



**POLITÉCNICA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**E.T.S. de Ingenieros en Topografía,  
Geodesia y Cartografía**

**Integración en la estación  
fotogramétrica DIGI3D de  
imágenes procedentes del sensor  
digital de línea Leica ADS40**

**Manuel Quirós Donate  
José Juan Arranz Justel**

**21 de febrero de 2008**



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Introducción



- Sensor digital de línea, con tres posiciones:
  - Nadiral
  - Anterior
  - Posterior
- Montado con sistemas inerciales y GPS: registro de giros y posición en la toma
- Se obtienen tres imágenes continuas
- No posible aplicación modelo tradicional fotogramétrico
- Mejoras radiométricas
- No dependencia de digitalización de fotogramas

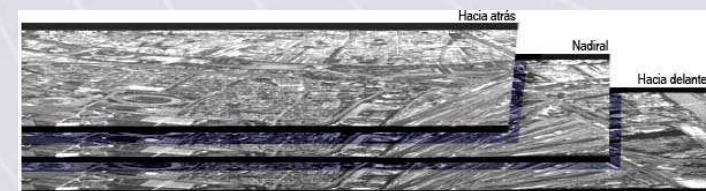
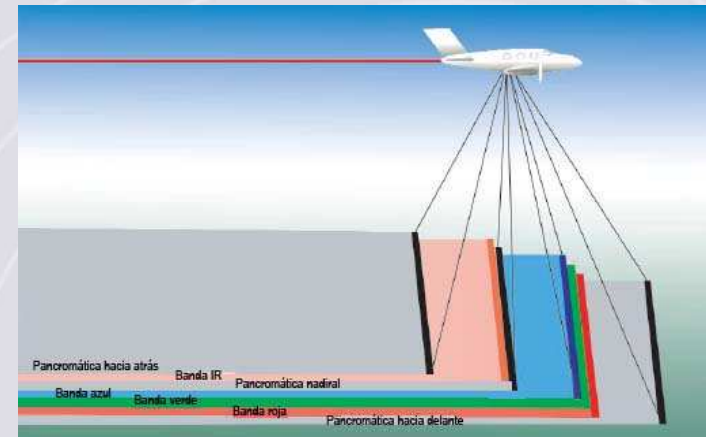


E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

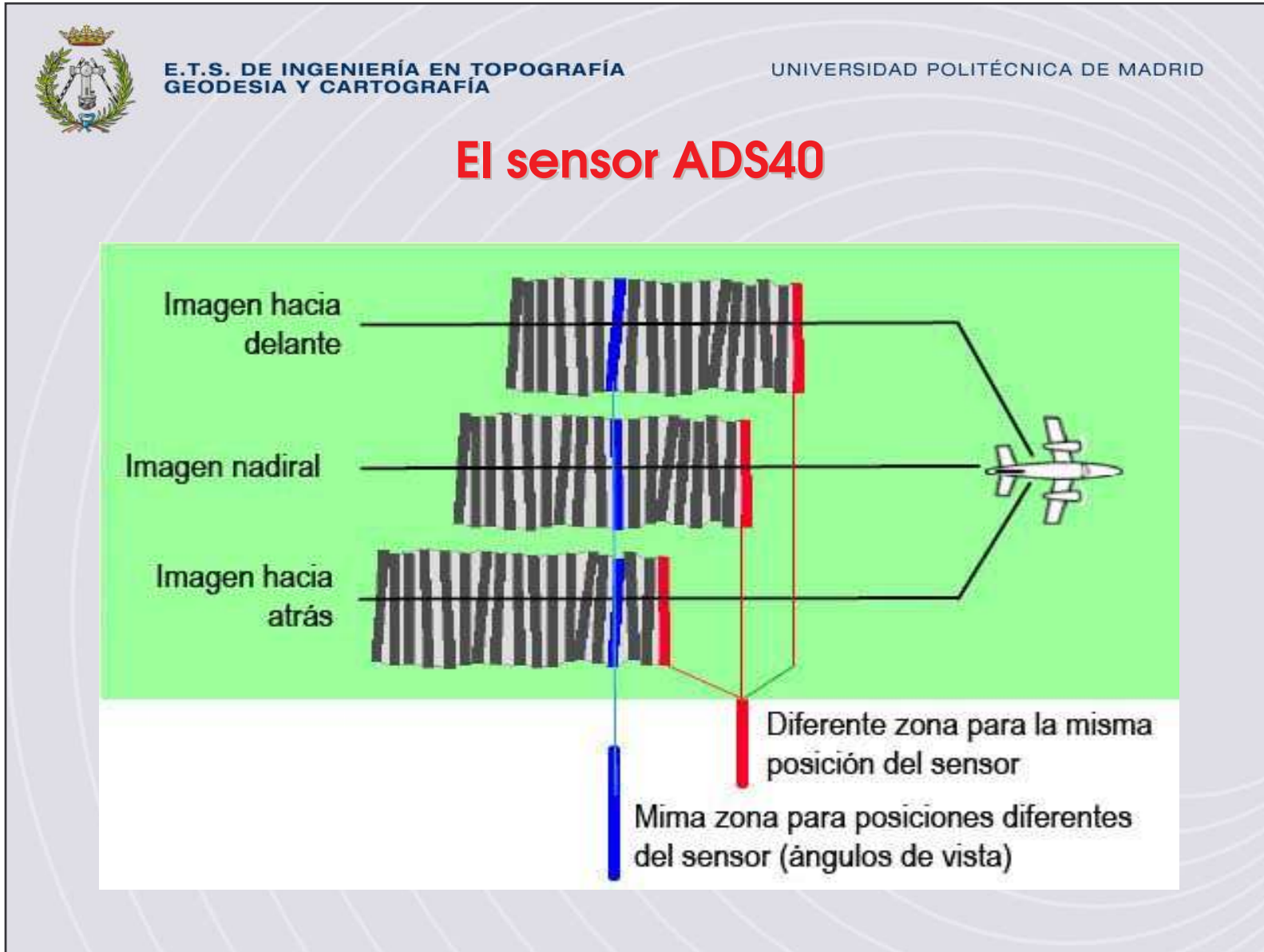
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## El sensor ADS40

- Inicialmente, 7 sensores:
  - Tres pancromáticos
  - Tres en color (RGB)
  - Uno infrarrojo
- Cada imagen compuesta como unión de líneas
- Datos de orientación para cada línea
- Utilización de Applanix para sincronizar datos









E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Modelo matemático

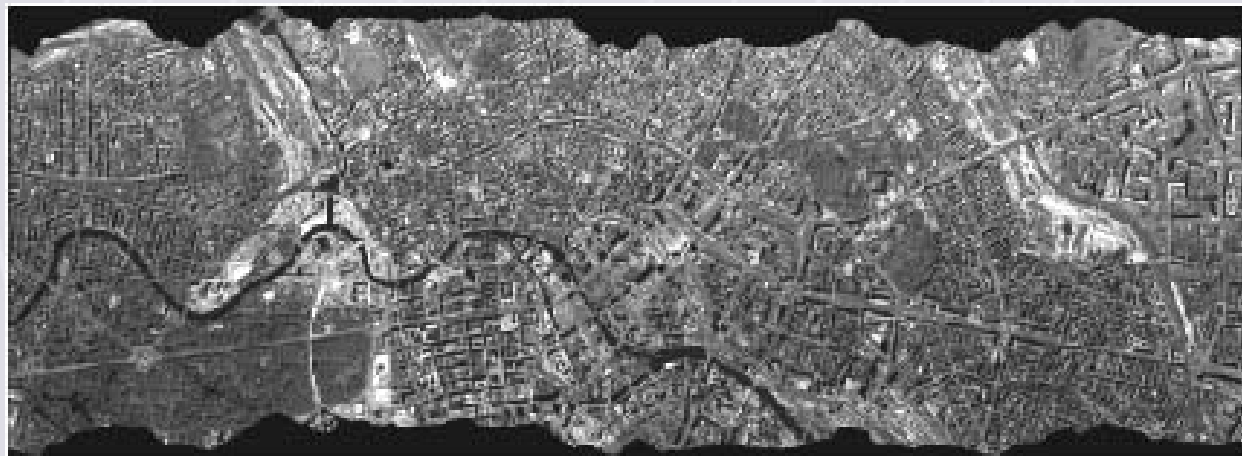
- Diferente al modelo fotogramétrico tradicional
- Imagen en bruto (nivel cero) no útil para fotogrametría
- Necesidad de rectificación
- Utilización de un plano focal
- Necesidad de calibración de la cámara
- Utilización de los datos de orientación y posición tomados en el vuelo:
  - Transformación a un sistema local (SLR)
  - Transformación a un sistema rectangular de coordenadas (por ejemplo, UTM)



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Modelo matemático





E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Archivos de calibración

### Calibración nadiral

ADS\_CALIBRATION\_FILE 1  
CALIBRATION\_SOURCE "ORIMA"  
CAMERA\_NAME "30038"  
SENSOR\_LINE "REDN00A"  
CALIBRATION\_DATE "Wed Sep 28 2005"  
FOCAL\_LENGTH\_MM 62.7000000000  
NUM\_PIXELS 12000  
PIXEL\_SIZE 0.0065000000  
PAV\_Z\_OFFSET 0.171  
START\_XY  
1.0688440000 -39.1615560000  
1.0688490000 -39.1547730000  
1.0688460000 -39.1479970000  
...  
1.0736160000 39.2061780000  
1.0736170000 39.2129630000  
1.0736240000 39.2197410000  
END\_XY

### Calibración Hacia Delante

ADS\_CALIBRATION\_FILE 1  
CALIBRATION\_SOURCE "ORIMA"  
CAMERA\_NAME "30038"  
SENSOR\_LINE "PANF28A"  
CALIBRATION\_DATE "Wed Sep 28 2005"  
FOCAL\_LENGTH\_MM 62.7000000000  
NUM\_PIXELS 12000  
PIXEL\_SIZE 0.0065000000  
PAV\_Z\_OFFSET 0.171  
START\_XY  
35.3287990000 39.4169800000  
35.3291060000 39.4107900000  
35.3294260000 39.4046010000  
...  
35.1905470000 -39.4021350000  
35.1902190000 -39.4083360000  
35.1899030000 -39.4145440000  
END\_XY



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Proceso de integración en DIGI3D (terreno-píxel)

- Datos iniciales:
  - Imagen rectificada a altura media del terreno (nivel 1)
  - Orientaciones exteriores de cada línea de la imagen nivel 0 en SLR
- Objetivo:
  - Partiendo de punto de coordenadas terreno buscar píxel en imagen derecha e izquierda para obtener estereoscopia





E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Proceso de cálculo (terreno-píxel)

1. Transformación de coordenadas terreno a SLR
2. Transformación de SLR cota real a plano focal
3. Transformación de plano focal a SLR cota de rectificación
4. Transformación de SLR cota rectificación a píxel en el nivel uno



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## 1, Transformación de coordenadas terreno a SLR

Sistema de referencia WGS-84

Coordenadas proyección (UTM)  $E, N, H$  (ortométrica)



Coordenadas geográficas  $\varphi, \lambda, h$  (elipsoidal)



Coordenadas geocéntricas  $X, Y, Z$



Coordenadas SLR  $X_L, Y_L, Z_L$

Plano tangente al elipsoide en un punto

Llamado punto de anclaje

Longitud y Latitud conocidas

Está en el centro de la pasada



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## 2. Transformación de SLR cota real a plano focal

- Búsqueda de la orientación exterior en el nivel 0:
  - Proceso iterativo
  - Búsqueda en un rango amplio
  - Debido a movimientos, las líneas no son continuas
  - Se calcula el punto intersección entre el rayo punto objeto – punto principal y el plano focal
  - Se calculan las distancias entre el eje del CCD y ese punto intersección
  - Se almacenan las dos líneas mejores (las dos distancias menores)
  - Se realiza interpolación sub-píxel, si son consecutivas
- Con esa orientación exterior se obtienen las ecuaciones de colinealidad
- Se transforman las coordenadas SLR cota real a plano focal



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## 2. Transformación de SLR cota real a plano focal

$$p'_x = -c \cdot \frac{r_{00}(P_x - X_0) + r_{01}(P_y - Y_0) + r_{02}(P_z - Z_0)}{r_{20}(P_x - X_0) + r_{21}(P_y - Y_0) + r_{22}(P_z - Z_0)}$$
$$p'_y = -c \cdot \frac{r_{10}(P_x - X_0) + r_{11}(P_y - Y_0) + r_{12}(P_z - Z_0)}{r_{20}(P_x - X_0) + r_{21}(P_y - Y_0) + r_{22}(P_z - Z_0)}$$

- $R$ : matriz con los ángulos de rotación
- $c$ : focal
- $X_0 Y_0 Z_0$ : coordenadas del centro de proyección
- Parámetros dependientes para cada línea de nivel cero





E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### 3. Transformación de plano focal a SLR cota de rectificación

- Se utiliza la cota de rectificación
- Se utilizan las ecuaciones de colinealidad extraídas
- Se calculan las coordenadas SLR a la de cota de rectificación
- Con esta cota media se calculó la rectificación del nivel 0 a nivel 1



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### 3. Transformación de plano focal a SLR cota de rectificación

$$P_x = X_0 + (P_z - X_0) \cdot \frac{r_{00}p'_x + r_{10}p'_y - r_{20}c}{r_{02}p'_x + r_{12}p'_y - r_{22}c}$$
$$P_y = Y_0 + (P_z - X_0) \cdot \frac{r_{01}p'_x + r_{11}p'_y - r_{21}c}{r_{02}p'_x + r_{12}p'_y - r_{22}c}$$

- $R$ : matriz con los ángulos de rotación
- $c$ : focal
- $X_0Y_0Z_0$ : coordenadas del centro de proyección
- Parámetros dependientes para cada línea de nivel cero



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## 4. Transformación de SLR cota rectificación a píxel en el nivel uno

- Transformación inmediata mediante una 2D
- Los parámetros giro, escala y traslación se proporcionan en el archivo de soporte

$$p_s^1 = m \cdot (P_x \cos \alpha - P_y \sin \alpha) - x_{offset}$$

$$p_l^1 = \text{líneas} - \left( m \cdot (P_x \sin \alpha + P_y \cos \alpha) - y_{offset} \right)$$

- Donde:
  - $m$  es el factor de escala
  - $x_{offset}$  e  $y_{offset}$  : Traslaciones
  - $\alpha$  es el ángulo de rotación
  - $\text{líneas}$  es el número total de líneas



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Proceso de integración en DIGI3D (píxel-terreno)

- Datos iniciales:
  - Imagen rectificada a altura media del terreno (nivel 1)
  - Orientaciones exteriores de cada línea de la imagen nivel 0 en SLR
- Objetivos:
  - Partiendo de las coordenadas píxel en dos o tres imágenes (por correlación) obtener las coordenadas terreno





E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Proceso de cálculo (píxel-terreno)

1. Transformación de coordenadas píxel en nivel uno a SLR (sólo  $X_L$  e  $Y_L$ )
2. Transformación de coordenadas SLR más cota de rectificación a plano focal
3. Cálculo de las coordenadas SLR ( $X_L Y_L Z_L$ ) a partir de las coordenadas plano focal de, al menos, dos imágenes
4. Transformación de coordenadas SLR a terreno

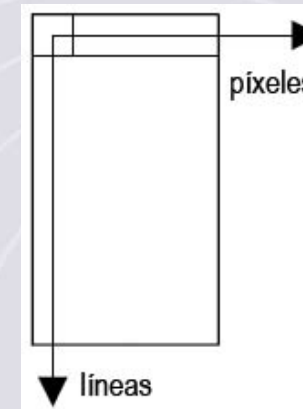


E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Transformación de coordenadas píxel en nivel uno a SLR (sólo $X_L$ e $Y_L$ )

- Mediante transformación 2D
- Parámetros proporcionadas en el archivo de soporte
- Donde:
  - $m$  es el factor de escala
  - $x_{offset}$  e  $y_{offset}$  : Traslaciones
  - $\alpha$  es el ángulo de rotación
  - $líneas$  es el número total de líneas



$$P_x = \frac{1}{m} \left( p_s^1 + x_{offset} \right) \cdot \cos \alpha + \frac{1}{m} \left( líneas - p_l^1 + y_{offset} \right) \cdot \sen \alpha$$

$$P_y = -\frac{1}{m} \left( p_s^1 + x_{offset} \right) \cdot \sen \alpha + \frac{1}{m} \left( líneas - p_l^1 + y_{offset} \right) \cdot \cos \alpha$$



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Transformación de coordenadas SLR más cota de rectificación a plano focal

- Búsqueda de la orientación exterior para las coordenadas  $X_L$ ,  $Y_L$  y cota de rectificación
- Proceso de búsqueda similar al anterior
- Obtención de las coordenadas en plano focal



E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## **Cálculo de las coordenadas SLR ( $X_L Y_L Z_L$ ) a partir de las coordenadas plano focal**

- Necesidad de al menos dos imágenes
- Se utilizan Mínimos Cuadrados
- Obtención de las coordenadas SLR
- Coordenadas diferentes a las anteriores





E.T.S. DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Transformación de coordenadas SLR a terreno

Cálculo geodésico, inverso al anterior

Coordenadas SLR  $X_L, Y_L, Z_L$



Coordenadas geocéntricas  $X, Y, Z$



Coordenadas geográficas  $\varphi, \lambda, h$  (elipsoidal)



Coordenadas proyección (UTM)  $E, N, H$  (ortométrica)



**POLITÉCNICA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**E.T.S. de Ingenieros en Topografía,  
Geodesia y Cartografía**

**Gracias por su atención**

**Integración en la estación  
fotogramétrica DIGI3D de  
imágenes procedentes del sensor  
digital de línea Leica ADS40**

**Manuel Quirós Donate  
José Juan Arranz Justel**

**21 de febrero de 2008**