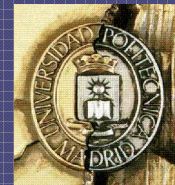




# Fusión de imágenes SPOT 5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

María González-Audicana Amenábar (UPNA)



Pamplona, 16-17 junio 2008

Estructura general de la presentación:

- 1.- Introducción a los métodos de bajo coste computacional
- 2.- Base teórica del empleo de las SRF en fusión de imágenes
- 3.- Implementación práctica del algoritmo FAST-SRF
- 4.- Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método FAST-SRF

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

Fusión SPOT 5

Problema de los métodos basados en transformadas → ALTO COSTE COMPUTACIONAL

MÉTODO RÁPIDO de FUSIÓN basado en la transformación IHS lineal [1]:

$$\text{RGB a IHS} \rightarrow \begin{bmatrix} I \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ -\sqrt{2}/6 & -\sqrt{2}/6 & 2\sqrt{2}/6 \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Las componentes H y S se calculan como:

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{v2}{v1}\right) \quad S = \sqrt{v1^2 + v2^2}$$

IHS a RGB → Imagen fusionada tras sustituir I por PAN

$$\begin{bmatrix} R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} PAN \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix}$$

La implementación de la transformación RGB-IHS y su inversa, requiere varias operaciones multiplicativas aditivas → COSTE COMPUTACIONAL

Tu et al. [10], proponen un método de fusión rápido basado en esta transformación IHS lineal (FIHS)

$$\begin{bmatrix} R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 + (PAN - I) \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I + \delta \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = PAN - I$$

Tu et al., demuestran que cuanto mayor sea el valor de  $\delta$ , mayor es la distorsión espectral (↓ calidad)

[1] T.M Tu, S.C Su, H.C. Shyu and P.S. Huang, "A new look at IHS-like image fusion methods", *Information Fusion*, vol. 2, pp. 177-186, 2001

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

MÉTODO RÁPIDO de FUSIÓN basado en la transformación IHS lineal [10]:

$$\begin{bmatrix} R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

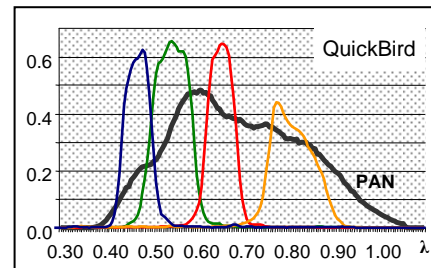
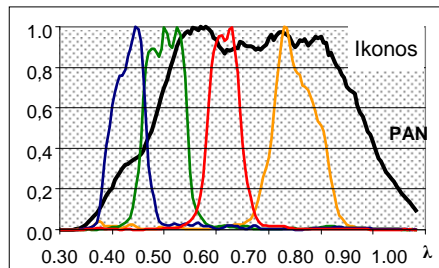
$$\delta = PAN - I$$

Fácilmente extensible a 4 bandas (eFIHS)

$$\begin{bmatrix} NIR_{fus} \\ R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NIR + \delta \\ R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

Especialmente interesante para la fusión de Ikonos y QuickBird

Teniendo en cuenta las SRF de QuickBird, Ikonos:

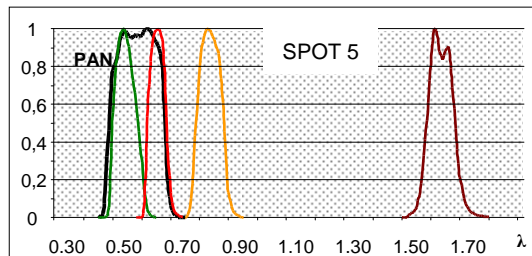


$$\begin{bmatrix} B_{fus} \\ G_{fus} \\ R_{fus} \\ NIR_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B + \delta \\ G + \delta \\ R + \delta \\ NIR + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = PAN - I$$

$$I = \frac{B + G + R + NIR}{4}$$

Teniendo en cuenta las SRF de SPOT 5:



$$\begin{bmatrix} G_{fus} \\ R_{fus} \\ NIR_{fus} \\ MIR_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G + \delta \\ R + \delta \\ NIR + \delta \\ MIR + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = PAN - I$$

$$I = \frac{G + R}{2}$$

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

Fusión SPOT 5

MÉTODO RÁPIDO de FUSIÓN basado en la transformación IHS lineal [10]:

$$\begin{bmatrix} \text{NIR}_{\text{fus}} \\ R_{\text{fus}} \\ G_{\text{fus}} \\ B_{\text{fus}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{NIR} + \delta \\ R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = \text{PAN} - I$$

Problema del algoritmo eFIHS: diferencia en la radiometría de la imagen PAN e I

Baja calidad espectral de las imágenes fusionadas

POSIBLE SOLUCIÓN:

Que la diferencia entre PAN e Intensidad se corresponda únicamente con el detalle espacial de la imagen PAN que le falta a la imagen Intensidad

Extracción del detalle espacial de la imagen  $\text{PAN}_i$   $\longrightarrow$  TWD á trous:

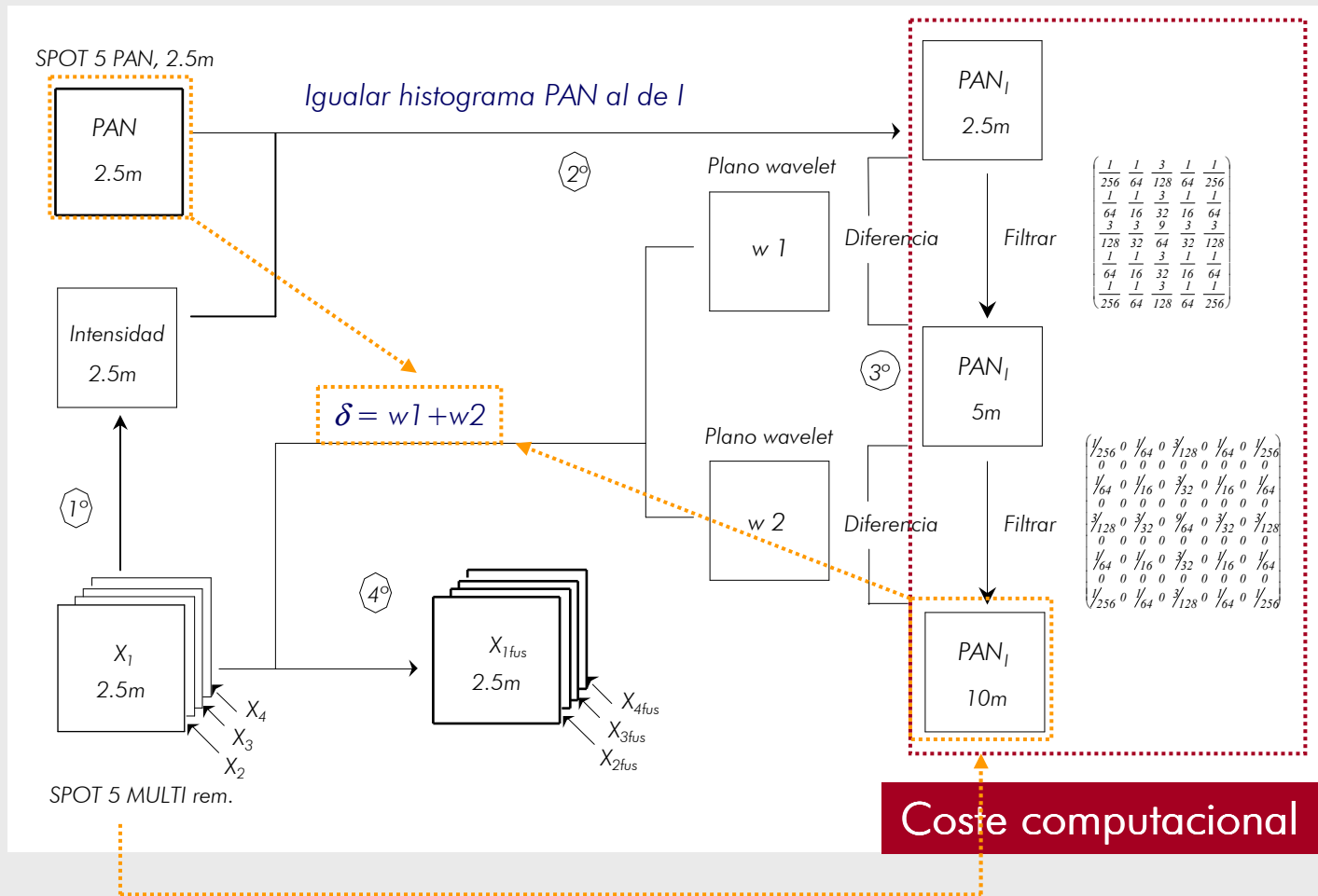
- 1.- Obtener la imagen Intensidad a partir de la MULTI remuestreada (G,R)
- 2.- Igualar el histograma de la PAN al de la imagen INTENSIDAD
- 3.- Aplicar la TWD á trous a la imagen  $\text{PAN}_i$  y obtener los planos o coeficientes wavelet que contienen el detalle espacial de la PAN que le falta a la MULTI
- 4.- Sumar los planos o coeficientes wavelet a la imagen MULTI remuestreada

$$\delta = \sum_i w_{\text{PAN}_i}$$

PROBLEMA: Coste computacional

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

## MÉTODO RÁPIDO de FUSIÓN basado en la transformación IHS lineal [10]:



# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

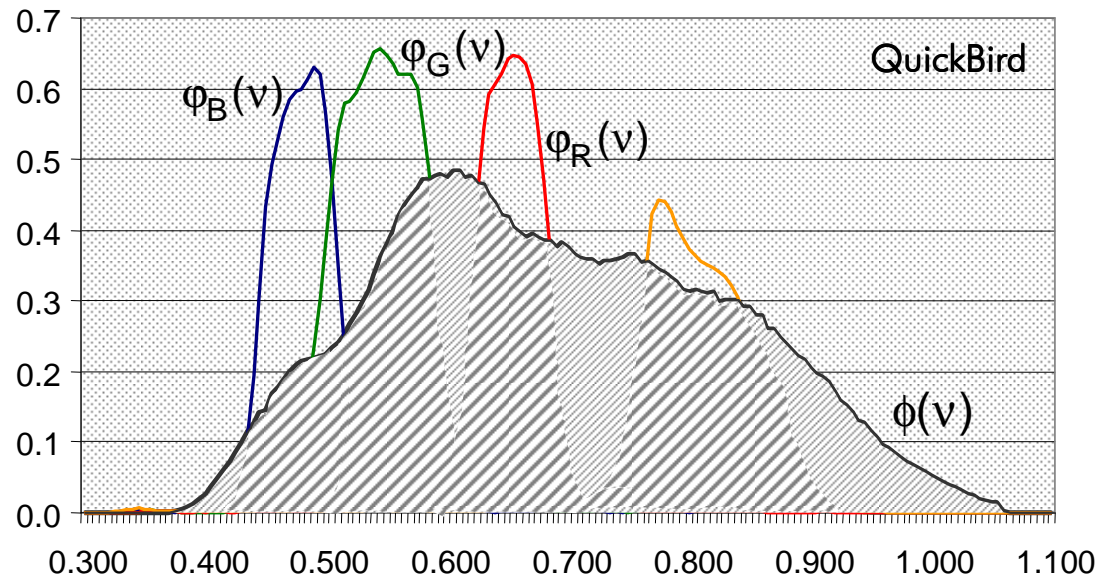
II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

Fusión SPOT 5



**SRF**: probabilidad de que un fotón, emitido o reflejado a una frecuencia  $\nu$ , sea detectado por el sensor.

$\phi(\nu)$ : FRS del sensor PAN

$\phi_i(\nu)$ : FRS de la banda  $i$  del sensor MULTI.

La **probabilidad** de que un fotón, de frecuencia  $\nu$ , sea detectado por el sensor **PAN**:  $P(p) = \int \phi(\nu) d\nu$

La **probabilidad** de que un fotón, de frecuencia  $\nu$ , detectado por el sensor **PAN** sea también detectado por el sensor **MULTI**:

$$P(p_m) = \int \min(\phi, \max(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)) d\nu = \int \phi_m(\nu) d\nu$$

$n_p$ : fotones detectados por PAN

$n_{p,multi}$ : fotones simultáneamente detectados por PAN y MULTI

$$n_{p,multi} = \frac{P(p_m)}{P(p)} \cdot n_p$$

1

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

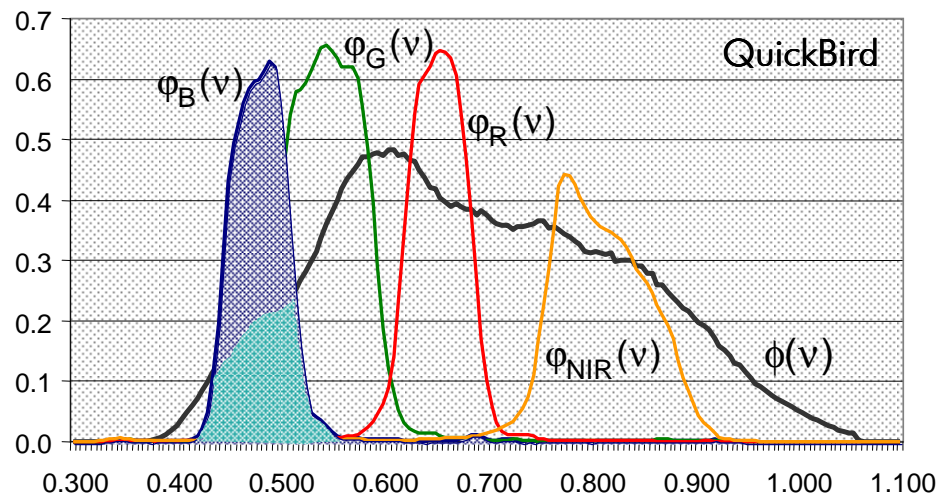
II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

Fusión SPOT 5



La **probabilidad** de que un **fotón**, de frecuencia  $\nu$ , sea **detectado** por el sensor **MULTI<sub>i</sub>**:  $P(m_i) = \int \phi_i(\nu) d\nu$

La **probabilidad** de que un **fotón detectado** por el **sensor MULTI<sub>i</sub>** también sea detectado por el **sensor PAN** es:

$$P(p|m_i) = \frac{P(m_i \cap p)}{P(m_i)} \text{ donde } P(m_i \cap p) = \int \min(\phi_i, \phi) d\nu$$

$n_i$ : fotones detectados por MULTI<sub>i</sub>

$n_{p,multi}$ : fotones simultáneamente detectados por PAN y MULTI

$$n_{p,multi} = \sum_i P(p|m_i) \cdot n_i$$

Existen fotones **detectados simultáneamente** por **dos bandas MULTI<sub>i</sub> adyacentes**.  $\Rightarrow$

Factor  $\beta_{i,j}$ : representa la fracción de fotones detectada simultáneamente por el sensor MULTI<sub>i</sub> y su adyacente MULTI<sub>j</sub>, que también puede ser detectada por el sensor PAN

$$n_{p,multi} = \sum_i P(p|m_i) \cdot n_i \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right)$$

2



1

$$n_{p,multi} = \frac{P(p_m)}{P(p)} \cdot n_p$$

2

$$n_{p,multi} = \sum_i P(p|m_i) \cdot n_i \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right)$$

$$\frac{P(p_m)}{P(p)} \cdot n_p = \sum_i P(p|m_i) \cdot n_i \cdot \left(1 - \frac{\beta_{i,j}}{2}\right)$$

Conocido  $n_i$ , es posible obtener  $(n_p)_{LR}$  y por lo tanto  $PAN_{LR}$

### ASPECTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR:

1. Información SRF, trabajar en valores de Radiancia (no ND)
2. Información SRF, aplicable a imágenes con un nivel de procesamiento mínimo
3. Calidad espectral de las imágenes fusionadas empleando métodos rápidos basados en la información contenida en las SRF: dependiente del grado de solape entre curvas del sensor PAN y MULTI

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

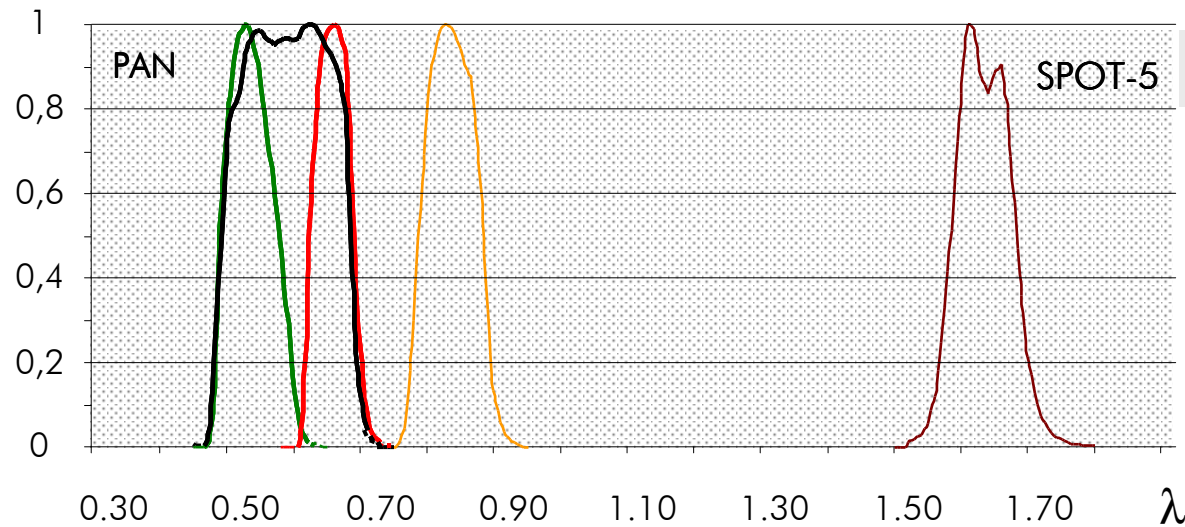
II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

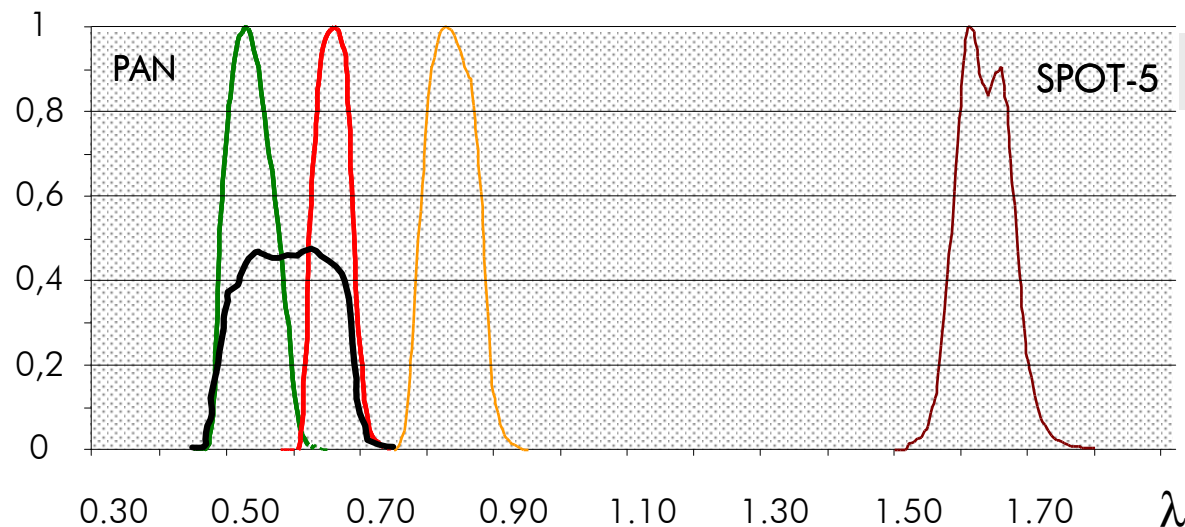
Fusión SPOT 5



Curvas SRF normalizadas

$$n_p \approx 1.3 \cdot n_g + 1.2 \cdot n_r$$

NO SE CUMPLE

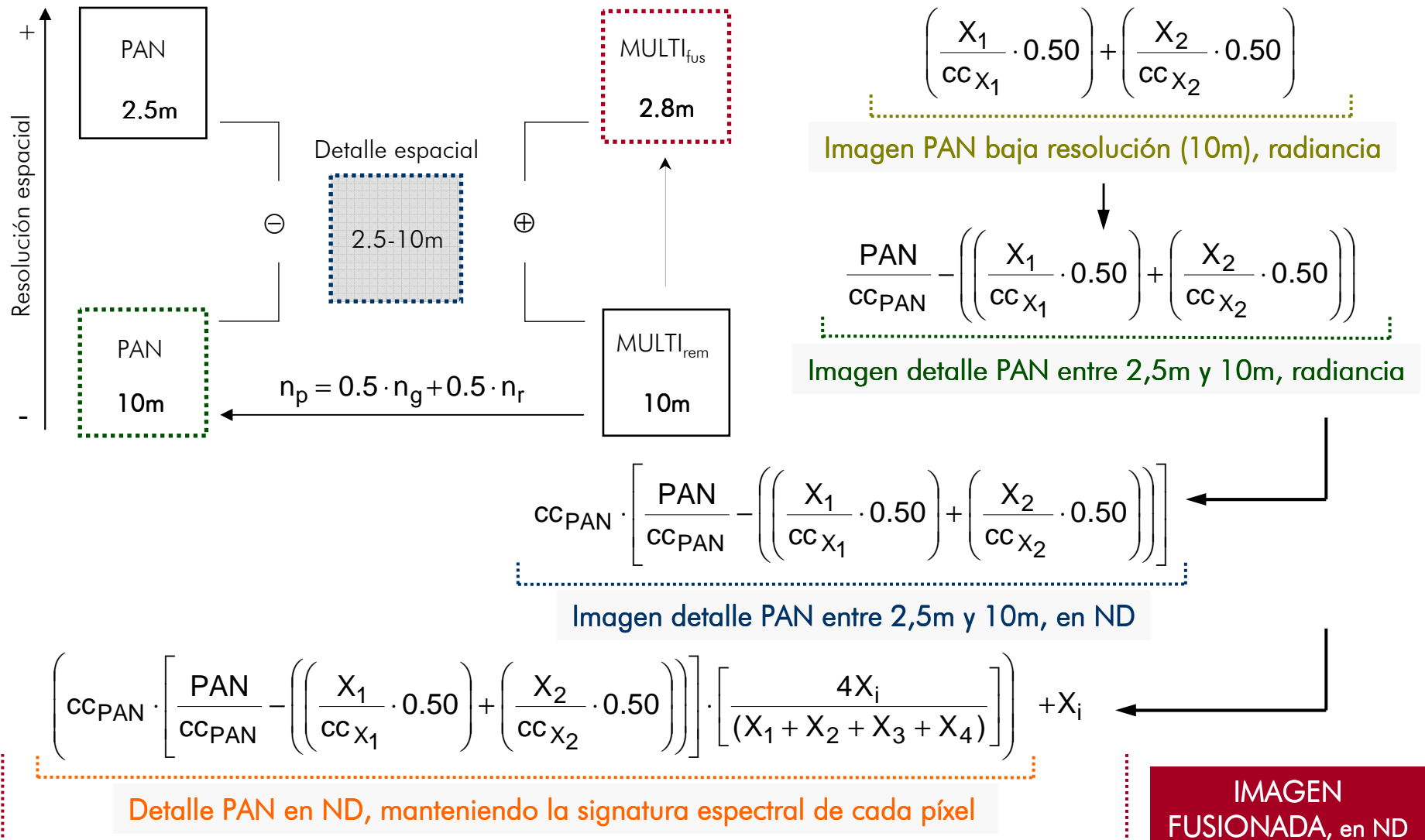


Curva SRF<sub>PAN</sub> teórica-real

$$n_p \approx 0.5 \cdot n_g + 0.5 \cdot n_r$$

Comprobado  
EMPÍRICAMENTE

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF



# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

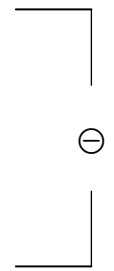
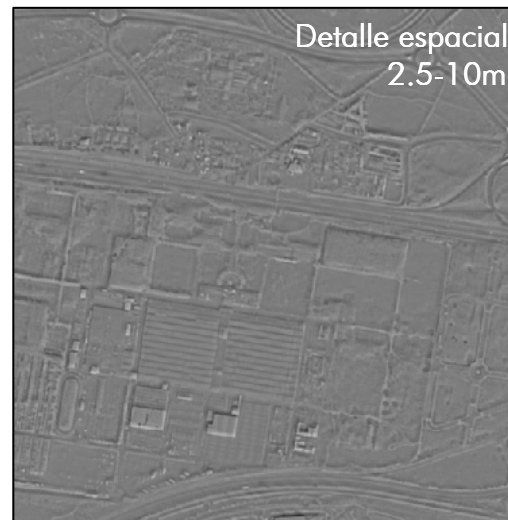
II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementación FAST-SRF

Fusión SPOT 5



$$n_p = 0.5 \cdot n_g + 0.5 \cdot n_r$$



# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

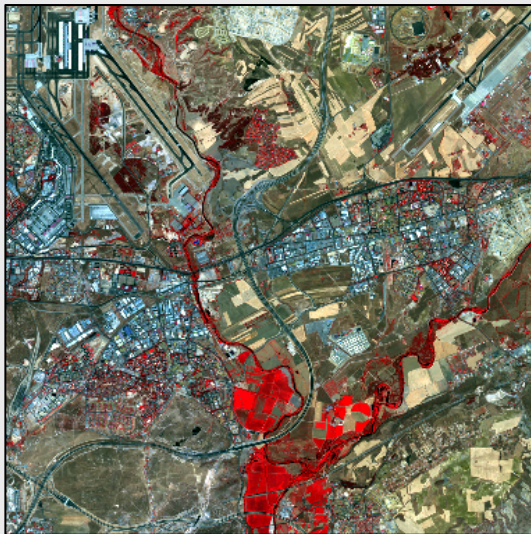
II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementacion FAST-SRF

Fusión SPOT 5



1. Perfectamente superponibles
2. Igual tamaño de píxel (remuestreo)

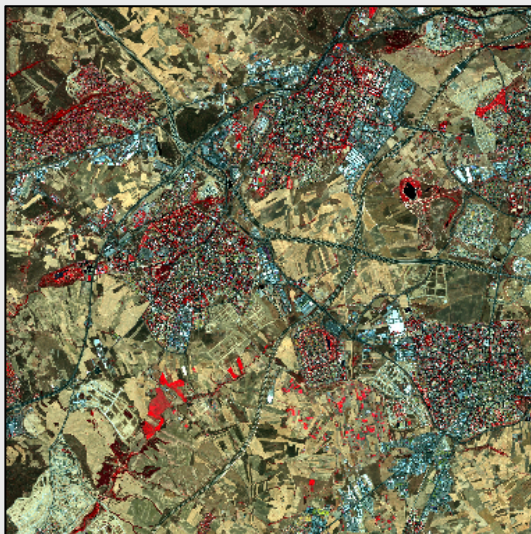
## SPOT 5. Imagen 1.

PAN: 2.5m. Multi: 10m

Multi, remuestreada a 2.5m, cc.

Tamaño: 5000f x 5000c

ccPAN: 1.38845; ccX1: 1.67707; ccX2: 1.22502



## SPOT 5. Imagen 2.

PAN: 2.5m. Multi: 10m

Multi, remuestreada a 2.5m, cc y nn

Tamaño: 5000f x 5000c

ccPAN: 1.41941; ccX1: 1.32703; ccX2: 1.59720

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementacion FAST-SRF

Fusión SPOT 5

## 3. Aplicar directamente la ecuación de fusión (al fichero que contiene la imagen PAN y la $MULTI_{rem}$ )

Algorithm window showing the configuration for the fusion process. The 'Surface' tab is active, and the 'Layer' list shows 'X4fus' selected. The main area displays the workflow for 'SPOT5\_PAN\_y\_MULTI\_25cc.ers' with inputs B1: PAN, B2: X1, B3: X2, B4: X3, and B5: X4. A red arrow points from the 'Emc²' output to the Formula Editor window.

Formula Editor window showing the configuration for the fusion process. The 'Description' field is 'Default Formula'. The formula text area contains the following equation:

$$[(ccPAN * ((i1/ccPAN) - ((i2/ccX1 * 0.50) + (i3/ccX2 * 0.50))) * (4 * i5 / (i2 + i3 + i4 + i5))) + i5]$$

The 'Inputs' section is selected, showing INPUT1: B1: PAN, INPUT2: B2: X1\_verde, and INPUT3: B3: X2\_rojo.

Below the inputs, the full fusion equation is displayed:

$$[1.419412 * ((B1: PAN / 1.419412) - ((B2: X1\_verde / 1.327033 * 0.5) + (B3: X2\_rojo / 1.597198 * 0.5))) * (4 * B5: X4\_IRm / (B2: X1\_verde + B3: X2\_rojo + B4: X3\_IRc + B5: X4\_IRm))] + B5: X4\_IRm$$

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

II Jornadas de Fusión

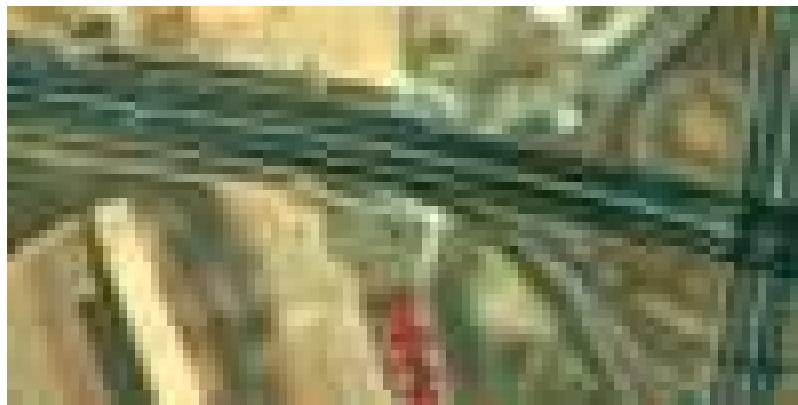
Introducción

Base teórica SRF

Implementacion FAST-SRF

Fusión SPOT 5

- Bajo coste computacional
- Imágenes de alta calidad espectral
- Imágenes de mayor calidad espacial que las obtenidas mediante métodos TWD



FUSIONADA AW, 2.5m

FUSIONADA FAST-SRF, 2.5m

# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

II Jornadas de Fusión

Introducción

Base teórica SRF

Implementacion FAST-SRF

Fusión SPOT 5

- El método empleado para el **remuestreo de la imagen MULTI** influye “menos” en la **calidad espacial final** de las imágenes fusionadas (S.3.)
- **Ausencia de “artefactos”** en las imágenes fusionadas cuando existe un **desfase temporal** en la adquisición de las imágenes MULTI y PAN

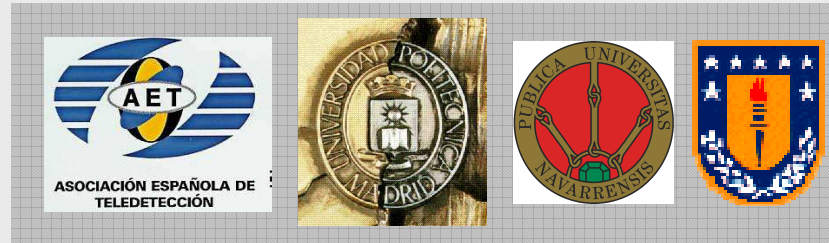
Ejemplo: SPOT-5 MULTI, PAN y fusionadas correspondientes a una zona del aeropuerto de Barajas





# Fusión de imágenes SPOT-5 empleando el método de bajo coste computacional FAST-SRF

Pamplona, junio 2008



***¡ Gracias por su atención !***

Segundas Jornadas de Fusión de Imágenes de Satélite by Laboratorio Distribuido de Fusión de Imágenes (LaDiFus) is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 2.5 España License.

