

Sensor TASI 5504: Validació

Luca Pippa (luca.pippa@icc.cat)



Continguts

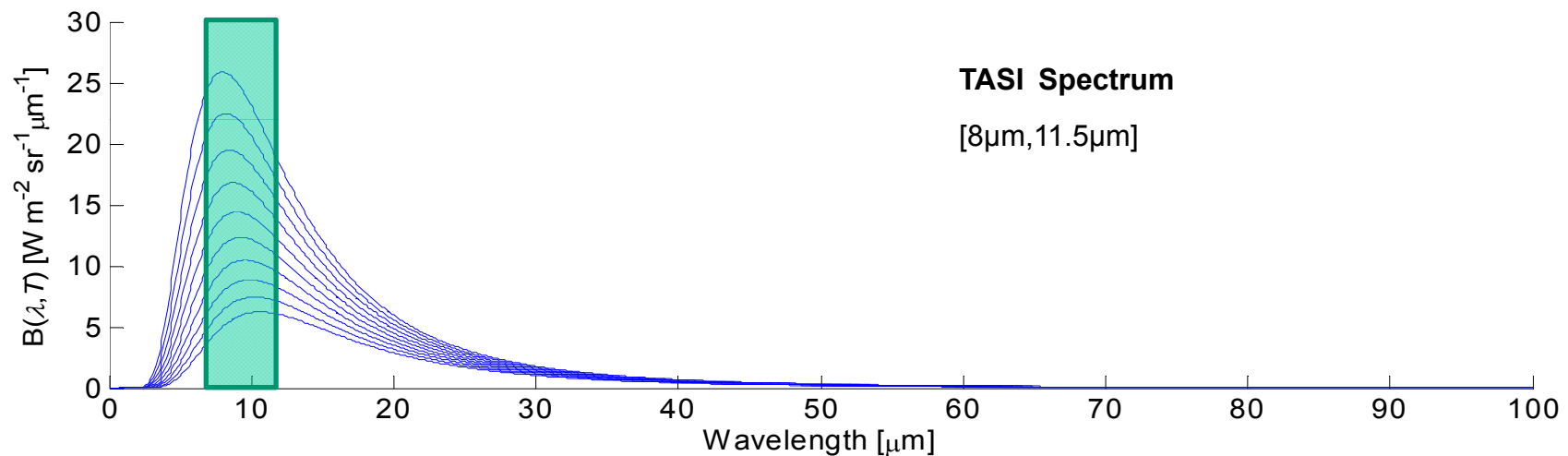
- **Sensor TASI: Principi físic**
- **Sensor TASI: Atmosfera**
- **Validació Radiomètrica**
 - Primers Test
 - Validació In-Lab
 - Validació Outdoor
- **Conclusions**



TASI 600 - 5504

Sensor TASI : Principi físic

Un **Cos Negre** és un cos ideal, aïllat, en equilibri termodinàmic, tal que la radiació emesa és igual a la absorbida (Llei de Plank)



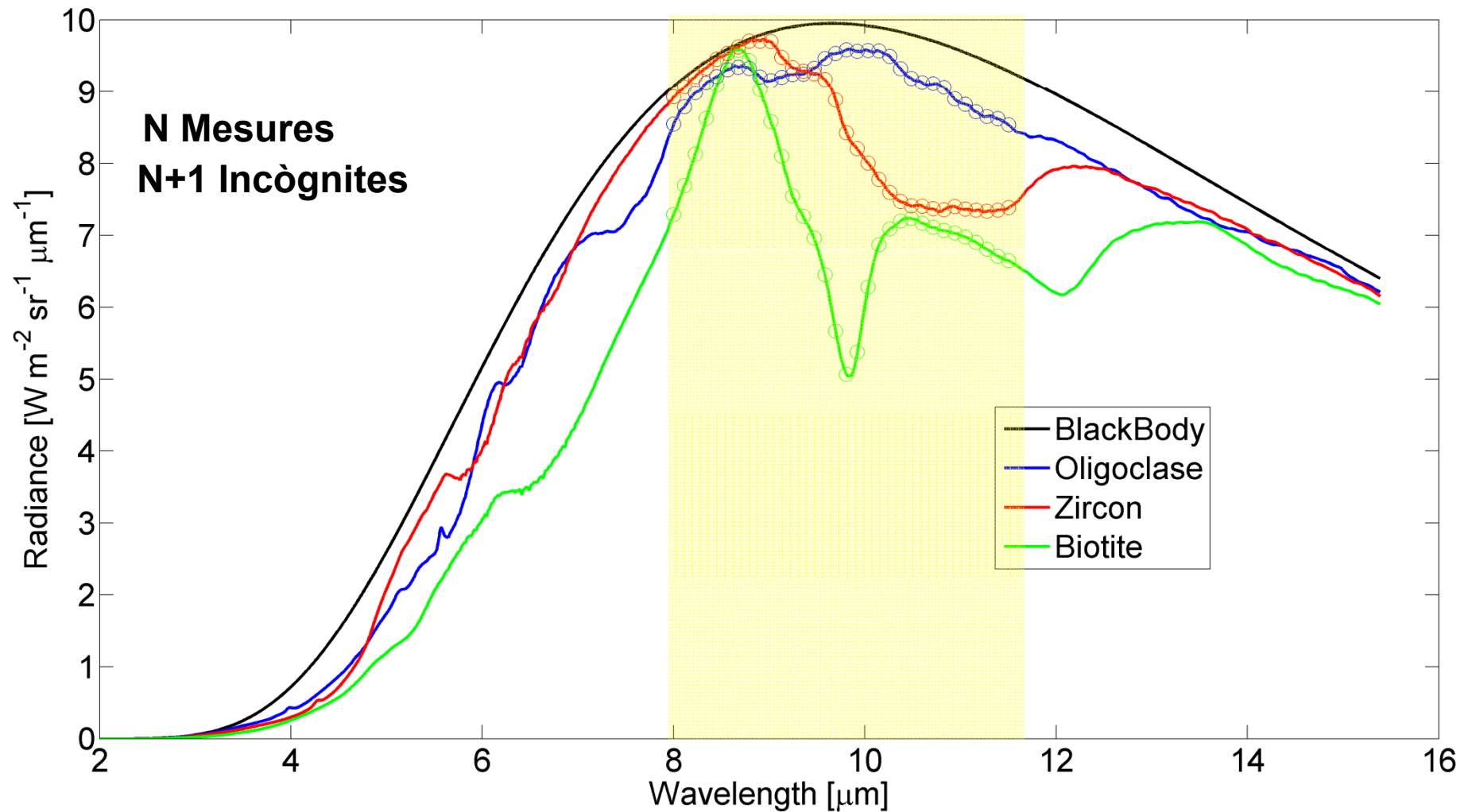
Un **Cos Gris** és cos real que absorbeix només una part de la radiació que hi incideix:

$$I_{CG}(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) I_{CN}(\lambda, T) \quad \varepsilon(\lambda) \in [0, 1]$$

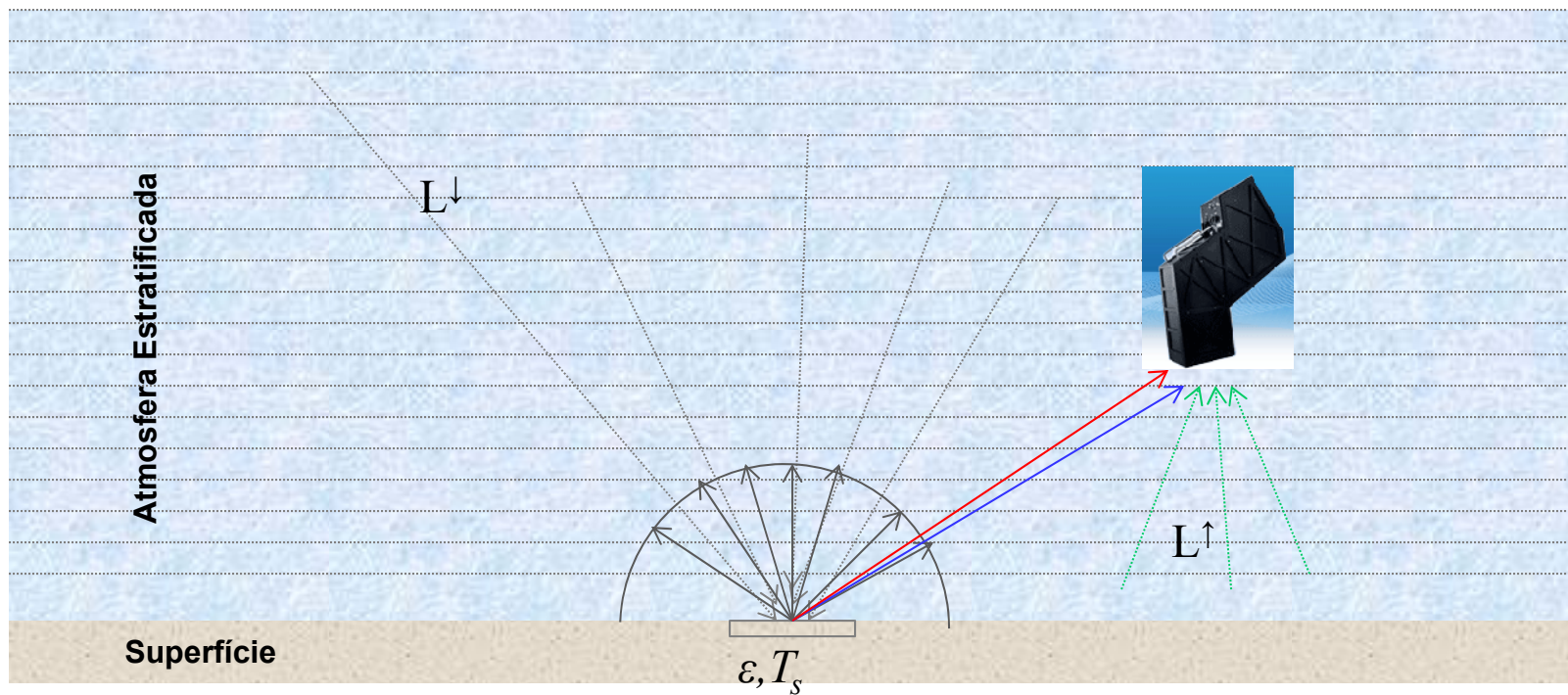
$\varepsilon(\lambda)$ es diu **emissivitat** i en primera aproximació depèn únicament de les propietats físico-químiques del cos

Sensor TASI : Principi físic

Radiació tèrmica emesa per la superfície (T=300K)



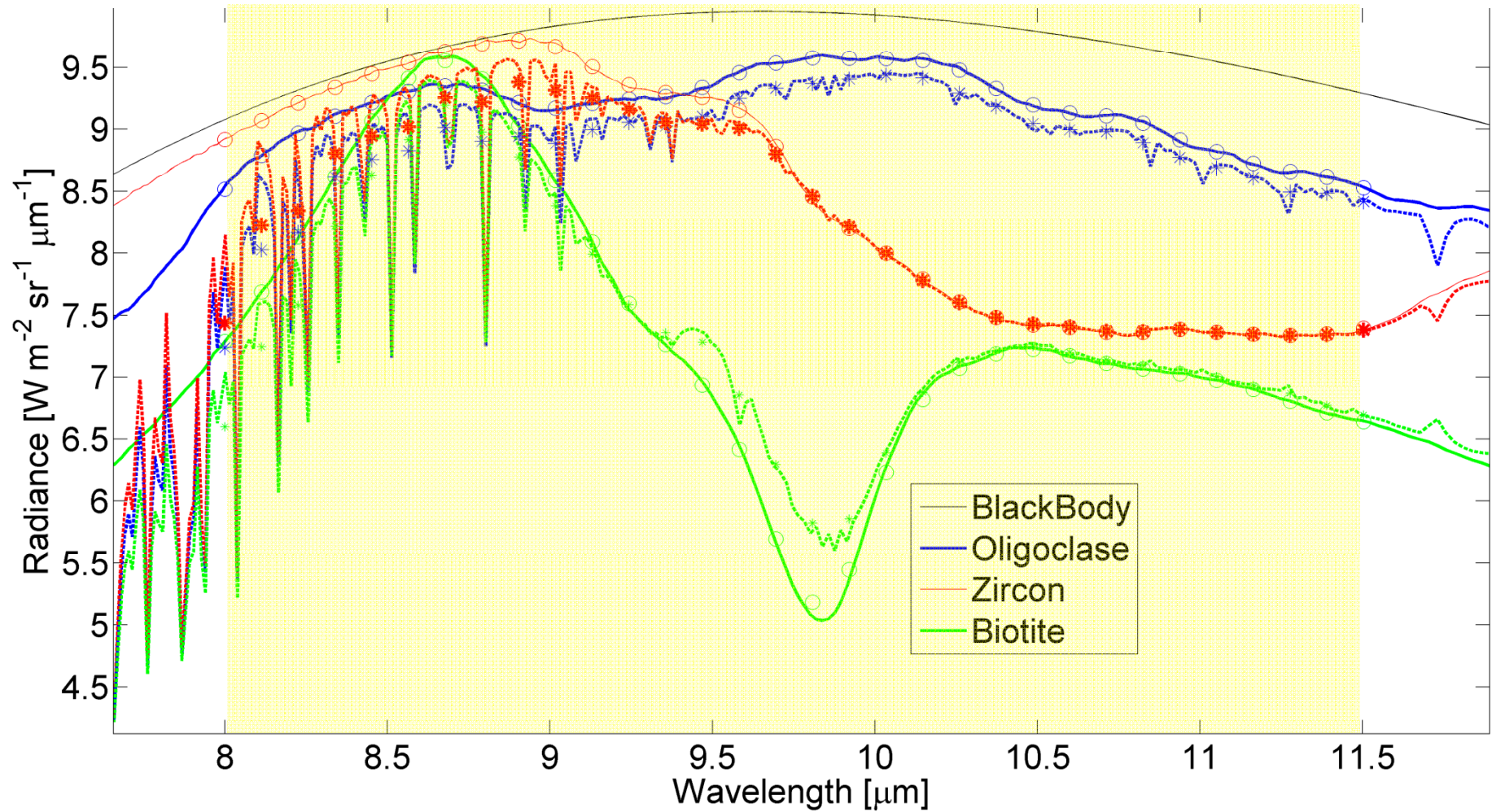
Sensor TASI : Atmosfera



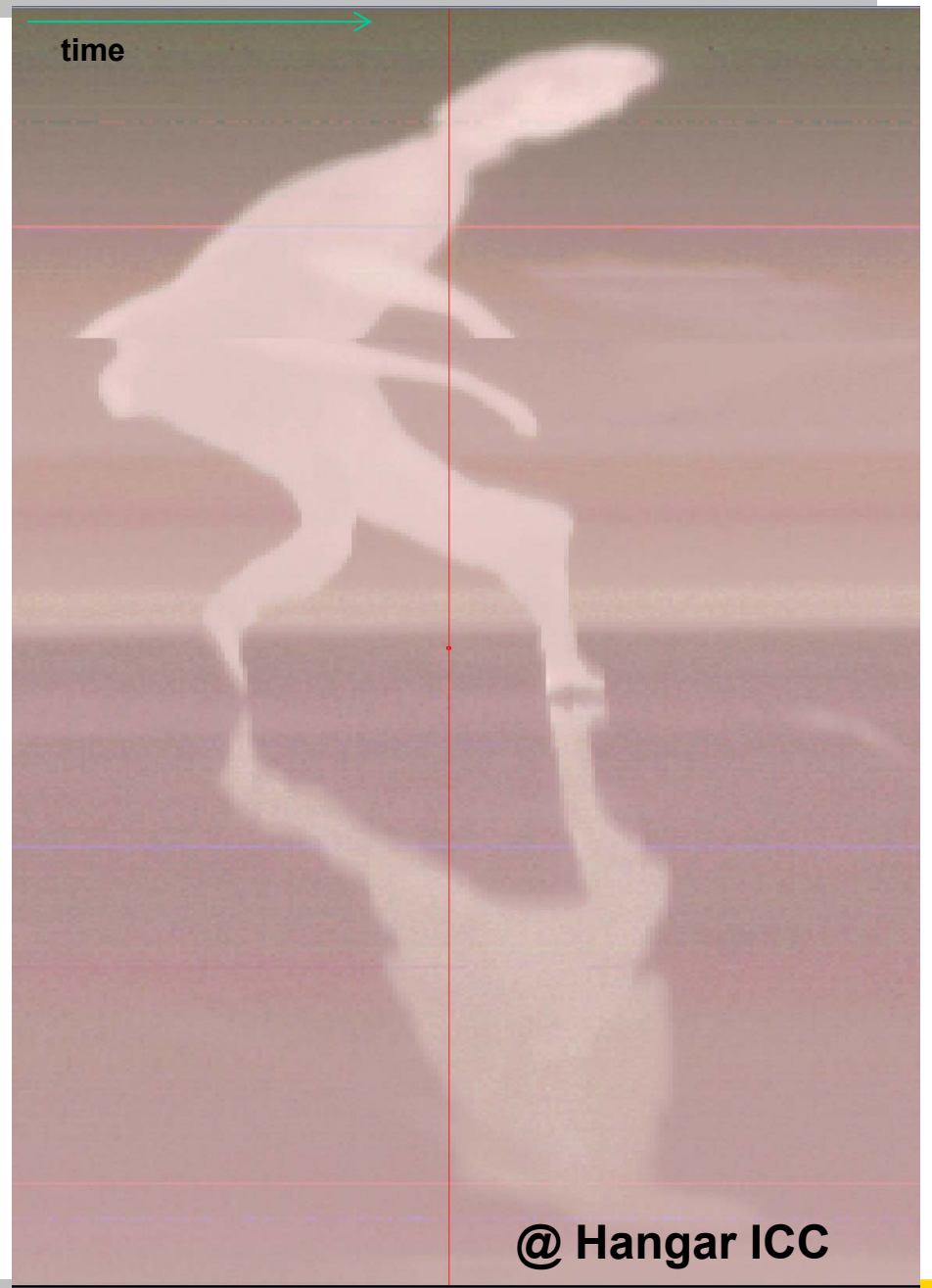
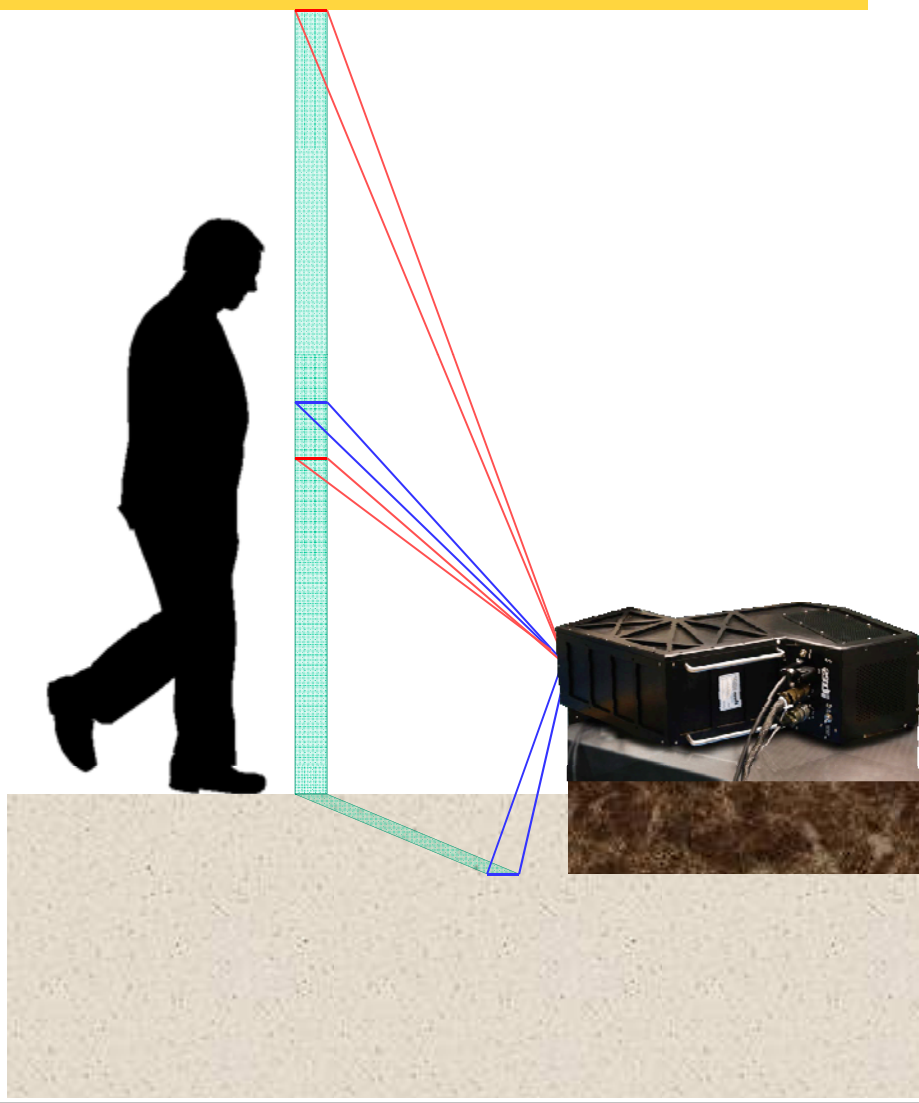
$$L_i^{@S}(h, \Delta h, \theta) = \left[L_i^\downarrow(h, \Delta h, \theta)(1 - \epsilon_i) + \epsilon_i B(\lambda_i, T_s) \right] \tau_i(h, \Delta h, \theta) + L_i^\uparrow(h, \Delta h, \theta)$$

Sensor TASI : Atmosfera

Radiació tèrmica mesurada pel TASI amb contribucions atmosfèriques ($h=1$ km)



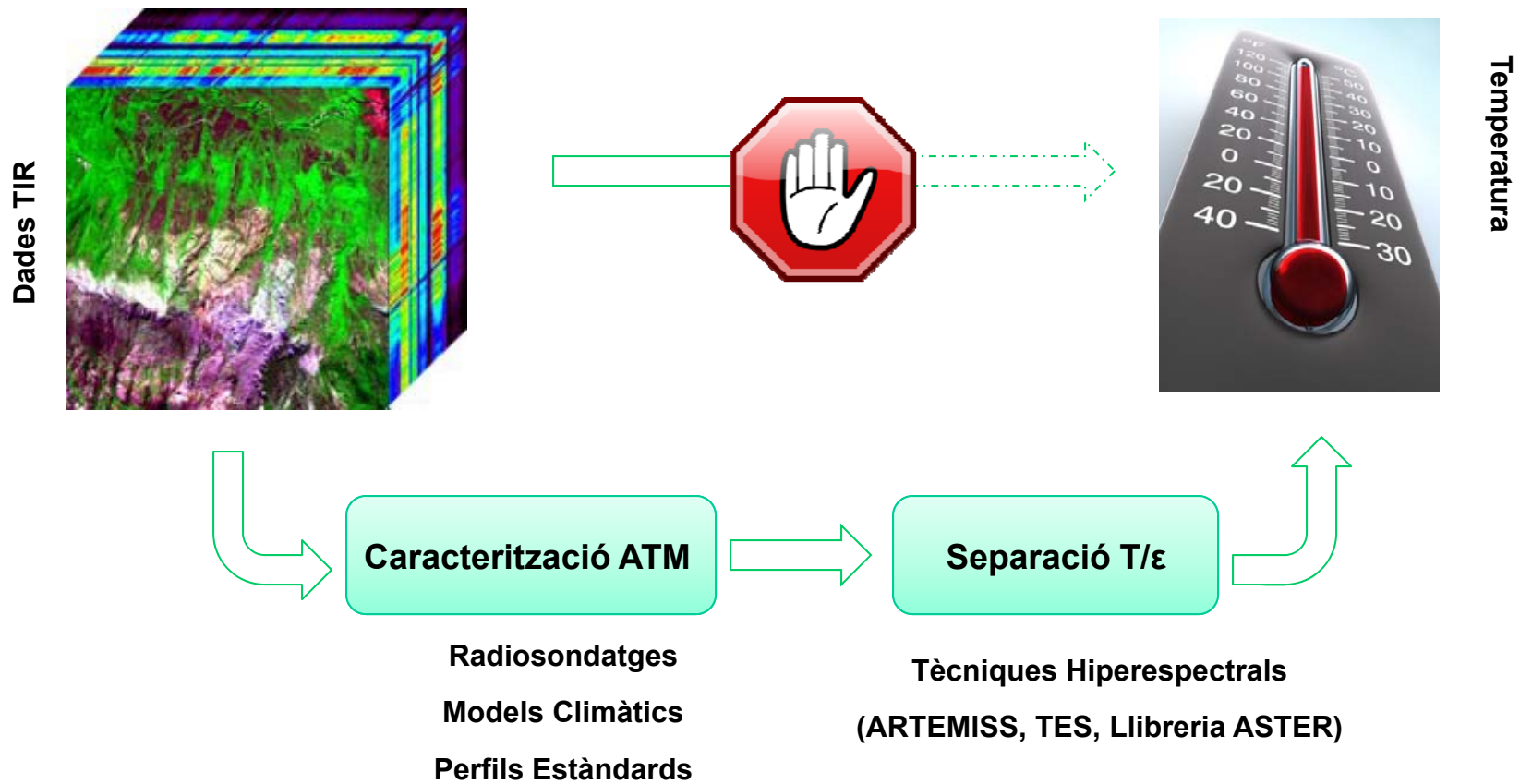
Sensor TASI : Atmosfera



@ Hangar ICC

Sensor TASI : Principi físic

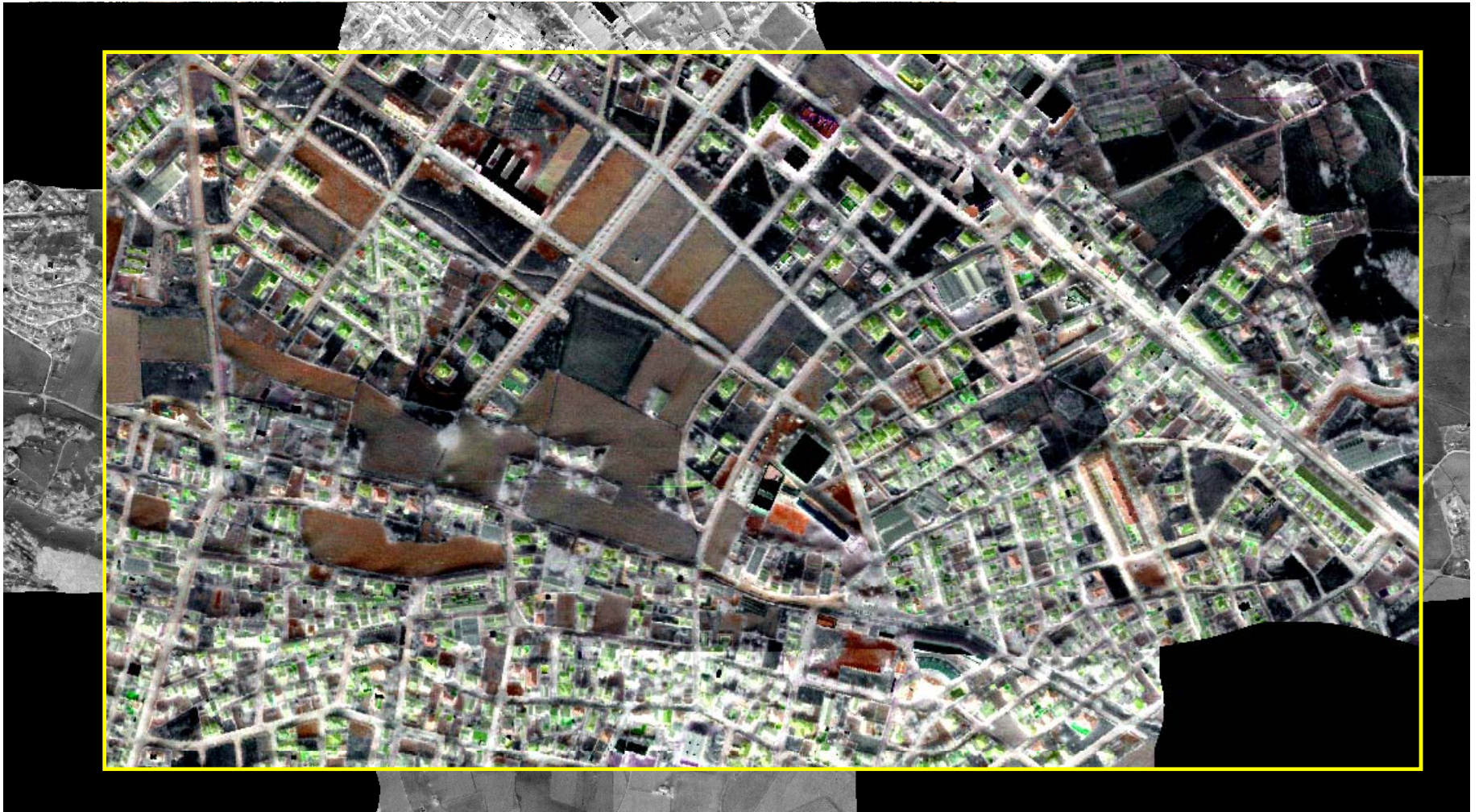
El sensor TASI, com qualssevol sensors tèrmics, no mesura temperatura sinó Radiància



Primers Test : Banyoles

Validació del model geomètric ...

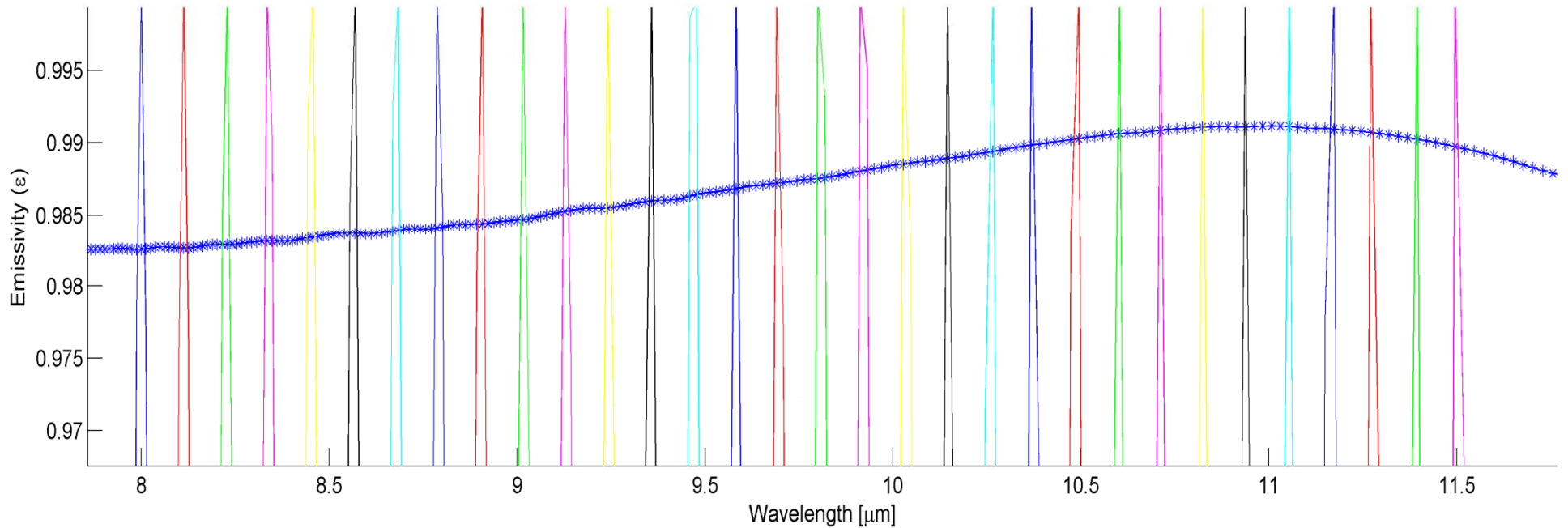
Validació qualitativa del potencial hiperespectral...



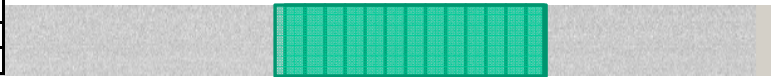
Primers Test : La Tordera

Validació quantitativa del potencial hiperespectral...

Vol rasant sobre Mar [0.5 m] $L_i^{@S} = \left[L_i^{\downarrow} (1 - \varepsilon_i) + \varepsilon_i B(\lambda_i, T_S) \right] \tau_i + L_i^{\uparrow}$ $\rightarrow T_S(i) = B^{-1} \{ L_i^{@S} / \varepsilon_i \}$



Time Interval	Wavelength [μm]
De 18:00 a 19:00 h	16,5
De 19:00 a 20:00 h	16,5
De 20:00 a 21:00 h	16,5
De 21:00 a 22:00 h	16,5
De 22:00 a 23:00 h	16,4
De 23:00 a 24:00 h	16,4



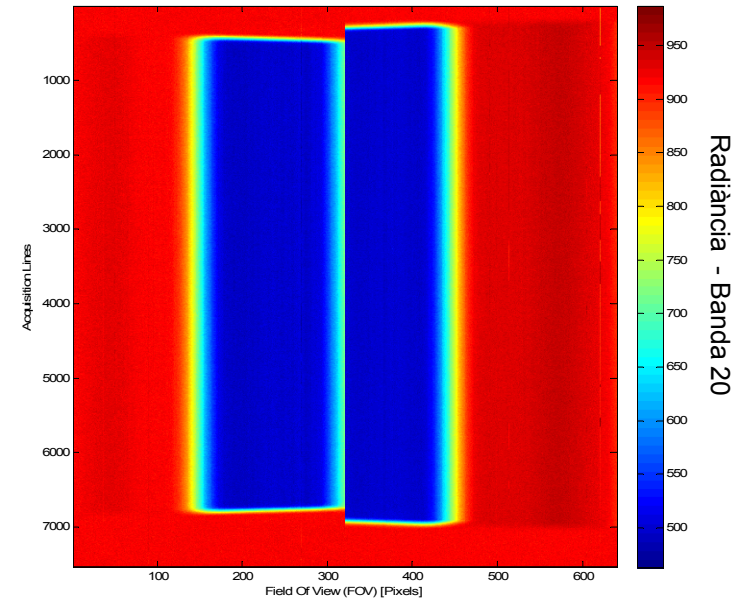
Validació In-Lab

Cos Negre

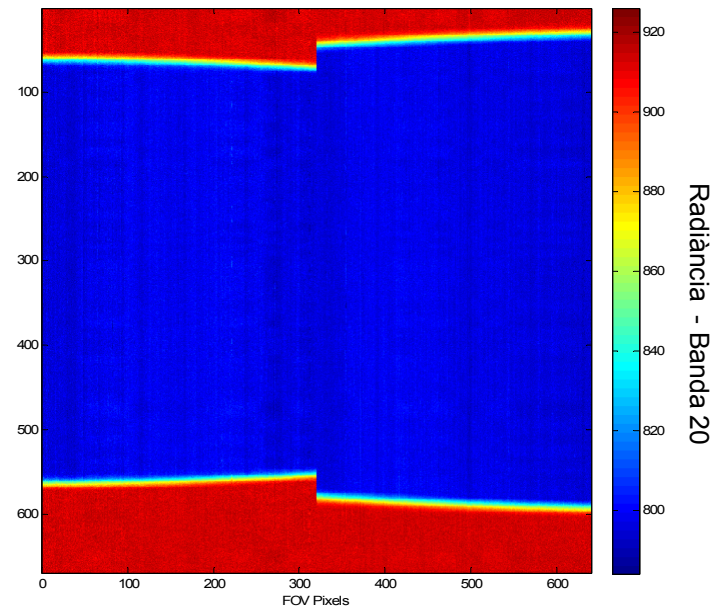


Landcal Blackbody
source Type P80P

Universitat de València- Estudi General ($\epsilon > 0.995$, $[-10^{\circ}\text{C}; 80^{\circ}\text{C}]$)

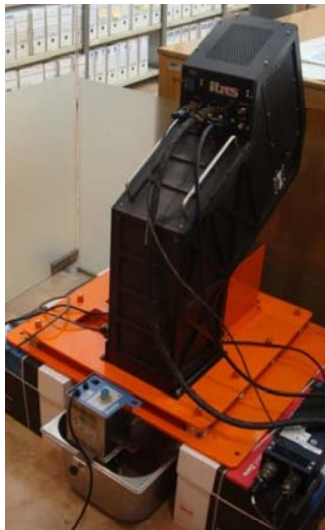


Aigua Dolça

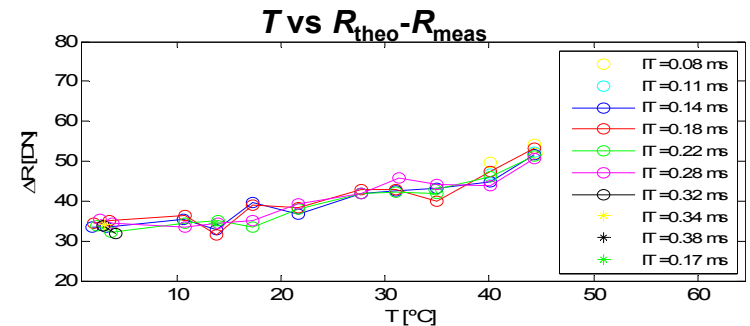


Validació In-Lab

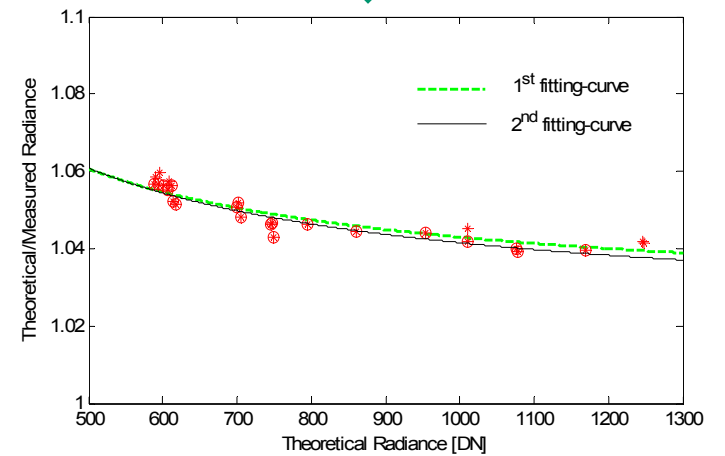
Post-Processing Radiometric Calibration Parameters (RadCaPP)



DATASETS	Integration Time (IT)	Tap Water Temp [°C]	Shutter Temp [°C]	ΔT
TAS1_2010_06_11_0908211.raw	0.14	1.9	25.388000	0.0623
TAS1_2010_06_11_0910177.raw	0.18	2.1	25.610669	0.062500
TAS1_2010_06_11_0912000.raw	0.22	2.4	25.779202	0.062500
TAS1_2010_06_11_0914111.raw	0.28	2.7	25.932913	0.062500
TAS1_2010_06_11_0916066.raw	0.32	2.9	26.062500	0.000000
TAS1_2010_06_11_0918066.raw	0.34	3.1	26.187500	0.000000
TAS1_2010_06_11_0920004.raw	0.14	3.3	26.284953	0.062500
TAS1_2010_06_11_0921135.raw	0.18	3.3	26.322639	0.062500
TAS1_2010_06_11_0923003.raw	0.22	3.8	26.377049	0.062500
TAS1_2010_06_11_0924335.raw	0.28	3.9	26.441435	0.062500
TAS1_2010_06_11_0926116.raw	0.32	4.1	26.516287	0.062500
TAS1_2010_06_11_0928077.raw	0.38	4.2	26.602607	0.062500
TAS1_2010_06_11_0933215.raw	0.14	10.6	26.875000	0.000000
TAS1_2010_06_11_0934355.raw	0.18	10.7	26.875000	0.000000
TAS1_2010_06_11_0936219.raw	0.22	10.8	26.937500	0.000000
TAS1_2010_06_11_0937588.raw	0.28	10.8	26.937500	0.000000
TAS1_2010_06_11_0942432.raw	0.17	13.7	27.125000	0
TAS1_2010_06_11_0944215.raw	0.14	13.8	27.187500	0
TAS1_2010_06_11_0945377.raw	0.18	13.8	27.187500	0
TAS1_2010_06_11_0947215.raw	0.22	13.9	27.234043	0.062500
TAS1_2010_06_11_0949066.raw	0.28	13.9	27.250000	0
TAS1_2010_06_11_0952444.raw	0.14	17.3	27.375000	0
TAS1_2010_06_11_0954116.raw	0.18	17.3	27.375000	0
TAS1_2010_06_11_0954545.raw	0.22	17.3	27.437500	0
TAS1_2010_06_11_0957112.raw	0.28	17.3	27.448813	0.062500
TAS1_2010_06_11_1001113.raw	0.14	21.7	27.562500	0
TAS1_2010_06_11_1002440.raw	0.18	21.7	27.625000	0
TAS1_2010_06_11_1004100.raw	0.22	21.7	27.625000	0
TAS1_2010_06_11_1005590.raw	0.28	21.7	27.687500	0
TAS1_2010_06_11_1012422.raw	0.14	27.7	27.867006	0.062500
TAS1_2010_06_11_1014088.raw	0.18	27.7	27.875000	0
TAS1_2010_06_11_1015377.raw	0.22	27.7	27.937500	0
TAS1_2010_06_11_1017088.raw	0.28	27.7	27.967661	0.062500
TAS1_2010_06_11_1021156.raw	0.14	31.1	28.062500	0
TAS1_2010_06_11_1023448.raw	0.18	31.1	28.125000	0
TAS1_2010_06_11_1025200.raw	0.22	31.1	28.187500	0
TAS1_2010_06_11_1026522.raw	0.28	31.3	28.208048	0.062500
TAS1_2010_06_11_1031300.raw	0.14	34.9	28.312500	0
TAS1_2010_06_11_1033001.raw	0.18	34.9	28.375000	0
TAS1_2010_06_11_1034443.raw	0.22	34.9	28.437500	0
TAS1_2010_06_11_1036334.raw	0.28	34.9	28.450387	0.062500
TAS1_2010_06_11_1038215.raw	0.22	34.8	28.500000	0
TAS1_2010_06_11_1043300.raw	0.14	40.1	28.620788	0.062500
TAS1_2010_06_11_1043001.raw	0.11	40.1	28.674785	0.062500
TAS1_2010_06_11_1046300.raw	0.08	40.1	28.687500	0
TAS1_2010_06_11_1048009.raw	0.18	40.1	28.750000	0
TAS1_2010_06_11_1048443.raw	0.28	40.1	28.812500	0
TAS1_2010_06_11_1051115.raw	0.22	40.1	28.832770	0.062500
TAS1_2010_06_11_1100144.raw	0.08	44.5	28.937500	0
TAS1_2010_06_11_1103216.raw	0.08	44.4	29.021363	0.062500
TAS1_2010_06_11_1104544.raw	0.11	44.4	29.125000	0
TAS1_2010_06_11_1106216.raw	0.14	44.4	29.175895	0.062500
TAS1_2010_06_11_1107558.raw	0.18	44.4	29.208048	0.062500
TAS1_2010_06_11_1109244.raw	0.22	44.4	29.258690	0.062500
TAS1_2010_06_11_1110593.raw	0.28	44.4	29.312500	0.062500

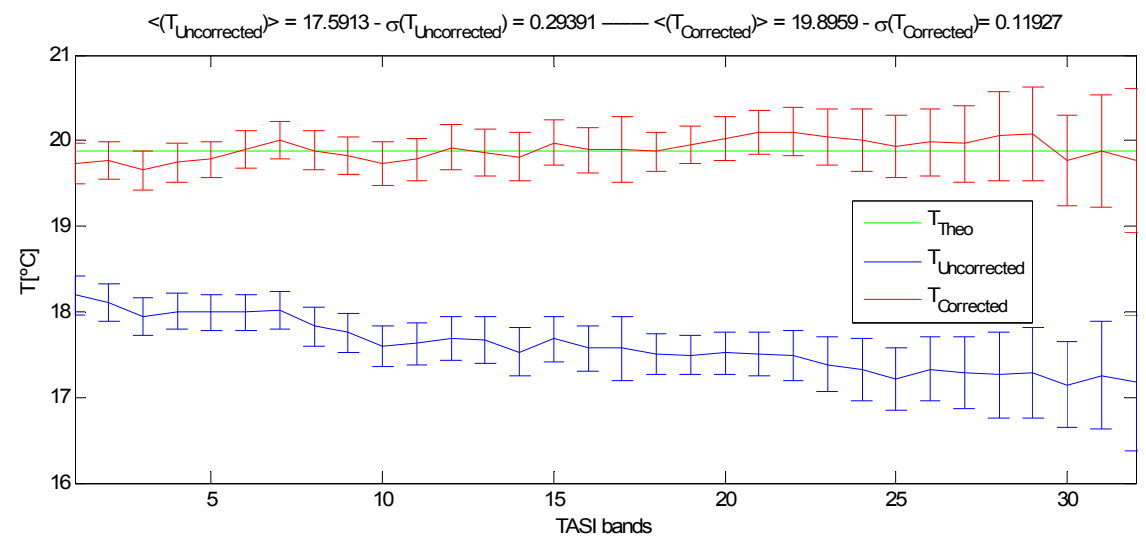
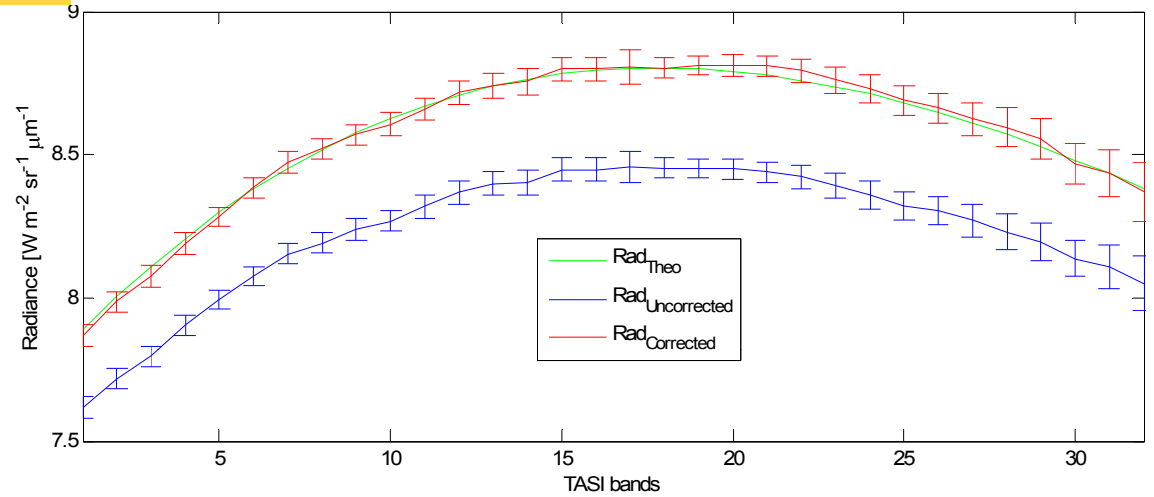
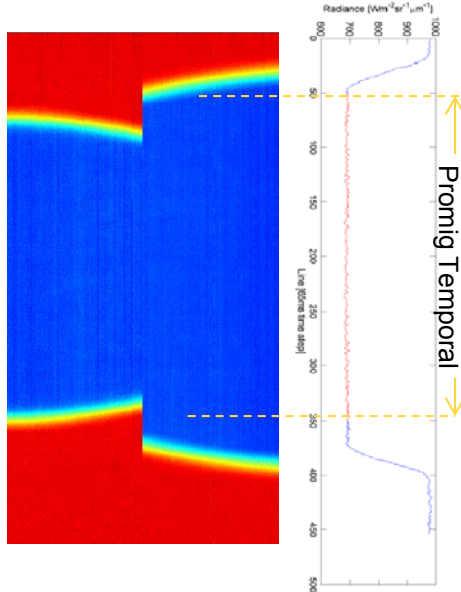


$$R_c(i, ch) = A R_M(i, ch)^3 + B R_M(i, ch)^2 + C R_M(i, ch) + D$$



Validació In-Lab

Aigua Dolça

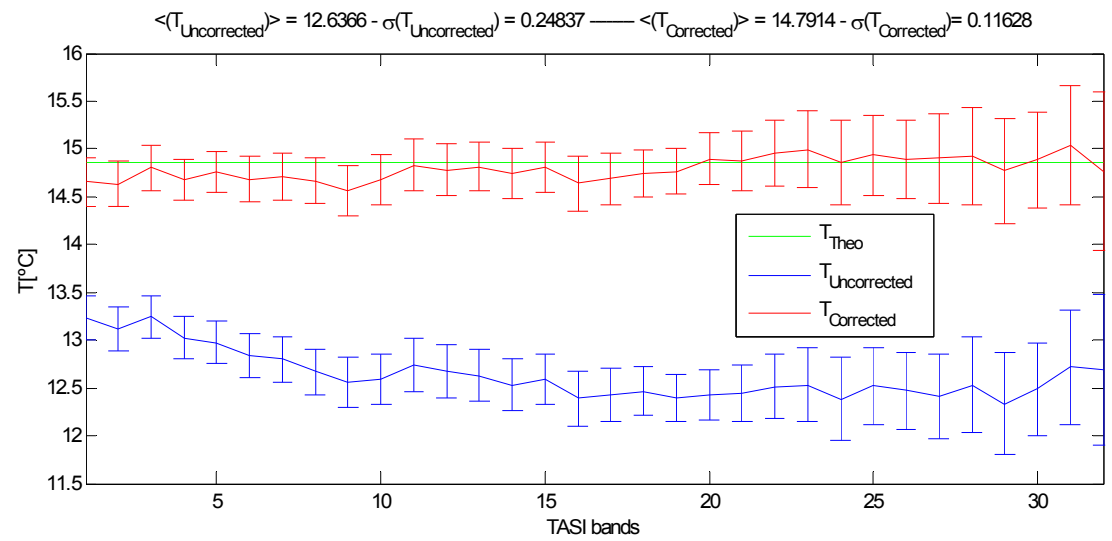
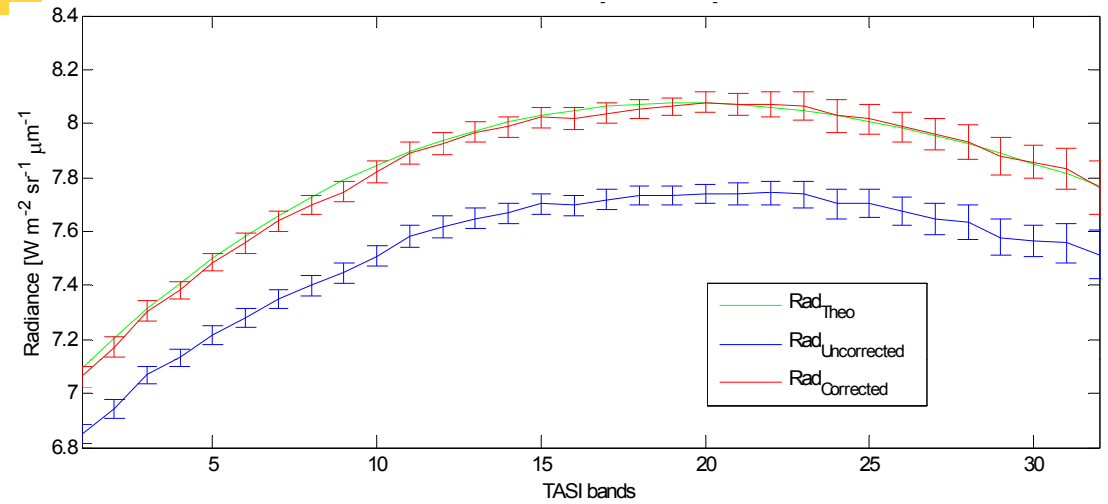
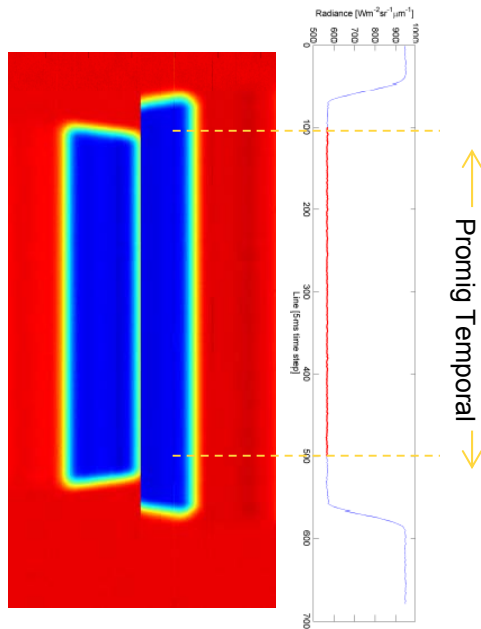


Validació In-Lab

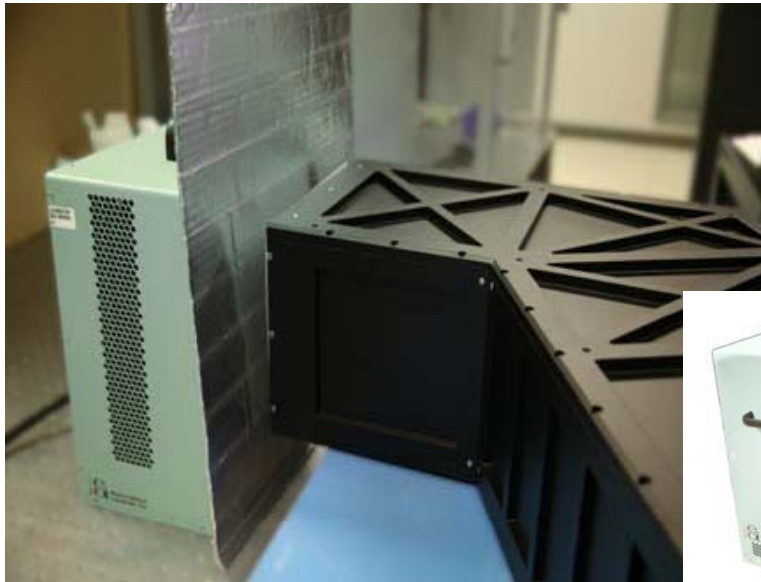
Cos Negre LandcaP80P



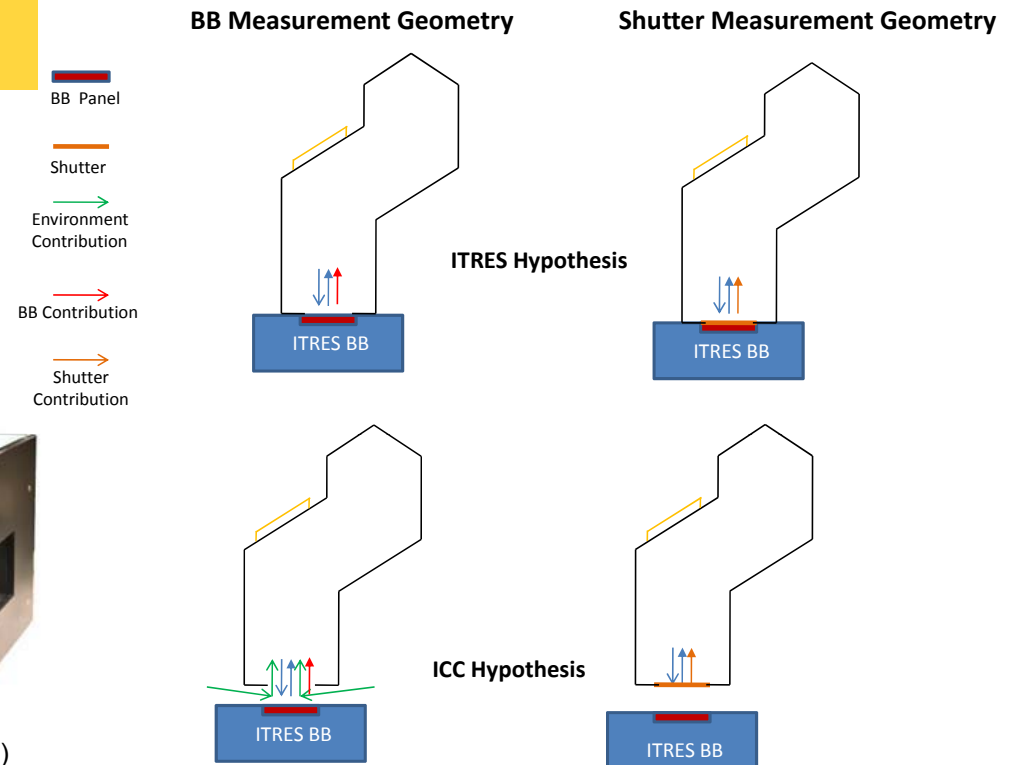
Universitat de València- Estudi General



Remodelació Calibratge TASI



Cos Negre d'ITRES fabricat per Electro-Optical Industries ($\epsilon=0.97\pm 0.02$)

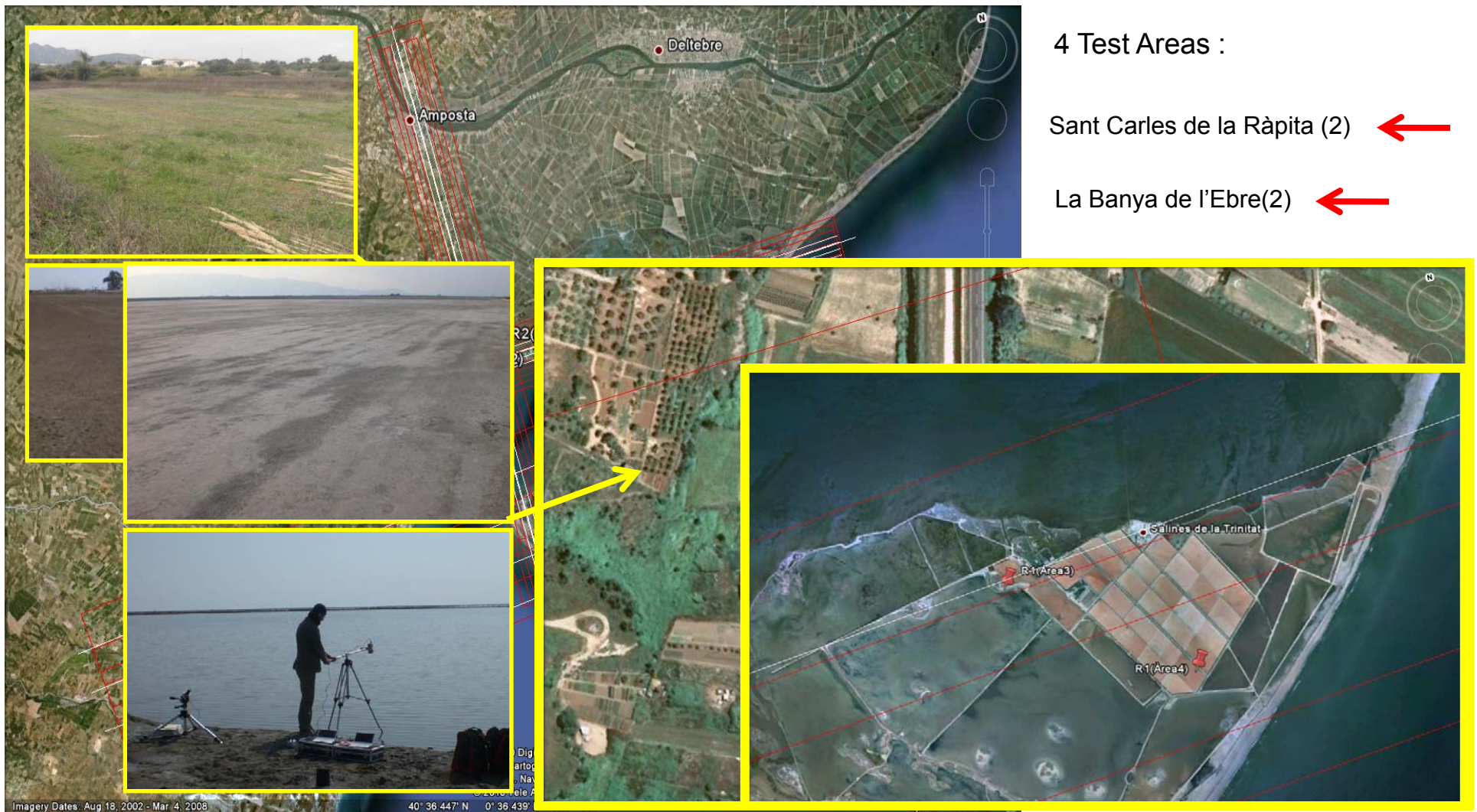


Terme adicional ICC

$$\begin{cases} S'_{BB,r,c} = S_{BB,r,c} + S_{Enclosure} + S_{Substrate} + S_{Env} = RCS_{r,c} \left[\frac{\epsilon_{BB} B(T_{BB}, \lambda_{r,c}) + (1 - \epsilon_{BB}) B(T_{Env}, \lambda_{r,c})}{\pi} \right] + a_0 \\ S'_{SH,r,c} = S_{SH,r,c} + S_{Enclosure} + S_{Substrate} = RCS_{r,c} \left[\frac{\epsilon_{SH} B(T_{SH}, \lambda_{r,c})}{\pi} \right] + a_0 \end{cases}$$

Solució dels mínims quadrats $X = (M^T M)^{-1} M^T U$ \rightarrow $RCS_{r,c}$

Validació de Camp

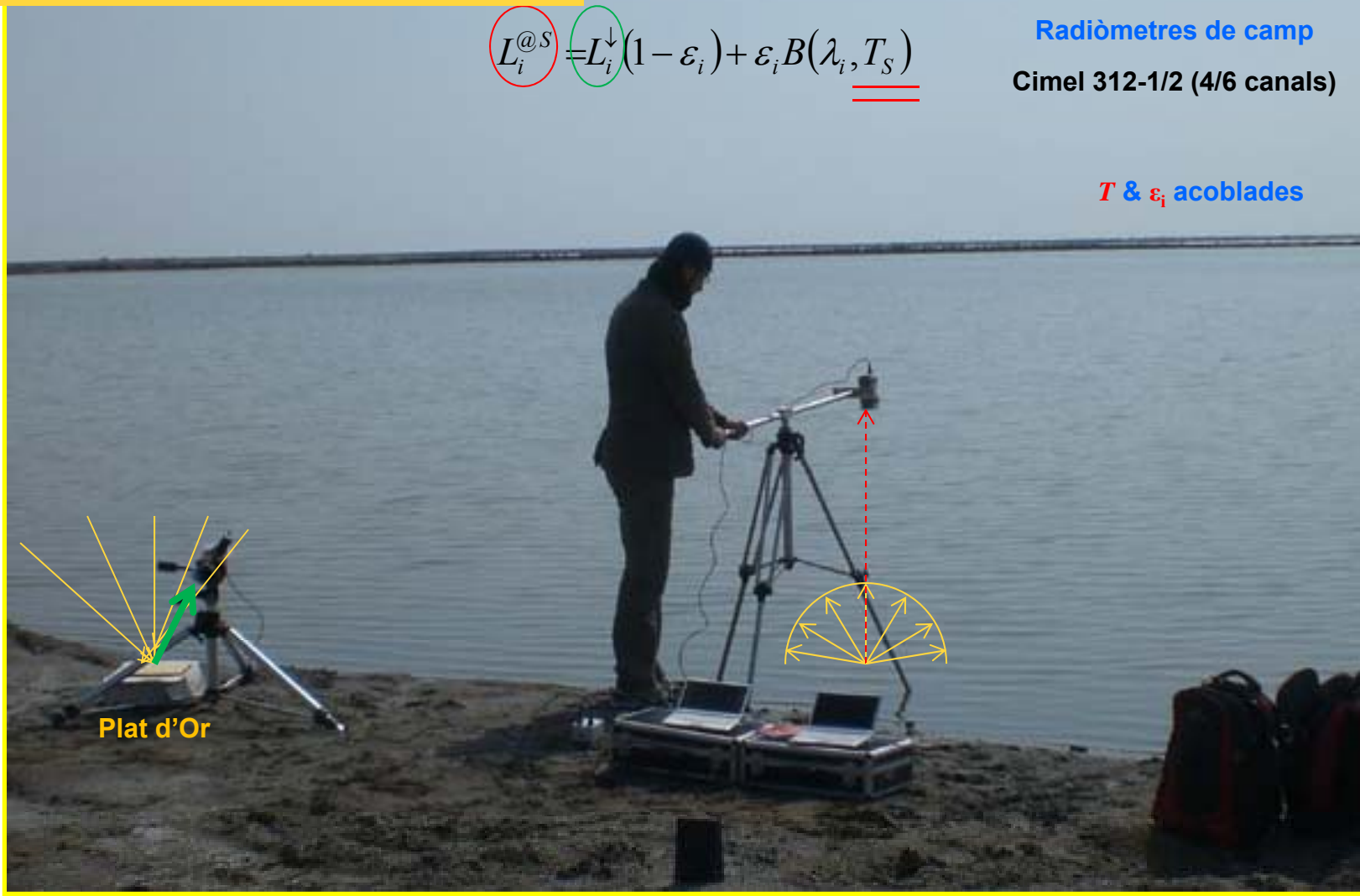


Validació de Camp

$$L_i^{@S} = L_i^{\downarrow}(1 - \varepsilon_i) + \varepsilon_i B(\lambda_i, T_S)$$

Radiòmetres de camp
Cimel 312-1/2 (4/6 canals)

T & ε_i acoblades



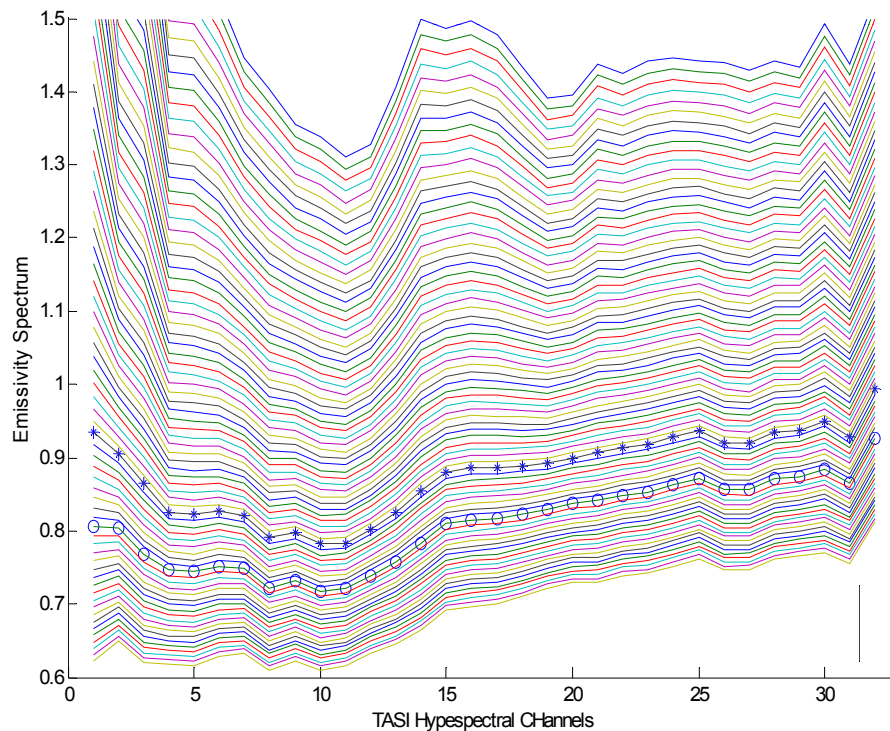
Validació de Camp

Mètodes Mono-canal i d'absorció diferencial (Split-window) es basen al coneixement *a priori* del valor d'emissivitat del píxel en cada canal

Càmeres tèrmiques o sensors bolomètrics



proporcionen una estimació de temperatura solament assumint una ϵ coneguda!!



Sensors multi/hiperespectrals

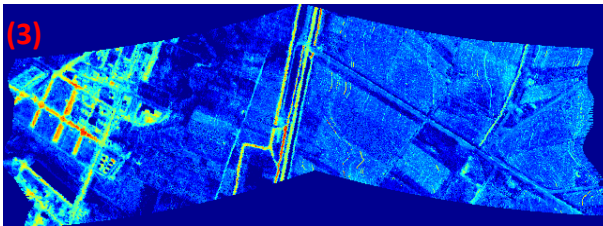
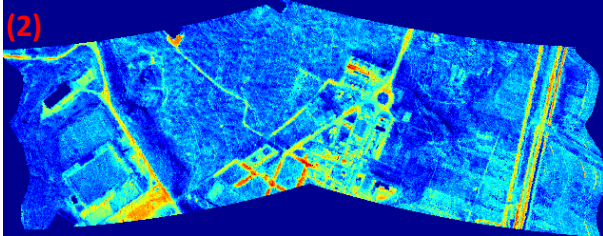
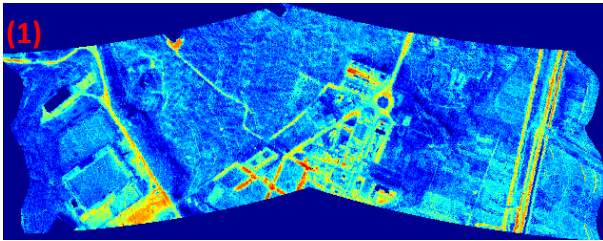


Tècniques avançades com **TES** (Temperature and Emissivity Separation) o **ARTEMIS** (Automatic Retrieval of Temperature and Emissivity using Spectral Smoothness) per resoldre la indeterminació intrínseca del problema tèrmic:

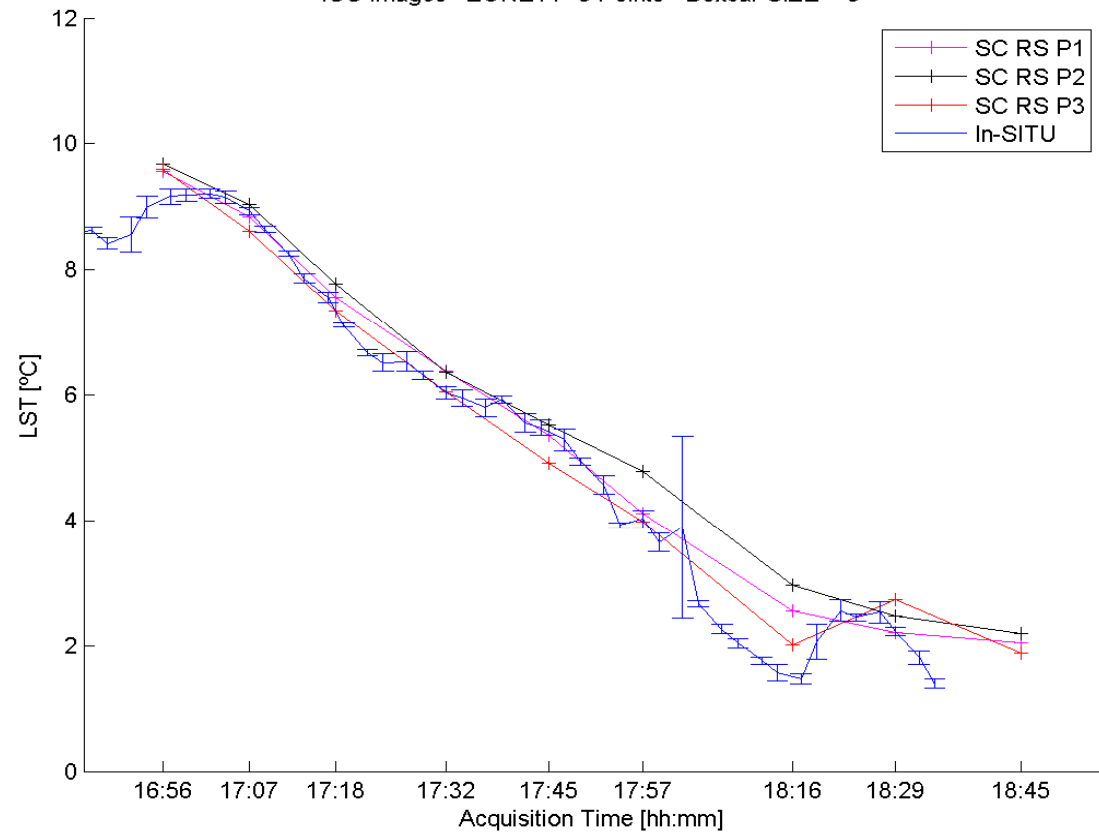
N canals = N equacions amb N+1 incògnites $\{T, \epsilon_1, \dots, \epsilon_N\}$

Validació de Camp

Horari	Nombre	Resolució Espacial	Zona
(1) 17:56 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_165647.raw	2mx2m	Sant Carles
(2) 18:07 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_170740.raw	2mx2m	Sant Carles
(3) 18:18 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_171856.raw	2mx2m	Sant Carles
(4) 18:32 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_173232.raw	2mx2m	Sant Carles
(5) 18:46 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_174531.raw	2mx2m	Sant Carles
(6) 18:57 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_175750.raw	2mx2m	Sant Carles
(7) 19:16 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_181601.raw	4mx4m	Sant Carles
(8) 19:29 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_182945.raw	4mx4m	Sant Carles
(9) 19:45 – 11/3/10	TASI_2010_03_11_184558.raw	4mx4m	Sant Carles

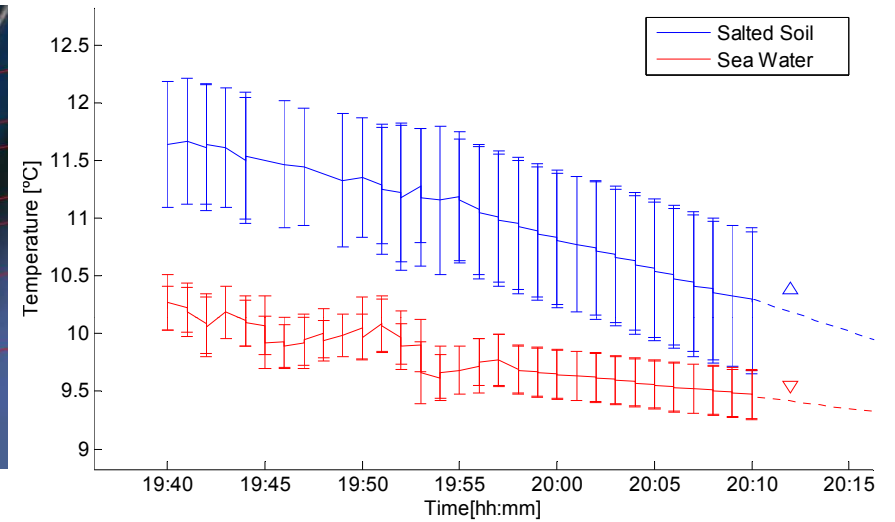


ICC Images - ZONE A - 3 Points - Boxcar SIZE = 5

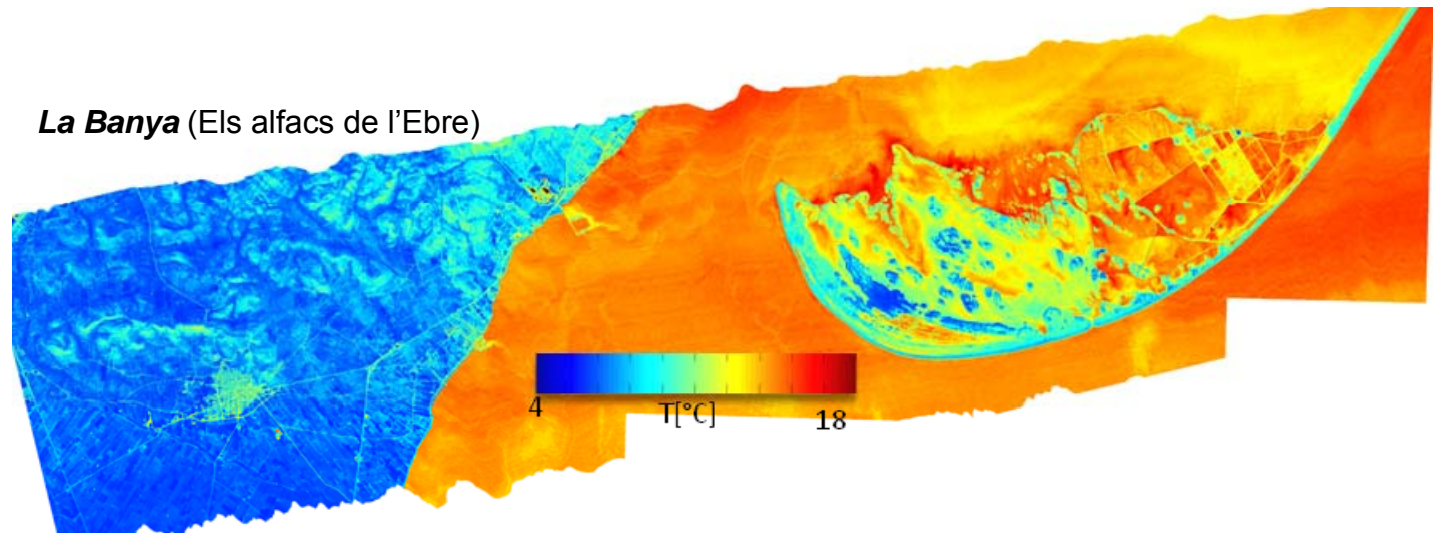


Validació de Camp

Horari	Nombre	Resolució Espacial	Zona
(1) 20:03– 11/3/10	De15_K1n_T002f12.rf	2mx2m	La Banya
(2) 20:12– 11/3/10	De10_K1p_T002f13.rf	2mx2m	La Banya
(3) 20:29– 11/3/10	De17_K1n_T002f14.rf	2mx2m	La Banya



La Banya (Els alfacs de l'Ebre)



Conclusions

- ✓ **Recalibratge del TASI-5504 dut a terme amb mesures *in-lab* i validat amb adquisicions *de camp***
- ✓ **Modificació de part d'ITRES de les equacions de calibratge radiomètric segons el model de l'ICC (ara oficial)**
- ✓ **Compensació del biaix radiomètric de les bandes hiperespectrals, garantint una precisió $< 0.2^{\circ}\text{C}$**

El sensor tèrmic de l'ICC: Posant en valor l'observació de la Terra

Hora	Ponent
9:45 - 10:00	Presentació Jornada (Institut Cartogràfic de Catalunya)
10:00 - 10:30	Descripció de l'instrument (Fernando Perez – ICC/CSPCOT)
10:30 - 11:00	Validació de l'instrument (Luca Pipia – ICC/CSPCOT)
11:00 – 11:30	Descans
11:30 - 12:00	Aplicacions –part1 (Luca Pipia – ICC/CSPCOT)
12:00 - 12:30	Aplicacions –part2 (Luca Pipia I Jordi Corbera – ICC/CSPCOT)
12:30 -13:00	Discussió i conclusions
13:00 –13:15	Cloenda i xarxa

Sr. Fernando Perez
fernando.perez@icc.cat
 93-5671500 ext 3165

Dr. Luca Pipia
luca.pipia@icc.cat
 93-5671500 ext 3130

Dr. Jordi Corbera
jordi.corbera@icc.cat
 93-5671500 ext 3280

