RADIOMETRÍA DE CAMPO
PARA CALIBRACIÓN DE IMÁGENES AEROPORTADAS

Área de Teledetección INTA

Seminario " Avances en Espectro-Radiometría, *CCHS 3-4/12/2009*

Contenidos

- Introducción
- Imagen Hiperespectral Aeroportada
- Protocolo de Radiometría de Campo para Calibración
- Calibración a Reflectancia
- Conclusiones

Introducción

Librerías espectrales de vegetación
PN Doñana
INTA- EBD

Librerías Espectrales

•Análisis e interpretación de imágenes

•Independiente de la escala espacial

•Protocolos:

•*ASD guides and publications*:
http://www.asdi.com/technical.asp

•*Pfitzner et al, 2006*.
Spatial Science, Vol 62 nº 2

•*Mueller et al, 2003*
Ocean Optics NASA, Revisión 4 Volumen III

Calibración

•Calibración, validación, simulación de imágenes

•Escala espacial igual a la imagen

•Protocolos:

• *Ustin et al. CSTARS*
http://www.cstars.ucdavis.edu/classes/hsgrdtutorial.html

•*Salisbury, John W., 1998*.
Spectral Measurements Field Guide. Defense Technical Information Centre, US

•*Clark et al*. USGS
http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS.calibration.tutorial/

Calibración de Imágenes
NCAVEO

- Calibración de imágenes
- Región espectral 350 a 2500 nm
- Teledetección Hiperespectral Aeroportada

Introducción / Terminología

➢**Calibración**: conjunto de procesos que definen la respuesta de un sensor frente a una señal controlada:

➢**Calibración radiométrica de laboratorio**: coeficientes de calibración a radiancia en el sensor en instalaciones de condiciones ambientales controladas (temperatura y humedad) frente a un estándar (ej: esferas de calibración).

➢**Calibración a reflectancia**: transformación a reflectancia en el terreno en base a superficies de reflectancia conocida

➢**Calibración Vicaria**: calibración radiométrica de un sensor en vuelo/orbita mediante medidas externas a la calibración de laboratorio:

➢Método de radiancia en el sensor

➢Método de reflectancia en el terreno

Fuentes:

Glosario NCAVEO: http://www.ncaveo.ac.uk/resources/glossary/

Glosario CEOS: http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom/ceos1/infosrc/glossary.htm

Programa Landsat: http://landsat.gsfc.nasa.gov/references/glossary.html

Introducción / Terminología

Calibración Vicaria

- Selección de zonas y superficies
- Vuelo específico en trayectoria
- Datos atmosféricos (fotómetros solares) requeridos

Calibración a Reflectancia

- Zonas y superficies no escogidas
- Vuelo no especifico en trayectoria
- Datos atmosféricos opcionales

NCAVEO
AirMISR image of Lunar Lake, Nevada, 30 Jun 2001

PREMISAS

- **Superficies Naturales**
  invariabilidad en el tiempo o frente a la imagen
- **Superficies Artificiales**
  Material opaco y muy grandes para evitar adyacencia

Campo fútbol UAM
Proyecto Desirex 2008

Fotómetros solares
INTA
Villacañas (Toledo)

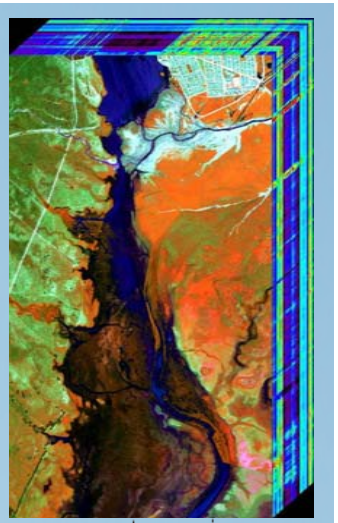
Tela roja
INTA
Casa Campo
Madrid
CEFLES 2007

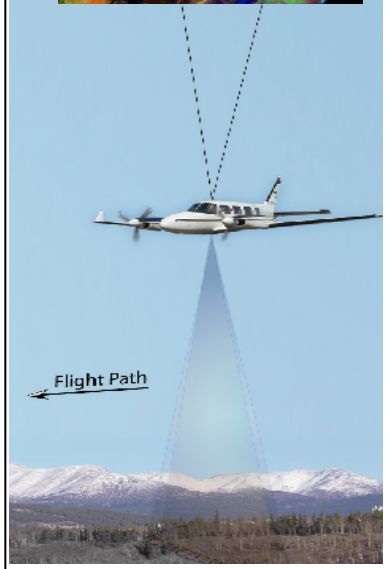
Teledetección Hiperespectral Aeroportada

Características THA

- Radiometría y geometría con alturas de vuelo entre 500 y 5000 m MSL
- Grandes ángulos de observación FOV 20º - 90º
- Escala local / regional con aproximadamente 1 hora de adquisición
- Protocolos y Estándares:

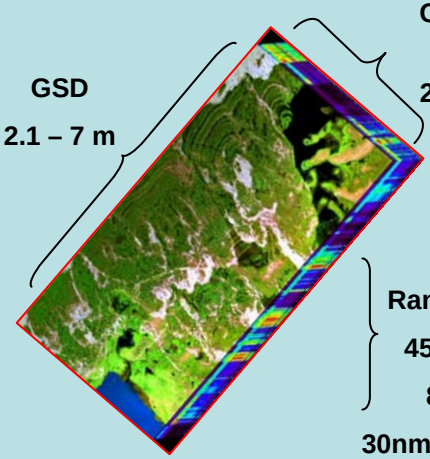
EUFAR-HYRESSA [www.hyressa.net; www.eufar.net] e Hiper_I_net [hyperinet.multimediacampus.it/]





Sensores Hiperespectrales Aeroportados INTA

AHS Whiskbroom (Argon ST)

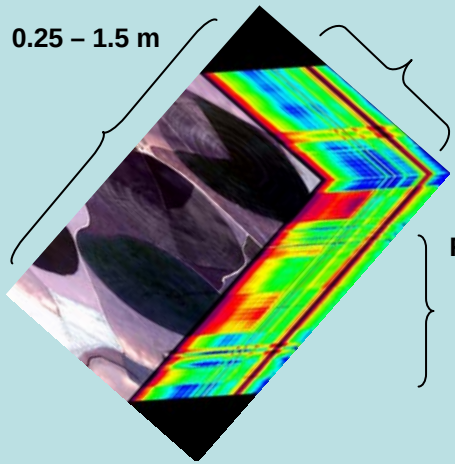


GSD
2.1 – 7 m

Cobertura lateral
2 – 5.5 km

Rango espectral
450-14000 nm
80 bandas
30nm – 15 nmFWHM

CASI 1500i Pushbroom (ITRES)

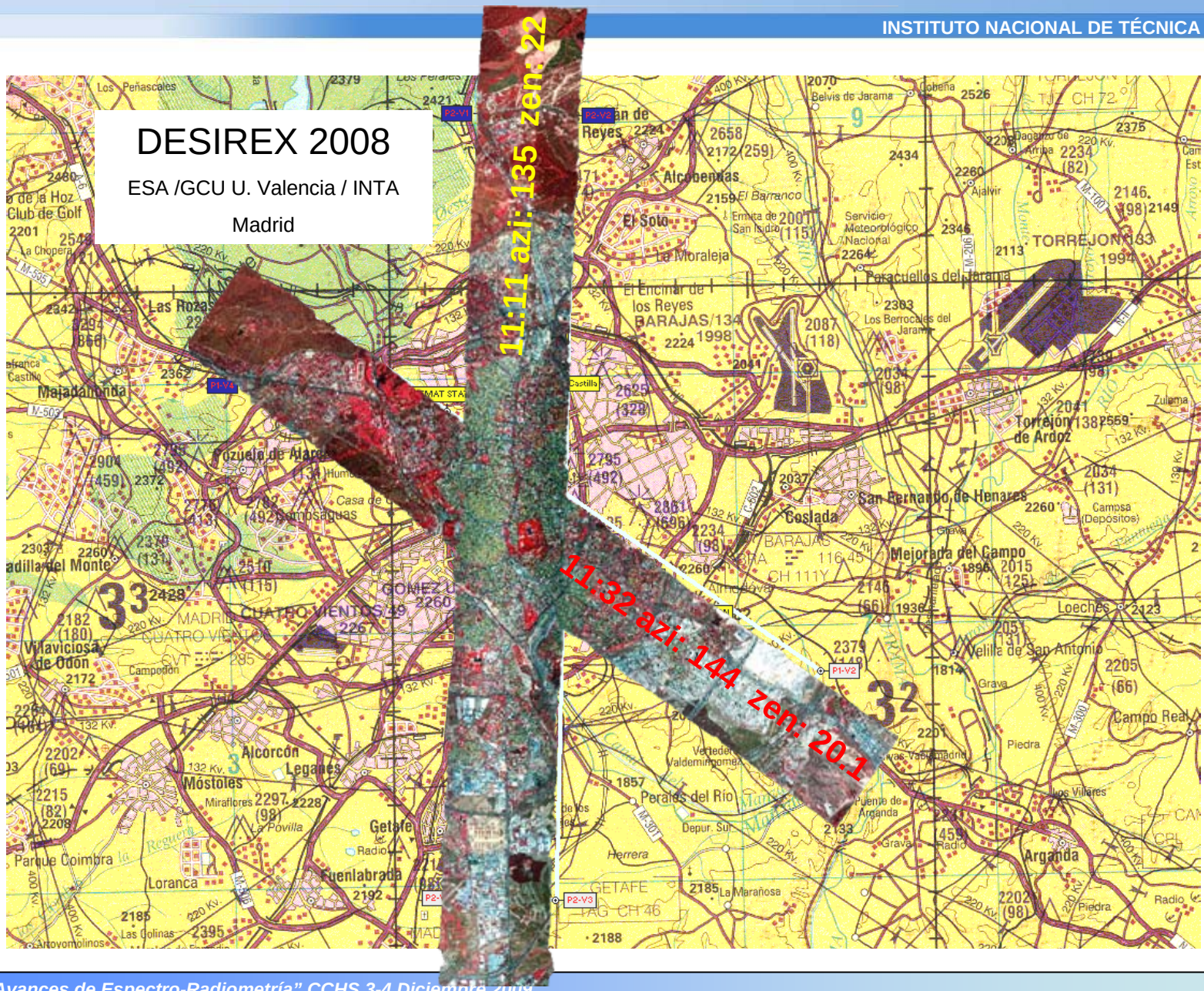


GSD
0.25 – 1.5 m

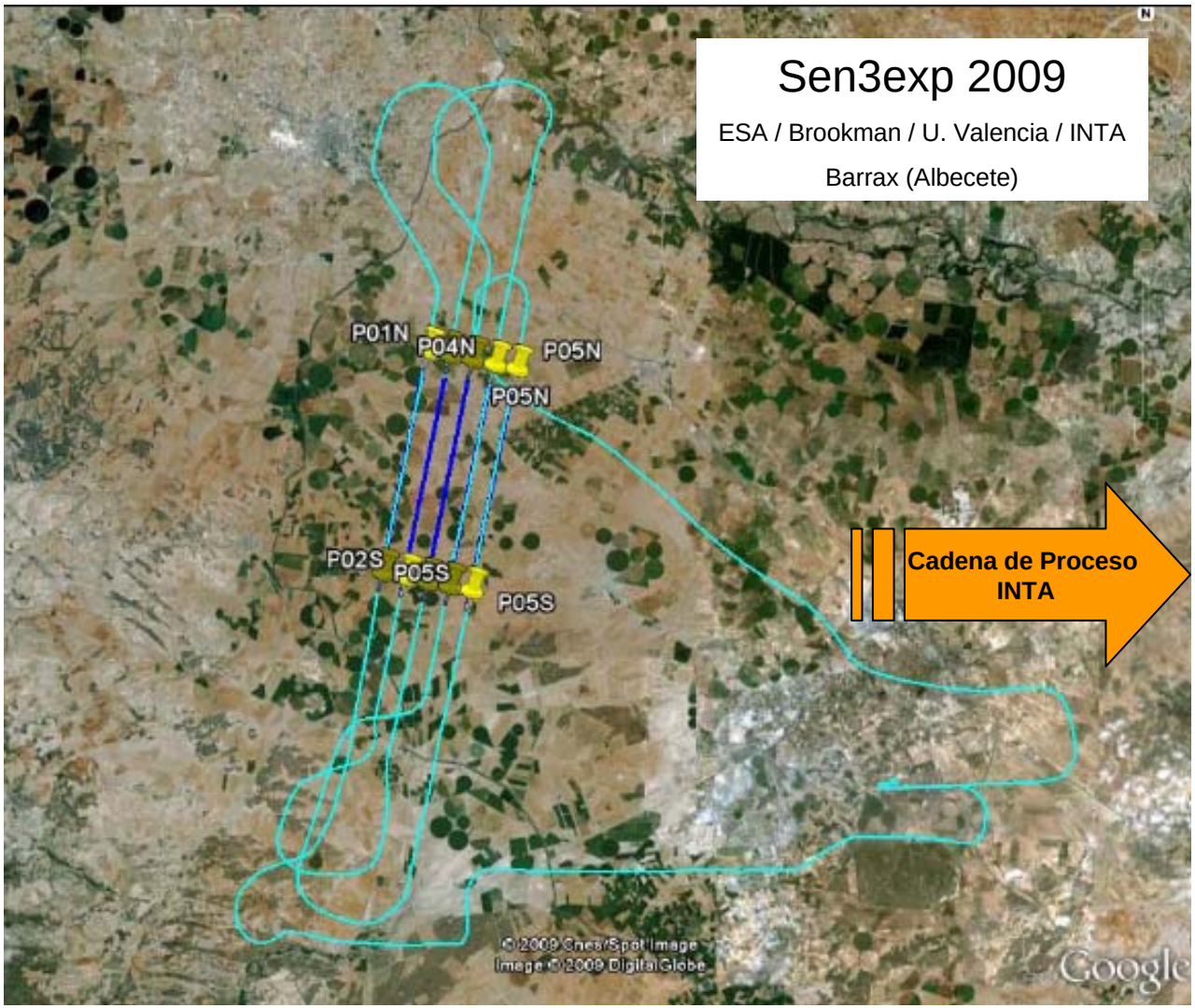
Cobertura latera
1 – 2.5 km

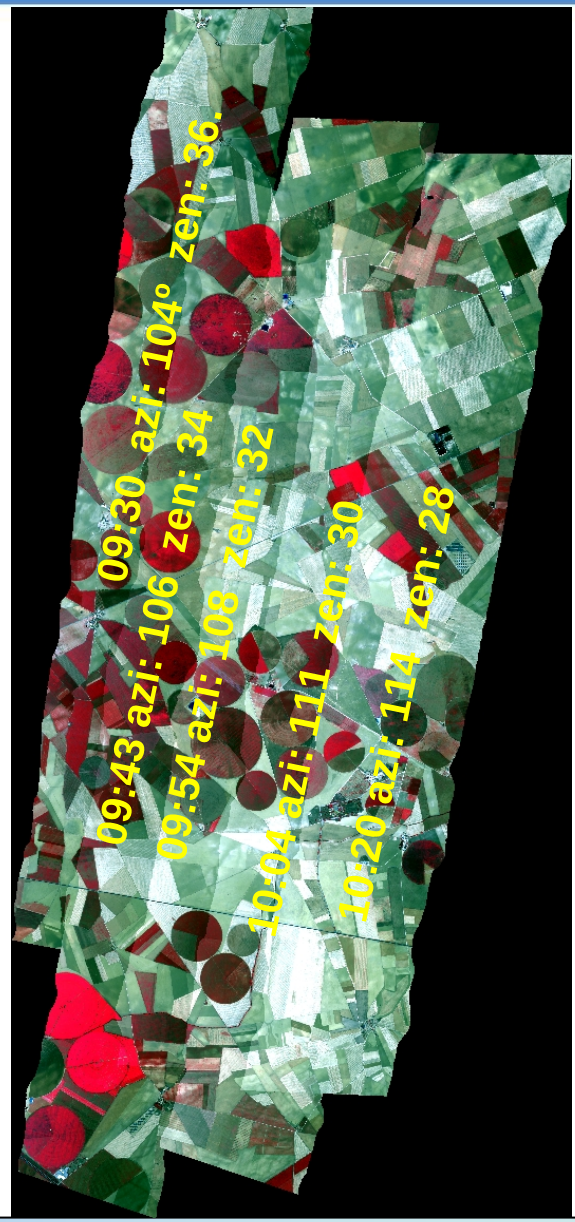
Rango Espectral
350-1050 nm
Programable
288 bandas
2.5 nm FWHM

THA / Adquisición de Pasadas



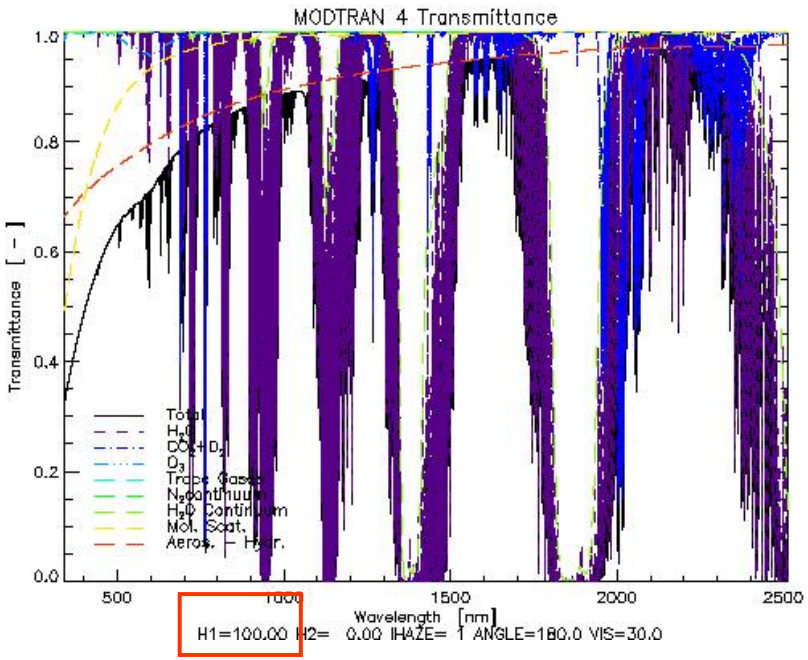
THA / Adquisición de Pasadas

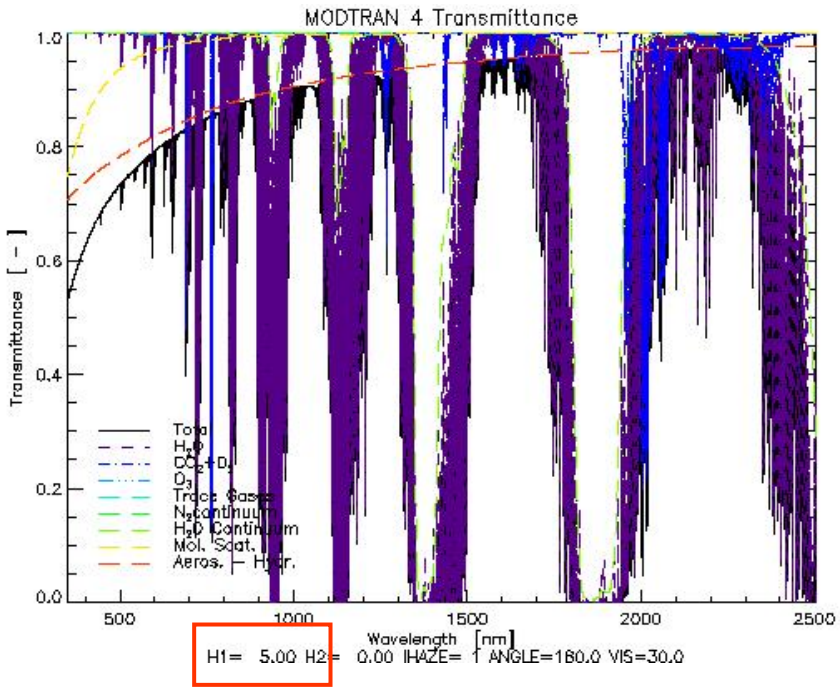




THA / Efecto Atmosférico

El efecto atmosférico se acumula en los km más cercanos a la superficie terrestre

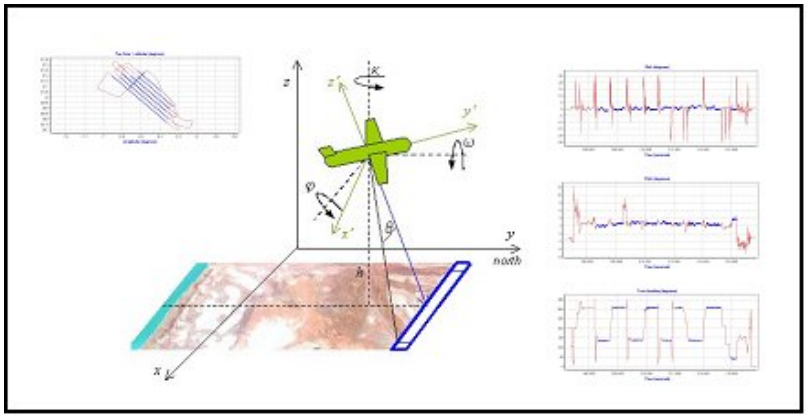




THA / Geometría

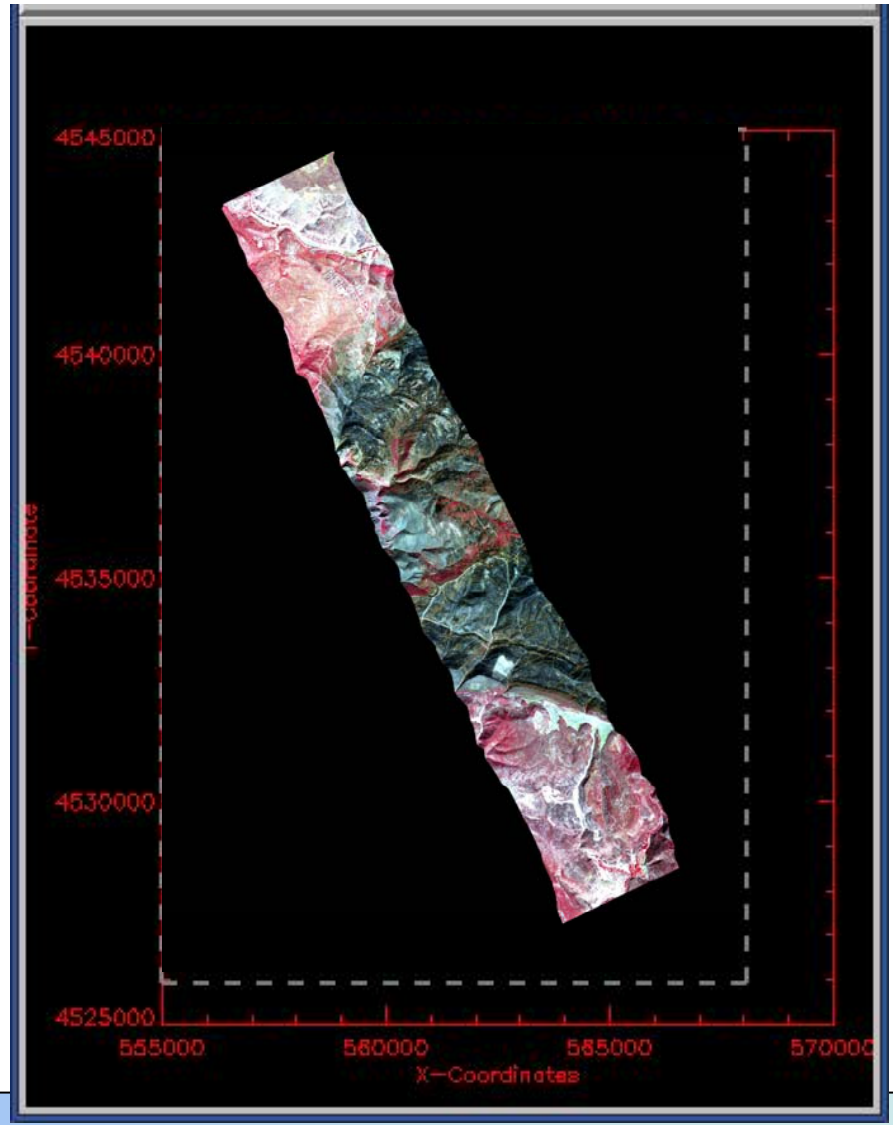
Los métodos paramétricos consiguen exactitudes por debajo de 2 píxeles

PARarametric GEocoding © (ReSe, UZ)

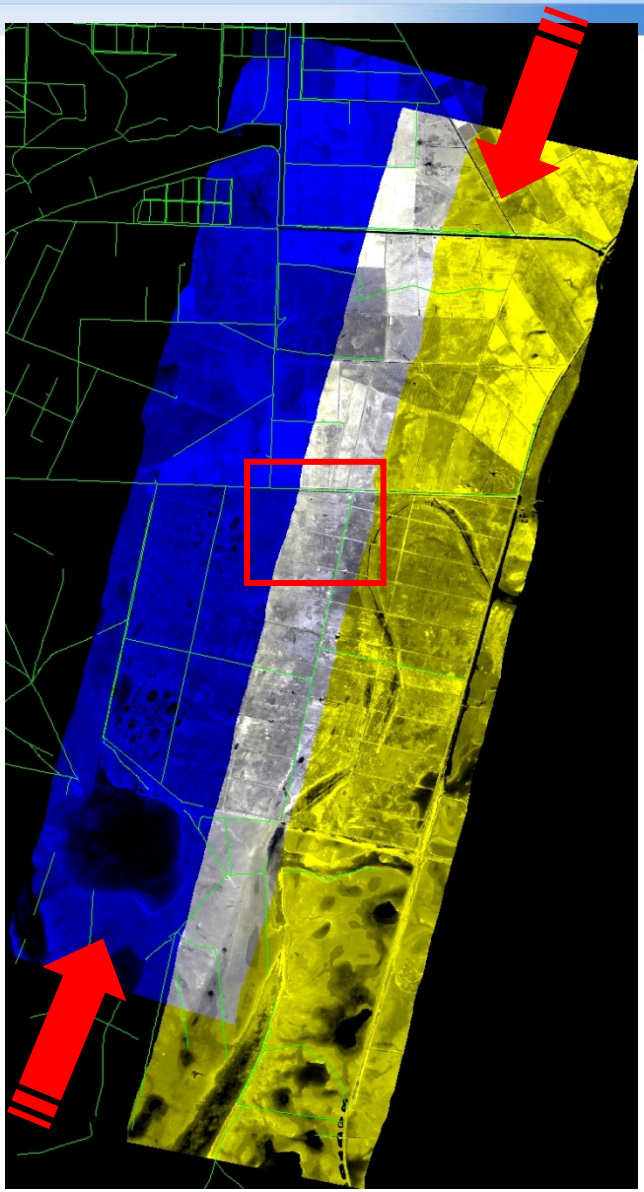


Entradas:

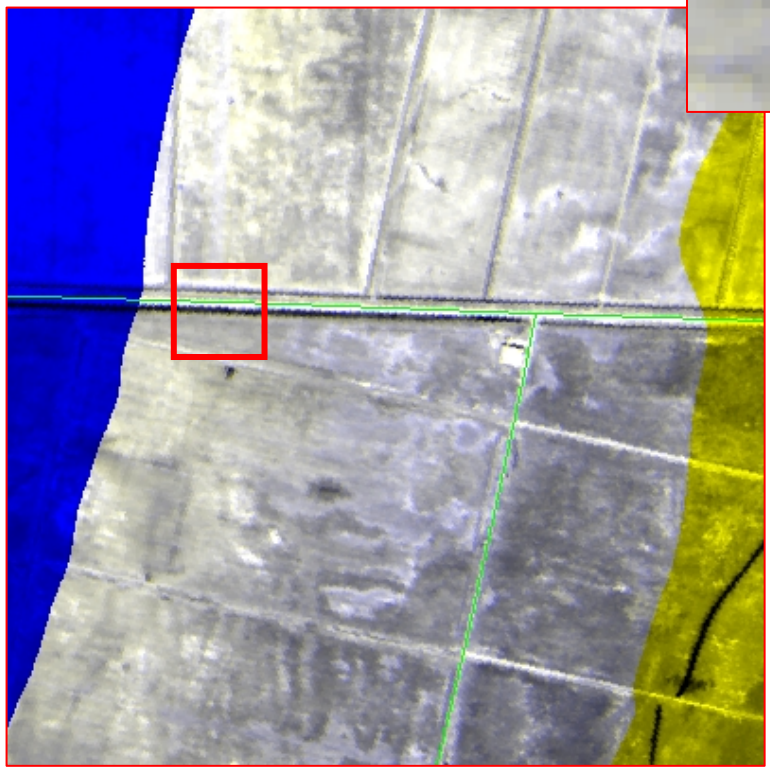
- **Modelo Digital del Terreno**
- **GPS/IMU Applanix POS/AV 410. Posición y orientación del AHS. Post-proceso estaciones de referencia**
- **Offsets. Vuelos de calibración**
- **Sincronización electrónica Applanix vs AHS**

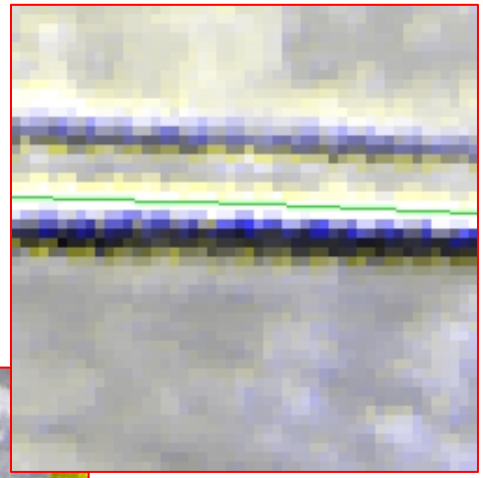


THA / Geometría

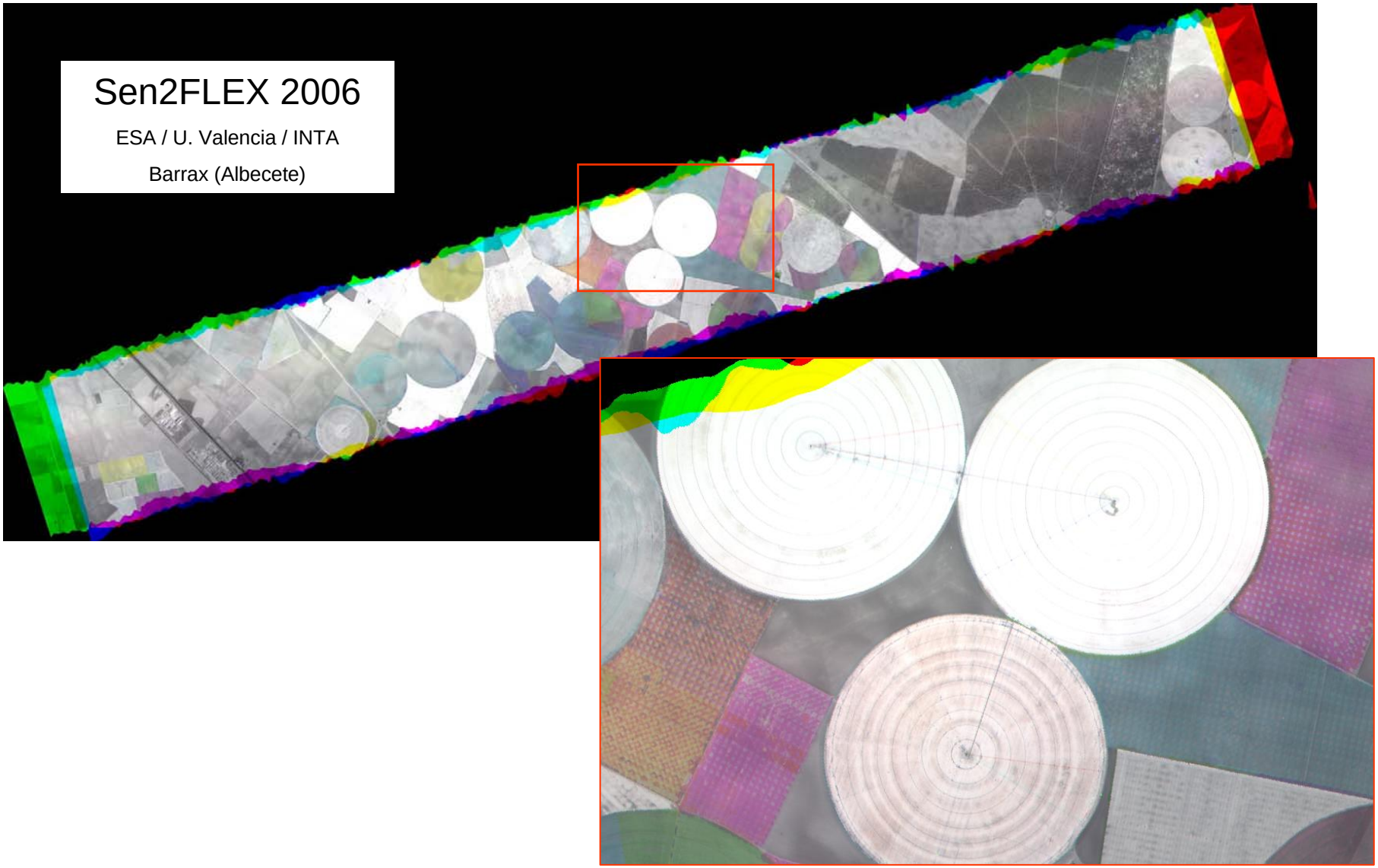


AHS proyecto HYDRA
PN Doñana
EBD





IHA / Geometría



Radiometría de Campo / Protocolo INTA

Plan de vuelo imagen hiperespectral
zona, cobertura imagen,
Resolución espacial y horas

Protocolo basado en:
Ustinet *al. CSTARS* http://www.cstars.ucdavis.edu/classes/hsgrdtutorial.html
U Valencia y DLR http://www.uv.es/leo/sen2flex/
U zurich (Bojinski and Hueni)

Planificación Campo:
Selección sitios, Número y tamaño
¿ superficie artificial?

- •Superficies “oscuras” y “brillantes”
- • homogéneas en 3 x 3 píxeles

Metadatos:
Localización y estado superficie.

Toma de datos:
Configuración equipo
Geometría de observación e iluminación

- •Directamente Fibra óptica FOV 25º
- •1m sobre superficie
- •Radiancia blanco / superficie
- •1 o 1/2 horas

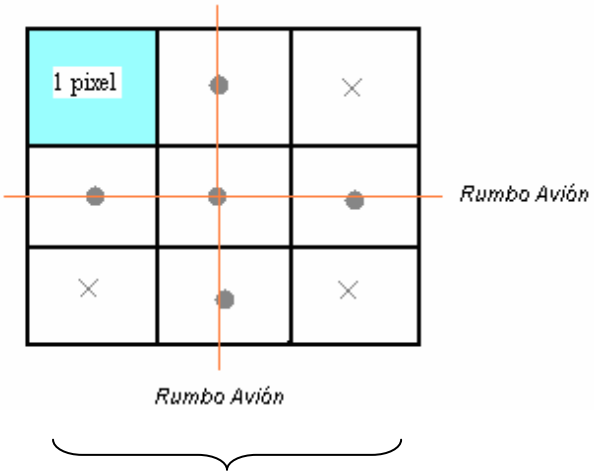
Metadatos:
Configutación de equipo
Condiciones meteorlogicas

Proceso de Firmas Especrales:
Medias y Desviación

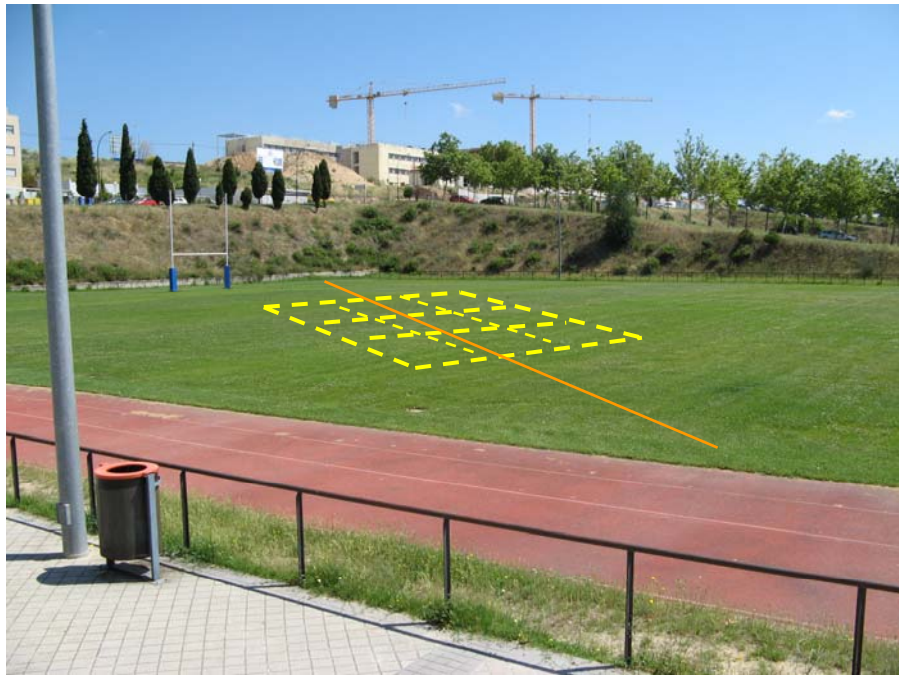
- •Cociente Radiancias
- •Reflectancia blanco
- •Remuestreo al sensor aeroportado

Informe de Campaña

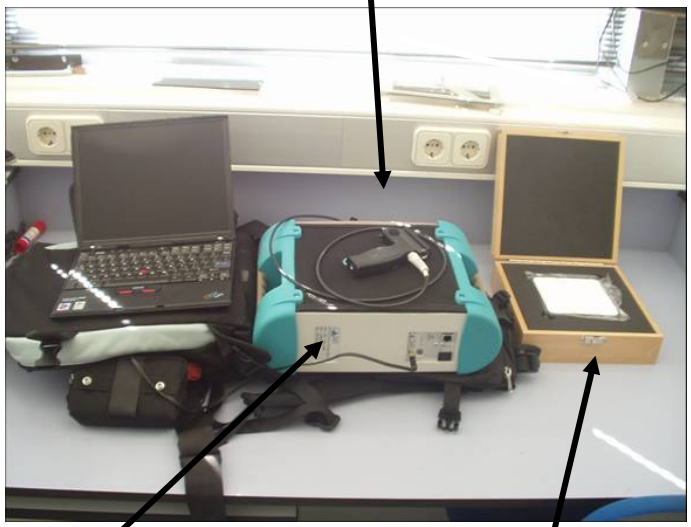
Protocolo INTA / Caracterización de superficie



Longitud ajustable al tamaño del píxel del sensor



Protocolo INTA / ASD FieldSpec3



ASD FieldSpec3 [Analitical Spectral Devices (www.asdi.com)]

Espectrorradiómetro de campo portable y optimizado para la toma de espectros en campo.

Registra la radiación entre 350 y 2500 nm

fibra óptica FOV 25º (píxel 44cm a 1m)

ópticas añadibles 1º y 8º

La luz entrante es separada:

VNIR 350-1000nm [FWHM 3nm]

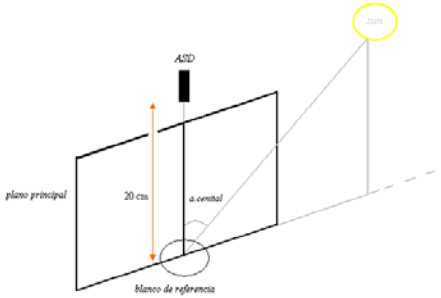
SWIR1 1000-1700 [FWHM 10nm]

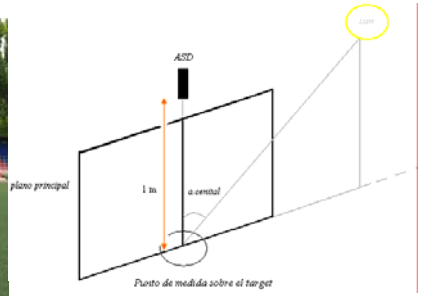
SWIR2 1700-2500 [FWHM 12nm]

Conexión inalámbrica con el ordenador

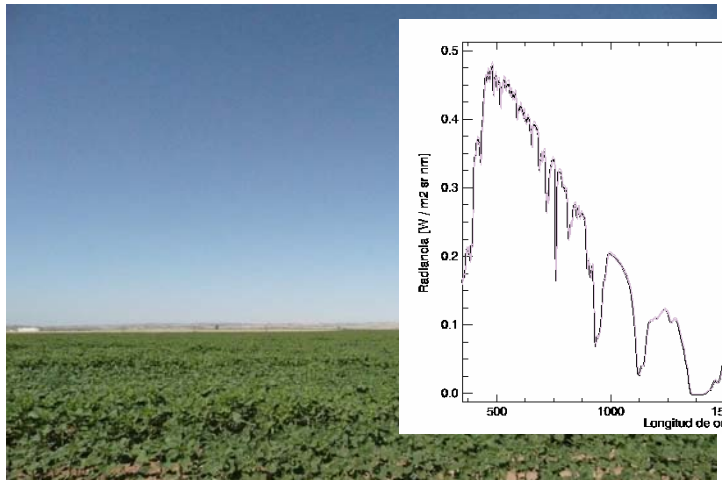
Protocolo INTA / Toma de espectros

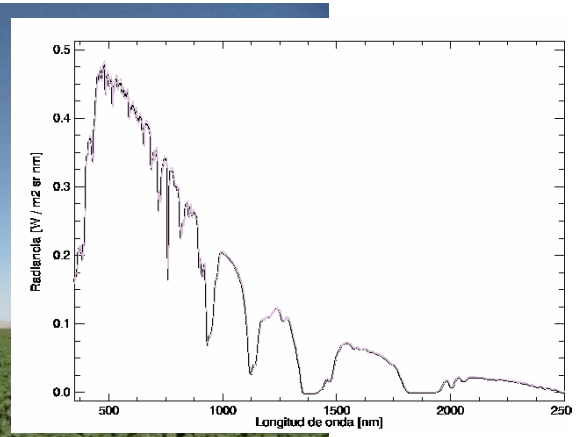
Alternancia continuada de:
Radiancia blanco / Radiancia superficie

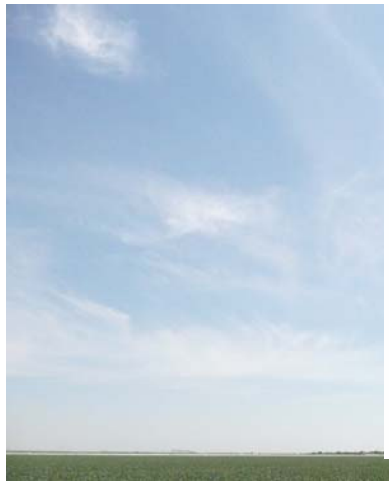


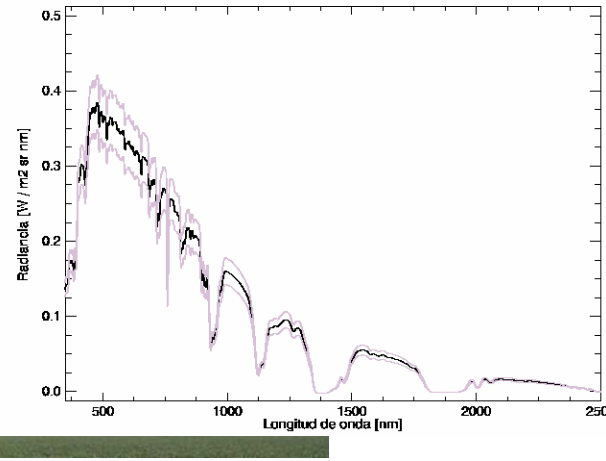


Seguimiento de:
iluminación y estado atmosférico



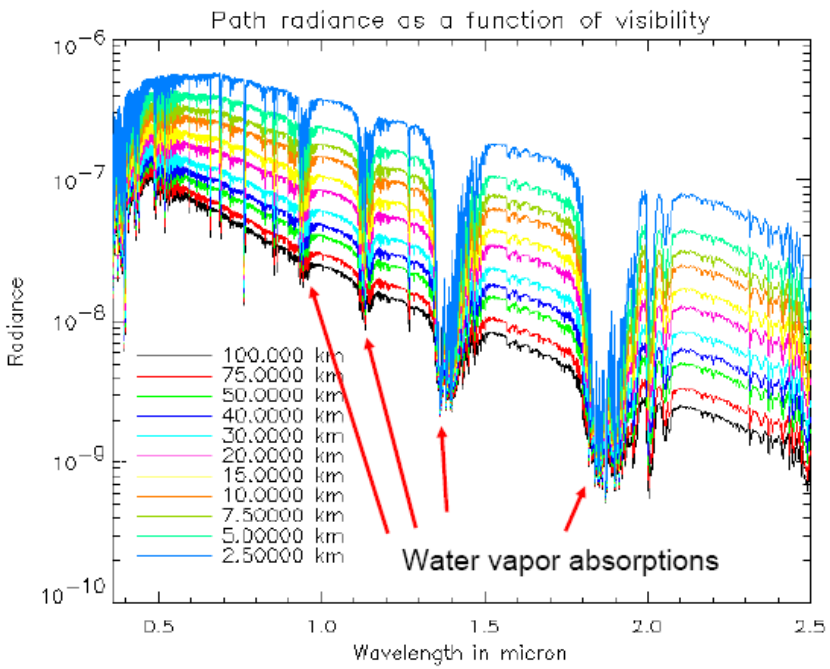


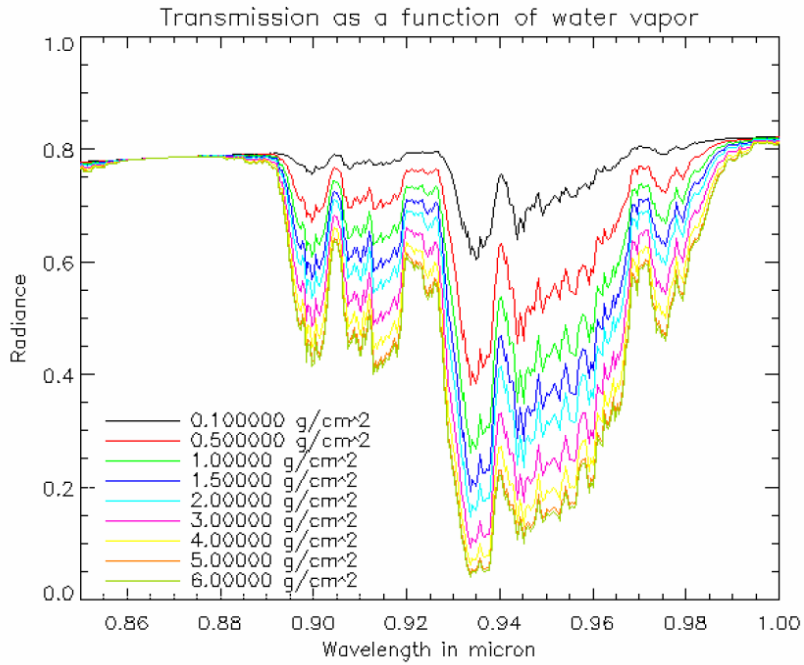




Transformación a Reflectancia / Atmósfera

Los componentes atmosféricos más variables de la atmósfera: vapor de agua, tipo de aerosoles y visibilidad





Borel: Los Alamos National Laboratory

Transformación a reflectancia / Atmósfera/ Métodos

Métodos Físicos

Códigos de transferencia radiativa

- MODTRAN-4(Berk et al 2003)
- 6S (http://www-loa.univ-lille1.fr/Msixs/msixs_gb.html

Mejoran indicando: vapor de agua y visibilidad o AOT

Aplicaciones THA

Atmosphere Removal Algorithm **ATREM**
(Gao et al, 1993)

Atmospehere CORrection Now **ACORN**
(ACORN, 2001)

Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes **FLAASH**
(Adler-Golden et al, 1998)

ATCOR4
(Richter & Schalpfer, 2002)

Métodos Empíricos

Imagen

Internal Average Reflectance IAR
(Kruse et al, 1985)

Flat Field FF
(Goetz & Srivasta, 1985)

Radiometría de campo

Empirical line
(Conel at al, 1987; Roberts et al, 1985)

Transformación a reflectancia / CTR / ATCOR-4

ATCOR4 [www.rese.ch/atcor/]

Atmospheric Topographic correction for Airborne Imagery

4 grados de libertad (x, y , z + escaneo)]

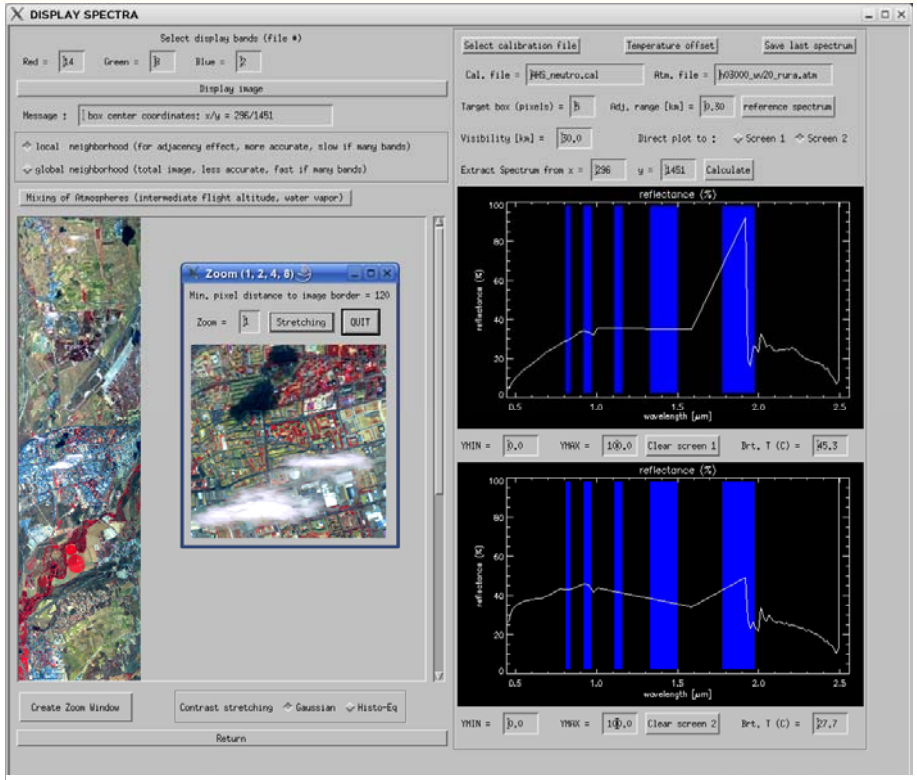
Entradas:

<u>por sensor</u>

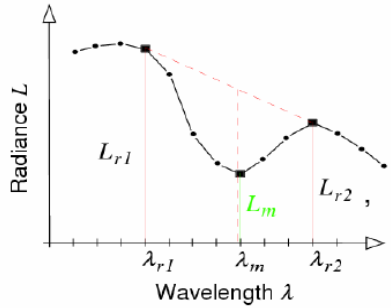
- Configuración Espectral
- FOV

<u>por pasada</u>

- Geometría solar (cenit y azimut)
- Geometría pasada (altura, rumbo
- Modelo aerosol
- Visibilidad (MODIS, …)
- Vapor de agua (APDA, …)



Ventana de proceso de ATCOR4 con Imagen AHS



APDA

Schalpfer, 1998

Transformación a reflectancia / EL

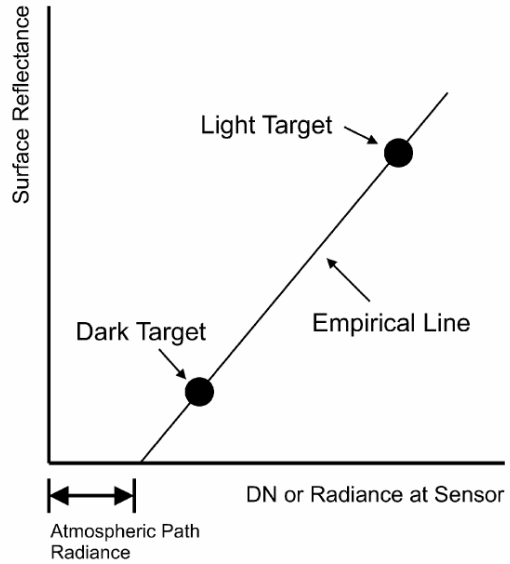
regresión lineal del nivel digital o radiancia en el sensor a reflectancia en el terreno

•basado en la reflectancia espectral de superficies “oscuras” y “brillantes” que estiman mediante

$$L_{sen} = L_{atm}(\Theta_v, \Theta_s, \phi) + \tau_v(\Theta_v) \frac{\rho}{\pi} \frac{E_g(0)}{1 - \rho_s}$$

$$L_{sen} = b + m\rho$$

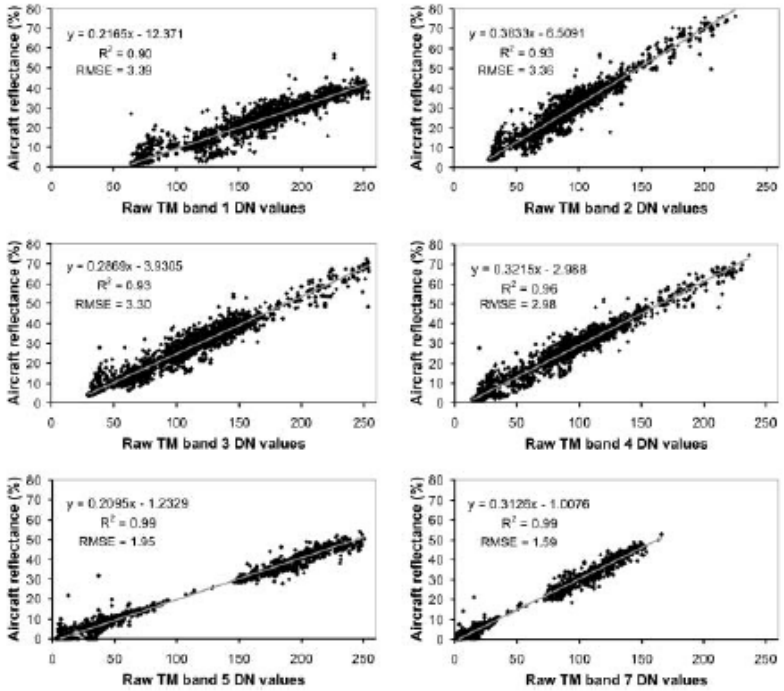
$$\rho\lambda = \frac{L_{sen(\lambda)} - b\lambda}{m\lambda}$$



Transformación a reflectancia / EL

- atmósfera / iluminación constante en toda la imagen/imágenes
- superficies con de respuesta lambertiana

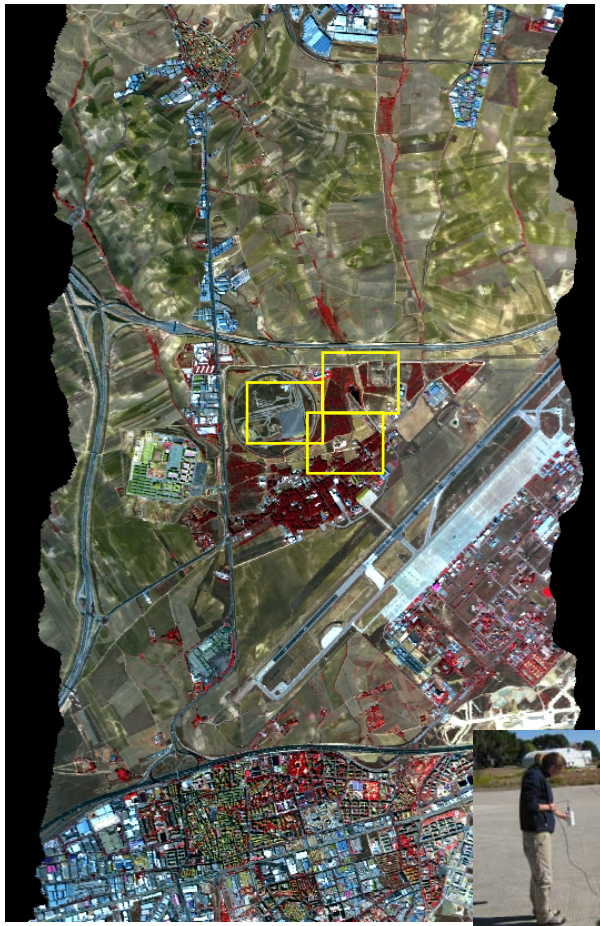
- corrige descalibraciones del sensor
- Completamente lineal



Baugh, et al: International Journal of Remote Sensing

Vol.29, Nº 3, 10, 2008 665-672

ATCOR4 vs EL / una imagen



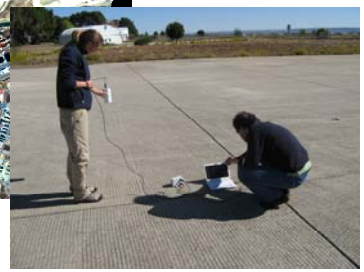
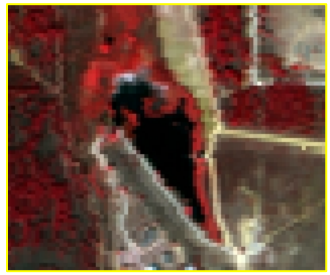


Imagen AHS sobre INTA

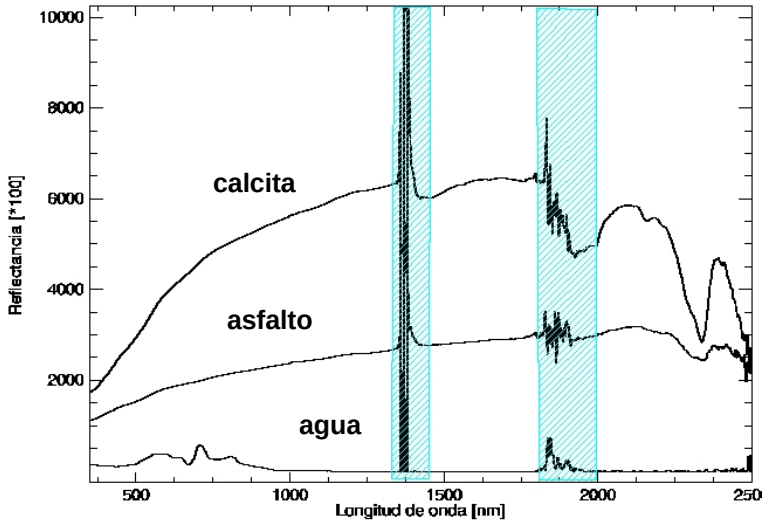
asfalto



agua

calcita

Medidas ASD



ATCOR4 vs EL / una imagen

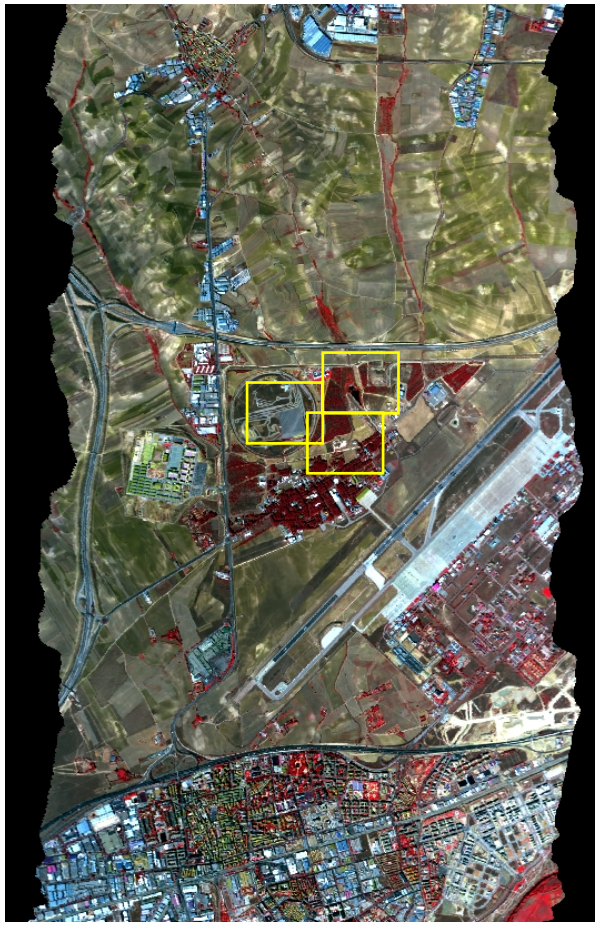
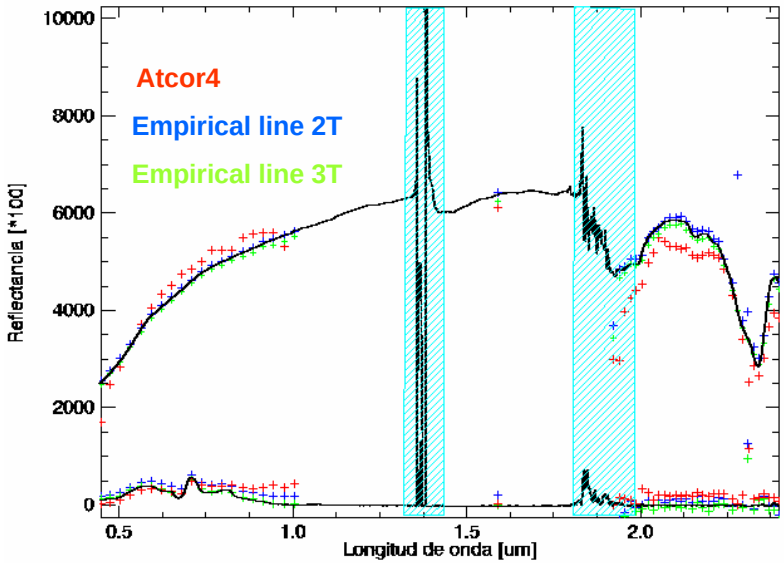
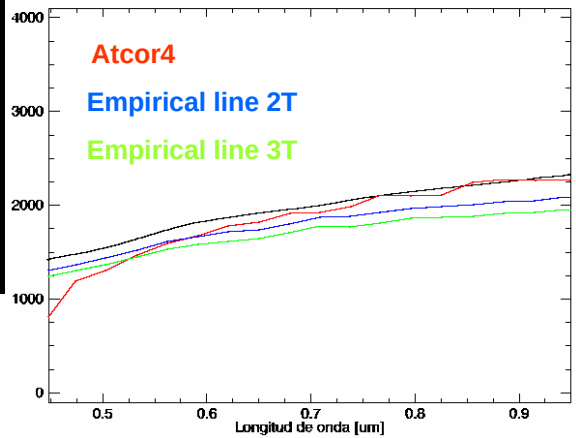
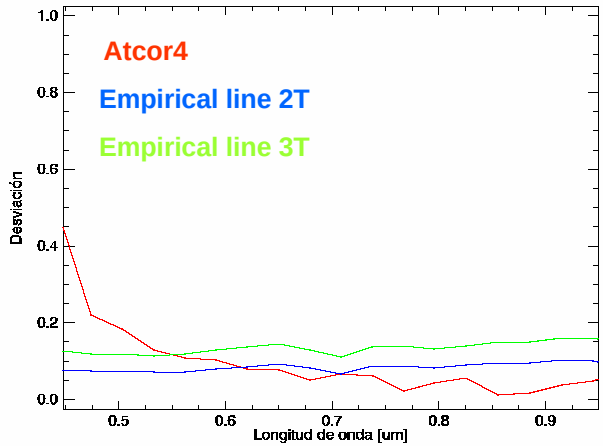


Imagen AHS sobre INTA



Reflectancia Asfalto





ATCOR4 vs EL / Adyacencia

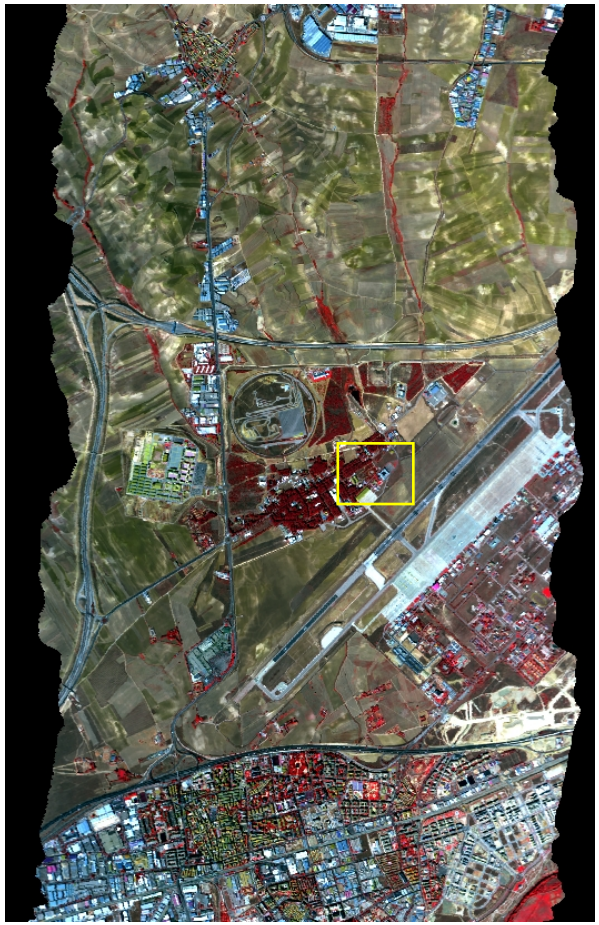
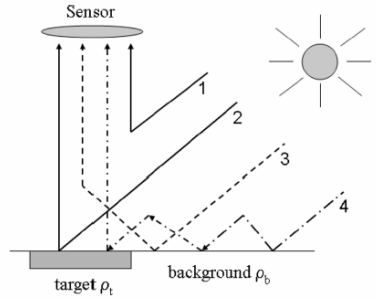
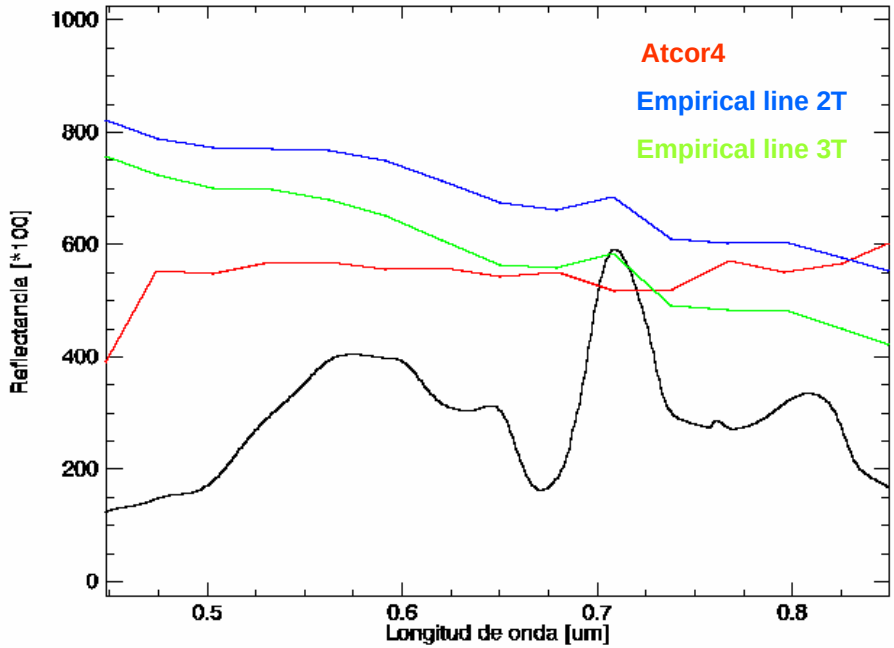


Imagen AHS sobre INTA

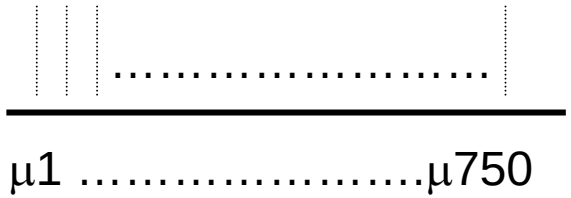


Richter et al IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter Vol 3 N 4 2006



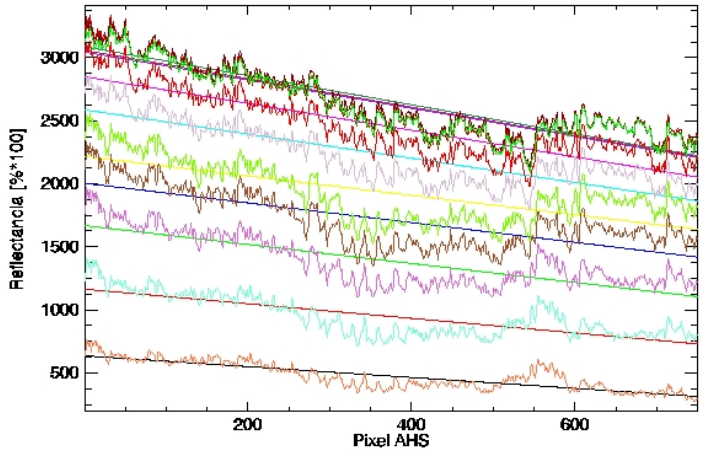
ATCOR4 vs EL / FOV 90º AHS

Imagen AHS sobre INTA

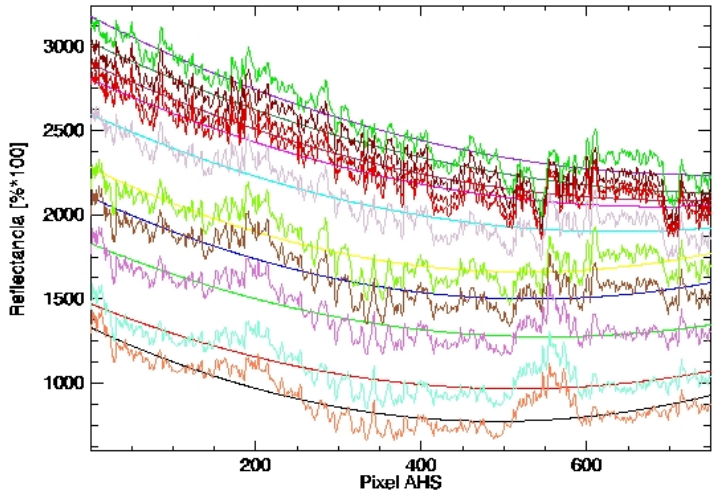


Media de reflectancia de bandas NIR AHS

Reflectancia ATCOR4



Reflectancia Empirical Line



FOV 90º + Plano Principal

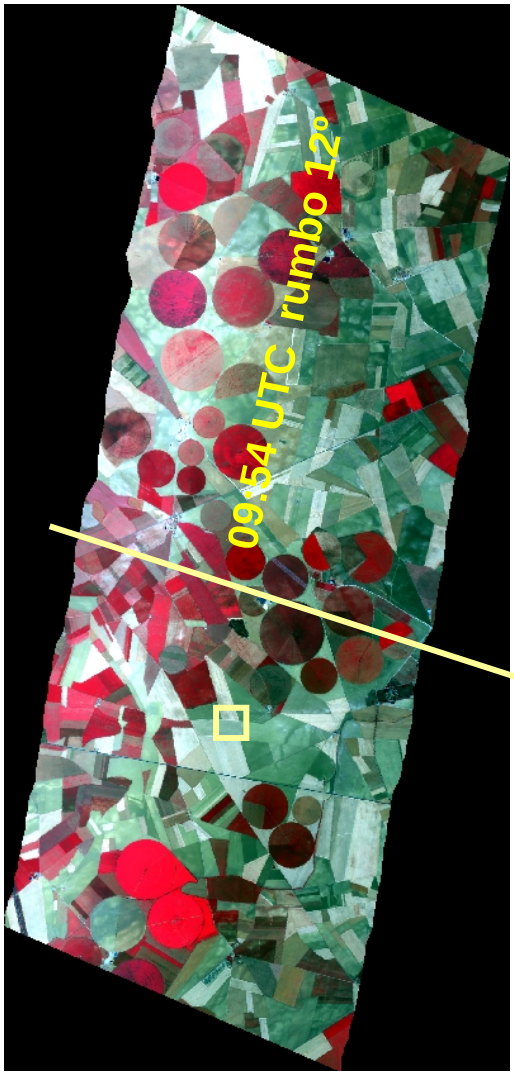
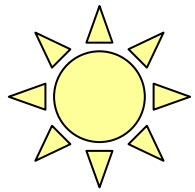


Imagen AHS Barrax

Sen3exp 2009

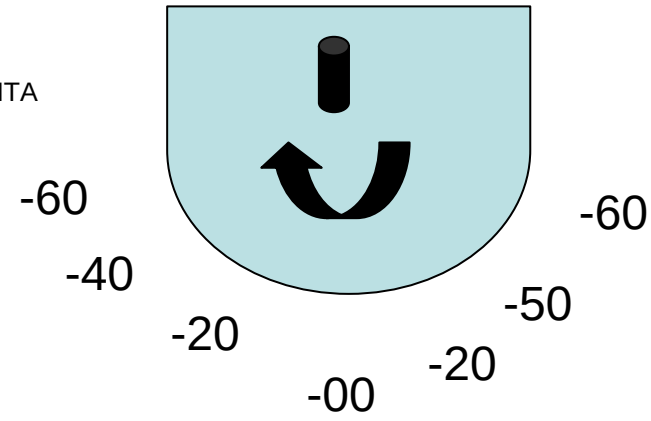
ESA / Brookman / U. Valencia / INTA

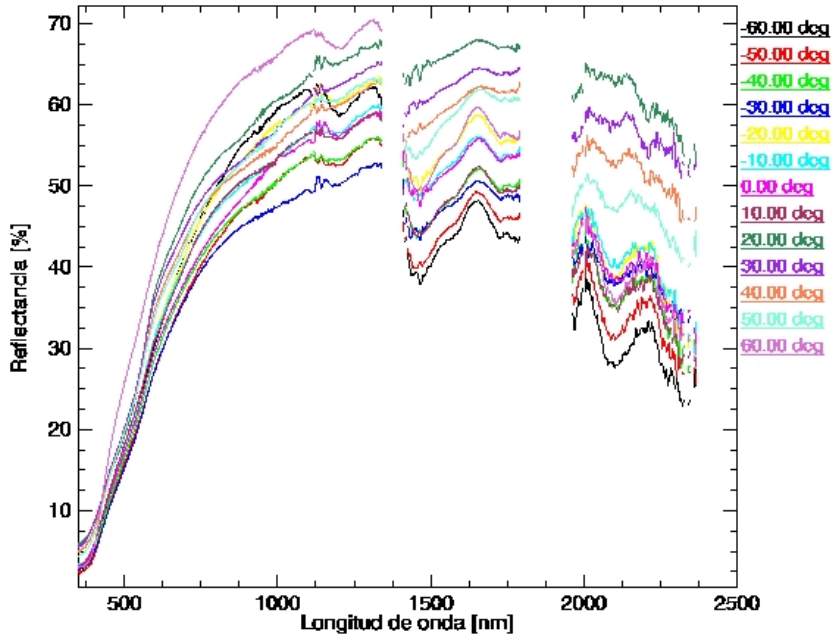
Barrax (Albecete)



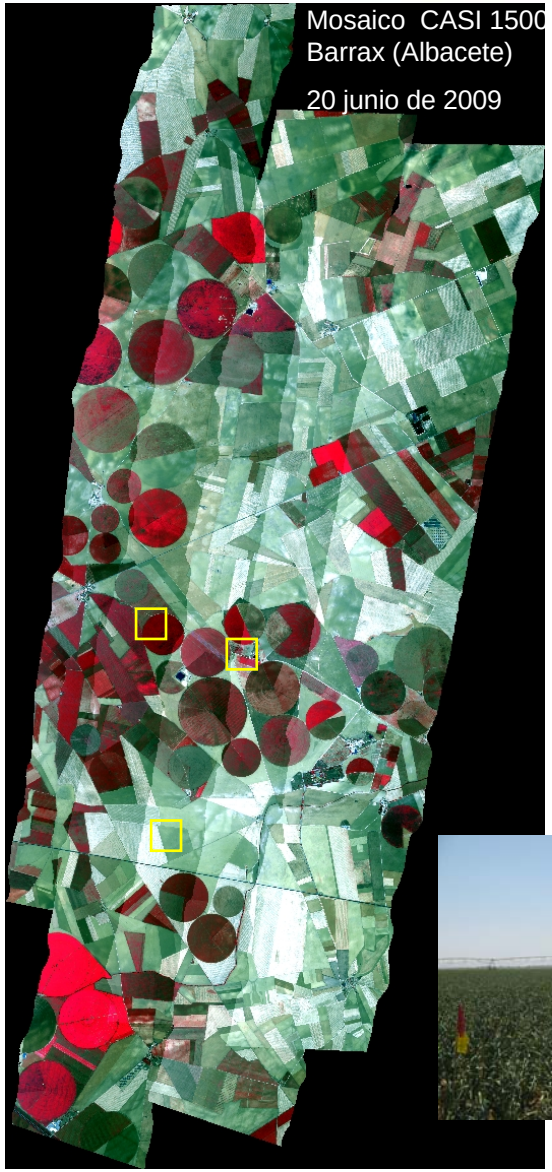
Angulo azimutal solar 104 º

Medidas ASD RoboScan [Luis Alonso U. Valencia]

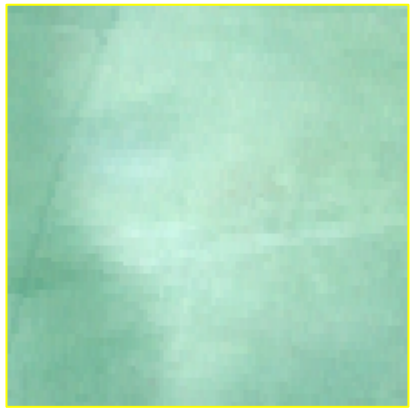


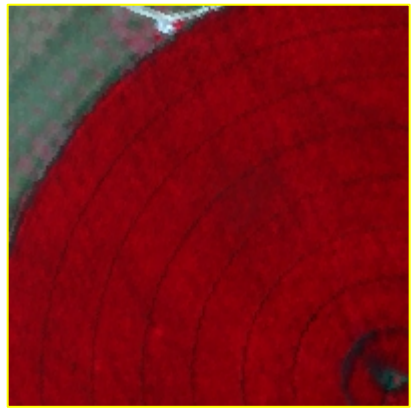


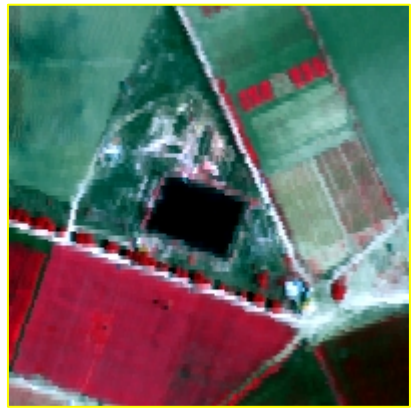
ATCOR4 vs EL / mosaico Barrax I



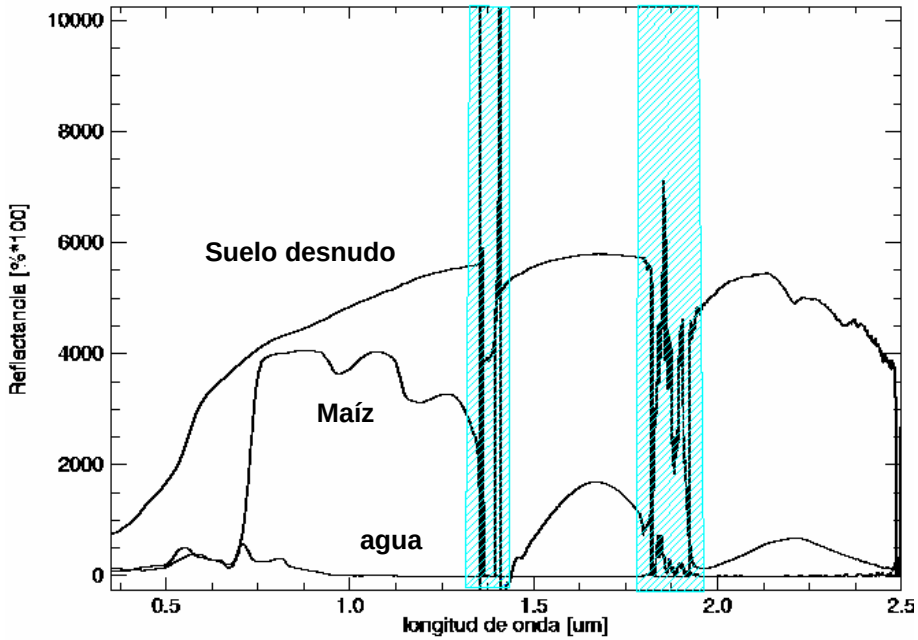
Medidas ASD



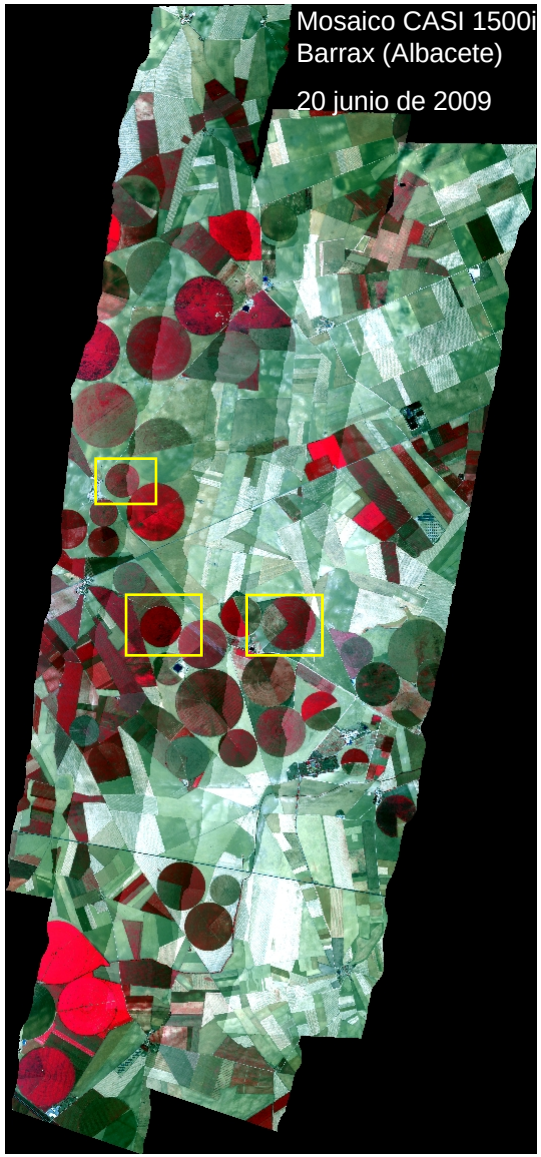




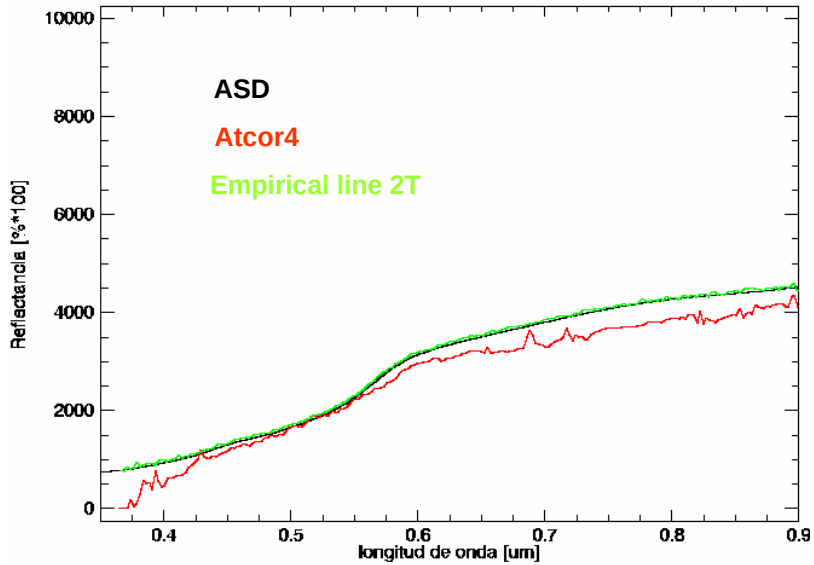
Suelo desnudo **Maíz** **agua**



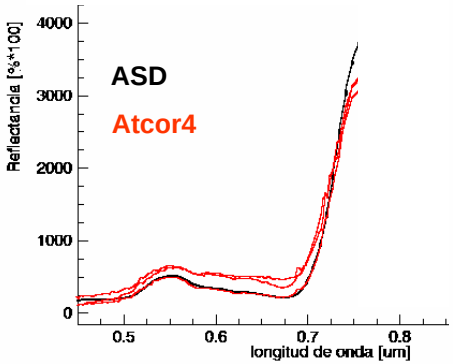
ATCOR4 vs EL / mosaico Barrax II

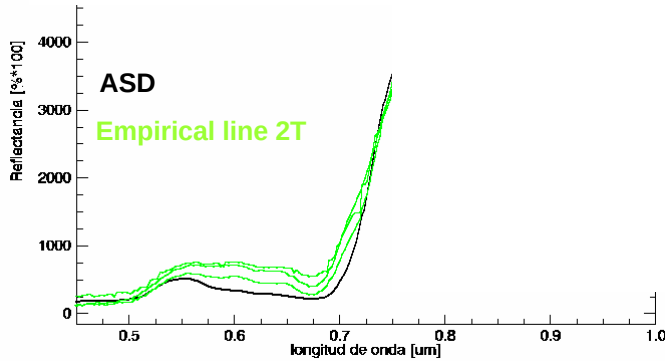


Reflectancia suelo desnudo



Reflectancia Maíz P1, P2 y P3





Conclusiones

La Teledetección Hiperespectral Aeroportada (THA) tiene en la actualidad métodos de corrección geométrica y atmosférica que le permite obtener productos de alta exactitud y precisión

El método empírico EL de calibración a reflectancia permite al usuario de imágenes hiperespectrales aeroportadas la transformación a reflectancia en el terreno

El método EL tiene que tener en cuenta para THA:

- Tipo, estado y albedo de las superficies
- Nadir respecto a la imagen
- Adyacencia