



Monitoratge dels riscos de moviment del terreny a l'ICGC

Marc Janeras

Cap de la Unitat d'enginyeria geològica i geotècnia, ICGC



Sumari

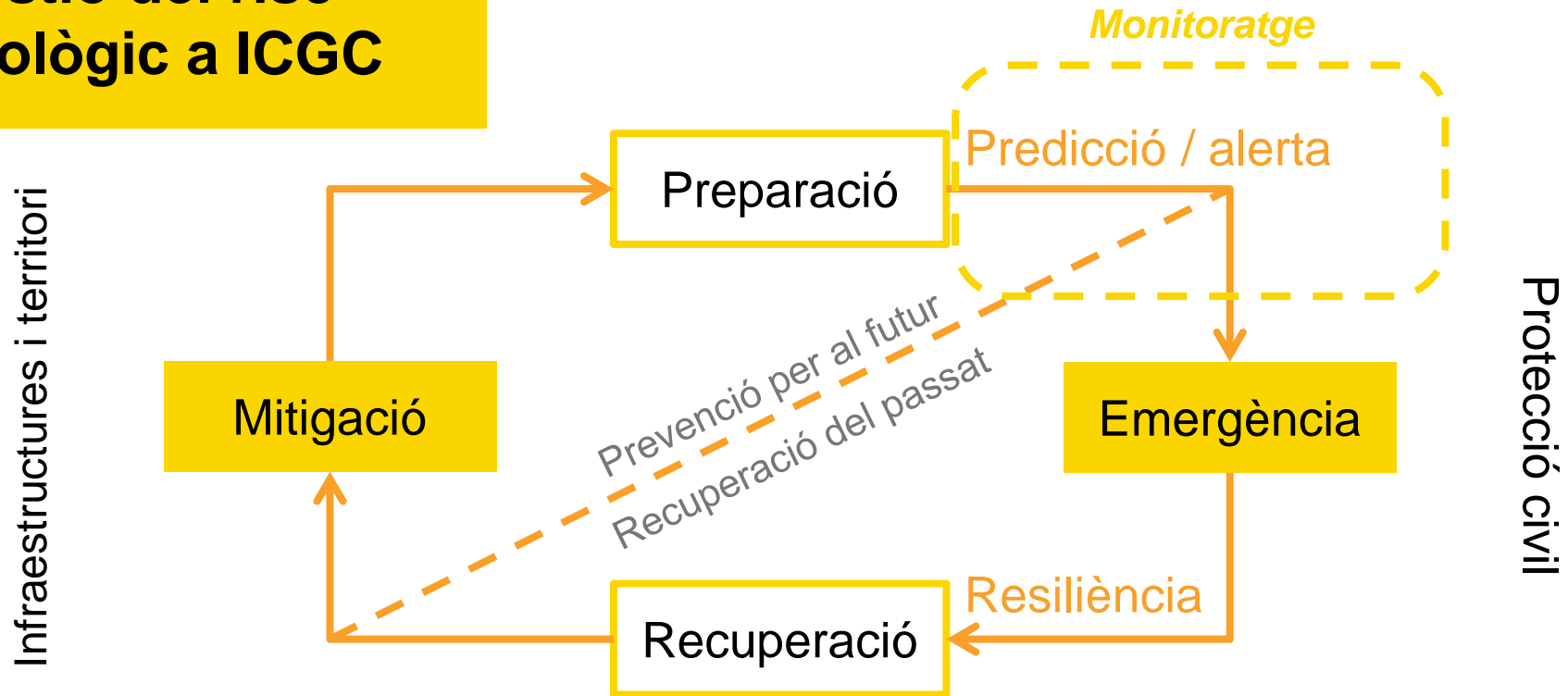
- Gestió del risc geològic a ICGC
 - El cicle de la gestió del risc
 - La mitigació del risc
 - El monitoratge a l'ICGC

Casos d'exemple

- Sallent, barri de l'Estació
- Barberà de la Conca
- Massís de Montserrat

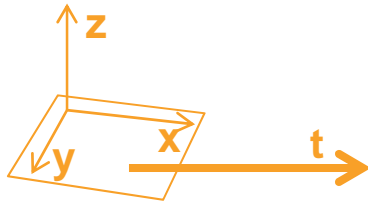


Gestió del risc geològic a ICGC

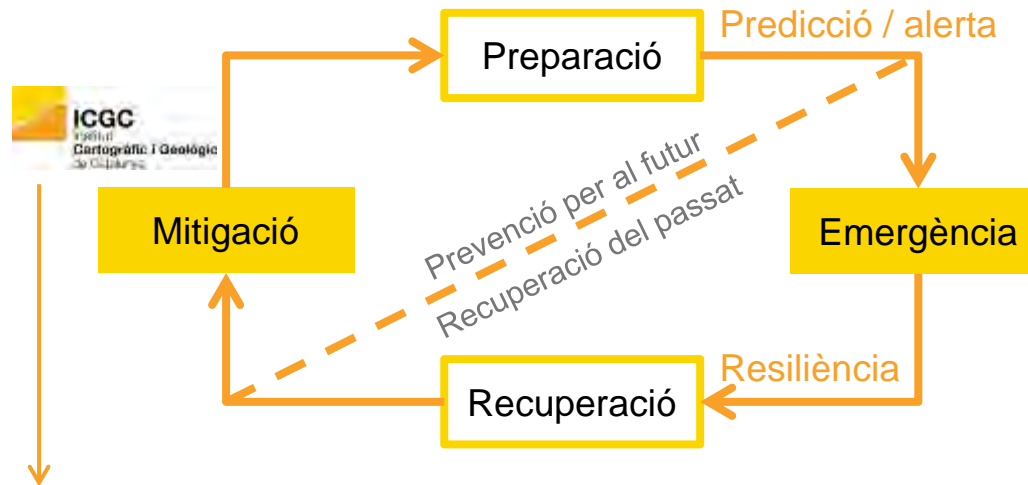


Gestió del risc geològic a ICGC

El cicle de la gestió del risc



$$\text{Risc} = \text{Perillositat} \cdot \text{Exposició} \cdot \text{Vulnerabilitat}$$



El risc varia en:

- Espai (x,y,z) —> Cartografia i projecte de protecció permanent
- Temps (t) —> Predicció i operació (seguiment, auscultació)



Gestió del risc geològic a ICGC

La mitigació del risc

- La gestió dels risc, en pro de la seva mitigació és una labor de **continuitat** i amb caràcter cíclic que cal integrar en la pròpia gestió dels espais i les activitats.
- El recorregut coherent d'aquest **cicle** és el que permet obtenir una mitigació del risc, és a dir la seva minimització fins a nivells residuals acotats i controlats.



Gestió del risc geològic a ICGC

El monitoratge a l'ICGC

Conclusió:

L'auscultació és estratègica per a l'Àrea de Geotècnia i Prevenció Riscos Geològics

L'auscultació ens permet:

- La mesura (quantitativa) que acompanya l'observació (qualitativa)
- Comprendre les dinàmiques (mecanismes, variabilitat espai-temps)
- Validar models i calibrar-los
- Comprovar l'eficàcia de les solucions
- Extrapolar prediccions

Cal distingir:

- Moviments del terreny →
- En geotècnia i risc geològic
 - En geofísica, sismologia, geodèsia ...

Unitat d'Instrumentació i xarxes

És estratègica per diferents àrees de l'ICGC, com a recurs propi per aquests projectes que necessiten auscultació



Casos d'exemple

- **Sallent, barri de l'Estació**
 - **Barberà de la Conca**
 - **Massís de Montserrat**
- Tipus de moviment del terreny:
 - Enfonsament - Inflament
 - Esllavissades
 - Despreniments
 - Allaus de neu
 - Fluxos torrencials
 - Terreny:
 - Urbà
 - Natural
 - Afectació:
 - Edificació
 - Infraestructures



Sallent, barri de l'Estació

Situació:

- Conca potàssica de la Depressió central catalana

Antecedents:

- 1932: Inici d'exploració mina Enrique
- 1954: Detecció d'una cavitat
- 1977: Clausura de la mina
- 1997: intervenció ICGC arran de patologies a les edificacions del barri

20 anys d'auscultació



Sallent, barri de l'Estació

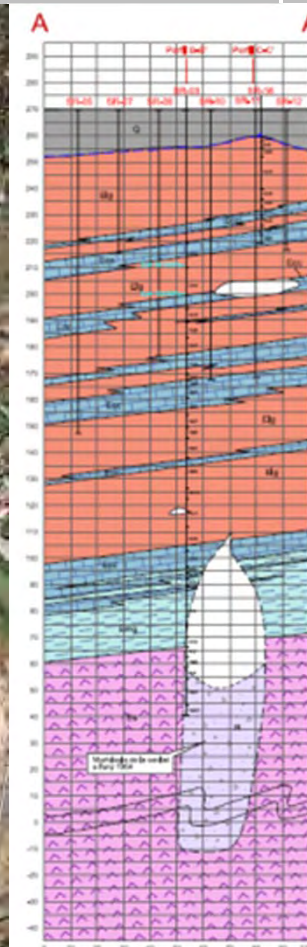
Monitoratge i aplicacions

Auscultació:

- Anivellament de precisió
- Estació Total robotitzada
- Extensometria en profunditat i inclinometria
- DInSAR (satèl·lit i terrestre)
- Wi-GIM

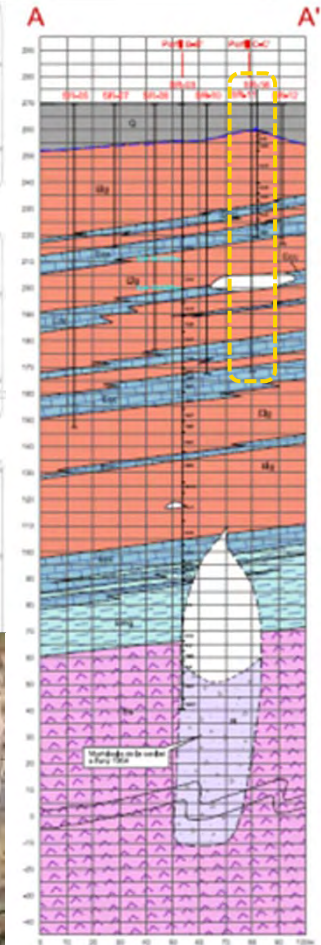
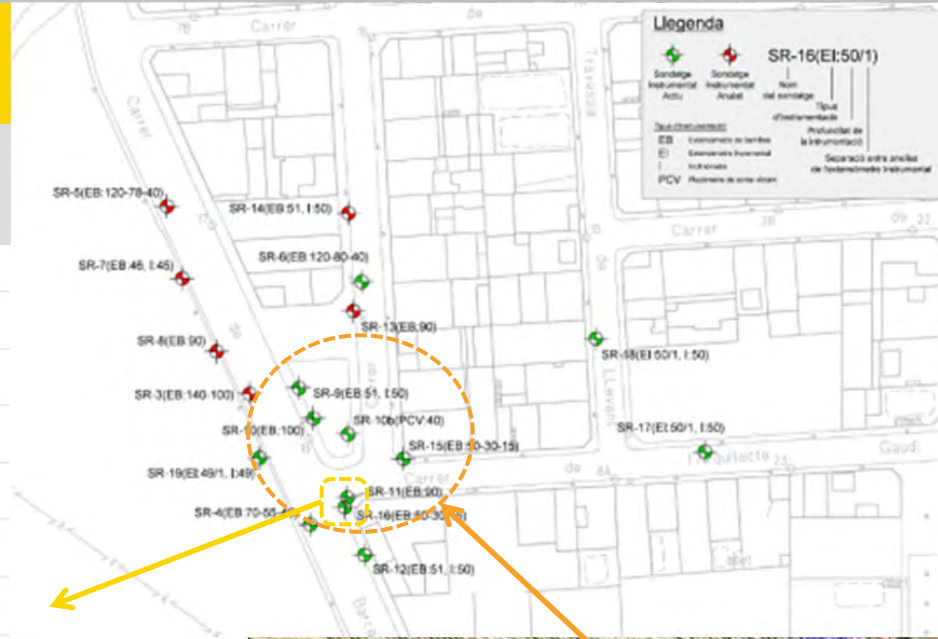
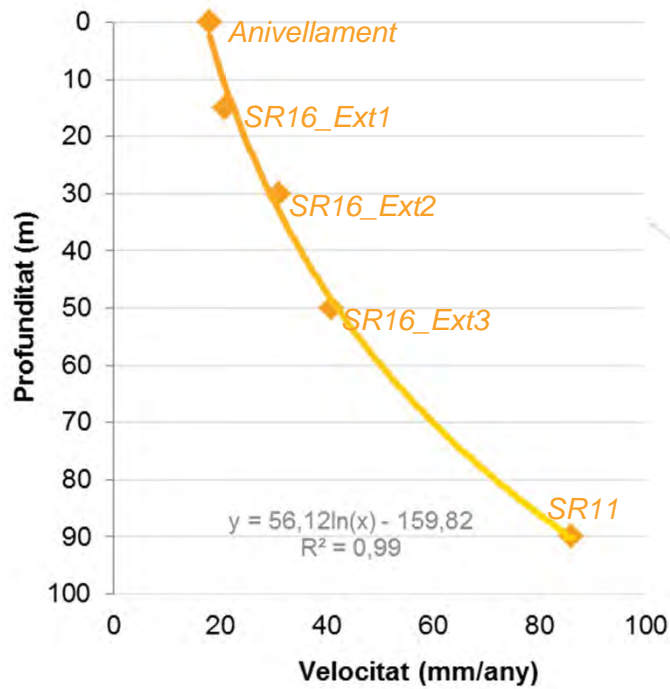
Aplicacions:

- Entendre el problema
- Calibrar models
- Sistema d'alerta
- Predicció d'escenaris:
 - col·lapse
 - dany acumulat



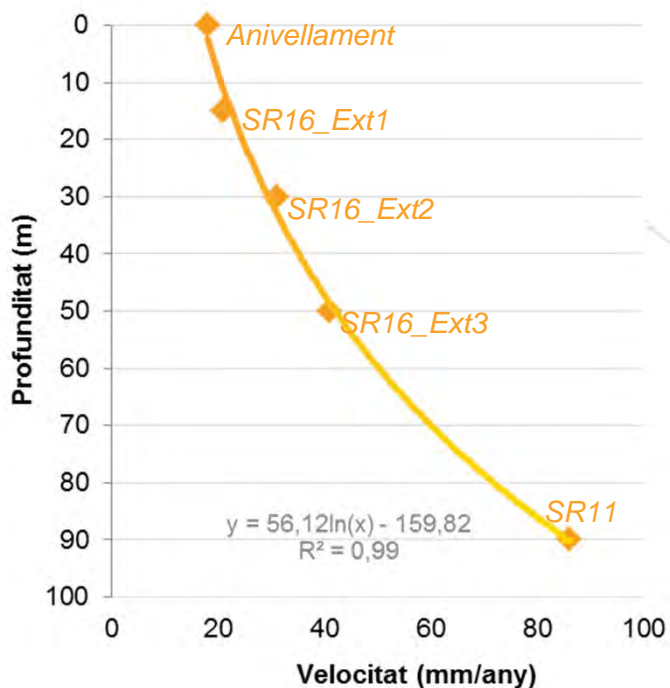
Sallent, barri de l'Estació

Monitoratge i aplicacions

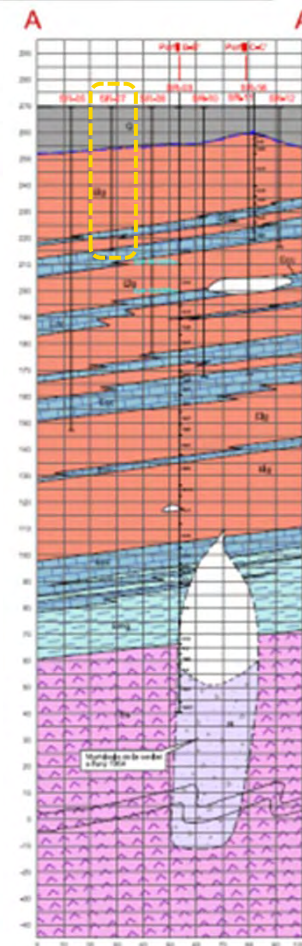
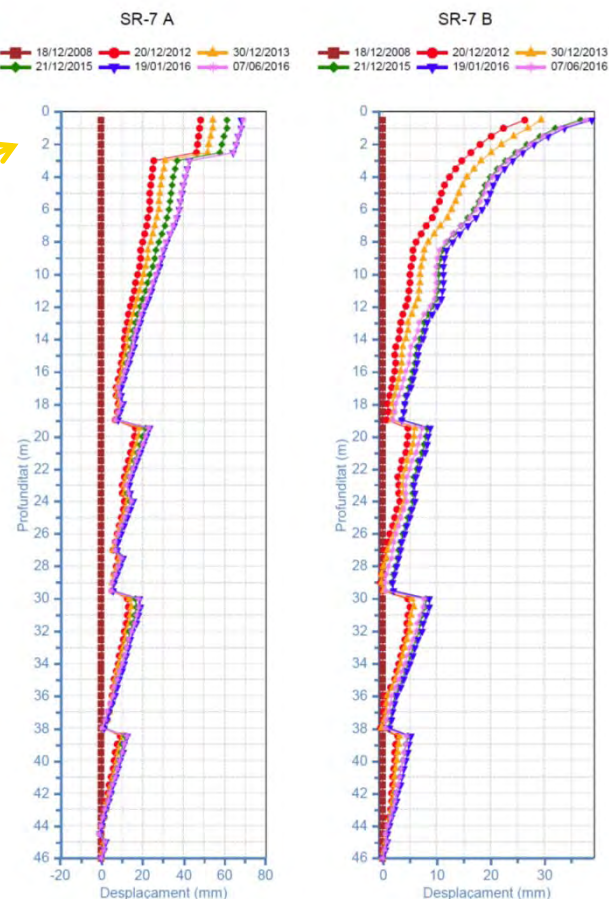


Sallent, barri de l'Estació

Monitoratge i aplicacions

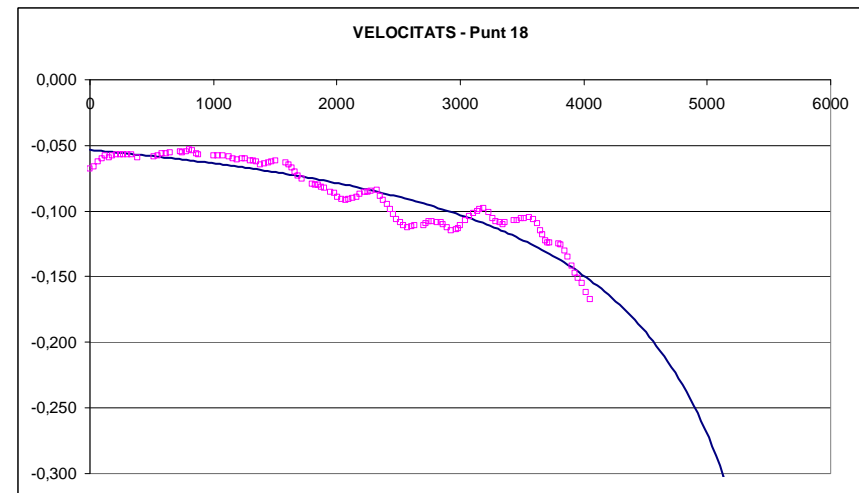
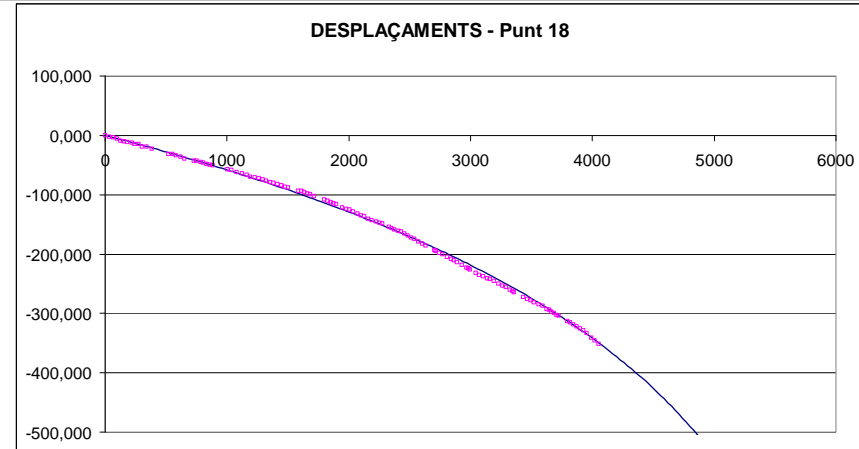
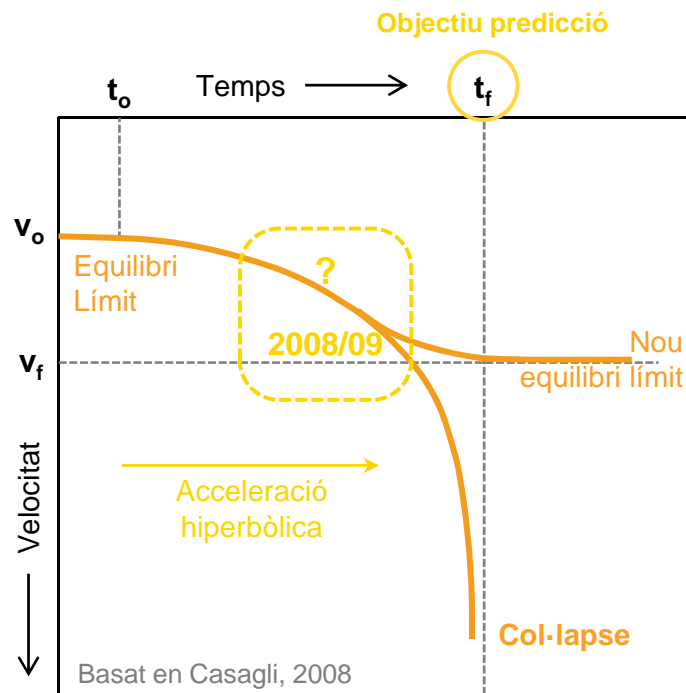


Deformacions Acumulades



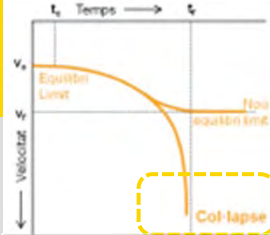
Sallent, barri de l'Estació

Predicció d'escenaris



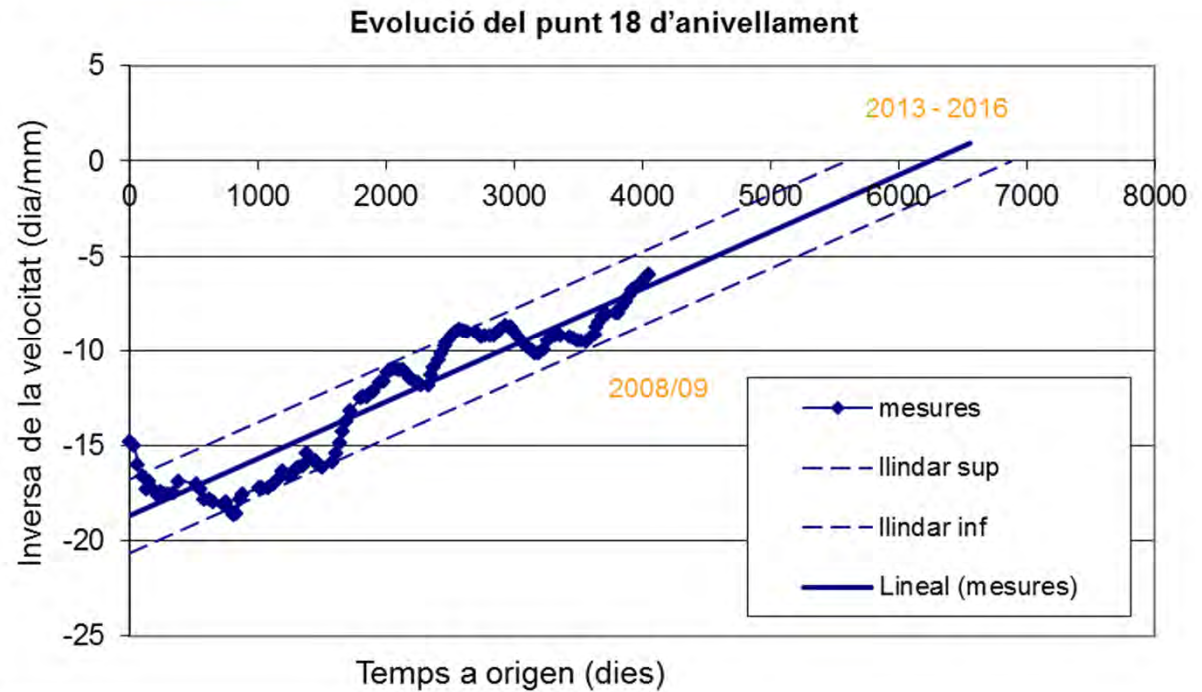
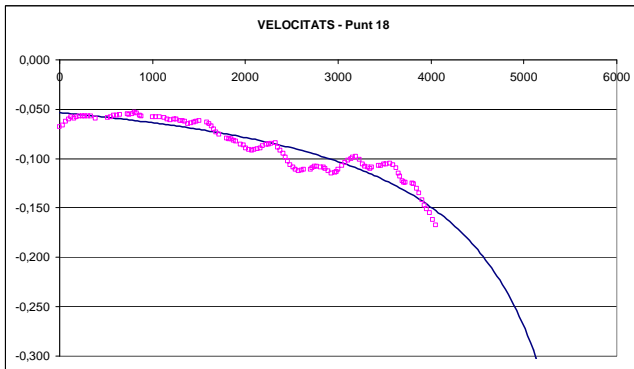
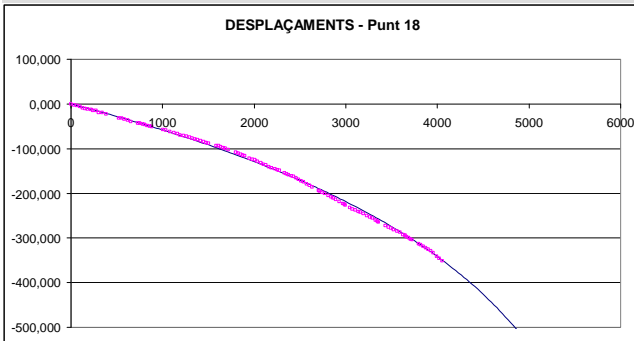
Sallent, barri de l'Estació

Predicció d'escenaris



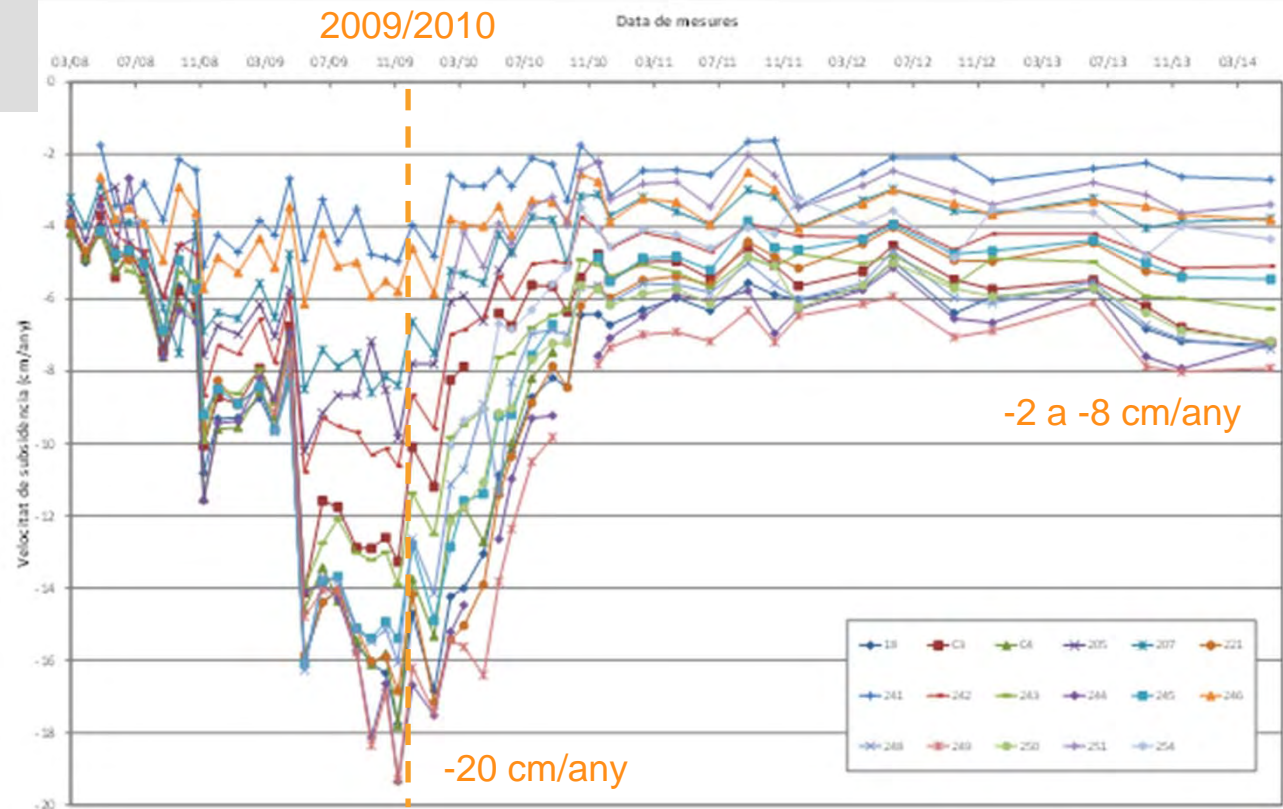
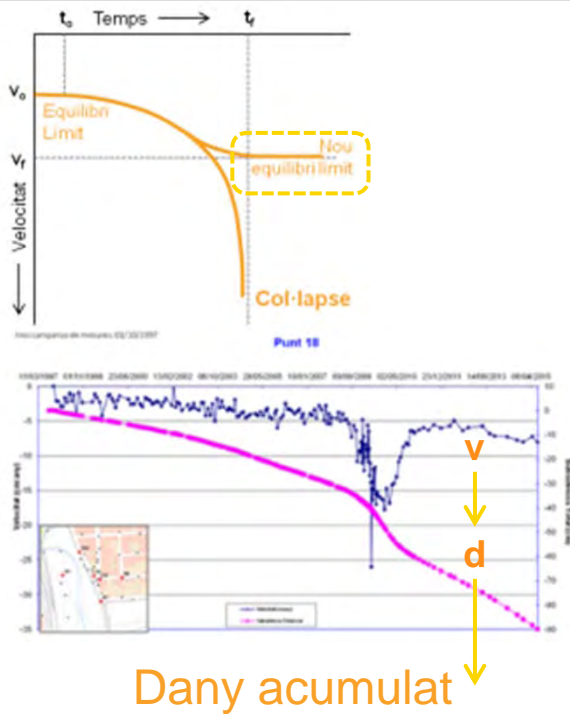
Mètodes de predicció de col·lapse

Saito, 1965
 Fukuzono, 1985
 Voight, 1988
 Azimi, 1988



Sallent, barri de l'Estació

Predicció d'escenaris



Teledetecció DInSAR

Proj. Subsidiència CAT

- Minería
- Explotació aqüífers

Des de 2004

ERS-ENVISAT:

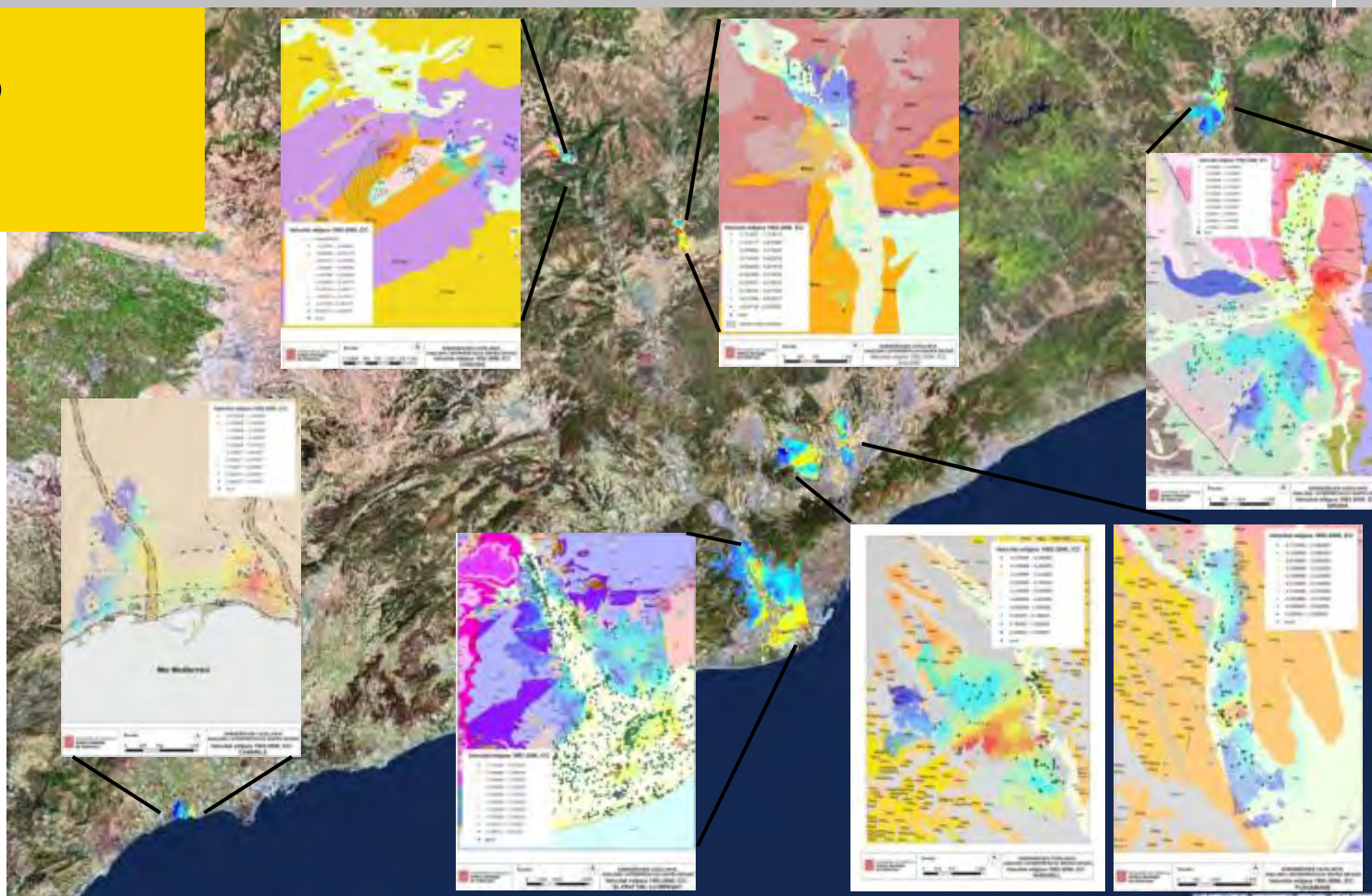
- Anys 1992 - 2010
- Resolució 40 m

COSMO-SkyMed:

- Anys 2010 - 2015
- Resolució 12 m

SENTINEL:

- Anys 2015 - actual
- Resolució 20 m

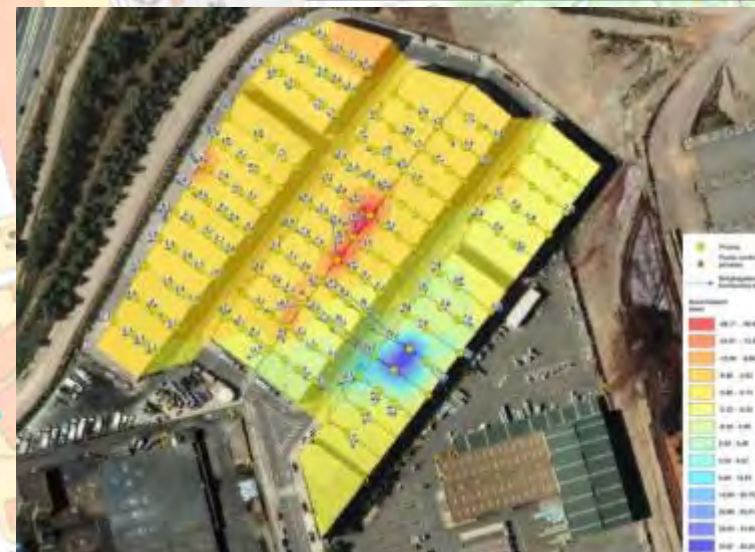
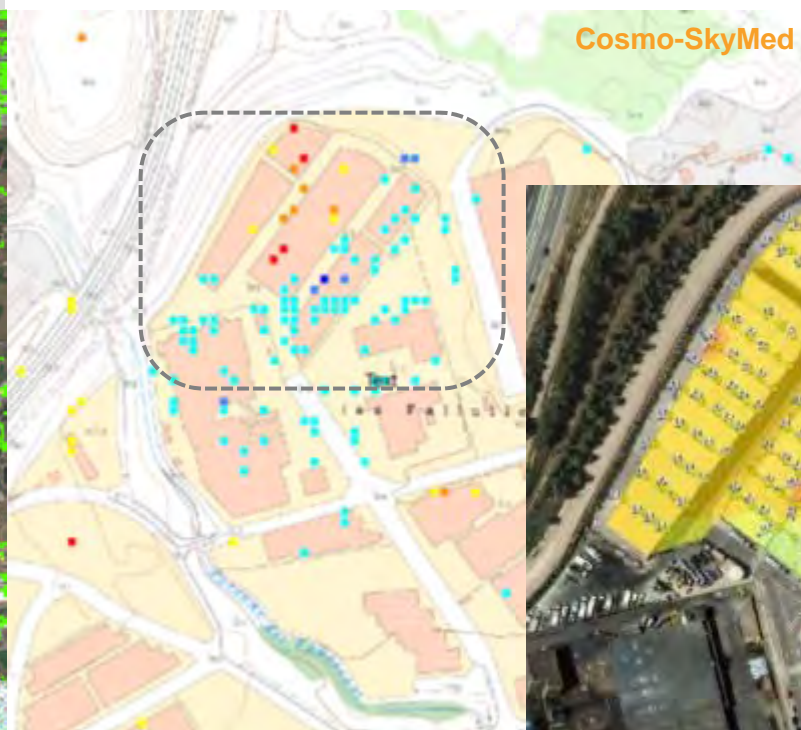


Teledetecció DInSAR

Detecció i anàlisi



Polígon industrial Les Fallulles, St. Vicenç dels Horts



Barberà de la Conca

Antecedents:

- 2010: Aparició esquerdes
- 2011: Inici seguiment ICGC
- 2012: Inici auscultació i reconeixement del terreny

5 anys d'auscultació

Context geològic:

- Tapàs: Limolita amb intercalacions de gresos i conglomerats amb presència de guixos secundaris



Barberà de la Conca

Auscultació 1a etapa

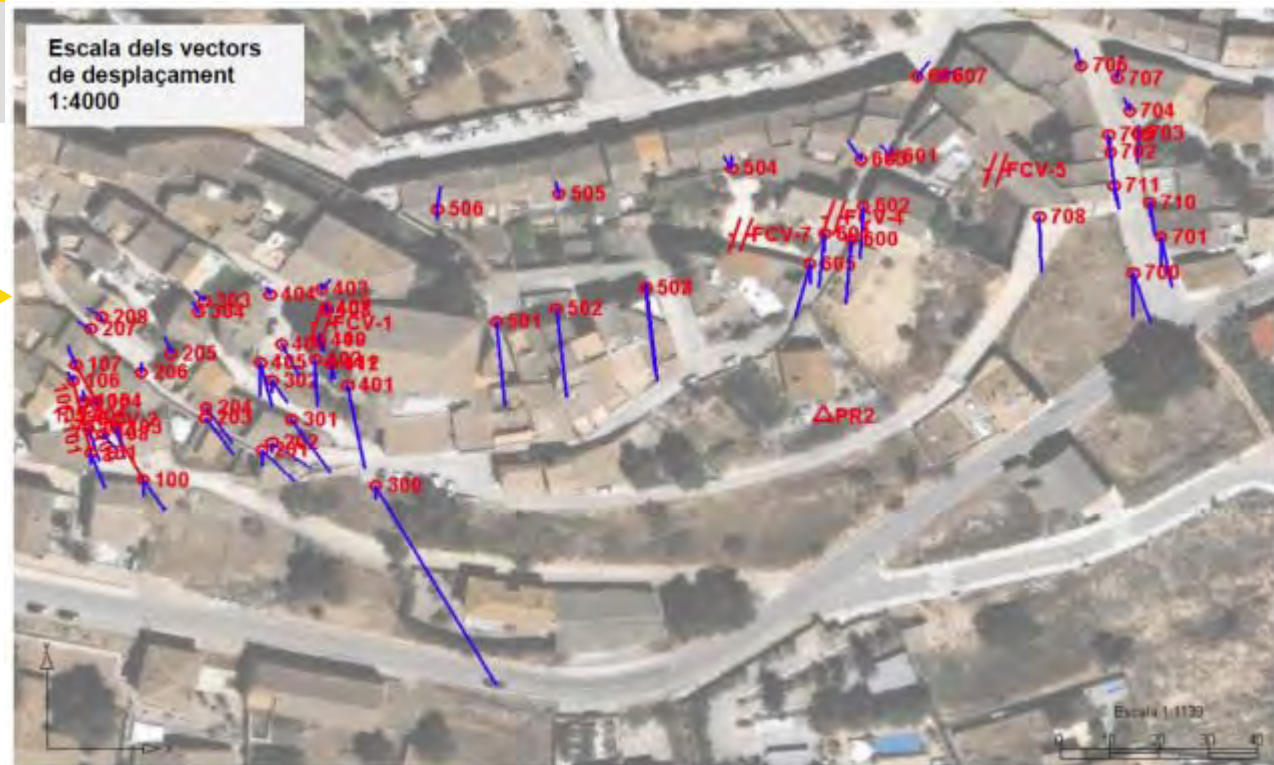
Auscultació inicial:

- Campanyes topogràfiques (ET + GNSS)
- Fissurímetres analògics i puntualment digitals
- Piezòmetres
- GbInSAR

Aplicacions de 1a etapa:

- Caracteritzar el moviment, identificar el mecanisme cinemàtic, encaix en l'estructura del terreny

Desplaçament total acumulat en control topogràfic (2012 – 2016)



Barberà de la Conca

Auscultació 1a etapa

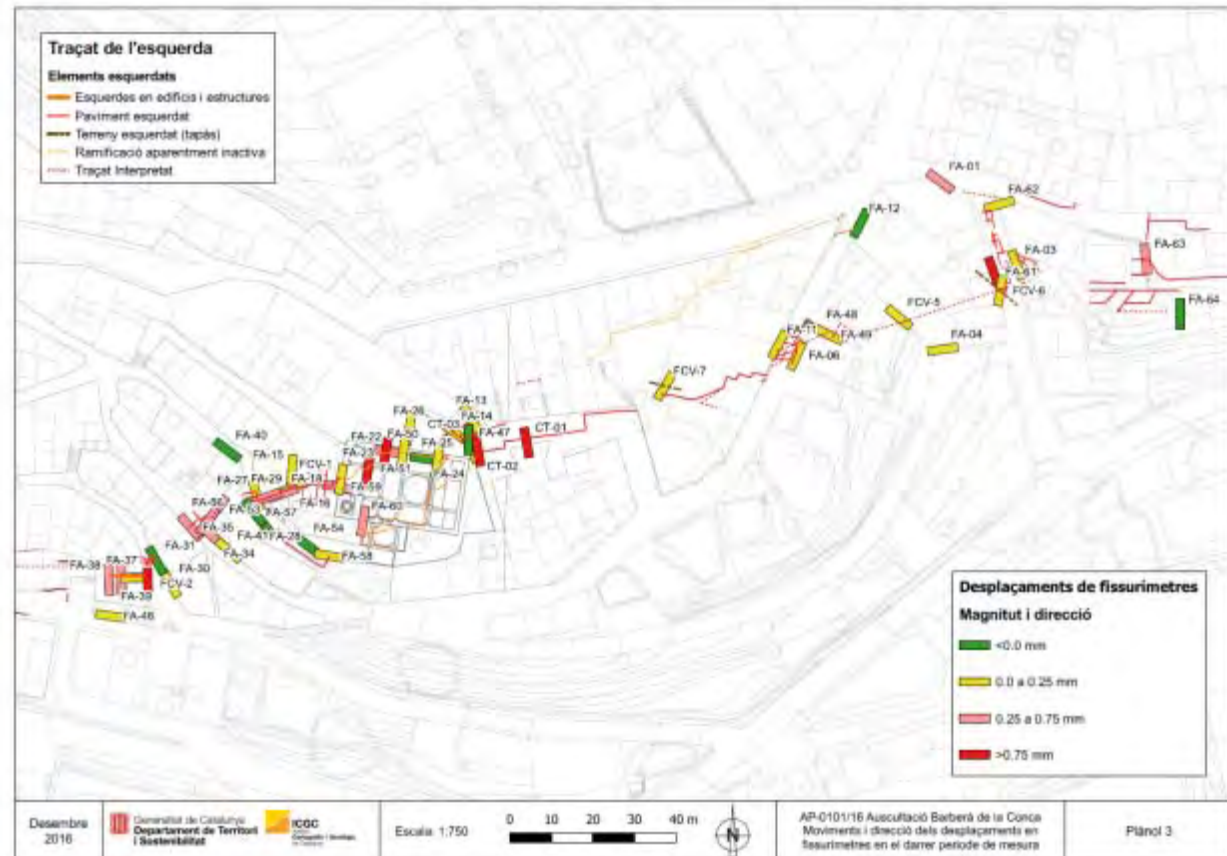
Auscultació inicial:

- Campanyes topogràfiques (ET + GNSS)
- Fissurímetres analògics i puntualment digitals
- Piezòmetres
- GbInSAR

Aplicacions de 1a etapa:

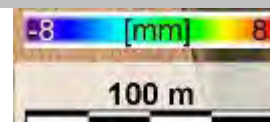
- Caracteritzar el moviment, identificar el mecanisme cinemàtic, encaix en l'estructura del terreny

Desplaçament mensual en fissurímetres (desembre 2016)



Barberà de la Conca

Resultats campanyes Gb-SAR
Desplaçaments 14/11/2011 – 20/03/2013



Auscultació 1a etapa

Auscultació inicial:

- Campanyes topogràfiques (ET + GNSS)
- Fissurímetres analògics i puntualment digitals
- Piezòmetres
- GbInSAR



Aplicacions de 1a etapa:

- Caracteritzar el moviment, identificar el mecanisme cinemàtic, encaix en l'estructura del terreny



Barberà de la Conca

Auscultació 2a etapa

Ampliació del monitoratge:

- Major automatització, temps real
- Major contacte al terreny
 - Generalització de fissurímetres digitals
 - ET robotitzada
 - Estació meteorològica i piezòmetres

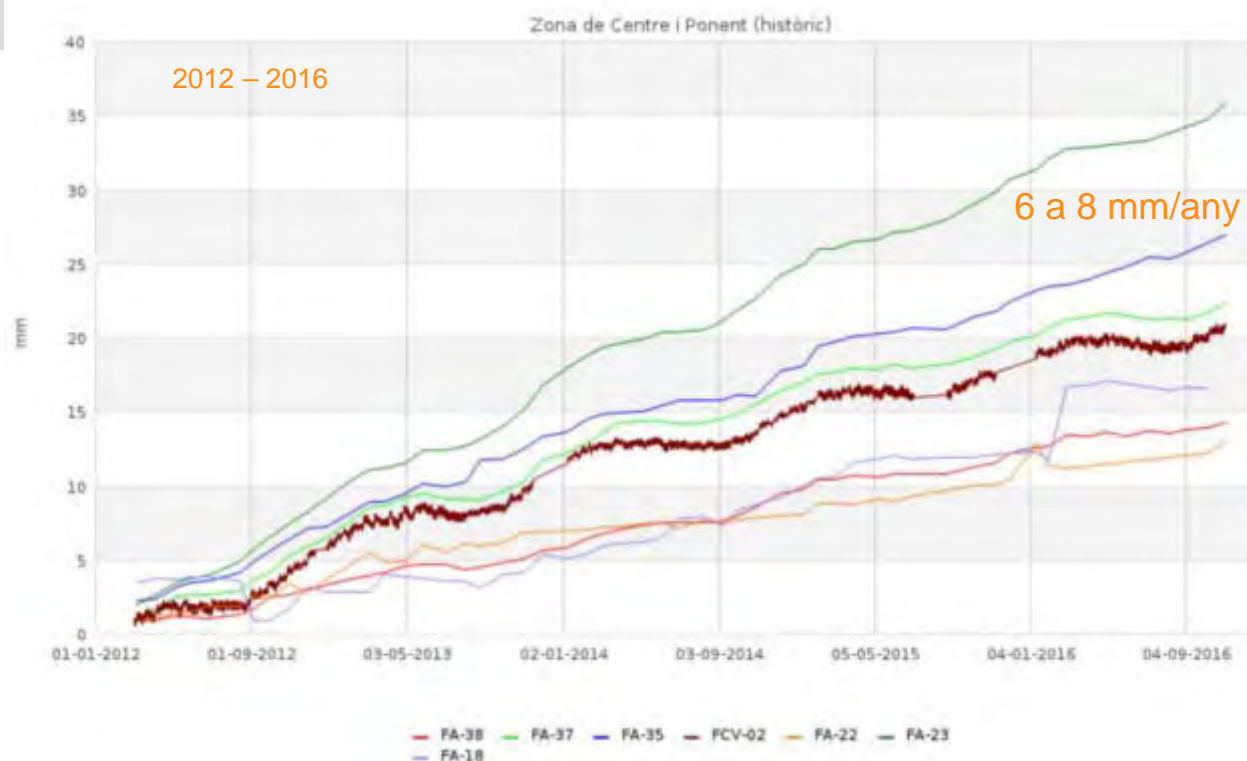
Noves aplicacions:

- Seguiment obres de reforç estructural d'edificis
- Criteris per a una definició urbanística

Limitació:

- Mesura sobre els edificis
- Edificis = testimonis de moviment del terreny

Es constata que es manté el moviment progressiu.

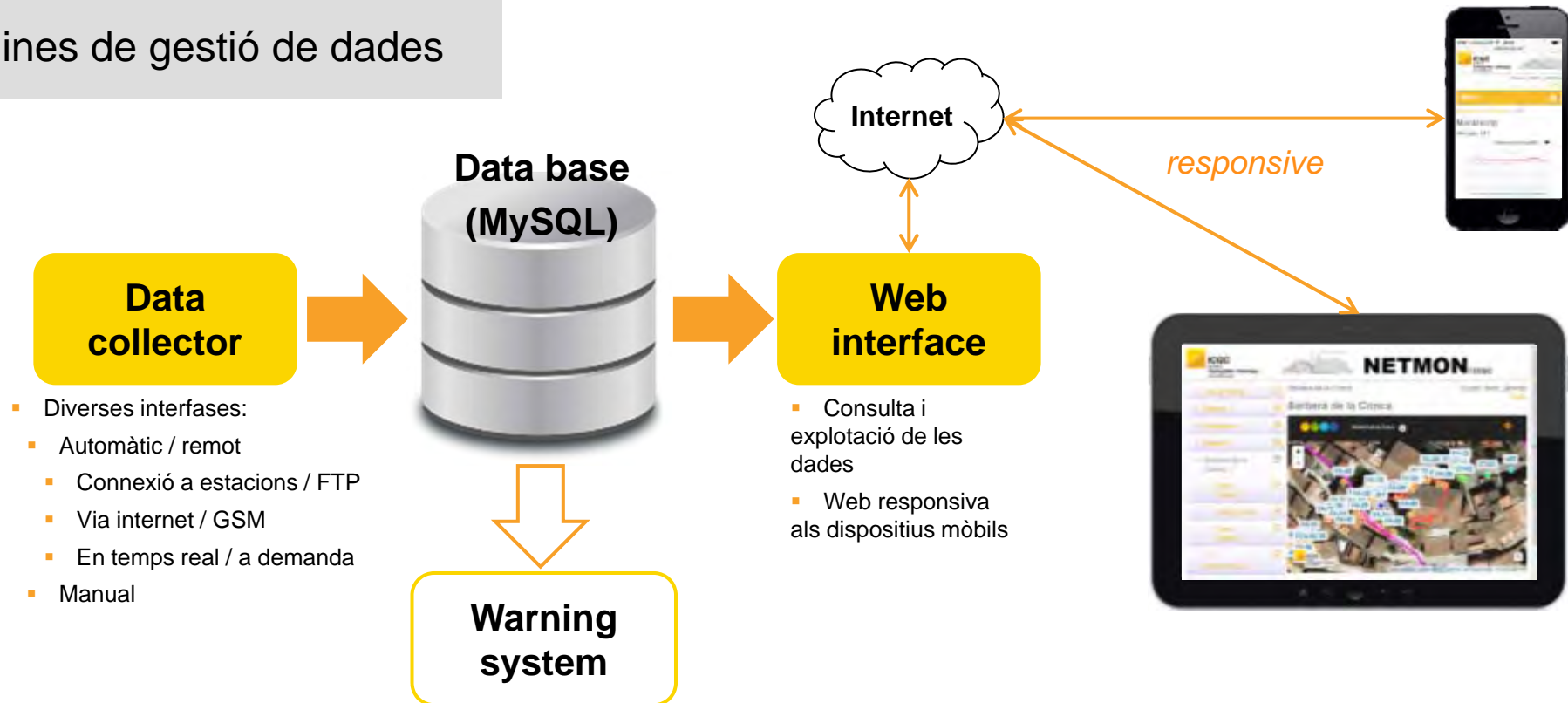


Barberà de la Conca

Eines de gestió de dades



Gestió unificada i homogènia dels projectes de monitoratge a ICGC



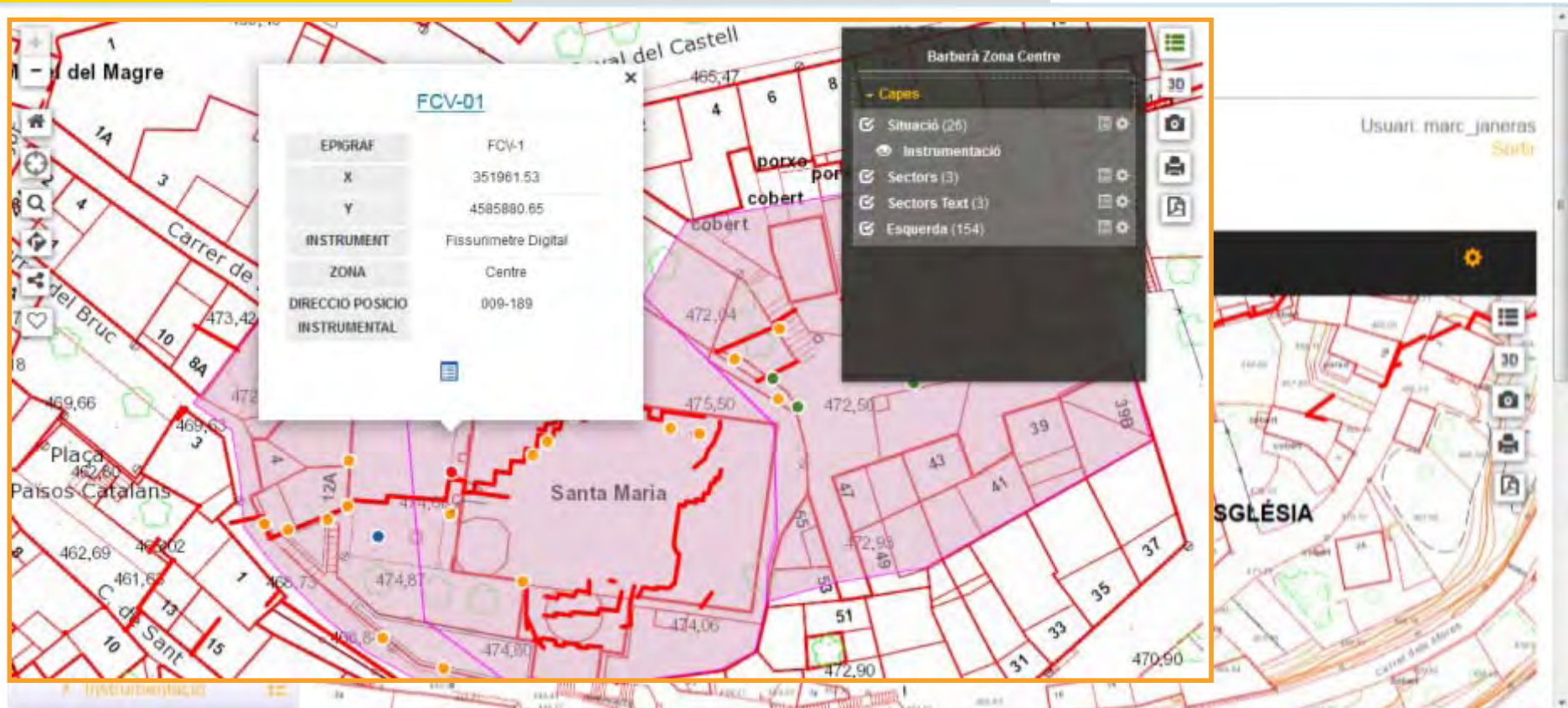
Barberà de la Conca

Eines de gestió de dades

The screenshot displays the NETMON ICGC web application interface. At the top left is the ICGC logo (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya). The main header features the 'NETMON ICGC' logo. Below the header, the breadcrumb navigation shows 'Barberà de la Conca > Zona Centre'. The user is identified as 'Usuari: marc_janeras' with a 'Sortir' (Logout) button. A left-hand navigation menu lists various zones and points of interest, including 'Vall de Noya', 'Sallent', 'Moniserrat', 'Estarit', 'Barberà de la Conca', 'Zona Ponent', 'Zona Centre', 'Església', 'Darrera Església', '19 Església i Olla', 'Zona Llevant', and 'Instrumentació'. The main map area shows a detailed street map of Barberà de la Conca with several monitoring points marked by colored dots (yellow, green, blue, red). Key locations labeled on the map include 'ESGLÉSIA', 'DARRERA ESGLÉSIA', and 'PL. ESGLÉSIA I BRUC'. Specific monitoring points are labeled with codes such as FA-13, FA-26, FA-15, FA-29, FA-59, FA-60, FA-64, FA-58, CA-51, CT-02, CT-01, and S-3. The map interface includes standard navigation controls like zoom in/out, pan, and a scale bar.

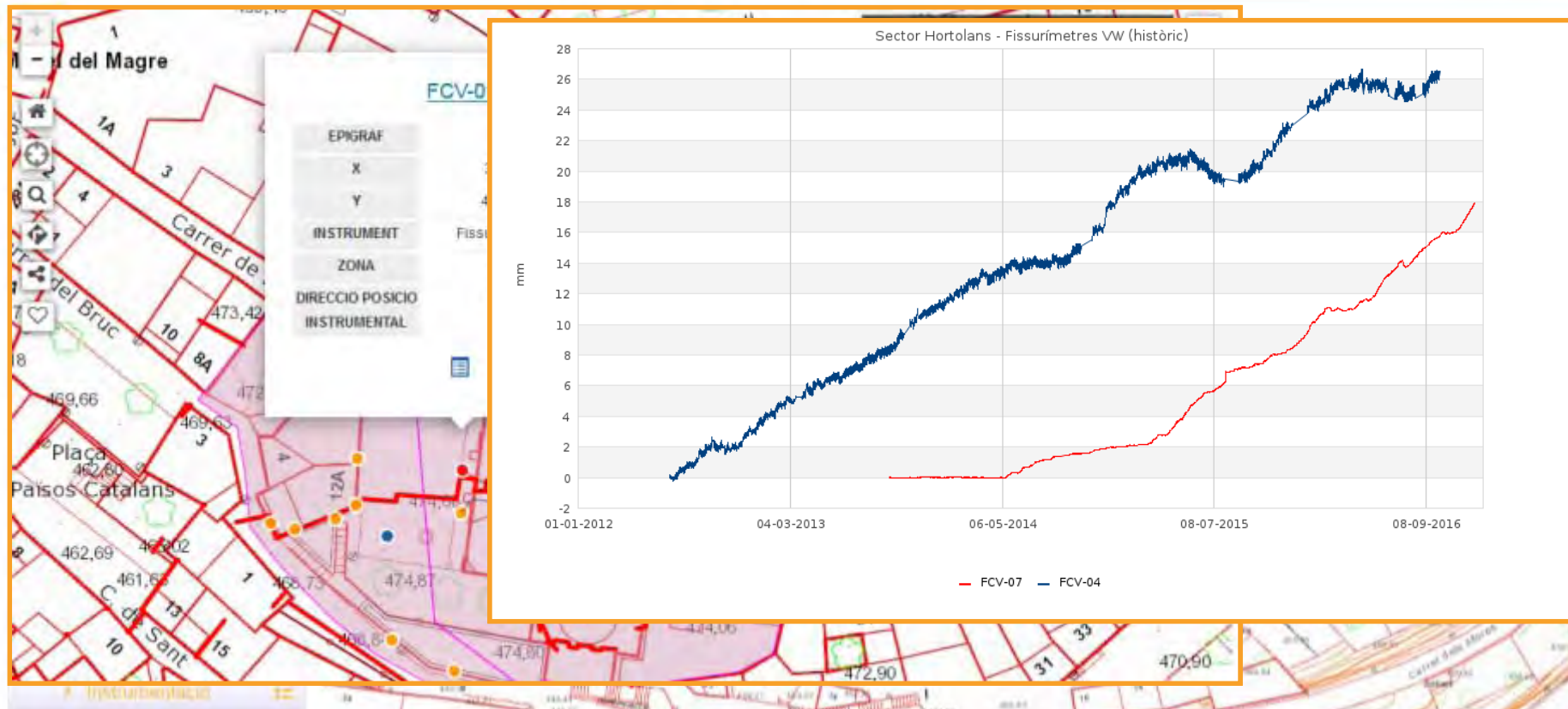
Barberà de la Conca

Eines de gestió de dades



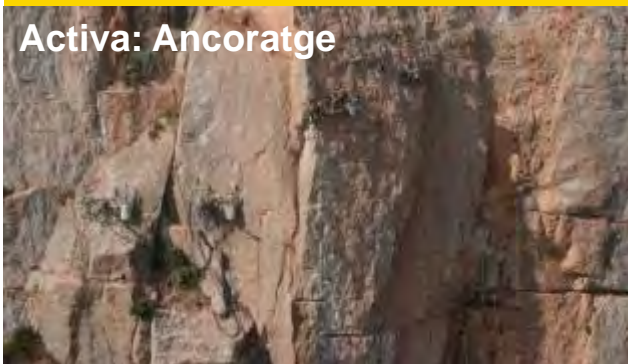
Barberà de la Conca

Eines de gestió de dades

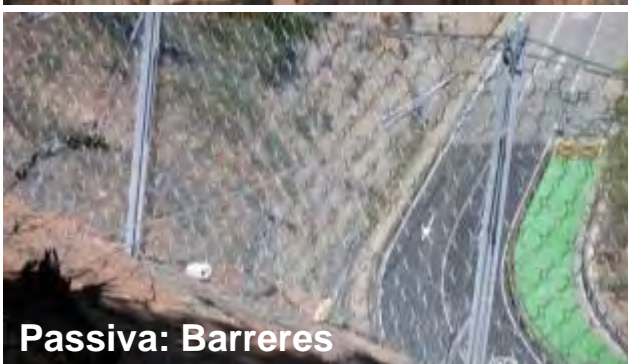


Massís de Montserrat

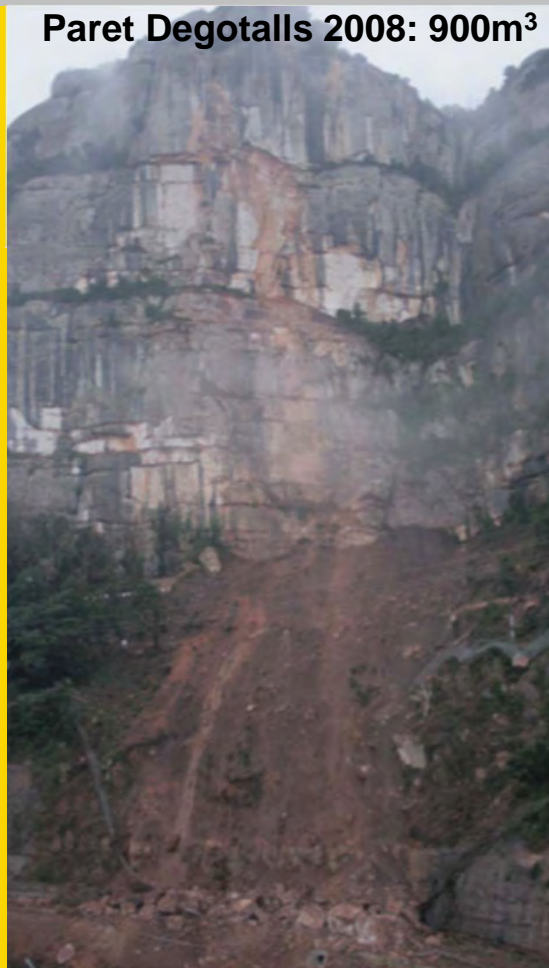
Activa: Ancoratge



Passiva: Barreres



Paret Degotalls 2008: 900m³



Carretera i aparcament



Ferrocarril Cremallera



Massís de Montserrat

Instrumentació de blocs

El repte de la **predicció** dels despreniments:

- Dades
- ↓ **Auscultació**
- Informació
- ↓ **Modelització**
- Coneixement

Comportament geomecànic del massís

Obrirà la porta a:

- Priorització de les accions de protecció en base a estabilitat
- Sistemes d'alerta primerenca

	MAGNITUD	GRAD	PRIORITAT
10000-1	A	B	A
10000-2	A	B	A
10000-3	A	B	A
10000-4	A	B	A
10000-5	A	B	A
10000-6	A	B	A
10000-7	A	B	A
10000-8	A	B	A
10000-9	A	B	A
10000-10	A	B	A
10000-11	A	B	A
10000-12	A	B	A
10000-13	A	B	A
10000-14	A	B	A
10000-15	A	B	A
10000-16	A	B	A
10000-17	A	B	A
10000-18	A	B	A
10000-19	A	B	A
10000-20	A	B	A
10000-21	A	B	A
10000-22	A	B	A
10000-23	A	B	A
10000-24	A	B	A
10000-25	A	B	A
10000-26	A	B	A
10000-27	A	B	A
10000-28	A	B	A
10000-29	A	B	A
10000-30	A	B	A
10000-31	A	B	A
10000-32	A	B	A
10000-33	A	B	A
10000-34	A	B	A
10000-35	A	B	A
10000-36	A	B	A
10000-37	A	B	A
10000-38	A	B	A
10000-39	A	B	A
10000-40	A	B	A
10000-41	A	B	A
10000-42	A	B	A
10000-43	A	B	A
10000-44	A	B	A
10000-45	A	B	A
10000-46	A	B	A
10000-47	A	B	A
10000-48	A	B	A
10000-49	A	B	A
10000-50	A	B	A

Dels indicis d'interpretació subjectiva (observació)
Als indicis mesurables (auscultació)

Inventari blocs potencialment inestables (2011)



Massís de Montserrat

Instrumentació de blocs

Condicionants:

- Molts blocs a auscultar
- Proximitat entre blocs i edificis
- Dificultat d'accés
- Minimització d'impacte visual



Wireless Sensor Network



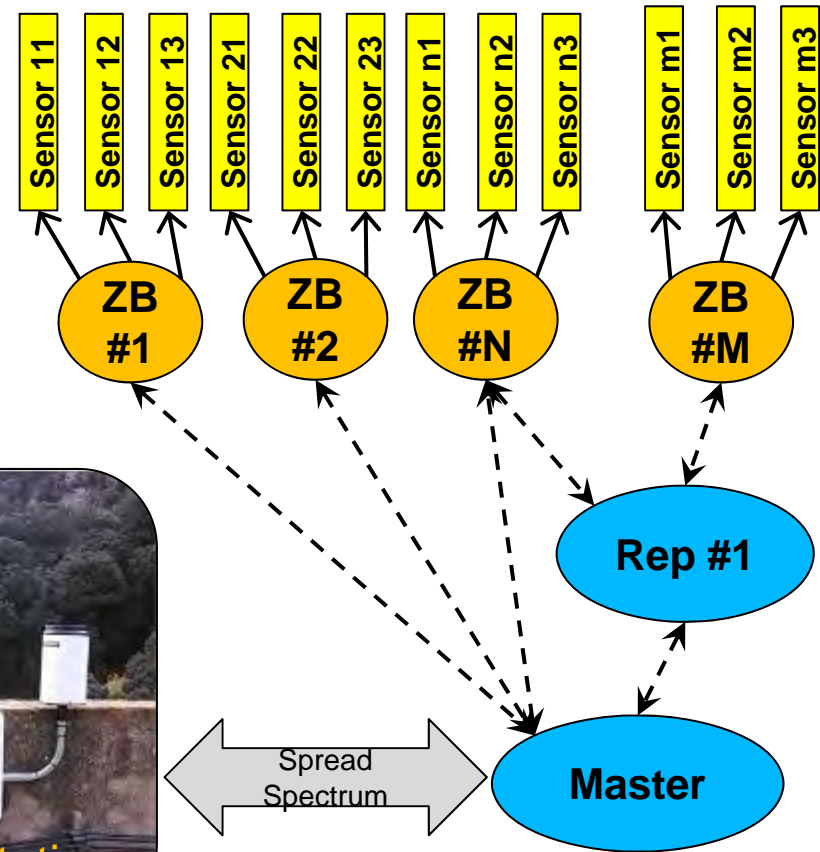
Massís de Montserrat

Instrumentació de blocs

Node: ZigBeeLogger



Topologia dinàmica per a cada xarxa (busca la millor ruta de connectivitat)



Massís de Montserrat

Instrumentació de blocs

Resultats del monitoratge:

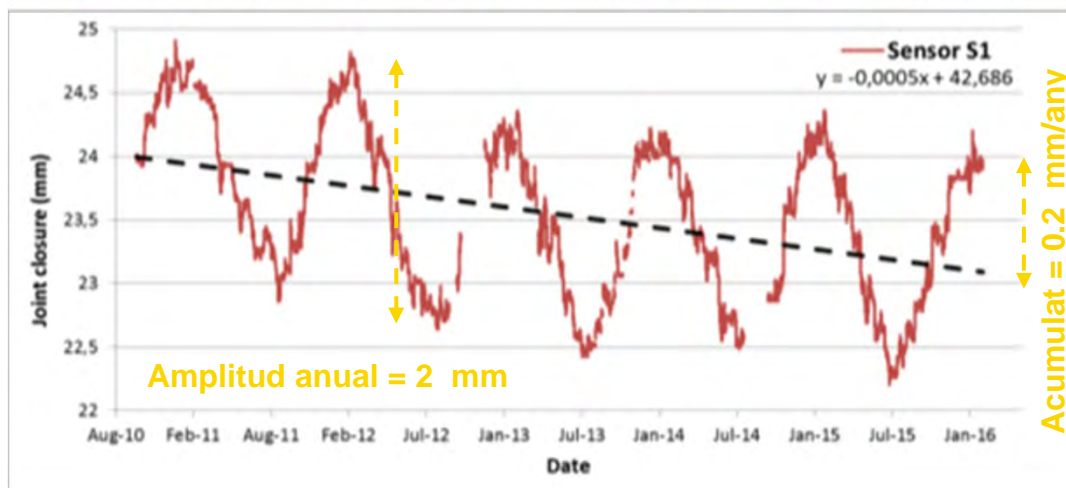
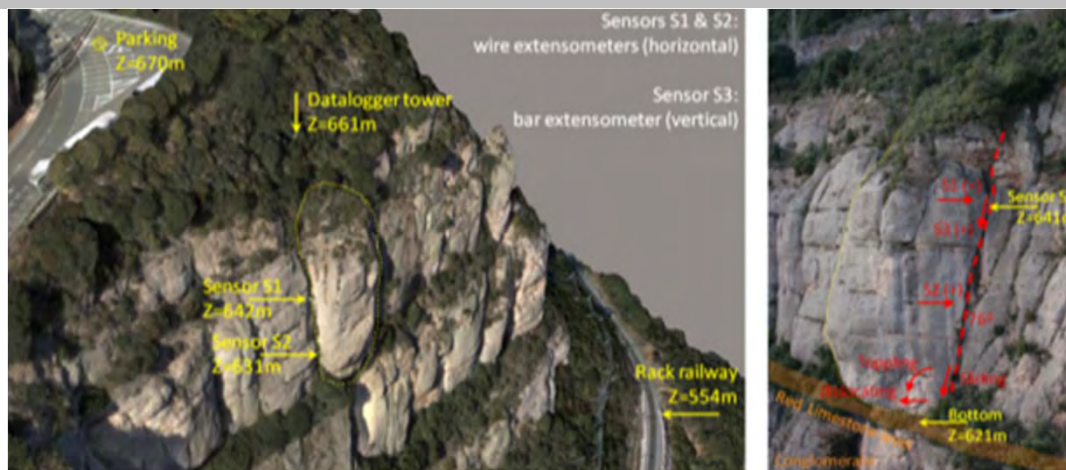
- Identificació del mecanisme d'inestabilitat potencial: bolcada
- Mesurar la velocitat del moviment

Resultats de segon ordre:

- Avaluar l'evolució temporal: hi ha acceleració?

Futurs aspectes a mesurar:

- Es produeixen micro-cracks en la progressió de la ruptura?



Massís de Montserrat

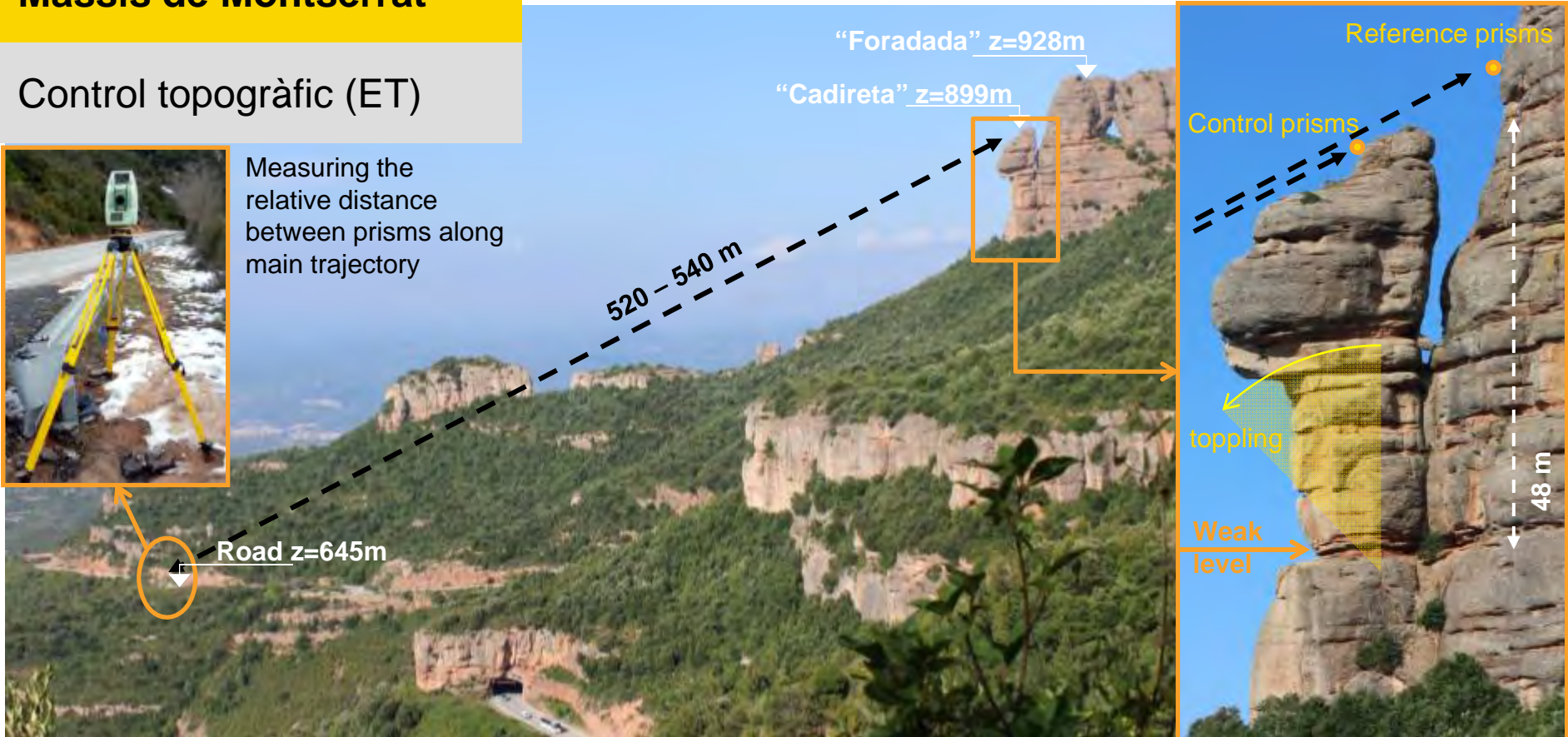
Col·laboració UPC

Oscil·lació anual = 8 mm

Control topogràfic (ET)



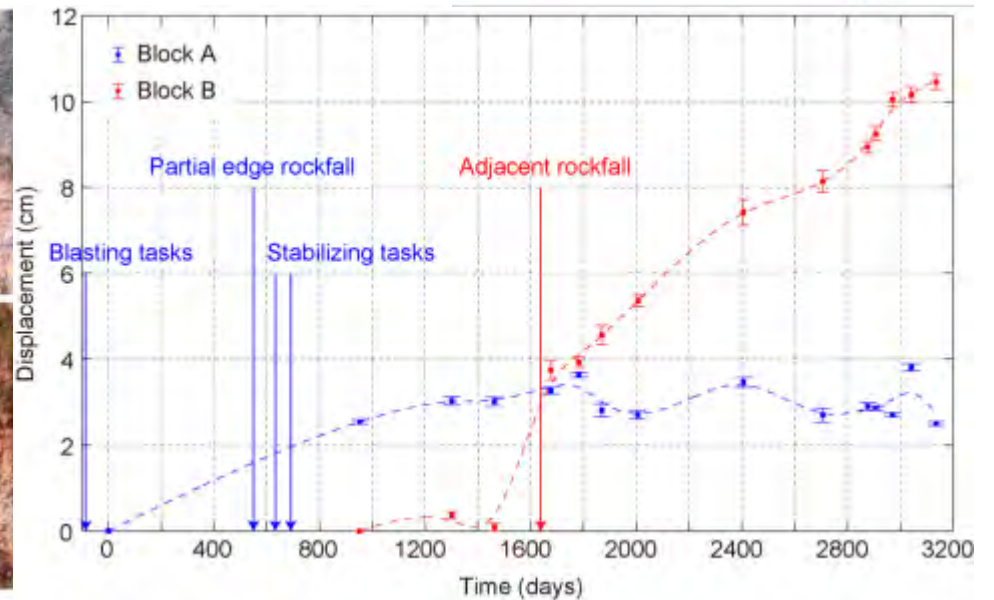
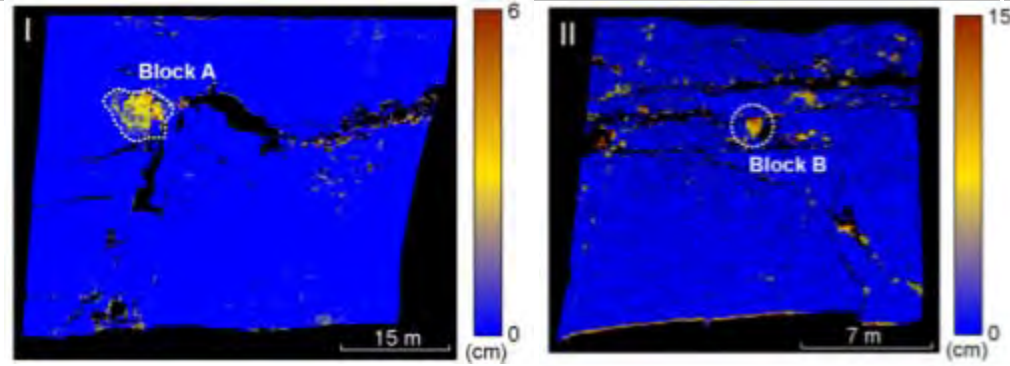
Measuring the relative distance between prisms along main trajectory



Massís de Montserrat

TLS
(làser escàner terrestre)

Col·laboració UB



Monitoratge dels riscos de moviment del terreny a l'ICGC

Marc Janeras Casanova

Gràcies per la vostra atenció

<http://congress.cimne.com/RocExs2017>

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Parc de Montjuïc,
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

 www.icgc.cat

 icgc@icgc.cat

 twitter.com/ICGCat

 facebook.com/ICGCat

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67

6th Interdisciplinary Workshop on Rockfall Protection

RocExs 2017

22-24 May 2017 | Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



ICGC
Institut
Cartogràfic i Geològic
de Catalunya

Monitoratge del terreny com a eina de gestió del risc i presentació del Projecte Europeu Wi-GIM – ICGC, 27-01-2017