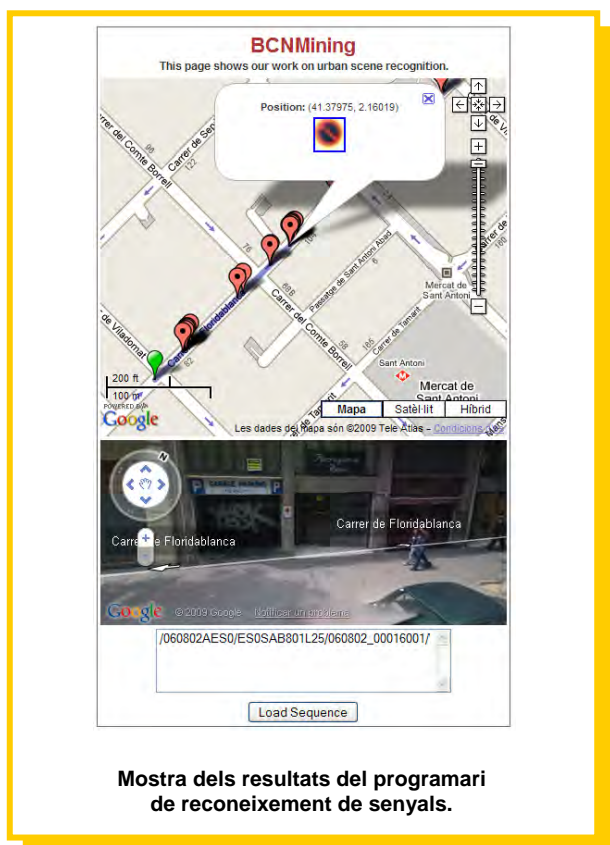
Inclou un sistema d'orientació directa basat en observacions GPS i mesures d'una unitat inercial. També s'ha desenvolupat la metodologia necessària per al calibratge de les diferents parts del sistema i el sistema d'explotació de les imatges. Aquest consta de funcionalitats de selecció i visualització de les imatges, i eines per a la digitalització dels objectes (eixos de vials, senyals de trànsit, punts quilomètrics, etc.).

En col·laboració amb el Centre de Visió per Computador de la Universitat Autònoma de Barcelona, es desenvolupen eines per a la detecció i classificació de senyals de trànsit i per a la interpretació de senyals informatius amb text, com els guials, per a reduir el cost de digitalització de les dades.

El sistema assoleix una precisió per sota d'un metre en la determinació de coordenades, precisió que és compatible amb la cartografia 1:5 000.

La col·laboració ha continuat amb la visualització dels senyals en un entorn web i amb la detecció d'objectes per a la protecció de la privacitat, incloent la detecció de cares i de matrícules de cotxes.

També s'analitza el disseny més apropiat de les bases de dades que han de permetre l'explotació de les dades captades pel sistema. En aquest sentit, s'han realitzat campanyes per a complementar ortos veritables i s'han desenvolupat DLL per al rendering de les imatges i la seva aplicació a la generació de models de ciutats.



Mostra dels resultats del programari de reconeixement de senyals.

# Sensors

## Sistema GEOMOBIL

### Aportació

Desenvolupament d'una eina capaç d'adquirir dades de camp de forma ràpida, eficient i precisa. Per exemple, amb les imatges es poden realitzar inventaris de carreteres amb precisió suficient per a integrar-los en sistemes d'informació geogràfica i en cartografia a escala 1:5 000 i catàlegs urbans. El sistema làser permet realitzar mesures de la topografia d'objectes propers i construir models 3D de façanes.

Desenvolupament d'un simulador de navegació per a testar la captació d'imatges en funció de la velocitat del vehicle optimitzant el programari de captació i sincronització.

### Publicacions tècniques

- Baró, X., Vitrià, J.: *Weighted Dissociated Dipoles: An extended visual feature set*. 6th International Conference on Computer Vision Systems (ICVS2008), Santorini, Grècia. Imprès: Theoretical Computer Science and General Issues 2008. Lecture Notes in Computer Science, 5008:281-290. Springer ISBN: 978-3-540-79546-9. Maig 2008.
- Baró X., Vitrià, J.: *Evolutionary Object Detection by means of Naïve Bayes Models Estimation*. 10th European Workshop on Evolutionary Computation in Image Analysis and Signal Processing (EvoIASP2008), Nàpols. Imprès: Applications of Evolutionary Computing, EvoWorkshops 2008: EvoCOMNET, EvoFIN, EvoHOT, EvoIASP, EvoMUSART, EvoNUM, EvoSTOC, and EvoTransLog, Nàpols. 2008. Lecture Notes in Computer Science, 4974:235-244. Springer. ISBN: 978-3-540-78760-0. Març 2008.
- Serra, A., Baron, A., Bosch, E., Casacuberta, J., Pla, M., Sánchez, S.: *Integración de cámaras color en el sistema Geomòbil*. 7a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2007.
- Escalera, S., Pujol, O., Radeva, P.: *Traffic Sign Recognition using Error Correcting Techniques*. International Conference on Computer Vision Theory and Applications VISAPP2007, pàg.281-285. 2007.
- Baró, X., Vitrià, J.: *Real-Time Object Detection using an Evolutionary Boosting Strategy*. 9è Congrés Internacional de l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial. Perpinyà, 2006. Imprès: Artificial Intelligence Research and Development, Frontiers in Artificial Intelli-

gence and Applications, 146:9-18. IOS Press, ISBN: 978-1-58603-663-7. Octubre 2006.

- Serra, A., Baron, A., Bosch, E., Alamus, R., Kornus, W., Ruiz, A., Talaya, J.: *Geomòbil: Integración y experiencias de lidar terrestre en LB-MMS*. 6a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2005.
- Talaya, J., Bosch, E., Alamus, R., Serra, A., Baron, A.: *Geomòbil: the Mobile Mapping System from the ICC*. 4<sup>th</sup> International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT'2004). Kunming (Xina), 2004.
- Alamús, R., Baron, A., Bosch, E., Casacuberta, J., Miranda, J., Pla, M., Sánchez, S., Serra, A., Talaya, J.: *On the accuracy and performance of the Geomòbil system*. XX ISPRS Congress Geo-Imagery Bridging Continents. Istanbul, 2004.
- Bosch, E., Alamús, R., Serra, A., Baron, A., Talaya, J.: *GEOVAN : El sistema de cartografia terrestre mòbil del ICC*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.
- Serra, A.: *Subsistema de adquisició de datos del sistema Geovan*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.



Exemple de captació automàtica de senyals de circulació a partir de les imatges preses pel sistema GEOMOBIL. Exemple de detecció d'un gual.



Imatge del GEOMOBIL.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Institut de Geomàtica i Metratek (fabricació del radar)

### Període

2000-2002

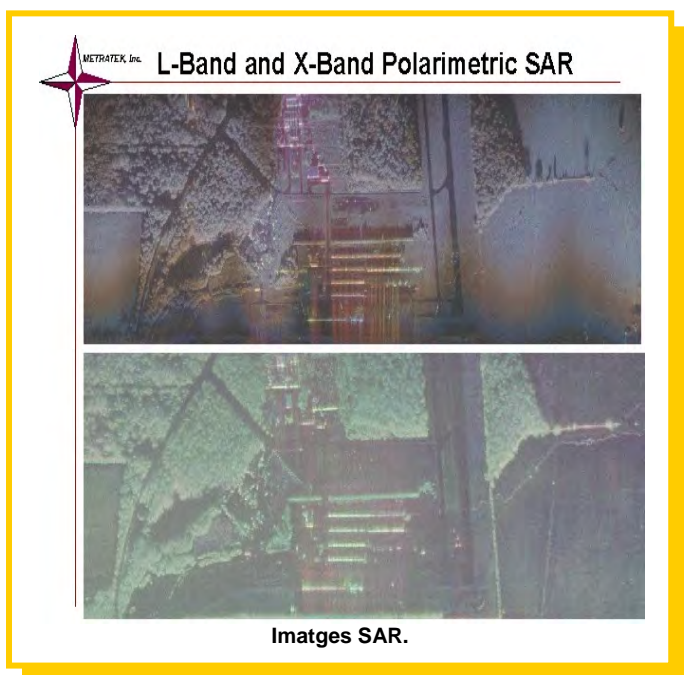
## Descripció

Desenvolupament d'un Radar d'Apertura Sintètica (SAR) aerotransportat per a aplicacions topogràfiques i temàtiques.

Els sensors SAR usen la seva pròpia font d'il·luminació del terreny; en ser sensors actius no depenen de si és de dia o de nit i, en poder travessar sense cap dificultat els núvols, tampoc es veuen influenciats per la meteorologia. Aquestes propietats els fan molt apropiats per utilitzar-los en aplicacions cartogràfiques en zones amb una il·luminació pobre (cas de les latituds altes a l'hivern) o amb una cobertura de núvols molt important. A més, la tecnologia radar proporciona informació temàtica complementària a la dels sensors electroòptics.

Avaluació d'alternatives i selecció del fabricant del radar, fabricació del radar, desenvolupament del processador radar i del programari de geocodificació, desenvolupament del sistema d'orientació (GPS i INS), processos de rectificació i procés d'imatge, processos de producció, operacions i explotació.

Es desenvolupa el programari necessari per a l'explotació d'imatges radar, però es desestima la fabricació del sensor per tenir la consideració d'eina estratègica per a la defensa; aquesta condició comporta restriccions d'ús que no el fan comercialment atractiu.





### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

NTE, SA

### Període

2002-en endavant

### Projectes relacionats

EuroDAC<sup>2</sup>

Comportament radiomètric de les càmeres digitals

## Descripció

L'objectiu és conèixer en detall les principals característiques geomètriques i radiomètriques de les càmeres fotogramètriques digitals del mercat.

En els darrers anys, s'ha seguit l'evolució de la tecnologia emprada pels fabricants per a millorar la qualitat dels productes des d'un punt de vista geomètric i radiomètric amb l'ús de sensors amb un nombre més gran de píxels, generant imatges amb una empremta més gran al territori.

S'ha avaluat el programari de generació d'imatges virtuals i s'ha analitzat i caracteritzat la causa dels problemes esporàdics en la restitució amb imatges DMC.

En paral·lel es va estudiar l'ús de les imatges de la càmera digital per a la generació de mesures de magnituds físiques que puguin ser d'utilitat de forma aïllada o combinades amb informació d'altres sensors.

S'ha establert el procediment per a determinar uns coeficients de calibratge que permeten obtenir valors absoluts de radiància i s'ha desenvolupat la metodologia per a la generació d'imatges acurades de l'índex NVDI basada en vols simultanis amb el sensor CASI i la càmera DMC.

## Aportació

Caracterització de les prestacions geomètriques de les càmeres fotogramètriques digitals que l'ICC ha anat adquirint, posada en producció d'aquestes càmeres i desenvolupament del concepte d'auto-calibratge que contempla les característiques geomètriques pròpies d'aquestes càmeres a fi de millorar les precisions geomètriques en les tasques d'orientació.

La utilització de càmeres digitals en vols fotogràfics implica augmentar la qualitat i reduir despeses en poder estalviar completament els processos manuals de laboratori i d'escaneig dels fotogrames, tot evitant les distorsions geomètriques, les degradacions radiomètriques i les imperfeccions degudes als processos esmentats. Un benefici



Components de la càmera DMC.

# Sensors

## Càmeres digitals

addicional és poder prendre imatges amb menys llum i, per tant, estendre la finestra diària de vol i també allargar la temporada de vols.

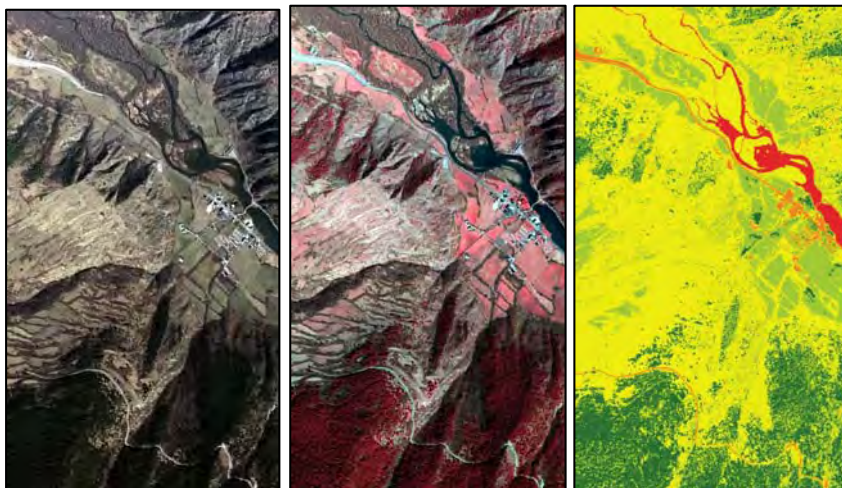
Utilització de les càmeres DMC com a sensors de teledetecció, possibilitant estudis radiomètrics fins ara impracticables amb aquestes càmeres: obtenció de mesures de magnituds físiques com la radiància o el mapa d'NVDI.

## Publicacions tècniques

- Alamús, R., Kornus, W., Pla, M., Talaya, J.: *Evaluación de la precisión en tres años de campañas con cámara digital en el ICC*. 8a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2009.
- Talaya, J., Kornus, W., Pla, M.: *Accuracy and Efficiency exceed Analogue: Mapping with Digital Cameras*. GIM International, vol. 23, núm. 5, pàg. 25-29. 2009.
- Alamús, R., Kornus, W.: *DMC geometry analysis and virtual image characterisation*. The Photogrammetric Record 23(124) pàg. 373-371. 2008.
- Alamús, R., Kornus, W., Talaya, J.: *DMC virtual image characterization: Experiences at ICC*. XXI ISPRS Congress. Pequín, 2008.
- Martínez, L., Arbiol, R.: *ICC experiences on DMC radiometric calibration*. EuroCOW2008. Castelldefels, 2008.
- Talaya, J., Kornus, W., Alamús, R., Soler, E., Pla, M., Ruiz, A.: *Analyzing DMC performance in a production environment*. XXI ISPRS Congress. Pequín, 2008.
- Alamús, R., Kornus, W., Riesinger, I.: *DMC geometric performance analysis*. ISPRS "High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information". Hannover, 2007.
- Kornus, W., Alamús, R., Riesinger, I., Talaya, J.: *Tests and performance evaluation of the DMC images at the ICC*. Optical 3-D measurement Techniques. Zurich, Suïssa, 2007.

*Observed based colour space*. IGARSS2007, IEEE International Publication, pàg. 4140-4143. Barcelona, 2007.

- Alamús, R., Kornus, W., Talaya, J.: *Studies on DMC geometry*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 60, núm. 6. pàg. 375-386. 2006.
- Kornus, W., Alamús, R., Talaya, J.: *Tests and performance analysis of the DMC at the Cartographic Institut of Catalonia (ICC)*. International and Orientation Workshop EuroCOW 2006. Castelldefels, 2006.
- Zhang, L., Kocaman, S., Akca, D., Kornus, W., Baltsavias, E.: *Tests and performance evaluation of DMC images and new methods for their processing*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 36, part 1. París, 2006.
- Alamús, R., Kornus, W., Palà, V., Pérez, F., Arbiol, R., Boner, R., Costa, J., Hernández, J., Marimón, J., Ortiz, M. À., Palma, E., Pla, M., Racero, S., Talaya, J.: *Validation process of the ICC digital camera*. ISPRS workshop High-Resolution Earth Imaging for geospatial Information. Hannover, 2005.



Imatge DMC visible, infraroig i mapa NVDI.

- Martínez, L., Arbiol, R., Palà, V., Pérez, F.: *Digital Metric Camera radiometric and colorimetric calibration with simultaneous CASI imagery to a CIE Standard*

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

2005-2007

### Projectes relacionats

Desenvolupament de noves aplicacions de l'ALTM

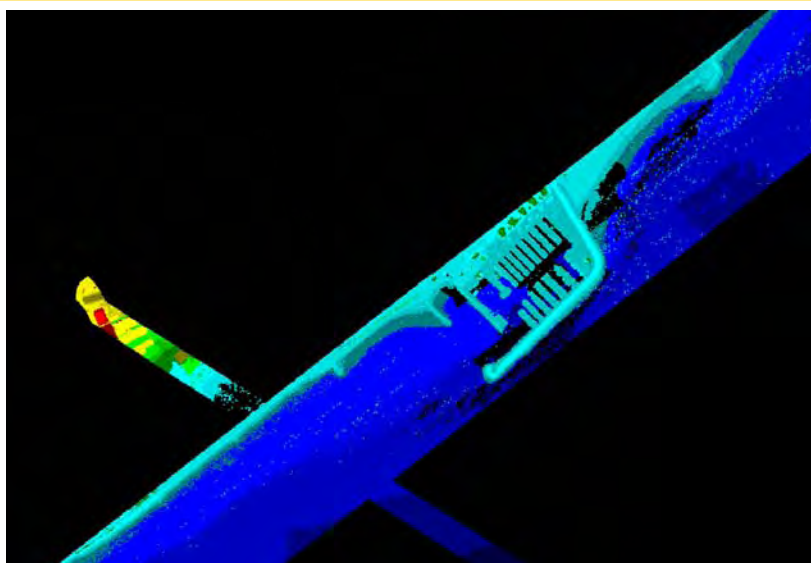
## Descripció

El lidar (Light Detection And Ranging) és un sistema de làser de mesura de punts sobre superfícies, que permet un recobriment ràpid i precís de models digitals d'elevació.

En el cas de la batimetria lidar aerotransportada, funciona amb l'ús d'una pulsació làser infraroja utilitzat per a detectar la superfície de l'aigua, i una pulsació amb una longitud d'ona verda utilitzada per a penetrar l'aigua. L'objectiu principal és la determinació de la fondària de l'aigua però també es poden detectar objectes submergits.

Aquest projecte va permetre demostrar la viabilitat de la tecnologia lidar per a la realització de batimetries en les condicions de la costa mediterrània i també realitzar una comparació de la informació obtinguda amb altres sistemes.

El 2006 es va fer un vol de demostració a la costa de Mataró amb un Hawk Eye II. Consta de 6 passes paral·leles que cobreixen una àrea de 10 km x 500 m i una passada transversal. Disposem de dades obtingudes amb sonda acústica de la mateixa zona cedides per la Direcció General de Pesca.



Vol batimètric de la costa de Mataró.

## Aportació

Experiència en la utilització d'aquesta tecnologia per a la gestió de costes i la cartografia hidrogràfica.





**Lideratge de l'estudi**  
EuroSDR

**Participants, col·laboracions**  
IfP Universität Stuttgart  
ICC  
Blom Geomatics AS  
IGN-France  
Swisstopo  
Humboldt Universität

**Període**  
2007-2010

**Projectes relacionats**  
Càmeres digitals  
Comportament radiomètric de les càmeres digitals

## Descripció

Desenvolupament d'un procés europeu de validació, calibratge i certificació de càmeres aèries digitals per a cartografia que substitueixi el mètode tradicional de certificació de càmeres analògiques per a cartografia. El mètode tradicional és basat, gairebé de forma exclusiva, en calibratges en el laboratori, motiu pel qual no es pot traspasar a l'entorn de les noves càmeres digitals.

- El projecte es desglossa en les etapes següents:
- Investigació de les necessitats dels usuaris i llurs expectatives.
  - Anàlisi del procés de producció de la càmera.
  - Definició del procés europeu de validació, calibratge i certificació de càmeres digitals.
  - Acceptació d'EuroDAC tot incorporant comentaris i suggeriments dels membres d'EuroSDR.
  - Implementació a nivell europeu d'EuroDAC.

A diferència dels ben coneguts sistemes analògics de producció d'imatges, que tots segueixen el mateix principi geomètric i podien gaudir de les mateixes característiques radiomètriques, les càmeres digitals disponibles es basen en diversos dissenys amb diferències en els principis per a conformar la imatge (sensors lineals enfront sensors matricials); en el disseny òptic (un capçal enfront de solucions amb capçals múltiples) i, fins i tot, en el concepte d'enregistrament de la imatge (totes les parts que conformen una imatge es prenen en el mateix instant (sincronia) o en el mateix lloc (syntopic), o en les diferents aproximacions per a obtenir el color: sensors amb filtres bayesianos o múltiples capçals amb filtres espectrals diferents per capçal. Addicionalment la dinàmica del progrés tecnològic augmenta el nombre de fabricants de càmeres i la varietat de dissenys i mètodes de captació d'imatge.

Aquesta diversitat d'instrumentació implica una diversitat de rendiments associats als instruments. La manca de processos de certificació o validació específics per a càmeres aèries digitals que siguin vàlids per a la varietat dels dissenys de càmeres descrits en el paràgraf anterior porta a no disposar de criteris per a avaluar el rendiment de cada càmera per a realitzar les tasques fotogramètriques convencionals i, per tant, assegurar la qualitat del producte final.



# Sensors

## EuroDAC<sup>2</sup>

En l'enllaç [www.ifp.uni-stuttgart.de/euroedr/](http://www.ifp.uni-stuttgart.de/euroedr/) es poden consultar les tasques realitzades i la documentació associada al projecte.

## Aportació

Participació en l'elaboració d'un procediment europeu per a la validació i calibratge de càmeres aèries digitals, que implica l'estandardització de camps de validació i de calibratge inventariat dels camps disponibles a Europa, i l'estandardització dels procediments per a dur a terme la validació, calibratge o certificació per a usos cartogràfics certificat pel Comitè Europeu de Normalització (CEN).

## Publicacions tècniques

- Honkavaara, E., Arbiol, R., Markelin, L., Martinez, L., Bovet, S., Bredif, M., Chandelier, L., Heikkinen, V., Korpela, I., Lelegard, L., Pérez, F., Schläpfer, D., Tokola, T.: *EuroSDR Project "Radiometric Aspects of Digital Photogrammetric Images" – Results of the empirical phase*, a ISPRS Hannover Workshop. 2011.

**Lideratge de l'estudi**  
EuroSDR

**Participants, col·laboracions**  
Finnish Geodetic Institut

**Període**  
2008-2011

**Projectes relacionats**  
EuroDAC<sup>2</sup>  
Processament d'imatges: Algorismes  
CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics

## Descripció

L'objectiu del projecte és ampliar el coneixement del comportament radiomètric de les càmeres fotogramètriques digitals. Això permetrà revisar els mètodes i els procediments vigents per a la millora radiomètrica de les imatges, compartir solucions operatives mitjançant la comparació de les diferents tècniques emprades sobre un mateix conjunt de dades de test i analitzar el benefici del calibratge radiomètric per accedir a noves aplicacions (classificació, detecció de canvis...).

El projecte es desglossa en dues fases: anàlisi de la situació actual (mitjançant enquesta) i realització de vols de test per a l'anàlisi de resultats.

La primera fase se centra en la metodologia, es revisa i compila la informació sobre el tema: definicions, calibratge radiomètric absolut, correcció radiomètrica d'imatges (o millora radiomètrica), indicadors de qualitat radiomètrics i cadenes de processament radiomètric exemplars.

En base als resultats de la primera fase, la recerca empírica de la segona fase se centra a fer vols de test i obtenir mesures complementàries on aplicar aquestes tècniques per a determinar paràmetres radiomètrics i millorar les imatges.

L'adquisició de les dades del test és crítica. Aquestes inclouen, per exemple, blocs d'imatges a diferent alçada de vol i obtingudes en diferents dies per a millorar la robustesa dels resultats. Al mateix temps, la captació simultània de dades aèries hiperespectrals del CASI o AISA (mètode basat en la radiància) o radiància del terreny i dades atmosfèriques (mètode basat en la reflectància) ha de permetre el calibratge radiomètric absolut.

Sobre aquestes dades de test els participants se centren en temes d'interès: calibratge radiomètric del sensor, processos per defecte del programari de postprocés del sensor, correcció radiomètrica de la imatge o aplicacions. Altrament, els coordinadors del projecte faran l'anàlisi final de la qualitat radiomètrica de les imatges i l'adequació de les dades processades a diverses aplicacions.



# Sensors

## Comportament radiomètric de les càmeres digitals

A l'ICC s'ha realitzat el processament de dades CASI per a validar les millores introduïdes per a la consideració de l'efecte *smiling* i de l'amplada i la forma dels canals CASI; i l'estudi de l'efecte de l'atmosfera en la pèrdua de resolució a les imatges DMC amb simulacions de transferència relativa i validació amb imatge DMC real.

A <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/eurohdr/> es pot obtenir més informació sobre el projecte.

### Aportació

Definició, objectius i abastament de la campanya d'adquisició de dades de test (fet a Banyoles el mes de juliol de 2008) i també el procés de les dades captades pels sensors de l'ICC i la definició i l'elaboració del conjunt de dades de test. Aquest conjunt de dades es posa a disposició dels investigadors europeus, en el context de les activitats de l'EuroSDR, que vulguin millorar el coneixement de la resposta radiomètrica dels sensors fotogràfics digitals.

Posada en producció d'eines per a la caracterització i correcció atmosfèrica en imatges CASI millorant la seva precisió radiomètrica.

## Publicacions tècniques

- Honkavaara, E., Arbiol, R., Markelin, L., Martínez, L., Pérez, F., Bovet, S., Chandelier, L., Heikkinen, V., Korpela, I., Lelegard, L., Schläpfer, D., Tokola, T.: *EuroSDR project "Radiometric aspects of digital photogrammetric airborne images" – Results of the empirical phase*. ISPRS Workshop on High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information. Hannover, 2011.
- Arbiol, R., Martínez, L.: *ICC EuroSdDR Banyoles 2008 research activities*. International Calibration and Orientation Workshop EuroCOW. Castelldefels, 2010.
- Arbiol, R., Martínez, L.: *ICC-Banyoles 2008 Campaign in the Framework of EuroSdDR Radiometry Project. Project Description and Preliminary Results*. 8a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2009.
- Honkavaara, E., Arbiol, R., Markelin, L., Martínez, L., Cramer, M., Bovet, S., Chandelier, L., Ilves, R., Klonus, S., Marshall, P., Schläpfer, D., Tabor, M., Thom, C., Veje, N.: *Digital Airborne Photogrammetry - A new Tool for Quantitative Remote Sensing? - A State-of-the-Art Review On Radiometric Aspects of Digital Photogrammetric Images*. Remote Sensing, núm. 1, pàg. 577-605. 2009.
- Honkavaara, E., Arbiol, R., Markelin, L., Martínez, L., Cramer, M., Korpela, I., Bovet, S., Thom, C., Chandelier, L., Ilves, R., Klonus, S., Reulke, R., Marshall, P., Tabor, M., Schläpfer, D., Veje, N.: *Status report of the EuroSDR project "Radiometric Aspects of Digital Photogrammetric Airborne Images"*. ISPRS Workshop. Hannover, 2009.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Universitat de València

### Període

2010-2013

### Projectes relacionats

Aplicacions temàtiques de teledetecció

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics

## Descripció

El TASI (Thermal Airborne Spectrographic Imager) és un sensor hiperespectral amb 32 bandes situades entre 8 i 11,5  $\mu\text{m}$  dins de la zona de l'infraroig tèrmic de l'espectre electromagnètic.

Les aplicacions previstes exploten la relació de la radiació electromagnètica emesa en la regió de l'infraroig mitjà i el tèrmic de l'espectre electromagnètic amb la temperatura dels objectes observats.

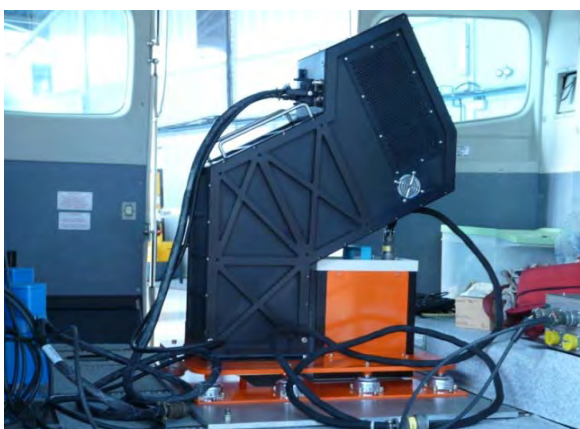
- ▶ Determinació d'illes de calor a les ciutats; pèrdues d'energia d'edificis, ja sigui per refrigeració o per calefacció.
- ▶ Determinació de plomes tèrmiques a les aigües de refrigeració de centrals de producció d'energia.
- ▶ Aflorament d'aigües subterrànies a les zones litorals.
- ▶ Avaluació de l'evapotranspiració dels conreus per a determinar les seves necessitats hídriques.

S'ha desenvolupat un model geomètric per a orientar el TASI tenint en compte les peculiaritats geomètriques del sensor. Aquest model aborda l'orientació del sensor com un únic sensor, en lloc de dos, modelant la relació geomètrica entre les dues meitats de la imatge.

En les tasques d'avaluació d'aquest model "estricte" del TASI s'ha procedit al calibratge intern del sensor (relació geomètrica entre les dues meitats del sensor) i al calibratge de l'òptica, incloent distància focal, punt principal i distorsions radials, com en el calibratge entre els sensors embarcats: calibratge entre el sistema d'orientació directe i el sensor TASI.

S'ha seleccionat el millor algorisme de separació entre emissivitat i temperatura (ARTEMISS), i per a avaluar les capacitats del sensor per a detectar i quantificar concentracions de gasos contaminants.

S'han desenvolupat algorismes per a aplicar correccions atmosfèriques independents de dades de camp (perfils atmosfèrics estadístics) i per automatitzar el mosaic de passades TASI segons l'angle



Sensor TASI.

# Sensors

## TASI: Sensor hiperespectral

d'observació per minimitzar la dependència angular de la radiació mesurada.

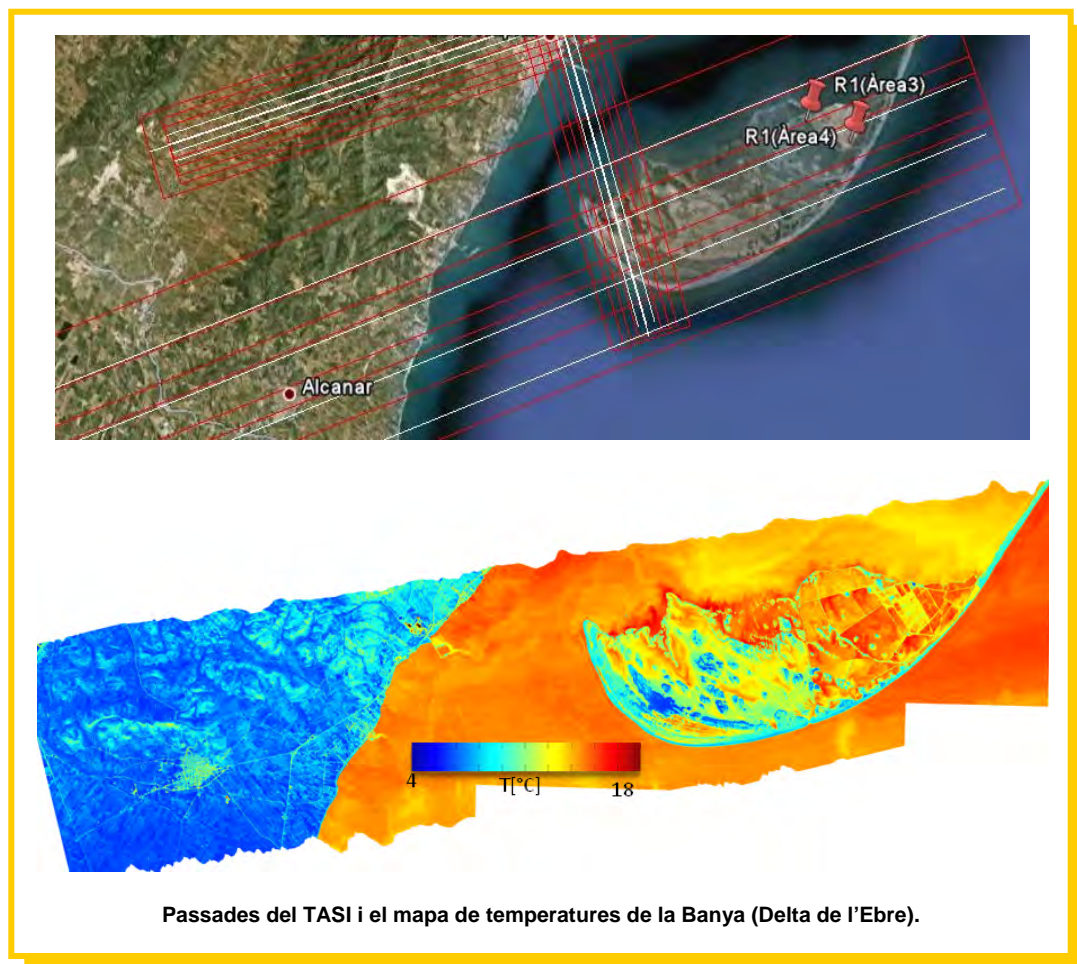
Actualment, s'està estudiant la potencialitat de les tècniques *down-scaling* per a l'obtenció de mapes de temperatura d'alta resolució en base a un mapa de temperatura de baixa resolució i un mapa de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

## Aportació

S'ha posat en producció la cadena de generació de mapes de temperatura i emissivitat.

## Publicacions tècniques

- Pipia, L., Pérez, F., Tardà, A., Palà, P., Arbiol, R.: *Potentials of the Thermal Airborne Spectrographic Imager for Environmental Studies*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Pipia, L., Pérez, F., Tardà, A., Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Thermal Airborne Spectrographic Imager for Temperature and Emissivity Retrieval*. 3rd International Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Torrent, 2010.



## Orientació de sensors

### Inicis - Motivació

La manca de cartografia a Catalunya a escales adients per a la planificació territorial plantejava la necessitat d'escurçar els intervals de temps de producció. Una de les tecnologies escollida per a poder satisfer el requisit de la velocitat pel que fa a l'orientació de les càmeres fotogramètriques, els sensors aerotransportats del moment, fou l'aerotriangulació, un mètode manllevat de la geodèsia, per a la determinació de punts en el terreny, alleugerint i possibilitant a la vegada l'orientació i la restitució d'imatges de grans àrees de la superfície terrestre.

### Orientació indirecta

Prenent la qualitat com a nord productiu, l'objectiu és donar mètrica precisa a qualsevol cartografia que es produeixi. Això es plasma en l'assumpció tècnica de l'aerotriangulació per blocs i models independents amb restituïdors analítics.

El 1982 l'ICC introdueix a Espanya l'ús d'estereocomparadors analítics d'alta resolució (1 micró sobre fotograma), concretament Wild AC-1 i el seu sistema d'aerotriangulació de models independents, per a aerotriangular els vols de cobertura territorial del país.

L'aerotriangulació és un procés de càlcul que estalvia mesurar punts de camp per a orientar els fotogrames tot aprofitant el fet que hi ha solapament entre ells i que, per tant, un punt es pot observar i mesurar en més d'una foto. Consisteix a ajustar el conjunt de les coordenades d'aquests punts en els fotogrames i determinar llurs coordenades terreny a partir d'uns pocs punts de camp ben repartits pel bloc de fotografies que cobreix la zona a cartografiar. En el procés, també es determina la posició i l'orientació dels fotogrames a l'espai.

L'inquietud per anar més enllà i no ser mers usuaris de les noves tecnologies impulsen els joves fotogrametristes de la casa a fer aproximacions a la Càtedra de Fotogrametria de la Universitat de Stuttgart del professor Friedrich Ackerman per a conèixer directament l'experiència del creador del concepte de l'aerotriangulació per a models independents.

Fruit d'aquest coneixement, es considera que la millor manera d'aprendre és desenvolupant un programari d'aerotriangulació propi comptant amb el consell i l'orientació dels professors Ackerman, Ebner i Grün, a la recerca de consell i orientació. Així el 1986 neix l'AF0, un programari d'ajust que va impulsar tot un seguit de desenvolupaments relacionats amb l'ajust de xarxes fotogramètriques i la integració i orientació de sensors. **AF0 / ACX - ajust fotogramètric per feixos i ajust combinat de xarxes.**

D'altra banda, des de l'ICC se seguia amb atenció la posada en marxa del sistema de posicionament per satèl·lit, Global Positioning System, i les seves aplicacions en el camp de la geodèsia així ens vàrem convertir en una de les primeres institucions que va fer servir posicions GPS en l'aerotriangulació de blocs fotogramètrics, concretament el 1994, i tot sovint hom troba l'ICC i el GeoTeX (el programari successor de l'AF0) en la llista d'institucions participants en tests fotogramètrics internacionals. **GeoTeX - sistema general de càlcul de xarxes**, apte tant per a la producció com per a la recerca.

El 1990 s'instal·la una antena GPS a l'avió fotogramètric Partenavia i es participa en un dels primers tests a nivell mundial per a l'ús del sistema GPS en l'orientació de sensors aerotransportats.

L'adveniment del GPS va representar un nou avanç en l'aerotriangulació. Mitjançant l'ús de receptors GPS embarcats en els avions fotogramètrics i sincronitzats amb la càmera, es va reduir encara més el recolzament de camp, substituint-lo per recolzament aeri cinemàtic, i millorar la precisió dels ajustos. Els desenvolupaments de l'ICC varen culminar en la participació en el test internacional sobre Flevoland (1988) i en la certificació del programari ACX (Ajust Combinat de Xarxes), nucli del sistema GeoTeX a l'ETH (Zuric) i a l'IfP (Stuttgart) el 1989.

Les càmeres analògiques de darrera generació permetien la sincronització de l'instant de presa de les fotografies amb un receptor GPS. Aquest fet, juntament amb les antenes GPS cinemàtiques instal·lades als avions, van possibilitar la utilització de receptors GPS per a calcular la trajectòria de l'avió durant la realització dels vols fotogramètrics i determinar la posició del centre de projecció de les càmeres mètriques en l'instant de presa de les fotografies.

La posterior aparició del concepte d'orientació directa –concepte indispensable per a orientar fàcilment els sensors d'escombratge longitudinal aerotransportats d'observació de la Terra– va caure en un terreny fèrtil a causa de l'expertesa prèvia assolida.



## Orientació directa

L'ús de receptors GPS en mode cinemàtic des d'un punt de vista fotogramètric permet, d'una banda, la utilització de la informació sobre la presa de les imatges durant els processos d'aerotriangulació fent possible la determinació de l'orientació dels fotogrames d'una manera més robusta amb una necessitat significativament menor de punts de camp; i d'altra, facilitar la navegació fotogramètrica. **PocNav - posicionament cinemàtic i navegació assistida.**

El 1994 quan els vols amb control aeri cinemàtic ja s'havien convertit en quelcom rutinari, s'amplia el ventall de sensors aerotransportats d'observació del territori amb un sensor òptic d'escombratge hiperespectral basat en un dispositiu CCD bidimensional amb una dimensió espacial (columnes del CCD) i una espectral (fileres del CCD). La correcta explotació del sensor requereix de l'estudi i millora del sistema original d'orientació directa basat en giroscopis que permetien la correcció dels moviments angulars de l'avió però que resultaven insuficients per complir els requisits de les aplicacions cartogràfiques planificades. L'any 1996, amb l'adquisició del sistema inercial Litton, es va començar a treballar en la utilització de sistemes inercials per a l'orientació del sensor CASI, desenvolupant un sistema d'orientació basat en receptors GPS i en el sistema inercial. **SISA: Orientació integrada de sensors.**

El pas següent es va produir el 1998, quan l'ICC va desenvolupar els procediments per a emprar les dades d'actitud dels sistemes inercials en l'aerotriangulació.

En teoria, la combinació de les mesures GPS i INS permeten orientar directament qualsevol sensor sense necessitat de recolzament de camp. Això no obstant, l'ICC va preferir, inicialment, continuar emprant aerotriangulació per feixos amb autocalibratge per a corregir els errors de focals i distorsions de la càmera. **NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats.**

## Resultats productius

Per una part, s'han assolit els coneixements adients per a realitzar la integració dels diferents components d'un sistema d'orientació directa per a sensors. Per l'altra, el coneixement assolit permet una òptima utilització dels sistemes claus en mà que venen integrats en alguns dels sensors.

## Fites assolides

- 1982 – Aerotriangulació per models independents amb el restituïdor analític Wild AC-1. Primícia a Espanya.
- 1986 – Aerotriangulació pel mètode de feixos amb autocalibratge (AF0, més endavant GeoTeX).
- 1987 – Primer càlcul del geoide de Catalunya (1987-1990). Primícia a Espanya.
- 1989 – Certificació del programari ACX, nucli del sistema GeoTeX.
- 1990 – Primer vol fotogramètric amb GPS embarcat. Primícia a Espanya.
- 1994 – Aerotriangulació amb recolzament aeri cinemàtic (GPS). Primícia a Espanya.
- 1994 – Ampliació del ventall de sensors aerotransportats amb un sensor òptic d'escombratge hiperespectral basat en un dispositiu CCD bidimensional.
- 1996 – Posada en funcionament el sistema inercial Litton per a l'orientació del sensor CASI.
- 1998 – Desenvolupament del sistema SISA d'orientació directa per al sensor CASI. Primícia a Espanya.
- 1998 – Desenvolupament de procediments per a emprar les dades d'actitud dels sistemes inercials en l'aerotriangulació.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Institut de Fotogrametria de Stuttgart (IfP)

Universitat Tècnica de Munic (TUM)

Escola Federal Politècnica de Zuric (ETH)

### Període

1986-1991

### Projectes relacionats

PocNav

GeoTeX: Càlculs geodèsics

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

## Descripció

AF0 (Ajust per Feixos) aerotriangulació per feixos amb paràmetres d'autocalibratge.

L'ajust per feixos es basa en les visuals de les observacions d'un mateix punt en diferents fotogrames.

L'autocalibratge compensa els errors geomètrics de l'òptica i la mecànica de la càmera i la pel·lícula que no s'han pogut determinar en el laboratori, o que canvien a causa de les condicions reals d'operació. Per exemple, determina la focal real amb la qual s'ha pres una imatge.

Compta amb el suport dels professors:

- F. Ackerman (IfP, redescobridor de l'aerotriangulació en la fotogrametria).
- H. Ebner (TUM, autoritat en fotogrametria i en l'autocalibratge i models del terreny).
- A. Grün (ETH, brillant investigador en el camp de la fotogrametria digital).

L'AF0 es va certificar el 1986 a l'ETH de Zuric provant-lo amb tests internacionals: Sudbury, Rheidt, Jamijarvi i Kapunda.

Es desenvolupen les eines per a la triangulació aèria suportada amb models digitals del relleu en col·laboració amb Universitat Politècnica de Munic, així com les de recolzament amb GPS.

Amb l'increment del tipus d'observacions que poden intervenir en l'ajust, s'amplia l'objecte del programari, millorant-ne la fiabilitat i robustesa, i els camps d'aplicació. AF0 esdevé la  $\beta$ -versió del programa ACX (Ajust Combinat de Xarxes).

## Aportació

Programari d'aerotriangulació propi que permet l'adequació a nous problemes d'ajust com integrar nous models geomètrics.



L'AC-1 instal·lada al Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Barcelona.

# Orientació de sensors

AF0 / ACX

## Publicacions tècniques

- Colomina, I., Ebner, H., Strunz, G.: *Block triangulation with aerial and space imagery using Digital Terrain Model as control information*. ASP-ACSM Convention. Baltimore, Maryland (EUA), 1991.
- Colomina, I.: *Combined adjustment of photogrammetric and GPS data*. 42a Setmana fotogramètrica. Stuttgart, 1989.
- Colomina, I.: *High altitude aerial triangulation without ground control*. XVI Congrés internacional de la Societat de Fotogrametria i Teledetecció. Kyoto, 1988.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions:

Institut de Fotogrametria de Stuttgart (IfP)

Rijswaterstaat, Delft

TopScan

### Període

1990-1993

### Projectes relacionats:

AF0 / ACX

SISA: Orientació integrada de sensors

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

## Descripció

PocNav és un projecte per a avaluar el posicionament cinemàtic amb GPS per a fotogrametria, geodèsia, topografia i assistència a la navegació fotogramètrica.

La utilització de receptors GPS en mode cinemàtic en vols fotogramètrics elimina pràcticament la necessitat de punts de recolzament. En aquest escenari la robustesa del posicionament cinemàtic GPS es converteix en un aspecte crític.

L'objecte del projecte és avaluar diferents tipus de receptors, definir procediment i, si s'escau, desenvolupar programari per integrar un sistema de triangulació aèria suportat pel GPS, i també facilitar la navegació fotogramètrica.

El projecte es basa en l'existència d'una xarxa d'estacions permanents GPS (SPGIC-CatNet) per millorar la fiabilitat de la determinació de les trajectòries mesurades amb GPS i, en conseqüència, la de la georeferenciació directa.

Els controls geomètrics de la xarxa GPS incrementen la robustesa dels resultats i milloren la correlació entre els paràmetres d'ambigüitat i els paràmetres atmosfèrics ajudant a una correcta resolució d'ambigüitats.

### Test Urgell:

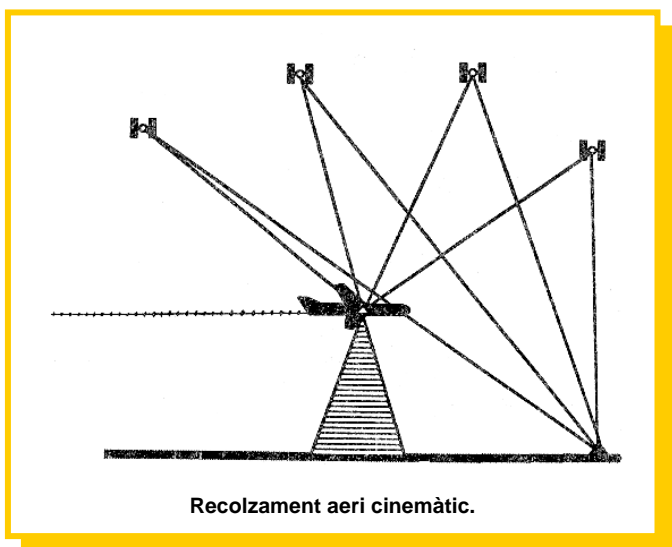
- ICC - preparació de l'escenari i execució del vol fotogramètric (1990).
- Rijswaterstaat - modificació de la càmera RC10 per sincronitzar-la amb el receptor GPS.

Test Fairfield (Califòrnia) de demostració de l'ús de les tècniques cinemàtiques GPS de recolzament aeri per a l'orientació de sensors.

## Aportació

Tests de validació de la triangulació aèria suportada amb GPS.

Primer vol fotogramètric amb GPS embarcat.



### Publicacions tècniques

- Talaya, J.: *Posicionament cinemàtic per a aplicacions mediambientals*. 2a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 71-78. Premi "Jordi Viñas" al treball d'investigació, 1995.
- Colomina, I., Hernández-Pajares, M., Talaya, J., Térmens, A.: *Experiences and results of the GPS aerial triangulation Test Urgell*. XVII Congrés internacional de la ISPRS. Washington, 1992. Mapping, núm 6, International Archives of Photogrammetry, vol. 29, Commission I, pàg. 46-53, 1992, i Map Making Today, pàg. 73-84, 1993.
- Colomina, I.: *GPS and photogrammetry: adjustment and analysis*. Actes del curs Metodi e Procedure A avanzate di Modellizzazione e Trattamento dei Dati GPS, pàg. 251-272. Udine, 1993.
- Colomina, I.: *A note on the analytics of aerial triangulation with GPS aerial control*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, volum 59, núm. 11, pàg. 1619-1624. ASPRS. Virgínia, 1993.
- Térmens, A., Talaya, J., Colomina, I., Hernández, M.: *Aerotriangulación con apoyo aéreo cinemático GPS*. Primera Setmana de Cartografia. Barcelona, 1992.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
1992-2008

### Projectes relacionats

AF0 / ACX

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

GAST: Gravimetria aerotransportada

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

## Descripció

GeoTeX (Geodèsia, Teledetecció i Xarxes) és un sistema general de càlcul de xarxes, apte tant per a la producció com per a la recerca, amb el qual és possible ajustar qualsevol tipus de model funcional.

A més, GeoTeX es caracteritza per ser flexible per a la implantació de nous models geomètrics, universal i portable a altres sistemes operatius.

El sistema GeoTeX és format per:

- ▶ **ACX** (Ajust Combinat de Xarxes). És el nucli del sistema; calcula i ajusta pel mètode de mínims quadrats qualsevol tipus de xarxa (observacions geodèsiques, fotogramètriques, GPS, etc.).
- ▶ **Utilitats**. Eines per al tractament de dades (conversió de formats, transformació de coordenades, etc.).
- ▶ **Calculadores**. Eines per a realitzar càlculs puntuals. Són versions interactives de les utilitats.

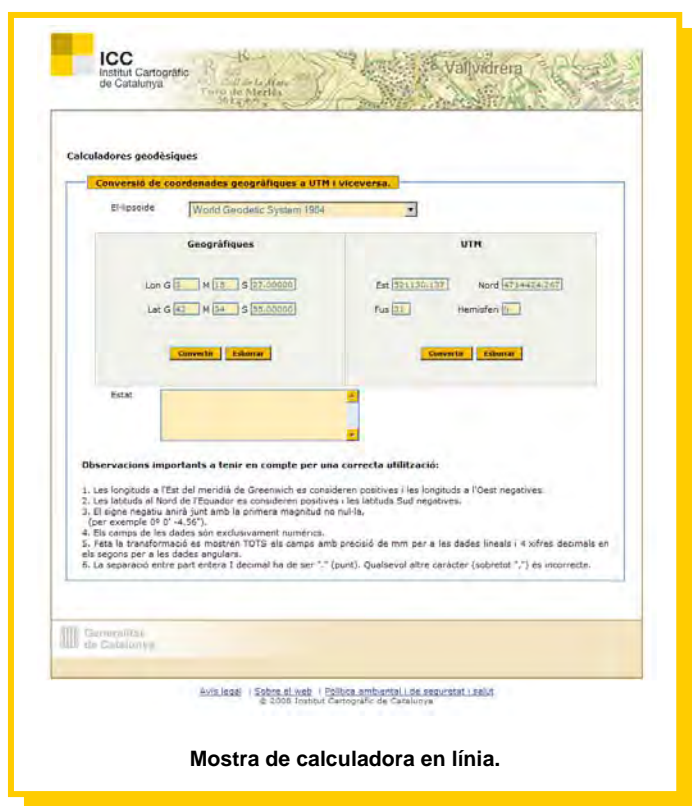
Inclou la concepció d'un llenguatge propi d'interfície amb l'usuari per a la descripció de les dades d'un ajust de xarxes AdIL (Adjustament Interface Language).

S'ha validat el nucli del sistema amb l'ajust de diversos blocs fotogramètrics. A destacar el projecte de demostració d'un bloc de 515 fotogrames a escala 1:50 000 amb només 22 punts de control.

## Aportació

Programari flexible i adaptable que s'adequa fàcilment a nous problemes d'ajust de xarxes i que permet integrar de forma natural els models geomètrics de nous sensors d'observació.

Per exemple, s'ha treballat en l'adequació del sistema i AdIL per a la incorporació de la descripció i informació dels marcs de referència i geoides donant suport a la transició a ETR89.



Mostra de calculadora en línia.

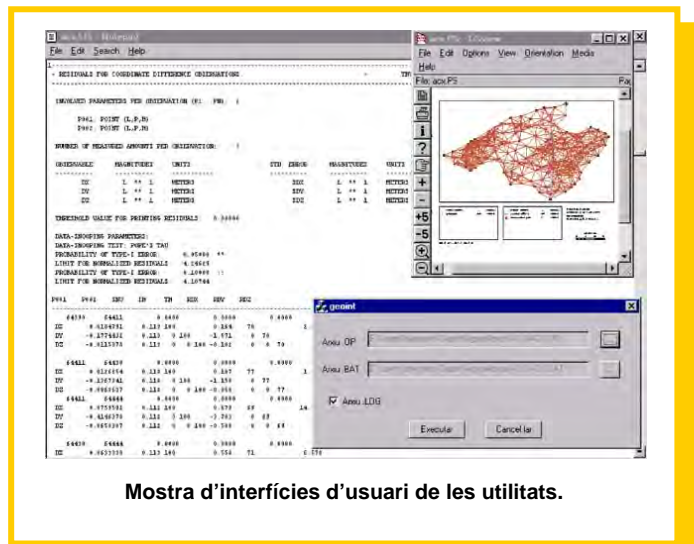
# Orientació de sensors

## GeoTeX: Càlculs geodèsics

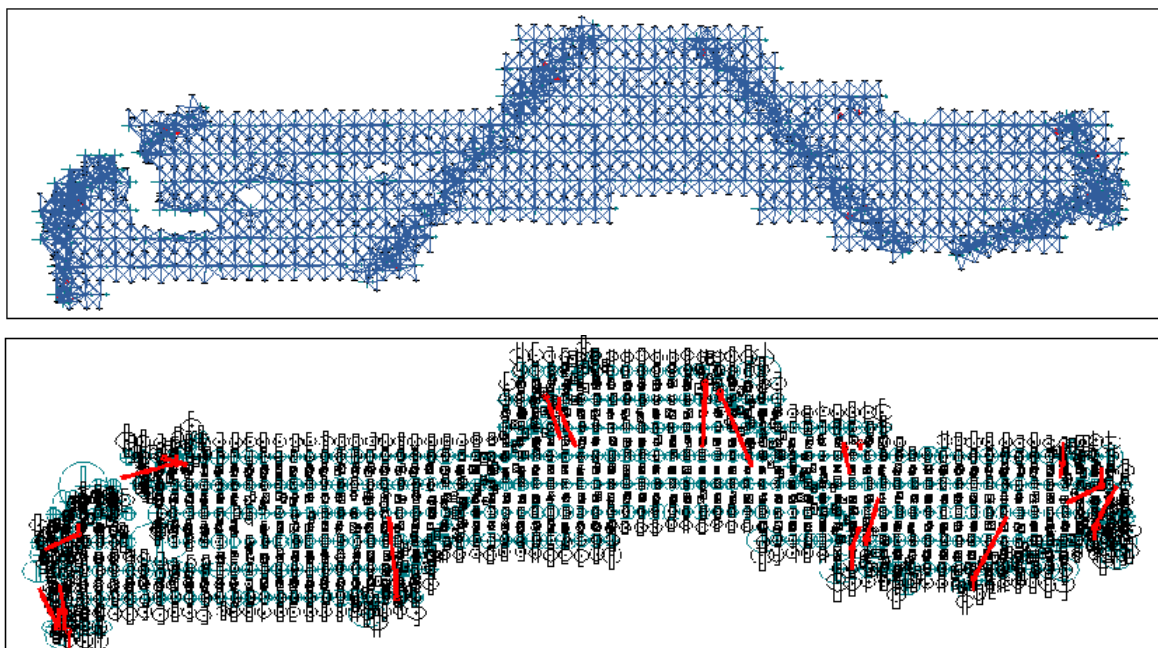
### Publicacions tècniques

- Térmenes, A., Colomina, I.: *Network Approach versus State-space Approach for Strapdown Inertial Kinematic Gravimetry*. International Association of Geodesy Symposia. IAG, vol. 129, pàg. 107-112. Porto, 2004.
- Talaya, J., Colomina, I., Alamús, R.: *Orientación de sensores aerotransportados de línea*. Maratón GPS, ponència núm. 18. Madrid, 1995.
- Barrot, D., Colomina, I., Térmenes, A.: *On the reliability of block triangulation with [GPS] aerial control*. ISPRS Commission III Symposium: Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision, pàg. 35-42. Munic, 1994.
- Colomina, I.: *GPS and photogrammetry: adjustment and analysis*. Actes del curs Metodi e Procedure Avanzate di Modellizzaziolle e Trattamento dei Dati GPS, pàg. 251-272. Udine, Itàlia, 1993.
- Colomina, I.: *A Note on the Analytics of Aerial Triangulation with GPS Aerial Control*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 59, núm. 11, pàg. 1619-1624. 1993
- Colomina, I.: *Structural Aspects of Hybrid Networks in Geodesy and Photogrammetry*. Monografia tècnica de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, núm. 2. 1993.

- Colomina, I.: *Discrete mathematical techniques in the analysis and adjustment of hybrid networks*. XVII International Congress ISPRS. Washington DC, 1992.
- Colomina, I., Navarro, J., Térmenes, A.: *GeoTeX: A general point determination system*. XVII International Congress ISPRS. Washington DC, 1992.
- Térmenes, A., Talaya, J., Colomina, I., Hernández, M.: *Aerotriangulación con apoyo aéreo cinemático GPS*. Primera Setmana de Cartografía. Barcelona, 1992.



Mostra d'interfícies d'usuari de les utilitats.



Projecte de demostració - Gàmbia 1993.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

1995-1998

### Projectes relacionats.

GeoTeX: Càlculs geodèsics

NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

GAST: gravimetria aerotransportada

Aplicacions temàtiques de teledetecció

Desenvolupament de noves aplicacions de l'ALTM

## Descripció

L'objectiu del projecte d'orientació integrada de sensors és la georeferenciació directa de les dades que mesuren sensors aerotransportats actius (radar, lidar) i passius (multiespectrals i òptics, incloent les càmeres fotogramètriques).

La georeferenciació anomenada directa determina l'orientació en base a posicions GPS i angles de sistemes inercials (INS) i/o giroscòpics. Inclou la unificació del concepte de triangulació d'imatges de satèl·lit i d'aerotriangulació aèria convencional.

L'objectiu del projecte SISA (Sistema Integrat de Sensors Aerotransportats) és proporcionar, a un sensor d'imatge, actitud i posició precisa.

La configuració del sistema consta de:

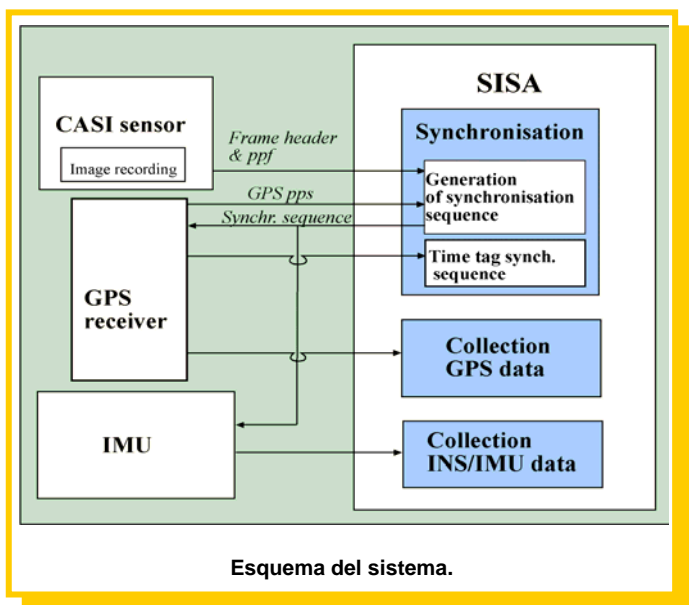
- ▶ Una interfície per al subsistema d'actitud basat en un INS Litton LTN 101 FLAGSHIP.
- ▶ Una interfície a un receptor GPS de doble freqüència.
- ▶ Un procediment robust per a la sincronització del sensor d'actitud (IMU/INS) i el sensor d'imatge CASI.

## Aportació

El SISA ha esdevingut el primer sistema operacional desenvolupat a l'ICC. Assegura la correcta assignació de temps a dades inercials i a imatges i permet la determinació de la trajectòria i actitud d'una plataforma aerotransportada que millora de forma substancial la qualitat geomètrica de les imatges del sensor hiperespectral CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) rectificades i n'amplia el ventall de possibles aplicacions.

## Publicacions tècniques

- Alamús, R., Baron, A., Talaya, J.: *Integrated sensor orientation at ICC, mathematical models and experiences*. Seminari OEEPE "Integrated sensor orientation". Hannover, 2001.
- Alamús, R., Talaya, J., Colomina, I.: *The SISA/0: ICC experiences in airborne sensor integration*. Joint





# Orientació de sensors

## SISA: Orientació integrada de sensors

Workshop of ISPRS WG I/1 and IV/4, "Sensors and mapping from space". Hannover, 1999.

- Colomina, I.: *Towards mapping with multisensor information: some basic problems in sensor integration*. Comemoração aos 20 anos da Engenharia Cartográfica na UNESP: Impacto das novas tecnologias na Engenharia cartográfica, pàg. 21-26. Presidente Prudente, Brasil, 1997.
- Colomina, I., Talaya, J., Baulies, X.: *The N.O.S.A. project and concept for sensor orientation*. 3rd International Workshop High Precision Navigation, pàg. 239-246. Stuttgart, 1995.

### 1 SISA

1.1 GPS receiver

1.2 INS

### 2 CASI system

2.1 CASI head sensor

2.2 CASI control unit

### 3 CCNS4 navigation system



SISA-CASI embarcats en l'avió.

### Descripció

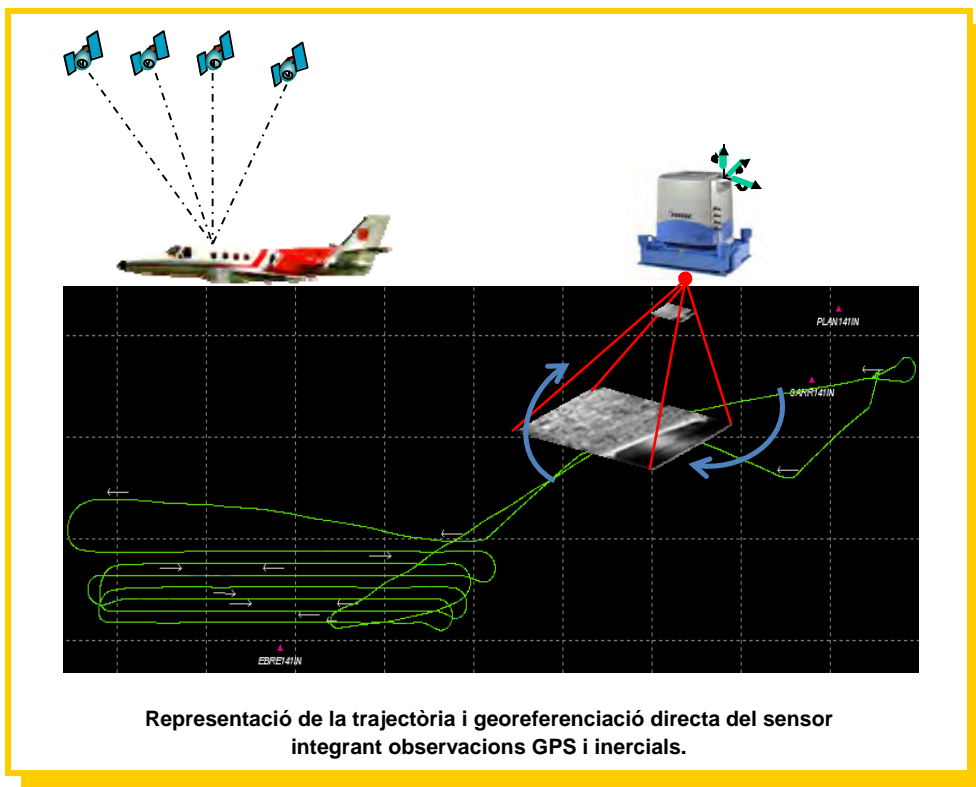
**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2000-en endavant

**Projectes relacionats**  
SISA: Orientació integrada de sensors  
GAST: Gravimetria aerotransportada  
Sistema GEOMOBIL  
Desenvolupament de noves aplicacions de l'ALTM

L'objectiu és integrar els sistemes i els algorismes necessaris per a la determinació directa (és a dir, mitjançant la integració d'observacions GPS i inercials) de l'orientació de sensors d'observació de la terra aerotransportats com són els radars interferomètrics, els altímetres làser i els sistemes òptics hiperespectrals i càmeres fotogramètriques.

- Els objectius del projecte NOSA són:
- ▶ Integració de les mesures GPS i inercials per a la determinació de l'orientació directa.
  - ▶ Establiment de mètodes de treball òptims i dels rangs d'utilització de l'orientació directa de sensors.
  - ▶ Diagnosi i resolució d'incidències en referència als sistemes d'orientació dels sistemes fotogramètrics.
  - ▶ Sincronització de sensors amb sistemes GPS i inercials.
  - ▶ Seguiment dels darrers desenvolupaments en posicionament cinemàtic i de navegació.



Actualment, l'ICC disposa de 5 sistemes d'orientació directa. El primer sistema operacional desenvolupat a l'ICC fou el SISA, que s'utilitza per a orientar el sensor hiperespectral CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager). Els altres quatre sistemes són sistemes claus en mà, dos d'ells s'utilitzen per orientar les càmeres fotogramètriques, un altre per l'altímetre làser aerotransportat i el darrer és específic per a fer orientació directa terrestre i és integrat en el GEOMOBIL (sistema fotogramètric terrestre).

# Orientació de sensors

## NOSA: Navegació i orientació de sensors aerotransportats

### Aportació

S'han assolit els coneixements adients per a realitzar la integració dels diferents components d'un sistema d'orientació directa per a sensors, la qual cosa permet una òptima utilització dels sistemes claus en mà que són integrats en alguns dels sensors.

S'ha avançat en la incorporació de millores que permetin una orientació directa de més precisió, amb la incorporació de la informació de la plataforma giro-estabilitzada (T-AS) per al control de qualitat de les dades d'orientació en temps real o l'ús de models ionosfèrics tomogràfics en el càlcul GPS.

S'ha desenvolupat un programari que en vols combinats DMC-Lidar aprofita la posició de l'orientació de la càmera per a donar posició al lidar.

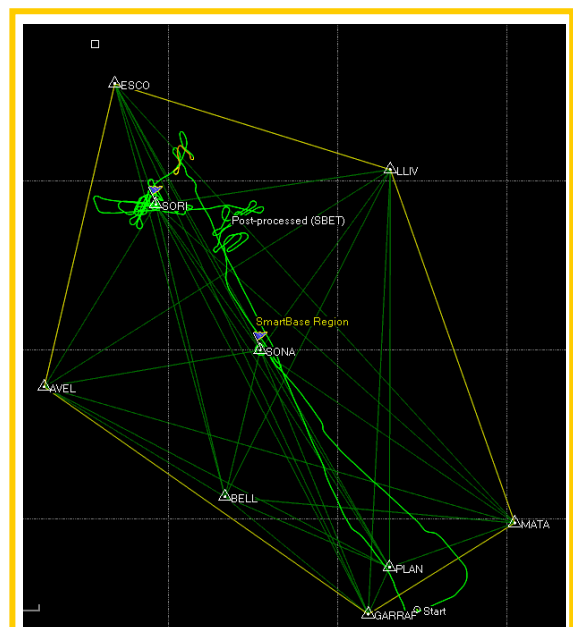
També s'ha desenvolupat un model geomètric *estricte* per a l'orientació del sensor TASI que incorpora la relació geomètrica entre ambdues meitats de la imatge.



DMC i TASI embarcats en l'avió.

### Publicacions tècniques

- Alamús, R., Baron, A., Casacuberta, J., Pla, M., Sánchez, S., Serra, A., Talaya, J.: *GEOMÒBIL: ICC land based mobile mapping system for cartographic data capture*. XXII International Cartographic Conference of the ICA. A Coruña, 2005.
- Talaya, J., Alamús, R., Bosch, E., Serra, A., Kornus, W., Baron, A.: *Integration of a terrestrial Laser Scanner with GPS/IMU orientation sensors*. XX ISPRS Congress. Istanbul, 2004.
- Baron, A., Kornus, W., Talaya, J.: *ICC experiences on Inertial/GPS Sensor Orientation*. Workshop ISPRS WG I/5 "Theory, Technology and Realities of Inertial/GPS sensor orientation". Castelldefels, 2003.
- Alamús, R., Baron, A., Talaya, J.: *Integrated sensor orientation at ICC, mathematical models and experiences*. OEEPE Workshop "Integrated Sensor Orientation". Hannover, 2001.



Càlcul d'integració GPS/IMU a l'ICC  
(*tightly couple*).

## Tecnologia SAR

### Inicis - Motivació

Quan l'Agència Espacial Europea va engegar el seu propi programa d'observació de la Terra, el va construir, gairebé íntegrament, al voltant de sensors radar, en primer lloc orientats a l'estudi dels oceans, però molt aviat es va demostrar interessant també en zones continentals.

No sols es tracta que les microones poden travessar els núvols sense problemes i que, en ser sensors actius que generen llur pròpia il·luminació, poden treballar tant de dia com de nit, sinó que es pot captar la informació completa de l'ona electromagnètica, no sols la intensitat, sinó també la fase, que és relacionada amb la distància del sensor a l'objecte i que facilita la determinació de variacions subtils d'aquesta distància. Això permet de detectar moviments d'alguns mil·límetres en zones de subsidència (per activitats mineres o d'extracció d'aigua), el moviment geològic associat a l'activitat volcànica o sísmica o, fins i tot, les dilatacions dels edificis i de les infraestructures degudes a la variació de temperatura.

Per raó del seu interès en aquestes aplicacions, l'ICC va desenvolupar, a partir dels anys 1990, una nova branca de l'eina de procés d'imatge per tractar específicament les imatges de radar, cosa realment inèdita a Espanya, on la tradicional disponibilitat de llargs períodes de l'any sense núvols i, per tant, de facilitat d'obtenció d'imatges dels satèl·lits electroòptics, generava un menyspreu cap a un tipus d'imatge per a la qual cal desenvolupar claus d'interpretació radicalment diferents.

Les imatges radar representaven una nova font de dades per a produir cartografia en zones amb núvols on no es disposava d'imatges òptiques.

L'ICC ha aprofitat el radar per a la producció cartogràfica i per a aplicacions basades en les tècniques següents:

### Interferometria SAR

Les subsidències són esfondraments lents del terreny degudes a diferents causes. La tecnologia clàssica per a enregistrar-los és la topografia. Darrerament, però, s'han realitzat experiments basats en tècniques d'interferometria radar, la qual cosa permet seguir aquest tipus de fenomen a partir de satèl·lit.

En concret, s'estudien els canvis altimètrics entre dues dates a partir d'imatges del radar d'apertura sintètica (SAR) dels satèl·lits ERS de l'ESA utilitzant interferometria diferencial, tècnica que permet assolir precisions centimètriques des de l'espai.

El sensor SAR proporciona dos tipus d'informació: la intensitat del retorn del senyal i una fase, relacionada amb la distància entre el sensor i l'objecte observat. Aquesta fase és la informació que la interferometria utilitza per a construir models digitals del terreny a partir de dues imatges amb punts de vista lleugerament diferent. Quan aquest punt de vista és pràcticament el mateix, en dos moments diferents, es poden mesurar les diferències que s'han produït en el terreny, degut a esllavissades, terratrèmols i subsidències.

En aquest projecte s'han estudiat les variacions del terreny produïdes per subsidències mitjançant tècniques de teledetecció i s'ha comparat els resultats obtinguts amb interferometria diferencial amb les mesures d'anivellació realitzades al camp, amb resultats prou bons com per a poder pensar en extrapolat les mesures de gran precisió, però puntuals, de la topografia i de la geodèsia a un territori molt més extens.

La relació del senyal radar amb la distància a l'objecte també pot ser explotada per a la generació de models d'elevació del terreny, utilitzant la interferometria, a partir d'imatges captades des de l'espai, de manera complementària a la tradicional fotogrametria (en aquest cas radargrametria –*Cartografia topogràfica*), comparant les fases dels senyals provinents del mateix lloc de la Terra però vistos des de posicions lleugerament diferents (alguns centenars de metres).

El 1991 l'ICC inicia l'estudi d'imatges de radar ERS-1 per a l'extracció d'informació del relleu en el marc del projecte **InSAR**. I també en l'àmbit de les microones hi ha una llarga i reputada tradició a l'Institut en el tractament d'imatges de radar i en llur valor en el monitoratge de les subsidències en el territori (**DInSAR**) en col·laboració amb l'Institut Geològic de Catalunya aplicant interferometria diferencial.

## **Polarimetria SAR**

La mesura de l'angle de rotació del pla de vibració de la llum polaritzada i la combinació de dades multipolarització i multifreqüència aplicada a la detecció de moviments del terreny en el projecte **PISAR**. I, donar continuïtat als treballs iniciats ampliant l'àmbit d'actuació estudiant en una primera fase les metodologies existents per al processament de dades SAR polarimètriques per a continuar aprofundint en l'estudi d'aplicacions concretes (**Anàlisi d'aplicacions de la polarimetria SAR**).

## **Resultats productius**

Generació de models d'elevacions del terreny i mapes d'imatge amb corbes de nivell en llocs amb coberta de núvols (per exemple, el projecte CARTOSUR, a Veneçuela), i per a la restitució de cartografia (emprada en el projecte de cartografia topogràfica a l'Argentina).

Els sistemes hiperespectrals en les longituds d'ona del visible i l'infraroig proper, l'infraroig llunyà (tèrmic), les dades de radar i llur fusió i ampliació per a produir nous i innovadors productes i serveis és una de les competències i característiques diferenciadores de l'Institut i un dels reptes de futur a potenciar.

Al llarg dels anys s'ha assolit l'expertesa i el reconeixement suficient com per a participar en avaluacions de nous sistemes comercials. Aquest és el cas, per exemple, dels satèl·lits RadarSat-2 i Cosmo-SkyMed.

## **Fites assolides**

1990 – Implementació del procés d'imatge per a tractar imatges de radar. Primícia a Espanya.

1991 – Estudi de les imatges ERS-1 per a l'extracció d'informació del relleu.

1998 – Demostració de la interferometria SAR per al seguiment de subsidències.

1998 – Inici del projecte d'ortofotomapa de la República de Veneçuela 1:50 000 a partir d'imatges de radar (CARTOSUR).

2000 – Inici del projecte de cartografia topogràfica 1:100 000 de la República d'Argentina a partir d'imatges de radar.

Investigadors principals en diferents projectes, com ara Cosmo-SkyMed.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Institut Geològic de Catalunya

### Període

Activitat continuada

### Projectes relacionats

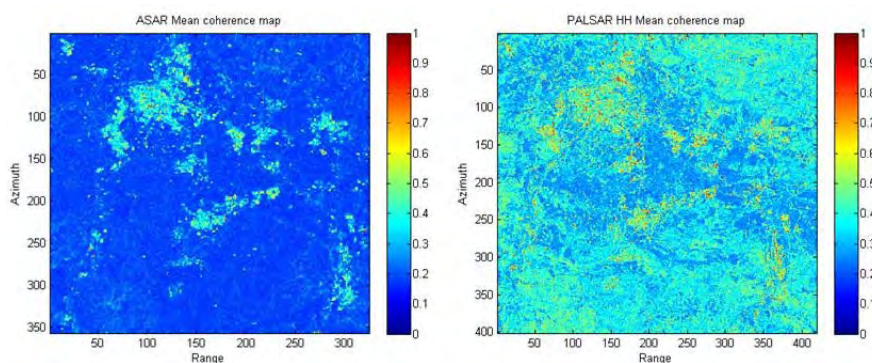
DInSAR: Interferometria diferencial SAR

## Descripció

Els radars d'obertura sintètica (SAR) proporcionen dos tipus d'informació: la intensitat del retorn del senyal i una fase relacionada amb la distància entre el sensor i l'objecte observat. Aquesta fase és la informació que s'utilitza per a determinar elevacions del terreny a partir de l'interferograma de dues imatges que es capten des de posicions lleugerament diferents l'una de l'altra.

L'objectiu del programa de treball és el desenvolupament i la implantació de tècniques d'interferometria radar per a la determinació del model d'elevacions del terreny. En concret, s'han desenvolupat les eines adients per tal de derivar informació altimètrica de conjunts de parells interferomètrics, i també desenvolupar eines específiques per a la visualització d'aquestes dades i l'edició interactiva de casos complexos.

En els darrers anys, l'ICC ha desenvolupat el programari DISICC (Differential Interferometry Software of ICC). Amb unes dades d'entrada adequadament escollides que permetin la reducció dels nivells de soroll, es poden crear, no tan sols mapes de deformació del terreny, sinó també models digitals d'elevacions (MDE) de grans superfícies. Per a la creació dels MDE cal la combinació d'imatges SAR properes en el temps per a evitar la pèrdua de qualitat del senyal i cobrir la màxima superfície del terreny. L'anàlisi de precisió d'aquest MDE, utilitzant imatges dels satèl·lits ERS i ENVISAT, lliure d'efectes atmosfèrics i altres incerteses, dona com a resultat un error altimètric inferior als 9 m, amb una mida de píxel de 30 m.



Mapa de qualitat de fase (coherència) de l'àrea del Bages per l'ENVISAT (banda C) i el PALSAR (banda L).

# Tecnologia SAR

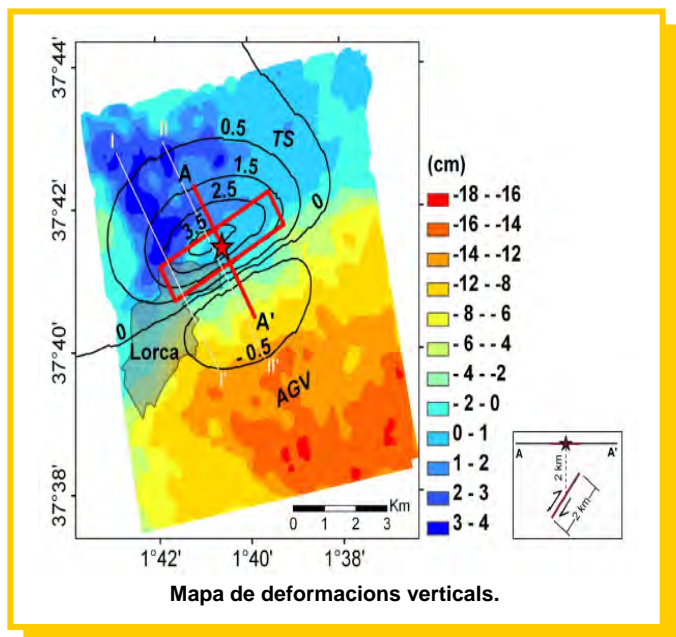
## InSAR: Interferometria SAR

L'anàlisi interferomètrica amb imatges de banda C mostra manca de coherència en zones amb vegetació; s'ha adaptat el sistema per a imatges d'alta resolució de banda L del sensor PALSAR del satèl·lit ALOS que penetra amb més facilitat en la vegetació, i també amb altres imatges d'alta resolució en banda X del satèl·lit TerraSAR-X.

Comparació i estudi dels interferogrames diferencials en funció de la banda de treball (ERS-ENVISAT banda C, ALOS-PALSAR banda L i TerraSAR-X banda X) i la resolució espacial.

S'ha ampliat el programari per treballar amb imatges dels sensors polarimètrics RadarSat-2 i Cosmo-SkyMed i estudiar si aporten informació complementària a l'obtinguda amb els sensors SAR.

Estudi de la detecció de canvis mitjançant les imatges d'amplitud i coherència interferomètrica SAR.



## Aportació

Programari per a la determinació d'elevacions del terreny en zones tropicals i boreals cobertes de núvols quasi permanentment.

Estudi comparatiu dels interferogrames diferencials en funció de la banda de treball i la resolució espacial.

Validació del model geofísic que explica moviments sísmics amb l'estudi del terratrèmol de Lorca mitjançant tècniques interferomètriques amb imatges del satèl·lit TerraSAR-X en col·laboració amb l'Institut Geològic de Catalunya.

## Publicacions tècniques

- Frontera, T., Concha, A., Blanco, P., Echeverria, A., Goula, X., Arbiol, R., Khazaradze, G., Pérez, F., Suriñach, E.: *DInSAR Coseismic Deformation of the May 2011 Mw 5.1 Lorca Earthquake (Southern Spain)*. Solid Earth, núm. Se-2011-35. 2012.
- Blanco, P., Arbiol, R., Pérez, F.: *Técnicas de Interferometría diferencial SAR para monitorización de deformaciones en un entorno multisensor*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección, pàg. 553-556. Calataiud, 2009.
- Pipia, L., Fàbregas, X., Aguasca, A., López-Martínez, C., Mallorquí, J., Mora, O.: *Polarimetric temporal information for urban deformation map retrieval*. 3rd International Workshop PolInSAR, pàg. 1-4. Frascati, 2007.
- Mora, O., Arbiol, R., Palà, V., Adell, A., Torre, M.: *Generation of accurate DEMs using DInSAR methodology (TopoDInSAR)*. IEEE, Geoscience and Remote Sensing Letters. EUA, 2006.
- Mora, O., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Development of a Multiple Adjustment Processor for generation of DEMs over large areas using SAR data*. IGARSS. Tolosa de Llenguadoc, 2003.
- Arbiol, R., Palà, V., Pérez, F., Castillo, M., Crosetto, M.: *Aplicaciones de la tecnología InSar a la cartografía*. IX Congreso Nacional de Teledetección. Lleida, 2001.
- Ruiz, A., Castillo, M., Arbiol, R., Colomer, J. L.: *ISAR DEM Data Processing for Contours Generation*. Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models, núm. 40, pàg. 23-3. Frankfurt am Main, 2001. Publicació en CD-Rom.
- Arbiol, R., González, G.: *Map production in Venezuela using airborne InSAR*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.
- Castillo, M., Arbiol, R.: *Obtención de modelos numéricos de elevaciones con interferometría SAR*. Revista Española de Teledetección, núm. 4 (número especial: Utilización y Aplicaciones de Productos ERS-1), pàg. 1-9. 1995.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Am-  
biente (IREA)

Agència espacial de Canadà

Agència espacial italiana

### Període

Inici: 2000. Activitat continuada

### Projectes relacionats

InSAR: Interferometria SAR

PISAR: Polarimetria InSAR

## Descripció

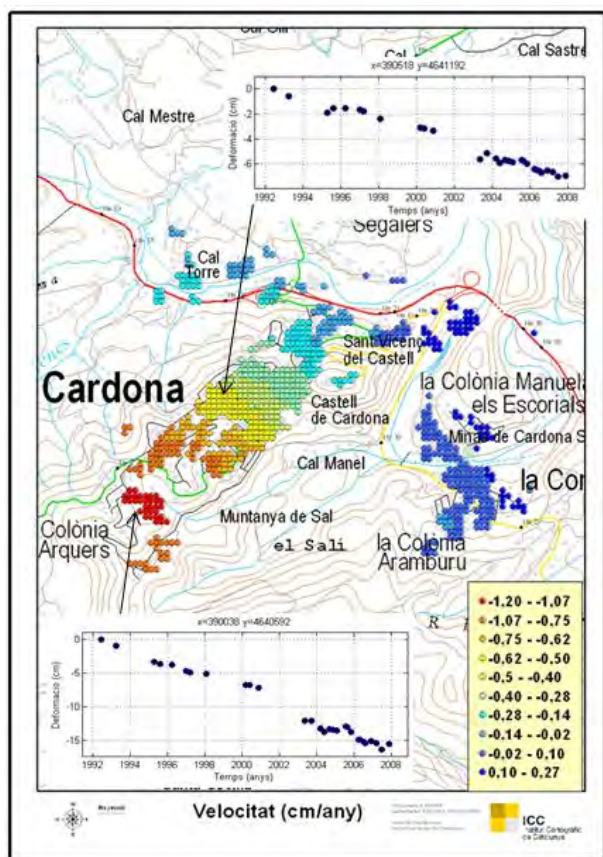
Les subsidències són esfondraments lents del terreny deguts a diferents causes. La tecnologia clàssica per a enregistrar-los és la topografia. Darrerament, però, s'han realitzat experiments basats en tècniques d'interferometria diferencial radar amb resultats prou bons com per a permetre el poder seguir aquest tipus de fenomen per satèl·lit.

El radar proporciona dos tipus d'informació: la intensitat del retorn del senyal i una fase, relacionada amb la distància entre el sensor i l'objecte observat. Aquesta fase és la informació que la interferometria utilitza per a derivar les elevacions del terreny a partir de dues imatges preses des de posicions lleugerament diferents. Quan aquestes posicions són pràcticament les mateixes, però en dos moments separats en el temps, es poden mesurar les diferències que s'han produït en el terreny a causa d'esllavissades, terratrèmols o subsidències.

L'ICC ha desenvolupat un sistema basat en aquesta tècnica per a determinar els canvis altimètrics tan petits com 1 cm per any entre dues dates a partir d'imatges del radar d'obertura sintètica (SAR) dels satèl·lits ERS i ENVISAT.

En el projecte s'han estudiat casos reals de subsidència comparant els resultats obtinguts mitjançant interferometria diferencial amb les mesures d'anivellació de precisió realitzades al camp. Els resultats han estat prou bons com per a poder combinar aquesta tècnica amb les mesures puntuals de gran precisió per a poder fer el control permanent d'un territori molt més extens a un cost reduït.

Sovint, però, els mapes de les zones de subsidència detectades queden sense informació en sortir de les àrees urbanes, ja que el fet de treballar amb sensors radar d'alta freqüència provoca que les imatges només siguin coherents en zones urbanes. Per tal d'estendre l'anàlisi fora d'aquestes zones, s'ha instal·lat una sèrie de trípodes reflectors sobre el terreny per a monitoritzar-ne el moviment i mentre continua el desenvolupament del sistema combinant imatges des d'òrbites diferents (ascendents i descendents), amb el refinament de l'orientació de les imatges emprant simulacions



Mapa de velocitat lineal de subsidència a Cardona.



# Tecnologia SAR

## DInSAR: Interferometria diferencial SAR

d'amplitud i també integrant imatges d'altres sensors SAR en aquestes zones: SAR terrestre, ALOS-PALSAR, TerraSAR-X, Radarsat-2 i Cosmo-SkyMed.

### Aportació

Sistema operacional per al control permanent dels fenòmens de subsidència a un cost reduït. Modificació del programari per a treballar amb un conjunt d'interferogrames ALOS-PALSAR, imatges d'alta resolució dels satèl·lits Radarsat-2 i Cosmo-SkyMed i dades polarimètriques per a millorar la densitat espacial i la precisió de les estimacions de les deformacions.

Informe d'avaluació de les imatges Radarsat-2 "Application of new DInSAR techniques using RADARSAT-2 data" en el marc del programa SOAR (Science and Operational Applications Research) de l'Agència Espacial de Canadà.

Informe d'avaluació de la constel·lació Cosmo-SkyMed AO 1422 "Continuous subsidence monitoring using COSMO-SkyMed constellation" de l'ASI.

### Publicacions tècniques

- Ferrer, P. J., López-Martínez, C., Aguasca, A., Pipia, L., González-Arbesú, J. M., Fabregas, X., Romeu, J.: *Transpolarizing Trihedral Corner Reflector Characterization Using a GB-SAR System*. Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 8, núm. 4. 2011.
- Blanco, P., Barreto, G., Ortiz, D.: *La interferometría Diferencial DInSAR – Una técnica para el monitoreo de la subsidencia en Bogotá DC*. Boletín Colombiano de Geotecnia, vol. 13. 2010.
- Pipia, L., Fabregas, X., Aguasca, A., López-Martínez, C., Mallorquí, J., Mora, O.: *A subsidence monitoring project using a polarimetric GB-SAR sensor*. Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS 2007. IEEE International 2007, pàg. 192-195. 2007.
- Mora, O., Arbiol, R., Palà, V.: *Advanced DInSAR techniques for monitoring terrain displacements*. European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Barcelona, 2006.
- Lanari, R., Mora, O., Manunta, M., Mallorquí, J. J., Berardino, P., Sansosti, E.: *A Small-Baseline Approach for Investigating Deformations on full-Resolution Differential SAR Interferograms*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 42, núm. 7, pàg. 1377-1386. Nova Jersey, 2004.
- Crosetto, M., Castillo, M., Arbiol, R.: *Urban Subsidence Monitoring Using Radar Interferometry: Algorithms and Validation*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 69, núm. 7, pàg. 775-783. Maryland, 2003.
- Mora, O., Mallorquí, J. J., Broquetas, A.: *Linear and Nonlinear Terrain Deformation Maps From a Reduced Set of Interferometric SAR Images*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 41, núm.10, pàg. 2243-2253. Nova Jersey, 2003.
- Mora, O., Mallorquí, J. J., Lanari, R.: *Differential Interferometric SAR techniques for generation of terrain and building deformation maps*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.
- Blanco, P., Pérez, F., Concha, A., Marturià, J., Palà, V.: *Operational PS-DInSAR deformation Monitoring Project at a Regional Scale in Catalonia (Spain)*. IGARSS 2012, Remote Sensing for a Dynamic Earth, pàg. 1178-1181. Munic, 2012.



Subsidències a partir d'imatges ENVISAT i TerraSAR-X a Palau de Plegamans.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

2006-2009

### Projectes relacionats

DInSAR: Interferometria diferencial SAR

## Descripció

El primer objectiu és la creació de mapes de deformació del terreny de gran precisió aprofitant l'alta resolució espacial i les capacitats polarimètriques dels nous sensors SAR orbitals. Posteriorment es combinarà aquesta informació amb estudis geològics, hidrogeològics, geofísics i d'estructures per a la creació de mapes i escenaris de risc.

En aquest projecte es proposa la utilització dels nous sensors d'alta resolució de radar d'obertura sintètica (SAR) embarcats en satèl·lits (TerraSAR-X, ALOS-PALSAR i Radarsat-2) per a l'obtenció de mapes de deformació del terreny d'alta precisió mitjançant tècniques DInSAR.

Les capacitats polarimètriques i d'alta resolució permeten la generació de dades interferomètriques de major qualitat que, combinades amb les ja existents (ERS-1/2 i ENVISAT), donen com a resultat grans sèries temporals, les quals permeten detectar els moviments del terreny, generalment lents, causats per explotacions mineres, sobreexplotació d'aqüífers, construccions d'infraestructures o processos naturals.

La verificació de les subsidències es realitza mitjançant el desplegament de tríedres en alguna de les zones d'estudi. Això permet realitzar mesures d'alta precisió sobre els punts on es dipositen els reflectors. Aquestes mesures poden ser comparades amb la monitorització DInSAR de la zona. Els resultats obtinguts es validen mitjançant estudis geològics i geofísics de subsòl per a determinar i caracteritzar les causes de les subsidències i avaluar-ne la perillositat.



**Tríedre reflector per al seguiment de les subsidències en zones de baixa coherència.**

# Tecnologia SAR

## PISAR: Polarimetria InSAR

### Aportació

Programari per a la utilització dels nous sensors d'alta resolució de radar d'obertura sintètica (SAR) embarcats en satèl·lits.

Estudi de la influència de la banda L en la qualitat de la fase interferomètrica en comparació a la banda C. La combinació de bandes C i L permet augmentar el nombre de punts coherents, sobre els quals s'obtenen mesures de deformació.

Mètode de combinació de dades multifreqüència i multipolarització per a incrementar el nombre de punts útils per a mesurar moviments superficials.

### Publicacions tècniques

- Blanco, P., Arbiol, R., Palà, V.: *ALOS-PALSAR performances on a multiple sensor DInSAR scenario for deformation monitoring*. 2nd Joint PI Symposium of ALOS Data Nodes. Rodes, 2008.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Universitat Politècnica de Catalunya

### Període

2009-2012

### Projectes relacionats

PISAR: Polarimetria InSAR

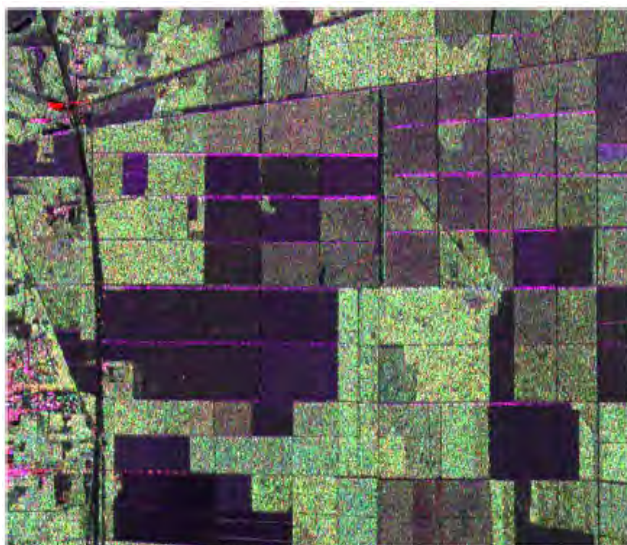
InSAR: Interferometria SAR

DInSAR: Interferometria diferencial SAR

## Descripció

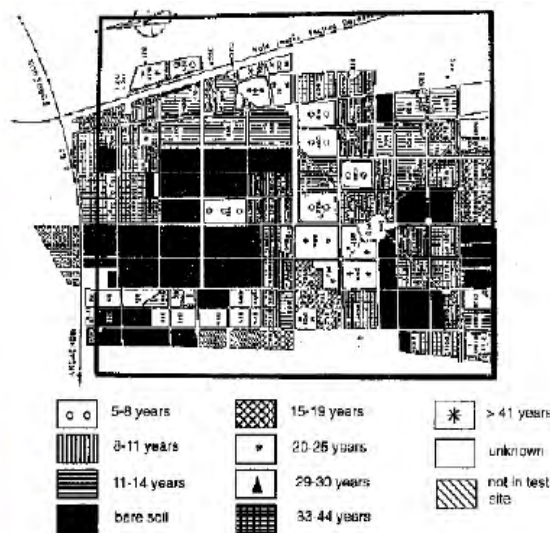
Donant continuïtat als treballs iniciats amb el projecte PISAR d'aplicar la polarimetria per a la detecció de moviments del terreny, s'amplia l'àmbit d'actuació estudiant en una primera fase les metodologies existents per al processament de dades SAR polarimètriques per a continuar aprofundint en l'estudi d'aplicacions concretes.

El grup de recerca RS-Lab del Departament de TSC va fer un informe sobre la potencialitat de la polarimetria SAR (PolSAR) en el camp de la teledetecció radar, principalment amb sistemes orbitals i amb especial atenció al sistema TerraSAR-X i ALOS-PALSAR. També es van tenir en compte les aplicacions actuals amb sistemes aerotransportats, ja que aquests s'utilitzen com a plataformes de test per a futures campanyes en sistemes orbitals.



(a)

(a) Imatge de la descomposició polarimètrica de Pauli d'un camp de parcel·les a les Landes (França).



(b)

(b) Mapa original de veritat terreny.

# Tecnologia SAR

## Anàlisi d'aplicacions de la polarimetria SAR

El treball d'anàlisi es va dividir en dues parts principals:

- I. Introducció genèrica a la polarimetria SAR i les seves aplicacions: L'objectiu d'aquesta part era redactar una introducció a la tècnica de la polarimetria SAR, des d'un punt de vista conceptual, per a una millor comprensió de les aplicacions que es podien definir a partir de l'ús de dades SAR polarimètriques, així com poder determinar noves aplicacions.
- II. Aplicacions principals
  - ▶ **Classificació:** Aquest punt conté una anàlisi més detallada de la classificació de dades PolSAR. S'estudia la classificació de cobertes amb aquestes imatges i informació auxiliar amb el programari de classificació orientada a objectes e-cognition.
  - ▶ **Detecció de canvis:** Aquest punt analitza la potencialitat de les dades PolSAR per a llur ús en possibles aplicacions en el camp de detecció de canvis. S'han obtingut els primers resultats amb imatges SAR polarimètriques i línies complementàries d'aproximació al problema.

## Aportació

Estudi de la influència de la polarimetria dels nous sensors radar i llur aportació a les aplicacions temàtiques de teledetecció, en concret a la detecció de canvis i a la cartografia d'usos del sòl.

## Publicacions tècniques

- Pipia, L., Fàbregas, X., Aguasca, A., López-Martínez, C.: *Polarimetric Temporal Analysis of Urban Environments With a Ground-Based SAR*. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions , núm. 99, pàg. 1-18. 2012.
- López-Martínez, C., Fàbregas, X., Pipia, L.: *Forest parameter estimation in the Pol-InSAR context employing the multiplicative-additive speckle noise model*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 66, núm. 5, pàg. 597-607. 2011.
- Margarit, G., Mallorqui, J. J., Pipia, L.: *Polarimetric Characterization and Temporal Analysis of urban Target Scattering*. Transaction on Geoscience and Remote Sensing, vol. 48, núm. 4, pàg. 2038-2048. 2010.
- Blanco, P., Pipia, L., Pérez, F., Arbiol, R.: *Improving the density of coherent pixels in DInSAR with Multiple Images Techniques employing band and polarimetric combinations for deformation monitoring*. Fringe 09. ESA-ESRIN. Frascati, 2009.

## Processament d'imatges

### Inicis - Motivació

La manca de cartografia a Catalunya a escales adients per a la planificació territorial plantejava el problema d'aconseguir al més ràpidament possible la màxima cobertura del territori, d'aquí l'interès de disposar d'una ortofoto 1:5 000 a partir de la qual, i més lentament, en vagi sorgint un mapa topogràfic a escala 1:5 000.

Prenent la modernitat conceptual i tecnològica, com a instrument per a la superació de l'endarreriment històric de la geoinformació, s'endega la producció d'ortofotomapes a escala 1:5 000, per primera vegada a Europa amb el sistema canadenc Gestalt Photomapper GPM-IV, un equip molt avançat per a l'època, que permeté de disposar ràpidament d'unes ortofotos en gamma de grisos de tot el territori.

### Producció d'ortofotos

La posada en producció del Gestalt Photomapper, un correlador analògic d'imatges per a la producció del model digital del terreny i l'ortofoto mateixa, no es trobava lliure de problemes. Fet que produí una herència de coneixement en procés d'imatge i un conjunt de desenvolupament propis.

El problema més important era que la sortida de l'ortofoto, un monitor de raigs catòdics que impressionava un fotolit a base dels trossos quadrats d'imatge (*tiles*) va tenir una aturada de molt llarga durada. Donat que no hi havia un sistema alternatiu de sortida, una solució per a aquest va ser la construcció del sistema de digitalització d'imatges DINIRALT que del senyal analògic que arribava al monitor de raigs catòdics n'obtenia els valors radiomètrics digitals de tots els punts que constituïen cada tros d'imatge, i els gravava en cinta magnètica de mitja polzada, que podia ser llegida en altres màquines. A finals de 1985 entrava en producció significat l'eliminació de molts passos de treball de laboratori.

Uns pocs anys més tard, el 1988, l'ICC va saber combinar la fotogrametria i el seu bagatge previ en teledetecció i tractament digital d'imatges per a desenvolupar el sistema DIR de generació digital d'ortofotos. DIR s'avançà mig decenni al mercat i fou dels primers programaris de fotogrametria digital en producció en el món.

El Gestalt i el DIR són exemples de dos tipus diferents d'innovació: una primera innovació lligada a l'adquisició i la utilització eficient de tecnologia avançada de mercat i, una segona innovació derivada de desenvolupaments propis nascuts del contacte diari amb el món de la producció.

El 1998 amb una cadena de producció d'ortofotos completament digital amb els escàners fotogramètrics a l'inici de la cadena, s'inicia el desenvolupament del programari **Visual Factory Suite** per a la definició, construcció i control de cadenes de producció.

### Tractament digital d'imatges

**Millores radiomètriques:** Amb el sistema de sortida DINIRALT s'obtenia una versió digital de l'ortofoto analògica generada pel Gestalt que podia ser tractada amb el programari existent de procés d'imatges, es podien suavitzar les transicions radiomètriques entre els límits dels trossos d'imatge de treball del Gestalt, o aplicar processos de millora de contorns etc., desenvolupant algorismes per al processament d'imatges (**Processament d'imatges: Algorismes**) o estudiant el comportament radiomètric dels sensors (**Comportament radiomètric de les càmeres digitals**).

El resultat és un conjunt de desenvolupaments propis i una herència de coneixement en relació a les imatges digitals i la seva radiometria (**CORREA: Correcció geomètrica d'efectes atmosfèrics**).

**Millores geomètriques:** La disponibilitat de models digitals de superfície, independents de la generació d'ortofotos, en permet la millora prèvia a l'entrada a la cadena de producció d'ortofotos millorant la continuïtat geomètrica entre imatges rectificades adjacents i la producció d'ortofotos estrictes (**TRUEORTO: Ortofoto estricta**).

### Aplicacions

A banda de reduir el temps de producció de cada unitat i millorar-ne la qualitat, l'experiència adquirida en el tractament d'imatges digitals obre la porta a altres estudis per avaluar el potencial cartogràfic d'imatges de sensors òptics embarcats en satèl·lits [*Sensors*], o l'ús d'imatges per a la interpretació (**Extracció automàtica d'objectes**).



Evolució de la imatge de la sèrie territorial Ortofotomapa de Catalunya 1:5 000.

## Resultats productius

Millora significativa en la producció de les sèries territorials d'ortofotomapes tant pel que fa a la qualitat d'imatge (vegeu l'evolució en la imatge anterior) com en l'optimització de les cadenes de producció.

L'altre aspecte a destacar des del punt de vista productiu és la diversitat de productes imatge a diferents escales: ortofotos convencionals, infraroges, estrictes, en fals color, cartografia de satèl·lit.

## Fites assolides

1982 – Correlació automàtica i interactiva per a la rectificació d'imatges amb el rectificador automàtic d'ortofots Gestalt GPM-IV. Primícia a Espanya i a Europa.

1985 – Posada en funcionament el sistema de digitalització d'imatges DINIRALT.

1985 – Posada en funcionament del sistema de processament d'imatges VAX 750.

1988 – Inici de la rectificació digital d'imatges (DIR).

1998 – Inici del programari Visual Factory Suite, antecedent del sistema intern de producció d'ortofotos digitals (ICC\_ProjectManager).

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Departament de Matemàtica Aplicada 2 (UPC)

Departament d'Astronomia (UB)

### Període

Activitat continuada

### Projectes relacionats

Visual Factory Suite

TRUEORTO: Ortofoto estricta

## Descripció

La contínua substitució de les tecnologies analògiques per les digitals en els processos cartogràfics té un reflex directe en les tecnologies, els processos i els projectes de l'ICC que es recolzen en el processament d'imatges digitals. En conseqüència, l'ICC desenvolupa contínuament eines de tractament d'imatge tant per a millorar els seus productes basats en imatge, com per a explotar la informació continguda en les imatges digitals, i per optimitzar i automatitzar les metodologies de producció.

L'objectiu d'aquest projecte és el desenvolupament de nous algorismes i eines de processament d'imatges i adaptar les eines existents a necessitats dels projectes productius. Actualment s'està treballant en diferents aspectes:

- ▶ Anàlisi de la resolució espacial real d'imatges digitals.
- ▶ Igualació radiomètrica de blocs d'imatges (aèries o de satèl·lit) per reduir les diferències i els efectes locals com ara reflexos o *hot-spot* determinats per la posició del sol, els angles de captació i el terreny.
- ▶ Igualació de contrast per a tenir en compte les diferents textures dels objectes en funció de l'altitud solar i també per al tractament d'ocultacions.
- ▶ Millora de les tècniques automàtiques de mosaic per incorporar informació relativa als núvols, per solucionar les pèrdues de definició d'imatge associades als diferents pendents del relleu (estirades) i per eliminar les zones que pateixen ocultacions per objectes descrits en el model digital de superfície.
- ▶ Desenvolupament d'algorismes per a realitzar mosaics d'imatges cercant línies de contrast i la seva connexió.
- ▶ Implementació d'un mètode d'interpolació dispersa per a evitar artefactes a les sèries d'ortofoto d'escala grans.



Exemple de correcció d'una sèrie de fotogrames per a obtenir una imatge homogènia.



# Processament d'imatges

## Processament d'imatges: Algorismes

### Aportació

Programari necessari per a obtenir productes digitals de qualitat òptima i resolució de problemes radiomètrics que apareixen sovint en les imatges aèries.

Establiment d'un protocol per al tractament de la banda infraroja de l'ortofoto i augmentar-ne la seva interpretabilitat.

### Publicacions tècniques

- Soler, M. E., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Experiències en mesures de resolució en el ICC. 7a Setmana Geomàtica*. Barcelona, 2007.
- Xandri, R., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Seamless automatic mosaicking taking into account infrastructures and buildings*. ISPRS Commission I Symposium. Paris, 2006.
- Pérez, F., Xandri, R., Arbiol, R., Palà, V.: *Automatic Generation of Seamless Mosaics over Extensive Areas from High Resolution Imagery*. 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando (EUA), 2005
- Xandri, R., Palà, V., Arbiol, R.: *Determinación automática de costuras para la generación de ortofotos*. 6a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2005.



Exemple de millora radiomètrica d'una imatge.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
1998-2000

## Descripció

Una vegada consolidada la producció d'ortofotos amb el sistema de rectificació digital DIR i comptant amb eines digitals per a abordar les diferents fases de la cadena de producció, la seva gestió i control, esdevé l'etapa manual més feixuga.

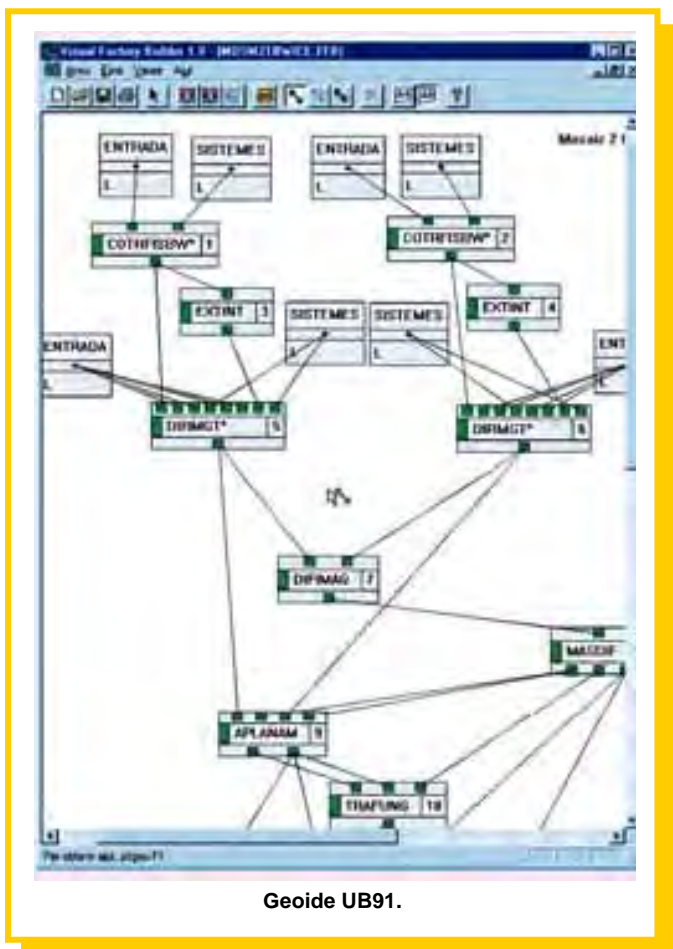
El projecte de desenvolupament d'un programari de gestió de cadenes de producció, *Visual Factory Suite*, permet la definició, la construcció i el control de les cadenes de producció.

La definició i creació de processos ("factories") de producció mitjançant l'enllaç de programes d'ordinador és una tasca feixuga, que habitualment deriva en el lliurament de solucions poc flexibles i que necessita personal qualificat, no tan sols per a construir els esmentats sistemes, sinó també per a explotar-los. Les raons que causen aquestes dificultats poden agrupar-se com segueix:

- *Enllaç.* Combinar un conjunt de programes per a crear un determinat flux de treball és una tasca on apareixen dificultats tècniques.
- *Canvi.* Es demanen nous productes; apareixen algorismes millorats; cal tractar nous formats de dades; per tant, cal mantenir constantment els sistemes existents o crear-ne de nous.
- *Complexitat.* Només els experts en un determinat domini són capaços d'establir quin és el flux de treball correcte per a obtenir un determinat producte. Els enginyers de programari, habitualment, no posseeixen aquest coneixement, tan necessari per a construir el sistema perseguit.

Aquests problemes condueixen a sistemes rígids, molt lluny de ser capaços de fer front al desafiament de la veritable producció dia a dia. La *Visual Factory Suite* per a Windows NT és un conjunt d'aplicacions i estàndards creats a l'Institut Cartogràfic de Catalunya que s'ha dissenyat amb la intenció de resoldre o, almenys, pal·liar aquestes dificultats.

La metodologia de treball ha consistit en la construcció d'una eina visual per a establir processos mitjançant l'enllaç de programes individuals. En aquest procés es verifica la consistència dels arxius d'entrada i sortida, dels paràmetres del



# Processament d'imatges

## Visual Factory Suite

procés i es genera la documentació del procés automàticament. Un cop definit, el procés es distribueix entre un o més ordinadors i es controla l'avenç del treball mitjançant un monitor central.

## Aportació

S'ha posat a punt el primer conjunt de factories que és el de producció d'ortoimatges digitals. Antecedent de l'ICC\_ProjectManager que és orientat a la gestió de projectes fotogramètrics i a objectes georeferenciats a l'entorn de l'aerotriangulació i de vols. És un programa propi destinat a la gestió de les dades vectorials.

S'ha elaborat l'estudi *Object-oriented technologies and beyond for software generation and integration in Geomatics*.

## Publicacions tècniques

- Navarro, J.: *The visual factory suite: Facing evolving mass production in spatial data processing environments*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.
- Navarro, J.: *La Geomática y la factoría inteligente: integración de "software" utilizando Inteligencia Artificial y Orientación a Objetos*. TOP-CART 2000. Madrid, 2000.
- Giménez, X.: *La producción de ortofotos digitales en el ICC*. Estratos, núm. 54, pàg. 48-53. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA). 1999.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Centre de Visió per Computador (CVC) de la Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Matemàtica Aplicada II (MA2) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

### Període

1998-2004

## Descripció

Projecte per a l'estudi del potencial d'eines automàtiques de processament d'imatges digitals, de reconeixement i extracció automàtica o semiautomàtica d'objectes (parcel·les, cases, carreteres, etc.) presents en una imatge digital. L'objectiu de l'extracció és captar (delinear) de forma automàtica o semiautomàtica alguns dels objectes presents en la imatge digital.

L'estudi es basa en models i algorismes de seguiment automàtic de línies, detecció de contorns, modelat geomètric, intel·ligència artificial i creació i explotació de bases de coneixement dels objectes i de les seves relacions.

Aplicat a la cartografia, l'objectiu és automatitzar feines en la captació d'informació cartogràfica a partir d'imatges aèries. A més de les aplicacions per a la fotogrametria, alguns dels algorismes de visió per computador desenvolupats són aplicables al tractament d'imatges digitals com, per exemple, l'eina de localització i reparació automàtica de defectes en imatges digitals.

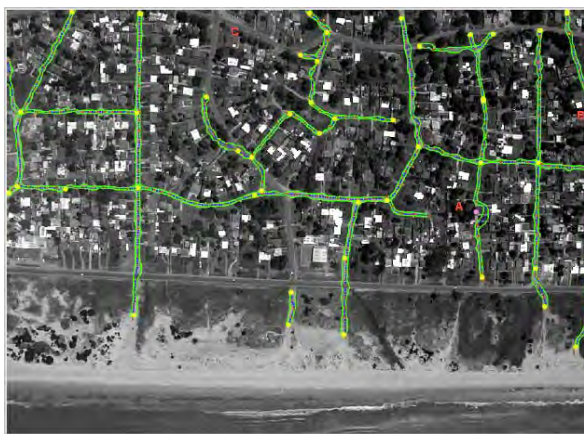
S'ha desenvolupat un algorisme i un entorn per a la captació semiautomàtica de parcel·les que combina aspectes de morfologia matemàtica i models de contorns adaptatius, i que sap delinear el contorn de l'element identificat com a parcel·la. Els algorismes s'han implementat de manera que poden ser fàcilment incorporats en qualsevol entorn de captació de dades; en particular, està en fase d'integració en un producte comercial d'extracció automàtica d'edificacions i carreteres.

També ha finalitzat el prototipus d'una eina de captació semiautomàtica d'elements lineals de radiometria homogènia amb l'adaptació de l'algorisme de models deformables i competició de regions que s'ha presentat com a projecte de final de carrera. El projecte s'ha desenvolupat en col·laboració amb el Departament MA2 de la UPC.

El sistema s'ha desenvolupat amb eines semiautomàtiques i en un entorn amigable per a l'usuari per a la captació de parcel·les que s'ha validat en nombroses imatges aèries i els algorismes han estat implementats de manera que poden ésser



Extracció de parcel·les.



Procés d'extracció automàtica de carreteres.

# Processament d'imatges

## Extracció automàtica d'objectes

fàcilment incorporats en un sistema d'informació geogràfica (SIG).

### Aportació

Millora de l'aspecte de les ortofotos al detectar i reparar alguns elements, per exemple, elements espuris, ratlles, etc. d'imatges digitals.

L'extracció d'elements a les imatges aèries digitals és un tema que pot reportar reducció d'interacció i per tant augmentar la fiabilitat del producte final i reduir el temps destinat a la captació manual. L'eina d'extracció de parcel·les s'ha integrat en el programari comercial InJECT.

### Publicacions tècniques

- Ohlhof, T., Gülch, E., Müller, H., Wiedemann, C., Torre, M.: *Semi-automatic Extraction of Line and Area Features from Aerial and Satellite Images*. XX Congress of the ISPRS. 2004.
- Torre, M., Radeva, P.: *Agricultural field extraction from aerial images using a region competition algorithm*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.
- Torre, M., Radeva, P.: *Agricultural-field extraction on aerial images by region competition algorithm*. Computer Vision and Image Analysis, vol. 1, pàg. 313-316. International Conference on Pattern Recognition. IEEE Computer Society. Barcelona, 2000.



Extracció d'elements espuris en una ortofoto digital.

### Lideratge de l'estudi

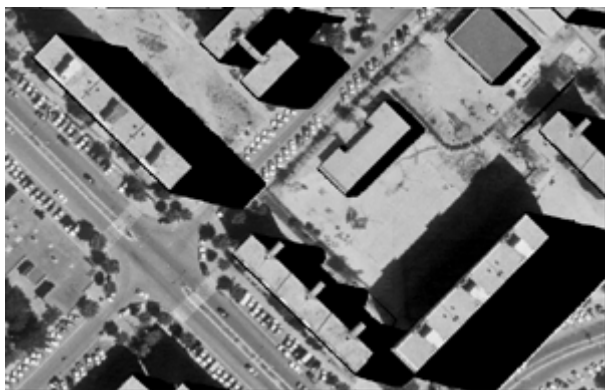
Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

1999-2007

### Projectes relacionats

Processament d'imatges: Algorismes



Exemple de l'efecte de perspectiva i de les ocultacions a la imatge original i rectificada.

## Descripció

L'ortoimatge és un producte cartogràfic àmpliament utilitzat com a complement de la cartografia topogràfica. El seu tret principal –la imatge rectificada– permet a l'usuari obtenir informació diferent a la definida en la llegenda del mapa topogràfic derivat de la mateixa imatge. La segona característica és la rapidesa de realització.

Tot això ha fet que les ortoimatges siguin un element bàsic d'informació en zones de gran dinàmica de canvi territorial.

Malgrat la relativa facilitat de producció, la generació d'ortoimatges a escala molt gran és delicada. En primer lloc, si s'usen les elevacions del terreny per a rectificar les imatges originals, els edificis i les estructures artificials no estaran en la seva posició correcta. En la figura es veu que, degut a l'efecte de perspectiva, les torres "cauen" sobre el lateral del carrer. Aquest problema es soluciona usant les elevacions reals d'edificis.

El segon problema, també degut a l'efecte de perspectiva, és que els edificis alts oculten zones de l'orto. Aquestes zones s'han d'omplir amb trossos de les imatges veïnes del mateix vol per a no deixar zones buides a l'orto. A més, la participació de molts fotogrames diferents demana la generació automàtica de bones línies de costura.

El projecte TRUEORTO es basa en un sistema per a la generació d'ortoimatges que resol el problema de les zones no visibles a causa de les ocultacions del relleu (per exemple, edificis molt alts). El programa requereix un model d'elevacions de triangles i vols fotogramètrics amb molt de recobriment.

## Aportació

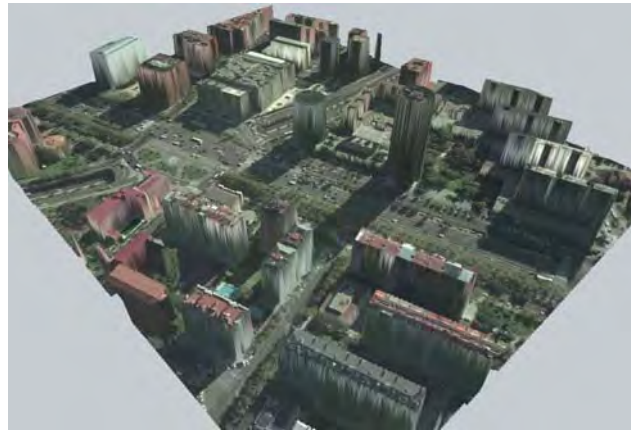
Programari per a la resolució dels problemes de les ortoimatges a escala molt gran utilitzant les elevacions reals dels edificis i vols fotogramètrics amb molt recobriment longitudinal i transversal. Aquesta tecnologia s'empra per a la producció d'ortos per a escales grans amb dimensions de píxel per sota dels 50 cm.

# Processament d'imatges

TRUEORTO: Ortofoto estricta

## Publicacions tècniques

- Gómez, J., Soler, M. E., Rodríguez, B., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Ortofoto verdadera de zonas urbanas en el ICC*. 9a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2011.
- Soler, M. E., Arbiol, R., Pérez, F.: *Avances en la generación de ortofoto estricta a escalas grandes*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 2009.
- Xandri, R., Pérez, F., Palà, V., Arbiol, R.: *Seamless automatic mosaicking taking into account infrastructures and buildings*. ISPRS Commission I Symposium. Paris, 2006.
- Pérez, F., Xandri, R., Arbiol, R., Palà, V.: *Automatic Generation of Seamless Mosaics over Extensive Areas from High Resolution Imagery*, 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando (EUA), 2005.
- Palà, V., Arbiol, R.: *True Orthoimagery of Urban Areas*. GIM International, vol. 16, núm. 12., pàg. 50-51. 2002.
- Palà, V., Arbiol, R.: *True orthoimage generation in urban areas*. 3rd International Symposium Remote Sensing of Urban Areas, volum 1, pàg. 309-314. Istanbul, 2002.



Imatge en 3D d'una imatge realitzada mitjançant TRUEORTO.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

2001-2009

### Projectes relacionats

DECIS: Detecció de canvis en imatge de satèl·lit

## Descripció

Anàlisi, disseny i implantació d'un sistema de correcció atmosfèrica per a sensors òptics de teledetecció embarcats en satèl·lit i aerotransportats. L'objectiu és reduir l'impacte de l'absorció gasosa, la dispersió de Rayleigh i la dispersió de Mie que l'atmosfera provoca en la radiometria de les imatges.

El mètode es basa en el càlcul de paràmetres de l'equació de transferència radiativa i dades de radiació en un conjunt de punts amb simulacions del codi 6S, tenint en compte els següents factors: angle d'il·luminació solar (data i hora de la imatge), angle d'observació (FOV), perfils atmosfèrics (estàndards o dades del SMC) i ozó (dades TOMS) tipus i quantitat d'aerosols (estàndards o mètode DDV). El procés d'ajust múltiple estima unes concentracions d'aerosols i de vapor d'aigua, minimitzant les diferències radiomètriques respecte a punts amb valors coneguts o de punts recollits en diferents passades, alçades o sensors.

El codi de transferència radiant s'aplica a tot el conjunt d'imatges per tal d'obtenir la reflectància corregida atmosfèricament per interpolació dels píxels situats entre els punts de càlcul. El mètode inclou la possibilitat de recuperar el contrast perdut per dispersió del sistema sensor-atmosfera, l'efecte de la topografia i de calcular reflectàncies aparents.

S'ha aplicat a imatges dels satèl·lits Landsat, SPOT i del sensor hiperespectral CASI del qual se n'ha millorat la caracterització de la seva resposta radiomètrica mitjançant el càlcul i la correcció de l'efecte *smiling* a partir d'imatges reals adquirides pel CASI i del reconeixement dels trets d'absorció de l'oxigen, sense necessitat de mesures de laboratori, i la creació un algorisme per a tenir en compte l'amplada i la forma real dels canals CASI.

## Aportació

Aquest projecte proveeix d'algorismes que permeten homogeneïtzar imatges i, per tant, facilitar els processos d'anàlisi i tractament de les dades multitemporals en els diferents projectes de teledetecció, tant temàtics com cartogràfics.



**Efecte de les condicions geomètriques i atmosfèriques a la mesura radiomètrica d'espectre solar en teledetecció de satèl·lit.**



# Processament d'imatges

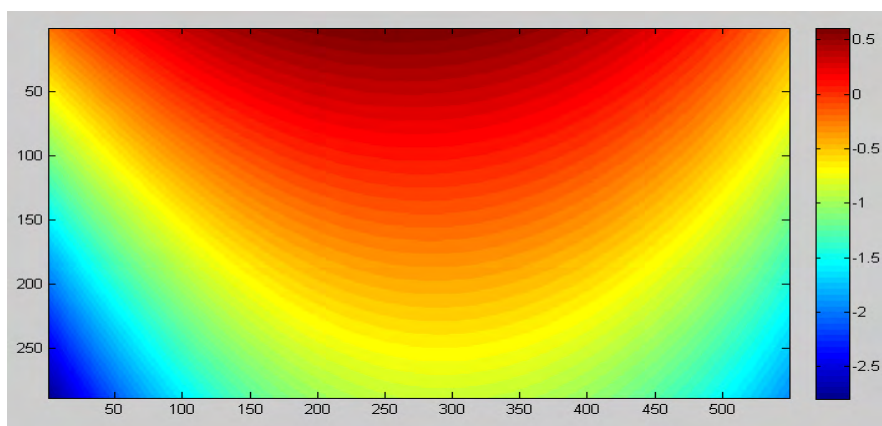
## CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics

Establiment d'un protocol per al tractament de la banda infraroja de l'ortofoto i augmentar-ne la seva interpretabilitat.

Correcció radiomètrica més acurada de les imatges CASI per a una millor interpretació de les dades espectrals.

## Publicacions tècniques

- Martínez, L., Soler, M. E., Pérez, F., Arbiol, R.: *Efecto de la atmósfera en la resolución de la DMC*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 2009.
- Martínez, L., Caselles, V., Palà, V., Valor, E.: *Emissivity errors in the vegetation cover method caused by the lack of atmospheric correction*. International Journal of Remote Sensing, vol. 29, núm. 6, pàg. 1825-1832. 2008.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R., Caselles, V., Valor, E.: *Improvement of Thermal Emissivity Calculated with the Vegetation Cover Method by Using Optical Atmospherically Corrected Images*. IGARSS 2007: Geoscience and Remote Sensing Symposium, pàg. 2881-2884. Barcelona, 2007.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R., Pérez, F., Tardà, A.: *Atmospheric Correction Algorithm Applied to CASI Multi-Height Hyperspectral Imagery*. 2nd Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, pàg. 170-173. València, 2006.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Sistema de Correcció Atmosfèrica en Espectro Solar por Métodos Físico-Estadísticos*. 5a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2003.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Comparison of Standard, Radio-sounded and Forecasted Atmospheric data in a Solar Spectrum Atmospheric Correction System*. IGARSS'2003. Toulouse, 2003.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Correcció atmosfèrica en espectro solar para series multitemporales. Aplicación a imágenes Landsat 7 ETM+*. X Congreso Nacional de Teledetección, pàg. 263-266. Cáceres, 2003.
- Martínez, L., Pérez, F., Arbiol, R., Tardà, A.: *Radiometric characterisation of a VNIR hyperspectral imaging system for accurate atmospheric correction*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Martínez, L., Soler, M. E., Pérez, F., Arbiol, R.: *Efecto de la atmósfera en la resolución óptica de la Z/I Digital Mapping Camera*. Revista de Teledetección, núm. 35, pàg. 32-40. 2011.
- García-Santos, V., Mira, M., Valor, E., Caselles, V., Coll, C., Galve, J. M., Martínez, L.: *Comparison of current methods to determine the downwelling atmospheric irradiance in the thermal infrared*. 3rd International Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Torrent, 2010.
- Martínez, L., Caselles, V., Valor, E., Pérez, F., García-Santos, V.: *Vegetation Cover Method Emissivity Dependencies on Atmosphere and Multispectral Vegetation Index*. 3rd International Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Torrent, 2010.



Caracterització de l'efecte smile del sensor CASI.

## Aplicacions temàtiques

### Inicis - Motivació

L'ICC ja des de la seva creació va incloure la teledetecció com una de les disciplines estratègiques a desenvolupar, no sols per la contribució a la producció de cartografia temàtica, amb els mapes d'usos del sòl, sinó també per les possibilitats que semblaven oferir les tècniques de procés d'imatge aplicades a disciplines tradicionalment analògiques, com la fotogrametria i la cartografia.

Les imatges dels satèl·lits d'observació de la Terra tenen diferents avantatges. En particular en destacaríem dues: la ubiqüitat (poder obtenir imatges de qualsevol lloc, encara que sigui lluny d'un indret habitat) i el curt temps d'accés (la imatge d'una zona es capta en un lapse de segons, i es transmet a l'estació de terra, que ho guarda en suport digital). Aquests avantatges han afavorit la seva utilització en algunes aplicacions que precisament demanaven un temps d'accés als resultats prou curt.

### Obtenció automàtica d'informació temàtica i d'usos del sòl

Des de l'any 1982 l'ICC ha portat a terme una classificació d'usos del sòl de Catalunya a partir d'imatge de satèl·lit cada 5 anys, definint una llegenda de fins a 21 classes, amb una curiosa determinació d'errors. El mapa ha estat utilitzat per les anàlisis territorials que abasten la totalitat del territori de Catalunya o de parts significatives del territori.

Un dels mètodes que s'utilitza amb més freqüència per a l'obtenció de mapes d'usos del sòl és la classificació supervisada d'imatges multiespectrals de satèl·lit. No obstant això, sovint el resultat no és prou precís per a la majoria dels projectes pràctics de teledetecció.

Així, doncs, es presenta la necessitat d'obtenir un mètode que combini les diferents classificacions per tal d'extreure'n una de nova que contingui les millors característiques de cada una d'elles. L'algorisme basat en la teoria de l'evidència fusiona diferents mapes de terreny obtinguts a partir de diverses fonts i diferents mètodes d'anàlisi.

Una d'elles és un grup d'imatges multiespectrals Landsat recollides al llarg de l'any, amb el qual s'obté una primera classificació. La segona font de dades és una ortofoto en blanc i negre amb una resolució de 2,5 metres/píxel, produïda mitjançant fotografia aèria. Per tal d'emprar la resolució espacial més alta comparada amb la del Landsat, s'efectua una anàlisi de textures i així s'obté de les bandes derivades una segona classificació. Les versemblances d'assignació entre les dues classificacions es combinen utilitzant un pes diferent segons l'encert de la classificació original. D'aquesta manera s'obté una nova versemblança.

Si es calcula un nou nivell d'encert d'aquesta classificació final per a avaluar la seva precisió, s'obté un resultat superior a l'obtingut en les categories originals. Així, es pot arribar a la conclusió que la teoria de l'evidència proporciona un bon marc per a combinar classificacions individuals obtingudes des de fonts de dades diferents, retenint el millor de cada una d'elles.

D'altra banda, també s'ha estudiat el control i la gestió de la coberta del sòl i de la vegetació per assegurar la sostenibilitat, l'accessibilitat, la confiança i l'eficiència econòmica dels organismes públics encarregats de la gestió del medi ambient (**Fusió de la classificació multiespectral d'imatges Landsat i anàlisi de textura d'imatges d'alta resolució / GEOLAND – Sistema de monitoratge de la vegetació i usos del sòl / EURMET – Expansió urbana de les metròpolis del sud-oest**).

### Detecció de canvis territorials

L'objectiu de disposar de cobertures territorials adequades a les necessitats del país a més de posar en marxa la producció de sèries cartogràfiques de diferents característiques i nivells de detall, provocà la necessitat de definir diferents models d'actualització d'aquestes sèries atenent els ritmes de producció. En el cas de les ortofotos s'optà per cobertures periòdiques de tot el territori, però en el cas de les sèries topogràfiques d'escales grans es plantejà un model que tingués en compte l'antiguitat de la informació i també el ritme de canvis de cada zona, per tant la possibilitat de detectar canvis en el territori de forma sistemàtica esdevingué un repte.

En aquests 30 anys, s'han fet diferents aproximacions al problema:

- **DECIL:** Seguiment de canvis territorials a partir d'imatges del sensor Landsat-7.
- **DECIS:** Continuació del projecte DECIL, per al seguiment de canvis territorials a partir d'imatges SPOT, Landsat-5, Landsat-5 i d'altres.
- **Detecció de canvis:** Aportació dels models digitals de superfície (MDS) a la detecció de canvis artificials al territori.

Si a les imatges dels satèl·lits hi afegim imatges de sensors aerotransportats, cal fer esment de l'altímetre làser, les característiques del qual el fan molt propici per al desenvolupament de noves aplicacions (**Aplicacions de l'ALTM**), a més l'ICC n'ha estudiat la integració de dades lidar en models del terreny obtinguts per tècniques fotogramètriques.

El pas següent és explorar com obtenir informació temàtica específica combinant dades de diferents sensors. S'ha explorat la viabilitat d'obtenir informació geogràfica diversa a través de la combinació i fusió de dades dels diferents sensors. S'han desenvolupat metodologies per determinar les necessitats de fertilització o rec dels conreus a partir de dades hiperespectrals de sensors de satèl·lit i d'avió (**Agricultura de precisió / Projecte HUMID**) i s'han dut a terme experiències pilot en el marc del projecte **Aplicacions temàtiques de teledetecció** com a projectes de demostració per al desenvolupament de nous productes i serveis.

### Resultats productius

Un primer resultat productiu va ser la determinació d'estadístiques agràries, barrejant la tradicional aproximació mitjançant estratificació, definició de segments dins de cada estrat, visita al camp i la seva anàlisi estadística, amb la captació d'una imatge multiespectral simultània del territori i la seva classificació. La utilització de la imatge permetia de reduir a la meitat el nombre de segments a visitar al camp, mantenint la significació estadística, amb una reducció de temps i de cost proporcional. Aquest va ser un programa de col·laboració de l'ICC amb l'actual Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya.

El segon exemple va ser la determinació de les zones afectades per incendis forestals. Una informació que es proporcionava, un cop extingit l'incendi, era el contorn de la zona afectada, usualment fet per mitjans aeris o terrestres, però això sobredimensionava de manera habitual la superfície afectada perquè, i especialment com més extens era l'incendi, hi havia dins del contorn àrees que no havien estat afectades. Per tal de conèixer les zones realment cremades i poder fer un seguiment en el temps, dins del sistema d'informació geogràfica, es va definir una aplicació, basada en eines de classificació multiespectral, que facilitava la determinació de les zones cremades i ho barrejava amb el mapa topogràfic 1:50 000. Aquesta aplicació es va provar amb els incendis de més de 100 ha de l'any 1984 i va passar a ser aplicada, en cada campanya, a partir de 1986, a incendis cada cop més petits (ara mateix de més de 10 ha), en col·laboració amb l'actual Departament de Territori i Sostenibilitat.

### Fites assolides

1982 – Inici del projecte de classificació d'usos del sòl de Catalunya a partir d'imatges de satèl·lit.

1986 – Definició d'una aplicació que, amb eines de classificació multiespectral, facilita la determinació de zones cremades i ho barreja amb el mapa topogràfic 1:50 000.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Departament de Territori i Sostenibilitat  
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural  
Instituto Geográfico Nacional

### Període

Activitat continuada

### Projectes relacionats

CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics  
Comportament radiomètric de les càmeres digitals  
Aplicacions de l'ALTM (CLOSE-SEARCH)

## Descripció

La teledetecció és una tecnologia que neix amb els primers satèl·lits artificials que embarquen sensors d'observació de la Terra, cap allà el 1960. Des de llavors, la quantitat de sensors embarcats en satèl·lit dedicats a mesurar la terra, el mar i l'atmosfera no ha parat de créixer.

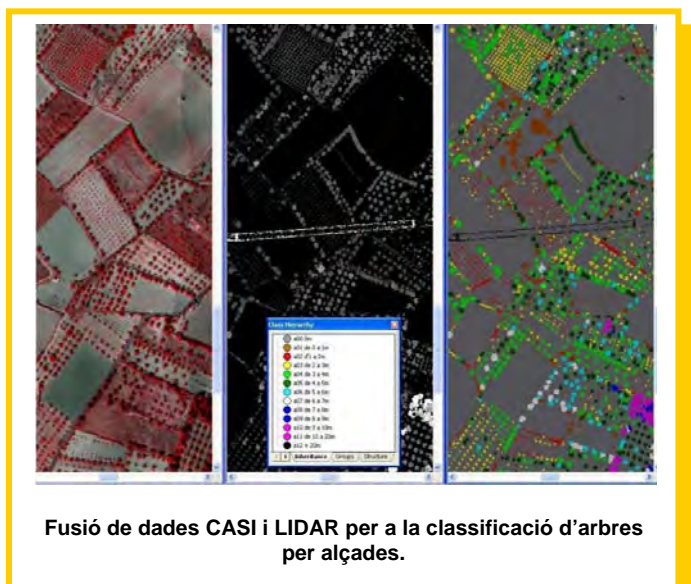
Una de les activitats de l'ICC és la realització de cartografia temàtica destinada a l'avaluació dels recursos disponibles i de problemes mediambientals mitjançant l'ús de tècniques de teledetecció. Anualment, es fa un inventari dels incendis forestals i periòdicament l'inventari d'usos del sòl amb el Departament de Territori i Sostenibilitat.

Aquest projecte respon a la necessitat de disposar d'eines i sistemes que permetin generar informació per a controlar i gestionar l'evolució del territori i el medi ambient a partir de les dades de sensors de tota mena embarcats en satèl·lits combinats amb dades d'altres sensors embarcats en avió, com és el cas de les dades de l'altímetre làser o dels sensors hiperspectrals. El programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) de la Unió Europea es basa en aquest tipus de dades.

S'ha treballat en la combinació de dades de sensors multiespectrals aerotransportats, com el CASI, amb dades de l'altímetre làser i en el calibratge de les càmeres DMC i llur posterior explotació per a classificar, detectar canvis, etc. i també per a controlar i millorar les tonalitats dels productes d'imatge generats amb la DMC.

Actualment es treballa en l'ús d'imatges hiperspectrals TASI i CASI d'alta resolució sobre conreus, granges solars, aigua, etc.:

- Anàlisi de viabilitat per discriminar tres varietats de vinya.
- Monitoratge de dinàmiques fluvials.
- Estudis de contaminació lluminosa.
- ...



# Aplicacions temàtiques

## Aplicacions temàtiques de teledetecció

### Aportació

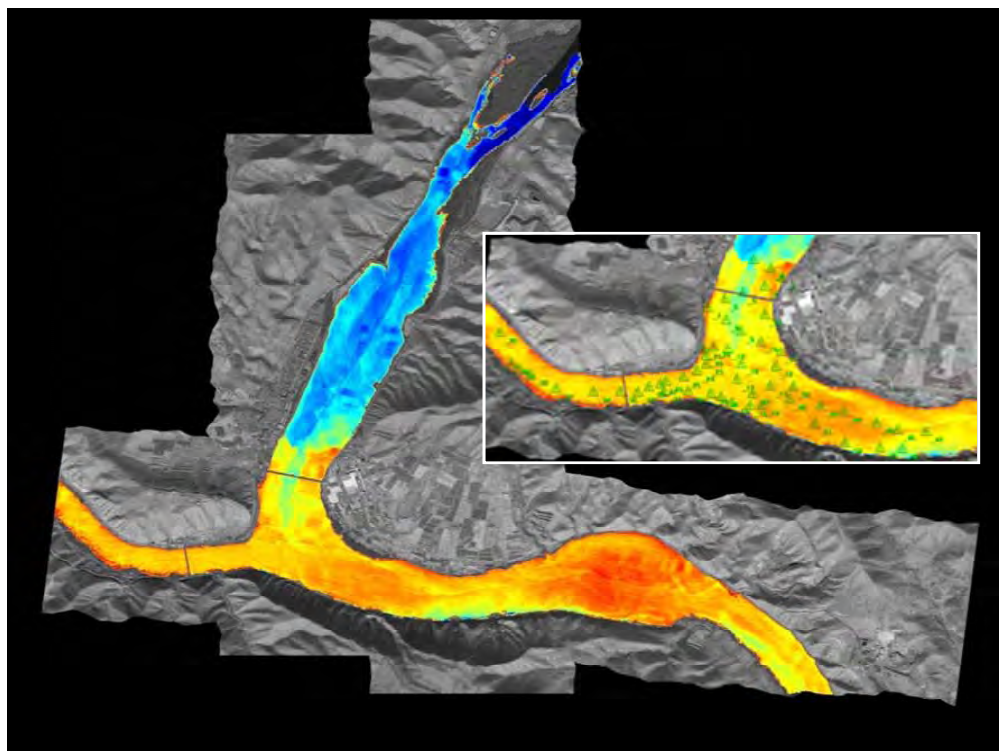
Projectes de demostració amb nous sensors per a llur aprofitament per al desenvolupament de nous productes i serveis orientats a la planificació territorial i a la gestió del medi ambient i les infraestructures.

Mètode de transformació dels valors digitals DMC a valors de radiància CASI (sensor calibrat periòdicament al laboratori).

### Publicacions tècniques

- Pipia, L., Pérez, F., Tardà, A., Palà, V., Arbiol, R.: *Potentials of the Thermal Airborne Spectrographic Imager for Environmental Studies*. 9a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2011.

- Tardà, A., Palà, V., Pérez, V., Viñas, O., Pipia, L., Martínez, L.: *Detección de la Iluminación Exterior Urbana Nocturna con el Sensor Aerotransportado CASI 550*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Pipia, L., Pérez, F., Tardà, A., Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Thermal Airborne Spectrographic Imager for Temperature and Emissivity Retrieval*. 3rd International Symposium on Recent Advances in Quantitative Remote Sensing (RAQRS III). Torrent, 2010.
- Viñas O., Ruiz A., Palà V., Soler, E., Domingo, A., Marco, V.: *Análisis de la sinergia de LÍDAR con DMC y CASI para diferenciar olivos, algarrobos y almendros*. Revista de Teledetección, núm. 32, pàg. 86-105. Madrid, 2009.
- Domingo, A., Marco, V., Ruiz, A., Viñas, O.: *Tree species classification from aerial images and LIDAR in agricultural areas*. MARS PAC Annual conference, Geographic Information in support of the Common Agriculture Policy. Liubliana, 2008.
- Viñas O., Ruiz A., Xandri R., Palà V., Arbiol R.: *Combined use of lidar and Quickbird data for the generation of land use maps*. ISPRS Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes". Enschede, 2006. I també a Revista Catalana de Geografia, IV època, volum XII, núm. 31. ICC, Barcelona.

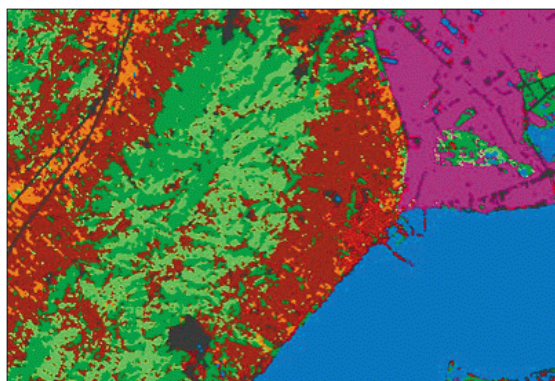


Dinàmiques de circulació (Pantà de Riba-roja).

**Lideratge de l'estudi**  
ICC

**Participants, col·laboracions**  
ICC

**Període**  
1999-2000



Classificació Landsat i per textures.

## Publicacions tècniques

- Otazu, X., Arbiol, R.: *Land use map production by fusion of LANDSAT images and texture analysis of high resolution images*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.

## Descripció

Un dels mètodes que s'utilitza amb més freqüència per a l'obtenció de mapes d'usos el sòl és la classificació supervisada d'imatges multiespectrals del satèl·lit Landsat. No obstant això, sovint el resultat no és prou precís per a la majoria dels projectes pràctics de teledetecció.

Així, doncs, es presenta la necessitat d'obtenir un mètode que combini les diferents classificacions per tal d'extreure'n una de nova que contingui les millors característiques de cada una d'elles. L'algorisme basat en la "Teoria de l'Evidència" fusiona diferents mapes de terreny obtinguts a partir de diverses fonts i diferents mètodes d'anàlisi.

El comportament d'aquest mètode i la millora que suposa en els mètodes de classificació usuals s'avaluen utilitzant dues fonts de dades, encara que el mètode es podria estendre fàcilment i immediatament a diverses fonts. Una d'elles és un grup d'imatges multiespectrals Landsat recollides en dues estacions de l'any, amb el qual s'obté una primera classificació. La segona font de dades és una ortofoto en blanc i negre amb una resolució a 2,5 punt/píxel, produïda mitjançant fotografia aèria. Per tal d'emprar la resolució espacial més alta comparada amb la del Landsat, s'efectua una anàlisi de textures i així s'obté de les bandes derivades una segona classificació. Les versemblances d'assignació entre les dues classificacions es combinen utilitzant un pes diferent segons l'encert de la classificació original. D'aquesta manera, s'obté una nova versemblança.

Si es calcula un nou nivell d'encert d'aquesta classificació final per a avaluar la seva precisió, s'obté un resultat superior a l'obtingut en les categories originals. Així, es pot arribar a la conclusió que la "Teoria de l'Evidència" proporciona un bon marc per a combinar classificacions individuals obtingudes des de fonts de dades diferents, retenint el millor de cada una d'elles.



**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Participants, col·laboracions**  
ICC

**Període**  
2000-2004

## Descripció

El projecte pretén usar les imatges del sensor Landsat 7 per a detectar de forma semiautomàtica canvis territorials significatius per a ajudar a la planificació dels programes d'actualització de la cartografia topogràfica de l'ICC.

Les imatges ETM del satèl·lit Landsat-7 disposen d'un conjunt de bandes en diferents zones de l'espectre electromagnètic, amb una resolució de 30 m, amb les quals es poden seguir els canvis fenològics de la vegetació. Aquest conjunt de bandes es complementa amb un canal sensible en l'infraroig tèrmic, e 60 m de resolució, i un canal pancromàtic de 15 m. Aquest darrer canal és especialment interessant per tal de fer el seguiment dels canvis territorials provocats per l'obra pública.

El projecte comença determinant àrees d'assaig per tal d'identificar la potència dels resultats de diferents mètodes de detecció de canvis que es basen en tècniques quantitatives.

La detecció de canvis es realitza sobre sèries temporals del sensor Landsat-7. S'apliquen correccions geomètriques i radiomètriques a les imatges, per tal de compensar les diferències en la il·luminació solar; i també correccions atmosfèriques en base als mètodes desenvolupats en el projecte CORREA. Després s'han de localitzar i emmascarar el núvols presents i les seves ombres; analitzar les diferències radiomètriques de les imatges i, definit un llindar, es determinen les àrees de canvi. Aquestes àrees cal discriminar-les, per tal d'identificar les que són degudes a variacions naturals de la vegetació; els boscos o els conreus. La resta de les àrees de canvi seran observades per un operador que marcarà els canvis territorials separant-los de possibles variacions naturals o defectes de les imatges.

## Aportació

Desenvolupament per al seguiment de canvis territorials per a aplicacions de planificació cartogràfica.



Data de vol 1994.



Data de vol 1999.

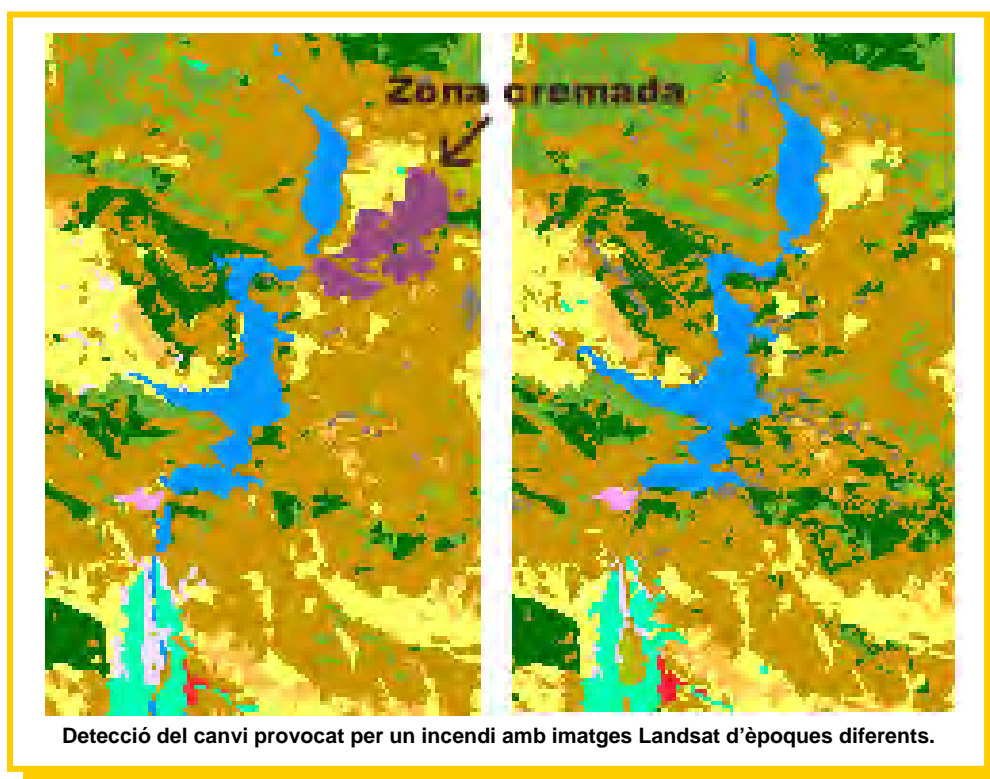


# Aplicacions temàtiques

DECIL: DEtecció de Canvis amb  
Imatges Landsat

## Publicacions tècniques

- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R.: *Discriminación de nubes, agua e innivación en series de imágenes corregidas y compensadas físico-estadísticamente*. 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

IRTA (DAR)

LAF (Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls)

Ministerio de Ciencia y Tecnología (programa Torres Quevedo)

### Període

2002-2012

### Projectes relacionats

HUMID (RADERO)

## Descripció

La necessitat d'optimitzar els recursos en el sector agrari és cada cop més important, tant pels reduïts marges econòmics d'aquest sector com per la influència amb els problemes mediambientals de contaminació i manca d'aigua.

L'ICC vol desenvolupar una metodologia que permeti determinar les característiques relacionades amb les necessitats de fertilització o rec dels conreus estudiats a partir de dades hiperespectrals de sensors de satèl·lit i avió. Les dades captades han de permetre realitzar mapes de les necessitats de cada parcel·la de cultiu i calcular de forma precisa les aportacions d'aigua i fertilitzants sense perjudicar la producció dels conreus, potenciant així una agricultura competitiva a llarg termini.

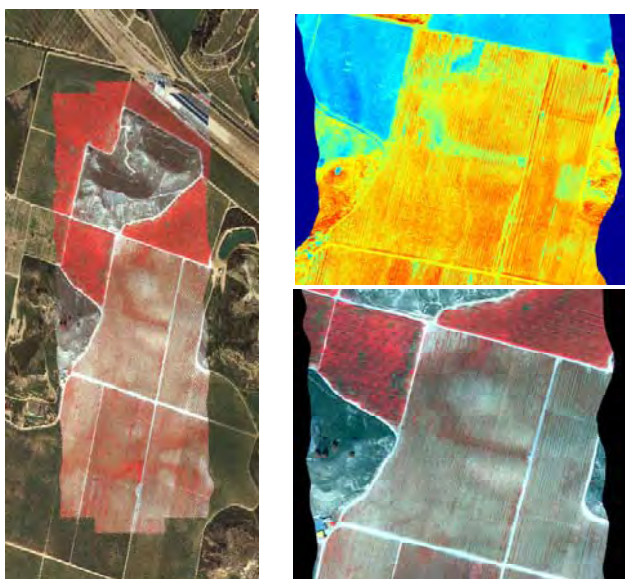
Les tasques desenvolupades contemplen:

- ▶ L'estimació d'indicadors a partir de dades simultànies dels sensors aerotransportats de l'ICC.
- ▶ La planificació de campanyes pilot per a la cerca d'un model que permeti relacionar les mesures de teledetecció aerotransportada amb les necessitats de fertilització dels conreus.
- ▶ La demostració de la viabilitat d'ús d'aquests mitjans en conreus d'alt valor afegit.

Inicialment s'ha tractat un conjunt de models físics per a poder utilitzar imatges hiperespectrals en la determinació de l'evolució de diferents conreus al llarg del seu cicle de creixement, centrat en paràmetres d'interès econòmic.

El LAF (Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls) en tant que experts en la fertilitat dels sòls agrícoles i coneixedors dels requeriments dels usuaris, participa en el treball de camp necessari per a relacionar les dades hiperespectrals amb l'estat dels conreus i del sòl, i analitzar els resultats obtinguts en el període 2002-2005

S'ha desenvolupat un indicador d'evapotranspiració a partir de dades simultànies dels sensors CASI i TASI.



Raïmat, parcel·la de test.

Imatges hiperespectrals TASI i CASI.

# Aplicacions temàtiques

## Agricultura de precisió

S'han planificat i executat diverses campanyes de vol per:

- ▶ Establir el model que relacioni les mesures obtingudes de les imatges amb les necessitats de fertilització de conreus herbacis.
- ▶ Generar mapes d'estrès hídric de conreus d'alt valor afegit com vinyes o fruita dolça.

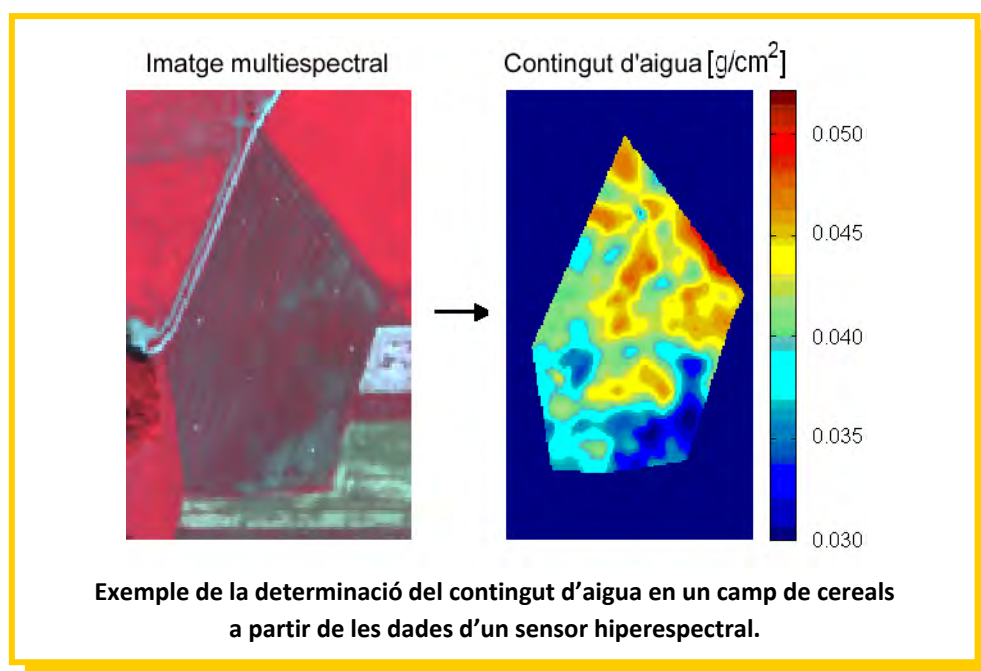
## Aportació

En termes generals, projectes de demostració de la viabilitat dels sensors hiperespectrals CASI i TASI per a l'optimització de recursos en el sector agrari.

I, en particular, un projecte de demostració de la factibilitat i rendibilitat econòmica d'un servei que permeti ajustar les dosis d'aportació d'aigua i nutrients en les diferents àrees de les parcel·les per tal d'optimitzar el conreu i evitar sobrefertilitzacions o aportacions de rec inadequades. Els beneficiaris d'aquest projecte són tant els agricultors, cooperatives i comunitats de regants com els organismes responsables de la gestió de l'aigua i del medi ambient.

## Publicacions tècniques

- Pipia, P., Pérez, F., Tardà, A., Martínez, L., Arbiol, R.: *Simultaneous usage of optic and thermal hyperspectral sensors for crop water stress characterization*. IGARSS 2012, Remote Sensing for Dynamic Earth, pàg. 6661-6664. Munic, 2012.
- Kurz, F., Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R., Villar, P.: *Assimilation of Hyperspectral Data into Crop Growth Models: Precision Farming Application for Maize in Catalunya*. IGARSS 2005. Seoul (Korea), 2005.
- Kurtz, F.: *Inversion of physical radiative transfer models using multispectral remote sensing data and ground control Information for precision farming*, ISPRS Commission VII, WG VII/2, 2002.



### Lideratge de l'estudi

Universitat de Toulouse Le Mirail (França)

### Participants, col·laboracions

ICC  
Centre de Política de Sòls i Valoracions CPSV (UPC)  
Universidade Nova de Lisboa (Portugal)  
Programa Interreg  
IIIB-Sudoe (Fons FEDER)

### Període

2003-2006

### Projectes relacionats

DECIS: Detecció de canvis amb imatges de satèl·lit

## Descripció

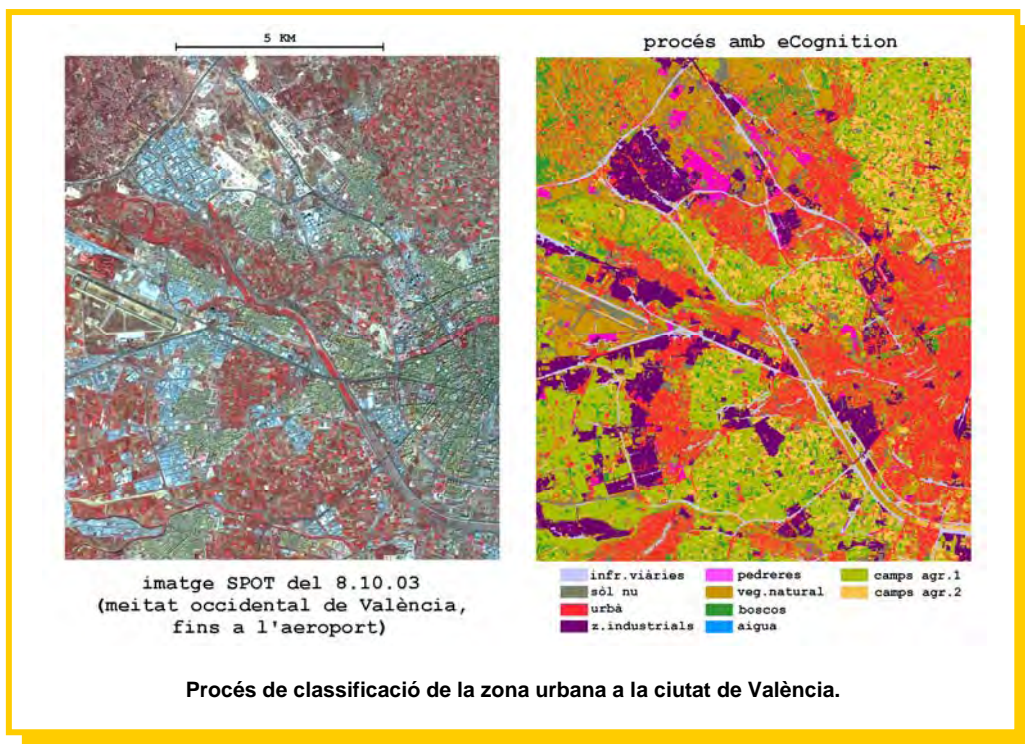
Aquest projecte tractava de caracteritzar els espais perifèrics de les ciutats mitjançant:

- ▶ La mesura de la divisió entre residències i activitats localitzades en els espais perifèrics situats en l'interior de les àrees metropolitanès.
- ▶ La identificació dels criteris de localització dels diferents usos de l'espai urbà.
- ▶ La localització de les disfuncions relacionades amb la inadaptació dels perímetres de gestió als límits reals de l'espai urbà.
- ▶ El reconeixement del grau d'adaptació de les polítiques de planificació i d'ordenació territorial respecte als processos de propagació de la urbanització perifèrica.

S'ha realitzat una anàlisi a les ciutats de Lisboa, el Porto, Bordeus, Montpeller, Tolosa, Clarmont-Ferrand, Madrid, Barcelona, Sevilla i València. La tasca principal de l'ICC en aquest projecte va ser el tractament de les imatges satèl·lit (SPOT5) en els 4 emplaçaments espanyols.

## Aportació

Es va desenvolupar una eina basada en la teledetecció per al recolzament de la planificació urbanística de la perifèria de les grans ciutats.





### Descripció

**Lideratge de l'estudi**  
Infoterra Germany GmbH

**Participants, col·laboracions**  
Institut Cartogràfic de Catalunya  
56 socis europeus  
6è Programa Marc de la UE

**Període**  
2004-2006

**Projectes relacionats**  
EURMET: Expansió urbana de les metròpolis del sud-oest

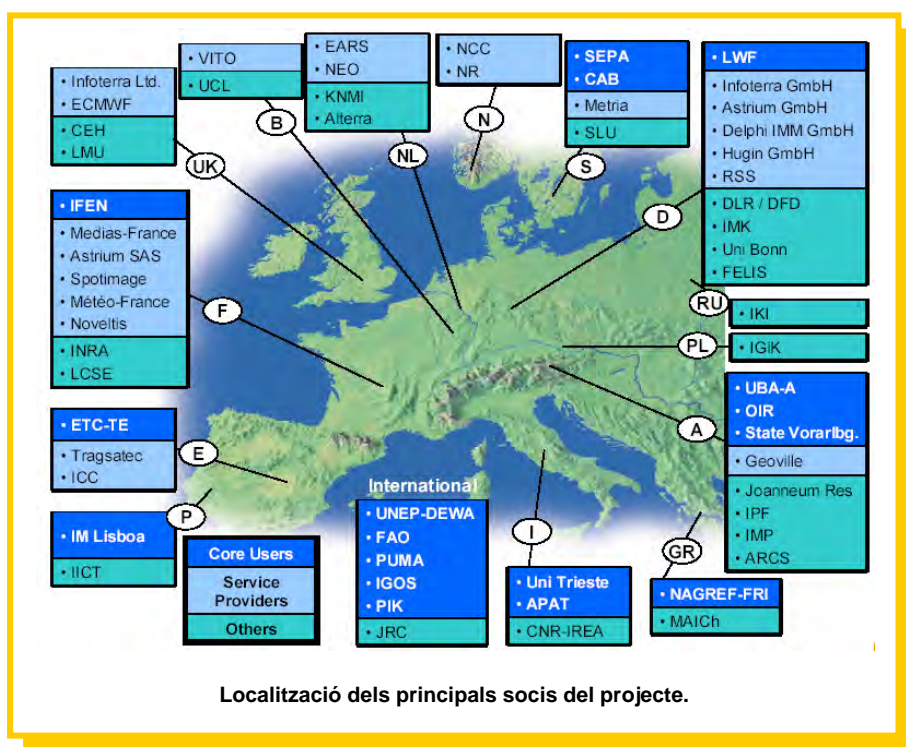
GEOLAND era un projecte integrat finançat pel 6è Programa Marc de la Unió Europea, dins del marc de la prioritat d'Aeronàutica i Espai, subprograma GMES (Global Monitoring of Environment and Security).

El projecte preveia el desenvolupament de productes i serveis en l'àmbit de la geoinformació per a donar suport al programa GMES. Concretament, els productes i serveis GEOLAND s'orienten al control i a la gestió de la cobertura del sòl i la vegetació, i es van dissenyar perquè assegurin els requeriments de sostenibilitat, accessibilitat, confiança i eficiència econòmica que necessiten els organismes públics encarregats de la gestió del medi ambient.

El projecte es va dividir en diferents subprojectes. L'ICC participava en el "Generic Land Cover", i la seva tasca era definir els requeriments dels usuaris espanyols, validar els serveis i productes desenvolupats i fer productes de demostració per als usuaris finals.

### Aportació

Desenvolupament de productes i serveis basats en imatges de satèl·lit per a la gestió a gran escala d'aspectes mediambientals i de planificació territorial.





**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2005-2007

**Projectes relacionats**  
CORREA: Correcció radiomètrica d'efectes atmosfèrics

### Descripció

DECIS és la continuació del projecte anterior DECIL, en el qual es van utilitzar imatges del satèl·lit Landsat-7. En el projecte DECIL es va analitzar el problema de la detecció i l'eliminació de núvols i ombres, i també de masses d'aigua. També va quedar establerta una metodologia per a generar un primer producte basat en la fotointerpretació.

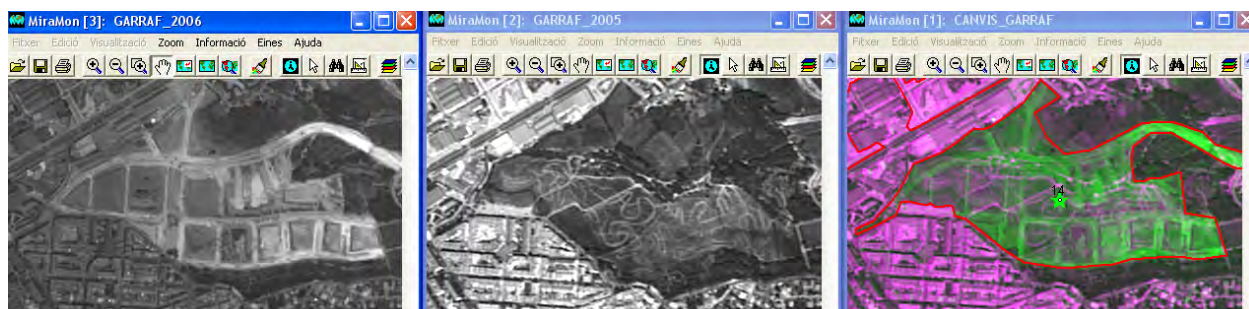
DECIS utilitza un conjunt multitemporal d'imatges de satèl·lit per a la detecció de canvis territorials significatius, i molt especialment les noves infraestructures de comunicació i transport i l'evolució de zones urbanes.

El projecte comença avaluant els resultats de diferents mètodes de detecció de canvis. Prèviament a la detecció, les imatges s'homogeneïtzaven aplicant correccions atmosfèriques (projecte CORREA).

La detecció de canvis es realitza en base a sèries temporals d'imatges dels satèl·lits SPOT, Landsat-5 i Landsat-7, i també la constel·lació DMC (Disaster Monitoring Constellation), i els resultats es validaven amb la cartografia ja establerta (usos del sòl, xarxa de carreteres, ortofotos, etc.).

### Aportació

Metodologia semiautomàtica de seguiment dels canvis territorials significatius.



Procés de detecció de canvis utilitzant imatges SPOT. En aquest exemple es detecta un canvi de cobertura vegetal amb moviment de terres.

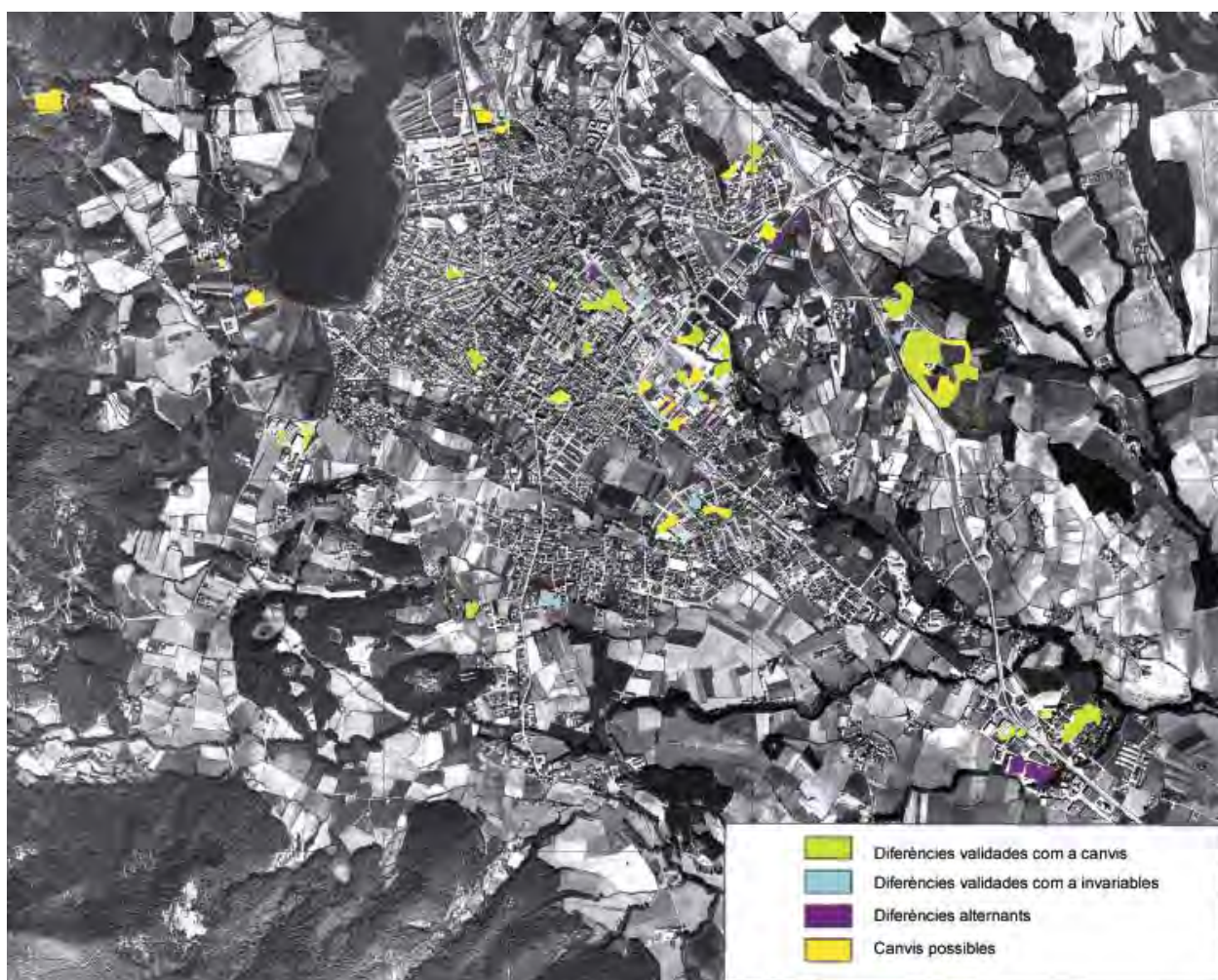


# Aplicacions temàtiques

DECIS: DEtecció de Canvis amb Imatges de Satèl·lit

## Publicacions tècniques

- Martínez, L., Joaniquet, M., Palà, V., Arbiol, R.: *Detection, Confirmation and Validation of Changes on Satellite Image Series*. International Cartographic Conference. A Coruña, 2005.
- Martínez, L., Palà, V., Arbiol, R., Pineda, L., Joaniquet, M.: *Urban Change Detection on Satellite Image Series. Application to Catalunya Area*. Urban Remote Sensing Joint Event, pàg. 1-5. París, 2007. I també a Revista Catalana de Geografia, núm. 32. 2007. [www.rcg.cat](http://www.rcg.cat).



Detecció, confirmació i validació de canvis a Banyoles.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

RSLab

Departament de Teoria del Senyal i Comunicació de la UPC

Centre de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia (CRAHI)

### Període

2009-2012

## Descripció

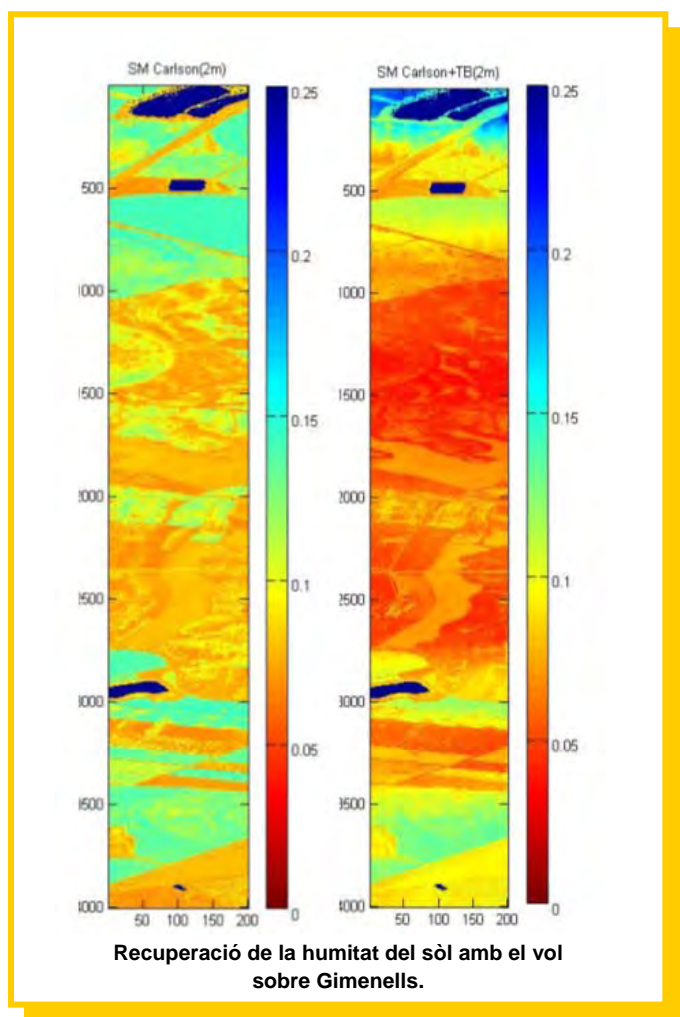
Els radiòmetres són receptors altament sensitius; en el nostre cas, en el rang de les microones. HUMID se situa en aquest escenari tecnològic i estratègic d'alt valor afegit en aplicacions i utilitats referents al cicle de l'aigua, com poden ser humitat, salinitat, recursos hídrics, etc. Cal dir que els problemes, els impactes, les afectacions relacionades amb el cicle de l'aigua són al nostre país preocupació de primer ordre.

L'ús de radiòmetres en el rang de les microones es remunta al 1968 però no va ser fins a mitjan 1980 que es va fer operacional gràcies a la família SSM/I. Actualment, molts radiòmetres orbiten la Terra aportant dades atmosfèriques i geofísiques. Als anys 1990, l'interès es va dirigir cap a l'ús de les freqüències en banda L, on la sensibilitat a la humitat en terra i la salinitat superficial en el mar són manifestes i de gran importància en el context temàtic del cicle de l'aigua. Actualment la missió SMOS (ESA) i AQUARIUS (NASA) embarquen radiòmetres en banda L.

L'objectiu del projecte és generar informació de qualitat i d'alt valor afegit en el context del cicle de l'aigua orientat a donar suport a la comunitat científica, tecnològica i empresarial per a un millor coneixement, gestió i anàlisi de les polítiques mediambientals i de gestió del territori.

HUMID combina dades de satèl·lit i de sensors aerotransportats (radiòmetres, radar polarimètric, índexs de vegetació amb VNIR i SWIR), amb veritat terreny per tal de validar missions per satèl·lit com SMOS o AQUARIS, i obtenir dades per a determinar la humitat del sòl (SM) i el contingut de l'aigua de la vegetació (VWC), i millorar la resolució, la capacitat de resposta i l'adequació a escales regional i local.

Paràmetres com la salinitat superficial de l'aigua, la humitat del sòl o el contingut en aigua de la vegetació, crítics en el coneixement del cicle de l'aigua, poden ser mesurats a partir de les variacions de la temperatura de brillantor pels radiòmetres en microones.



# Aplicacions temàtiques

## Projecte HUMID (RADERO)

En el marc del projecte, RSLab\_UPC ha desenvolupat el sensor ARIEL2 i l'ICC ha dut a terme les tasques per a l'elaboració del model que permeti la fusió de dades multisensor - data fusion, i la mecanització del radiòmetre.

S'ha realitzat una campanya pilot de validació: definició dels paràmetres de vol, captació i processament de les dades i mesures de camp de control.

## Aportació

Desenvolupament d'un sensor operacional aero-transportat per obtenir valors d'humitat del terreny amb una resolució espacial mínima (GSD) de 150 metres.

El coneixement de la humitat del sòl o del contingut en aigua de la vegetació representa un descriptor mediambiental de primer ordre en el coneixement del cicle hidrològic. La dificultat en la seva mesura i captació espacial ofereix un escenari de reptes i oportunitat per a un projecte com HUMID.

## Publicacions tècniques

- Martín, F., Corbera, J., Marchan, J. F., Camps, A., Aguasca, A.: *Airborne soil moisture determination at regional level: a data fusion approach for Catalan Territory*. Revista Teledetección, núm. 35, pàg. 47-54. 2011.
- Martín, F., Corbera, J., Marchan, J. F., González, A.: *RapidEye and the Rededge band for modelling the vegetation and the recovery of the soil moisture*. Mapping, núm. 150, pàg. 10-20. 2011.
- Martín, F., Marchan, J. J., Aguasca, A., Vall-llossera, M., Camps, A., Piles, M., Corbera, J., Villafranca, A. G., Pipia, L., Tardà, A.: *Airborne soil moisture determination using a data fusion approach regional level*. IGARS. Vancouver, 2011.



Treball de camp.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2010-2013

### Descripció

L'objectiu bàsic és la reducció del temps necessari per a fer una actualització cartogràfica, assenyalant com a àrees de delimitació les que mostrin canvis rellevants.

El mètode de treball es basa en la generació de models digitals de superfície (MDS) per correlació.

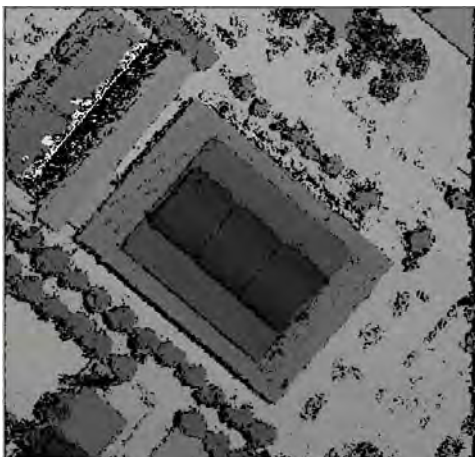
S'ha desenvolupat programari propi basat en l'algorisme de correspondència dens SGM (Semi-Global Matching), per a la conversió dels núvols de punts de correlació en un MDS, i l'anàlisi dels resultats.

S'han correlacionat imatges d'èpoques diferents de la mateixa zona i s'han classificat els punts de correlació obtinguts amb SGM en punts del terreny, edificis, vegetació. Malgrat que els primers resultats no han estat del tot satisfactoris sí que s'han detectat altres aplicacions a aquestes tècniques com pot ser el càlcul de disparitat de parells estereoscòpics.

A fi d'obtenir un MDS dens per a tot el territori, adequat per a la detecció de canvis o per a la generació d'orto verdadera o models de ciutats, cal desenvolupar eines per a la fusió i filtratge de dades per evitar oclusions i minimitzar els errors.

L'etapa següent ha consistit en valorar l'aportació dels MDS en la detecció de canvis artificials al territori.

L'estudi en aquesta segona etapa s'ha centrat en la detecció automàtica o quasi automàtica i la fotointerpretació. Els resultats evidencien la complementaritat de les dades MDS i les òptiques; les primeres detecten canvis volumètrics (expansió urbana industrial, infraestructures viàries, talat de boscos), les segones detecten canvis superficials (canvis en l'asfalt, preparació de solars).



Imatge de disparitat.

# Aplicacions temàtiques

## Detecció de canvis

### Publicacions tècniques

- Pineda, L., Joaniquet, M., Arbiol, R., Palà, V.: *Detección de Cambios Artificiales en Catalunya 2005-2009 (Entorno Metropolitano de Barcelona)*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.



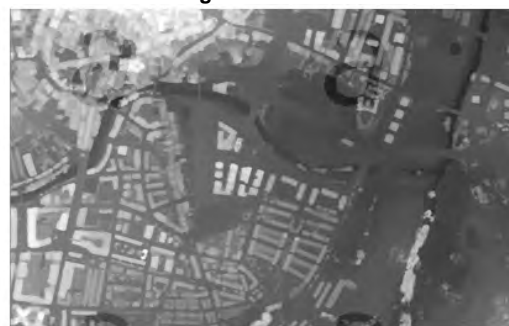
Fotograma 2009.



Fotograma 2010.



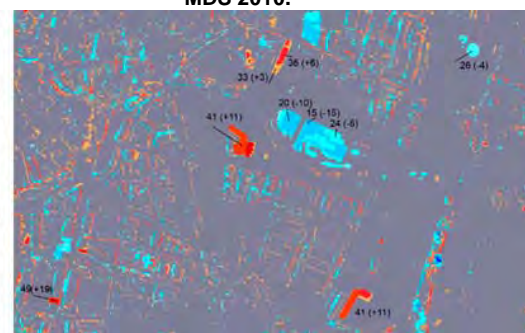
MDS 2009.



MDS 2010.



Diferències entre MDS.



Classificació de les diferències.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya  
Institut de Geomàtica (CLOSE-SEARCH)

### Participants, col·laboracions

Institut Geològic de Catalunya  
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimen-  
tació i Medi Natural  
CLOSE-SEARCH: École Polytechnique Fédéral de  
Lausanne  
Direcció General de Protecció Civil  
Asociación de la Industria Navarra  
DEIMOS Engenharia

### Període

2010-2013

### Projectes relacionats

Aplicacions temàtiques de teledetecció

## Descripció

L'altímetre làser (lidar) és un sensor actiu que emet pulsacions làser i obté les coordenades tridimensionals dels punts a partir del temps de vol del senyal i de la posició i els angles del sensor. Una classificació posterior de les dades permet discriminar els retorns del terreny dels de la vegetació, dels edificis o d'altres objectes que es troben sobre del terreny.

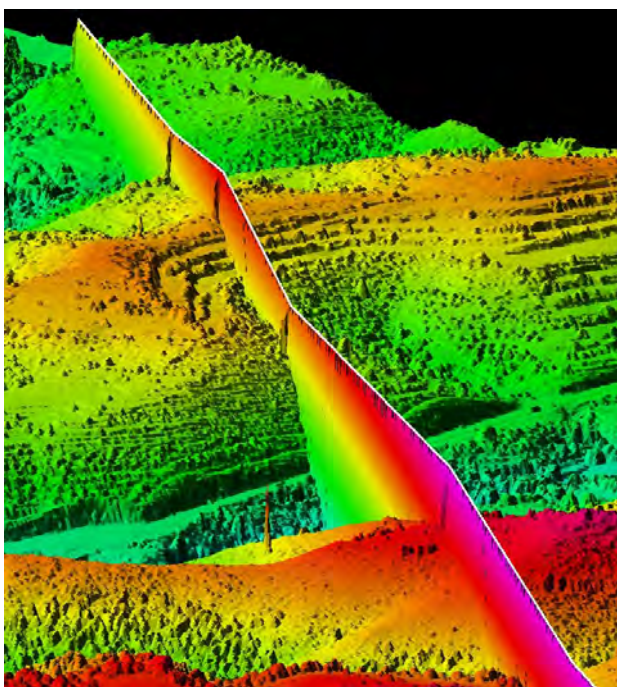
L'ICC disposa, des de 2008, d'un altímetre làser capaç d'emetre fins a 150 000 punts per segon i que opera entre 200 i 6 000 metres sobre el terreny, tant de dia com de nit.

L'elevada densitat de punts, la gran precisió en alçada (millor de 15 cm) i el curt termini per a obtenir els productes fan que aquesta tecnologia sigui una alternativa molt interessant davant la fotogrametria per a molts projectes:

- ▶ Models del terreny d'alta precisió.
- ▶ Estudis de risc d'inundació.
- ▶ Monitoratge de costes.
- ▶ Càlcul de volum d'embassaments.
- ▶ Anàlisi de la coberta vegetal per a estudis forestals.
- ▶ Cartografia de línies elèctriques.
- ▶ Models de ciutats per a fer ortofotos estrictes.
- ▶ Realitat virtual.
- ▶ Estudis de visibilitat (emplaçament d'antenes i impacte visual).
- ▶ Quantificació del volum de neu per a estimar el volum d'aigua de desglaç.
- ▶ Alçada de la vegetació i densitat d'arbres com a ajut per a la classificació multispectral d'usos del sòl.
- ▶ Classificació d'espècies arbòries amb lidar i foto aèria.
- ▶ Detecció de canvis a ciutats.

Algunes d'aquestes aplicacions han estat projectes de producció que l'ICC ha portat a terme amb èxit i d'altres han estat proves pilot.

L'ICC ha desenvolupat mètodes per a millorar l'exactitud dels punts lidar i per a elaborar productes per a aplicacions específiques. Actualment, s'està analitzant la integració de dades lidar en models del terreny obtinguts per tècniques fotogramètriques.



MDS derivat de dades lidar per al vol de l'UAV. La línia d'alta tensió es representa com un mur artificial per evitar la col·lisió de l'helicòpter amb els cables.

# Aplicacions temàtiques

## Aplicacions de l'ALTM (CLOSE-SEARCH)

A més, es participa en el projecte europeu CLOSE-SEARCH (Accurate and safe EGNOS-SoL Navigation for UAV-based low-cost SAR operation), cofinançat pel 7è programa marc, per donar suport a activitats de recerca i rescat (SAR) en zones remotes de difícil accés o en situacions de temps crític.

L'ICC ha preparat la informació geogràfica per a la prova de vol d'un helicòpter no tripulat (UAV) amb càmera tèrmica i un sistema de navegació de múltiples sensors.

## Aportació

Desenvolupament de nous productes i serveis orientats a organismes amb competències en temes mediambientals, forestals, agrícoles, riscos naturals, empreses elèctriques, de telefonia, gestores de recursos hídrics, ajuntaments, defensa, etc.

## Publicacions tècniques

- Moreno, I., Ruiz, A., Marturià, J., Oller, P., Piña, J., García, C., Martínez, P.: *El Lidar aplicat a l'estudi dels recursos hídrics en forma de neu al Pirineu Oriental: Un cas pràctic, la Vall de Núria*. IV Jornades Tècniques de Neu i Allaus. Vielha, 2011.
- Ruiz, A., Soro, M.: *Aplicación de datos Lidar a los mapas de orientación de La Fageda d'en Jordà*. 9a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2011.
- Moreno, I., Marturià, J., Oller, P., Ruiz, A., Talaya, J.: *Modelización del espesor del manto nivoso a partir de datos LIDAR mediante SIG*. International Snow Science Workshop (poster). Davos, 2009.
- Ruiz, A.: *Aportación del Lidar aerotransportado al cálculo de cambios en las playas tras temporales*. Revista Catalana de Geografia, IV època, volum XIV, núm. 37. 2009. [www.rcg.cat](http://www.rcg.cat)
- Ruiz, A., Kornus, W., Talaya, J.: *Coastal applications of lidar in Catalonia*. 6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, núm. 9-12. Munic, 2009.
- Ruiz, A., Viñas, O., Domingo, A., Marco, V.: *Tree Species Classification from Aerial Images and Lidar in A-*

*gricultural Areas*. 8a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2009.

- Domingo, A., Marco, V., Ruiz, A., Viñas, O.: *Tree species classification from aerial images and LIDAR in agricultural areas*. MARS PAC Annual conference, Geographic Information in support of the Common Agriculture Policy. Ljubljana, 2008.
- Marturià, J., Oller, P., Ruiz, A., Martínez, P.: *Avaluació dels recursos hídrics emmagatzemats en forma de neu amb l'ús de tècniques lidar*. 3a Jornada Tècnica de neu i allaus. Betren, 2008.
- Ruiz, A.: *Aportación del Lidar aerotransportado al cálculo de cambios en las playas tras temporales*. Jornada Tècnica: Las nuevas técnicas de información geográfica al servicio de la gestión de las zonas costeras: Análisis de la evolución de playas y dunas, pàg. 54-61. València, 2008.
- Viñas, O., Ruiz, A., Xandri, R., Palà, V., Arbiol, R.: *Combined use of lidar and Quickbird data for the generation of land use maps*. ISPRS Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes". Enschede, 2006.
- Ruiz, A., Coromines, M., Blanco, E.: *Aplicación de la tecnología lidar al estudio de la cubierta vegetal*. 4º Congreso forestal español. Zaragoza, 2005.
- Janeras, M., Navarro, M., Arnó, G., Ruiz, A., Kornus, W., Talaya, J., Barberà, M., López, F.: *LIDAR applications to rock fall hazard assesment in Vall de Núria*. International Cartographic Conference "Mapping Approaches into a Changing World". A Coruña, 2005.
- Janeras, M., Navarro, M., Arnó, G., Ruiz, A., Kornus, W., Talaya, J., Barberà, M., López, F.: *Aplicaciones del LIDAR en la valoración de la peligrosidad por caída de rocas en Vall de Núria*. 6a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2005.
- Coromines, M., Blanco, E., Ruiz, A.: *Aplicación de la tecnología lidar al estudio de la cubierta vegetal*. Jornadas de Inventario y Teledetección Forestal "INVELTEL 2004", Sociedad Española de Ciencias Forestales. Lleida, 2004.
- Janeras, M., Navarro, M., Arnó, G., López, F., Barberà, M., Ruiz, A., Kornus, W., Talaya, J.: *LIDAR applications to rockfall hazard assessment in Vall De Núria*. 4<sup>th</sup> ICA Mountain Cartography Workshop. Vall de Núria, 2004.
- Ojeda, E., Guillén, J., Ruiz, A.: *Monitoring Barcelona City Beaches Using Video (Argus) and Laser (LIDAR) Methods*. 37<sup>th</sup> CIESM Congress. Barcelona, 2004.
- Ruiz, A., Kornus, W.: *Experiencias y aplicaciones del LIDAR*. 5a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2003.
- Ruiz, A., González, X., Herms, I., Bastianelli, L.: *Flood Risk Mapping Based on Airborne Laser Scanner Data: Case of the Llobregat River*. International Conference on Flood Estimation. Berna, 2002.

## Cartografia topogràfica

### Inicis - Motivació

El concepte cartografia topogràfica de base s'extrapola al concepte de base de dades geogràfica, és a dir, una col·lecció organitzada de dades geogràfiques amb una estructura d'emmagatzematge qualsevol. Les dades de la cartografia de base tenen unes característiques bàsiques: han estat recollides garantint-ne la continuïtat; es descriu de manera detallada el seu contingut en el diccionari de dades i la seva estructura i característiques tècniques en les especificacions tècniques; són sotmeses a controls de qualitat; es complementen amb metadades. L'objectiu principal de la cartografia de base és la seva difusió en forma de conjunts de dades vectorials en suport digital.

El 1984 es va iniciar la migració dels sistemes analògics fotogramètrics de restitució als sistemes assistits per ordinador per a la producció del Mapa topogràfic de Catalunya 1:5 000. Aquesta sèrie esdevindrà un instrument bàsic per al suport de projectes tècnics d'altres organismes. Atesa l'estructura tecnològica de l'ICC, ja des de l'inici es tractava d'un producte digital que, com a mètode de captació, utilitzava un sistema de restitució fotogramètrica assistida sobre un entorn gràfic digital, i, com a dispositiu per a realitzar la impressió de les dades, un traçador digital, que fou un dels primers mecanismes a ser usat com a alternativa a la impremta en l'ICC.

El primer canvi tecnològic important en la producció de la sèrie es produeix el 1984, quan es comença la migració dels sistemes analògics fotogramètrics de restitució als sistemes analítics assistits per ordinadors per als sistemes de captació de dades, i també el desenvolupament i la implantació del programari de captació i tractament de dades.

Un nou salt es produeix l'any 1992 quan es comencen a fer proves amb les estacions fotogramètriques digitals per a la captació d'informació 2.5D, que milloraren la captació d'aquest tipus d'informació. Això va permetre aplicar els models dels sensors estudiats a la restitució fotogramètrica d'imatges estereoscòpiques del Radarsat i mesurar alçades. **Radargrametria.**

Va ser el 1995 quan es planteja la versió 2 del producte del model de dades que havia de passar d'una estructura de dades *spaguetti* a una estructura topològica, preparada per a la càrrega automàtica en un sistema d'informació, i s'incorporen els elements per a facilitar la derivació d'altres productes cartogràfics mitjançant la generalització automàtica. **Generalització.**

L'experiència adquirida en el disseny de la base topogràfica 1:5 000 de Catalunya es trasllada al disseny d'una nova versió del model de dades per a l'elaboració de cartografia topogràfica d'àrees urbanes amb la captació d'informació 2.5D. A partir d'aquesta versió totes les dades es recullen emmagatzemant les coordenades X, Y i Z de cada punt captat. Va ser una fita important perquè representava un primer pas cap a un model més ric que començava a permetre explotacions noves, relacionades amb la tridimensionalitat de la informació. **Models de ciutats.**

L'adveniment de les càmeres fotogramètriques digitals va comportar la validació, el calibratge i la certificació d'aquestes càmeres per a assegurar la qualitat del producte final. **EuroDAC<sup>2</sup>.**

## Sistemes d'informació geogràfica

### Inicis - Motivació

El concepte de cartografia o d'informació geogràfica s'extrapola al concepte de base de dades geogràfica: una col·lecció organitzada de dades geogràfiques amb una estructura d'emmagatzematge qualsevol.

Amb la irrupció dels programaris SIG (sistemes d'informació geogràfica), sistemes especialitzats per al tractament de bases de dades d'informació geogràfica que incorporen funcions d'anàlisi espacial, s'obren nous àmbits d'aplicació de la informació geogràfica digital, com per exemple en el planejament territorial o en la gestió de xarxes de serveis. És el moment d'afegir un nou requisit a la cartografia digital que produeix l'ICC: proporcionar informació de base per als SIG.



Les primeres sèries que neixen d'aquest objectiu són la topogràfica 1:50 000, precursora de la base municipal de Catalunya. El 1989 es defineix el model de dades de la base topogràfica 1:50 000 v1.0 i una nova estructura de l'anomenada "Base gràfica de les divisions administratives" per a poder ser explotades amb eines SIG (ArcInfo).

Poc a poc, la demanda de bases de dades espacials s'estén i el criteri d'integració dins els SIG s'incorpora al disseny de nous productes o a la revisió de sèries existents com és el Mapa topogràfic de Catalunya 1:5 000 que el 1987 se'n revisen les especificacions amb un criteri d'integració dins els SIG que porta a la creació de la "base de dades geogràfica" o la base d'elevacions de Catalunya – **BasAlt**.

Els anys 1990, l'ICC no només produeix bases de dades geogràfiques sinó que desenvolupa eines per a l'anàlisi i la consulta d'aquestes bases de dades amb projectes com el d'estadístiques agràries, el de mesura massiva de parcel·les, el de mapes de risc d'ignició barrejant dades geogràfiques de diversa índole.

L'ús massiu de tecnologies de la informació comporta enriquir els models de dades amb informació que faciliti la gestió de la informació històrica i, per tant, la identificació dels canvis, incloent-hi l'identificador únic d'element i informació relativa al seu cicle de vida; afegint metadades als elements –i no solament als conjunts de dades– i més atributs, com per exemple el topònim als elements de les bases topogràfiques.



Tenint en compte el desenvolupament progressiu d'estàndards europeus i internacionals, que s'adrecen al contingut de les bases i a la seva estructura, i la voluntat de maximitzar l'eficàcia amb processos estandarditzats que possibilitessin la interoperabilitat de la informació disponible.

A fi de facilitar la interoperabilitat, els models de dades es dissenyen tenint en compte les normes i els estàndards existents i per assegurar-ne el coneixement es participa en projectes d'innovació en la creació de les normes i estàndards (**INSPIRE: Interoperabilitat de dades**) o en la seva implantació (**GIS4EU**).

## Resultats productius

Definició de nous productes com ara la cartografia topogràfica 1M, 5M, 10M i 25M, i els models de ciutats.

Disseny, implementació i actualització de bases digitals d'informació topogràfiques o temàtiques.

Desenvolupament d'aplicacions SIG amb informació procedent de diferents bases cartogràfiques d'acord amb la normativa internacional.

## Fites assolides

1984 – Implantació de la restitució fotogramètrica assistida per ordinador. Primícia a Espanya i a Europa.

1989 – Definició del model de dades del MTC-50M v1.0.

1989 – Definició de la nova estructura de la Base gràfica de les divisions administratives.

1987 – Revisió i formalització amb estàndards ISO 19100 els models de dades de les bases topogràfiques de l'ICC a diferent escala.

1991 – Implantació d'una via totalment digital en la captació fotogramètrica. Primícia a Espanya i a Europa.

1995 – Planteig de la v2 de la BT-5M.

1995 – Desenvolupament d'eines per a l'anàlisi i la consulta de bases de dades específiques.

2006 – Obtenció de la certificació ISO 9001 de la cadena de producció de la BT-5M.

2011 – Ampliació de la certificació ISO 9001 a la cadena de producció de la BT-25M.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Universitat Politècnica de València

Universitat de Hannover

### Període

Inici: 1993-Activitat continuada

### Projectes relacionats

GIS4EU

## Descripció

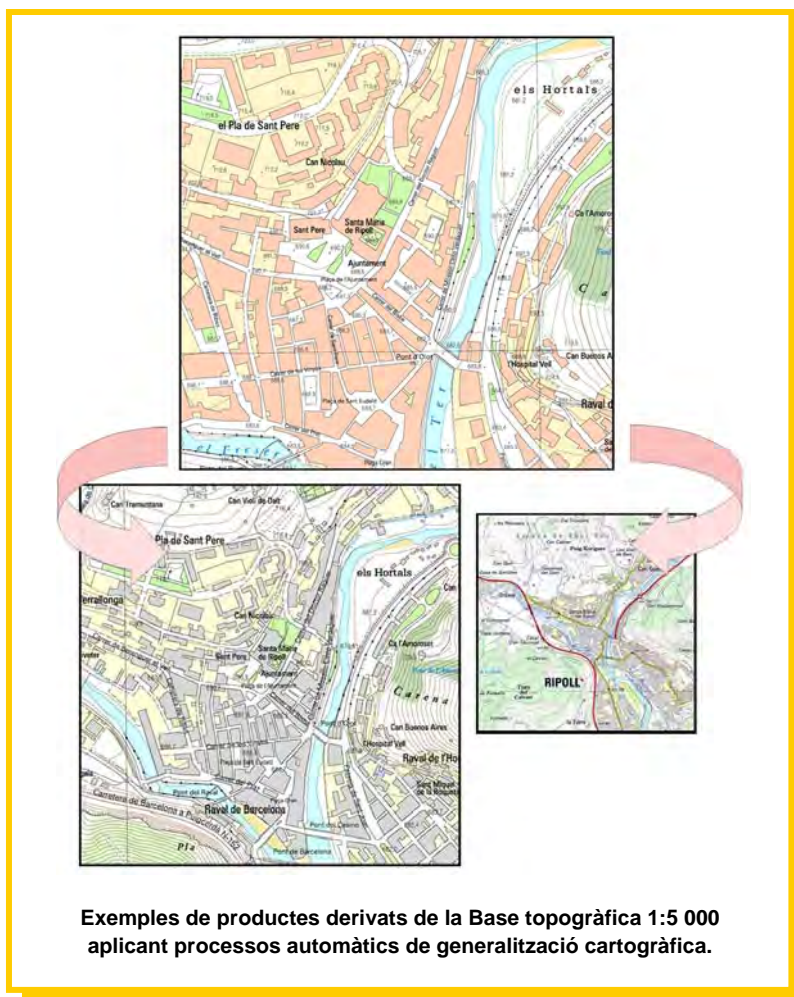
L'objectiu de la generalització cartogràfica és produir un mapa o una base cartogràfica numèrica clarament llegible i interpretable a partir d'una informació que es considera massa abundant i de massa detall per a l'escala de representació. Normalment s'aplica per a l'obtenció d'una base o d'un mapa a partir d'altres bases o mapes d'escala més grans.

Des de fa anys l'ICC aplica generalització automàtica en una part important de la producció de les sèries Mapa topogràfic 1:10 000 i Base topogràfica 1:25 000, totes dues derivades de la Base topogràfica 1:5 000. Les aplicacions utilitzades combinen eines desenvolupades per equips de recerca (Universitat de Hannover, Universitat Politècnica de València) amb eines desenvolupades internament.

El proper objectiu és aplicar generalització automàtica per a derivar productes d'escala més petites a partir de la Base topogràfica 1:25 000. Encara que la majoria dels algorismes a aplicar siguin els mateixos que en el cas d'escala grans o mitjanes, caldrà adaptar-los a la problemàtica particular de les escales més petites, on molta informació deixa de representar-se a escala i on el nombre de conflictes provocats per la simbolització és més elevat.

En el període 2007-2008 es va refinar el programari per a la selecció automàtica de cotes altimètriques i es va iniciar el desenvolupament per a la generalització de models altimètrics formats per informació vectorial per a implementar una metodologia de selecció per a línies de trencament del pendent.

S'ha participat amb EuroSDR en el test d'anàlisi del programari comercial de generalització aportant dades, generalitzant amb diversos programaris, avaluant-ne els resultats i redactant part de l'informe que en recull els resultats.



**Exemples de productes derivats de la Base topogràfica 1:5 000 aplicant processos automàtics de generalització cartogràfica.**

# Cartografia topogràfica i SIG

## Generalització

Dins del projecte de recerca GIS4EU, que requereix el desenvolupament d'un model de dades comú i l'aplicació de regles d'harmonització i d'agregació per a compartir dades i fer més accessible la informació, s'han analitzat les necessitats de generalització a tenir en compte en la implantació dels processos que solucionen els problemes relacionats amb els canvis d'escala.

L'objectiu següent és estudiar l'actualització de les bases de dades obtingudes per generalització. Això requereix analitzar els mecanismes que han de permetre establir lligams entre la base original i la base generalitzada. Aquests lligams necessàriament han d'incloure informació sobre la versió i la data d'incorporació de cadascun dels objectes a la base de dades. En el model de dades actual aquesta informació no existeix a nivell d'objecte. S'està treballant perquè en la propera versió cada objecte porti associada aquesta informació i es puguin propagar les actualitzacions als productes derivats.

## Aportació

Desenvolupament de programari propi complementat amb programari comercial per a la producció de sèries cartogràfiques aplicant generalització. Disseny d'un model de dades multirepresentació, que permeti propagar les actualitzacions a la informació generalitzada.

## Publicacions tècniques

- Baella, B., Lleopart, A., Pla, M.: *ICC Topographic Databases: Design of a MRDB for data management optimization*. 15 ICA Generalisation Workshop. Istanbul, 2012.
- Palomar-Vázquez, J., Pardo-Pascual, J. E., Baella, B., Pla, M.: *Generalizing the altimetric information of the Topographic database of Catalonia at 1:5,000: classification and selection of breaklines*. ICA Commission on Map Generalization and Multiple Representation. Paris, 2011.
- Attardo, C., Colla, S., Pla, M.: *GIS4EU: Deliverable 3.7 –Aggregation Rules–Degradation Rules*. 2009. <http://www.gis4eu.eu/deliverables.asp?c=5&=3&p=1&&wp=WP3>.

- Stoter, J., Anders, K. H., Baella, B., Burghardt, D., Dávila, F., Duchêne, C., Pla, M., Regnaud, N., Rosenstand, P., Schmid, S., Touya, G., Uitermark, H.: *A study on the state-of-the-art in automated map generalisation implemented in commercial out-of-the-box software*. Workshop sobre generalització i múltiple representació de la Comissió de Generalització de la ICA. Montpeller, 2008.
- Burghardt, D., Schmid, S., Duchêne, C., Stoter, J., Baella, B., Regnaud, N., Touya, G.: *Methodologies for the evaluation of generalised data derived with commercial available generalisation systems*. Workshop sobre generalització i múltiple representació de la Comissió de Generalització de la ICA. Montpeller, 2008.
- Baella, B., Pla, M.: *New requirements for the relief in the topographic databases of the Institut Cartogràfic de Catalunya*. Workshop sobre cartografia de muntanya de la Comissió de Muntanya de la ICA. Lenk, 2008.
- Baella, B., Palomar-Vázquez, J., Pardo-Pascual, J. E., Pla, M.: *Spot heights generalization: deriving the relief of the Topographic Database of Catalonia at 1:25,000 from the master database*. Workshop sobre generalització i múltiple representació de la Comissió de Generalització de la ICA. Moscou, 2007.
- Baella, B., Pla, M.: *Reorganizing the Topographic Databases of the Institut Cartogràfic de Catalunya applying generalization*. Workshop on Progress in Automated Map Generalization, ICA. La Corunya, 2005.
- Baella, B., Pla, M.: *An example of database generalization workflow: the Topographic Database of Catalonia at 1:25.000*. Workshop on Progress in Automated Map Generalization, ICA. París, 2003.
- Baella, B., Pla, M.: *Map names generalization at the Institut Cartogràfic de Catalunya*. Workshop on Progress in Automated Map Generalization, ICA. Pequin, 2001.
- Baella, B., Pla, M.: *Some generalization practices on relief representation derived from the Topographic database of Catalonia at scale 1:5 000*. Second Symposium of the Commission on Mountain Cartography of the International Cartographic Association, pàg. 7-16. Dresden, 2000.
- Baella, B., Pla, M.: *Map generalization to obtain the Topographic Map of Catalonia 1:10 000*. Workshop on Progress in Automated Map Generalization. ICA. Otawa, 1999.
- Baella, B., Pla, M.: *Eines de generalització automàtica utilitzades a l'Institut Cartogràfic de Catalunya*. 3a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 54-62. Barcelona, 1997.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
1997-2000

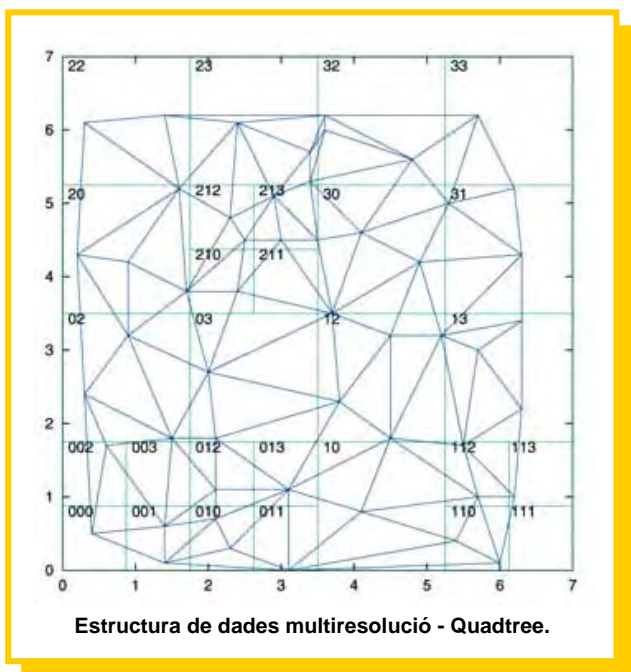
## Descripció

L'ICC disposa d'un programari de gestió de bases de dades altimètriques en malla regular, amb el qual s'emmagatzema i gestiona, a més d'altres, la Base de dades d'elevacions del terreny de Catalunya. Aquest programari es va desenvolupar els anys 1987-88, i s'ha anat mantenint i millorant constantment.

El model de dades en malla regular és insuficient per a determinades aplicacions. Per aquesta raó, s'ha analitzat i dissenyat una base de dades altimètriques que es recolza en un model de xarxa irregular de triangles d'una sola peça amb precisió suficient per a generar corbes de nivell de qualitat cartogràfica per a escales 1:5 000 o més grans i per a tot Catalunya. Aquesta base ha de poder emmagatzemar la informació altimètrica de la Base topogràfica de Catalunya 1:5 000 v.2.0, que suposa un volum de dades molt elevat: al voltant de 300 milions de punts.

Els elements bàsics per a construir el model són els vèrtexs i les arestes de triangle. La triangulació escollida és la restringida de Delaunay i es fa servir l'algorisme de construcció incremental. L'algorisme és dinàmic i el seu rendiment és bo quan les dades d'entrada són ben distribuïdes. La dificultat principal és el maneig de la triangulació amb memòria externa. Els programes habituals de triangulació mantenen tota la informació a la memòria central i no poden triangular conjunts de dades molt grans (alguns milions de vèrtexs).

La programació es fa en C++ i amb el gestor de base de dades orientat a objectes. L'ús de tecnologies d'orientació a objectes permet que el model sigui refinable, i dona gran flexibilitat al disseny. Aquesta característica facilita que el model inicial de superfície polièdrica pugui ser millorat fent, per exemple, que la superfície sigui més suau introduint triangles corbats. Per millorar el temps de localització del triangle que conté un punt, els vèrtexs s'emmagatzemen en un arbre quaternari de regions. Això proporciona, a més, una ordenació parcial de les dades dins la base i redueix el nombre d'accessos a disc.



# Cartografia topogràfica i SIG

BASALT

Els avenços tecnològics milloren substancialment l'accés i gestió a grans volums de dades i es cancel·la el projecte.

## Publicacions tècniques

- Ruiz, A.: *TIN Database Issues: Managing 300 Million Irregularly Distributed Height Points*. GIM International, vol. 15, núm. 2, pàg. 12-33. 2001.
- Ruiz, A.: *A countrywide TIN elevations database*. ISPRS, vol. XXXIII. Amsterdam, 2000.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
Activitat continuada

## Descripció

La necessitat de disposar de models de ciutats per a introduir un valor afegit a les dades vectorials d'escala grans i satisfer les demandes d'alguns clients, requereix analitzar i valorar detalladament les característiques del procés de generació d'aquests models.

Atenent el nivell de detall (LOD), els models de ciutats són classificats en 5 nivells. L'ICC disposa d'una gran quantitat de dades topogràfiques a escales grans, bàsicament 1:1 000 i 1:5 000, recollides amb mètodes que permeten emmagatzemar les alçades dels elements, i disposa també de models digitals del terreny i d'ortofotos. Amb aquests productes es poden generar models de ciutats amb una complexitat equivalent al segon nivell. La captació de dades complementària, amb els mètodes utilitzats actualment o amb mètodes nous, permet enriquir el model amb altres informacions.

Els objectius d'aquest projecte a curt termini són l'anàlisi dels requeriments per a les dades d'entrada, l'anàlisi de la tipologia dels productes que es poden obtenir, l'establiment dels fluxos de treball i l'avaluació de costos.

Durant el període 2006-2010 es va continuar analitzant productes de mercat i es van derivar productes a partir de dades bàsiques disponibles, com la BT-5M:

- El 2008 es van desenvolupar processos automàtics per a la generació d'arxius en format KMZ per a visualitzar models de ciutats de LOD1, o sigui, edificis amb coberta plana.
- El 2009 es va acabar de dissenyar una nova versió del model de dades de la cartografia topogràfica 1:1 000 i 1:2 000, i es va iniciar la seva implantació en les cadenes de producció. Aquesta nova versió permet derivar automàticament els models de ciutat de LOD1.
- El 2010 es van analitzar els requeriments i les eines per a millorar el nivell de detall i passar de LOD1 a LOD2.



Model en 3D realitzat amb un programari comercial.

# Cartografia topogràfica i SIG

## Models de ciutats

Des de 2010 es fan proves amb diferents sistemes per a generar models de ciutats a partir de dades de cartografia urbana 1:1 000, d'ortofotos verdaderes, de models de superfície i del terreny i d'imatges de façanes. S'ha treballat en el desenvolupament d'eines per a utilitzar models d'elevacions de superfície de triangles amb renderització procedent d'ortofoto o de fotogrames originals orientats per a generar arxius collada visualitzables en 3D i de compensació radiomètrica per generar models amb continuïtat radiomètrica.

### Aportació

Col·laboració amb la Fundació Politècnica de Catalunya, exercint les funcions de tutoria d'un conveni de pràctiques professionals, destinat a l'anàlisi dels models de dades ICC en format vector i dels principals programaris utilitzats en la generació i explotació de models de ciutats, tenint en compte els requeriments específics de l'àmbit de les aplicacions arquitectòniques dels models de ciutats.

També s'ha col·laborat amb la French National Engineering School in Geomatic (ENSG), exercint les funcions de tutoria d'un conveni de pràctiques professionals que ha inclòs l'anàlisi del format CityGML i la preparació d'un procés de transformació de dades vector, generades per l'ICC i disponibles pels seus usuaris, a format CityGML, basat en el programari FME.



Exemple de la modelització de Sant Quirze del Vallès.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

ICC

### Període

1997-Activitat continuada

### Projectes relacionats

Sèries experimentals: Teledetecció

## Descripció

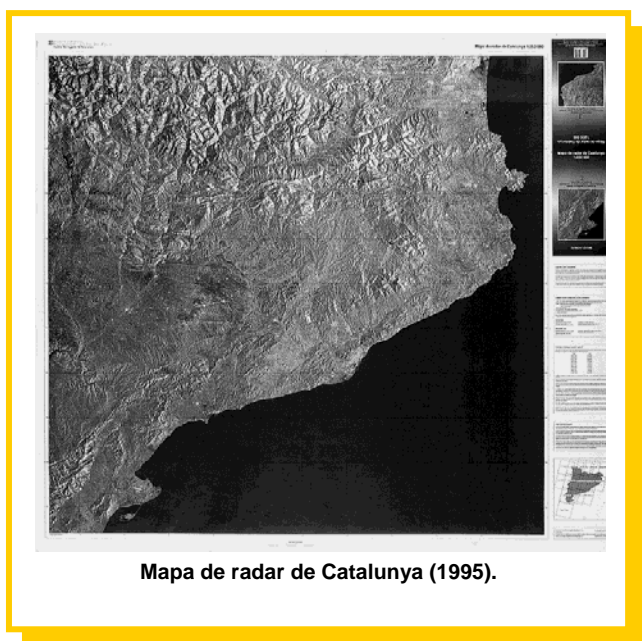
Usar estacions fotogramètriques digitals per a la interpretació d'imatges estereoscòpiques del Radarsat i per a mesurar alçades, ja sigui de manera manual com automàtica mitjançant la correlació d'imatges.

Al tractar-se de sensors actius que generen llur pròpia il·luminació, poden treballar tant de dia com de nit, això les fa idònies per aquelles zones amb una nuvolositat intensa.

## Metodologia

L'ICC ha desenvolupat eines per a explotar l'estereoscòpia del Radar d'Apertura Sintètica (SAR) del satèl·lit canadenc Radarsat. Ha adquirit parells d'imatges de Catalunya (100 km x 100 km) captades amb òrbites ascendents i descendents, amb una diferència angular d'uns 20° per a cada parell. El processament d'aquestes imatges comprèn:

- La modelització geomètrica del sensor. S'ha establert un model que defineix la geometria del procés de formació de la imatge. Aquest model té una sèrie de paràmetres lliures que s'han d'ajustar mitjançant un conjunt de punts de control de posició coneguda a terra, i parells de punts homòlegs entre imatges. En aquest cas les incerteses estan lligades bàsicament a l'òrbita del satèl·lit.
- La incorporació del model al programa de correlació automàtica d'imatges. El programa base construït per a explotar la capacitat estereoscòpica dels satèl·lits SPOT s'ha adaptat a aquesta geometria amb excel·lents resultats.
- L'explotació de les imatges a l'entorn de les estacions fotogramètriques estereoscòpiques digitals. S'ha implementat la geometria Radarsat a l'estació fotogramètrica comercial de Z/I Imaging mitjançant l'ús de funcions racionals. Això ha permès usar les eines disponibles a l'estació digital, en particular la visualització estereoscòpica, la restitució manual i el programa de correlació per al càlcul automàtic d'elevacions.



Mapa de radar de Catalunya (1995).



# Cartografia topogràfica i SIG

## Radargrametria

### Aportació

Generació de models d'elevacions per a la rectificació d'imatges i producció cartogràfica.

### Publicacions tècniques

- Baella, B., Colomer, J. L., Pla, M.: *An example of cartography in the Andes: the new version of the Topographic Database and Map of the Argentinean Republic*. 4th ICA Workshop on Mountain Cartography, pàg. 229-243. Vall de Núria, 2004.

## Lideratge de l'estudi

Consorzio per il Coordinamento delle Ricerche sul Sistema Lagunare di Venezia

## Participants, col·laboracions

Intergraph (PL, GE, IT), ICC, Universitat de Girona, Geographical Information System International Group, CSI-Piemonte, Földmérési és Távérzékelési Intézet (HU), Instituto Geográfico Português, Vyskumny ustav geodezie a kartografie v Bratislave, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, INSIEL Informatica per il Sistema degli Enti Locali Spa, Comune di Genova, Magistrato alle Acque di Venezia, Regione Liguria, Regione Piemonte, University of Nottingham, Regione Veneto, Università di Roma La Sapienza, Università IUAV di Venezia

## Període

2007-2010

## Projectes relacionats

INSPIRE: Interoperabilitat de dades  
Generalització cartogràfica

## Descripció

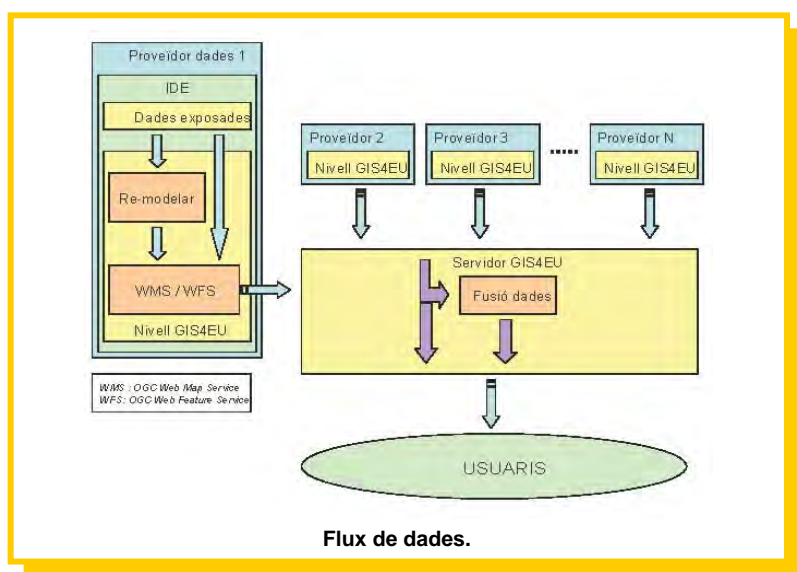
A Europa, la informació espacial es caracteritza per la falta d'harmonització entre els conjunts de dades a diferents escales, per la fragmentació de dades i fonts d'informació, per la manca de disponibilitat i per la duplictat d'informació.

L'objectiu del projecte GIS4EU és proporcionar un conjunt de dades cartogràfiques d'Europa (dels temes: unitats administratives, hidrografia, xarxa de transports i elevacions) i assegurar llur interoperabilitat entre les diferents escales, llengües i fronteres, i llur accessibilitat d'acord amb els estàndards i els requeriments de la directiva INSPIRE (2007/2/EC).

GIS4EU pretén organitzar un sistema per a compartir cartografia bàsica per tal de fer-la més accessible i generar un nivell comú d'informació compartint dades a través de serveis estàndard.

El projecte es basa en el desenvolupament d'un model de dades comú, i també en l'harmonització, l'agregació i l'exposició de regles i directrius per a fer possible l'accés a dades de referència consistents i homogènies proporcionades per les autoritats cartogràfiques de diferents països i nivells (nacional, regional i local) sense construir una base de dades central.

L'ICC ha liderat el grup temàtic de definició del model de xarxes de transport i el grup temàtic d'hidrografia per a la definició de les especificacions dels processos d'agregació i harmonització. Ha col·laborat també amb els grups temàtics de la capa de límits administratius i d'elevacions, i en l'elaboració i la revisió dels documents per a la descripció de les regles d'integració i generalització. A més, ha avaluat els resultats dels processos de remodelat i d'agregació de les dades ICC i ha participat en la documentació i difusió del projecte amb ponències en congressos nacionals i internacionals.



# Cartografia topogràfica i SIG

GIS4EU

## Aportació

La implementació de GIS4EU representa un progrés important en termes d'accessibilitat, usabilitat i explotació de dades de referència a Europa. A <http://www.gis4eu.eu/> es pot trobar més informació sobre el projecte.

Aquest projecte és una prova de les dificultats operatives per a l'aplicació de les regles d'implementació d'INSPIRE, en especial del reglament sobre interoperabilitat de dades, l'anàlisi de la viabilitat de crear un servei de transformació de conjunts de dades en línia a un model comú i l'estudi dels problemes transfronterers, de canvis d'escala i del multilingüisme.



## Publicacions tècniques

- Resultats del projecte, diversos autors: *GIS4EU Deliverables*.  
<http://www.gis4eu.eu/deliverables.asp?c=5&s=3&p=1&l=1&wp=>
- Barrot, D., Escriu, J., Lleopart, A., Pla, M., Sánchez, S.: *El proyecto GIS4EU: Provisión de conjuntos de datos interoperables para extender el uso de la información geográfica*. 8a Setmana Geomàtica. Barcelona, 2009.
- Lleopart, A., Escriu, J.: *Transport networks theme: comparison of GIS4EU data providers' datasets with INSPIRE proposed data model*. International Workshop "Towards INSPIRE". Hongria, 2009.
- Reis, R., Barrot, D.: *Testing Cartographic data harmonization in the INSPIRE context: the case for Hydrography*. VI Conferència Nacional de Cartografia e Geodesia. Portugal, 2009.

**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2008-2015

**Projectes relacionats**  
GIS4EU

## Descripció

Actualment les dades són captades i mantingudes principalment per institucions públiques, cadascuna de les quals aplica les seves pròpies prioritats i estàndards. A més, les dades es capten i s'emmagatzemen a diferents nivells en les respectives organitzacions.

Aquestes pràctiques diferenciades fan que la integració de dades a nivell paneuropeu sigui complexa i difícil, i dificulta la recerca ambiental i espacial, i l'adopció de polítiques i d'estratègies europees mediambientals.

La directiva europea INSPIRE (infraestructura per a la informació espacial en la comunitat europea), juntament amb els documents legals que la desenvolupin, establirà el marc d'actuació general dels estats membres per a la implementació de la infraestructura de dades espacials europea.

Sota la iniciativa INSPIRE s'estan establint les regles específiques d'implementació per a introduir estàndards i requeriments en les bases de dades d'informació geogràfica i en les IDE "de referència" amb les quals són compromesos els estats membres.

Amb aquest projecte es vol fer un seguiment actiu del procés d'implementació d'INSPIRE per a la seva implantació.

Les activitats de l'ICC emmarcades en aquest projecte són les següents:

- Col·laboració en la definició dels models de dades aportant experts i material de referència.
- Avaluació dels esborranys de les regles d'implementació de la directiva.
- Estudi de l'impacte de l'aplicació de la directiva d'acord amb la llei de transposició.

En el període 2008-2009 s'ha participat activament en els grups de treball d'experts europeus per a l'elaboració i la publicació de les especificacions tècniques dels temes de l'annex I de la directiva europea INSPIRE relatius a noms geogràfics, i hidrografia com a experts i en el de xarxes de transport com a coeditor.



# Cartografia topogràfica i SIG

## INSPIRE: Interoperabilitat de dades

El 2011 es posen en marxa els grups de treball per als temes dels Annexos II i III de la directiva i es participa en el grup d'elevacions en qualitat d'editor i en el d'ortoimatges com a expert.

### Aportació

Coneixement de primera mà dels models i normativa per al desplegament de la directiva INSPIRE en el marc dels conjunts de dades del PCC.

### Publicacions tècniques

- INSPIRE Thematic Working Group Geographical Names<sup>1</sup>: *D2.8.1.8 INSPIRE Data Specification on Geographical names – Guidelines*. 2010.  
[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_GN\\_v3.0.1.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GN_v3.0.1.pdf)
- INSPIRE Thematic Working Group Hydrography<sup>2</sup>: *D2.8.1.8 INSPIRE Data Specification on Hydrography – Guidelines*. 2010.  
[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_HY\\_v3.0.1.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_HY_v3.0.1.pdf)
- INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks<sup>3</sup>: *D2.8.1.8 INSPIRE Data Specification on Transport Networks – Guidelines*. 2010.  
[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_TN\\_v3.1.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_TN_v3.1.pdf)

---

<sup>1</sup> The Thematic Working Group Geographical Names (TWG-GN) included: Andreas Illert (TWG Facilitator), Sébastien Mustière (TWG Editor), Paloma Abad Power, Kathleen Van Doren, Kent-Jacob Jonsrud, Teemu Leskinen, **Miquel Parella**, Pier-Giorgio Zaccheddu, Katalin Tóth (European Commission contact point).

<sup>2</sup> The Thematic Working Group Hydrography (TWG-HY) included: Huijbert-Jan Lekkerkerk (TWG Facilitator), Andrew Woolf (TWG Editor), **Dolors Barrot**, Alexander Coley, Helen Eriksson, Klaus Fretter, Anja Hopfstock, Peter Parslow, Vanda Nunes de Lima (European Commission contact point).

<sup>3</sup> The Thematic Working Group Transport Networks (TWG-TN) included: Keith Murray (TWG Facilitator), **Jordi Escriu** (TWG Co-editor), Ward Verlinden (TWG Coeditor), Lars Wikström (TWG Co-editor), Alain Chaumet, Mark Lepage, Dave Russell, Ulf Sandgren, Darja Lihteneger (European Commission contact point).

## *Risc sísmic*

### **Inicis - Motivació**

El coneixement, l'estudi i la divulgació de la sismicitat i del risc sísmic són necessaris per:

- Donar informació ràpida a Protecció Civil, als mitjans de comunicació i a la societat en general en cas de produir-se un terratrèmol i obtenir dades sísmiques sistemàtiques de qualitat per a la comunitat científica.
- Obtenir dades de moviments intensos tant per a l'avaluació dels possibles moviments del sòl com per a la verificació del component de les edificacions en cas de terratrèmols importants.
- La zonificació sísmica de Catalunya, necessària per a la planificació del territori.

Als anys 1980, per la necessitat de conèixer la sismicitat amb més precisió, l'aleshores Servei Geològic de Catalunya, va iniciar la instal·lació de la xarxa sísmica de Catalunya.

Quan l'ICC tenia al seu càrrec aquesta branca de les ciències de la Terra (1995-2005), les estacions sísmiques existents a Catalunya i al sud de França pertanyien a diferents institucions (Institut Cartogràfic de Catalunya, Institut d'Estudis Catalans, Instituto Geográfico Nacional, Laboratoire de Détection et de Geophysique, Observatori de l'Ebre, Observatori Fabra i Observatoire Midi-Pyrénées de Tolosa de Llenguadoc).

Totes aquestes estacions disposaven de sistemes d'adquisició de dades analògiques o digitals, de sistemes de comunicació de dades via telèfon, satèl·lit o per correu, i d'un centre de recepció de dades sísmiques.

Els sismògrafs eren de tres tipus:

- Estacions analògiques amb telemetria analògica.
- Estacions digitals interrogables per telèfon.
- Estacions digitals amb transmissió no contínua mitjançant el satèl·lit Meteosat.

El 1997 l'ICC va dissenyar la renovació de la xarxa sísmica de Catalunya que preveia la instal·lació de 20 estacions sísmiques, equipades amb sensors de banda ampla de tres components i d'un gran rang dinàmic.

### **Nova xarxa sísmica de Catalunya.**

### **Moviment sísmic**

Amb la informació que es rebia, es realitzaven estudis de caracterització del moviment del sòl a escala regional, i d'ampliació del moviment sísmic degut a la presència de sòls tous. Aquests estudis eren la base per als treballs de microzonació sísmica en zones urbanes.

Per a la mesura de l'acceleració del sòl de moviments intensos s'ubiquen equips d'accelerògrafs en emplaçaments de diferents condicions geològiques (sòl, roca). El 2002 la xarxa d'accelerògrafs disposava de nou accelerògrafs en funcionament. **EUROSEISRISK. Avaluació de la perillositat sísmica, efectes del sòl i interacció sòl-estructura en una conca instrumentada / ISARD. Informació sísmica automàtica regional de danys.**

A partir de 1992 es treballa conjuntament amb centres de recerca de diferents països en els projectes de la Unió Europea: EUROSEISTEST, EUROSEISMOD (**Caracterització de moviments del sòl**) i **RISK-UE**, i en el desenvolupament i la validació experimental de tècniques avançades de modelització en sismologia i enginyeria sísmica. Cal destacar que dins del projecte EUROSEISMOD es va fer la primera microzonació sísmica de la ciutat de Barcelona.

Entre els anys 2003-2006 es va dur a terme el projecte de caracterització de la detectabilitat d'un sismògraf submarí, Broad-Band, per a l'estudi de la sismicitat i el risc sísmic. **CASABLANCA. Caracterització de la detectabilitat d'un sismògraf submarí (OBS) per a l'estudi de la sismicitat i el risc sísmic.**

### **Perillositat sísmica**

L'avaluació de la perillositat sísmica es basa en el coneixement de les deformacions tectòniques actuals a partir d'estudis a mitjà i llarg termini i, d'altra banda, en l'obtenció de resultats a curt termini a partir de les dades existents. En el primer grup d'estudis se situen el projecte **PALEOSIS. Perillositat sísmica**, amb la Unió Europea, per a l'estudi de la paleosismicitat del Pirineu oriental, i en el projecte PotSis, per a la quantificació de les deformacions actuals a partir de mesures GPS repetides en una xarxa de punts fixos i l'estudi de les deformacions verticals a partir de dades d'anivellament. En el segon grup se situa

l'estudi de la sismicitat històrica, la realització d'un catàleg macrosísmic, la zonació sismotectònica i l'avaluació de la perillositat sísmica a partir d'aquestes dades. **PotSis. Potencialitat sísmica dels Pirineus orientals.** [*Posicionament geodèsic*].

En els estudis a mitjà termini se situen els estudis sobre paleosismicitat, els estudis per a quantificar les deformacions actuals a partir de mesures GPS repetides en una xarxa de punts fixos i els estudis de les deformacions verticals a partir de dades d'anivellament.

En els estudis a curt termini se situa l'estudi de la sismicitat històrica, la realització d'un catàleg macrosísmic, la zonificació sismotectònica i l'avaluació de la perillositat a partir d'aquestes dades.

### Vulnerabilitat sísmica

Es treballa en el desenvolupament i la validació de mètodes per a l'avaluació de la vulnerabilitat sísmica d'edificacions i línies vitals, i en la realització d'escenaris de danys. **RISK-UE. Escenaris de risc sísmic en ciutat europees / ERSE. Escenaris realistes de risc sísmic a Espanya.**

Amb aquest objectiu, s'han classificat les edificacions d'habitatges de Catalunya en classes de vulnerabilitat segons l'Escala Macrosísmica Europea en funció de paràmetres relatius a l'edat, l'alçada i la seva situació en el territori. S'estima els danys en les edificacions sotmeses a l'acció d'un sisme de característiques previstes. També s'avaluen els danys a les persones i les pèrdues econòmiques generades com a conseqüència del dany directe a les edificacions. Els resultats d'aquestes estimacions han servit per a l'elaboració del Pla d'emergència sísmica de Catalunya (SISMICAT).

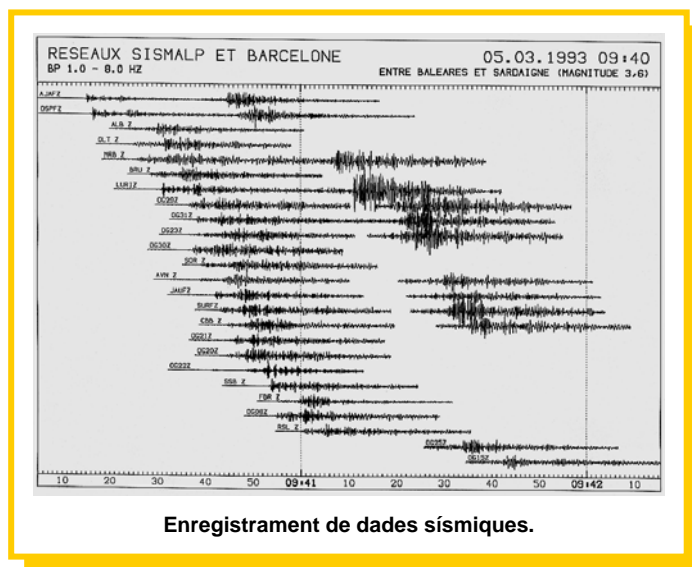
### Xarxa temàtica de sismologia i enginyeria sísmica

El 1996 es va constituir aquesta xarxa per diferents grups d'investigadors de les universitats i centres de recerca de Catalunya que treballen en els camps de la sismologia i de l'enginyeria sísmica.

Pretén consolidar la col·laboració ja existent, facilitar la interrelació i la difusió dels resultats obtinguts i potenciar l'àrea fronterera sismologia-enginyeria, necessària per a una gestió adequada de la prevenció dels terratrèmols.

### Resultats productius

El coneixement de la sismicitat i del risc sísmic són necessaris per a la planificació i l'ordenació del territori.



### Fites assolides

- 1980 – Inici de la instal·lació de la xarxa sísmica de Catalunya. Primícia a Espanya.
- 1997 – Disseny de la renovació de la nova xarxa sísmica de Catalunya. Primícia a Espanya.
- 2002 – Primera microzonació sísmica de la ciutat de Barcelona.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Universitat de Barcelona  
Observatoire Midi Pyrenées (França)  
Institut de Recerca i Seguretat Nuclear-IRSN (França)  
GEOID (França)  
GEOTER (França)

### Període

Activitat continuada

### Projectes relacionats

ISARD: Informació sísmica automàtica regional de danys  
Nova xarxa sísmica de Catalunya  
PALEOSIS: Perillositat sísmica  
SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya

## Descripció

Els Pirineus orientals presenten una sismicitat moderada amb un període d'activitat intensa a l'Edat mitjana (1427-1428).

Amb la finalitat de fer una estimació dels períodes de recurrència de sismes destructors, a més de la sismicitat, s'estudien les deformacions tectòniques recents a través de l'anàlisi de les empremtes geològiques (paleosismicitat) i de les mesures geodèsiques. Aquestes darreres es realitzen periòdicament mitjançant les estacions permanents de l'ICC i una xarxa de 25 punts d'ambdós costats de la frontera.

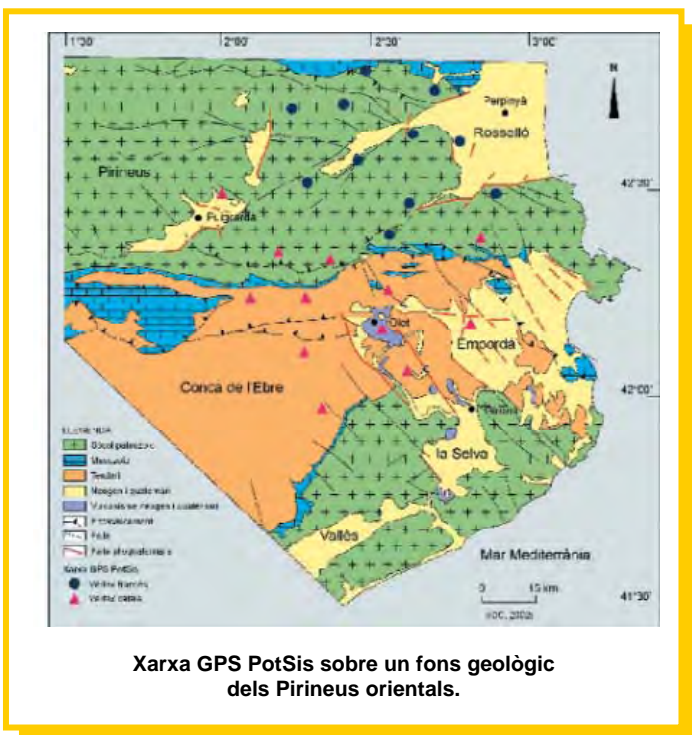
Aquesta xarxa ja va estar mesurada els anys 1992, 1994 i 1999, amb campanyes d'una setmana, en col·laboració amb altres organismes catalans i francesos. A mitjà termini, la comparació d'aquestes mesures permetran una quantificació de les deformacions tectòniques horitzontals, que són la causa dels terratrèmols.

## Aportació

La xarxa PotSis permet detectar les zones on s'acumula la deformació de l'escorça continental i definir així les àrees amb una perillositat sísmica més elevada.

## Publicacions tècniques

- Frontera, T., Concha, A., Blanco, P., Echeverria, A., Goula, X., Arbiol, R., Khazaradze, G., Pérez, F., Suriñach, E.: *DInSAR Coseismic Deformation of the May 2011 Mw 5.1 Lorca Earthquake (southeastern Spain)*. Solid Earth, vol. 3, pàg. 111-119. 2012.
- Frontera, T., Concha, A., Blanco, P., Echeverria, A., Goula, X., Arbiol, R., Khazaradze, G., Pérez, F., Suriñach, E.: *DInSAR Coseismic Deformation of the May 2011 Mw 5.1 Lorca Earthquake (southeastern Spain)*. Física de la Tierra, vol. 24, pàg. 151-169. 2012.
- Goula, X., Fleta, J., Castellote, M., Tèrmens, A.: *Present deformation and seismic potentiality in the Eastern Pyrenees*. Workshop on the geodynamics of the western part of Eurasia-Africa plate boundary. Extended abstracts book. San Fernando, 2001.





# Risc sísmic

## PotSis: Potencialitat sísmica dels Pirineus orientals

- Térmens, A., Castellote, M., Soro, M., Fleta, J., Goula, X., Talaya, J.: *PotSis'99, PotSis'94 and PotSis 99 GPS campaigns to improve the knowledge of seismic potentiality in the Eastern Pyrenees*. X General Assembly of the WEGENER Project (WEGENER 2000). Observatorio de San Fernando, 2000.
- Giménez, J., Suriñach, E., Goula, X.: *Quantification of vertical movements in the eastern Betics (Spain) by comparing levelling data*. Tectonophysics, núm. 317, pàg. 237-258. 2000.
- Talaya, J., Feigl, K., Térmens, A., Colomina, I.: *Practical lessons from analysis of a GPS network designed to detect movements of -1 mm/year in the Eastern Pyrenees*. Physical and Chemists of the Earth, vol. 24, núm. 4, pàg. 355-359. 1999.
- Goula, X., Talaya, J., Térmens, A., Colomina, I., Fleta, J., Grellet, B., Granier, T.: *Avaluació de la potencialitat sísmica al Pirineu Oriental. Primers resultats de les campanyes GPS PotSis'92 i PotSis'94*. Revista TERRA, III època, volum XI, núm. 28, pàg. 41-48. 1996.
- Giménez, J., Suriñach, E., Fleta, J., Goula, X.: *Recent vertical movements from high precision leveling data in the Northeast Spain*. Tectonophysics, 263, pàg. 149-161. 1996.
- Goula, X., Talaya, J., Térmens, A., Colomina, I., Fleta, J., Saler, H.: *Evaluación de la potencialidad sísmica del Pirineo oriental. Estudios de Sismicidad, Neotectónica y Geodesia: Primeros resultados de las campañas GPS PotSis'92 y PotSis'94*. 2a Setmana Geomàtica de Barcelona, pàg. 138-145. 1995.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions:

Institut Cartogràfic de Catalunya  
Altres centres de recerca europeus  
4rt Programa Marc de la UE

### Període

1992-1998

### Projectes relacionats

RISK-UE: Escenaris de risc sísmic en ciutats europees



Projecte EUROSEISMOD.

## Descripció

Caracterització del moviment del sòl produït per terratrèmols a escala regional i local, i microzonació sísmica.

Es va treballar, conjuntament amb centres de recerca de diferents països, en els projectes de la Unió Europea EUROSEISTEST i EUROSEISMOD, i en el desenvolupament i validació experimental de tècniques avançades de modelització en sismologia i enginyeria sísmica.

Es van fer estudis de caracterització del moviment del sòl a escala regional i d'amplificació del moviment sísmic degut a la presència de sòls tous útils per als treballs de microzonació sísmica de zones urbanes.

En el projecte EUROSEISTEST (1993-1996) es va estudiar la influència dels sediments en el moviment sísmic del sòl i els seus efectes sobre les estructures. Es va definir una zona test a Volvi-Tessalònica on es van instal·lar una sèrie de sensors amb els seus corresponents sistemes d'adquisició de dades, amb la finalitat de tenir informació detallada del moviment en emplaçaments de característiques geotectòniques diferents. Es van portar a terme diverses campanyes amb mètodes geofísics i geotècnics per a la caracterització del subsòl i es va construir i instrumentar un model d'edifici a escala reduïda.

El projecte EUROSEISMOD és continuació del projecte EUROSEISTEST (1996-1998) va consistir en el desenvolupament de mètodes per a la modelització dels moviments del sòl i de les estructures produïts per terratrèmols, i validació dels mateixos mitjançant experimentació en la xarxa de Volvi-Tessalònica. Es van considerar mètodes 1D, 2D i 3D, lineals i no lineals, a més del calibratge de mètodes de microzonació sísmica en zones urbanes i la seva aplicació en diverses ciutats europees: Tessalònica, Barcelona, Benevento, Niça, Grenoble, Lisboa i Lieja.

# Risc sísmic

## Caracterització de moviments del sòl

### **Aportació**

La caracterització de moviments del sòl és important per a la planificació i per a l'ordenació territorial.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Període

1a fase: 1997-1999  
Activitat continuada

### Projectes relacionats

CASABLANCA: Caracterització de la detectabilitat d'un sismògraf submarí (OBS) per a l'estudi de la sismicitat i el risc sísmic

DInSAR: Anàlisi de processos de subsidència

## Descripció

Amb el doble objectiu de donar informació ràpida a Protecció Civil, als mitjans de comunicació i a la societat en general en el cas de produir-se un terratrèmol, i d'obtenir dades sísmiques sistemàtiques de qualitat per a la comunitat científica, es va desplegar la nova Xarxa sísmica de Catalunya. En aquesta xarxa es preveia la instal·lació de fins a 20 estacions sísmiques, equipades amb sensors de banda ampla de tres components i d'un gran rang dinàmic.

Les estacions disposen d'antenes VSAT (Very Small Aperture Terminal) que envien la informació sísmica via satèl·lit en temps real i de manera continuada al centre de recepció de dades de l'ICC. Les dades es tracten mitjançant un programari que permet la localització automàtica dels terratrèmols d'interès, l'arxiu del conjunt de les dades i la difusió ràpida de la informació bàsica de la sismicitat enregistrada.

S'ha fet la recerca necessària per a ubicar les estacions i s'ha realitzat un projecte complet en què es defineixen les estacions de camp, el sistema de comunicació via satèl·lit i el centre de recepció i anàlisi, i les mesures comparatives amb un sensor de banda ampla per a calibrar la nova instrumentació i definir el mètode de caracterització del soroll de fons dels emplaçaments.

## Aportació

El coneixement, l'estudi i la divulgació de la sismicitat i del risc sísmic són necessaris per a la planificació i l'ordenació territorial.

## Publicacions tècniques

- Tàpia, M., Susagna, T., Goula, X., Figueras, S.: *Reducció de ruidó en profunditat a partir de registres broadband*. Cien años de sismología en Granada, 4 pàg. Granada, 2002.
- Goula, X., Jara, J. A., Susagna, T., Roca, A.: *A New Broad-Band Seismic Network with Satellite Transmission in Catalonia (Spain)*. Orfeus Newsletter, vol. 3, núm. 1. Holanda, 2001.



# Risc sísmic

## Nova xarxa sísmica de Catalunya

- González, M., Secanell, R., Susagna, T., Goula, A.: *Inversión de amplitudes de registros sísmicos para la definición de ML*. 2a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Portugal, 2000.
- Roca, A., Goula, X., Olmedillas, J. C., Olivera, C., Susagna, T., Figueras, S., Fleta, J.: *Nueva red sísmica de Cataluña con sensores de banda ancha y comunicación vía satélite en tiempo real*. 2a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Portugal, 2000.
- Roca, A., Goula, X., Olmedillas, J. C., Talaya, J.: *Redes de observación geofísica con plataformas VSAT. Proyecto de red del Institut Cartogràfic de Catalunya*. Boletín ROA, núm. 5, pàg. 161-166. Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, 1999.

### Descripció

**Lideratge de l'estudi**  
ICC

**Participants, col·laboracions**  
Institut Cartogràfic de Catalunya  
Protecció Civil  
Centres de recerca internacionals

**Període**  
Primera fase: 1998-2000

**Projectes relacionats**  
PotSis: Potencialitat sísmica dels Pirineus orientals

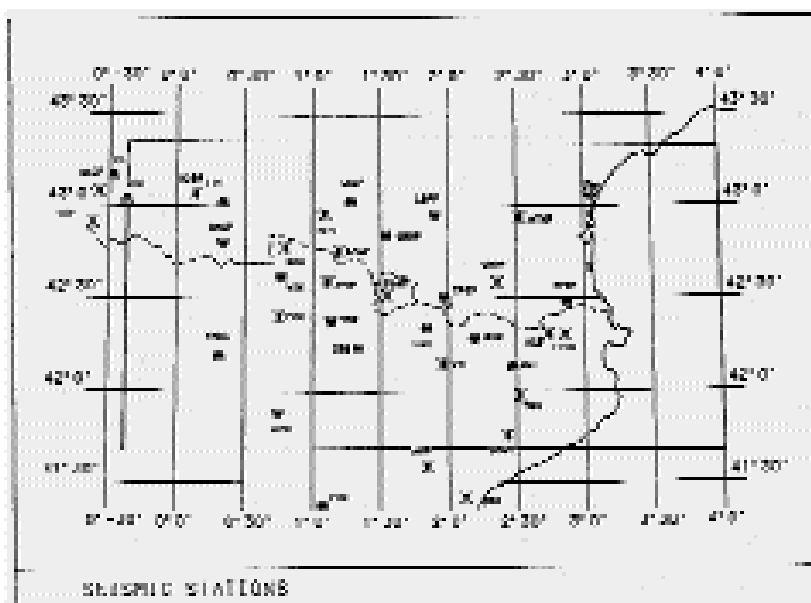
L'avaluació de la perillositat sísmica es basa en el coneixement de les deformacions tectòniques actuals a partir d'estudis a mitjà i llarg termini i, d'altra banda, en l'obtenció de resultats a curt termini a partir de les dades existents.

En el primer grup d'estudis se situa el projecte PALEOSIS, amb la Unió Europea, per a l'estudi de la paleosismicitat dels Pirineus orientals, i el projecte PotSis, per a la quantificació de les deformacions actuals a partir de mesures GPS repetides en una xarxa de punts fixos i l'estudi de les deformacions verticals a partir de dades d'anivellament.

En el segon grup se situa l'estudi de la sismicitat històrica, la realització d'un catàleg macrosísmic, la zonificació sismotectònica i l'avaluació de la perillositat a partir d'aquestes dades.

### Aportació

Plans d'emergència, normatives sismoresistents, atlas sísmic de Catalunya.



Observació i anàlisi de la sismicitat dels Pirineus.



### Lideratge de l'estudi

BRGM (França)

### Participants, col·laboracions

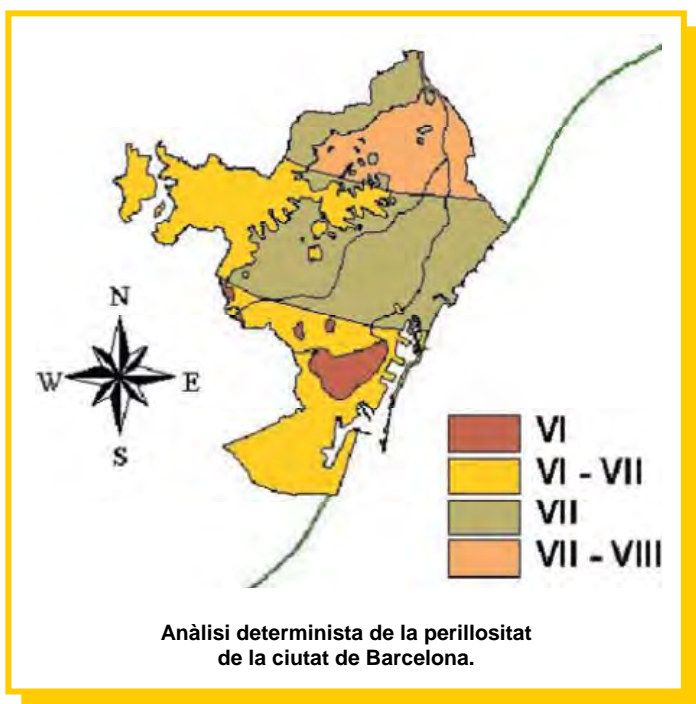
Institut Cartogràfic de Catalunya  
Geoter (França)  
Polimi (Itàlia)  
Unige (Itàlia)  
UTCB (Romania)  
AUTH (Grècia)  
IZIIS-Skopje (Macedònia)  
CLSMEE (Bulgària)  
CIMNE (Espanya)  
5è Programa Marc de la UE

### Període

2000-2004

### Projectes relacionats

Caracterització de moviments del sòl  
EUROSEISRISK: Avaluació de la perillositat sísmica, efectes del sòl i interacció sòl-estructura en una conca instrumentada  
ISARD: Informació automàtica regional de danys  
ERSE: Escenaris de risc sísmic a Espanya



## Descripció

El projecte s'emmarca dins de l'avaluació de la vulnerabilitat i del risc sísmic a escala regional i la seva aplicació a Catalunya.

L'organització d'emergències en cas de terratrèmol en ciutats molt poblades necessita generar escenaris del risc que tinguin en compte les característiques pròpies d'aquestes ciutats. En aquest projecte, es tracta de definir escenaris de terratrèmols basats en l'avaluació de la perillositat, de la vulnerabilitat del teixit urbà i de les possibles conseqüències.

L'objectiu principal del projecte és desenvolupar una metodologia general i modular per a generar escenaris de risc que tinguin en compte les característiques pròpies de ciutats de l'àmbit europeu, avaluant en particular el risc sobre el patrimoni cultural i l'impacte econòmic. La metodologia s'aplica a set ciutats europees: Barcelona, Bitola, Bucarest, Catània, Niça, Sòfia i Tessalonica.

## Aportació

Establiment d'una metodologia comuna a Europa per a l'anàlisi de la vulnerabilitat, tant en edificacions, com en el sistema urbà. Això permetrà una millor planificació i gestió dels equips de socors en cas de l'ocurrència d'un terratrèmol.

## Publicacions tècniques

- Irrizarry, J., Goula, X., Susagna, T.: *Evaluación de la peligrosidad sísmica de la ciudad de Barcelona en términos de aceleración espectral*. 2o Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Màlaga, 2003.
- Chávez, J., Goula, X., Roca, A., Mañá, F., Presmanes, J. A., López-Arroyo, A.: *Escenarios de daños sísmicos en Cataluña*. 1er Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Múrcia, 1999.
- Chávez, J., Goula, X., Roca, A., Cabañas, L., Benito, B., Rinaldis, D., Sabetta, F. *Análisis de daños y de parámetros del movimiento del suelo correspondientes al terremoto de Irpinia (Itàlia) de 1980*. 1a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Almería, 1998.



# Risc sísmic

## RISK-UE: Escenaris de risc sísmic en ciutats europees

- Chávez, J., Goula, X., Roca, A., Mañá, F., Presmanes, J. A. i López-Arroyo, A.: *Earthquake risk in Catalonia: Vulnerability assessment for dwelling buildings*. 1a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Almería, 1998.

### Lideratge de l'estudi

Aristotle University of Thessaloniki (Grècia)

### Participants, col·laboracions:

Institut Cartogràfic de Catalunya

ITSAK (Grècia)

LCPC (França)

RWTH (Alemanya)

UTRS (Itàlia)

UTOK (Japó)

UKOM (Eslovàquia)

5è Programa Marc de la Unió Europea

### Període

2002-2004

### Projectes relacionats

RISK-UE: Escenaris de risc sísmic en ciutats europees

ISARD: Informació sísmica automàtica regional de danys

ERSE: Escenaris de risc sísmic a Espanya

## Descripció

L'existència d'un emplaçament ben instrumentat en una conca, amb presència de sismicitat (vall de Volvi, Grècia), en el qual s'han realitzat estudis de geofísica i geotècnia, ha propiciat la instal·lació d'una densa xarxa d'accelerògrafs tant en superfície com en fons de pou, i s'ha construït un edifici a escala reduïda. Això permet l'estructuració d'un projecte de recerca per a la validació de programes de càlcul, tant dels efectes d'amplificació locals com de la interacció sòl-estructura.

Els objectius generals del projecte s'estructuren en sis apartats:

- Descripció completa de l'estructura tridimensional de la conca, mitjançant estudis experimentals de geofísica i de geotècnia.
- Control i estudi de la sismicitat regional i local. Avaluació de la perillositat sísmica.
- Utilització de "microtremors" (vibració ambiental) per a la caracterització dels sòls.
- Extensió de la xarxa local d'accelerògrafs. Estudi experimental i numèric dels efectes locals de la conca (1D, 2D i 3D).
- Estudi del comportament estructural d'un edifici i de la interacció sòl-estructura.
- Avaluació crítica dels resultats i disseminació de les dades.

## Aportació

Calibratge dels mètodes de modelització de l'ICC d'efectes locals per a poder-los aplicar als estudis que es realitzen en el territori català i ampliació del coneixement dels estudis d'efectes locals.

## Publicacions tècniques

- Tàpia, M., Figueras, S.: *Technical Report of the Euroseisrisk Project (2003)- Benchmark exercise: results and comparisons*. Informe núm: GS-194/04. 2004.



# Risc sísmic

## EUROSEISRISK: Avaluació de la perillositat sísmica, efectes del sòl i interacció sòl-estructura en una conca instrumentada

- Cid, J., Susagna, T., Goula, X., Chavarria, L., Figueras, S., Fleta, J., Casas, A., Roca, A.: *Seismic Zonation of Barcelona Based on Numerical Simulation of Site Effects*. Pure and Applied Geophysics, núm. 158, pàg. 2559-2577. Basel, 2001.
- Cid, J., Figueras, S., Goula, X., Susagna, T., Roca, A.: *Simulación numérica de efectos locales en la ciudad de Barcelona*. 2a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Portugal, 2000.
- Figueras, S., Cid, J., Goula, X., Susagna, T., Roca, A.: *Calibración de métodos de modelización de efectos locales: EUROSEISTEST (Grecia)*. 1er Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Murcia, 1999.

### Lideratge de l'estudi

Universidad Complutense de Madrid

### Participants, col·laboracions

Institut Cartogràfic de Catalunya  
Real Observatorio de la Armada  
Ministerio de Ciencia y Tecnología (Fons FEDER)

### Període

2003-2006

### Projectes relacionats

ISARD: Informació automàtica regional de danys  
RISK-UE: Escenaris de risc sísmic en ciutats europees

## Descripció

Avaluació realista dels efectes sísmics que podria originar un terratrèmol de magnitud moderada en dues zones pilot d'Espanya de característiques diferents: una zona urbana (Màlaga) i una altra d'àmbit rural (la Cerdanya). El resultat final ha estat l'anàlisi de la vulnerabilitat considerant els valors espectrals resultants de l'avaluació de la perillositat.

L'ICC ha actuat en els aspectes següents:

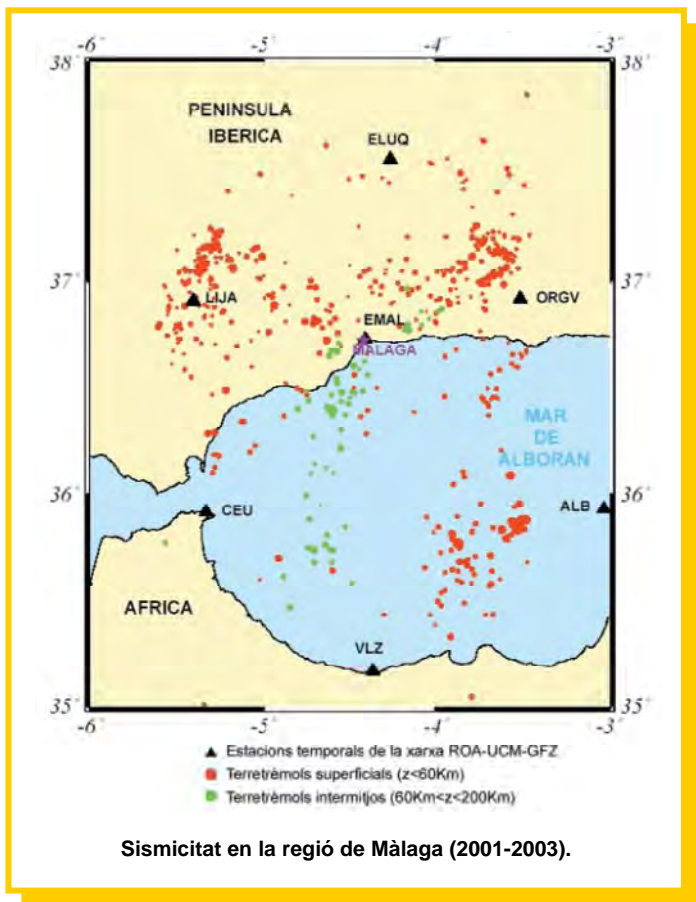
- Avaluació de la perillositat en termes d'espectres de resposta.
- Estimació dels efectes d'amplificació de sòls.
- Avaluació de la vulnerabilitat dels edificis de la ciutat de Màlaga i de la comarca de la Cerdanya.

## Aportació

L'anàlisi dels efectes potencials d'un moviment sísmic, tant en zones urbanes, com rurals, permet una millor planificació i gestió dels equips de socors en cas d'ocurrència d'un terratrèmol.

## Publicacions tècniques

- Buforn, E., Martén Dávila, J., Goula, X., Udias, A., Gárate, J., Susagna, T., Muñoz, D., Pazos, A., Figueras, S.: *ERSE (Realistic Scenarios of seismic risk in Spain) PROJECT (2004)*. XXIX General Assembly European Seismological Commission. Potsdam (Alemanya), 2004.
- Buforn, E., Bezzeghoud, M., Udias, A., Pro, C.: *Seismic sources on the Iberia-African plate boundary and their tectonic implications*. Pure and Applied Geophysics, 161. 2004.





### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Observatori de l'Ebre  
Repsol Investigaciones Petrolíferas, SA  
Ministerio de Ciencia y Tecnología (Fons FEDER)

### Període

2003-2006

### Projectes relacionats

Nova xarxa sísmica de Catalunya

## Descripció

El projecte tenia l'objectiu de caracteritzar la detectabilitat d'un sismògraf submarí, Broad-Band (BB), per a aplicacions en estudis de sismicitat i risc sísmic. L'emplaçament de l'OBS es va realitzar a la zona marítima de Tarragona, regió d'alta densitat de població, amb infraestructures que comporten desenvolupament turístic i indústries singulars (centrals nuclears, química, explotacions petrolíferes...), amb les implicacions que comporta en l'avaluació del risc sísmic.

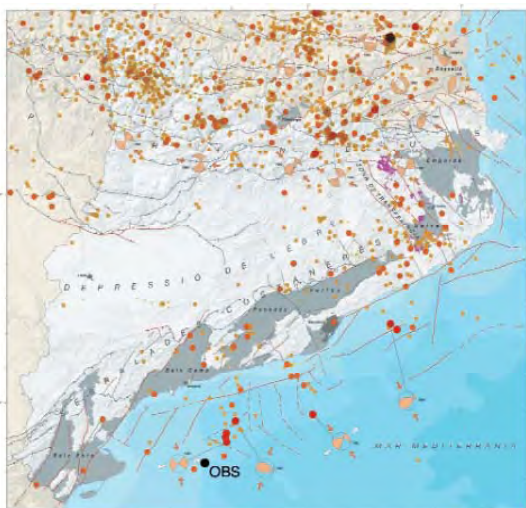
El projecte va incloure el desenvolupament i la implantació, per primera vegada a Espanya, d'un sistema OBS permanent integrat en una xarxa de sismicitat en temps real.

El disseny del dispositiu i la caracterització dels registres BB de l'OBS van constituir una experiència aplicable a altres zones costeres de la península Ibèrica. Atès que es registren sismes locals, regionals i telesismes, i també events artificials controlats, es poden utilitzar diverses metodologies. Així, doncs, la utilització dels registres de l'OBS permetria revisar el model d'estructura de l'escorça, millorar la localització d'hipocentres, aportant un coneixement més precís de la sismicitat local i regional, estudiar l'evolució spatiotemporal de la sismicitat, que pot presentar en aquesta zona unes fluctuacions associades a possibles perturbacions del camp d'esforços a escala local i, finalment, realitzar una primera avaluació del possible impacte que poden tenir la sismicitat i les seves fluctuacions sobre el risc sísmic en les infraestructures que suporten l'activitat econòmica important de la regió de Tarragona.

## Aportació

Millora i ampliació de la Xarxa sísmica de Catalunya i determinació de la detectabilitat d'una estació sísmica submarina.

Coneixement de l'activitat sísmica de la zona costera de Tarragona.



Situació de l'OBS en el mapa de sismicitat 1977-1997.



### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Bureau de Recherches Geologiques et Minières (BRGM, França)

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB, França)

Protecció Civil de la Generalitat de Catalunya

Ajuntament de Puigcerdà

Centre de Recerca en Ciències de la Terra (CRECIT, Andorra)

Programa Interreg IIIA (Fons FEDER)

### Període

2003-2007

### Projectes relacionats

ERSE: Escenaris de risc sísmic a Espanya

Nova xarxa sísmica de Catalunya

## Descripció

L'única estratègia vàlida per a fer cara al fenomen sísmic és la prevenció, atès que la predicció sísmica no és viable. Per tal de realitzar una prevenció eficaç cal mobilitzar els mitjans que van des de la reglamentació en matèria de construcció sismoresistent, fins a les actuacions en cas de danys importants. Cal tenir també en compte els aspectes referents a la informació i l'educació de la població. En aquest projecte es volen tractar aquests aspectes i posar-los a prova en un parell de zones pilot.

El projecte va constar de 3 parts:

- Zonificació transfronterera i unificada dels Pirineus.
- Realització d'un escenari sísmic a dues àrees pilot (Andorra i la Cerdanya).
- Sistema automàtic d'estimació de danys produïts per un terratrèmol.

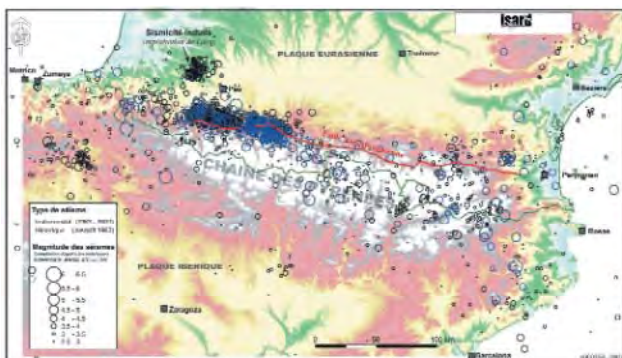
En aquest darrer punt s'han instal·lat 3 accelerògrafs a França, 2 a Catalunya i 1 a Andorra, tots ells connectats a la xarxa VSAT, i la posada a punt del sistema automàtic d'estimació de danys.

## Aportació

L'obtenció d'informacions preventives i operacionals sobre el risc sísmic, sense distorsions, lligades a la frontera, permetrà una transmissió eficaç de les dades referents al terratrèmol, i també la previsió de danys, als serveis de socors i de gestió de crisi local.

## Publicacions tècniques

- Secanell, R., Irrizarry, J., Susagna, T., Martín, C., Goula, X., Combes, Ph., Fleta, J.: *Evaluación unificada de la peligrosidad sísmica alrededor de la frontera entre Francia y España*. 2o Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, 4 pàg. Màlaga, 2003.
- Grup de sismologia ISARD: *Informació Sísmica Automàtica Regional de Danys*. Informe GS-172/03. 2003.



Sismicitat de la zona pirinenca.





## Riscos geològics

### Inicis - Motivació

Tot i les millores realitzades en el reconeixement, en la predicció, en les mesures mitigadores i en els sistemes d'alerta dels riscos naturals, les pèrdues econòmiques i els accidents fan impacte en les comunitats al llarg del territori.

El major desenvolupament de la nostra societat ha comportat una major ocupació d'àrees susceptibles de ser afectades pels riscos naturals.

La intervenció en problemes provocats per diferents fenòmens naturals s'estudien aplicant, en cada cas, les tècniques més adients amb el propòsit de determinar les seves causes, el seu abast i avaluar la seva perillositat. Només així es poden proposar les mesures preventives o correctores més oportunes per minimitzar el risc.

### Riscos geològics

En aquesta àrea temàtica es treballa en el camp dels riscos generats per moviments del terreny, com són les subsidències, esllavissades, torrentades, caigudes de blocs, entre d'altres. Els projectes es centren en el desenvolupament de metodologies d'avaluació de riscos i recursos geològics. Els anys 2004-2006 es va realitzar un projecte europeu per a definir metodologies basades en imatges de satèl·lit que ajudessin a la gestió dels riscos de moviment del sòl. (**RISCMASS. Metodologies per a la gestió dels riscos de moviment del sòl i anàlisi de la política d'assegurances**). [*Tecnologia SAR*].

També es desenvolupen models i eines que permetin controlar i predir la quantitat d'aigua disponible en conques a partir de la mesura de la quantitat de neu (**AWARE. Una eina per a la mesura i la predicció dels recursos hídrics disponibles en àrees de muntanya / Aplicabilitat lidar per a l'avaluació dels recursos hídrics**).

### Riscos d'allaus

L'objectiu del servei d'allaus és minimitzar el risc d'allaus als Pirineus de Catalunya seguint tres línies principals de treball: elaboració i difusió d'una predicció del perill d'allaus, elaboració d'una cartografia de zones d'allaus i suport per a la protecció civil i planificació del territori. (**ALUDEX. Caracterització d'allaus catastròfiques mitjançant l'estudi dendrocronològic i nivoclimàtic**).

El coneixement de les condicions nivometereològiques a l'alta muntanya és fonamental per a la predicció del perill d'allaus i minimitzar el risc. (**PARAMOUNT. Aplicacions i serveis per a la seguretat pública i la infomobilitat comercial a la muntanya**).

### Resultats productius

Metodologies per a la gestió dels moviments del terreny mitjançant tecnologies de teledetecció i per a l'avaluació d'allaus catastròfiques mitjançant dendrocronologia.

Metodologia per a l'avaluació dels recursos hídrics a partir de la mesura del gruix i superfície de neu acumulat a les muntanyes a partir de vols lidar.

### Projectes relacionats

Intercanvi de matèria i circulació de l'aigua en el medi càrstic:

- Entre 1993 i 1995 es va desenvolupar la part experimental en 11 sistemes hidrològics per posar de manifest les possibilitats d'ús del radó i la radioactivitat natural com a paràmetres característics del tipus de circulació de l'aigua en aqüífers de diferent naturalesa.

### Fites assolides

1993 – Desenvolupament de la part experimental de l'intercanvi de matèria i circulació de l'aigua en medis càrstics.



### Lideratge de l'estudi

IfEN Gesellschaft für Satellitennavigation mbH

### Participants, col·laboracions

Institut Cartogràfic de Catalunya  
AGIS-University of the Bundeswehr. (Alemanya)  
Bayerische Bergwacht (Alemanya)  
Österreichischer Bergrettungsdienst (Àustria)  
5è Programa Marc de la UE

### Període

2002-2003

## Descripció

El projecte PARAMOUNT és un projecte pilot d'un servei de localització, informació i navegació dirigit als muntanyencs i serveis de rescat a muntanya finançat pel programa IST de la Unió Europea. Els components d'aquest servei són:

- Infotour. Proveeix l'usuari de funcionalitats de navegació i d'informació local diversa (turística, meteorològica, del risc d'allaus).
- Safetour. Proveeix informació relacionada amb la seguretat en muntanya i permet el seguiment d'usuaris registrats en terrenys perillosos, l'alerta i la coordinació dels equips de rescat en situacions d'emergència.
- Datatour. Implica els usuaris en l'adquisició i el manteniment de la base de dades necessària per a implementar aquests serveis.

La comunicació entre els servidors i els dispositius mòbils (PC de butxaca amb GPS, brúixola electrònica i telèfon mòbil) es fa mitjançant tecnologia GPRS. Les dades es transfereixen via protocol HTTP usant XML.

Una de les principals aportacions de l'ICC al projecte és el desenvolupament de la "predicció cartogràfica d'allaus", mitjançant la combinació del butlletí del perill d'allaus i el mapa de zones d'allaus.

L'ICC va demostrar la tecnologia PARAMOUNT, amb col·laboració del Centre d'Emergències de Catalunya (CECAT).

## Aportació

Projecte de demostració de la sinèrgia entre els sistemes de posicionament GPS, les telecomunicacions i els sistemes d'informació geogràfica en el desenvolupament de noves eines d'infomobilitat i prevenció, ajuda i rescat en zones de muntanya. Els beneficiaris d'aquest projecte són els serveis de rescat de muntanya, empreses de telefonia, excursionistes, etc.



Demostració del funcionament del sistema.

# Riscos geològics

**PARAMOUNT: Aplicacions i serveis  
per a la seguretat pública  
i la infomobilitat comercial  
a la muntanya**

## **Publicacions tècniques**

- González, J. C., et al.: "Information and Navigation Systems for Mountaineers: The PARAMOUNT Project", a 9th EC GI&GIS Workshop. La Corunya, 2003.
- Marturià, J., Moner, I., Roca, A., et al.: "Paramount Project: an information and navigation system for mountaniers", a 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Bolonya, 2003.
- Moner, I., Marturià, J., Martí, G., Roca, A., González, J. C., Loehnert, E., Reinhardt, W., Klever, N., Barbisch, G.: "Desarrollo de un sistema de navegación e información en montaña. El proyecto PARAMOUNT", a 5a Setmana Geomàtica de Barcelona. Barcelona, 2003.

### Lideratge de l'estudi

Institut Cartogràfic de Catalunya

### Participants, col·laboracions

Departament d'Ecologia (UB)  
Servei Meteorològic de Catalunya  
Ministerio de Ciencia y Tecnología  
Fons FEDER

### Període

2002-2005

## Descripció

Per a determinar la perillositat de les allaus és necessari disposar de dades de la seva intensitat i també de la seva periodicitat. Per a la determinació d'aquests paràmetres, hi ha diferents mètodes amb diferents graus de precisió: enquesta a la població, seguiment hivernal, ubicació del fenomen dins del seu marc nivometeorològic i datació a través de l'estudi dendrocronològic. Els primers mètodes han estat ja utilitzats per l'ICC per a l'elaboració dels mapes de zones d'allaus de Catalunya 1:25 000, però són poc precisos per la poca concreció del primer i pel curt període d'observacions del segon.

Els dos darrers mètodes han estat poc desenvolupats als Pirineus pel que fa a les allaus de neu. La seva aplicació és de gran interès, atesos els resultats obtinguts en camps afins. Per a desenvolupar els mètodes es va treballar majoritàriament amb les allaus de la crisi de febrer de 1996. Aquesta és, fins a l'actualitat, la més important coneguda pel que fa al vessant sud dels Pirineus. Durant aquest període, es van desencadenar allaus de dimensions poc habituals que devastaren boscos i, fins i tot, zones habitades.

## Aportació

El projecte ALUDEX representa un avanç en la determinació de la periodicitat i la intensitat de les allaus. Un millor coneixement d'aquests paràmetres, juntament amb els estudis de perillositat, permeten una zonificació més precisa de la perillositat per allaus a les comarques d'alta muntanya, que és de gran utilitat per a la planificació urbanística, protecció civil, municipis de muntanya, i també per a empreses asseguradores.

## Publicacions tècniques

- Muntan, E., Molina, R., Oller, P., Gutiérrez, E., Furdada, G., Martínez, P., Vilaplana, J. M.: "Use of tree damage and tree-ring information to understand the dynamics and improve the cartography of Canal del Roc Roig avalanche path (Vall de Núria)", a International Cartography Association, 2004.



Pi negre abatut per una allau el 1996.

# Riscos geològics

## ALUDEX: Caracterització d'allaus catastròfiques mitjançant l'estudi dendrocronològic i nivoclimàtic

- Molina, R., Muntan, E., Andreu, L., Furdada, G., Oller, P., Gutiérrez, E., Martínez, P., Vilaplana, J. M.: "Using vegetation to characterize the avalanche of Canal del Roc Roig, Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain)", a Annals of Glaciology, núm. 38. Anglaterra, 2003.
- Muntan, E., Andreu, L., Oller, P., Gutiérrez, E., Martínez, P.: "Dendrochronological study of the avalanche path Canal del Roc Roig, first results of the ALUDEX project in the Pyrenees", a Annals of Glaciology, 38, Paper 38A75. Cambridge, 2003.
- Muntan, E., Oller, P., Gutiérrez, E., Martínez, P.: "Aplicació de la dendrocronologia a l'estudi de la dinàmica d'allaus als Pirineus", a VI Jornades de Recerca al Parc d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Espot, 2003.



**Allau de neu recent que afecta  
bosc i edificacions.**

### Lideratge de l'estudi

Regió de Calàbria (Itàlia)

### Participants, col·laboracions

Institut cartogràfic de Catalunya

Regió de Sicília (Itàlia)

Regió de la Basilicata (Itàlia)

CNR-IRPI (Itàlia)

UNINA (Itàlia)

NOA (Grècia)

Universitat d'Alacant

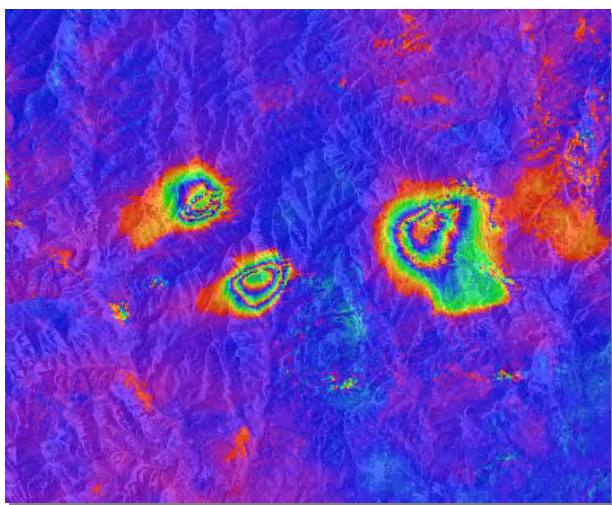
Programa Interreg IIIB MEDOCC (Fons FEDER)

### Període

2004-2006

### Projectes relacionats

DInSAR: Anàlisi de processos de subsidència



Fases de l'interferograma diferencial corresponent a les dates 03/02/2005-19/05/2005. Cada cicle de color correspon a un gradient de desplaçament de 2,8 cm.

## Descripció

Projecte europeu que tenia l'objectiu de definir les metodologies basades en imatges de satèl·lit que ajudessin a la gestió dels riscos del moviment del sòl, com ho poden ser les subsidències. Es van definir dues zones d'estudi a Itàlia (Calàbria i Sicília) i una zona d'estudi a Catalunya (conca potàssica).

L'ICC, per a aquest projecte, va treballar sobre una zona pilot realitzant l'anàlisi de la problemàtica mitjançant interferometria radar, estudis geofísics i establiment d'una xarxa d'anivellació. També va dissenyar i implementar una base de dades i un sistema d'informació geogràfica sobre els riscos dels moviments del sòl en aquesta zona.

El 2006 l'ICC, juntament amb la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), va posat en funcionament un nou sistema de radar terrestre per a la detecció de petits moviments del terreny. Aquest radar anomenat GB-SAR (Ground Based Synthetic Aperture Radar) pot treballar en diverses bandes freqüencials, en banda X (9.65 GHz), que es troba totalment operativa, i en les bandes C (5.3 GHz) i K (17.5 GHz) mitjançant acoblament. El sensor es mou damunt un rail de 2 o 6 metres, en funció de les necessitats, i va equipat amb sis antenes piramidals, dues per a una transmissió contínua i quatre per a la recepció en configuració polarimètrica-interferomètrica. Amb un programa continu d'adquisició de dades en diferents dates es poden obtenir mapes de subsidències de gran precisió fent servir tècniques d'interferometria diferencial radar (DInSAR).

El projecte va permetre analitzar la problemàtica i els moviments del sòl en conques potàssiques i desenvolupar una eina pràctica per a la gestió del risc dels moviments del sòl (subsidències).



# Riscos geològics

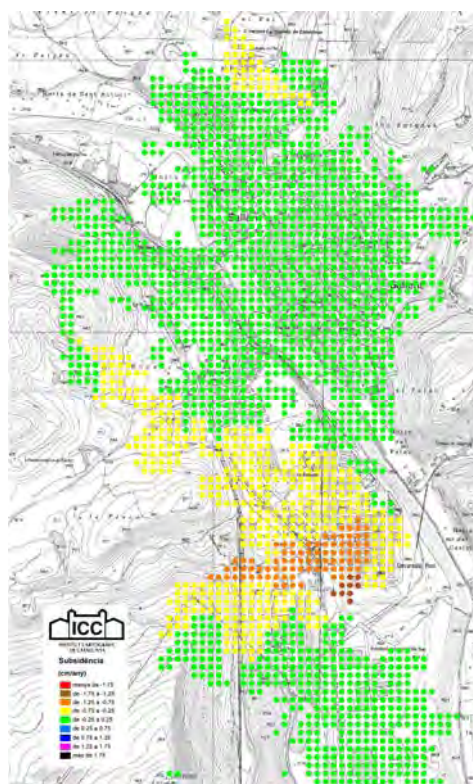
RISCMASS: Metodologies per a la gestió dels riscos de moviment del sòl i anàlisi de la política d'assegurances

## Aportació

Definició de models i mapes de riscos de moviments del sòl per tal de donar suport a la planificació territorial i establir unes polítiques d'assegurances coherents amb la problemàtica.

## Publicacions tècniques

- Palà, V., Mora, O., Arbiol, R., Marturià, J.: *Products derived from an advanced DInSAT-GIS application for risk management*. ISPRS, Commission IV, WG IV/2. Goa (Índia), 2006.
- Marturià, J., Mora, Ò., Xifré, D., Martínez, P., Roca, R.: *DInSAR Techniques versus High Topographic Levelling Surveys: The Subsidence Phenomena in Sallent*. European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, vol. II, pàg. 53-57. Barcelona, 2006.
- Marturià, J., Martínez, P., Roca, A.: *Implementation of a Subsidence Risk Management System*. European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, vol. I, pàg. 394-396. Barcelona, 2006.
- Teixidó, T., Gabàs, A., Martínez, P.: *Métodos eléctricos y sísmicos en la detección de zonas de dilución salinas. Caso del río Cardener, Barcelona*. 4a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, pàg. 437-438. Portugal, 2004.
- Crosetto, M., Castillo, M., Arbiol, R.: *Urban subsidence monitoring using radar interferometry: Algorithms and validation*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(7):775-783. 2003.
- Mora, O., Mallorquí, J., Broquetas, A.: *Linear and nonlinear terrain deformation maps from a reduced set of interferometric SAR images*. IEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41 (10): 2243-2253. 2003.
- ICC: *Estudi del procés d'esfondrament del terreny als barris de l'Estació i de la Rampinya de Sallent*. Informes de la Unitat de Geologia, ICC-AR-65/02. Barcelona, 2002.



**Lideratge de l'estudi**  
Institut Cartogràfic de Catalunya

**Període**  
2004-2007

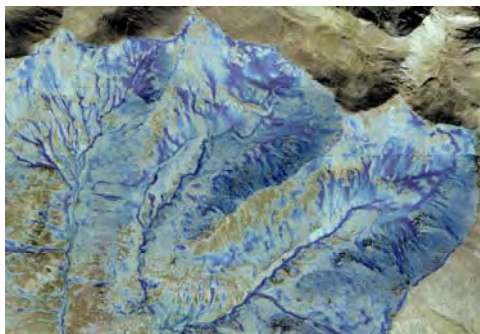
### Descripció

Atesa la demanda creixent d'aigua, cada vegada més s'imposa un control acurat dels recursos hídrics. El coneixement dels recursos en forma de neu existents als Pirineus és de vital importància, i té múltiples aplicacions. Una bona gestió dels embassaments en èpoques de desglaç permet actuar en la prevenció de sequeres, d'inundacions, en la gestió de l'aigua per a abastament urbà, agrícola i hidroelèctrica.

Amb la xarxa nivometeorològica ja es determina actualment la densitat de la neu i el gruix del mantell de forma puntual. Amb el làser aerotransportat es pot determinar l'extensió de la superfície amb mantell estacional i el gruix d'aquest mantell amb molta precisió. La precisió del làser (de 5 cm de mitjana en la z) pot donar un error d'entre el 10 % (situacions de mantell nival de poc gruix) i el 2% (situacions de mantell nival amb gruix important).

L'objectiu d'aquest projecte és la validació de la precisió en l'obtenció del gruix del mantell nival amb el làser aerotransportat per a poder calcular l'estimació del volum d'aigua.

També es desenvolupa un model de distribució de neu per avaluar els recursos hídrics provinents del mantell nival a partir d'uns transectes de control amb dades lídar. Això suposa un important estalvi en la cobertura dels vols lídar, ja que només cal volar entre un 10-20% de la zona.



Detall del mapa del gruix de neu realitzat a partir d'un vol lídar d'hivern i un d'estiu.

### Aportació

Desenvolupament d'un servei per a fer estimacions dels recursos hídrics destinat a les comunitats de regants, empreses hidroelèctriques i administracions amb competències en la gestió de l'aigua.



## Lideratge de l'estudi

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA - CNR) (IT)

## Participants, col·laboracions

Politecnico di Milano – IPOLIMI (IT)  
Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF (CH)  
Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft Technische Universität Wien (AU)  
University of Slovenia SIULFGG (SL)  
Remote Sensing Data Engineering RSDE (IT)  
Universitat Jaume I (ES)  
6è Programa Marc de la UE

## Període

2005-2007

## Aportació

Coneixement en el desenvolupament de geoserveis via Internet per a aplicacions temàtiques.

## Publicacions tècniques

- Granell, C., Díaz, L., Esbrí, M. A., Gould, M., Lladós, A.: *Contribuciones de una IDE a la e-Ciencia: Proyecto AWARE*. III Jornadas técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España. Castelló, 2006.

## Descripció

L'objectiu del projecte era el desenvolupament de models i eines que permetessin controlar i predir la quantitat d'aigua disponible en les conques a partir de la mesura de la quantitat de neu. D'aquesta manera es pretenia fer prediccions dels fluxos d'aigua a mitjà i llarg termini per a poder realitzar una gestió més sostenible dels recursos hídrics.

Els models desenvolupats es basen en l'ús combinat de dades procedents de satèl·lits d'observació de la Terra i mesures *in situ* de dades hidrogeològiques i meteorològiques.

En el projecte van participar instituts de recerca, universitats i empreses de 5 països europeus (Àustria, Eslovènia, Espanya, Itàlia i Suïssa).

L'ICC era el responsable de desenvolupar un geoservei per a aplicar els models desenvolupats en el projecte. Aquest geoservei, que segueix els requeriments del programa INSPIRE, és capaç d'analitzar dades globals i locals per a poder calcular, arxivar, actualitzar i distribuir les informacions derivades de les dades d'innivació.

D'altra banda, l'ICC també va participar en la informació i la involucració en el projecte dels usuaris finals, com pot ser l'Agència Catalana de l'Aigua o el Ministerio de Medio Ambiente.



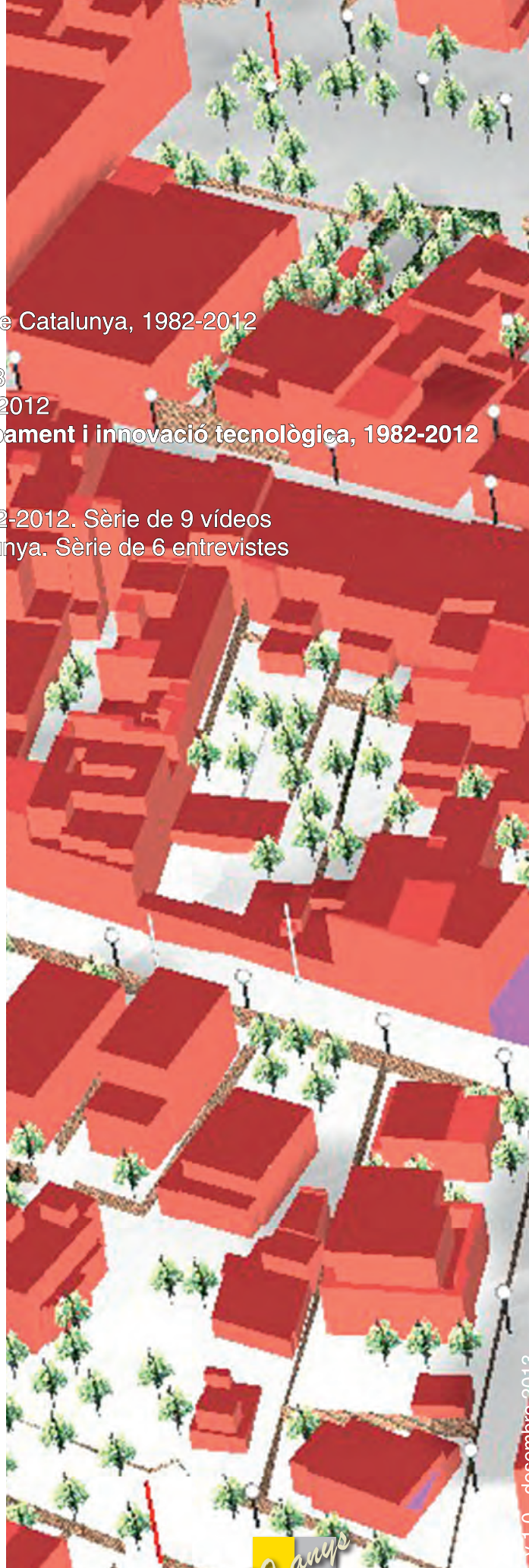
## Sèrie "30 anys"

### Llibres

1. L'ambició de la mesura, 1982-2012
2. Legislació sobre la geoinformació de Catalunya, 1982-2012
3. Publicacions, 1982-2012
4. Projectes internacionals, 1983-2013
5. El coneixement i l'expertesa, 1982-2012
6. Projectes de recerca, desenvolupament i innovació tecnològica, 1982-2012

### Vídeos

7. La geoinformació a Catalunya, 1982-2012. Sèrie de 9 vídeos
8. Actors de la geoinformació a Catalunya. Sèrie de 6 entrevistes



v.1.0 - desembre 2013

30 anys  
1982-2012