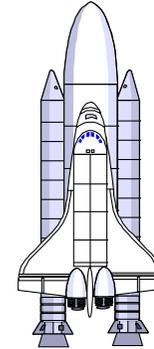
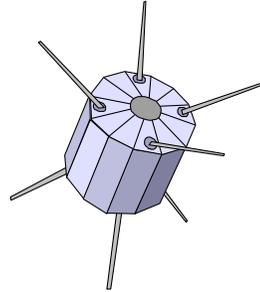
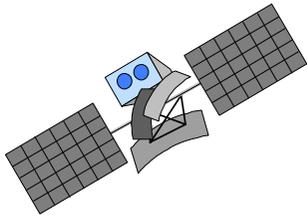


# Sensores remotos



# Sistemas de teledetección

## Introducción

**Boudewijn van Leeuwen, ITC-RSG-GTS**

**Ruben D. Vargas, ITC-ESA**

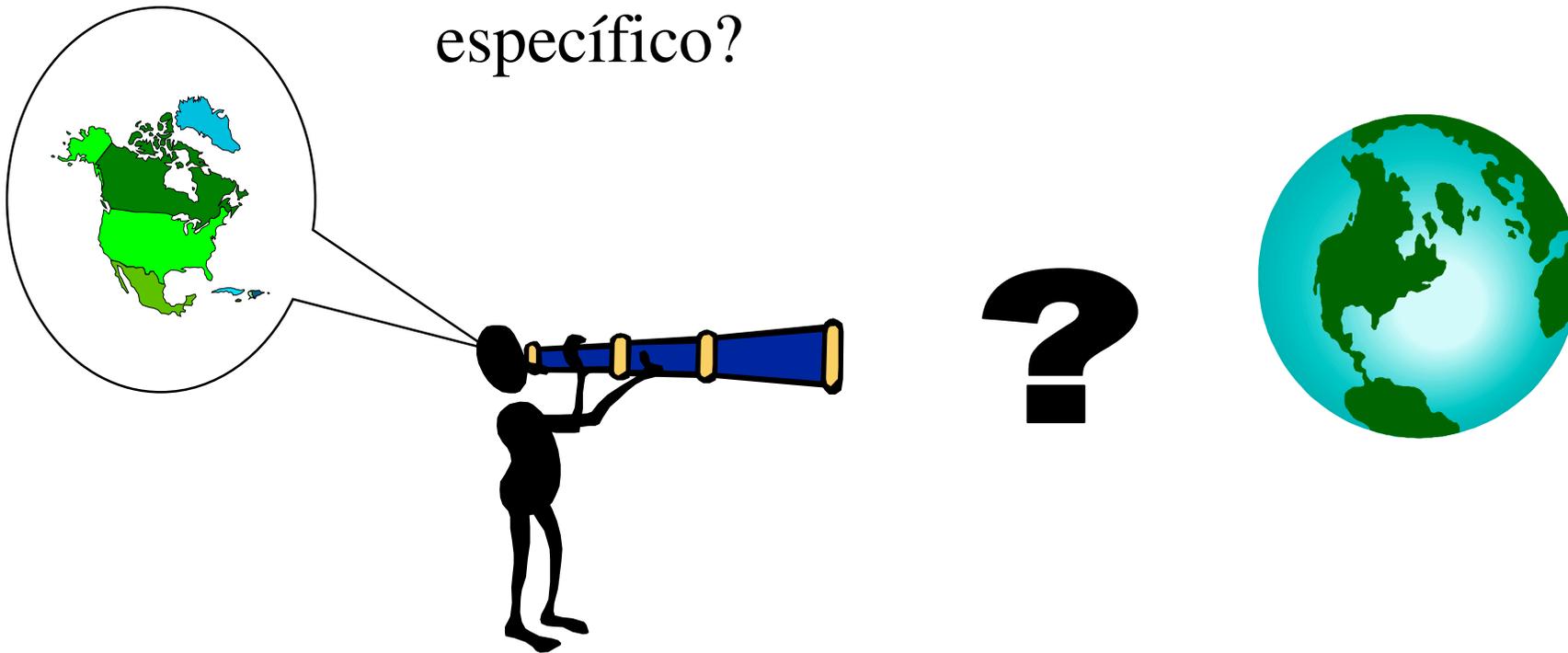
**Credits: T. Feingersh, C. Pohl and W. Bakker**

# Contenido de la presentación

- General
- Plataformas:
  - Orbitas
  - Resolución
- Sensores
  - Activo/Pasivo
  - Wiskbroom/pushbroom
- Ejemplos de satélites:
  - Baja resolución
  - Media resolución
  - Alta resolución
- Desarrollos y lanzamientos
- Selección de datos

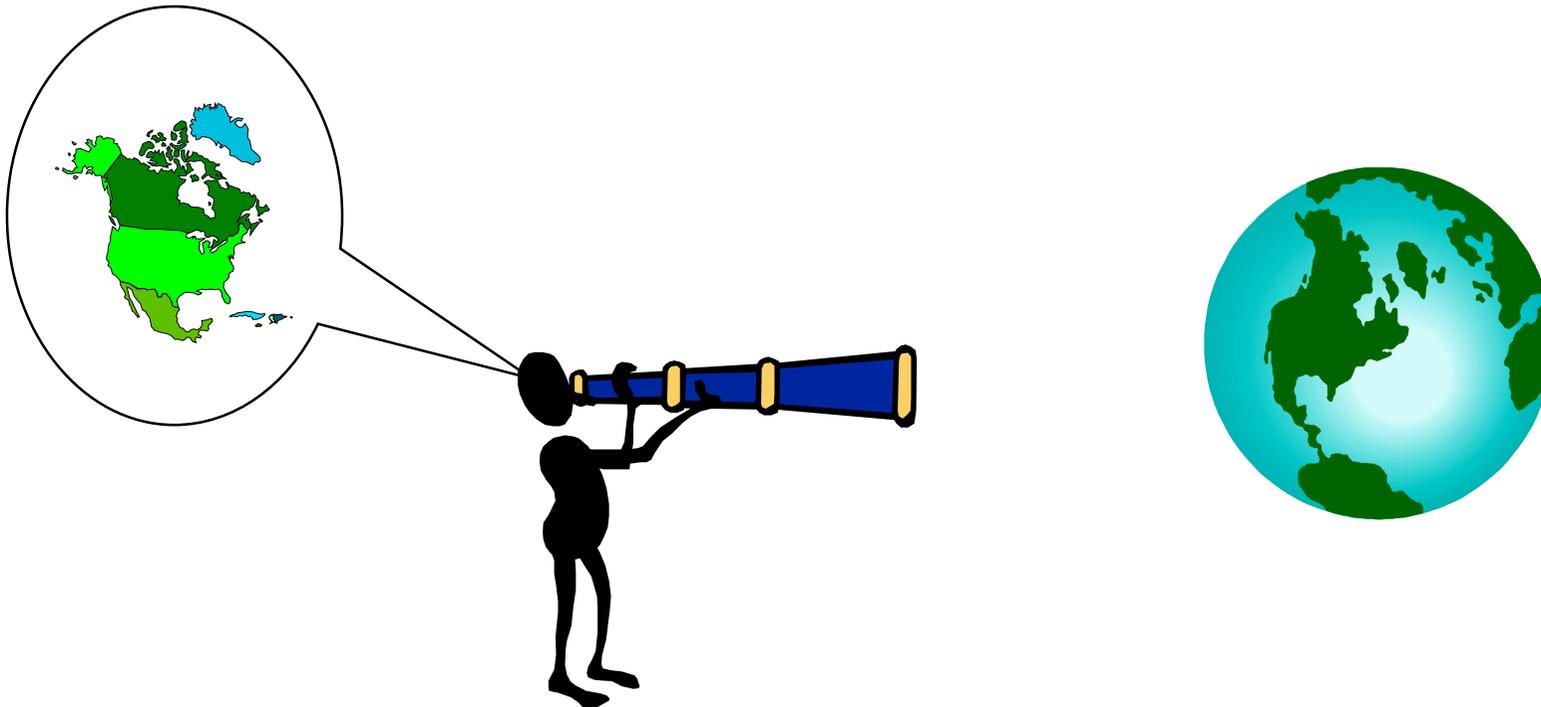
# Sensores y Plataformas

Cuales son los parámetros que pueden ser utilizados para definir el tipo imágenes a usar en el desarrollo de un proyecto específico?

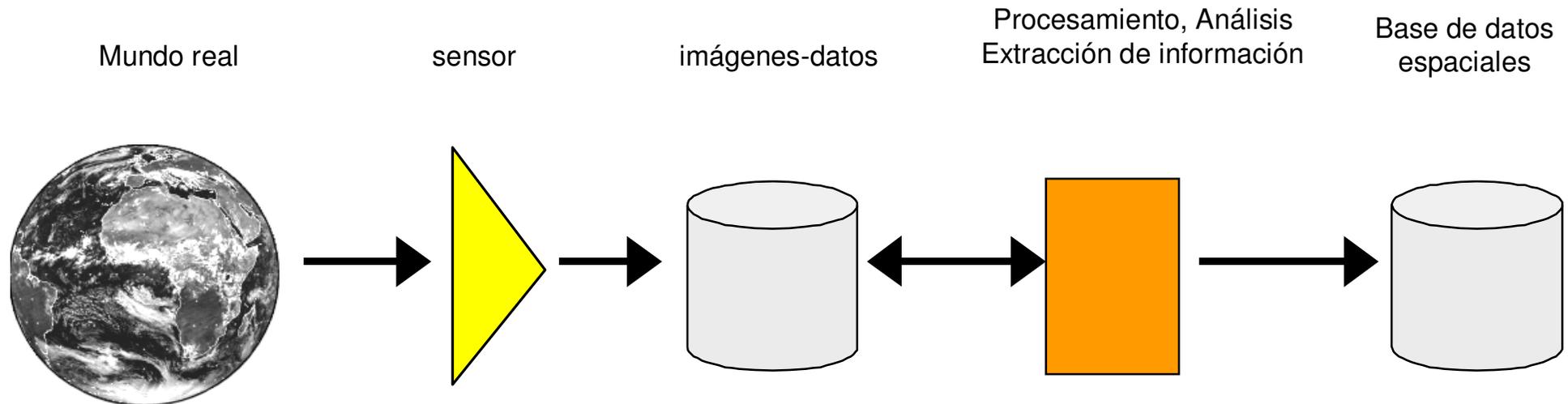


# Sensores y Plataformas

Sensores y plataformas que son usados para crear imágenes-datos del planeta.

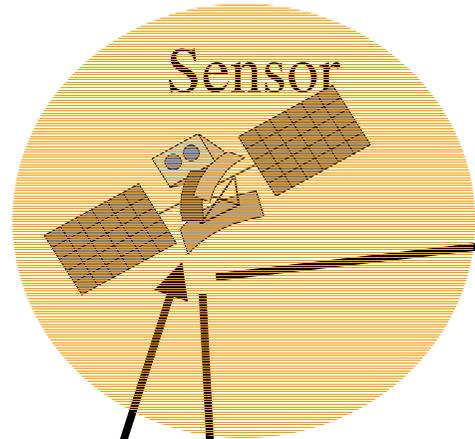
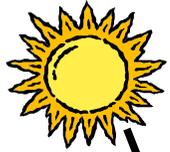


# Sistemas de teledetección: principios básicos



# Sistemas de teledetección

Fuente de energía



SatCom



Objetos



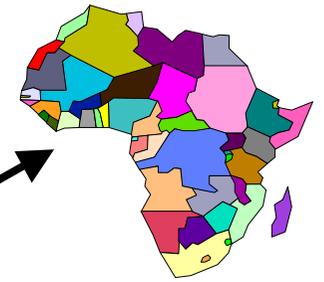
Estación de procesamiento



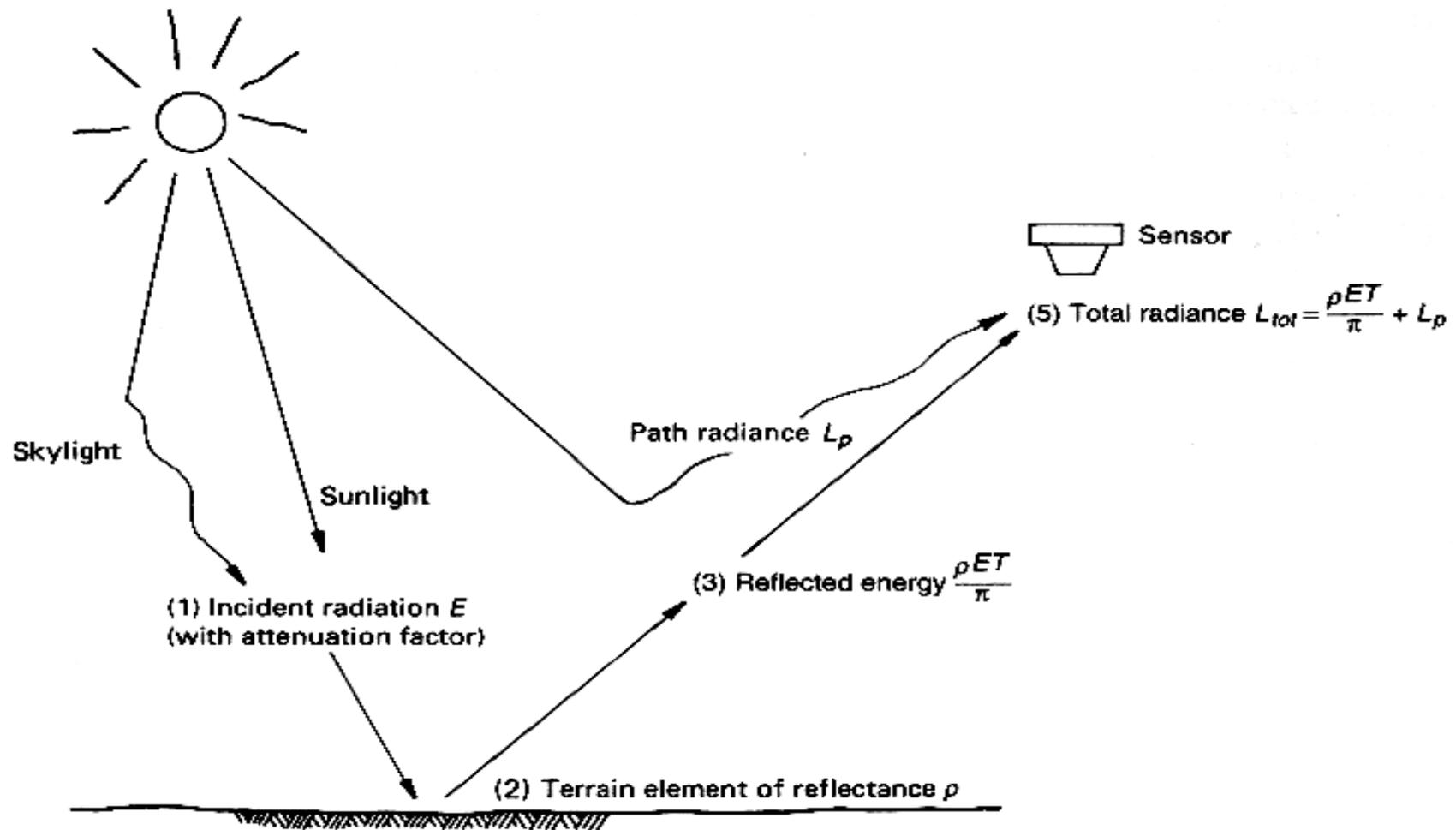
Análisis



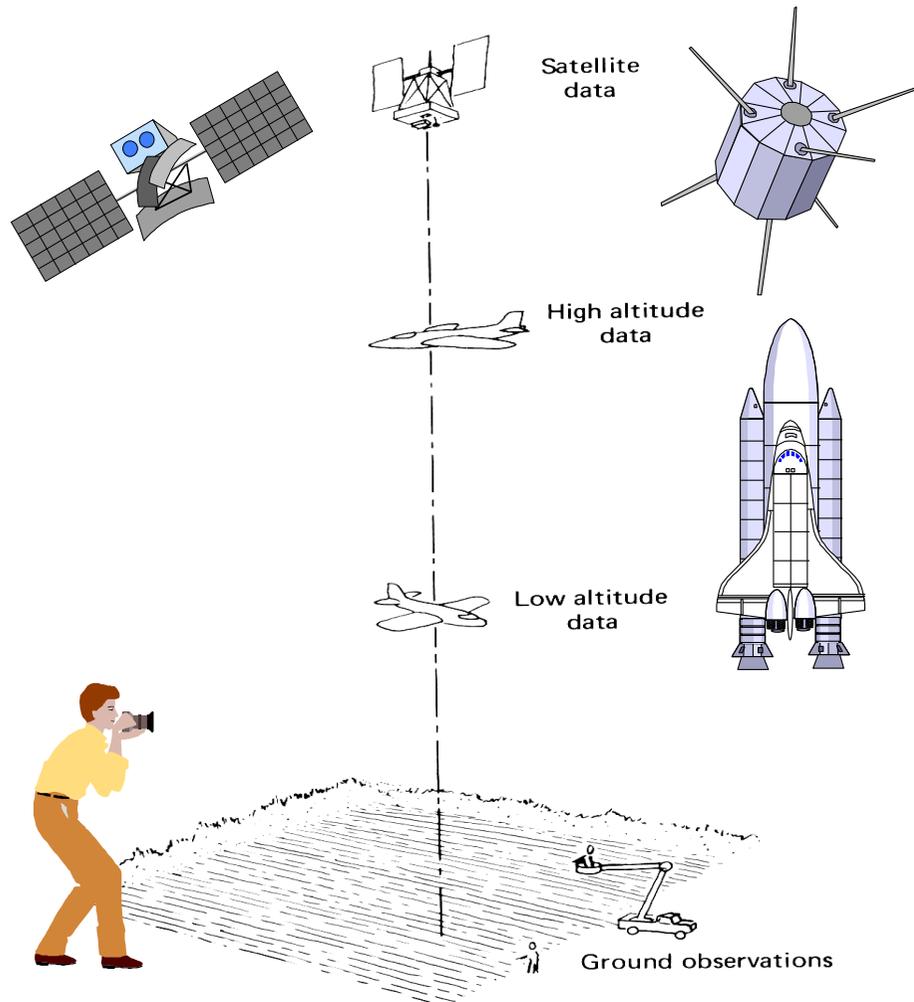
Aplicación



# Interacción energía y objetos mundo real



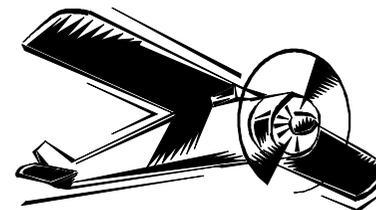
# Plataformas según altura



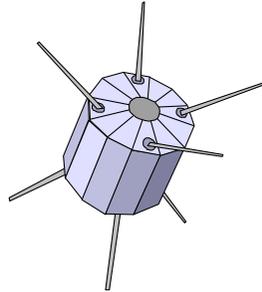
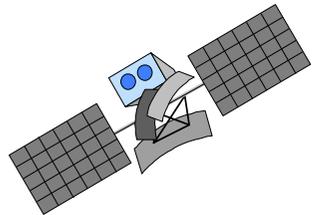
Rangos de altura varian desde unos pocos metros hasta 36,000 km de altura

Tipos de plataformas:

- Terrestres
- Aereas (dentro de la atmosfera)
- Espaciales (fuera de la atmosfera)



# Plataformas según altura: satélites



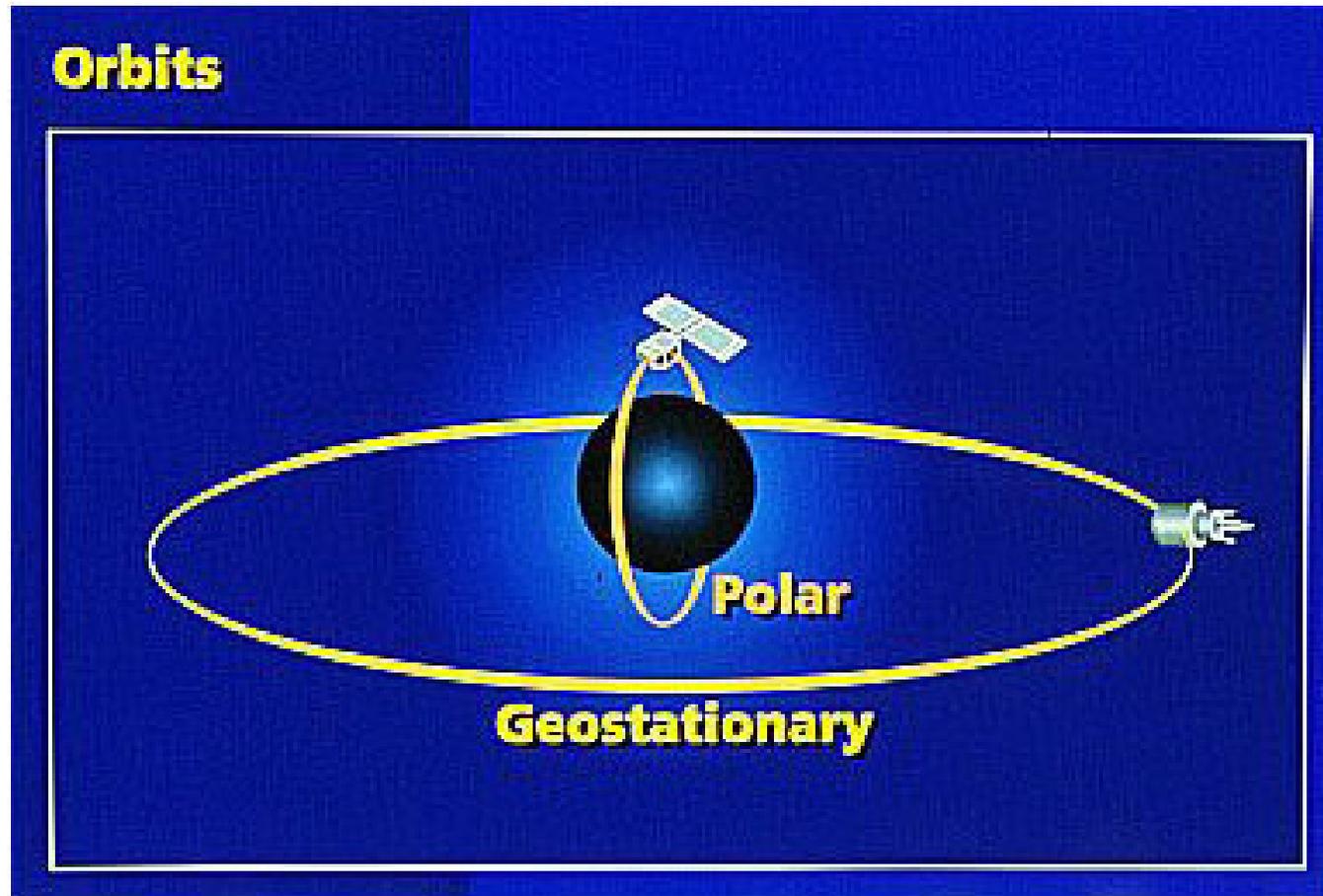
satélites GEO (Geo-stationary earth orbit) 36000 km de altura

satélites LEO (Low earth orbit) 300 –1500 km de altura

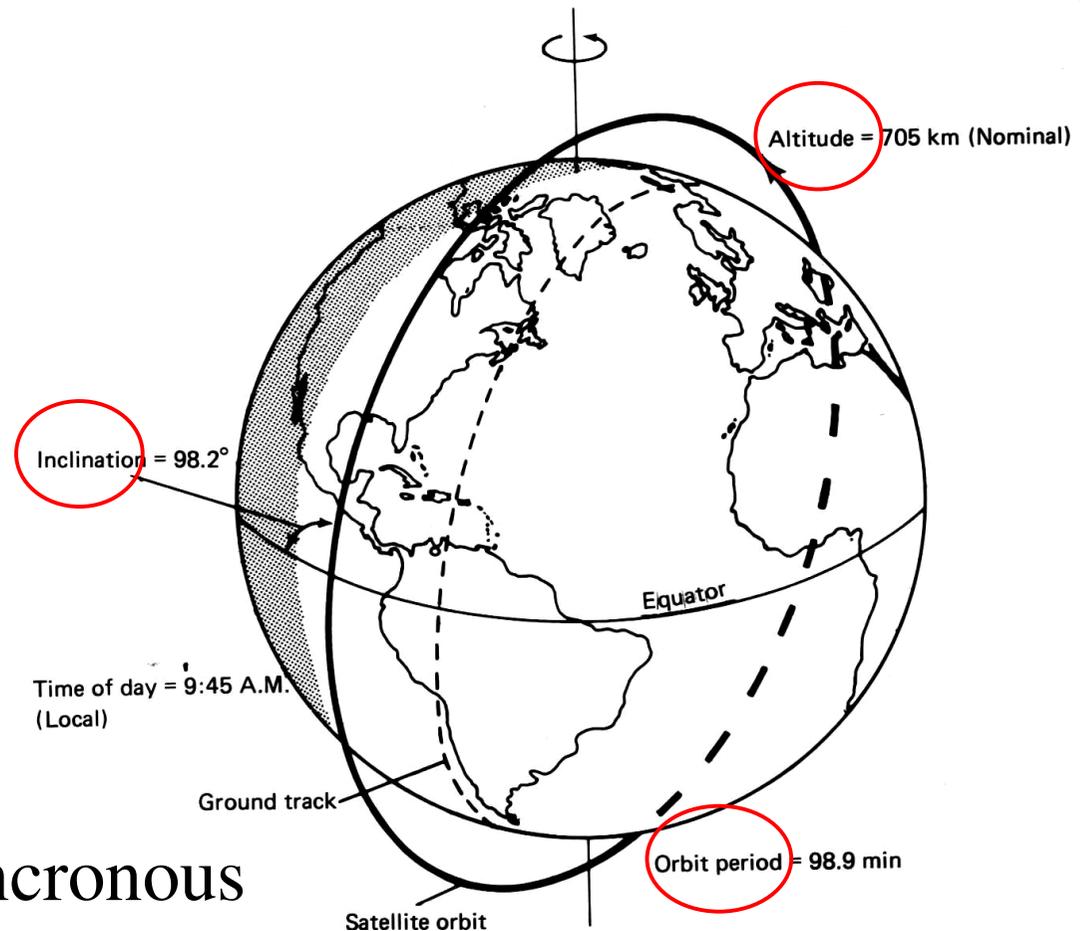
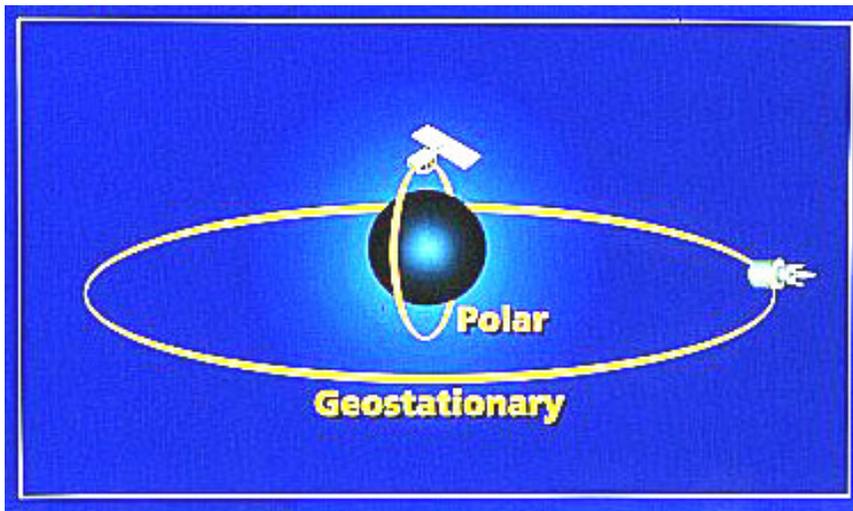
satélites MEO (Low earth orbit) 500 –15000 km de altura

} LEO

# Orbitas:

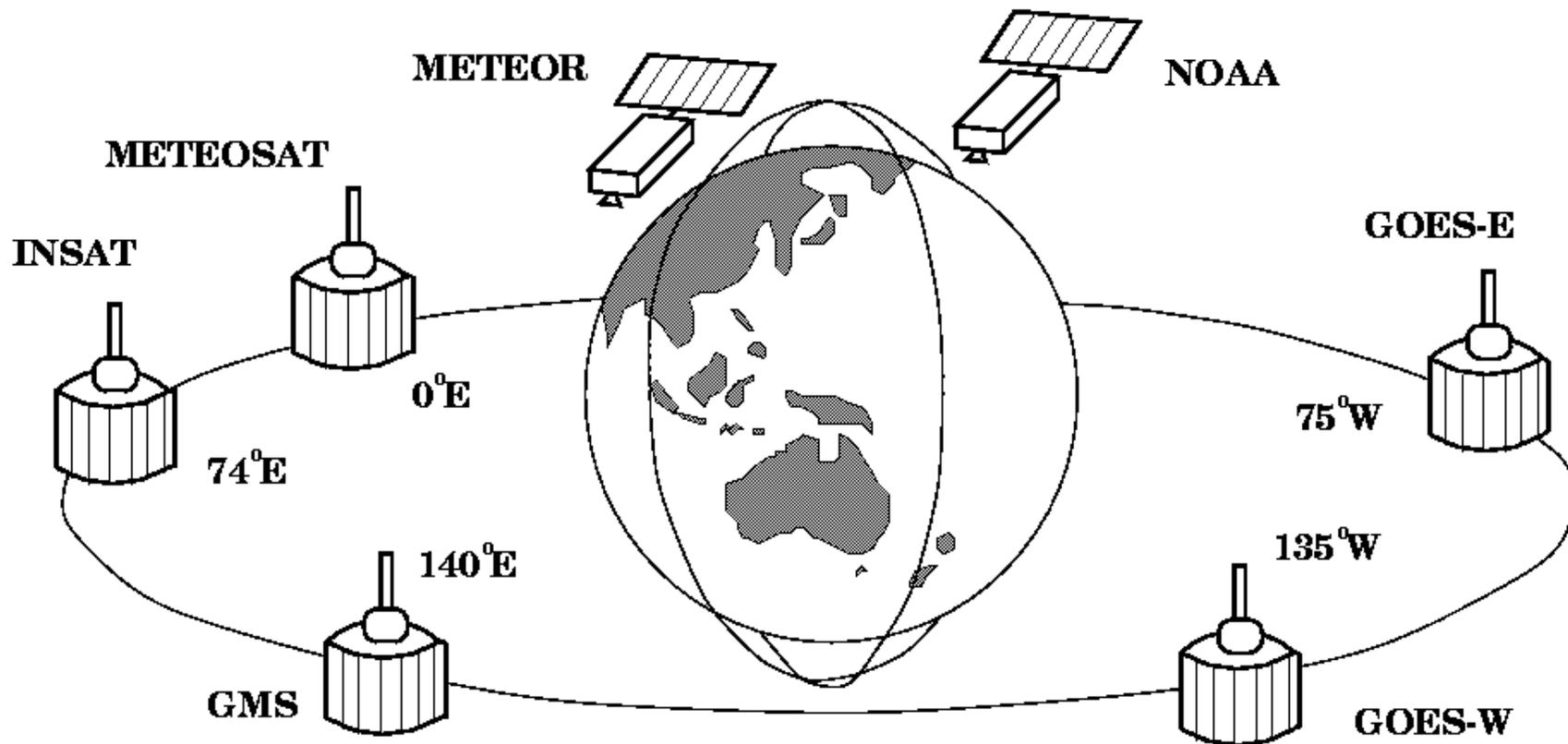


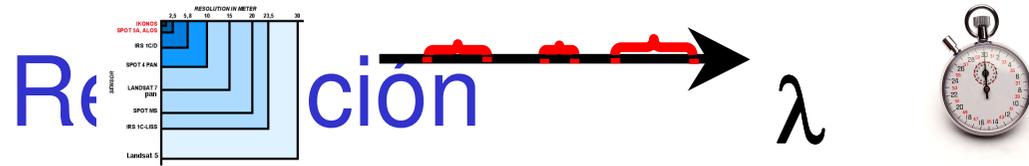
# Tipos de orbitas



- Polar
- Geo-stacionaria
- Inclinadas
- Sun-synchronous
- Rotación
- Not sun-synchronous

# Orbitas: LEO y GEO (satélites meteorología)





- Resolución espacial
- Resolución espectral
- Resolución radiométrica
- Resolución temporal

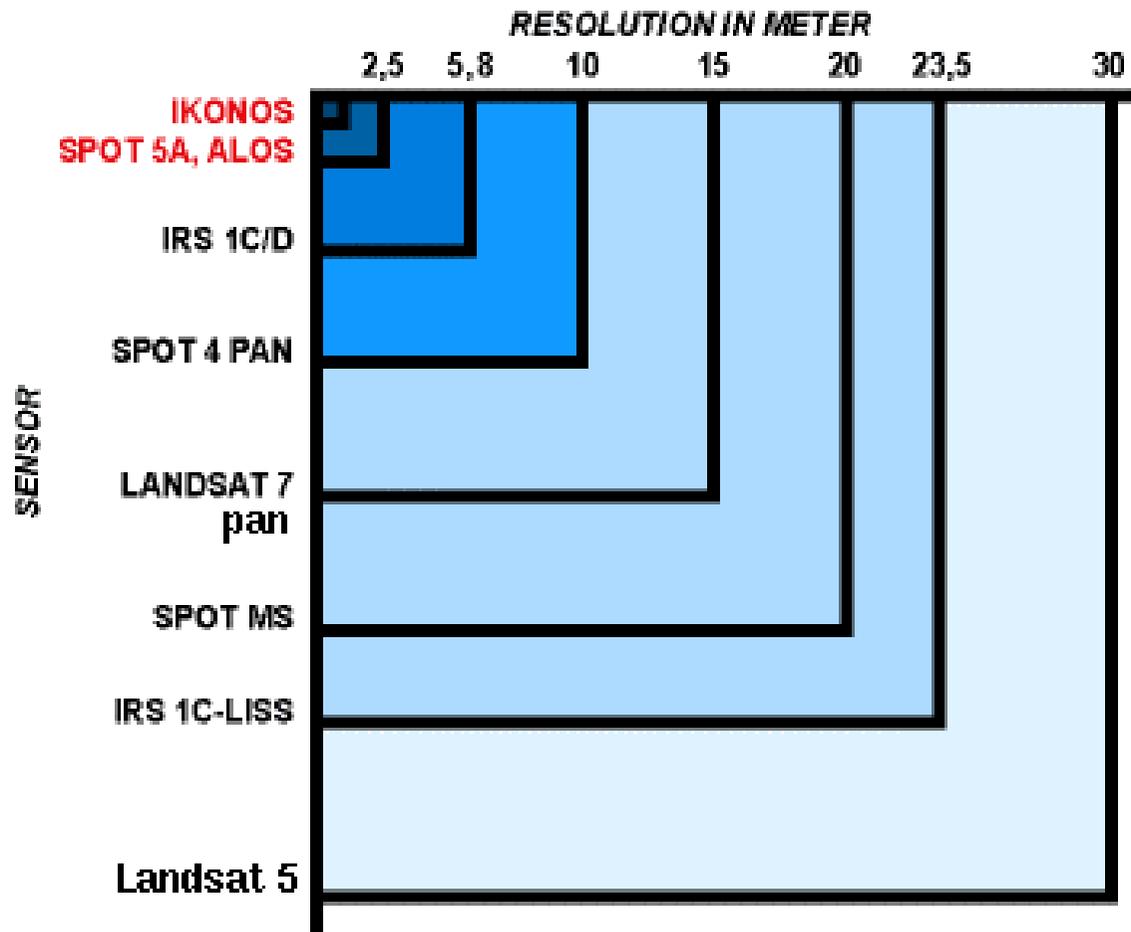
Medida de la distancia angular o lineal mas pequeña que puede captar un sensor-superficie de la tierra

Tamaño y número de intervalos de longitud de onda especifica del espectro EM que puede ser detectado

Define la sensibilidad de un detector a las diferencias de fuerza de la señal detectada

Define la frecuencia con que un satelite puede obtener imágenes de un área en particular

# Comparación de la resolución espacial para diferentes sistemas



# Resolución espectral & radiométrica

## SPOT 4 BANDS

0.50 0.59 0.61 0.68 0.79 0.89 1.55 1.75

Band XS 1  
Green

Band XS 2  
Red

Band XS 3  
NIR

Band XS 4  
SWIR

VISIBLE NEAR IR

SHORT WAVE IR

LONG WAVE IR

## LANDSAT 5 TM BANDS

0.45 0.52 0.60 0.63 0.69 0.79 .90 1.55 1.75 2.08 2.35

Band 1  
Blue

Band 2  
Green

Band 3  
Red

Band 4  
NIR

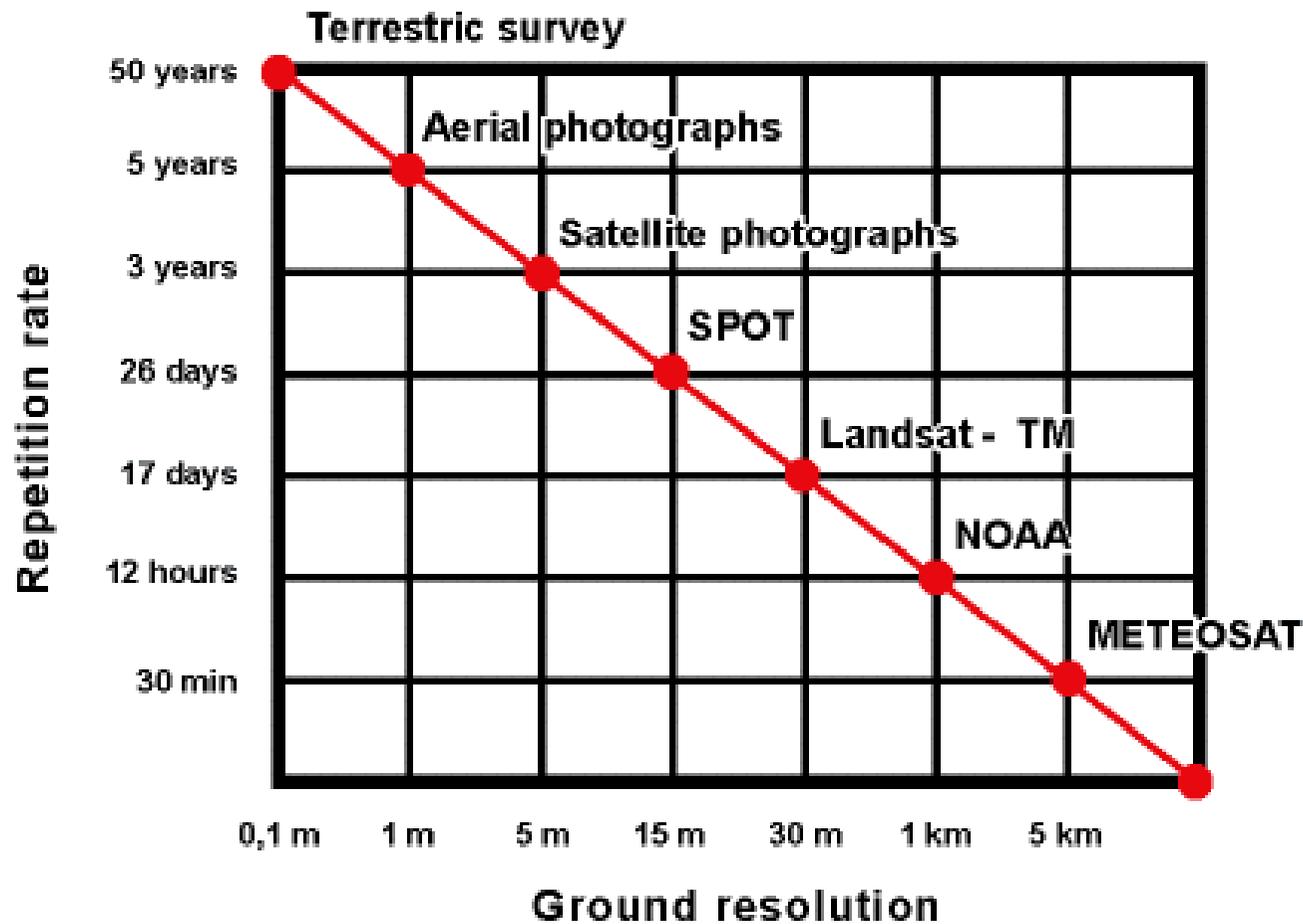
Band 5  
SWIR

Band 7  
SWIR

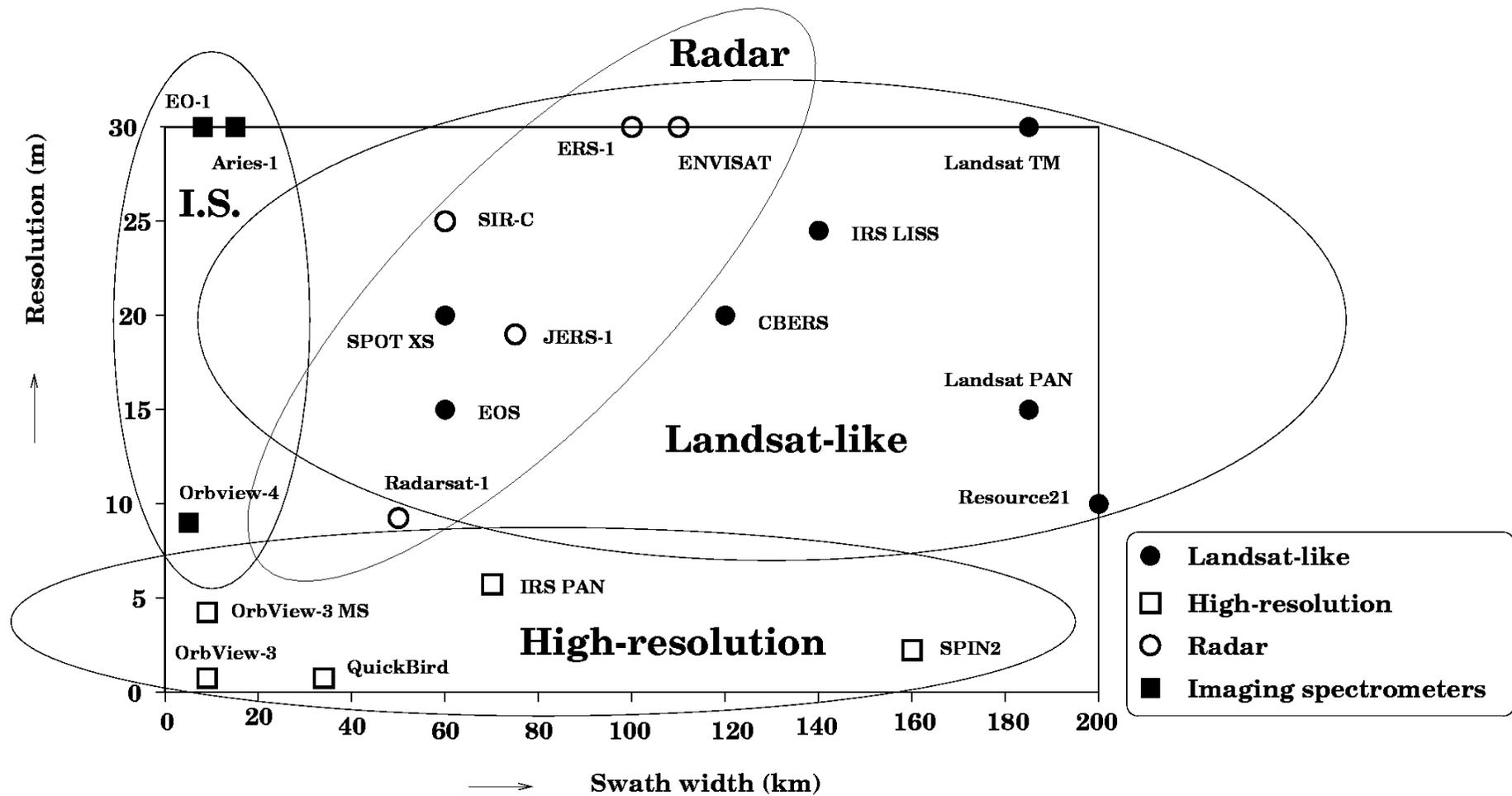
10.4 12.4

Banda	Longitud de onda central en $\mu\text{m}$	Amplitud de banda en $\mu\text{m}$
1	0.669	3
2	0.68	10
3	0.69	12
4	0.703	16
5	0.716	16
6	0.733	16
7	0.749	16

# Resolución espacial versus Resolución temporal



# Swath versus Resolución espacial





# Quantisation / Resolución radiométrica



1 bit



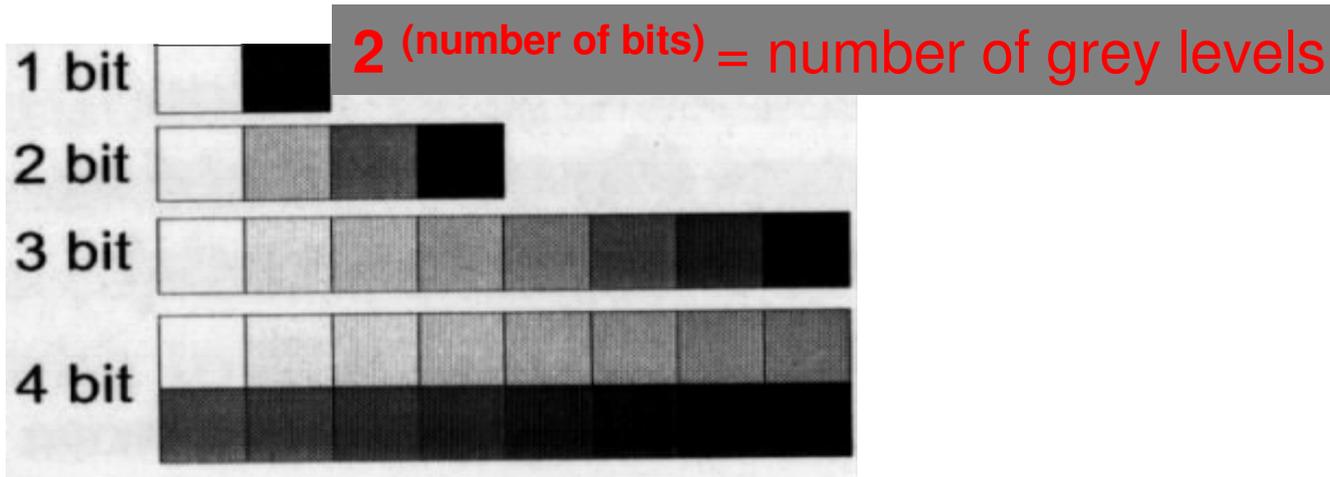
2 bit



3 bit

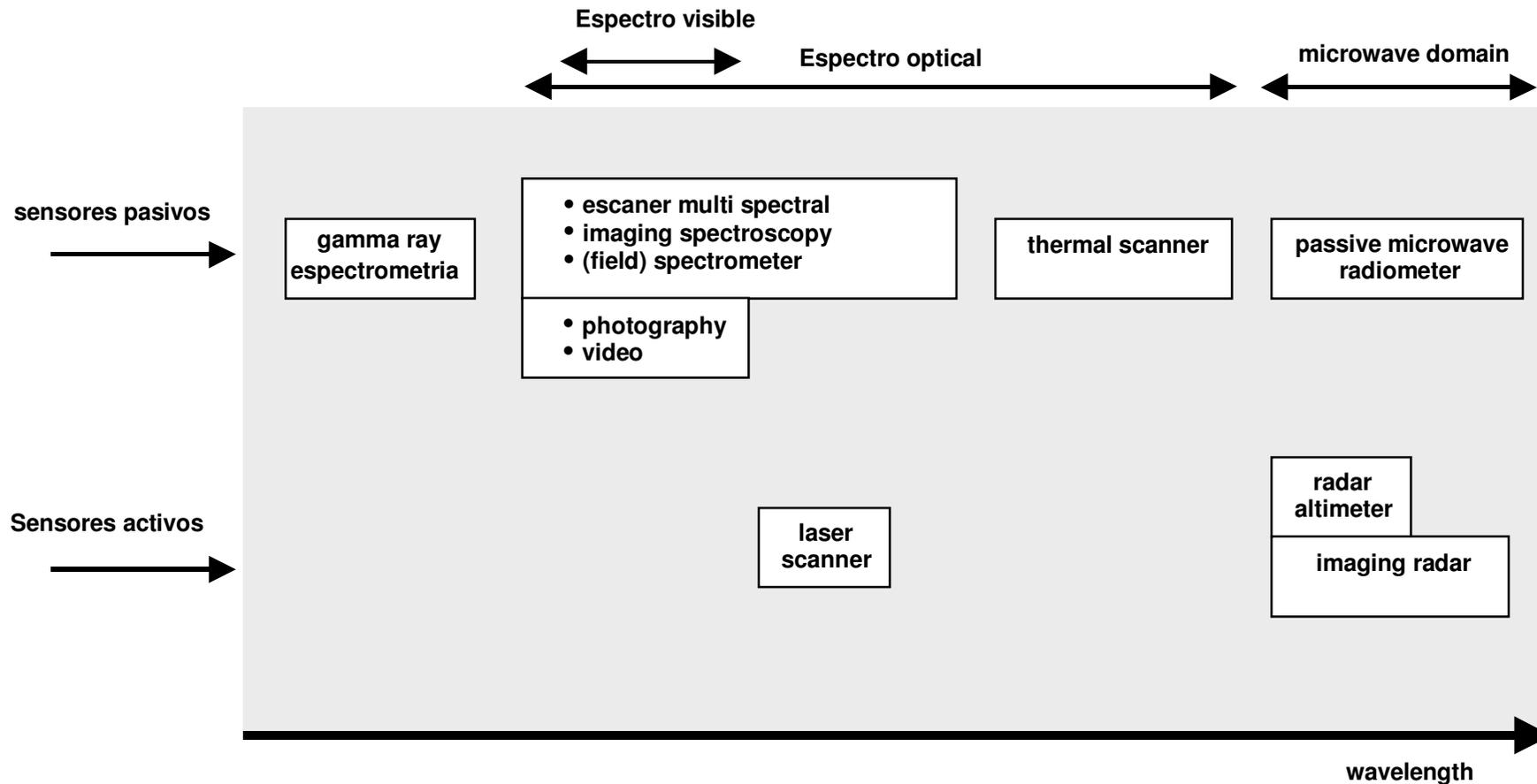


8 bit



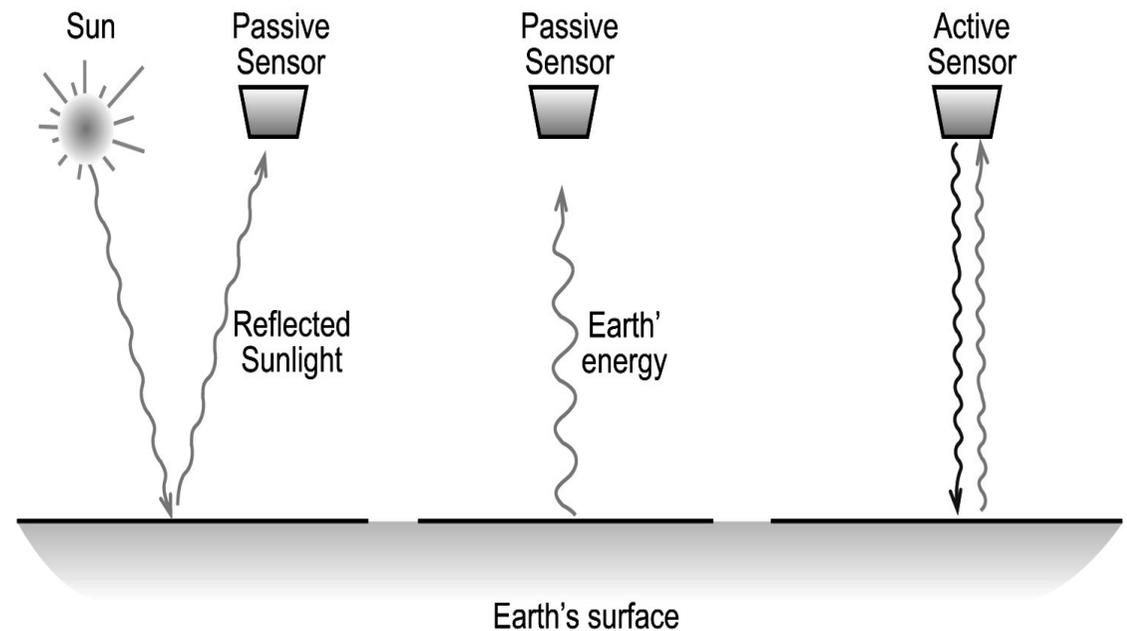
bits	GL's	range (b-w)
1	2	0-1
2	4	0-3
3	8	0-7
4	16	0-15
5	32	0-31
6	64	0-63
7	128	0-127
8	256	0-255
9	512	0-511
10	1024	0-1203

# Tipo de sensores

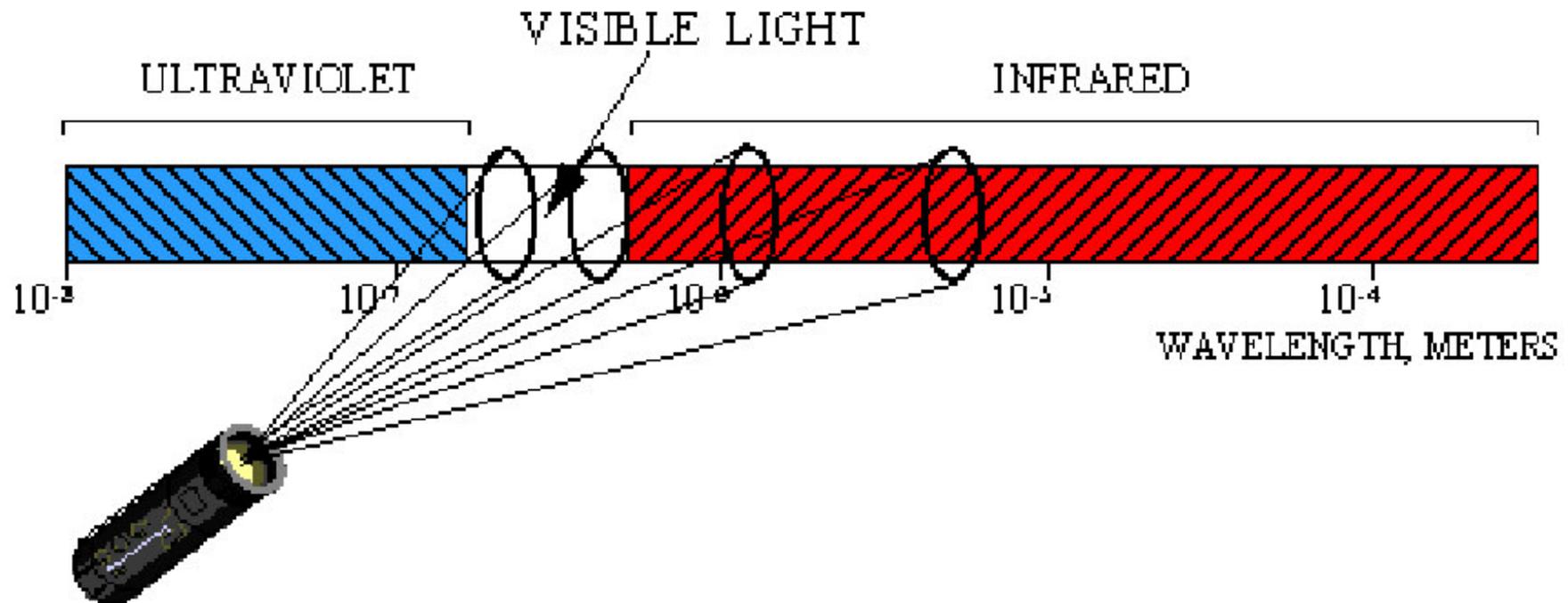


# Sensores Pasivos / Activos

- Sensores pasivos registran
  - Luz reflejada
  - Emisión termal (TIR)
- Sensores activos poseen fuente propia de energía
  - pueden operar en la noche
  - pueden penetrar nubes
  - LIDAR, RADAR

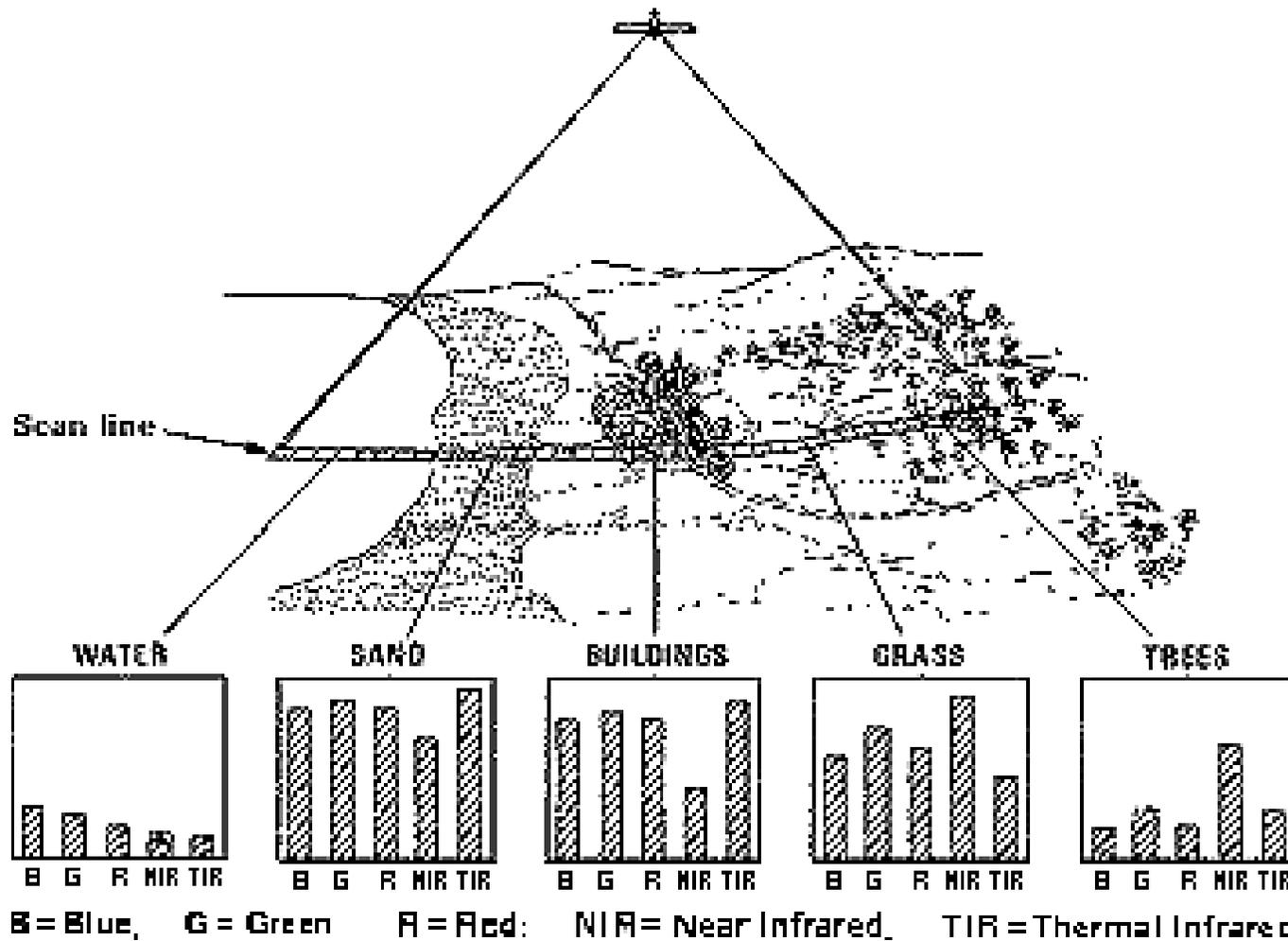


# Escaners Multi Spectral (MSS)

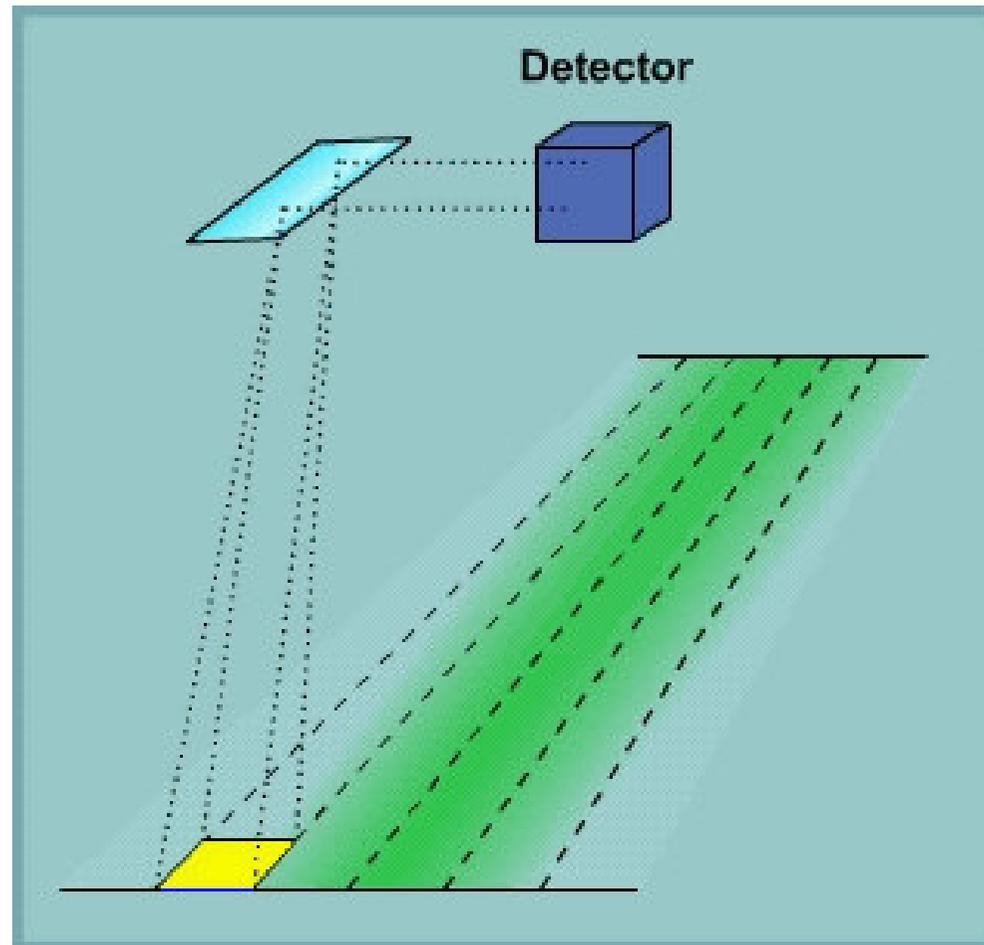


Un escaner multi-espectral es un sensor individual que detecta varias regiones específicas del espectro (narrow wavebands of energy) de manera simultánea.

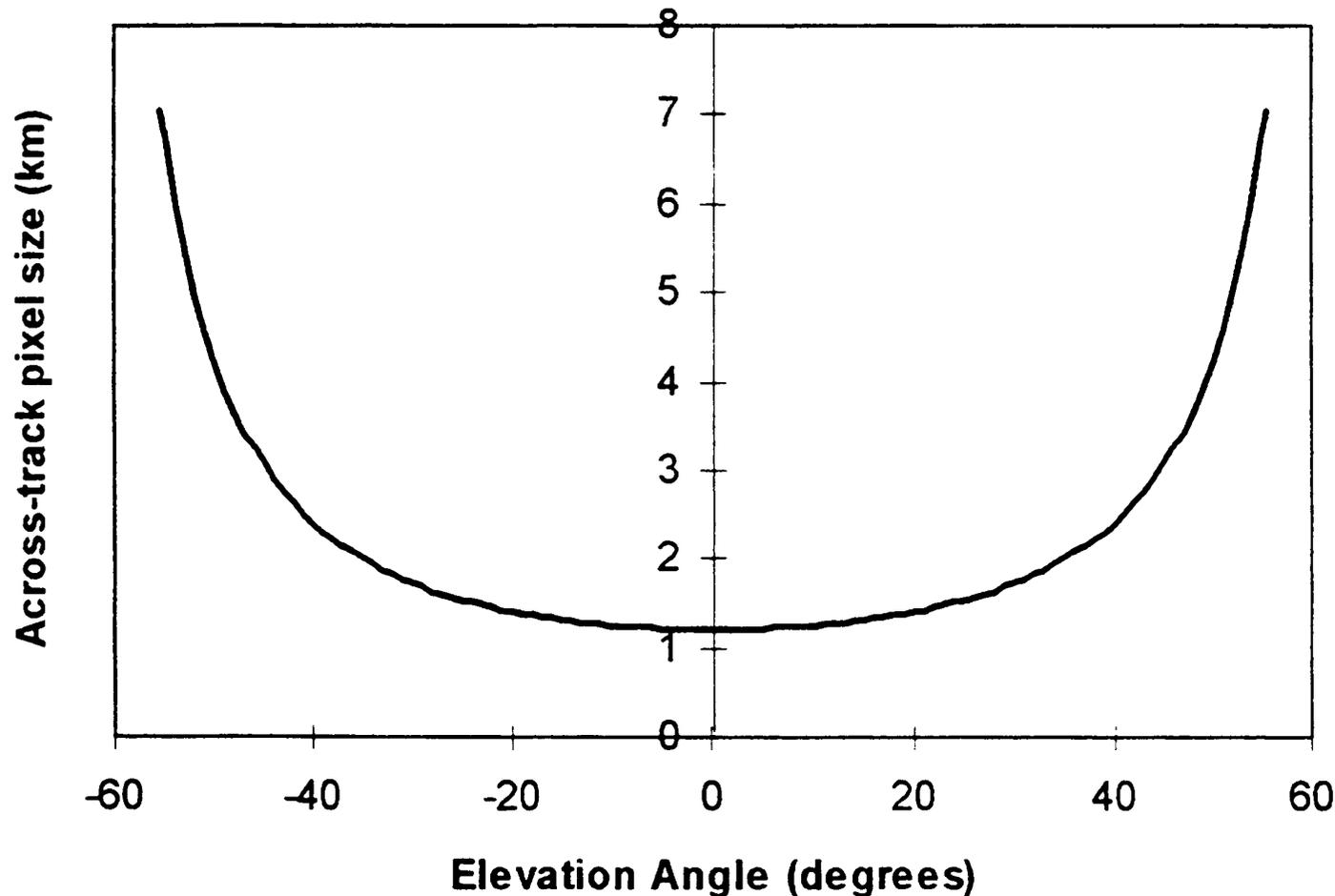
# Multi Spectral Scanners (MSS)



# Scanner: Principios



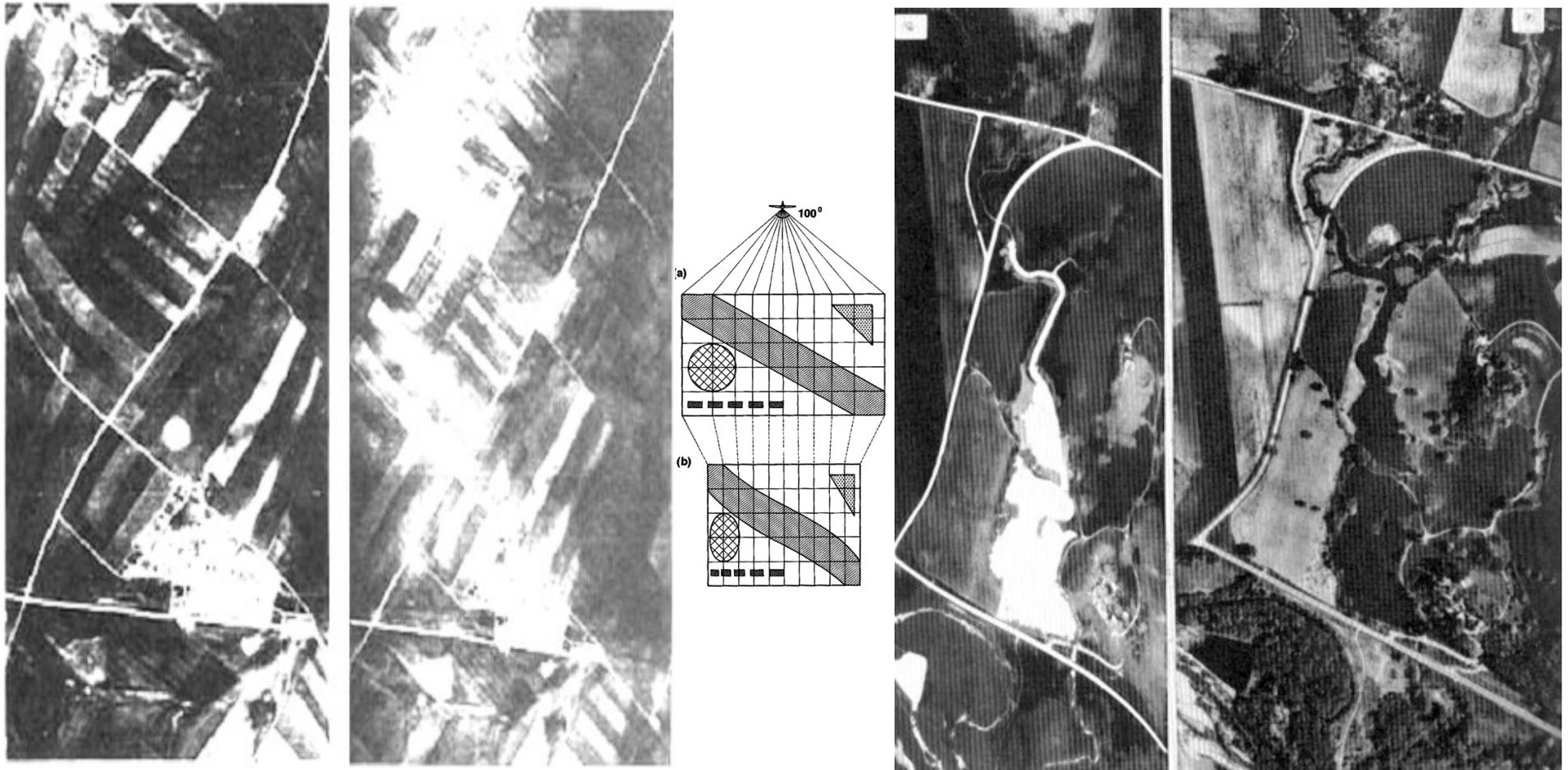
# Whiskbroom: Perpendicular a la línea de vuelo (across-track)-tamaño pixel



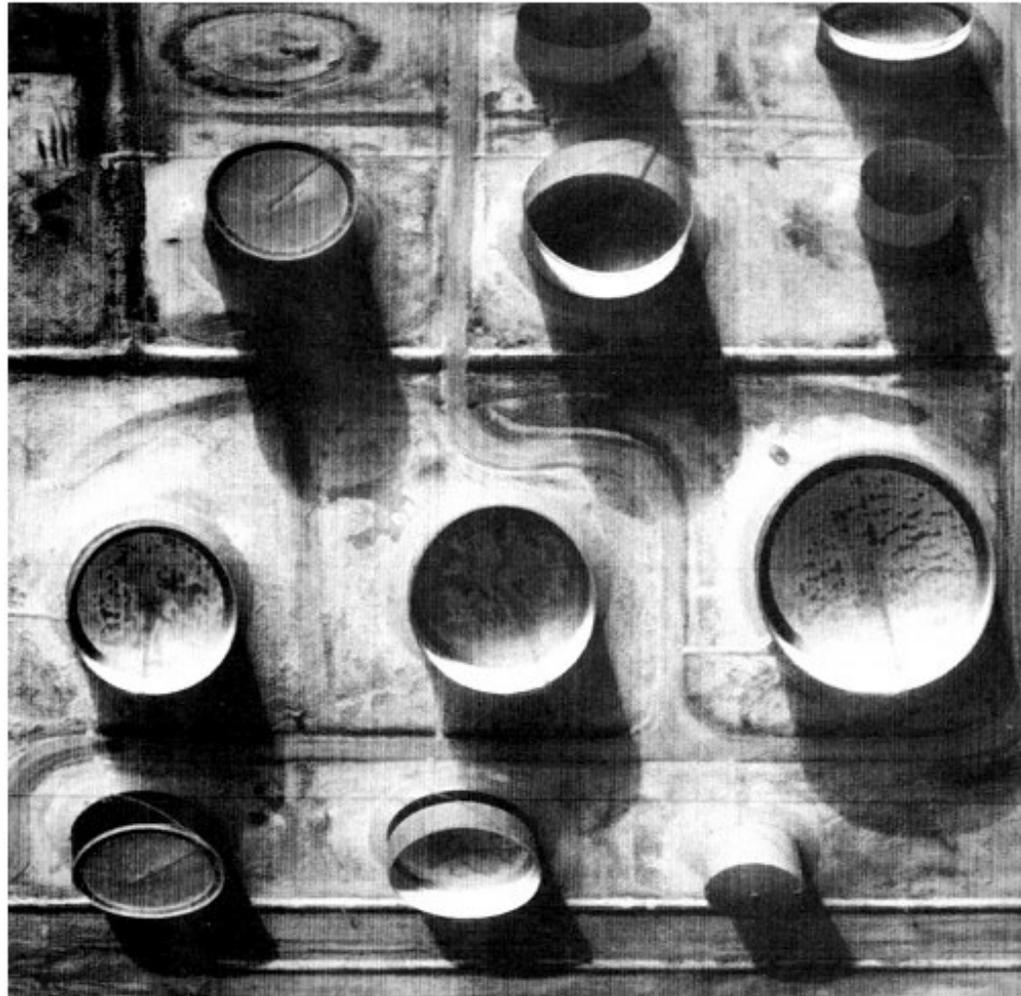
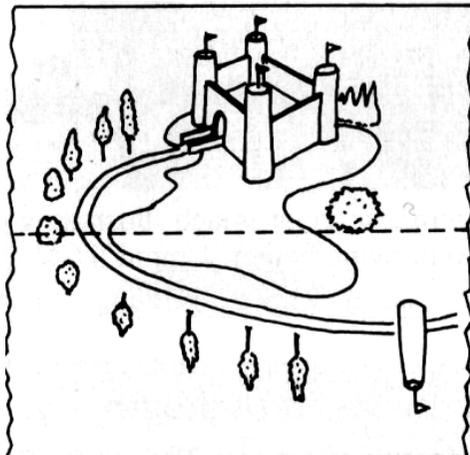
Degradación de la resolución a lo largo de la dirección de escaneo para una línea de un sensor AVHRR del satélite NOAA.

Tamaño del Pixel es incrementado debido a la curvatura de la

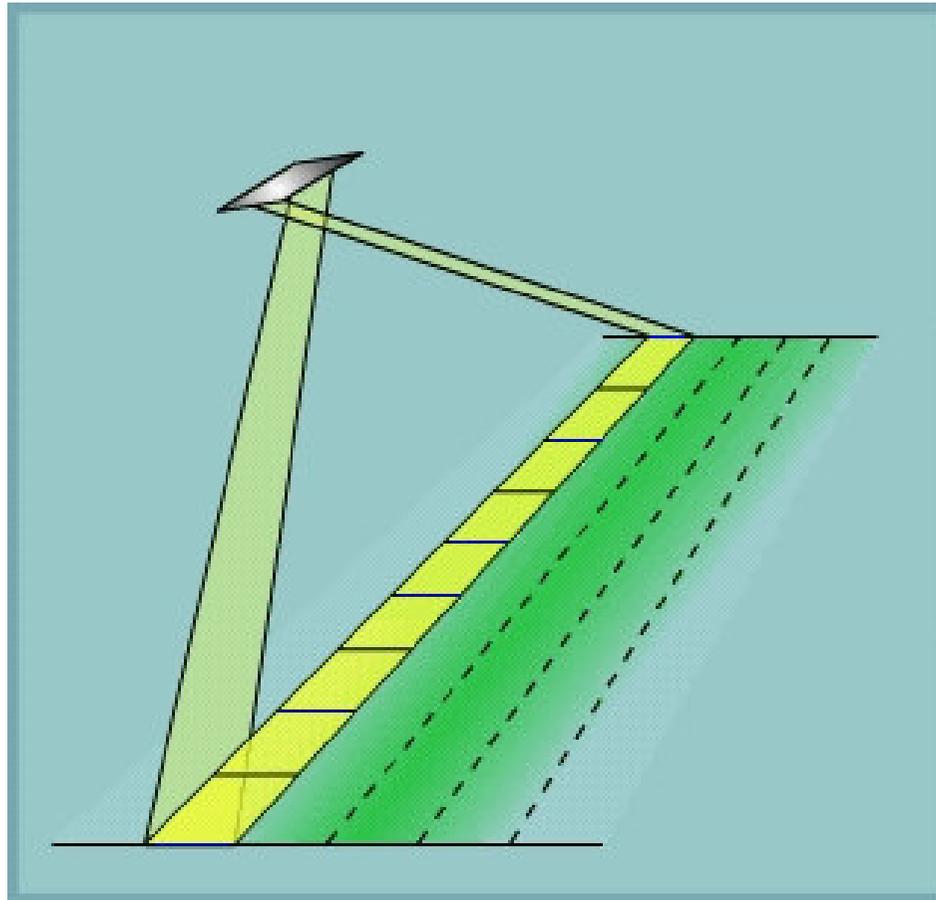
# MSS (Whiskbroom) scanner distorsión tangencial de la escala



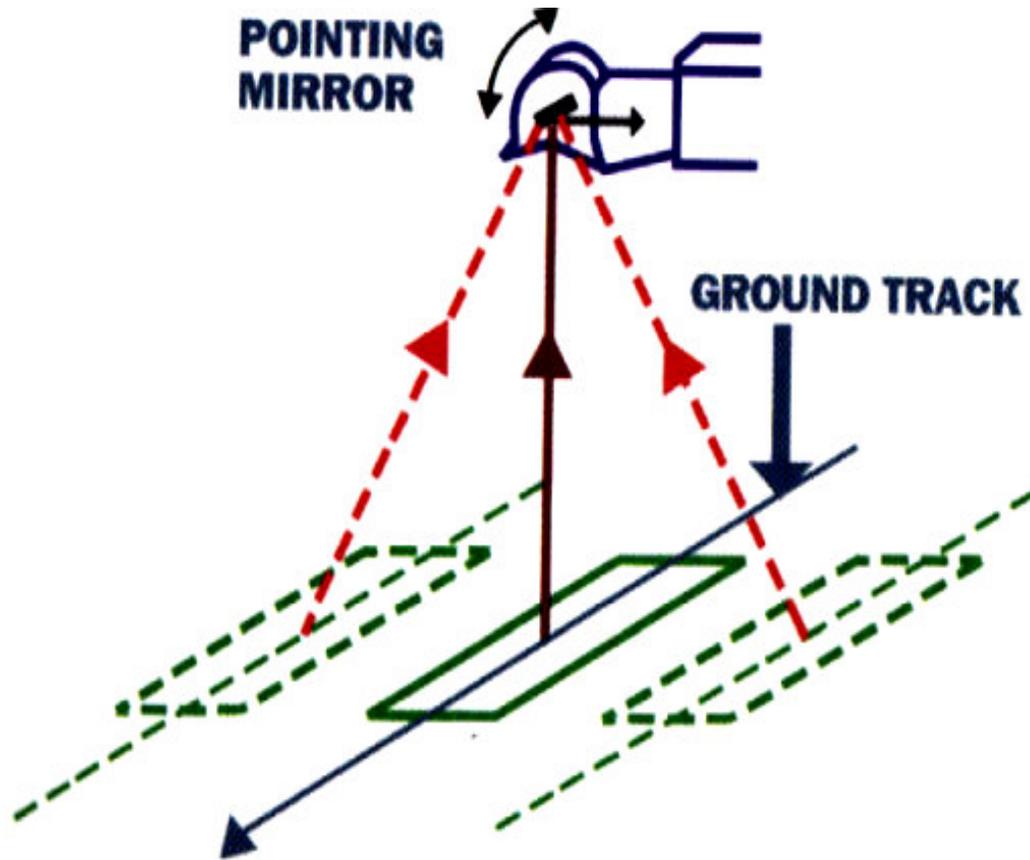
# MSS (Whiskbroom) scanner distorsión de la escala 1D



# Scanning Principal - Push-broom

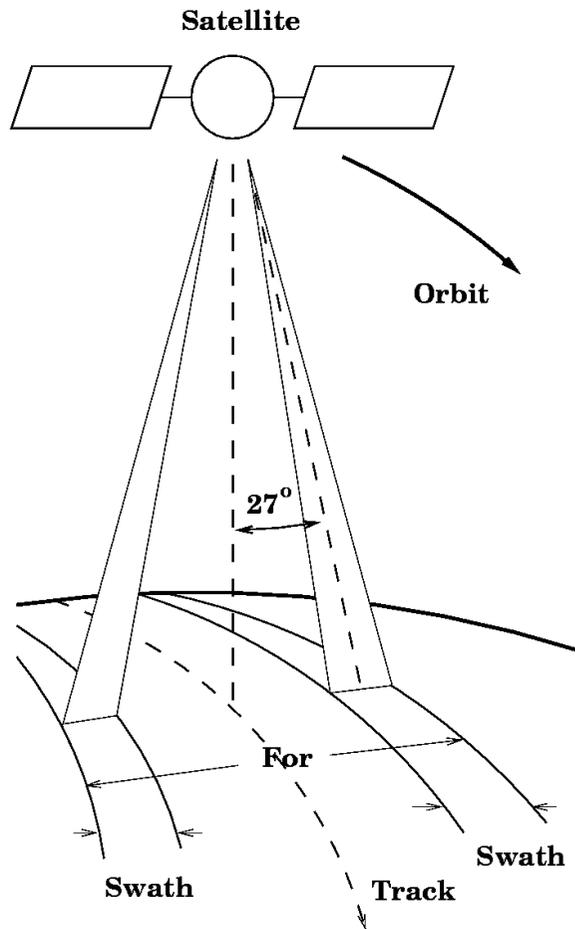


# Vista lateral (Pointing / off-track)



- Mayor resolución temporal
- en SPOT  $27^\circ \times 2 = 54^\circ$

# Imágenes estereo



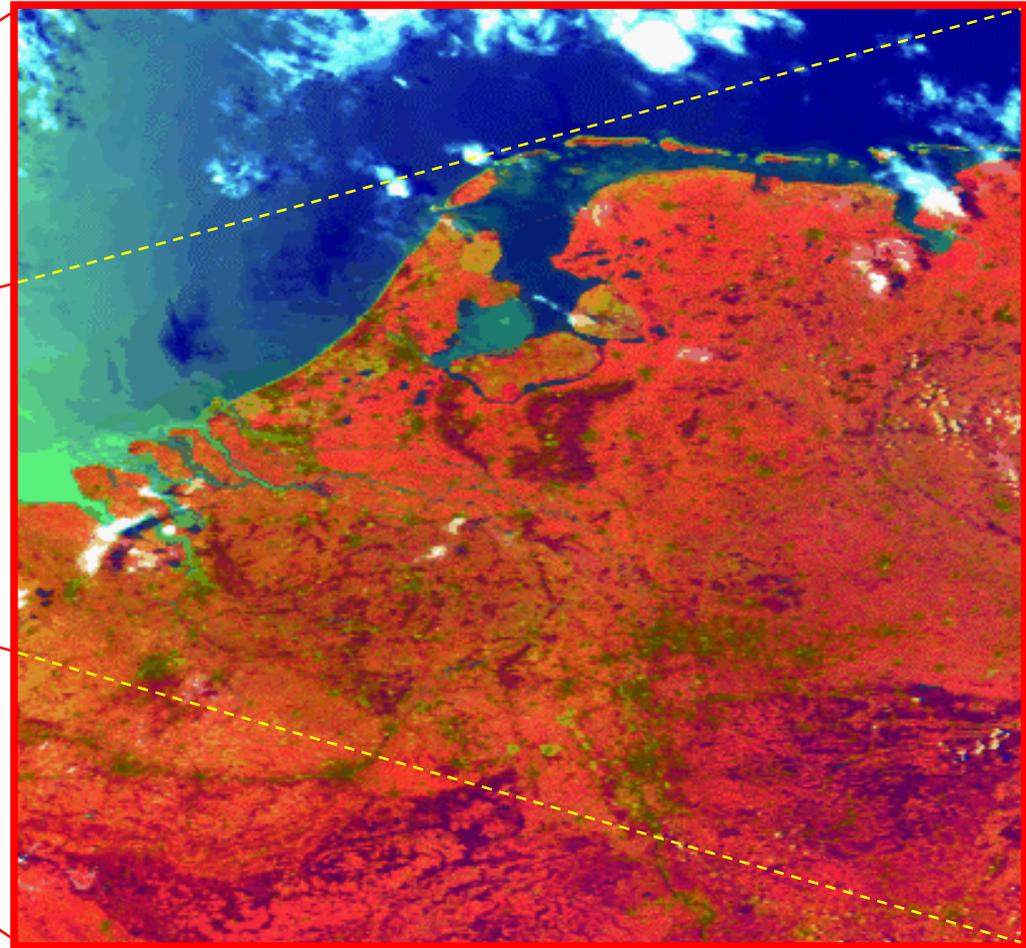
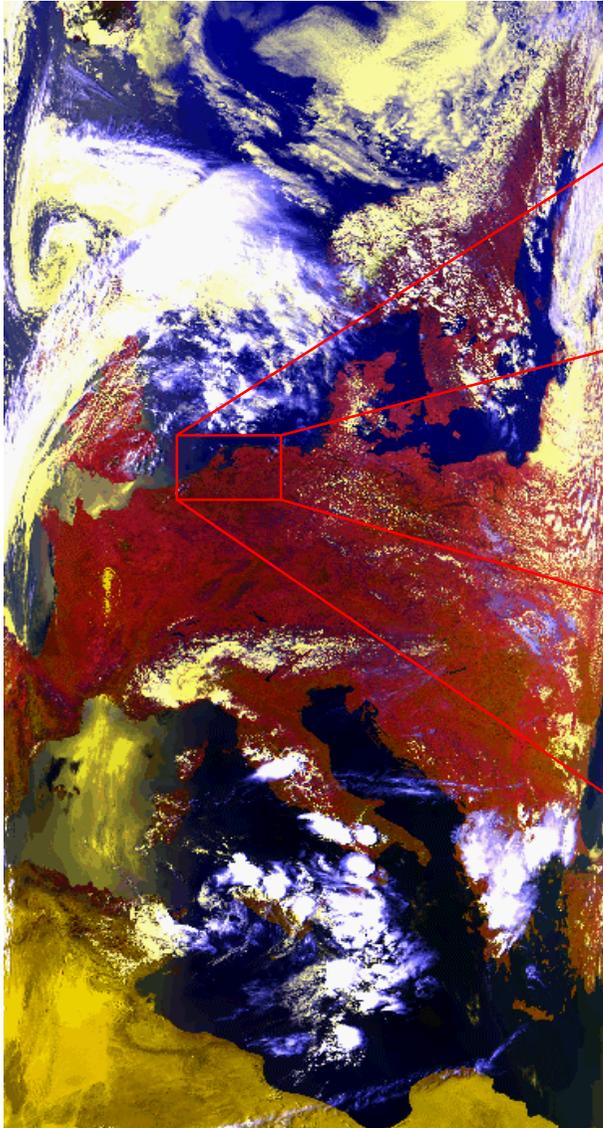
Visión lateral (Off-nadir viewing) permite la creación de pares estereoscópicos.

Esto posibilita también aumentar la resolución temporal.

# Algunos satélites de baja resolución

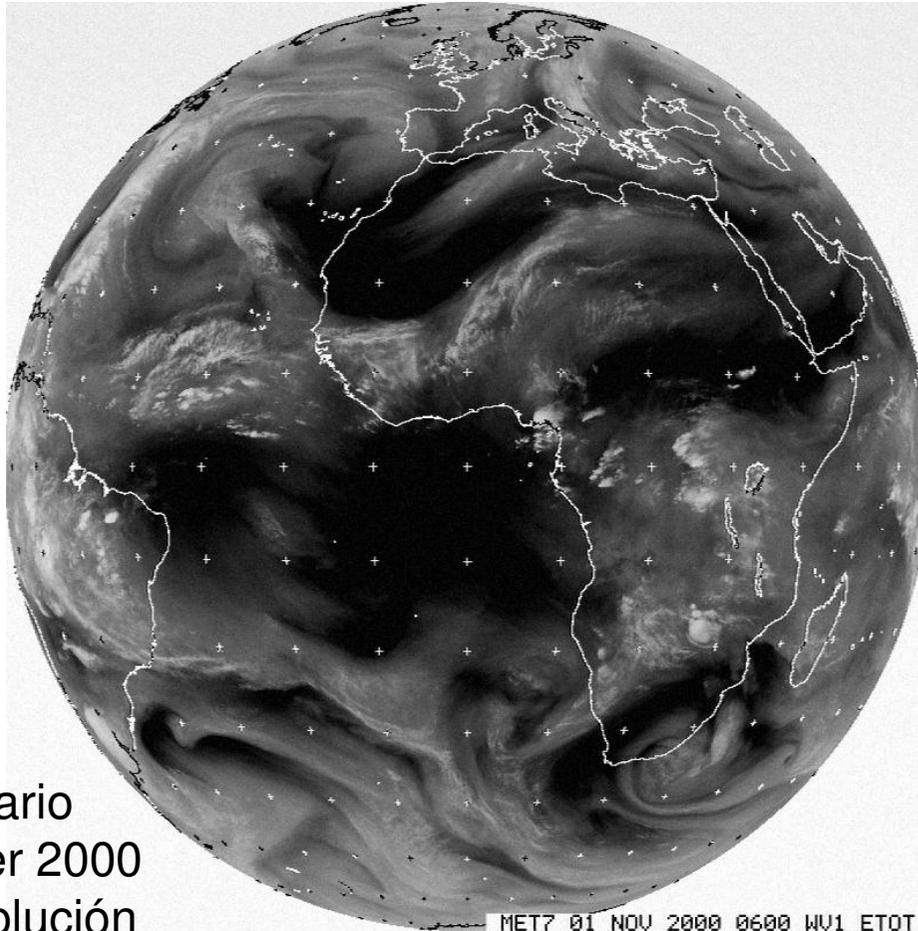
Platform	Orbit	Sensor	Res.	#b	Swath	Revisit
Meteosat	<b>GEO</b>	<b>VISSR</b>	<b>2.5 km</b>	<b>3</b>	<b>½Earth</b>	<b>30 min</b>
NOAA	<b>Polar</b>	<b>AVHRR</b>	<b>1 km</b>	<b>7</b>	<b>3000 km</b>	<b>Daily</b>
Resurs-O1	<b>S-sync</b>	<b>MSU-SK1</b>	<b>200 m</b>	<b>4</b>	<b>760 km</b>	<b>3-5 days</b>
SeaStar	<b>S-sync</b>	<b>SeaWiFS</b>	<b>1.1 km</b>	<b>8</b>	<b>2800 km</b>	<b>Daily</b>

# Ejemplo: imagen AVHRR

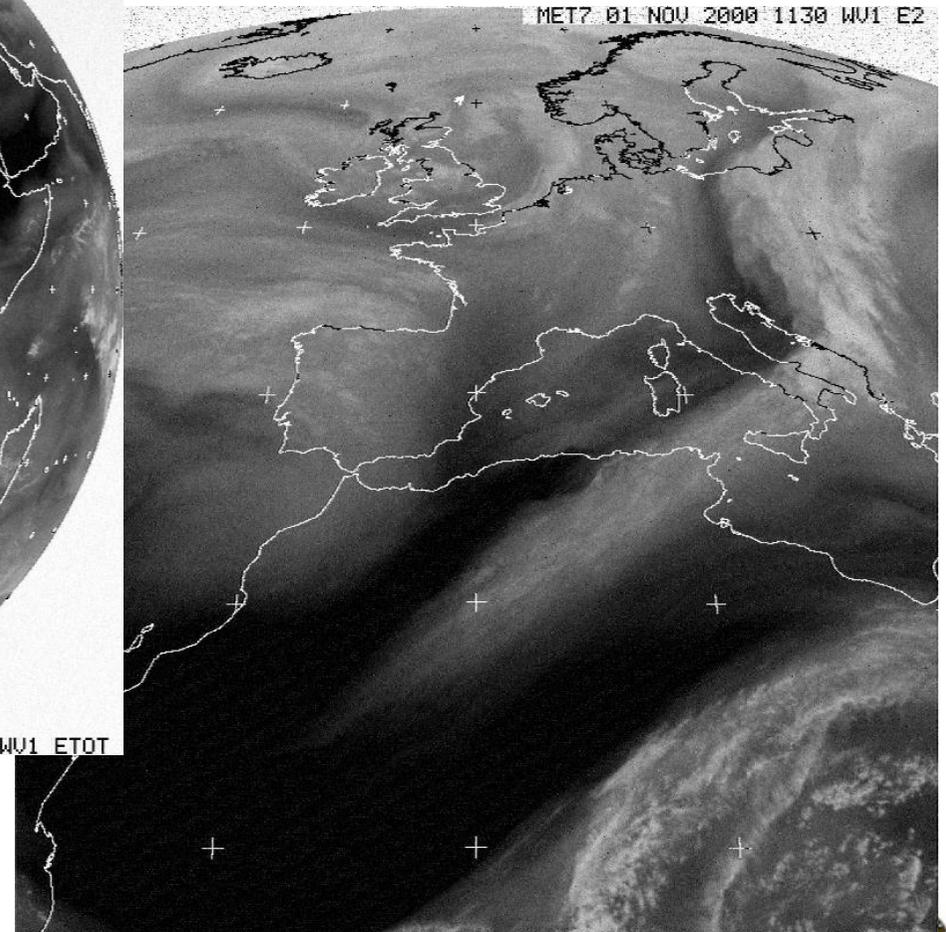


The Netherlands, 8 Junio 2000, 14:35  
1 km resolución

# Baja resolución desde el espacio



Meteosat-7  
geostacionario  
1 November 2000  
2.5 km resolución



# Algunos satélites resolución- media

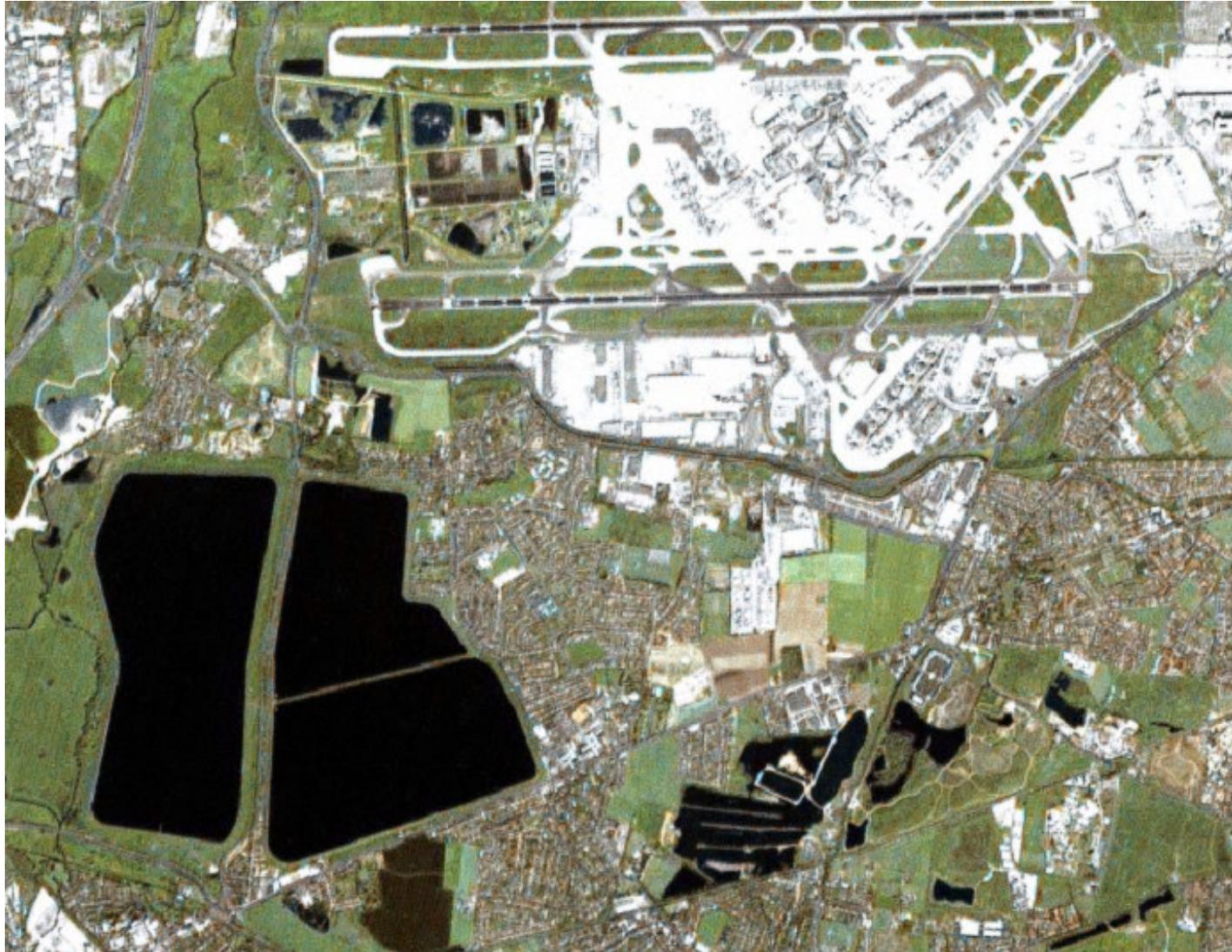
Platform	Sensor	Resolution	#B	Swath	Angle	Revisit
Landsat 4 & 5	TM	30 m	7	185 km	No	16 days
IRS 1C & 1D	LISS-3	24 m	4	142 km	No	24 days
Landsat 7	ETM+	15 m (PAN)	8	185 km	No	16 days
Spot 1-3	HRV	10 m (PAN)	3	60 km	±27°	4-6 days
Spot 4	HRVIR	10 m (PAN)	4	60 km	±27°	4-6 days
Spot 5	HRG	5 m (PAN)	5	60 km	±27°	1-4 days
Terra (EOS AM-1)	ASTER	15 m (VIS)	14	60 km	±24°	5 days

# Resolución media

IRS

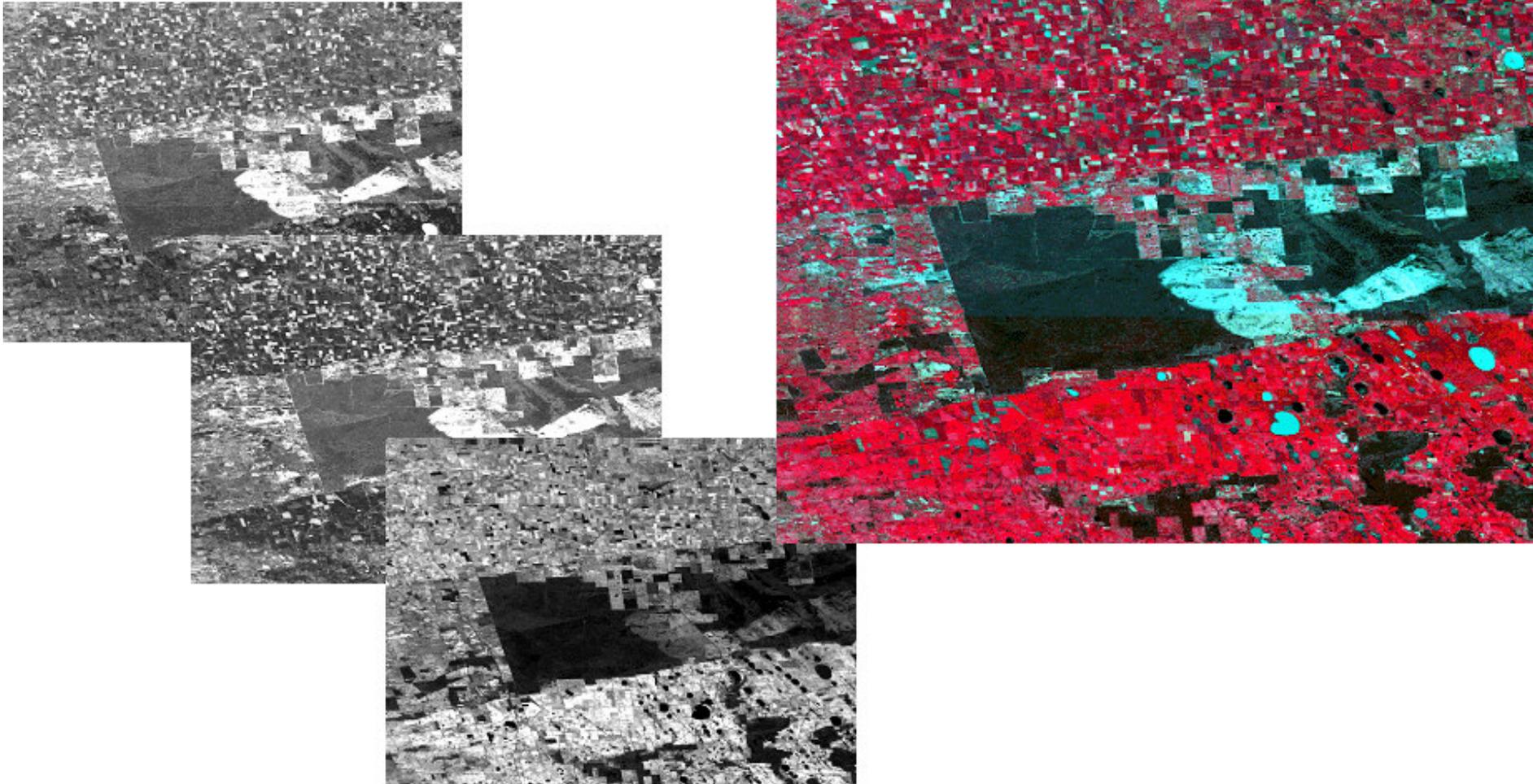
5.8m resolución  
(coloreada con  
24m resolución)

Heathrow airport,  
Londres



# Landsat TM (30m)

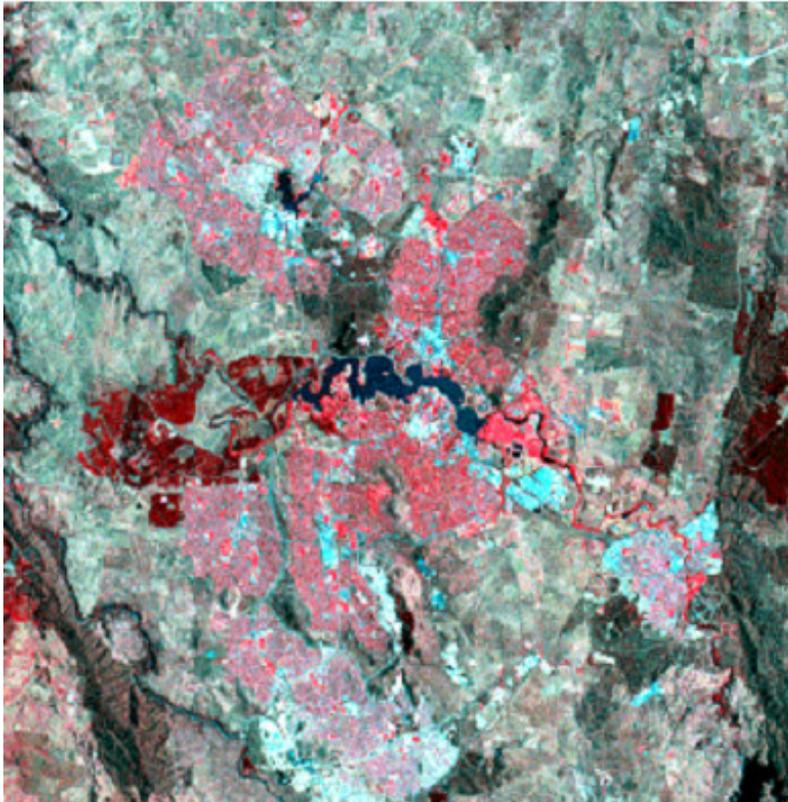
G(4)+R(5)+SWIR(7)



# Landsat ETM+ (30m+15m combinados)



# Resolución media: SPOT & Landsat

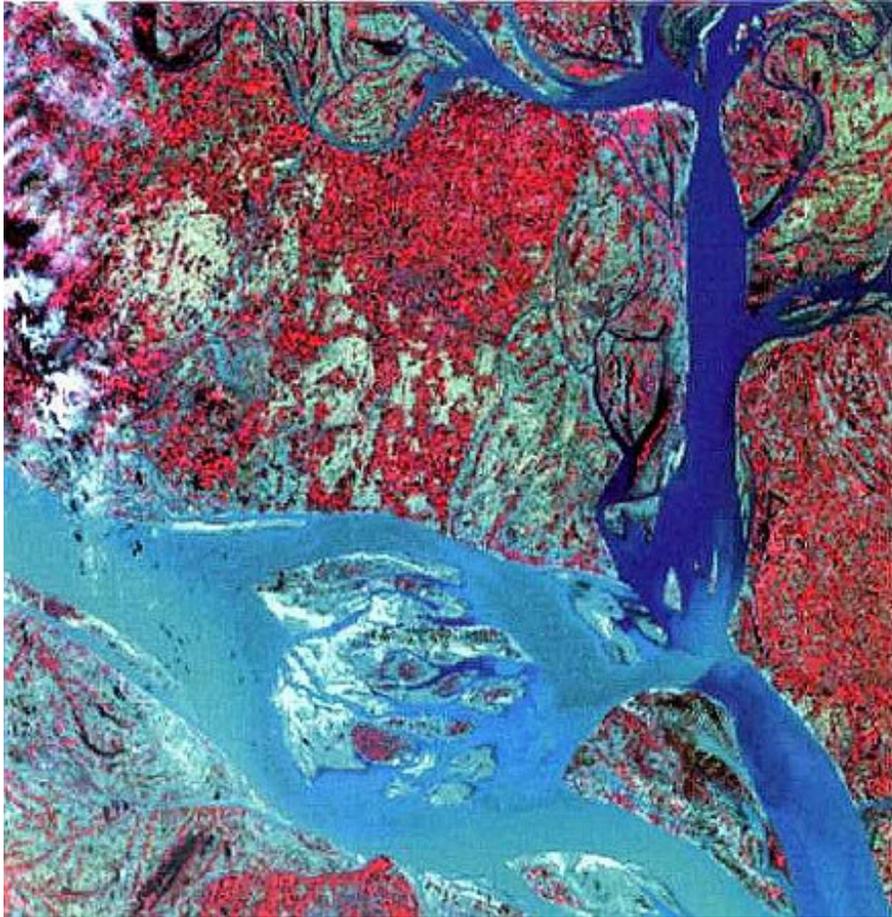


Landsat MSS, 80m resolución  
Landsat TM, 30m resolución  
Landsat ETM+, 15m resolución

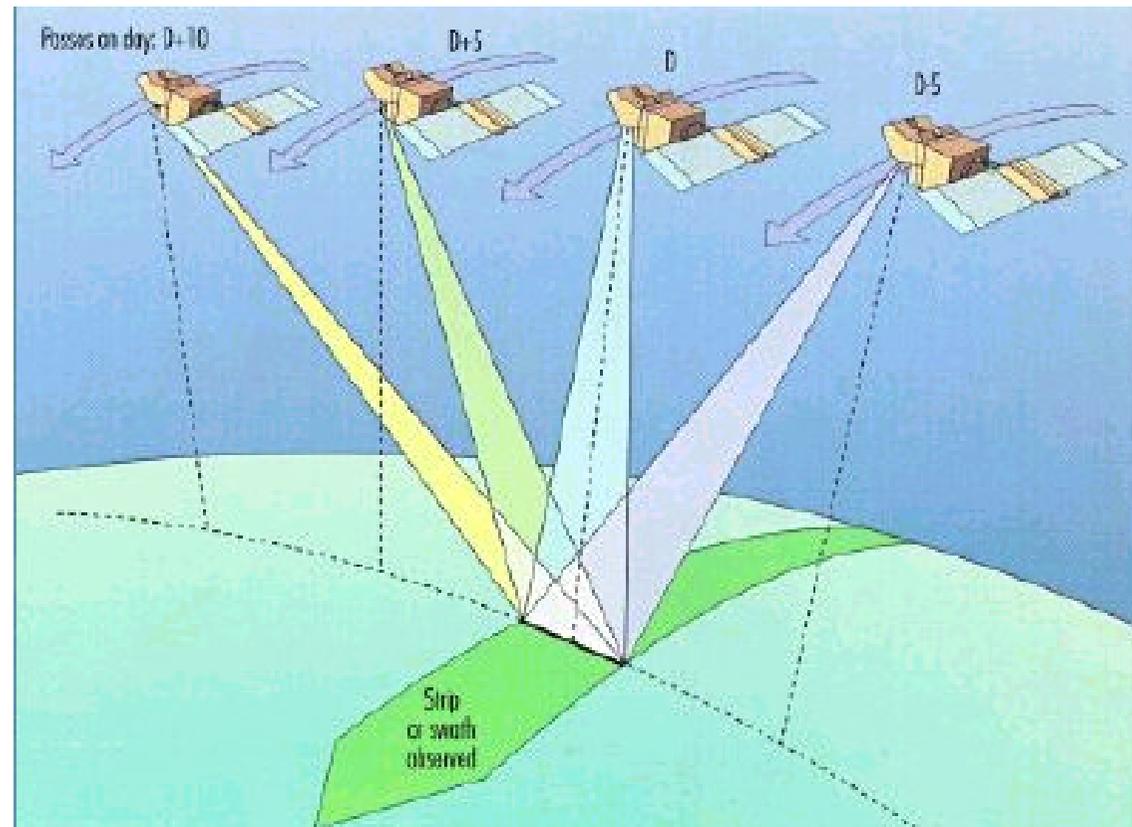


Spot  
MSS  
20m resolución

# SPOT & resolución temporal



# Estereoscopia

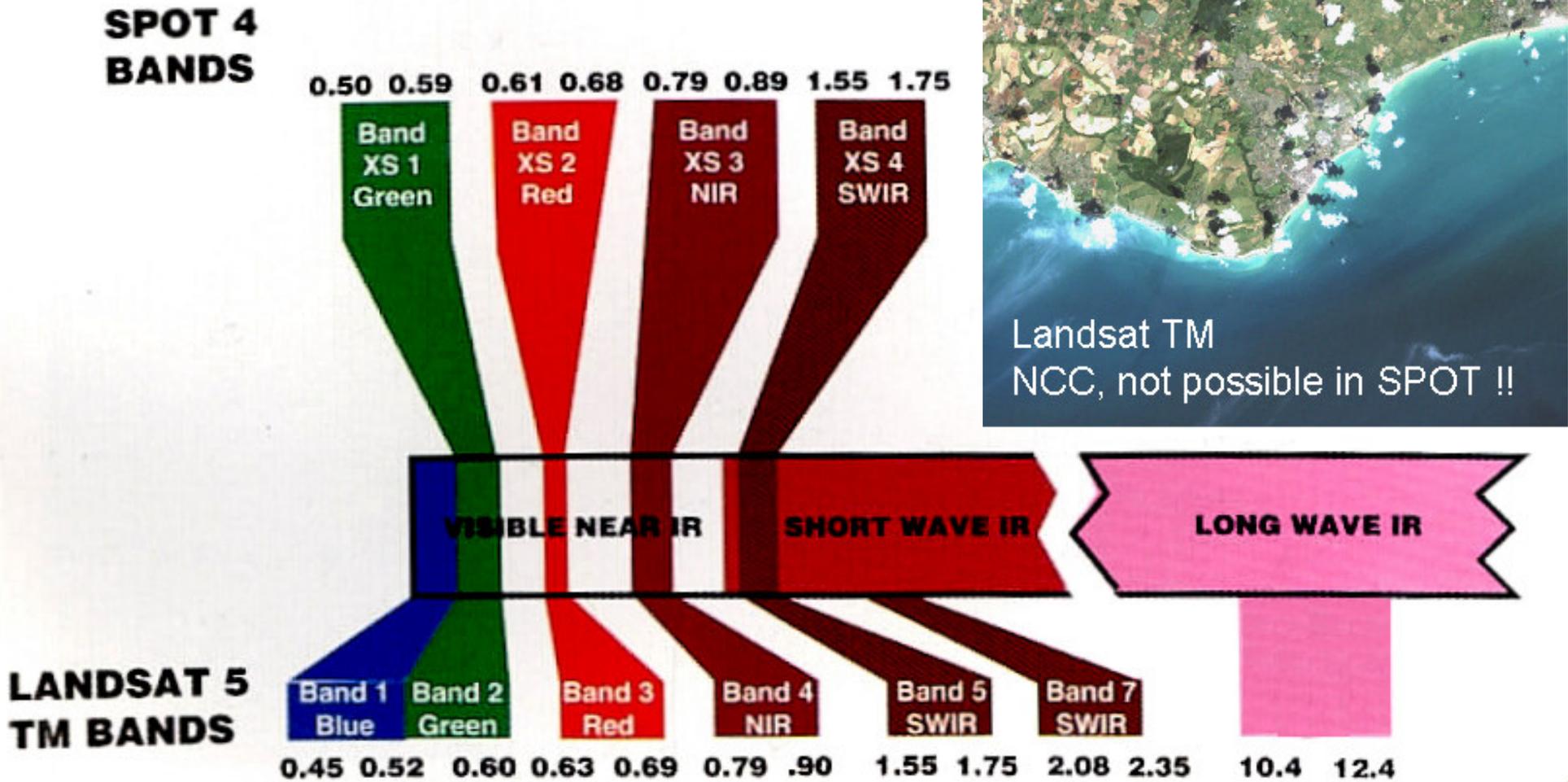


# SPOT 3D

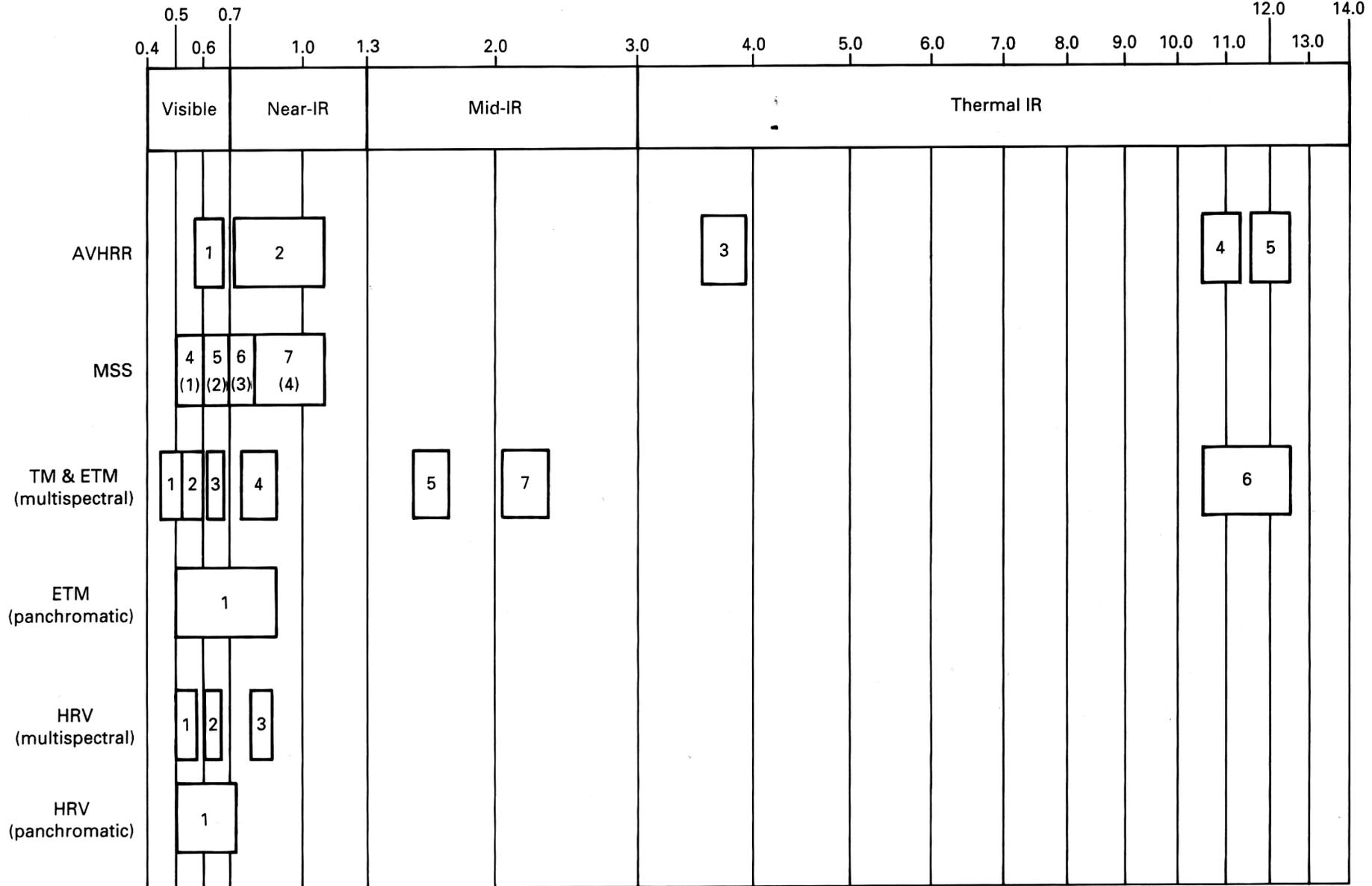


Honolulu, Hawaii

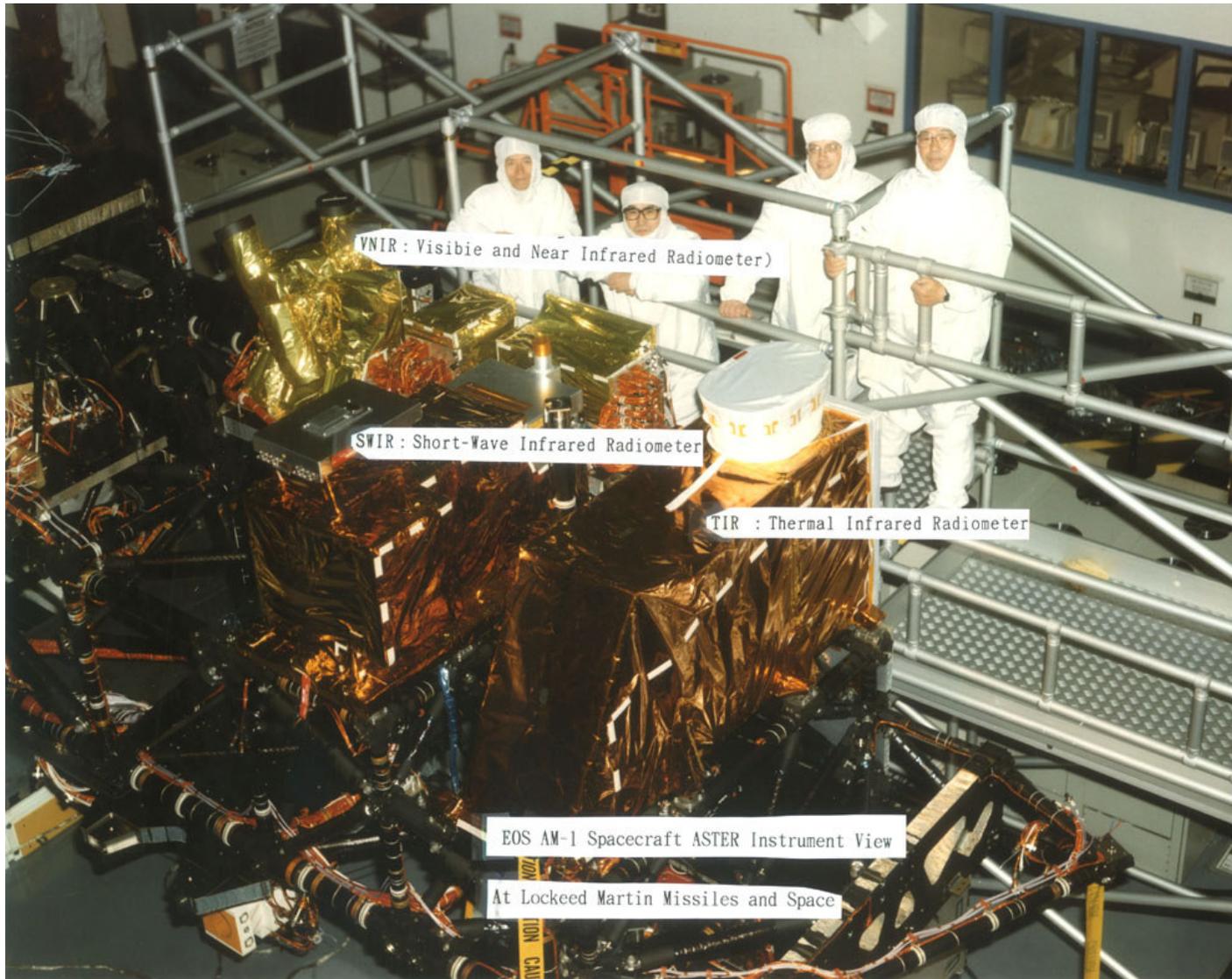
# SPOT & Landsat



Wavelength ( $\mu\text{m}$ )



# ASTER (VNIR-SWIR-TIR)

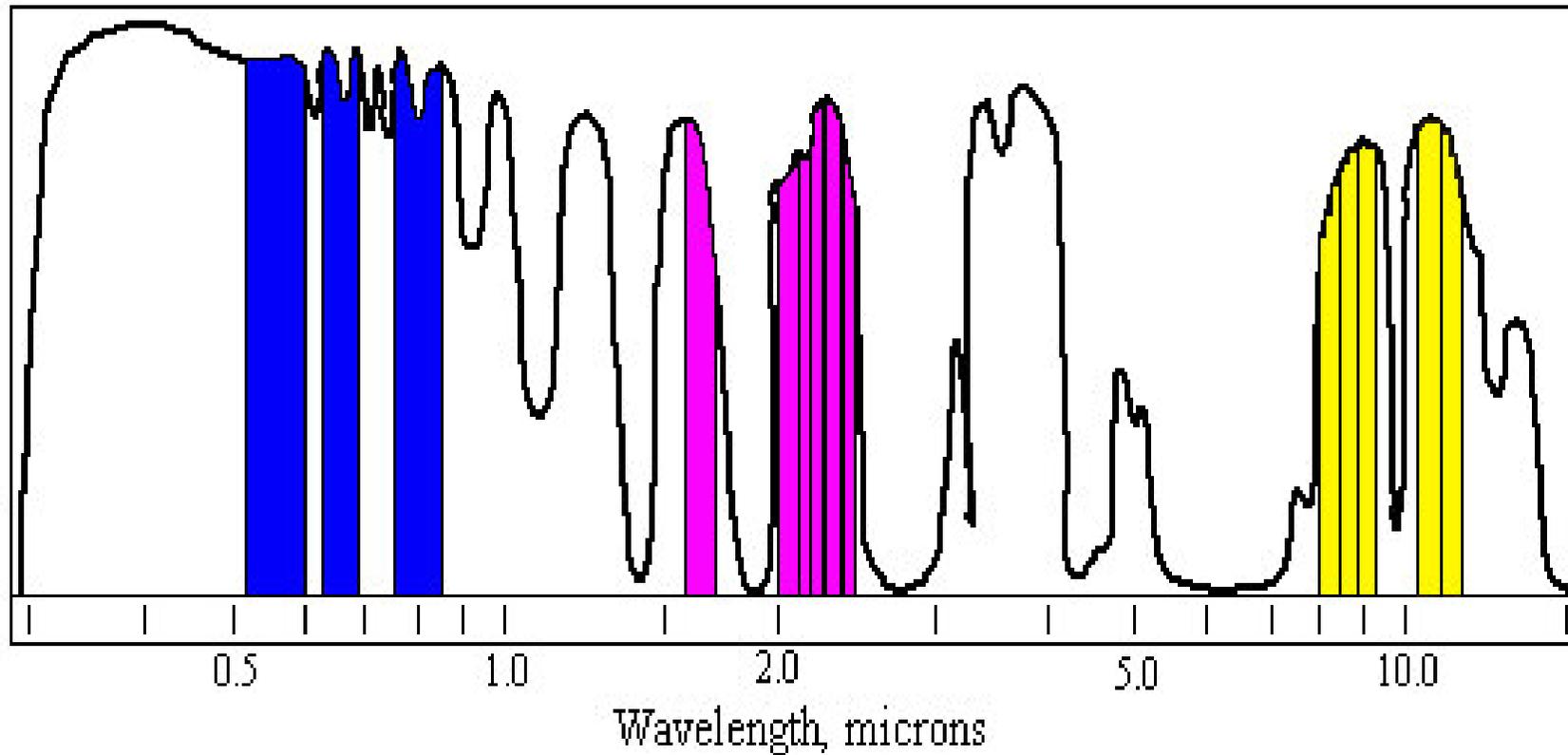


# ASTER (on TERRA)

15m  
VNIR

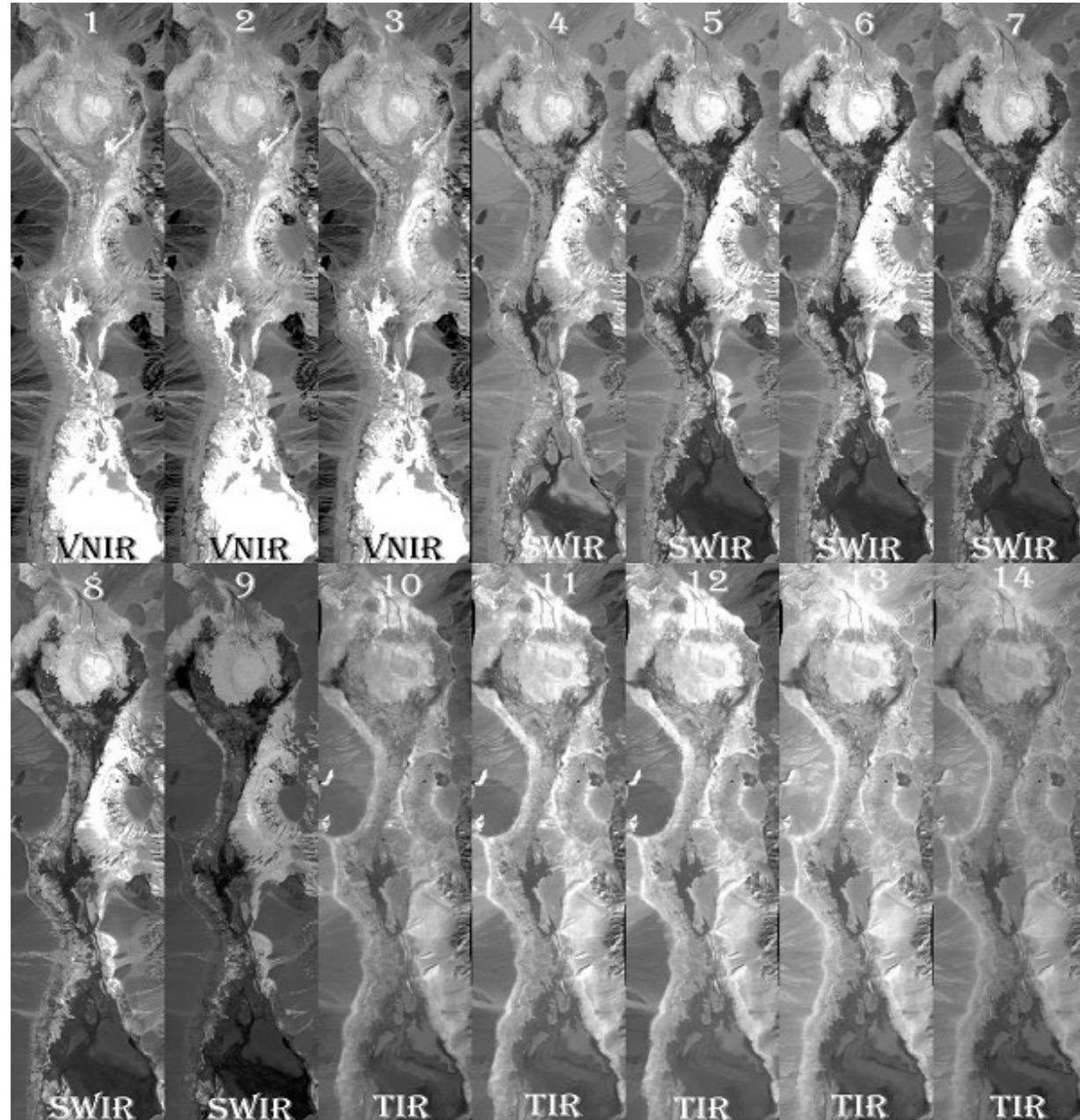
60m  
SWIR

90m  
TIR



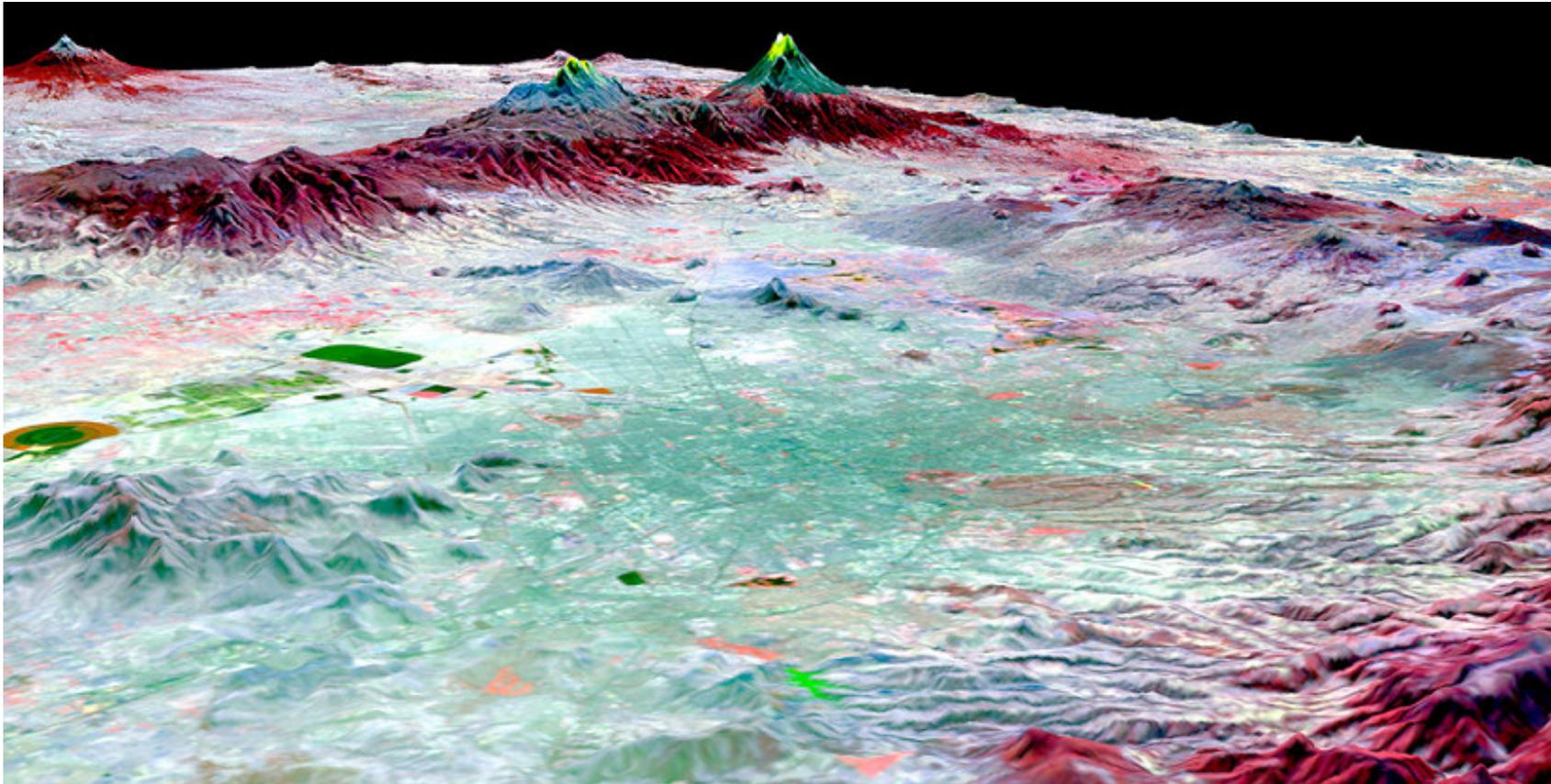
# Death Valley

radiance  
en canales 14



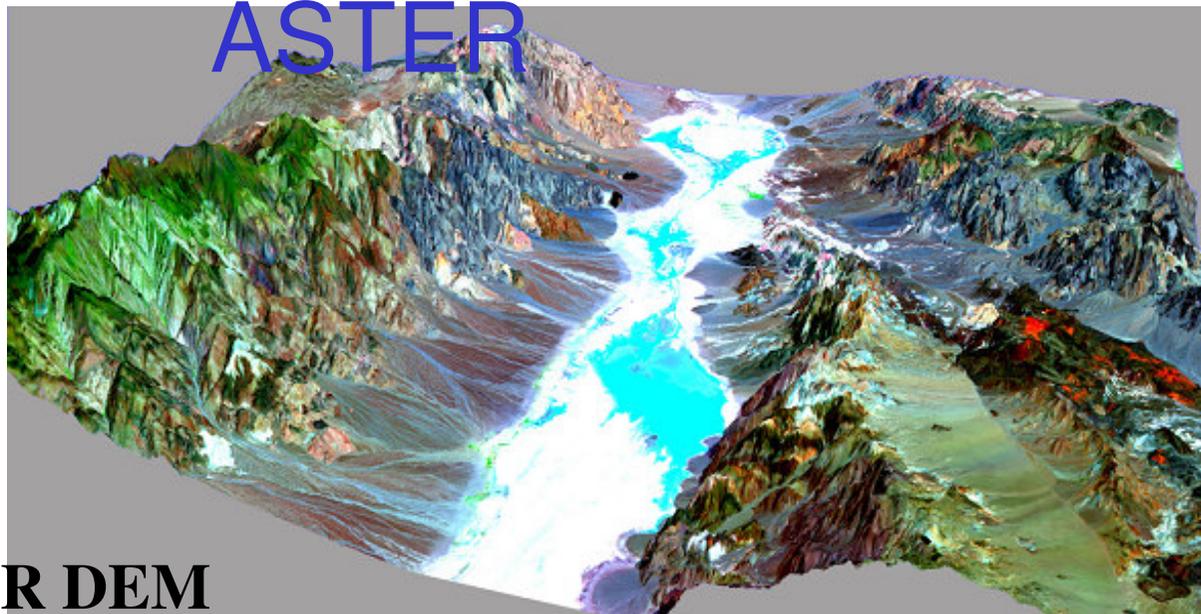
# ASTER

Popocatepetl Volcano, Mexico

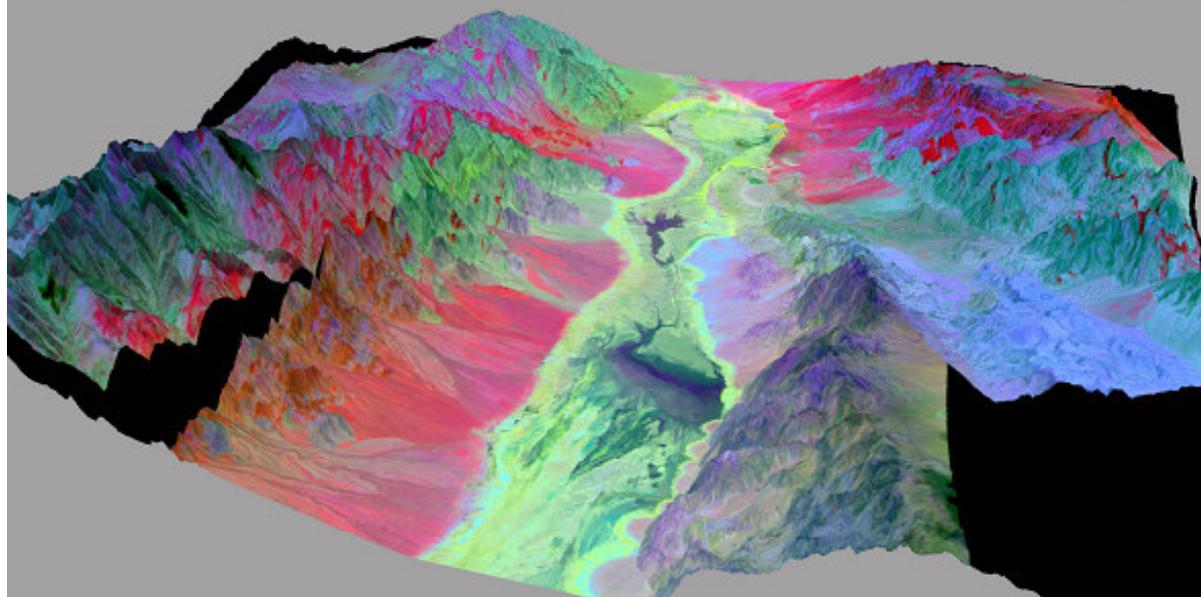


ASTER

Death Valley  
60 x 60 km image



**VNIR-SWIR + ASTER DEM**



**TIR + ASTER DEM**

# Algunos satélites de alta resolución

Platform	Sensor	Res.	#b	Swath	Angle	Revisit
IRS 1C & 1D		PAN	5.8 m	1 band	70 km	±26°
	5 days					
Cosmos	KVR-1000	2 m		1 band	160 km	No
	N/A					
EROS A1	CCD	1 m	1 band	12.5 km		±45°
	3 days					
Ikonos	OSA	1 m	4 bands		11 km	±45°
	1-3 days					
QuickBird	QBP	61 cm		4 bands		16 km
	±30°	1-3 days				
OrbView-3*	PAN	1 m	4 bands		8 km	±45°

# Alta resolución desde el espacio

IKONOS  
Pancromatica  
1m resolución  
Londres (derecha),  
Washington DC ↓



# Alta resolución desde el espacio

Quickbird  
61 cm resolución  
Paris, France

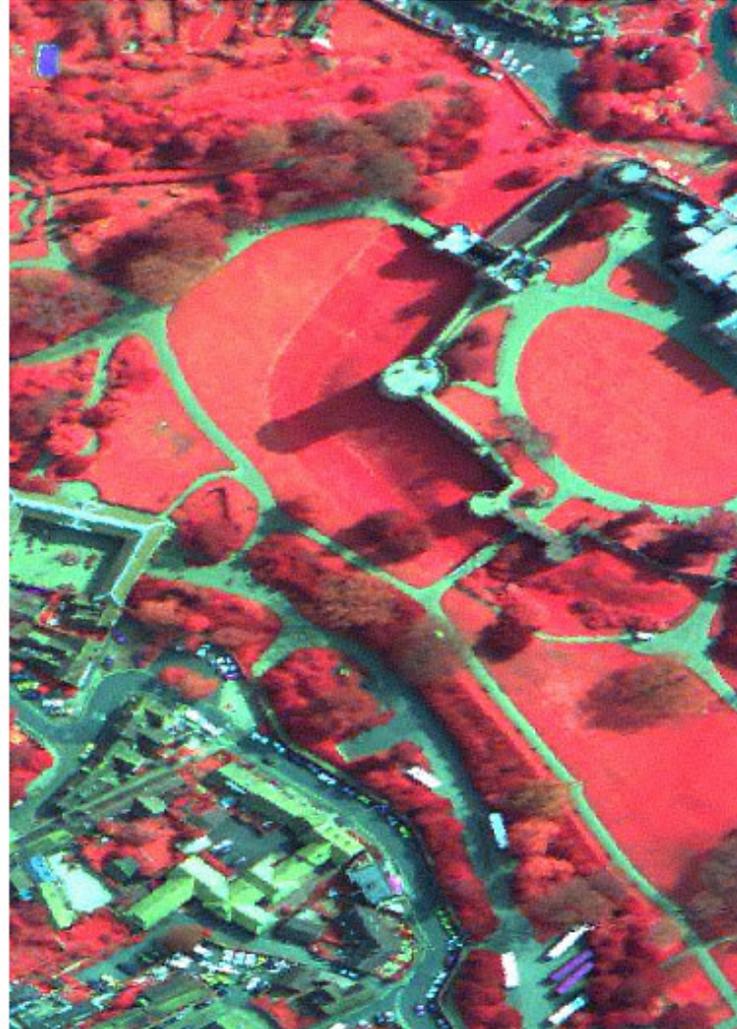


# MSS Plataforma aérea (Airborne)

**NCC**



**FCC**



# Plataforma aérea “thermal scanner”



# Lanzamientos 2000 & 2001

Helios 1B		Launched 3 December
DMSP	<a href="#">Defense Meteorological Satellite Program</a>	Launched 12 December
Terra (EOS AM-1)	<a href="#">Terra-Nasa</a>	Launched 18 December
KOMPSAT	<a href="#">Korea Aerospace Research Institute</a>	Launched 21 December
<b>2000</b>		
ASUSAT1	<a href="#">ASUSAT1 Homepage</a>	Launched 27 January
SRTM	<a href="#">Shuttle Radar Topography Misson</a>	Launched 11 February
MTI	<a href="#">MTI Homepage</a>	Launched 12 March
GOES-L	<a href="#">NOAA-GOES</a>	Launched 3 May
Fengyun-2B	<a href="#">National Satellite Meteorological Center</a>	launched 26 June
SNAP-1	<a href="#">SSTL Nanosatellites</a>	Launched 28 June
Tsinghua-1	<a href="#">SSTL</a>	Launched 28 June
BIRD-Rubin	<a href="http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/tech/tech_9.htm">http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/tech/tech_9.htm</a>	Launched 15 July
Mightysat-2.1 (Sindri)	<a href="http://quark.plk.af.mil/vsd/mightysatII/">http://quark.plk.af.mil/vsd/mightysatII/</a>	Launched 19 July
Ziyuan-2 (ZY-2, Jianbing-3 (?))		Launched 1 September
NOAA-L	<a href="#">NOAA-POES Home Page</a>	Launched 21 September
TiungSat	<a href="#">Space Science Studies Division</a>	Launched 27 September
Kometa-20		Launched 29 September
Quickbird-1	<a href="#">DigitalGlobe</a>	<b>Failed</b> 20 November
NMP/EO-1	<a href="#">EO-1 Home Page</a> <a href="#">EO-1 GSFC</a>	Launched 21 Novemver
SAC-C	<a href="#">CONAE Home Page - SAC-C</a>	Launched 21 November
EROS-A1	<a href="#">ImageSat International</a>	Launched 5 December
<b>2001</b>		
GOES-M	<a href="#">NOAA-GOES</a>	Launched 23 July
Orbview 4	<a href="#">ORBIMAGE</a>	<b>Failed</b> 21 September
QuikTOMS	<a href="#">QuikTOMS-NASA</a>	<b>Failed</b> 21 September
Quickbird	<a href="#">DigitalGlobe</a>	Launched 18 October
TES	<a href="#">TES-NASA</a>	Launched 22 October
BIRD-1	<a href="http://spacesensors.dlr.de/SE/bird/">http://spacesensors.dlr.de/SE/bird/</a>	Launched 22 October
Proba-1	<a href="#">CHRIS-PROBA Mission</a>	Launched 22 October
Jason-1	<a href="#">Ocean Surface Topography - Jason 1</a>	Launched 7 December
TIMED	<a href="#">STP - TIMED Mission</a>	Launched 7 December
Meteor-3M/SAGE III	<a href="#">SAGE III Meteor-3M Mission</a>	Launched 10 December
BADR-B	<a href="http://www.suparco.gov.pk/sat_badr2.htm">http://www.suparco.gov.pk/sat_badr2.htm</a>	Launched 10 December
Marc-1	TU Berlin	Launched 10 December

# Lanzamientos 2002

Nombre	Operador	Lanzamiento
<b>2002</b>		
ENVISAT	<a href="#">ESA</a>	Launched 1 March
	<a href="#">ESA</a>	
	<a href="http://www.leos.le.ac.uk/home/aatsr/">http://www.leos.le.ac.uk/home/aatsr/</a>	
GRACE	<a href="http://www.csr.utexas.edu/grace/">http://www.csr.utexas.edu/grace/</a>	Launched 17 March
AQUA- EOS-PM1	<a href="#">NASA</a>	Launched 4 May
	<a href="#">Aqua Website</a>	
	<a href="#">Remote Sensing Technology Center of Japan</a>	
SPOT-5	<a href="#">SPOT Image</a>	Launched 4 May
Fengyun		Launched 15 May
Haiyang 1		Launched 15 May
OFEQ-5		Launched 28 May
NOAA-M (NOAA-17)	<a href="#">NOAASIS Satellite Information Gateway</a>	Launched 24 June
MSG-1 (MeteoSat 8)	<a href="#">ESA</a>	Launched 28 August
	<a href="#">Eumetsat</a>	
METSAT	<a href="#">Indian Space Research Organisation</a>	Launched 12 September
Ziyuan-2 (ZY-2)		Launched 27 October
AlSat-1		Plesetsk Cosmodrome, Russia, 28 November
IRS-P6 (ResourceSat)	<a href="#">Indian Space Research Organisation</a>	Sriharikota, India, End 2002
SOURCE	<a href="#">LASP SOURCE page</a>	Cape Canaveral, December
ADEOS-II	<a href="#">Remote Sensing Technology Center of Japan</a>	Japan, 10 December
	<a href="http://winds.jpl.nasa.gov/missions/seawinds/seaindex.html">http://winds.jpl.nasa.gov/missions/seawinds/seaindex.html</a>	
Coriolis		Vandenberg AFB, 15 December
ICESAT/CATSAT	<a href="#">NASA</a>	Vanderberg AFB, 19 December 2002

# Lanzamientos 2003 -

2003		
SciSat 1	<a href="#">CSA - SCISAT</a>	Vandenberg AFB, 1 March
Orbview 3	<a href="#">OrbImage</a>	Vandenberg AFB, March
DMSP-16	<a href="#">Defense Meteorological Satellite Program</a>	Vandenberg AFB, May
Resource21	<a href="http://www.resource21.com/">http://www.resource21.com/</a>	?
	<a href="http://www.boeing.com/">http://www.boeing.com/</a>	
RadarSat 2	<a href="#">RadarSat International</a>	November
	<a href="#">OrbImage</a>	
IRS-P5 (Cartosat-1)	<a href="#">Indian Space Research Organisation</a>	Sriharikota, India, 2003
CBERS-2	<a href="http://www.inpe.br/programas/cbers/english/index.html">http://www.inpe.br/programas/cbers/english/index.html</a>	End 2003
KOMPSAT-2	<a href="#">Korea Aerospace Research Institute</a>	End 2003
ROCSAT-2	<a href="#">National Space Program Office</a>	2003
2004		
Aura (EOS Chemistry 1)	<a href="#">Aura NASA</a>	January
NOAA-N	<a href="#">NOAASIS Satellite Information Gateway</a>	June
EROS B1	<a href="#">ImageSat</a>	Plesetsk Cosmodrome, Russia, 2004
ALOS	<a href="#">NASDA ALOS</a>	Japan, 2004
	<a href="#">Remote Sensing Technology Center of Japan</a>	
GOES-N		2004
CryoSat	<a href="#">ESA</a>	2004
CALIPSO	<a href="#">EarthObservatory-CALIPSO</a>	2004
2005		
GOES-O		2005
MetOp	<a href="#">ESA-MetOp</a>	December
OSTM	<a href="#">Ocean Surface Topography Mission</a>	2005
ROCSAT-3	<a href="#">National Space Program Office</a>	2005
2006		
GOCE	<a href="#">ESA-GOCE</a>	Beginning 2006
SMOS	<a href="#">ESA-SMOS</a>	2006
2007		
GOES-P		2007
2008		
NOAA-N'	<a href="#">POES launch table</a>	March
GOES-Q		2008
2009		
NPOESS	<a href="#">POES launch table</a>	January

# Desarrollos

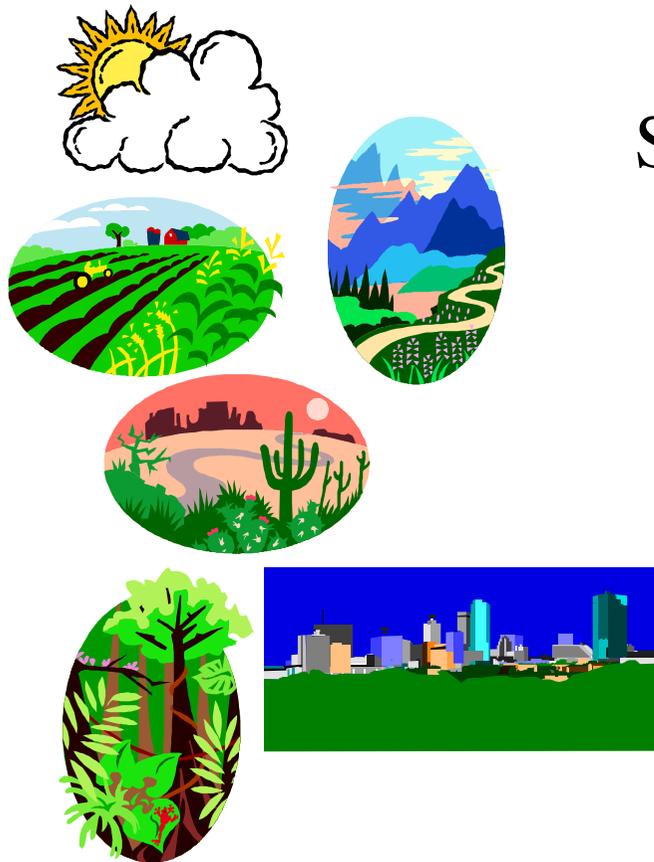
## Mejor resolución:

- Mayor resolución espacial < 1 m
- Mayor resolución espectral > 100 bands
- Mayor resolución temporal revisita < 3 dias

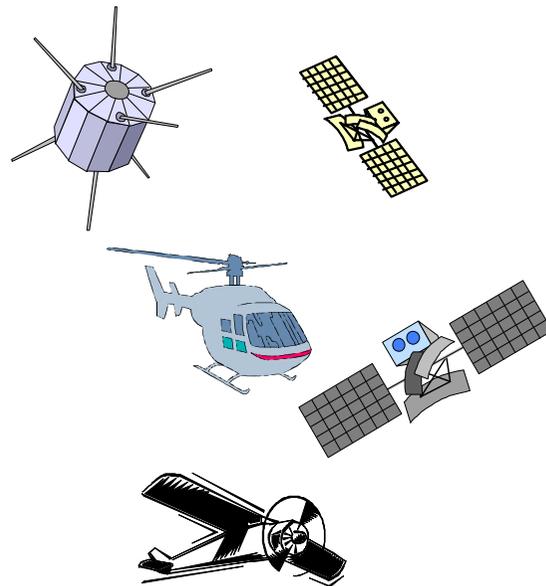
# Criteria for selection ...

# Data selection criteria

## Aplicaciones



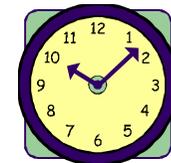
## Sensores/plataformas



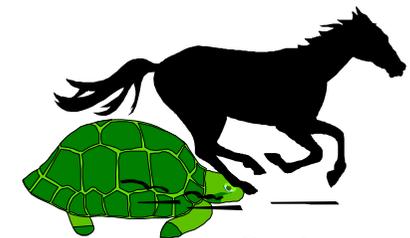
## Características datos



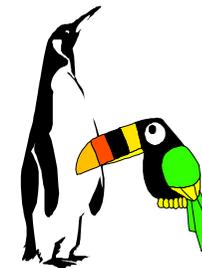
Espacial



Cuando



Ciclo



Espectral

# Criterios para la selección...

## **Fotografía aérea**

- Alta resolución espacial
- Cubre áreas pequeñas
- Adecuado en mapas de escala pequeña y grande
- Almacenamiento eficiente

## **Satellite Imagery**

- Menor (?) resolución espacial
- Cubre grandes áreas
- Información multi-espectral
- Archivos de datos de gran volumen – listos para ser procesados
- Pueden ser útiles en mapas de escala pequeña

# Data selection criteria

## Disponibilidad

- En archivos
- Sera adquirida

## Algunos sensores en el espacio son:

- Pan: SPOT, IRS, IKONOS
- Multispectral: Landsat, SPOT, IKONOS
- Radar: ERS, Radarsat

## Sensores aerotransportados (Airborne)

- Photo cameras
- Digital cameras
- Laser scanners
- Spectrometers
- Radar

## Costos estan relacionados con.

- resolución
- calidad
- disponibilidad

Costos son indicados km<sup>2</sup>

# Conclusiones

- Muchos y muy diferentes tipos de plataformas
- Muchos tipos de sensores
- Muchos tipos de productos
- Cada producto tiene ventajas y desventajas. Comparacion se hace dificil debido a la gran cantidad de factores involucrados. Que adquirir depende de las necesidades especificas
- Desarrollos sigue su marcha: nuevos plataformas, productos
- Nuevos satélites: complementarios antes que competitivos
- Mercado en proceso de cambio: Gobierno → Comercial
- Costos todavia una limitante

# Database de Sensores & Tabla de Lanzamientos

<http://www.itc.nl>

ITC Sensor database - Microsoft Internet Explorer

Remote Sensing Tutorial:  
<http://rst.gsfc.nasa.gov/start.html>

USGS Distributed Data Archive  
<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>

NPPOC  
<http://www.npoc.nl/>

Wim's page:  
<http://www.itc.nl/personal/bakker/>

**SPOT 5**

Launch year: 2002  
 Repeat cycle: 26 Days  
 Orbit Height: 832 Km  
 Orbit Type: Sun Synchronous  
 Organisation: CNES

NPCC - National Point of Contact (Data)  
 NASDA (Information)  
 Spot Image (Information)  
 Spot Image (Data)  
 SIRIUS - Spot Catalogue (Data)  
 NTDL - Vegetation Products (Data)  
 SPOT VEGETATION Programme (Information)  
 CNES VEGETATION Programme (Information)

Band	Wavelengths (µm)	Resolution (m)	Swath Width (Km)	Revisit Time (days)	Remarks
Band 1 (VIS)	0.5 to 0.59	10	60	5	
Band 2 (VIS)	0.61 to 0.68	10	60	5	
Band 3 (NIR)	0.79 to 0.89	10	60	5	
Band 4 (SWIR)	1.38 to 1.75	20	60	5	
Band PAN (VIS)	0.49 to 0.69	5 (2.5)	60	5	

sensors and platforms links - Microsoft Internet Explorer

Address: [http://cwis.itc.nl/gts/platforms\\_sensors/platforms\\_sensors.html#future](http://cwis.itc.nl/gts/platforms_sensors/platforms_sensors.html#future)

Platform	Agency	Website	Launched
<b>2002</b>			
ENVISAT	ESA		Launched 1 March
	ESA	<a href="http://www.leos.le.ac.uk/home/aatsr/">http://www.leos.le.ac.uk/home/aatsr/</a>	
		<a href="http://www.csr.utexas.edu/grace/">http://www.csr.utexas.edu/grace/</a>	Launched 17 March
AQUA - EOS-PM1	NASA	<a href="#">Aqua Website</a>	Launched 4 May
		<a href="#">Remote Sensing Technology Center of Japan</a>	
SPOT-5		<a href="#">SPOT Image</a>	Launched 4 May
Fengyun			Launched 15 May
Fayang 1			Launched 15 May
FFQ-5			Launched 28 May
NOAA-M (NOAA-17)	NOAASIS	<a href="#">NOAASIS Satellite Information Gateway</a>	Launched 24 June
MIL - Musesat (B)	ESA	<a href="#">Eumetsat</a>	Launched 28 August
METSAT	Indian Space Research Organisation		Launched 12 September
Ziyuan-2 (ZY-2)			Launched 27 October
AlSat-1			Plesetsk Cosmodrome, Russia, 28 November
			Sriharikota, India, End 2002
IRS-P6 (ResourceSat)	Indian Space Research Organisation		
SOURCE		<a href="#">LASP SOURCE page</a>	Cape Canaveral, December
ADEOS-II		<a href="#">Remote Sensing Technology Center of Japan</a>	Japan, 10 December
		<a href="http://winds.jpl.nasa.gov/missions/seawinds/seaindex.html">http://winds.jpl.nasa.gov/missions/seawinds/seaindex.html</a>	
Coriolis			Vandenberg AFB, 15 December
ICESAT/CATSAT	NASA		Vanderberg AFB, 19 December 2002
<b>2003</b>			
SciSat 1	CSA - SCISAT	<a href="#">OrbImage</a>	Vandenberg AFB, 1 March
Orbview 3		<a href="#">Defense Meteorological Satellite Program</a>	Vanderberg AFB, March
ENVISAT		<a href="http://www.resource21.com/">http://www.resource21.com/</a>	Vanderberg AFB, May
		<a href="http://www.boeing.com/">http://www.boeing.com/</a>	?
RadarSat 2	RadarSat International	<a href="#">OrbImage</a>	November

# Correcciones Radiométricas

# Contenido

- Introducción
- Distorsiones Radiométricas
  - Caso Optico
  - Caso Radar
- Efectos Atmosféricos
- Métodos de corrección

# Distorsiones de la Imagen

- Distorsiones (errores) en las Imágenes Teledetectadas
  - radiométrica
  - geométrica
- Radiometría influenciada por  **Tópico de esta catedra!**
  - Estación del año
  - Atmósfera
  - sensor
- Geometría es influenciada por
  - Configuración del Satélite
  - Geometría de Vista del Sensor
  - Terreno Observado

# Distorsiones de las Imágenes

- Distorsiones (errores) en las imágenes teledetectadas (sistemas ópticos)
  - Radiométrica
    - Errores del sistema *minimizadas por correcciones cosméticas*
    - Distorsiones Atmosféricas *minimizadas por correcciones atmosféricas*
  - Geométrica *Minimizadas por correcciones geométricas*

# Distorsión Radiométrica

- Que es la distorsión radiométrica?
    - Es un error que influye en la radiación o valor radiométrico de un elemento de la escena (pixel).
  - Porque?
    - La señal viaja a través de la Atmosfera; afecta la señal.
    - La iluminación del sol afecta los valores radiométricos.
    - Los cambios estacionales afectan los valores radiométricos
    - Las fallas del sensor o el ruido en el sistema afectan los valores
    - El terreno influye en la radiación
- ✎ **Análisis multi-espectral o Multi-sensorial requieren de imágenes corregidas.**

# Distorsión Radiométrica

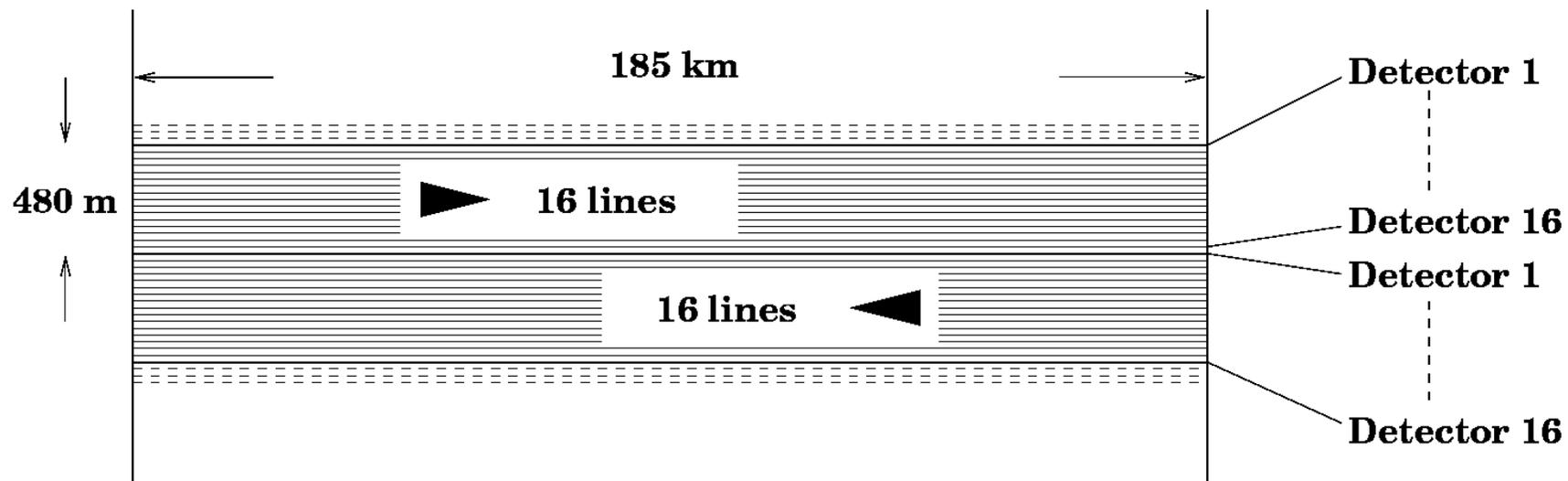
## ~ Caso Optico ~

- Fallas o ruido en el sensor
- Variaciones Estacionales
- Efectos a menudo desatendidos debido a grandes influencias de los efectos atmosféricos

# Fallas y ruidos en el Sensor (1)

(Eg., la “Escobilla” del Landsat TM)

16 detectores escanean la escena alternandose de izquierda a derecha y viceversa usando un espejo oscilante.



En cualquier hora, 100 detectores están operando simultáneamente (6x16 VNIR mas 1x4 TIR).

# Fallas y ruido en los sensores (2)

## Tipos de Fallas y ruidos

1. **Rayado de líneas**
2. **Caida Periodica de Líneas.**
3. **Ruido o puntos Aleatorios**

# 1. Rayado de Líneas

## Causa:

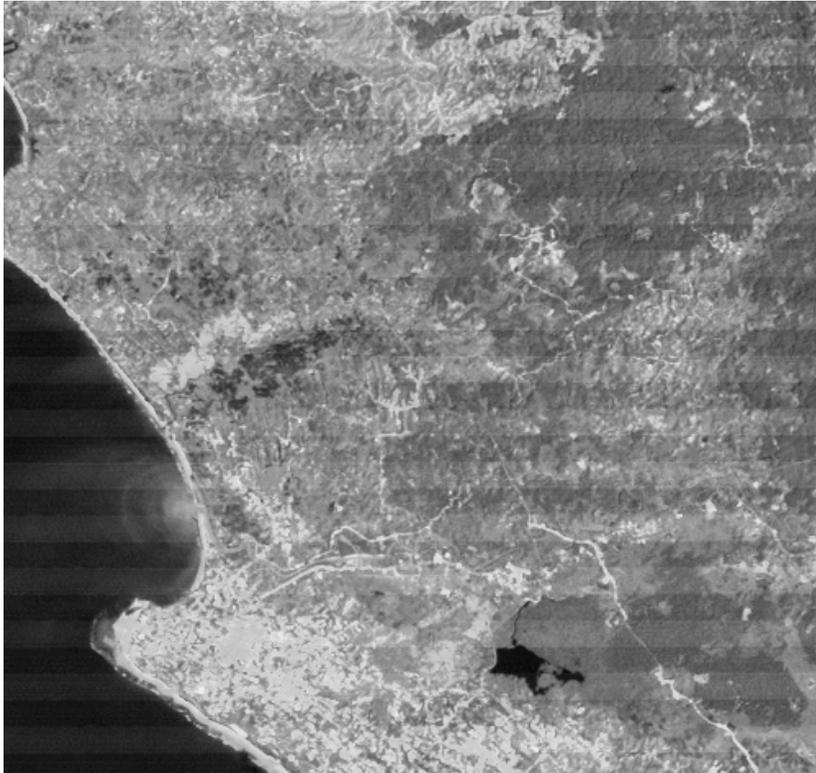
Respuesta no idéntica de uno o mas detectores resultado de un arrastre en respuesta después de la calibración de los detectores.

## Método de corrección (uno de ellos):

1. Calcule el histograma de un detector como estándar.
2. Lleve los histogramas de los otros detectores al histograma del detector estándar.

# Rayado de Líneas

## Ejemplo de Landsat TM



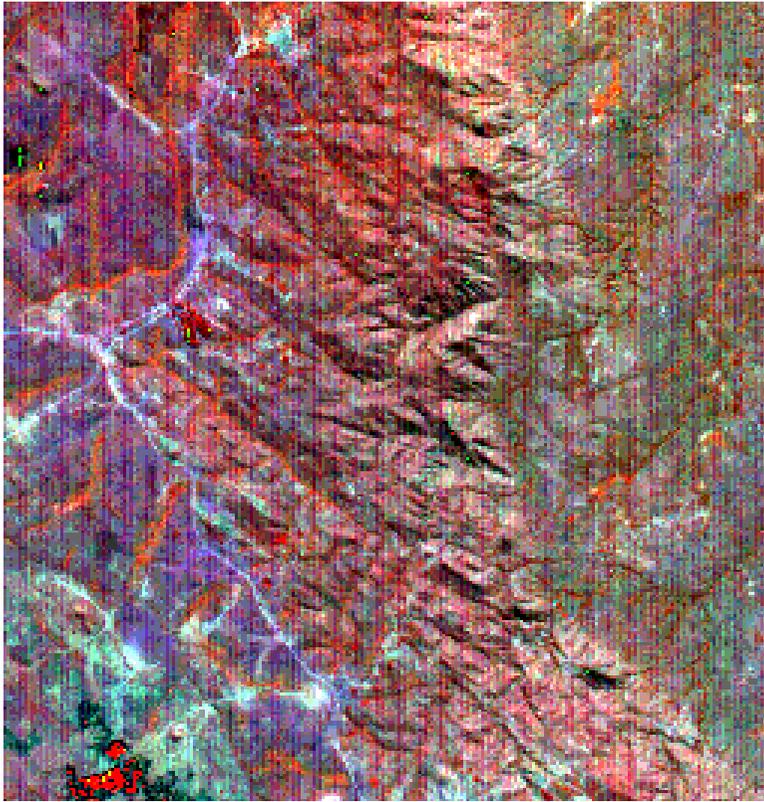
**Rayado**



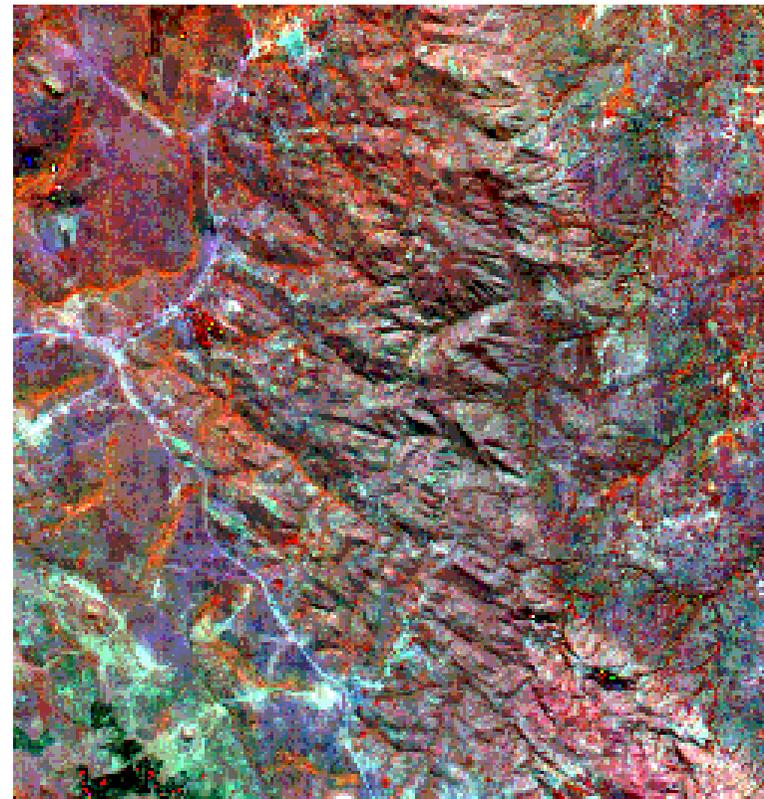
**Corregido**

# Rayado de Líneas

## Ejemplo de SPOT XS



**Rayado**



**Corregido**

# Rayado de Líneas

1	18 18 20 19 19 19 19 19 22 18 18 22 22	1	18 18 20 19 19 19 19 19 22 18 18 22 22
	19 21 19 18 18 19 18 13 18 21 19 23 25 19		19 21 19 18 18 19 18 13 18 21 19 23 25 19
	16 20 25 24 23 21 21 21 20 21 18 18 18 20		16 20 25 24 23 21 21 21 20 21 18 18 18 20
	16 23 31 32 25 23 19 20 20 20 19 19 19 19		16 23 31 32 25 23 19 20 20 20 19 19 19 19
	16 17 28 26 22 22 22 23 20 19 20 23 22 23		16 17 28 26 22 22 22 23 20 19 20 23 22 23
6	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	6	15 18 23 22 20 22 21 22 20 20 20 22 21 22
	14 19 18 18 18 21 20 20 20 20 20 20 20 20		14 19 18 18 18 21 20 20 20 20 20 20 20 20
	19 20 18 18 18 20 19 20 22 20 20 20 22 19		19 20 18 18 18 20 19 20 22 20 20 20 22 19
	20 21 18 17 17 18 21 24 19 20 20 21 22 18		20 21 18 17 17 18 21 24 19 20 20 21 22 18
	19 19 21 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19		19 19 21 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19
	19 19 19 19 21 19 19 21 19 18 18 18 20 18		19 19 19 19 21 19 19 21 19 18 18 18 20 18
12	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	12	19 19 20 20 20 19 20 19 20 19 16 19 19 18
	18 18 21 21 18 18 21 17 21 19 14 19 18 18		18 18 21 21 18 18 21 17 21 19 14 19 18 18
	18 18 21 20 15 19 20 20 19 16 19 18 19 16		18 18 21 20 15 19 20 20 19 16 19 18 19 16
	19 18 18 16 18 16 18 18 17 19 18 16 17 17		18 18 18 16 18 16 18 18 17 19 18 16 17 17
	15 19 15 15 18 18 18 18 14 21 17 17 20 19		15 19 15 15 18 18 18 18 14 21 17 17 20 19
	18 19 16 16 20 19 15 16 20 16 16 20 16 17		18 19 16 16 20 19 15 16 20 16 16 20 16 17
18	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	18	19 20 18 18 20 20 18 17 20 16 16 18 16 16
	20 20 20 20 20 20 21 18 19 15 16 16 15 15		20 20 20 20 20 20 21 18 19 15 16 16 16 15
	19 18 18 20 18 20 18 19 16 19 18 18 19 15		19 18 18 20 18 20 18 19 16 19 18 18 19 16
	15 18 16 18 16 18 18 17 19 18 16 18 16 17		15 18 16 18 16 18 18 17 19 18 16 18 16 17
	19 17 18 18 18 18 18 17 19 17 17 19 19 17		19 17 18 18 18 18 18 17 19 17 17 19 19 17
	20 18 19 16 16 20 16 19 19 16 19 19 16 17		20 18 19 16 16 20 16 19 19 16 19 19 16 17
24	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	24	20 20 19 17 18 18 16 18 17 18 17 16 16 19
	19 21 19 18 19 15 18 16 15 20 15 16 15 20		19 21 19 18 19 15 16 16 15 20 15 16 15 20
	19 16 19 18 18 18 20 19 16 17 17 17 17 14		19 16 19 18 18 18 20 19 16 17 17 17 14
	18 18 16 18 18 21 18 19 17 18 18 17 21 21		18 18 16 18 18 21 18 19 17 18 18 17 21 21
	18 18 18 18 18 18 15 16 16 16 15 18 17 20		18 18 18 18 18 18 15 16 16 16 15 18 17 20
	19 16 20 16 19 18 18 18 20 18 18 18 18 18		19 16 20 16 19 18 18 18 20 18 18 18 18 18
30	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	30	17 16 18 16 18 17 17 16 21 22 22 19 19 20
	15 16 16 16 16 16 16 14 22 26 25 19 20 21		15 16 16 16 16 16 16 16 22 26 25 19 20 21
	19 20 20 21 18 20 18 18 18 20 21 20 25 25		19 20 20 21 18 20 18 18 18 20 21 20 25 25
	19 18 18 21 21 18 18 18 21 21 18 18 18 18		19 18 18 21 21 18 18 18 21 21 18 18 18 18
	18 18 20 19 20 18 17 19 18 20 20 18 20 18		18 18 20 19 20 18 17 19 18 20 20 18 20 18
	18 18 21 18 18 20 18 18 20 20 19 16 20		18 18 21 18 18 20 18 18 20 20 19 16 20

A. BEFORE DIGITAL PROCESSING.

B. AFTER DIGITAL PROCESSING.

## 2. Caída de Líneas (Periódica)

### Causa:

- Valores de radiación erróneos para píxeles, líneas o áreas.
- Defectos en el Escaner o en el Sistema de Transmisión y recepción

### Método de corrección:

- Corrección por la repetición de valores vecinos o promedios
- La amplitud de cada 6 líneas es multiplicada por un factor de 0.5 para producir los valores digitales correctos desde los cuales la imagen es dibujada.

# Caida de Líneas

Original

11	11	11	11	11	11	12	15	22	23
10	11	11	11	11	12	16	20	28	31
10	11	11	11	13	16	22	28	36	39
10	11	11	13	17	23	30	36	42	45
10	11	13	17	25	33	40	45	47	48

Caida de Líneas

11	11	11	11	11	11	12	15	22	23
10	11	11	11	11	12	16	20	28	31
→ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	11	13	17	23	30	36	42	45
10	11	13	17	25	33	40	45	47	48

11	11	11	11	11	11	12	15	22	23
10	11	11	11	11	12	16	20	28	31
10	11	11	12	14	17	23	28	35	38
10	11	11	13	17	23	30	36	42	45
10	11	13	17	25	33	40	45	47	48

Corregido

# Caida de Líneas

La amplitud de cada 6 líneas es multiplicada por un factor de 0.5 para producir los valores digitales correctos desde los cuales la imagen es dibujada.

**A. BEFORE DIGITAL PROCESSING.**

1	22	17	20	18	23	26	26	26	26	25	22	27	24	24
	24	24	25	24	26	30	30	26	24	28	24	25	19	19
	23	21	22	32	31	28	27	22	24	23	23	22	23	20
	13	16	24	32	27	23	24	22	18	23	22	23	23	19
	16	21	30	31	25	23	24	23	23	24	23	23	22	22
5	18	20	36	40	26	24	26	22	20	26	24	22	28	22
	16	19	33	31	27	25	25	23	20	23	24	29	25	26
	19	16	20	24	27	27	25	22	25	25	23	31	25	30
	17	18	21	20	22	23	24	23	22	22	23	23	28	23
	23	19	18	20	16	19	24	24	23	23	23	24	24	24
	23	24	18	20	18	18	23	27	24	23	22	22	23	23
12	44	44	40	40	44	44	44	44	48	44	40	44	36	44
	21	21	21	21	24	21	20	27	20	22	19	19	19	22
	24	20	18	23	25	22	24	23	23	24	23	19	20	19
	22	22	23	23	23	22	23	19	23	20	17	23	23	20
	19	17	23	23	17	20	18	24	19	17	19	17	19	18
	18	18	19	17	19	18	20	19	20	18	17	18	16	18
18	36	36	36	36	32	40	32	40	36	44	36	36	36	40
	20	18	17	17	20	18	17	17	20	18	17	19	18	18
	25	24	18	20	20	19	18	25	20	18	18	20	18	17
	23	21	23	23	23	23	22	23	20	18	18	18	19	17
	18	18	24	18	19	20	18	17	17	19	17	19	18	19
	18	18	17	20	20	18	20	19	19	20	17	19	19	17
24	44	36	40	32	36	44	30	44	36	44	36	44	44	36
	22	18	18	20	18	20	19	20	18	17	19	18	19	17
	20	12	20	21	19	20	20	20	19	19	20	18	14	15
	23	24	23	23	16	19	17	19	18	21	18	17	18	18
	23	18	19	18	24	18	19	20	17	16	18	18	19	13
	18	20	18	17	23	22	22	23	18	20	17	17	25	23
30	36	36	44	36	40	32	36	32	36	32	32	40	44	44
	18	19	20	19	19	19	19	19	19	22	18	18	22	22
	19	21	19	18	18	19	18	13	18	21	19	23	25	19
	16	20	25	24	23	21	21	21	20	21	18	18	18	20
	16	23	31	32	25	23	19	20	20	20	19	19	19	19
	16	17	28	26	22	22	22	23	20	19	20	23	22	23

**B. AFTER DIGITAL PROCESSING.**

1	22	17	20	18	23	26	26	26	26	25	22	27	24	24
	24	24	25	24	26	30	30	26	24	28	24	25	19	19
	23	21	22	32	31	28	27	22	24	23	23	22	23	20
	13	16	24	32	27	23	24	22	18	23	22	23	23	19
	16	21	30	31	25	23	24	23	23	24	23	23	22	22
6	18	20	36	40	26	24	26	22	20	26	24	22	28	22
	16	19	33	31	27	25	25	23	20	23	24	29	25	26
	19	16	20	24	27	27	25	22	25	25	23	31	25	30
	17	18	21	20	22	23	24	23	22	22	23	23	28	23
	23	19	18	20	16	19	24	24	23	23	23	23	24	24
	23	24	18	20	18	18	23	27	24	23	22	22	23	23
12	22	22	20	20	22	22	22	22	24	22	20	22	18	22
	21	21	21	21	24	21	20	27	20	22	19	19	19	22
	24	20	18	23	26	22	24	23	23	24	23	19	20	19
	22	22	23	23	23	22	23	19	23	20	17	23	23	20
	19	17	23	23	17	20	18	24	19	17	19	17	19	18
	18	18	19	17	19	18	20	19	20	18	17	18	16	18
18	18	18	18	18	16	20	16	20	18	22	18	18	18	20
	20	18	17	17	20	18	17	17	20	18	17	19	18	18
	25	24	18	20	20	19	18	25	20	18	18	20	18	17
	23	21	23	23	23	23	22	23	20	18	18	18	19	17
	18	18	24	18	19	20	18	17	17	19	17	19	18	19
	18	18	17	20	20	18	20	19	19	20	17	19	19	17
24	22	18	20	16	18	22	18	22	18	22	18	22	22	18
	22	18	18	20	18	20	19	20	18	17	19	18	19	17
	20	12	20	21	19	20	20	20	19	19	20	18	14	15
	23	24	23	23	16	19	17	19	18	21	18	17	18	18
	23	18	19	18	24	18	19	20	17	16	18	18	19	13
	18	20	18	17	23	22	22	23	18	20	17	17	25	23
30	18	18	22	18	20	16	18	16	18	16	16	20	22	22
	18	18	20	19	19	19	19	19	19	22	18	18	22	22
	19	21	19	18	18	19	18	13	18	21	19	23	25	19
	16	20	25	24	23	21	21	21	20	21	18	18	18	20
	16	23	31	32	25	23	19	20	20	20	19	19	19	19
	16	17	28	26	22	22	22	23	20	19	20	23	22	23



# Caida de Líneas

Señal Caída - Ejemplo



*(CCRS Remote Sensing Tutorial)*

# 3. Ruido o Puntos Aleatorios

**Causa:** Errores de transmisión o disturbios temporales

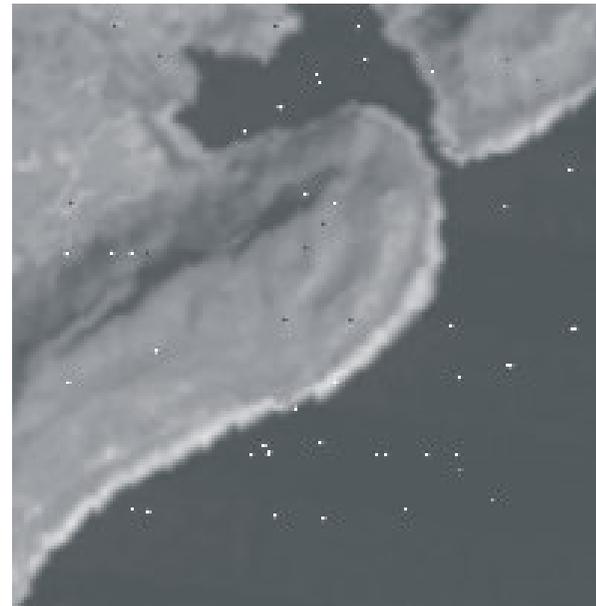
**Método de Corrección:**

1. Detectar el punto comparando su DN con los DN's de sus alrededores (vecinos)
2. Reemplazar el DN del punto con el valor del DN interpolado de los pixeles vecinos

# Ruido o puntos aleatorios

## Ejemplo de puntos en Landsat MSS

7	14	14	15	16	15	15	17	16	13	12	14	1
4	13	12	13	12	11	12	14	13	11	12	17	2
2	12	11	11	11	10	12	16	15	13	16	23	3
1	11	11	11	11	12	15	22	23	21	24	31	3
1	180	11	11	12	16	20	28	31	29	32	39	4
1	11	11	13	16	22	28	36	39	39	42	47	5
1	11	13	17	23	30	36	42	45	45	48	51	5
1	13	17	25	33	40	45	47	48	48	50	53	5
3	21	26	33	40	47	50	50	50	50	51	54	5
1	36	40	42	46	49	50	50	50	50	51	54	5
3	45	47	48	49	51	51	50	50	8	52	54	5
4	47	49	50	51	53	53	51	50	50	52	54	5
7	49	50	51	52	54	54	52	51	51	51	53	5
3	50	51	53	54	55	54	52	51	51	51	53	5
3	52	53	55	0	56	55	53	51	50	50	52	5
2	120	55	57	58	58	56	54	51	50	50	52	5
3	55	57	58	59	59	57	55	52	49	49	51	5



# Ruido o puntos aleatorios

## Ejemplo de corrección para los 'puntos'

Filtro Mediana condicional

Condicion: cuando el centro es 0 o 255, tome la mediana

21	26	33	40	47	50	50
36	40	42	46	49	50	50
45	47	<b>255</b>	49	51	51	50
47	49	50	51	53	53	51
49	50	51	52	54	54	52
50	51	53	54	55	54	52
52	53	55	<b>0</b>	56	55	53
20	55	57	58	58	56	54
55	57	58	59	59	57	55
56	58	58	59	59	57	55

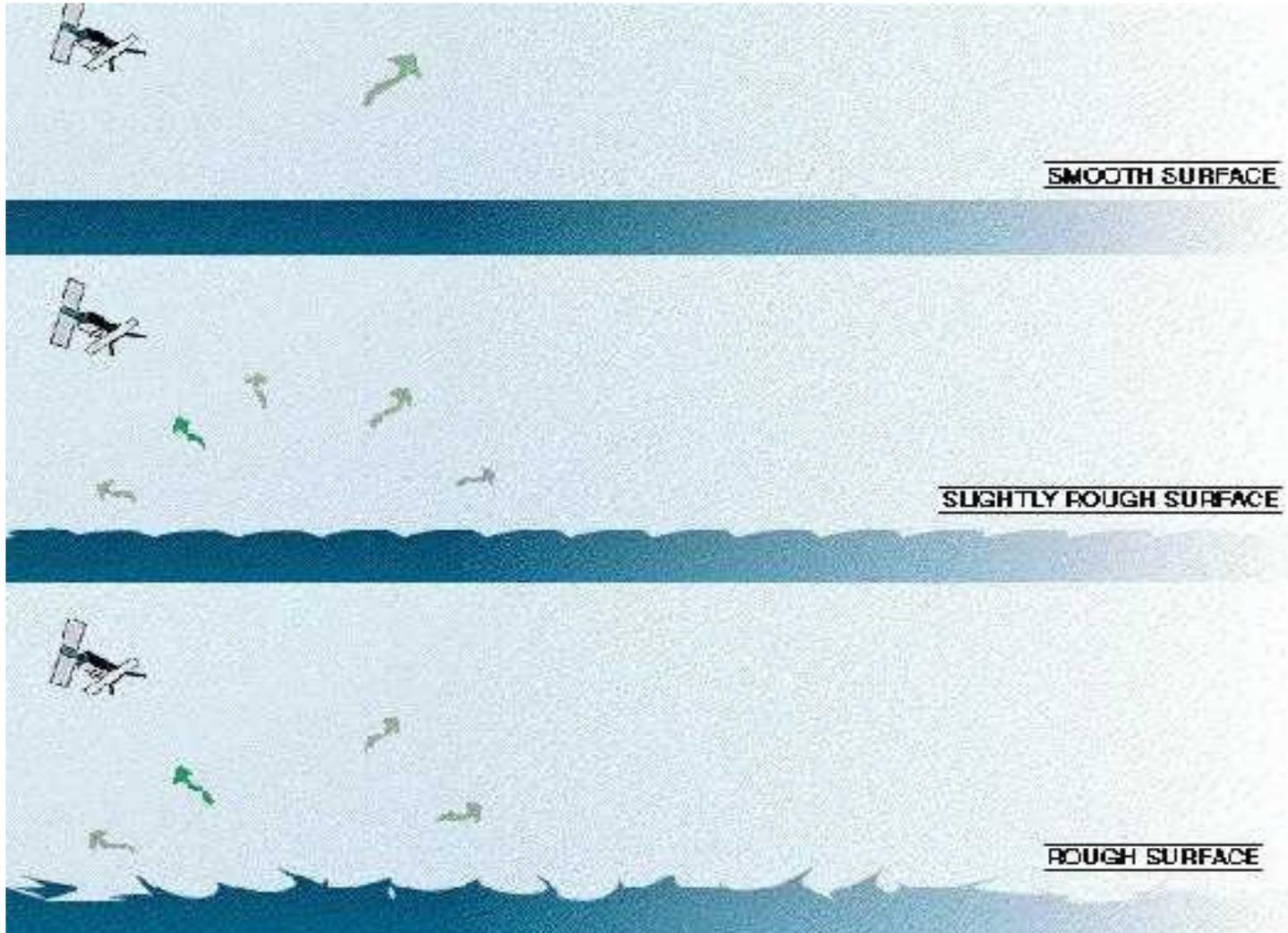
255	58
51	58
50	57
49	mediana 56
<b>49</b>	<b>55</b>
47	55
46	54
42	53
40	0

21	26	33	40	47	50	50
36	40	42	46	49	50	50
45	47	<b>49</b>	49	51	51	50
47	49	50	51	53	53	51
49	50	51	52	54	54	52
50	51	53	54	55	54	52
52	53	55	<b>55</b>	56	55	53
20	55	57	58	58	56	54
55	57	58	59	59	57	55
56	58	58	59	59	57	55

Imagen con punto

Imagen corregida

# Microonda Backscatter



# Efectos Radiometricos – Caso SAR



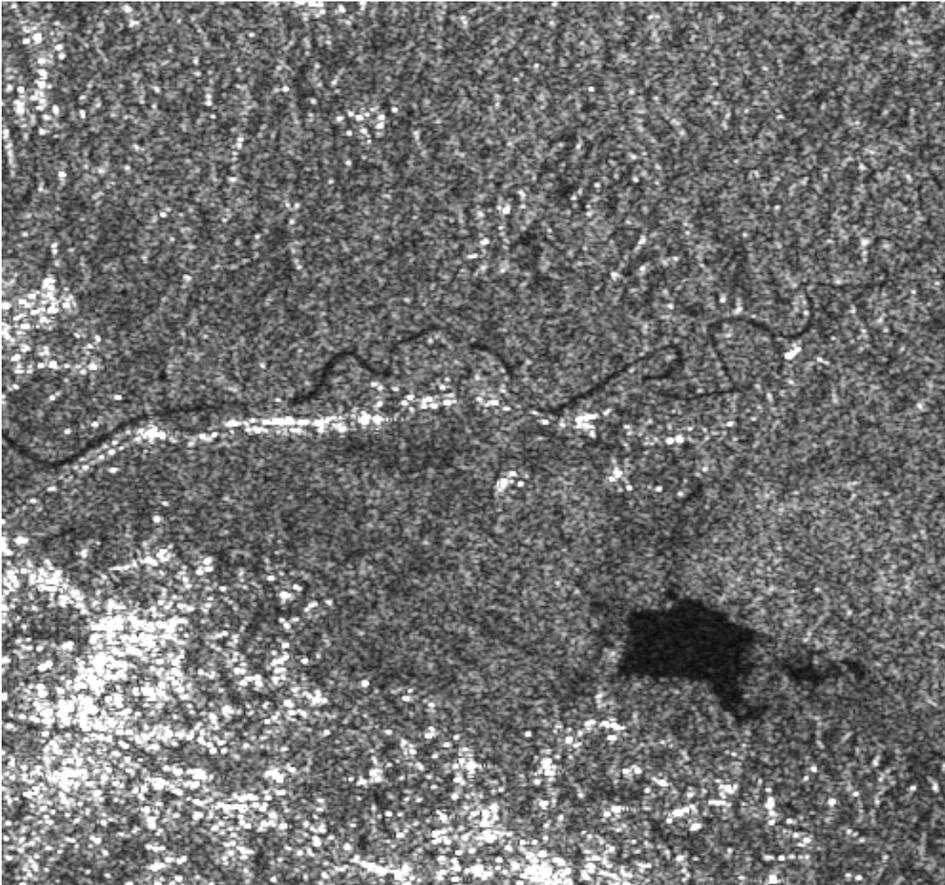
- Speckle
  - Efecto “Sal y pimienta”
  - Efecto de la rugosidad de la superficie y factores del sistema en la producción de imágenes
  - Cuenta para contribución de interferencias de dispersiones individuales
  - Es un efecto aleatorio y multiplicativo
- Metodos de corrección
  - Procesamiento Multi-vista
  - Promediado
  - Filtrado

# Métodos de Corrección –

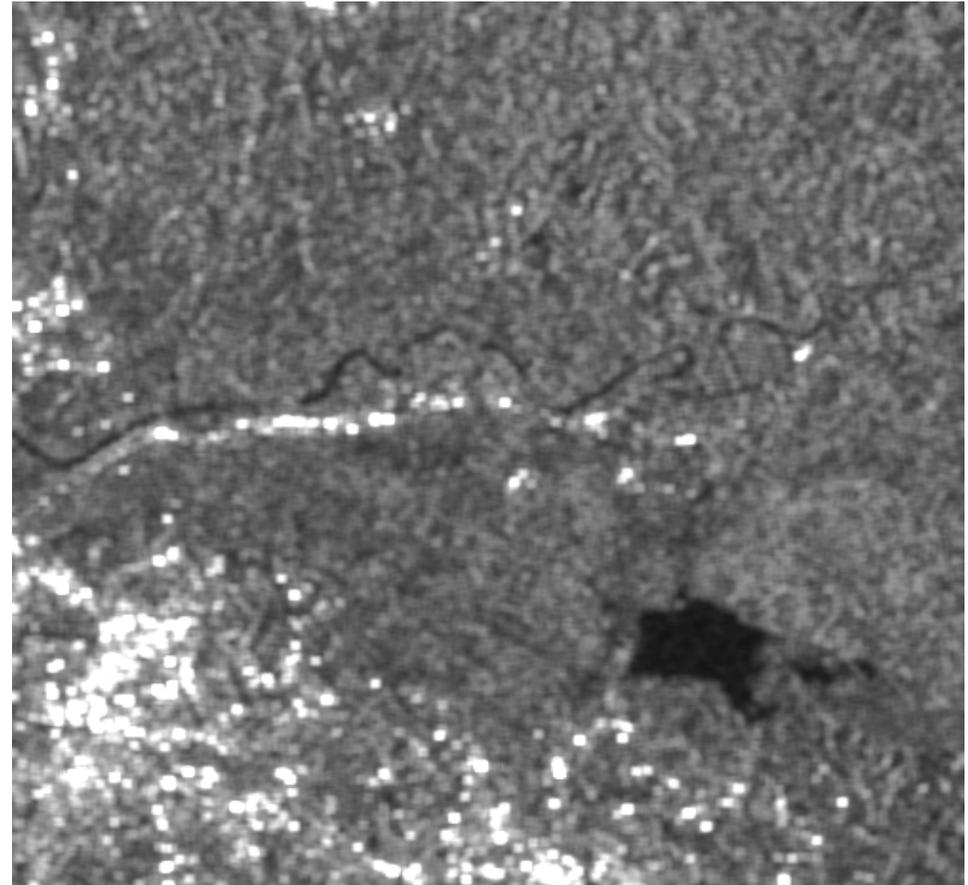


- **Procesamiento Multi-vista**
  - Movimiento del sensor- recibe señal de dispersión y retorno de una fuente varias veces.
  - Crear varias imágenes (=vistas)
  - Promediar imágenes para producir la imagen “multi-vista”
- **Promediado Espacial**
  - Usa resolución completa de una vista simple
  - Aplicar filtros de bajo-paso
- **Filtro Speckle**
  - Suaviza areas homogéneas, preserva bordes

# SAR Speckle



ERS-1 SAR original



ERS-1 SAR filtrada

# SAR Speckle

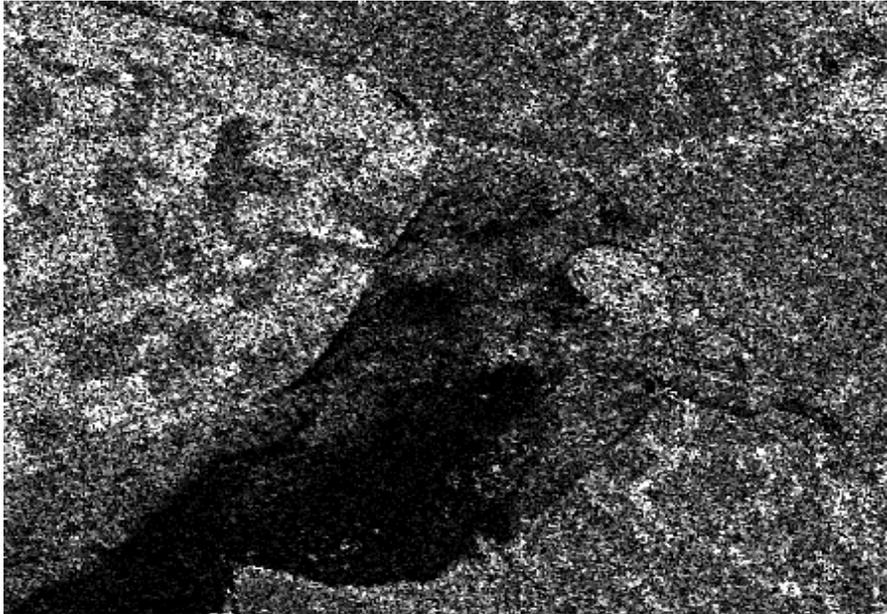


Imagen Original

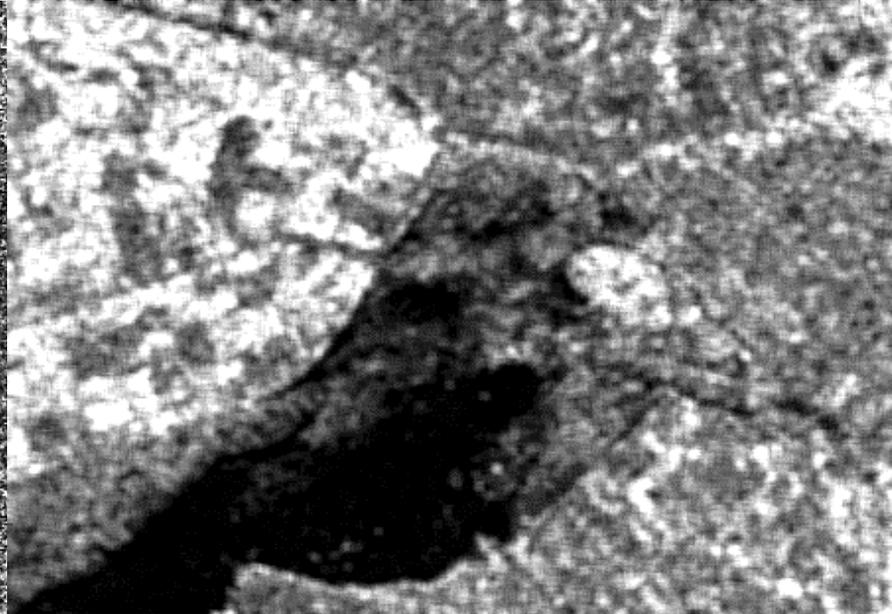


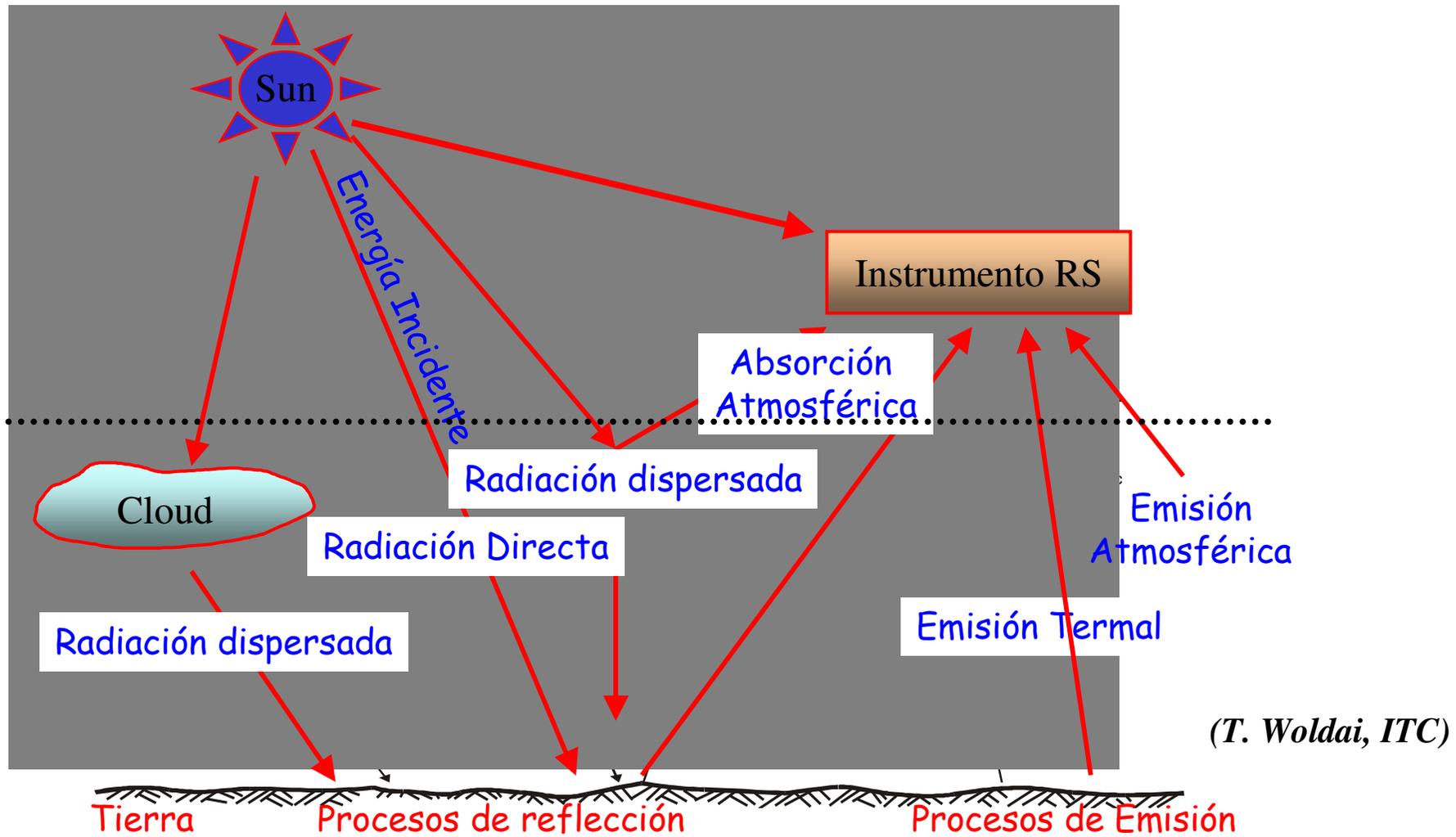
Imagen Filtrada

## Reducción Speckle

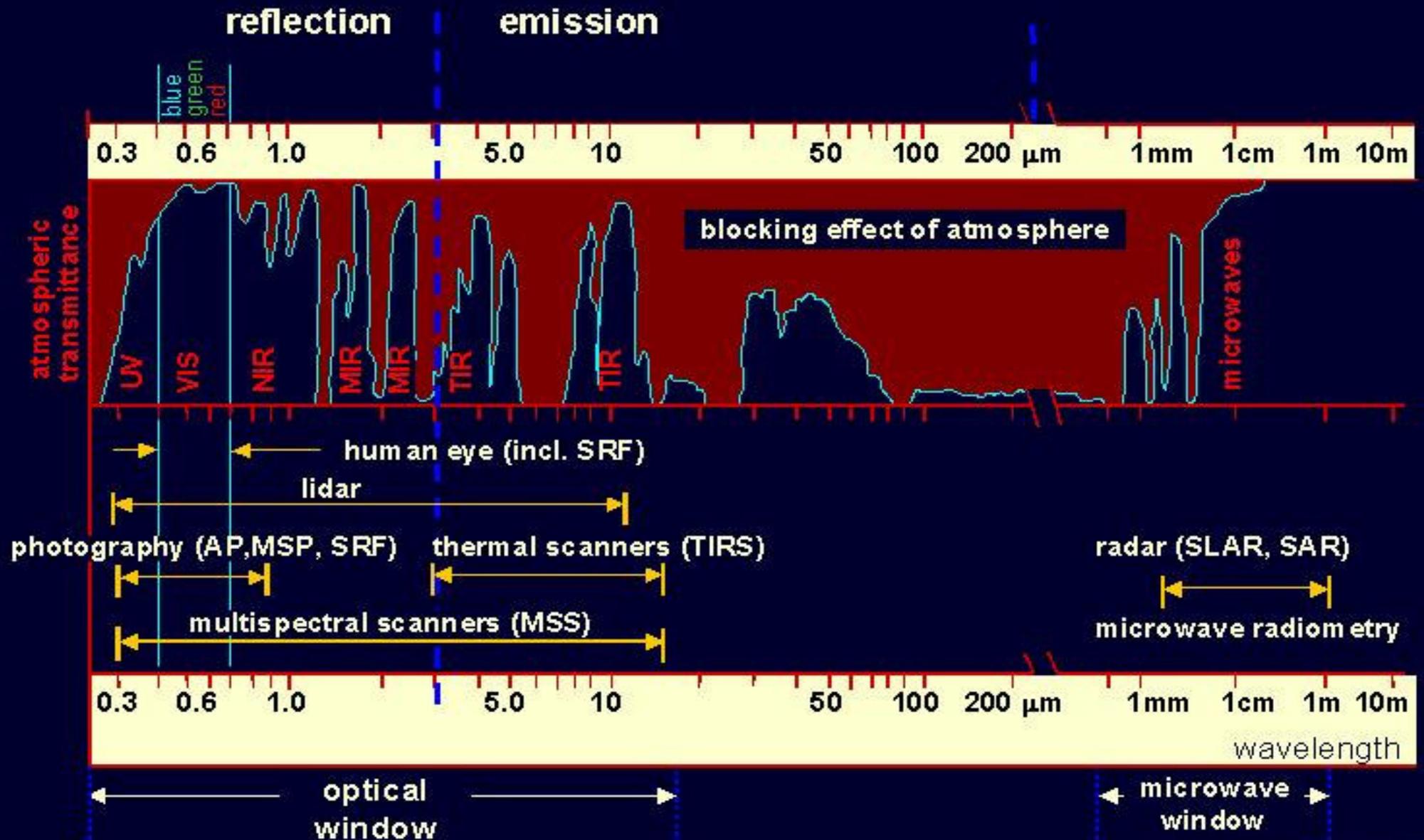
*(G. Huurneman, ITC)*

# Efectos Atmosféricos

## Principios de Radiación



# EM Spectrum and Windows



# Interacciones con la Atmósfera

- Medida de Radiación por Sensores Ópticos.
  - El Sol es la fuente de radiación
  - El EMR es reflejada por la Tierra (la cantidad depende de la reflectividad de la superficie de la Tierra)
  - La Radiación tiene que pasar la Atmósfera 2 veces

## ↻ Interacción con la Atmósfera. :

↻ Dispersión

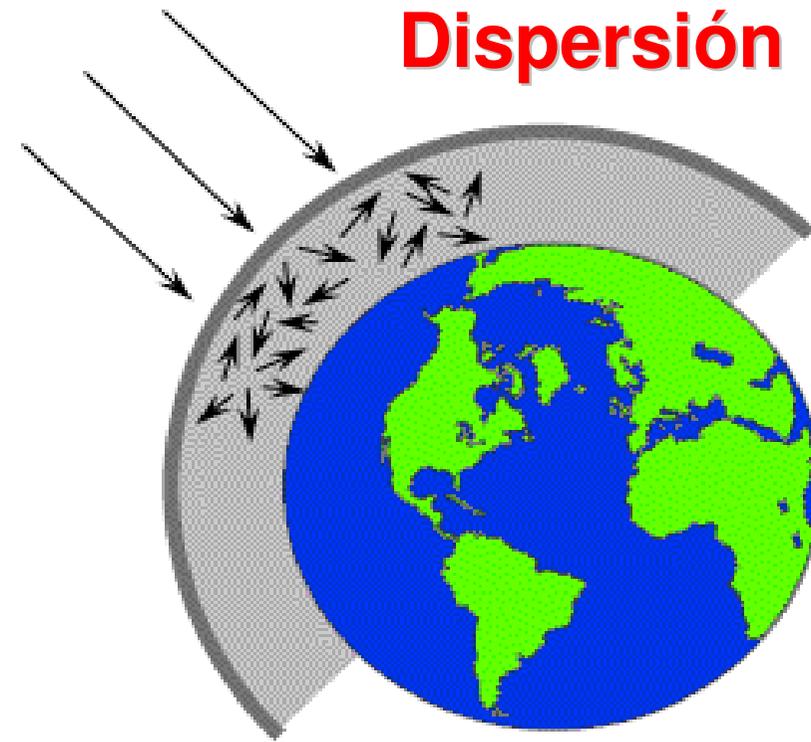
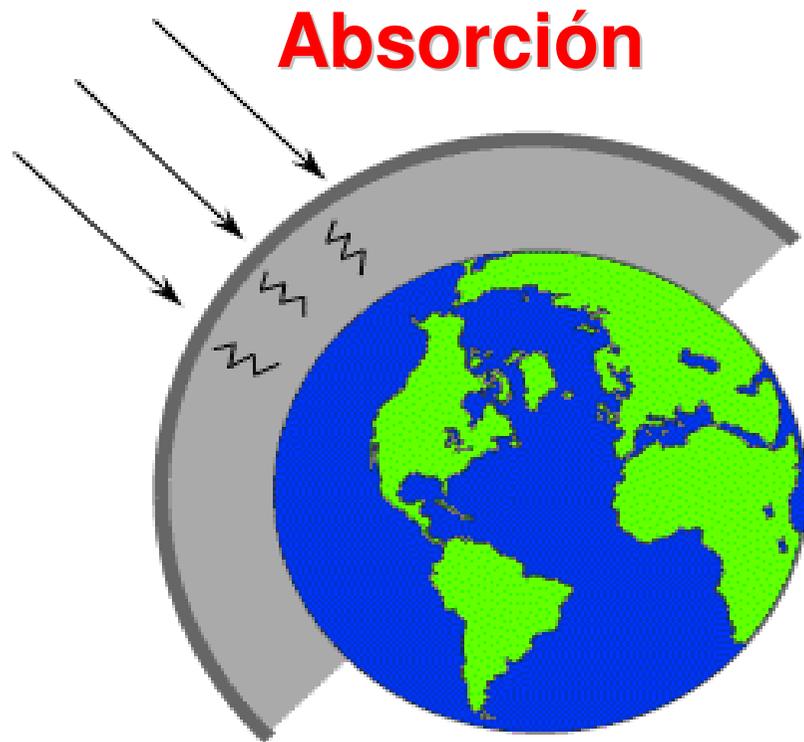
✂ Absorción

## Interacción con la Atmósfera- 2

- Regiones relativamente libres de efectos  
= **Ventanas Atmosféricas**
- Dependiendo de la Longitud de onda
- Adiciona **neblina (haze)** a la imagen  
= la imagen pierde contraste\*
- Absorción y dispersión  
= **Atenuación or Extinción**

\* *Contraste = Radio entre areas brillantes y oscuras.*

# Efectos Atmosféricos

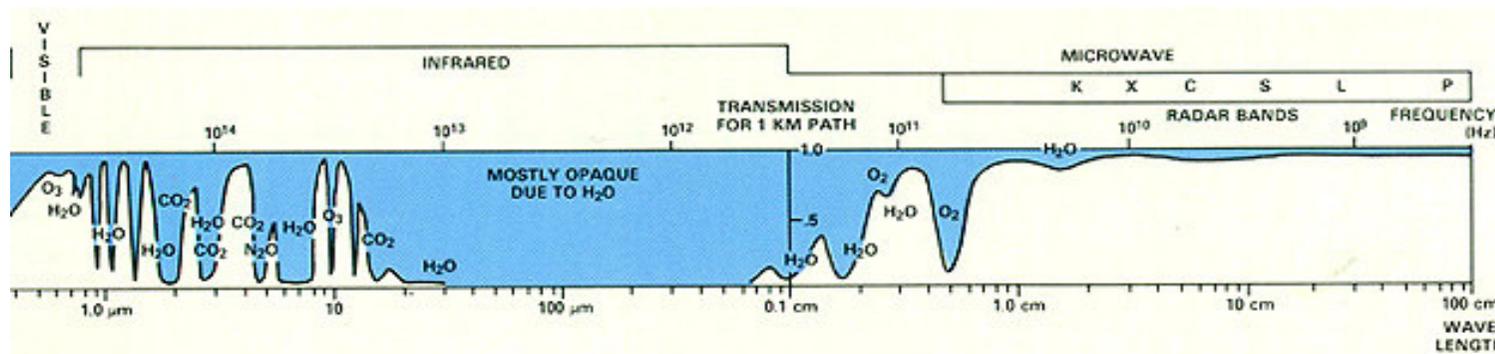


*(CCRS Remote Sensing Tutorial)*

# Absorción

- Los gases absorben radiación
  - Vapor de Agua
  - Dioxido de Carbono
  - Ozono

← La teledetección en bandas de absorción es *imposible*.

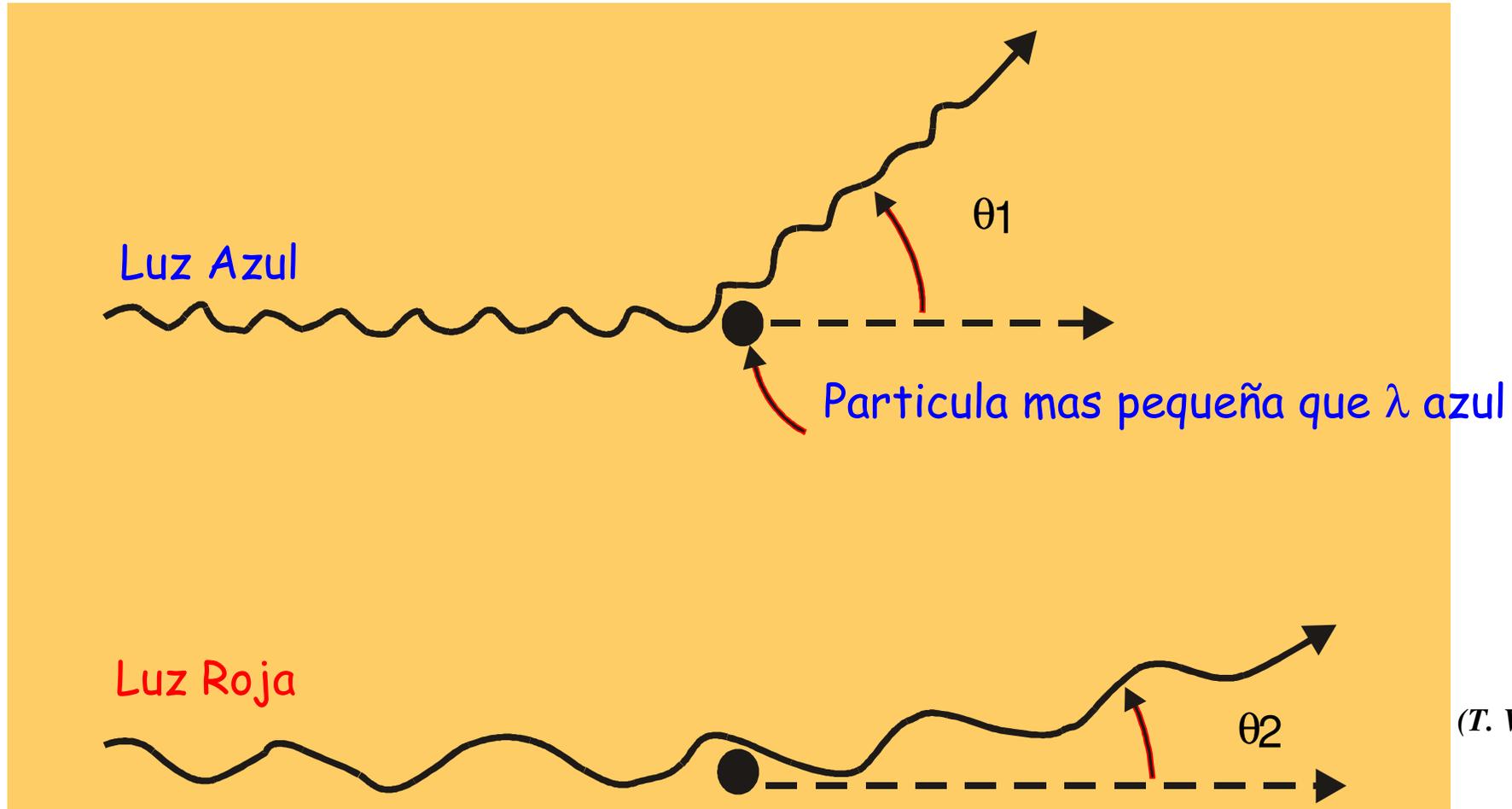


# Dispersión

- Selectiva
  - Afecta longitudes de onda específicas
  - Ejemplos
    - *Dispersión de Rayleigh*
    - *Dispersión de Mie*
- No-Selectiva
  - Independiente de Longitud de onda

# Efectos Atmosféricos

## Dispersión Selectiva

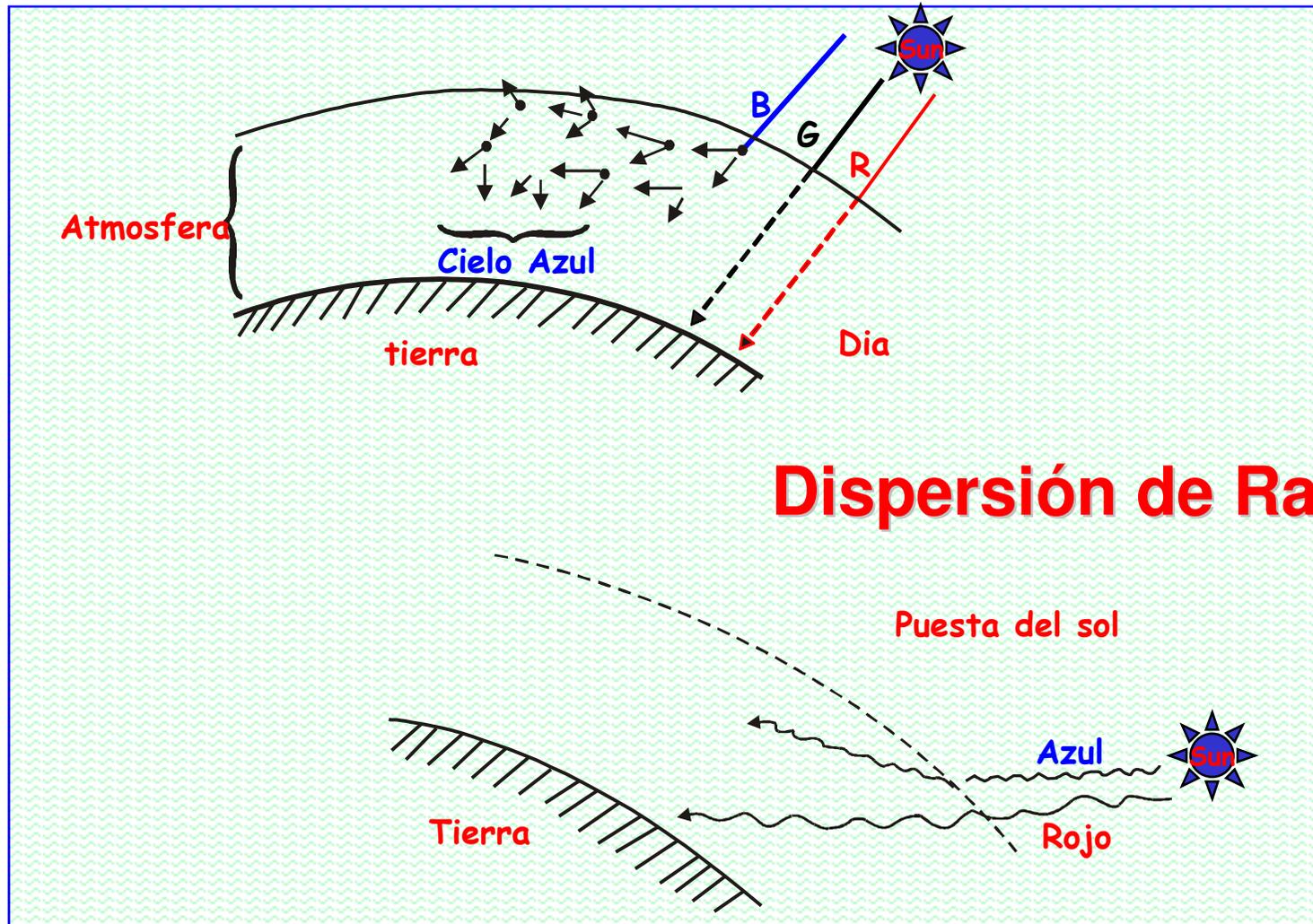


Principio de Rayleigh (A longitud de onda mas corta, mayor dispersión)

(T. Woldai, ITC)

# Efectos Atmosféricos

Dispersión de Rayleigh causa cielos azules durante el día y cielos rojos en la puesta del sol



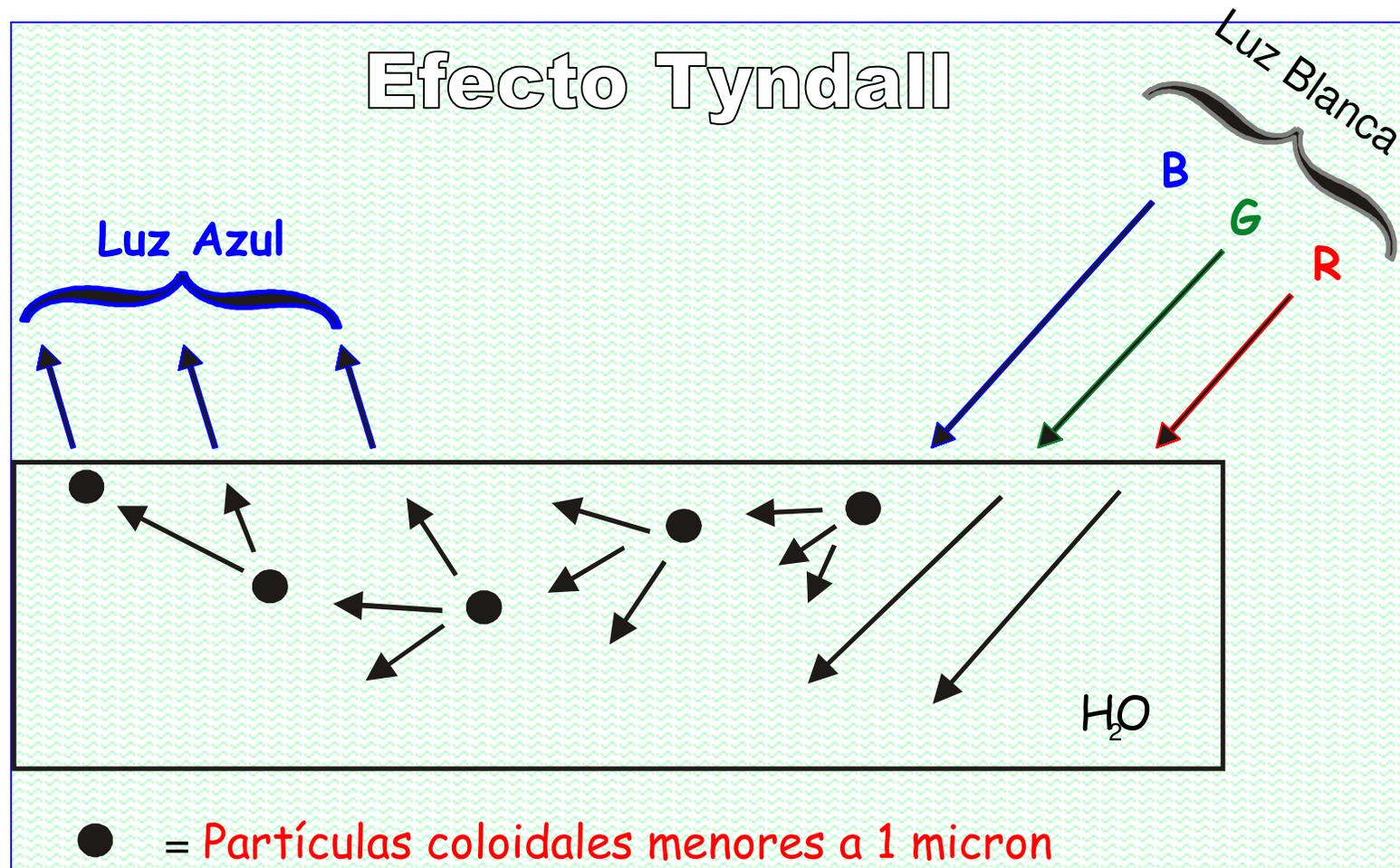
## Dispersión de Rayleigh

(T. Woldai, ITC)

# Dispersión de Mie

- La dispersión de Mie ocurre cuando las longitudes de onda de la radiación entrante es similar al tamaño de las partículas atmosféricas (e.g., aerosoles : una mezcla de gases, vapor de agua y polvo.).
- La dispersión de Mie esta restringida a la atmosfera mas baja donde las particulas mas grandes son mas abundantes.
- Influye la región espectral completa desde el ultravioleta cercano hasta el infrarojo cercano inclusive.

# Dispersión selectiva en el Agua



(T. Woldai, ITC)

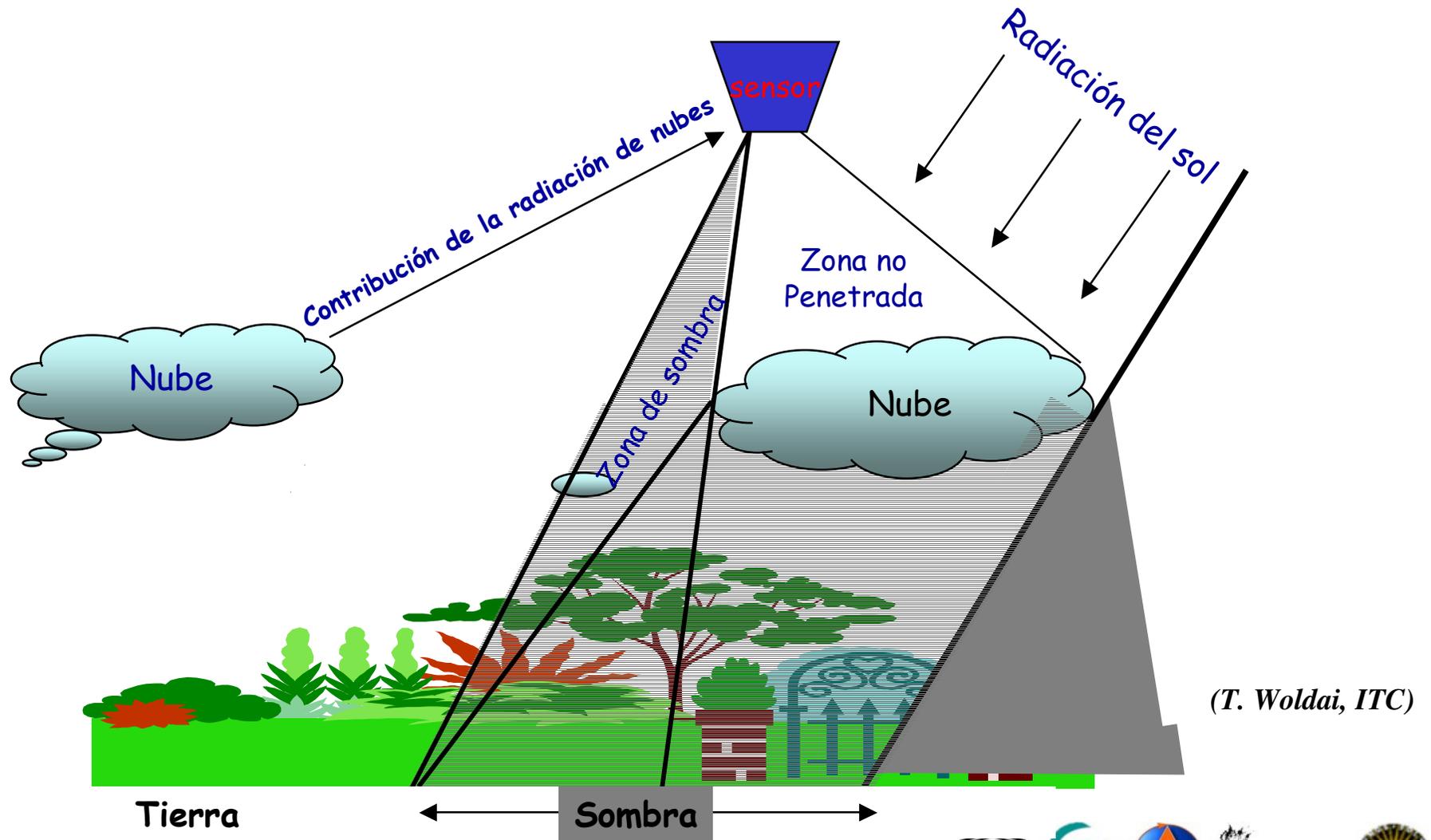
# Efectos Atmosféricos

## Dispersión No selectiva



Dispersión no-selectiva es independiente de la longitud de onda, con todas las longitudes de onda dispersas casi iguales. El ejemplo más predominante incluye el efecto de las nubes (consistentes en gotas de agua). Ya que todas las longitudes de onda son dispersas igual, una nube aparece en blanco.

# Factores Negativos de la Cobertura de Nubes



(T. Woldai, ITC)

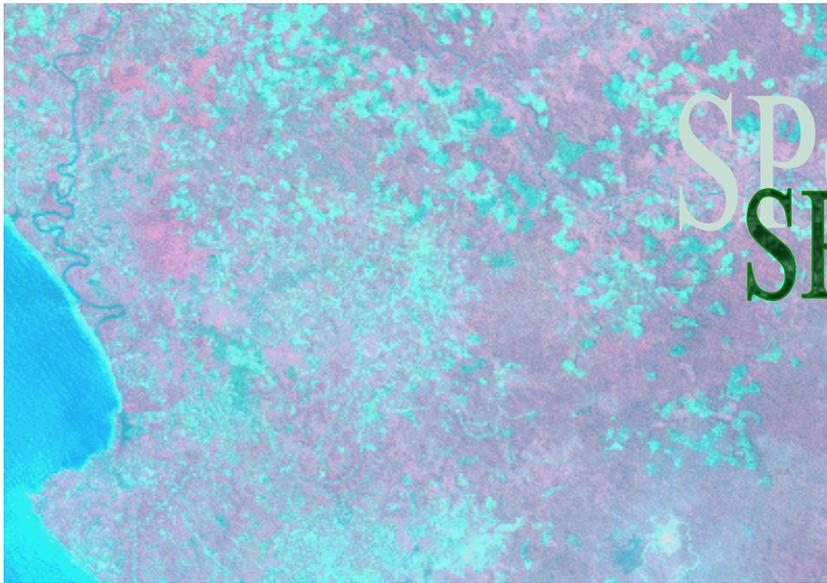
# Efectos Atmosféricos

- Skylight
  - La radiación del sol es dispersa en la dirección de la superficie de la tierra por pequeñas partículas y moléculas en la atmósfera.
  - Pueden causar incremento en la radiación recibida en el sensor.
  - Efecto Multiplicativo
- Corrección
  - Multiplicación por un factor de una característica estable en el tiempo
  - Igualación de imágenes de varias fechas

# Efectos Atmosféricos

- Bruma o Neblina
  - La radiación del sol es dispersa en la dirección de la superficie de la tierra por pequeñas partículas y moléculas en la atmósfera.
  - Pueden causar incremento en la radiación recibida en el sensor.
- Corrección (aproximación)
  - Seleccionar los objetos que absorben toda la radiación (e.g. cuerpos de agua);  $DN_{Ideal} = 0$
  - Determinar el  $DN \neq 0$  de la bruma; restar ese valor de radiación a todos los pixeles

# Ejemplo - Bruma (Indonesia)



**Efecto Neblina**



**Imagen Corregida**

SPOT XS  
SPOT XS

# Corrección de Bruma o Neblina

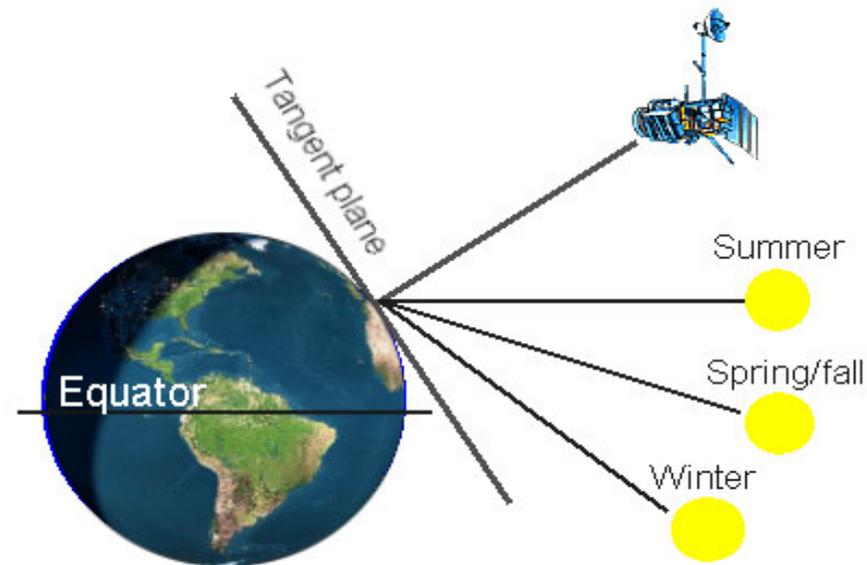
Método de substracción de objetos oscuros

Supuesto: bandas infrarojas no son afectadas por la bruma

- Identificar cuerpos negros: Agua clara y zonas con sombra con reflectancia cero en las bandas infrarojas
- Identificar los valores DN en longitudes de banda corta en las mismas posiciones de pixel. Estos DN son completamente debidos a la bruma.
- Restar el mínimo valor de DN relacionado con los cuerpos negros de una banda en particular a todos los pixeles de esta banda.

# Efectos por la iluminación del Sol

- Posición del sol
  - Elevación del sol (Angulo del sol)
  - Distancia Sol-Tierra
- Corrección de elevación
  - División de cada pixel por el seno del angulo de la elevación solar para una fecha y ubicación en particular por banda espectral
- Corrección de distancia
  - La radiación del sol disminuye con el cuadrado la distancia



# Efectos de la iluminación del Sol

- Las correcciones son necesarias para compensar las variaciones de la iluminación del sol resultantes de las diferentes fechas de adquisición de escenas.

## Aplicaciones

- **Estudios de Detección de cambios**
- **Mosaicos**

# Corrección para Variaciones estacionales en la variación del sol

- Corrección del Angulo del Sol

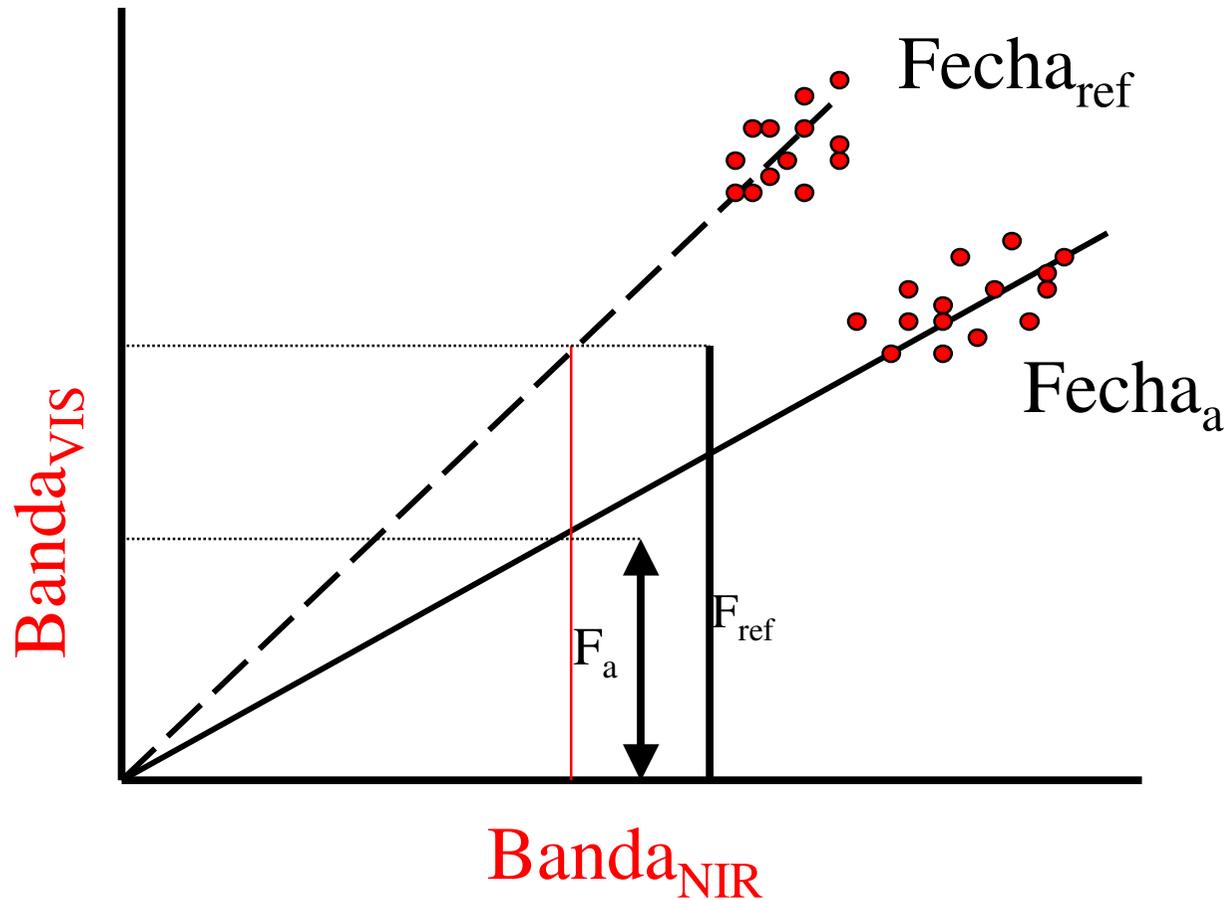
$$DN' = \frac{DN}{\sin(\alpha)}$$

- Corrección de la distancia Tierra-Sol

$$DN' = DN \left( 1 + 0.00167 \sin \left[ \frac{2\pi(d - 93.5)}{365} \right] \right)^2$$

Donde  $d$  es el número de días en un año

# Corrección Skylight



$$\theta_i = \frac{F_{ref}}{F_a}$$

$$D'_i = \theta_i \times D_i$$

# Resumen Corrección Radiométrica

- Necesitamos corregir los efectos atmosféricos, las variaciones en la iluminación del sol y defectos de los sistemas.
- La corrección Atmosférica es la corrección mas compleja.
- En la mayoría de los casos, solo la corrección por bruma es aplicada (resta de objetos oscuros)
- Si deseamos relacionar los datos teledetectados con datos espectromagnéticos de campo, necesitamos aplicar correcciones atmosféricas completas, tomando en cuenta factores dependientes de longitudes de onda, tales como irradiación difusa, coeficientes de transmisión, camino de la radiación y coeficientes de calibración del sensor.

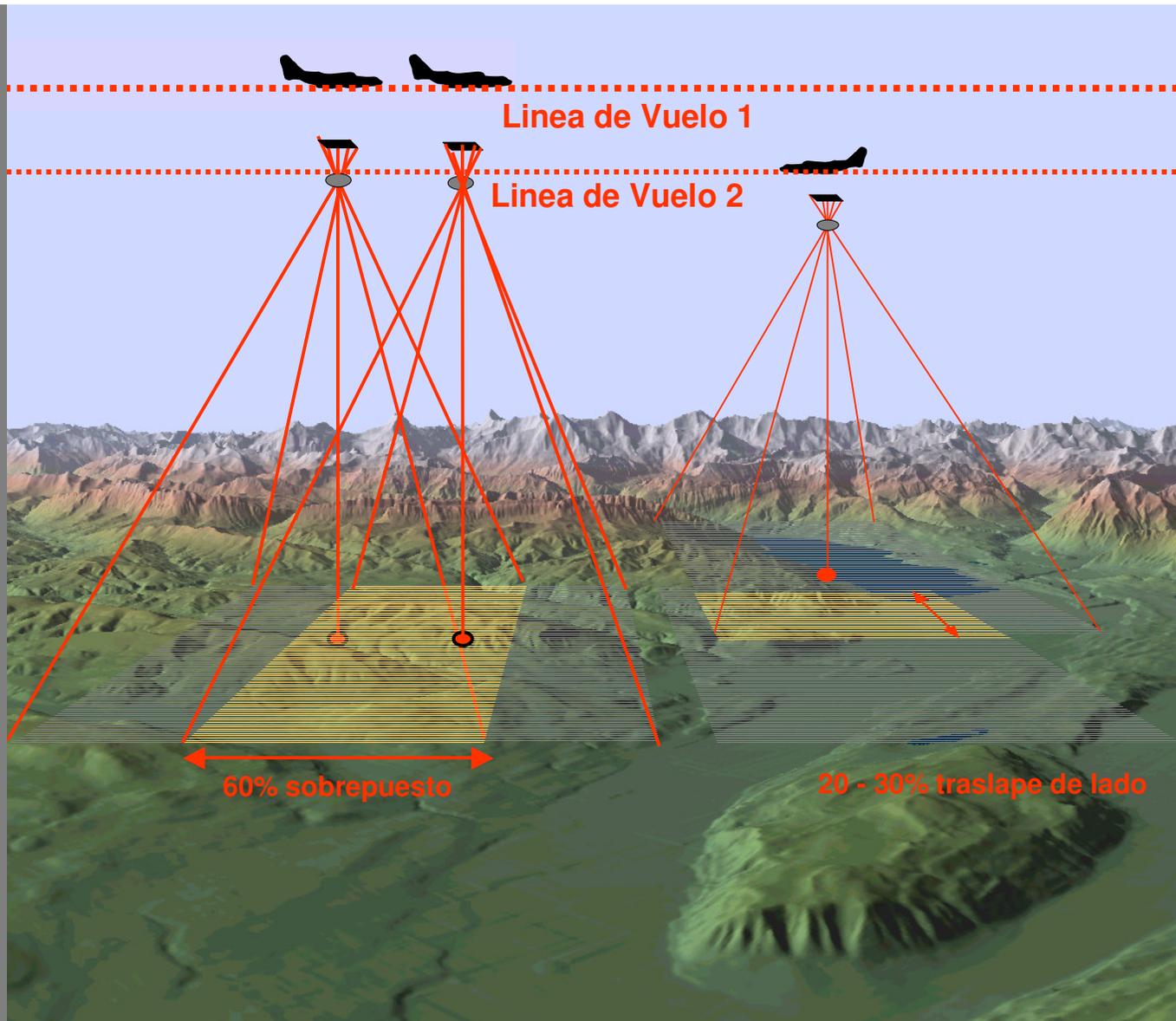
# Referencias

- **Bakx, W. (1995): “An introduction to digital image processing”, ITC Lecture Note RSD 65.**
- **Schreier, G. (1993): “SAR Geocoding: Data and Systems”, Karlsruhe: Wichmann, ISBN 3-87907-247-7, 435 pages.**
- **Wageningen UR, 1999,  
<http://www.gis.wau.nl/cgirs/projects/rsbasics/overview.htm>**
- **CCRS Remote Sensing Tutorial:  
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutorial.html>**

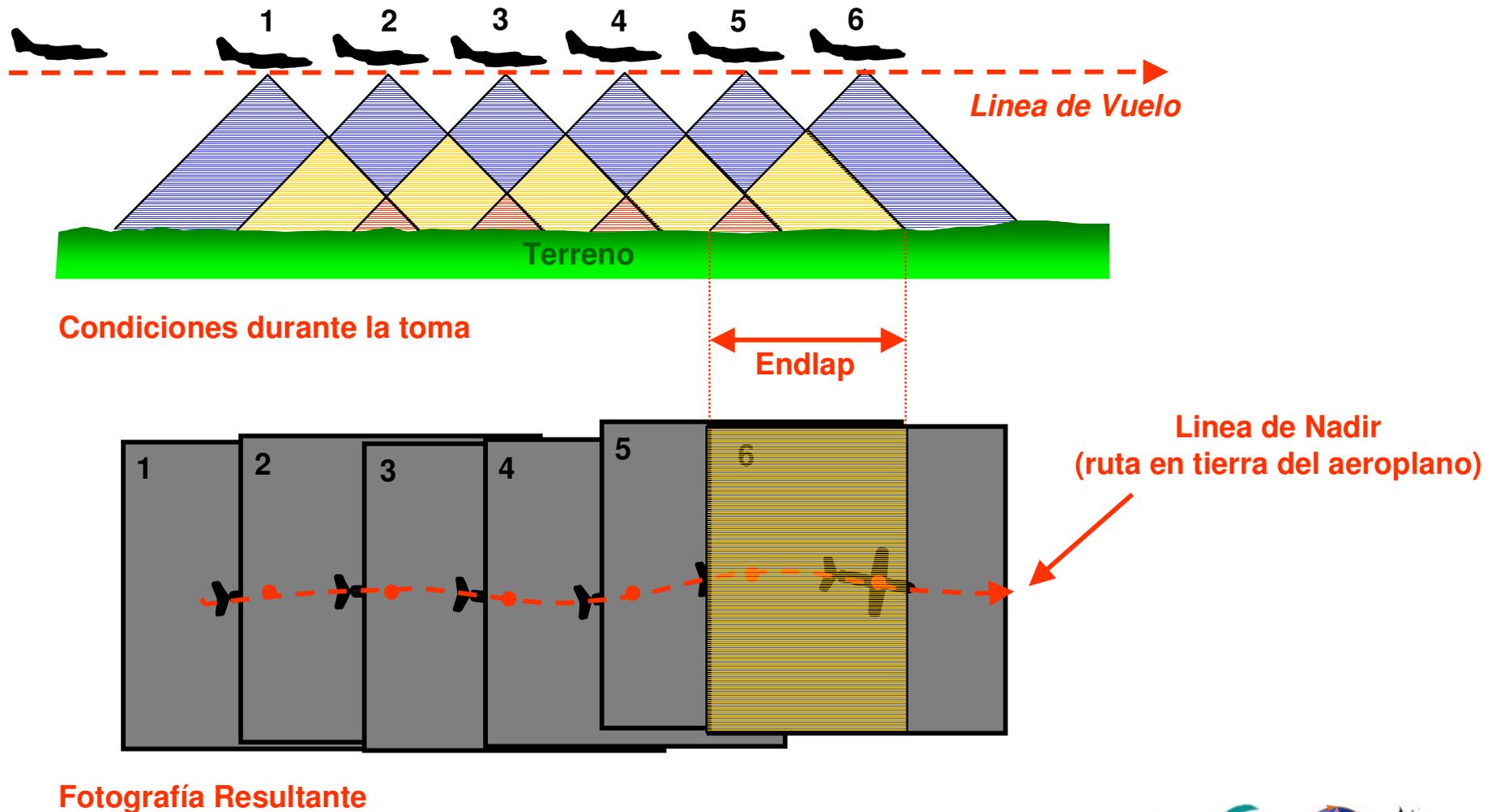
# Lecturas complementarias

- **Richards, J.A., Remote sensing digital image analysis: an introduction, 2nd revised and enlarged edition, Berlin etc. - Springer Verlag, 1993, ISBN 3-540-54840-8.**
- **Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Ed., 1993, J. Wiley & Sons, 720 pp.**
- **Jensen, J.R. & Schill, S.R. (1999): The Remote Sensing Core Curriculum, Vol. 3, Digital Image Processing, <http://www.cla.sc.edu/geog/rslab/rscnew/rsc-frames.html>**
- **Mather, P.M., Computer Processing of Remotely-Sensed Images: an Introduction, Wiley: New York 1999, ISBN 0-471-98550-3**

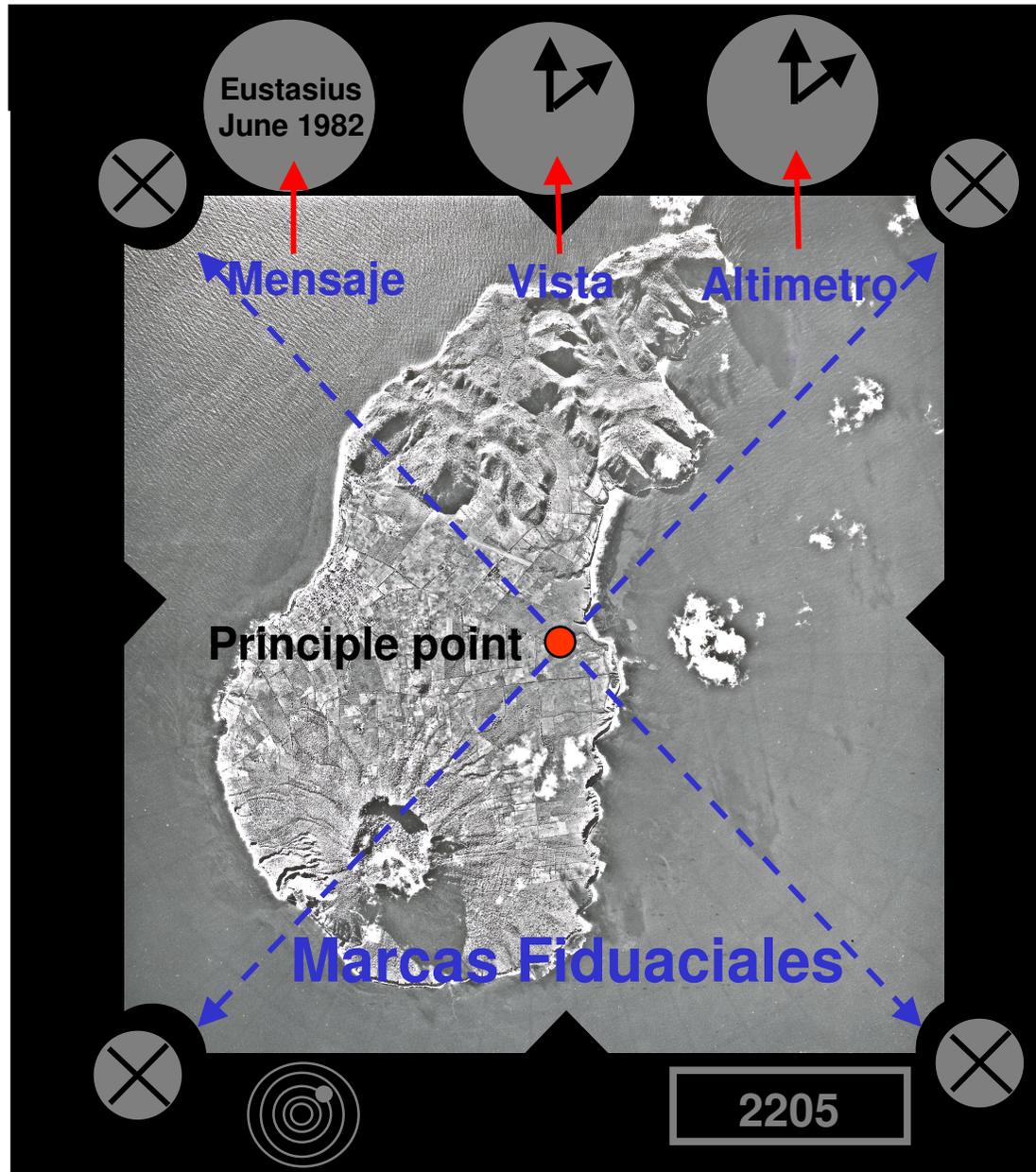
# Correcciones Geométricas



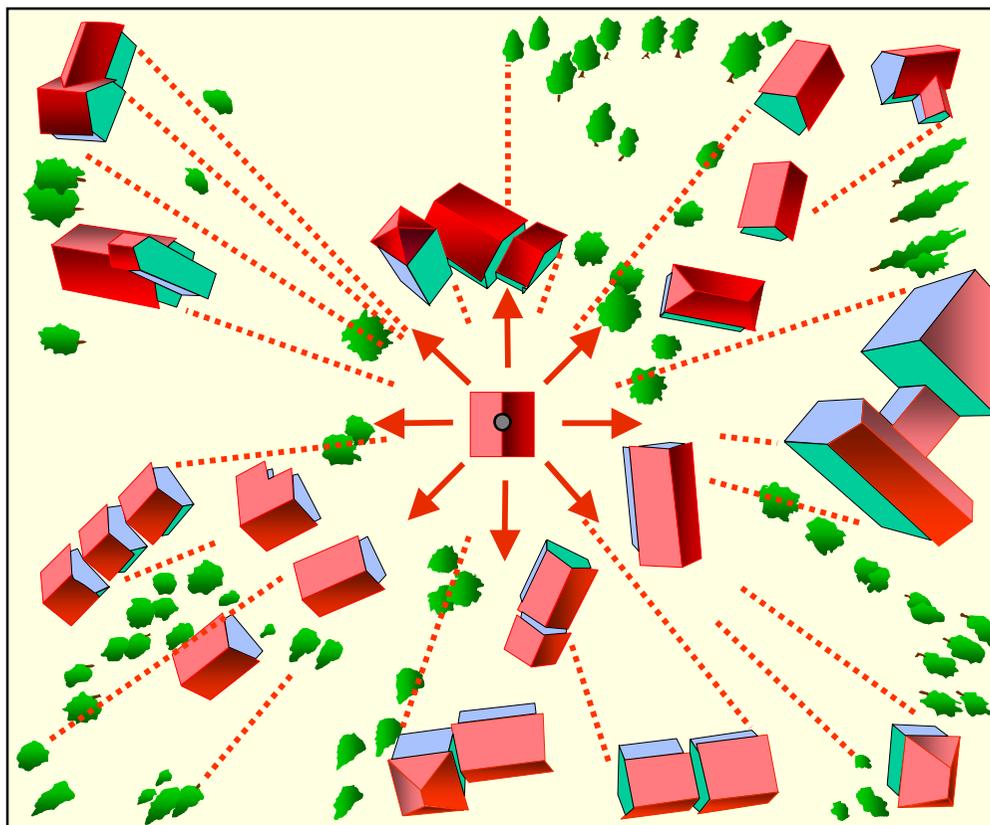
# Cobertura fotográfica a través de una Línea de Vuelo





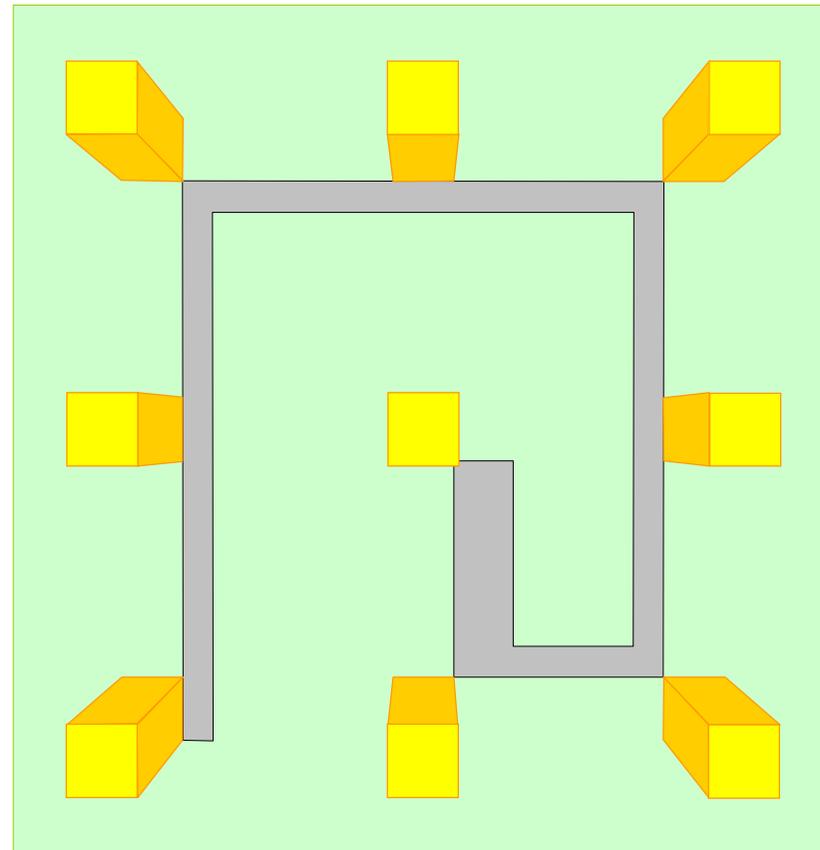
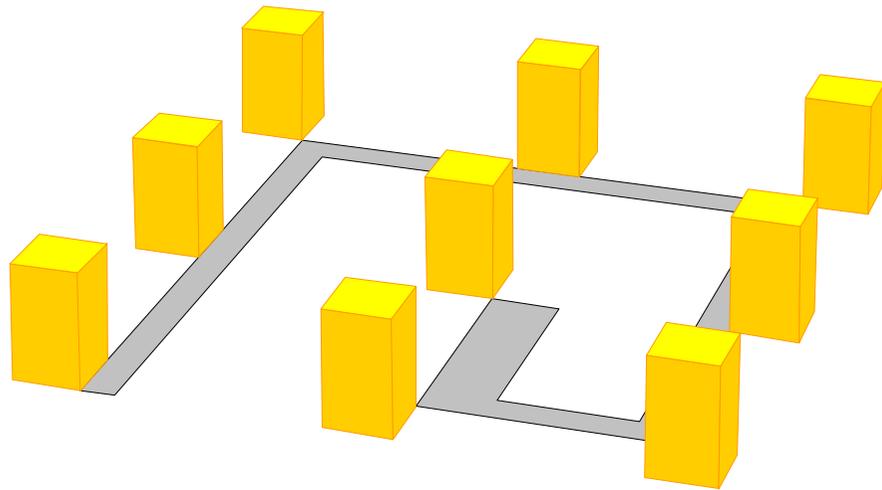
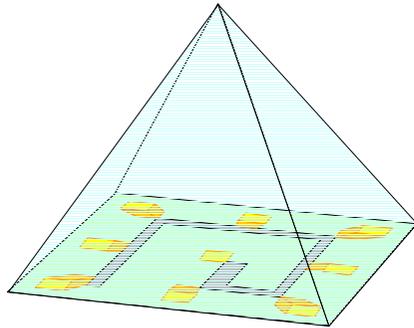


# Perspectiva Central



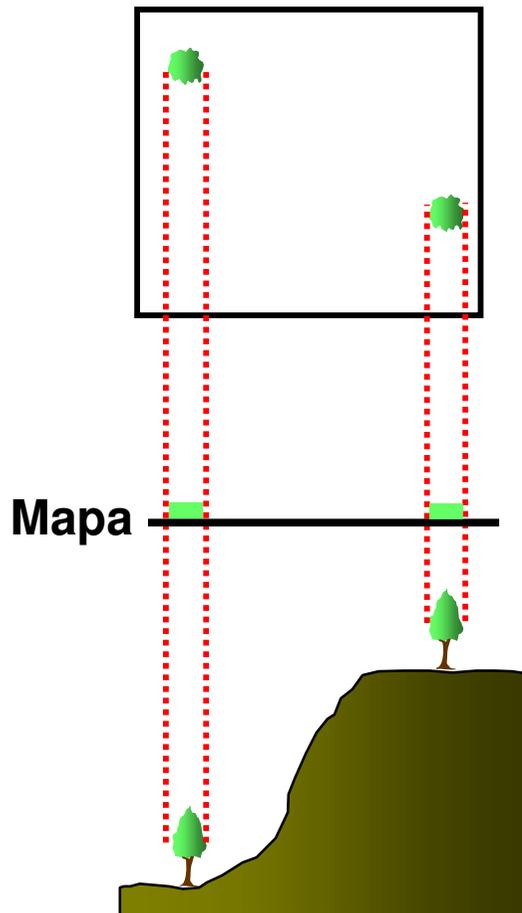
# Fotografía

## Proyección Central

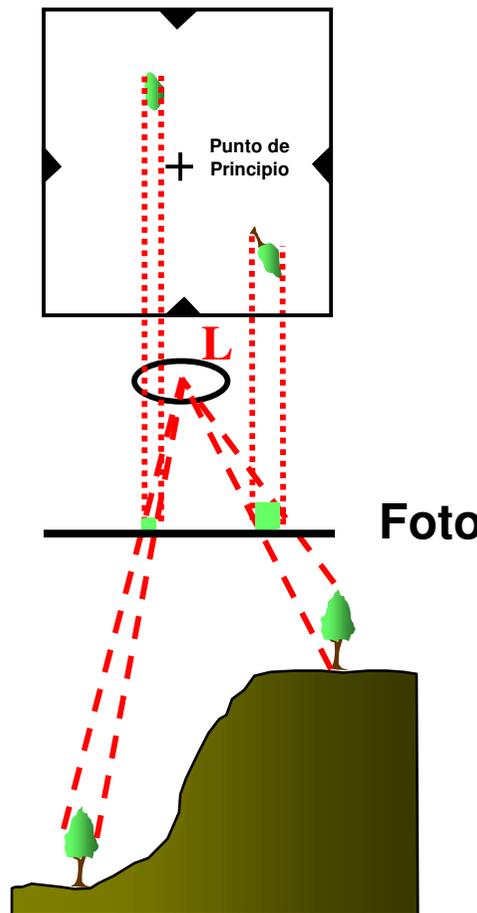


# Geometría de la Foto y el Mapa

Proyección Ortogonal



Proyección Perspectiva Central



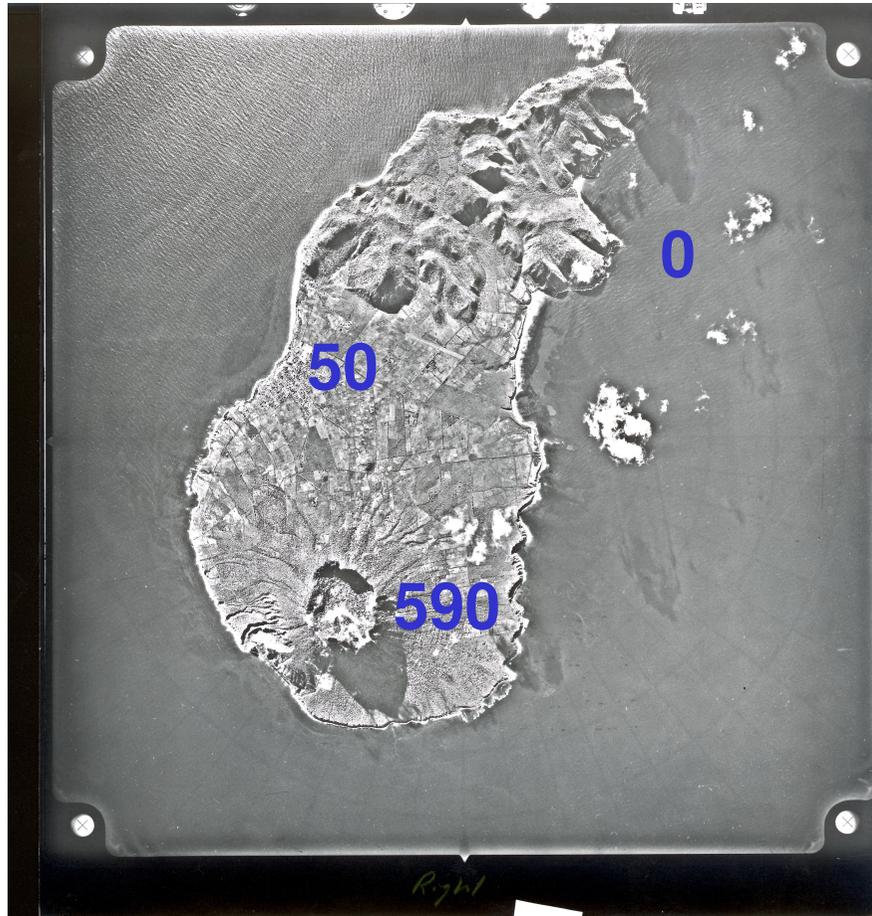
- Escalas Variada
- Desplazamiento del Relieve

Resultado:

Diferente tamaño, forma y ubicación de los objetos estáticos



# Escala



**Cerca a la cámara = Escala mas Grande**

$$S = \frac{H - h}{f}$$

**S = Escala**

**f = Longitud Focal(15.323 cm)**

**H = Longitud de vuelo (6200 mtr.)**

**h = Altura Local del terreno**

**Escala sobre el nivel del Mar (0 mtr.):**

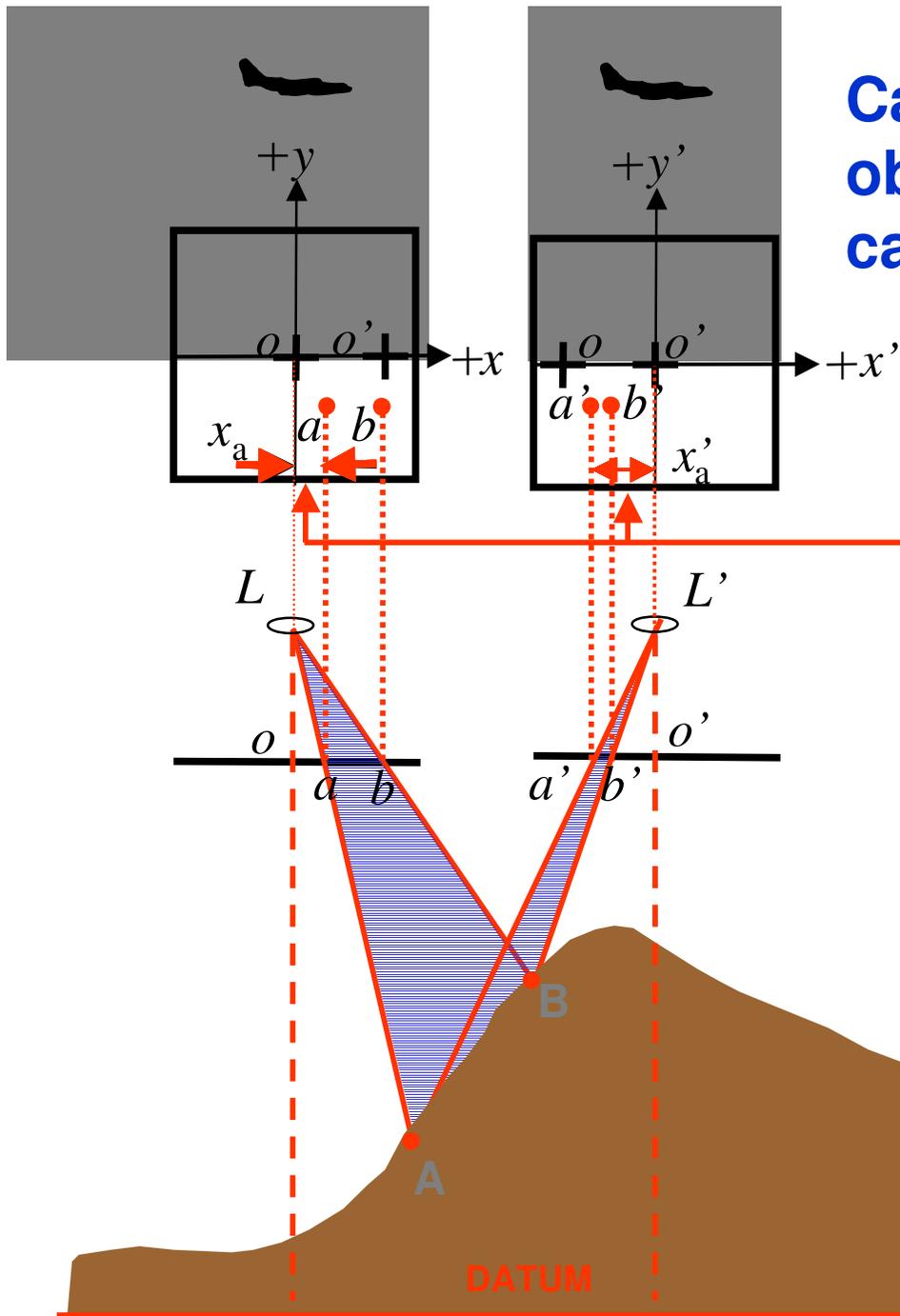
**1:40.462**

**Escala de 50 mtr. Elevación del Terreno:**

**1:40.136**

**Escala en el tope del volcán(590 mtr.)**

**1:36.612**



Cambio en las posiciones de los objetos estacionarios debido al cambio en la posición de vista

### Paralaje del Punto A

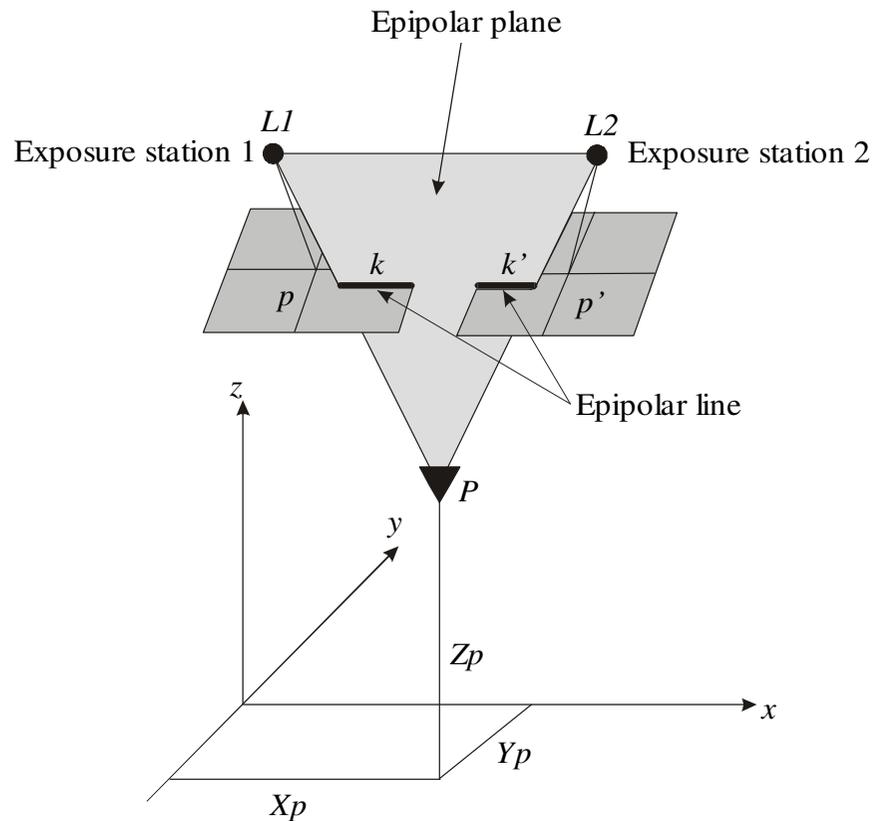
$$Pa = x_a - x'_a$$

**Pa = El paralaje del punto A**

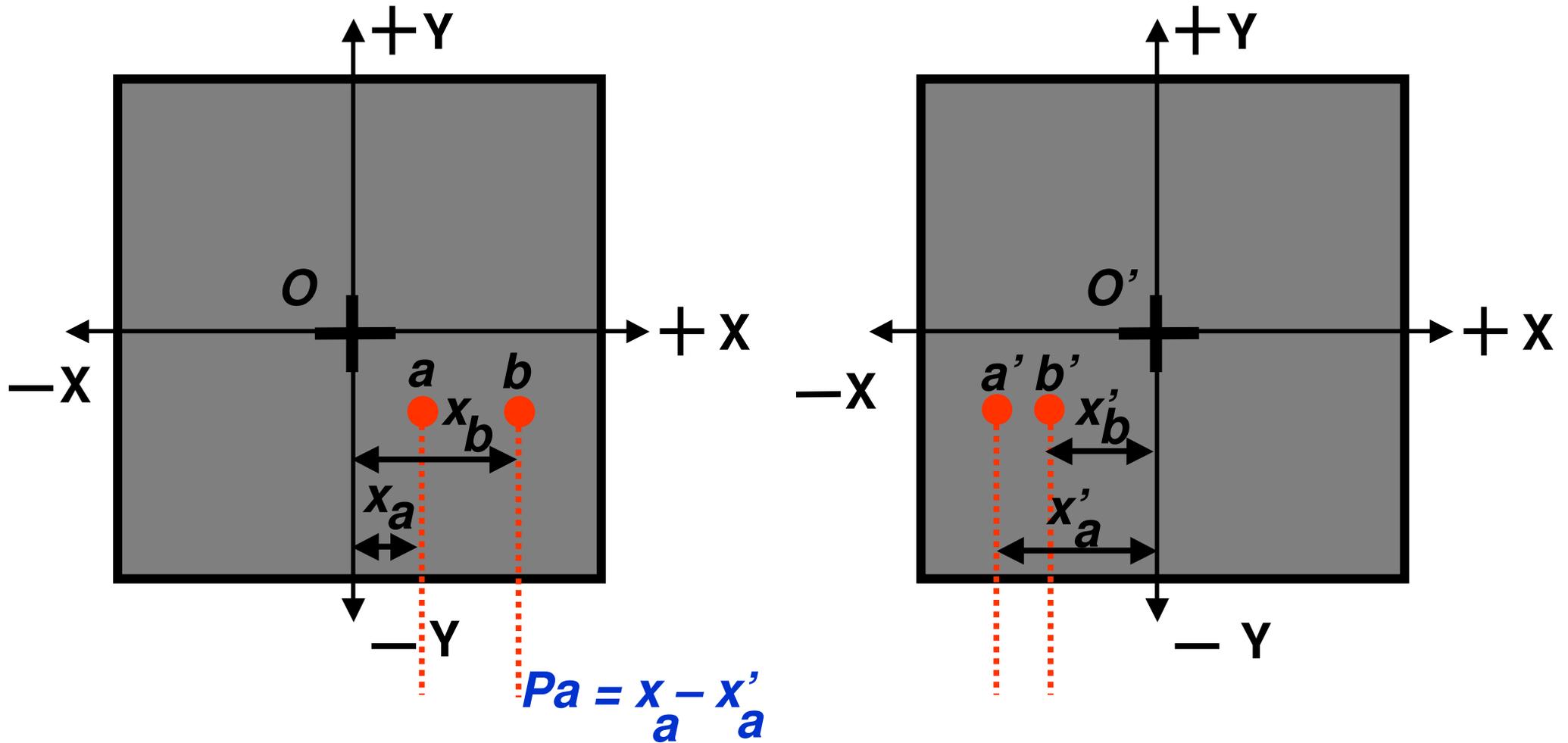
$x_a =$  La medida de la coordenada X de la imagen A en la foto izquierda

$x'_a =$  La medida de la coordenada x de la imagen A en la foto derecha

# Paralaje de la Imagen



Desplazamientos de paralaje ocurren solo paralelas a la línea de vuelo epipolar (no paralaje en Y)

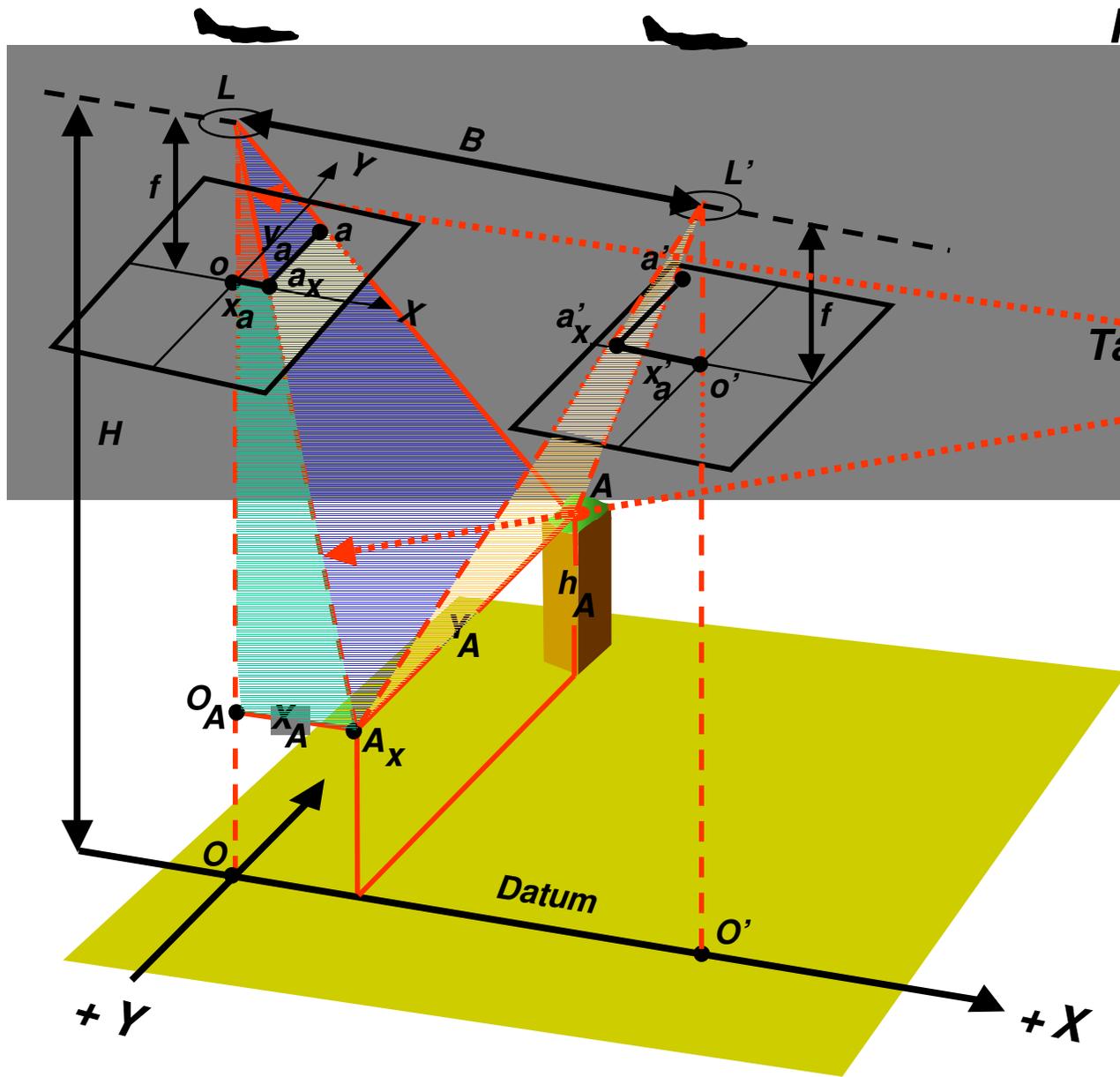


$$P_a = 54.61 - (-59.45) = 114.06 \text{ mm}$$

$$P_b = x_b - x'_b$$

$$P_b = 98.67 - (-27.39) = 126.06 \text{ mm}$$

$$\Delta P = 12.00$$



$$P_A = \frac{P_a}{\sin \alpha} = \frac{P_a}{\frac{H-h_A}{B}} = \frac{P_a B}{H-h_A}$$

$$H - h_A = \frac{Bf}{P_a}$$

Tambien de Triangulos Similares:

LOA<sub>A</sub> and LoA<sub>x</sub>

$$\frac{X_A}{H - h_A} = \frac{x_a}{f}$$

De los cuales:

$$X_A = \frac{x_a (H - h_A)}{f}$$

$$X_A = B \frac{x_a}{P_a}$$

$$Y_A = B \frac{y_a}{P_a}$$

$$X_A = B \frac{x_a}{p_a}$$

$$Y_A = B \frac{y_a}{p_a}$$

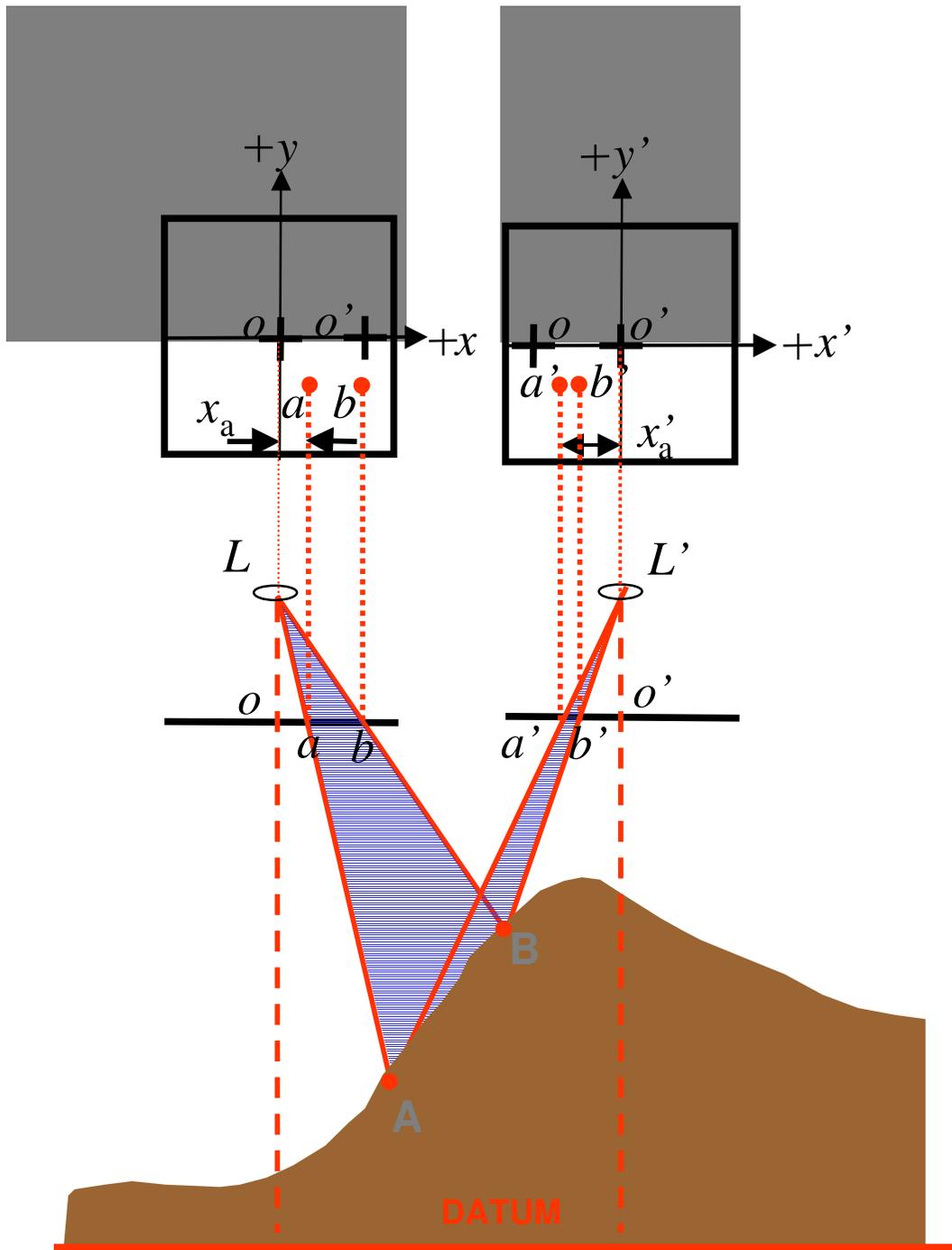
**Ecuaciones de Paralaje**

***X and Y*** Son coordenadas en tierra de un punto con respecto a un sistema de coordenadas arbitrario donde el origen esta verticalmente bajo la estación de exposición izquierda y con x positivo en la dirección del vuelo

***p*** Es el paralaje del punto en cuestión

***x and y*** Son las fotocoordenadas del punto *a* sobre la foto de la mano izquierda

El principal supuesto hecho en la derivación de estas ecuaciones es que las fotos son **verticalmente verdaderas** y que ellas son tomadas desde la **misma altura de vuelo**.



# Triangulación Fotogramétrica

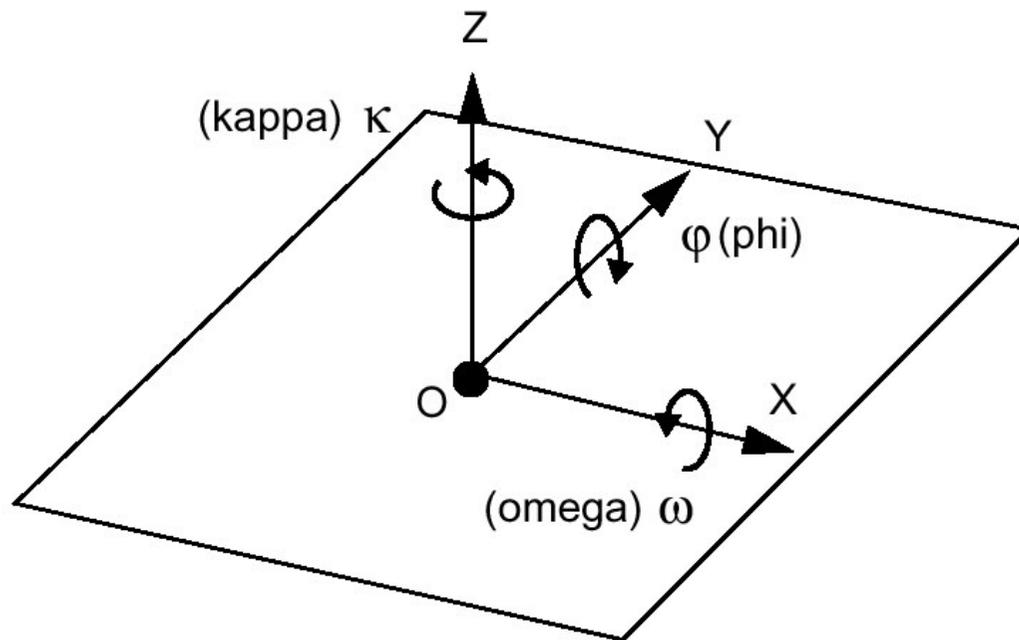
## Que es?

- Incrementar la densidad de cualquier control en tierra que tu tengas; llamado “Extensión de los puntos de control”

## Que hace?

- Calcula valores de coordenadas para cualquier punto medido en dos o mas imágenes (tie points)
- Calcula la posición y orientación para cada estación de cámara

# Triangulación Fotogramétrica

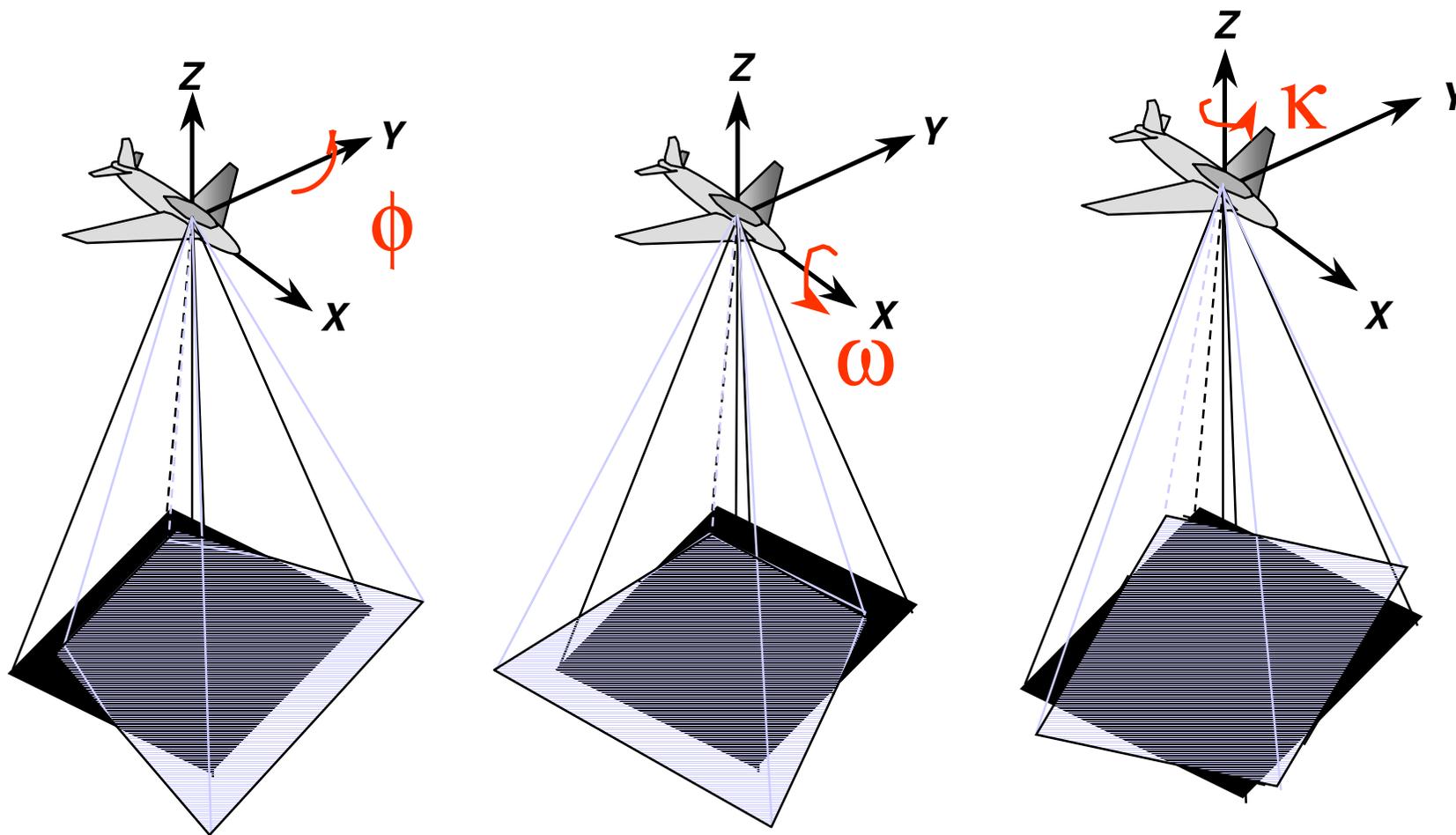


**Calcula la posición de cada estación de cámara**

- **X, Y and Z (donde Z es la altura de vuelo)**
- **Omega ( $\omega$ )**
- **Phi ( $\rho$ )**
- **Kappa ( $\kappa$ )**

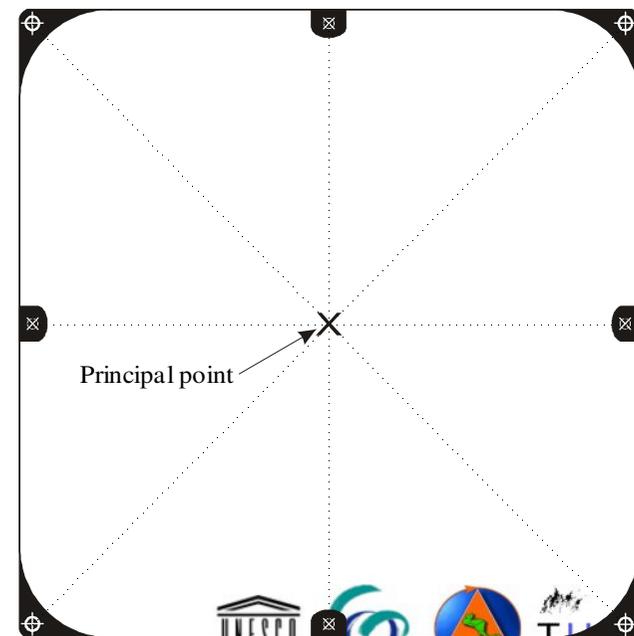
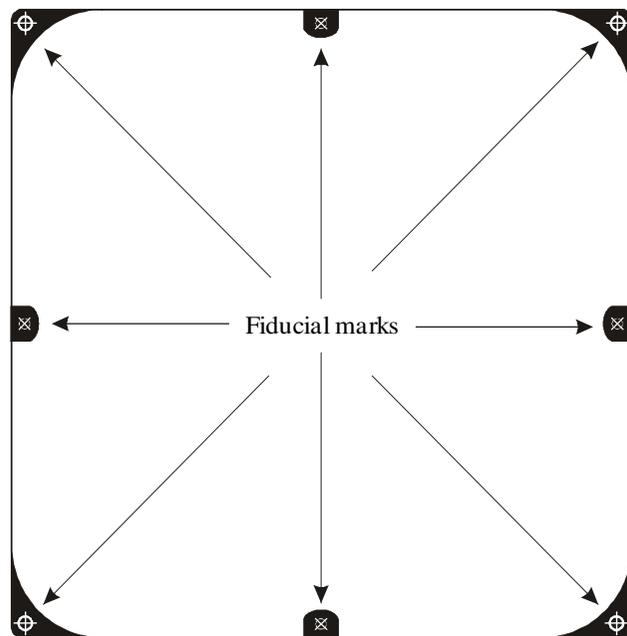
# Fotografías Aéreas

$\kappa$ ,  $\phi$ ,  $\omega$  Deformations



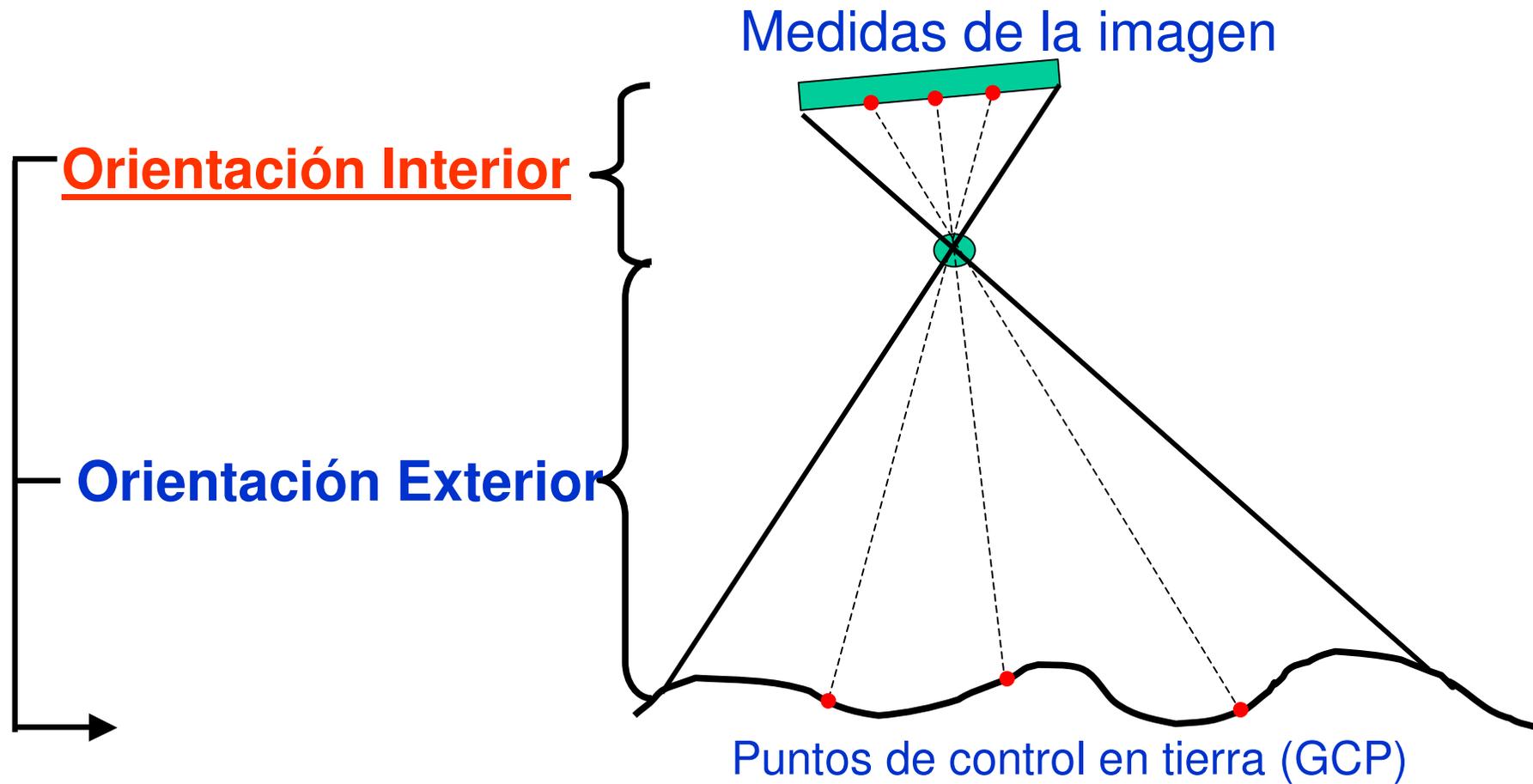
# Orientación Interior

- **Film: Co-ordenadas son medidas en micrones (Sistema de coordenadas de la imagen)**
- **Imagen Digital : Co-ordenadas son medidas en pixeles (Sistema de Coordenadas de Pixel)**
- **Usando puntos fiduciales se pueden establecer relaciones líneales entre las coordenadas del film y la imagen**



# Triangulación Fotogramétrica

- Como hacerla?



# Orientación Interior

- **Objetivo:** La orientación interior modela la geometría de la cámara.
  - **Longitud Focal de Lentes**
  - **Origen del Sistema de Coordenadas (Punto principal)**
  - **Distorsión radial de lentes**
- **Sistemas de Coordenadas**
  - **Establece la relación entre la posición en la imagen (pixel) y la correspondiente posición en la cámara (mm)**  
**Las coordenadas de los puntos fiduciales en la cámara son conocidos.**

# Orientación Interior

Relaciones entre

*Coordenadas de Pixel*

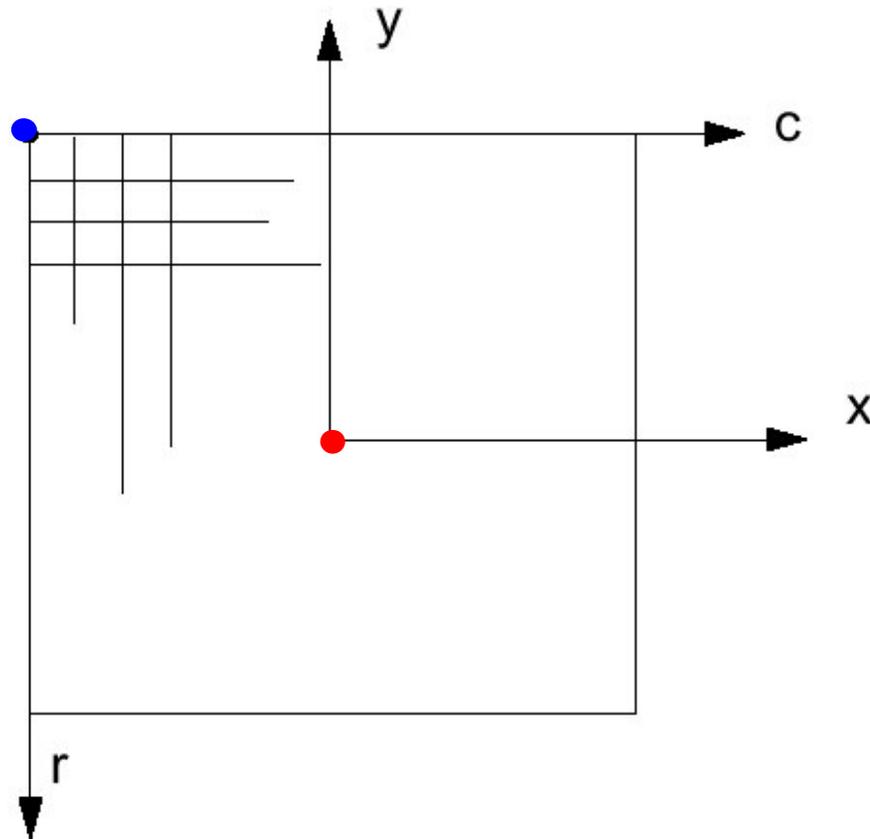
$(r,c)$

$y$

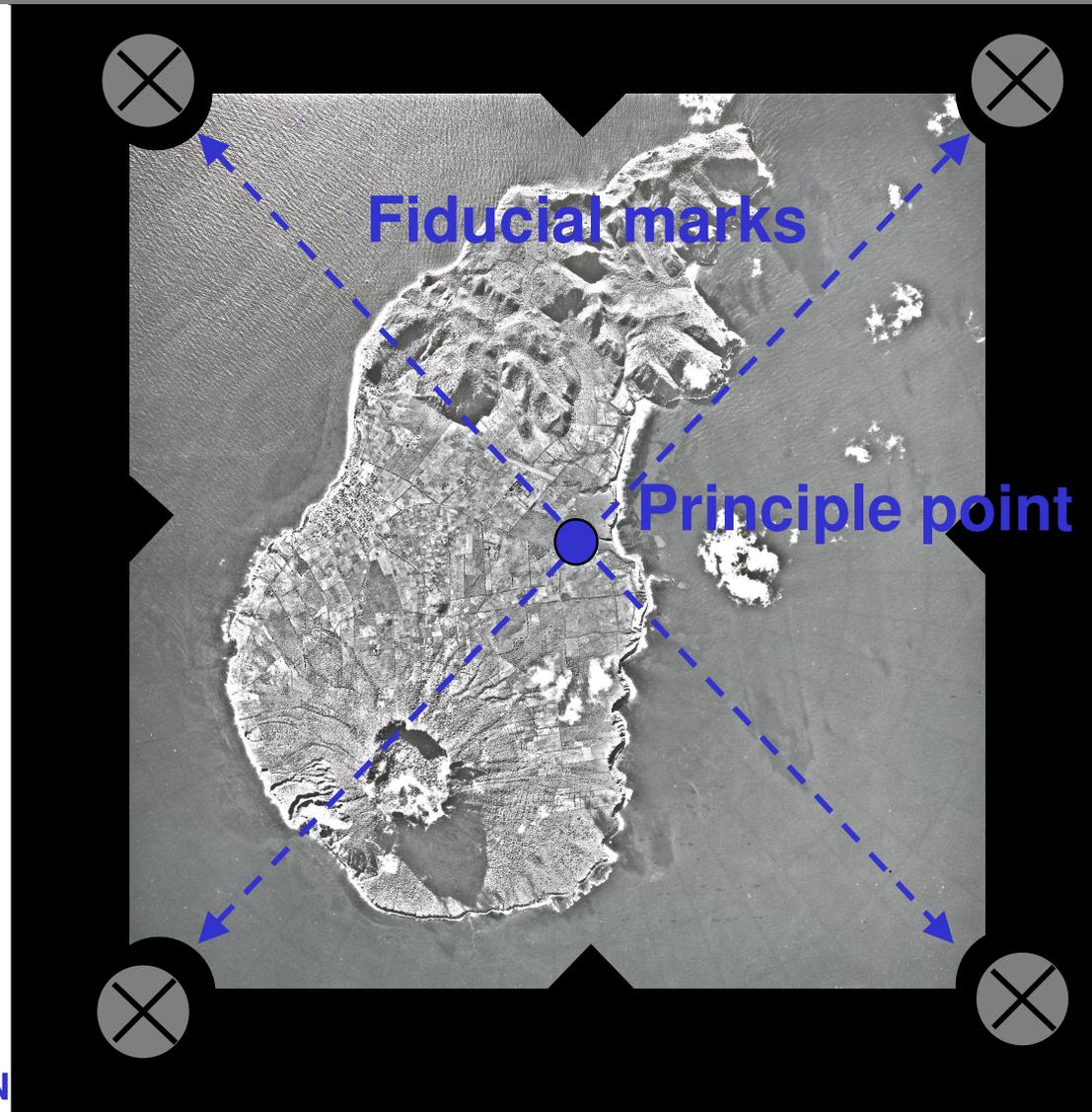
*Coordenadas de Imagen*

*(en la cámara)*

$(x,y)$



# Orientación Interior: Imagen usada durante demostración



## Detalles:

Escala promedio de la Foto:

**1:40,500**

Resolución de escaneo:

**300 DPI**

Resolución en tierra por pixel:

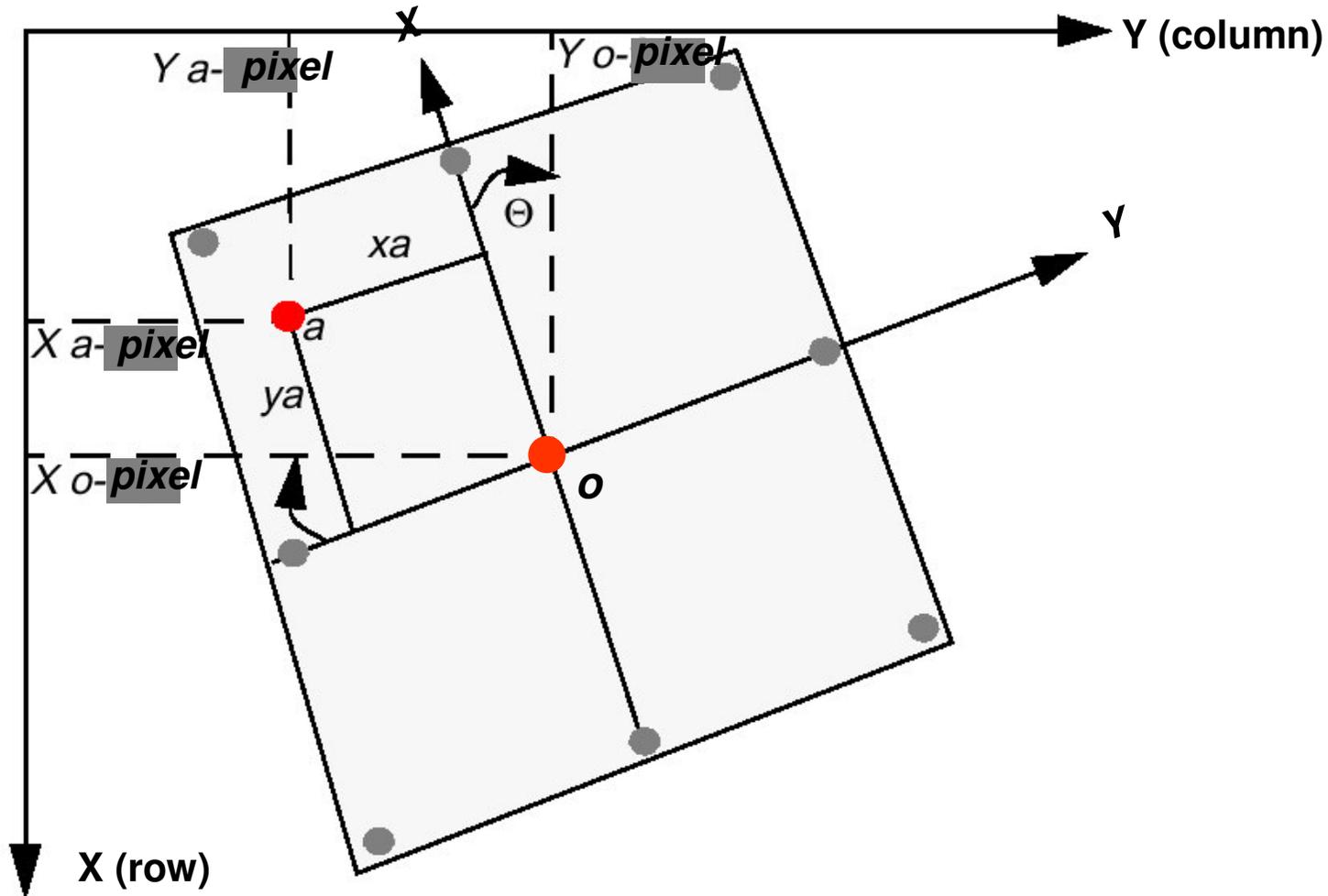
$$(2.54 / 300) * 405 = 3.43 \text{ m.}$$

# Orientación Interior

- Film: Co-ordenadas son medidas en micrones (Sistema de coordenadas de la imagen)
- Imagen Digital : Co-ordenadas son medidas en pixeles (Sistema de Coordenadas de Pixel)
- Usando puntos fiduciales se pueden establecer relaciones lineales entre las coordenadas del film y la imagen

## Orientación Interior

### Sistema de Coordenadas de Pixel vrs Sistema de Coordenadas de Imagen



# Orientación Interior

- **Información de calibración de cámara**
  - Obtenida de “Certificado de calibración de cámara”
  - Elementos:
    - Longitud Focal
    - Coordenadas fiduciales
    - Ubicación del Punto Principal
    - Distorsión Radial de Lentes

# Orientación Exterior

- **Objetivo: Establecer relación entre el sistema de coordenadas de la imagen digital (pixel) y el Sistema de coordenadas del mundo real (latitud y longitud)**
- **Puntos de control en tierra**
  - Identificables visualmente
  - Preferentemente en múltiples imágenes
  - Bloques de imágenes grandes necesitan menos control por imagen
  - Necesaria buena distribución en X, Y y Z
  - Tipos de Control:
    - Completa (X, Y, Z)
    - Horizontal (X, Y)
    - Vertical (Z)

# Desplazamiento de relieve

A: Punto en terreno

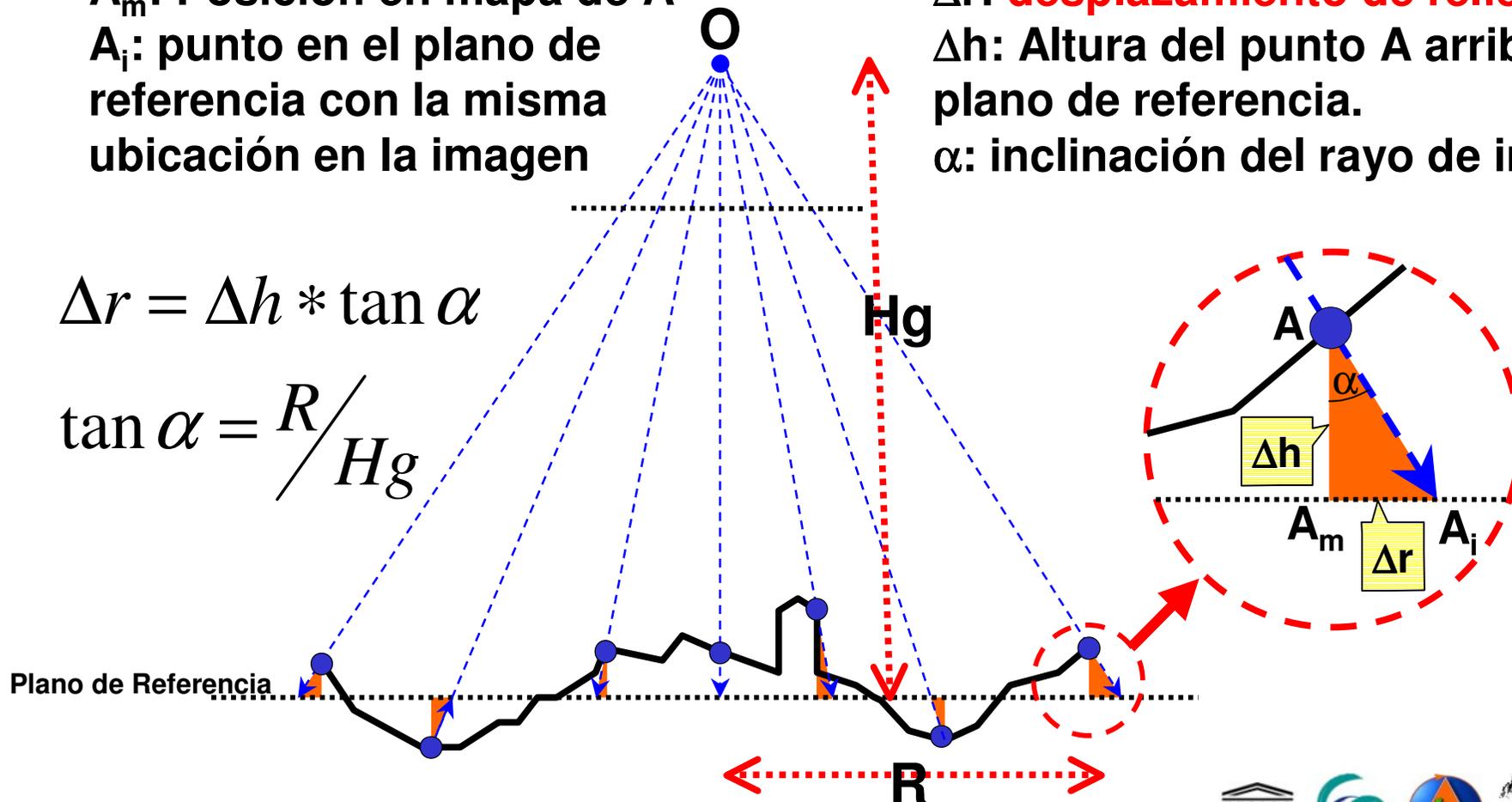
$A_m$ : Posición en mapa de A

$A_i$ : punto en el plano de referencia con la misma ubicación en la imagen

$\Delta r$ : **desplazamiento de relieve**

$\Delta h$ : Altura del punto A arriba del plano de referencia.

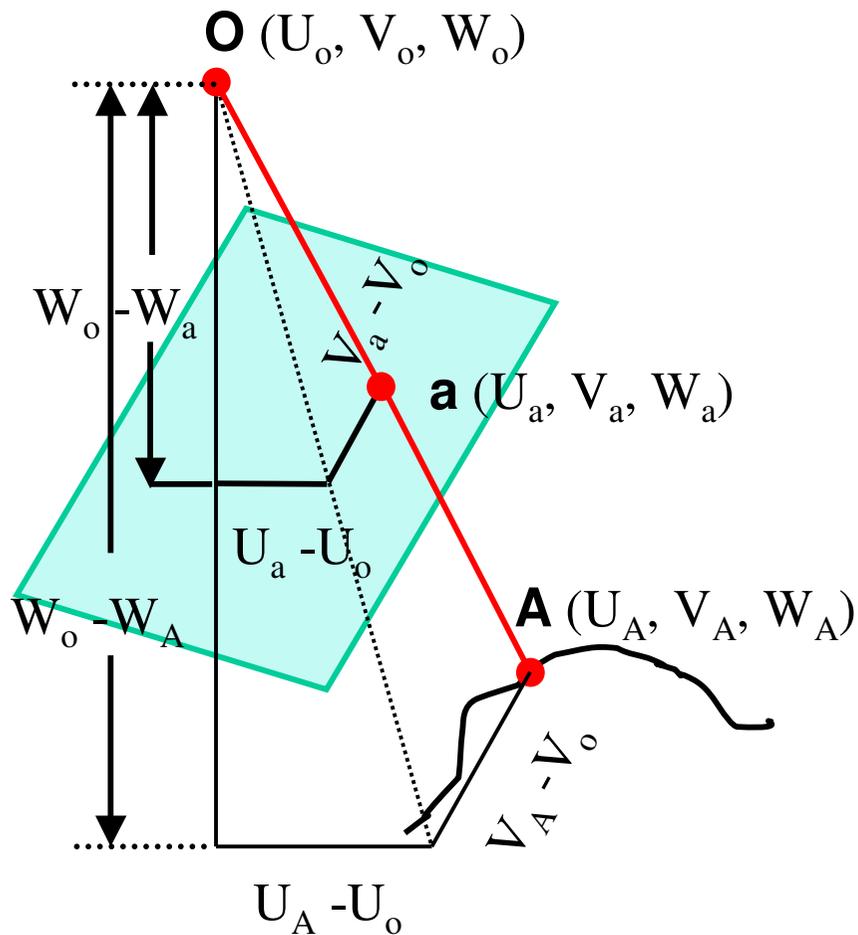
$\alpha$ : inclinación del rayo de imagen



$$\Delta r = \Delta h * \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = R / Hg$$

# Condición de Colíneariedad



- O:** Centro de Proyección
- A:** Punto en tierra
- a:** Imagen de A en la fotografía

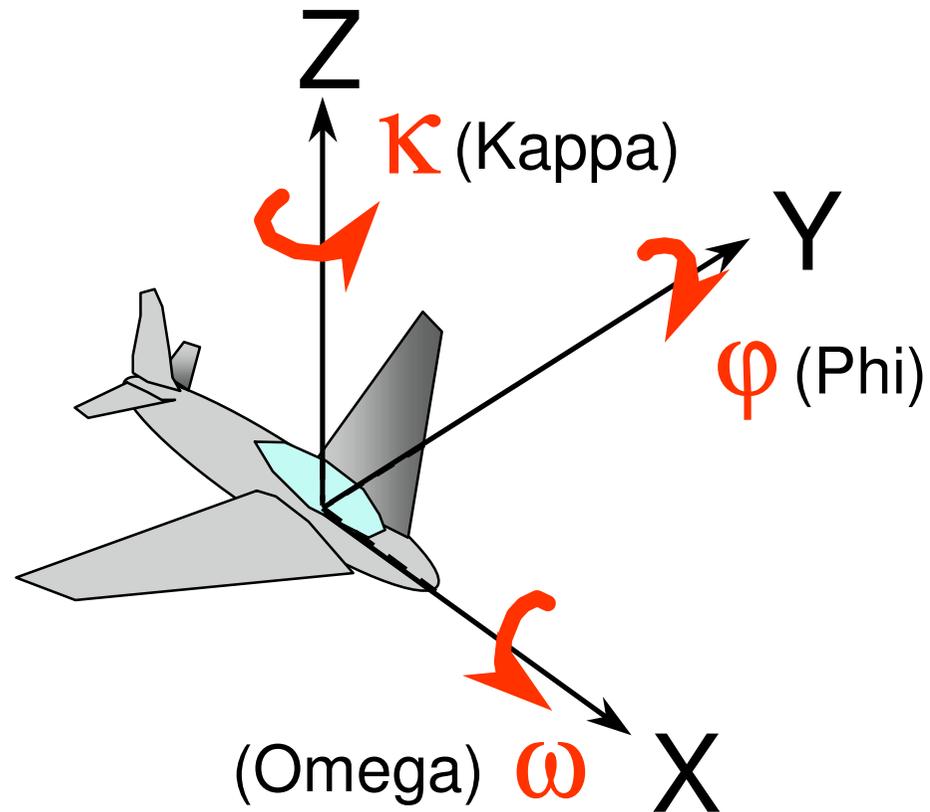
**De triángulos similares:**

$$\frac{U_A - U_o}{U_a - U_o} = \frac{V_A - V_o}{V_a - V_o} = \frac{W_A - W_o}{W_a - W_o} = s_a$$

or :

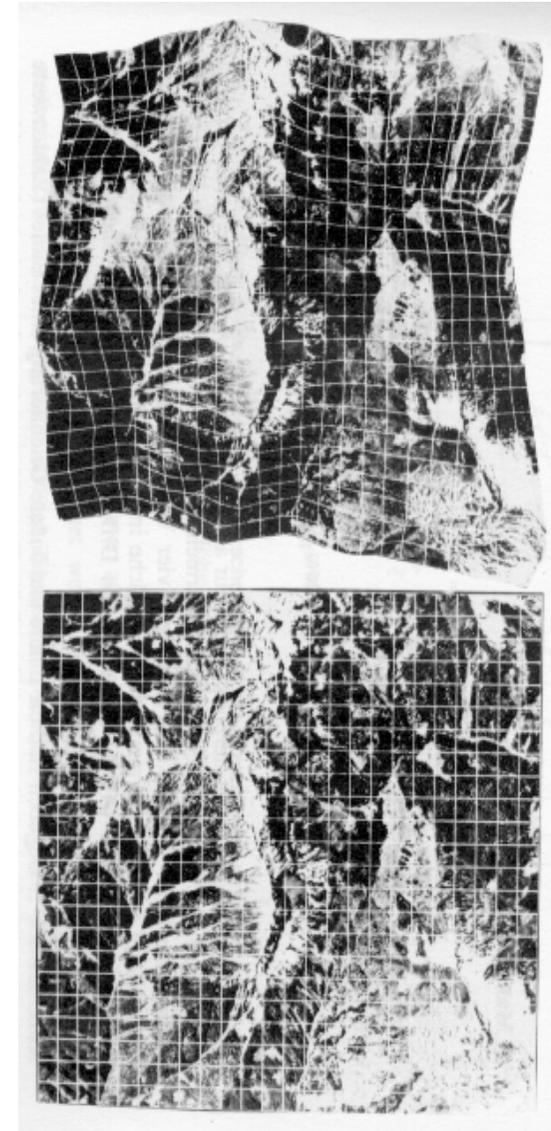
$$\begin{bmatrix} U_A - U_o \\ V_A - V_o \\ W_A - W_o \end{bmatrix} = s_a * \begin{bmatrix} U_a - U_o \\ V_a - V_o \\ W_a - W_o \end{bmatrix}$$

# Angulos $\kappa$ , $\varphi$ , $\omega$



# Conceptos y Definiciones

- Una **Ortofoto Digital** es una imagen digital de una fotografía Aérea o de Satélite (de la superficie de la tierra) en la cual los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara y el relieve del terreno han sido removidos.
- La corrección para los desplazamientos de relieve es obtenida por una rectificación diferencial hacia una proyección ortogonal usando un DTM.
- Una **Ortomapa** es una Ortofoto + características cartográficas
- Un **Mosaico de Ortofotos** es la unión de dos o mas ortofotos.



# Ortofotos

- Desplazamientos por relieve e inclinación son removidos
- Escala es constante (= Geomtría del mapa!)
- Muestra brillo, colores, sombras, etc. de las características en el terreno.
- No coordenadas de referencia o escala de referencia (precisas), no nombres, etc.
- No Simobologías (No hay simbolos)

# Mosaico

- **Un mosaico es la unión de varias ortofotos o fotografías rectificadas (algunas veces no corregidas).**
- **La unión de fotografías no corregidas causan mayores problemas debido a los errores geométricos provocados por la inclinación y el relieve**

# Mapa de Imagen

- **Un mapa de imagen es un mosaico que tiene propiedades de un mapa, es decir es un mosaico de ortofotos. Los mapas de imagen también tienen características de un mapa básico, tales como nombre, coordenadas de referencia y escala de referencia. Normalmente sin leyendas (no hay símbolos).**

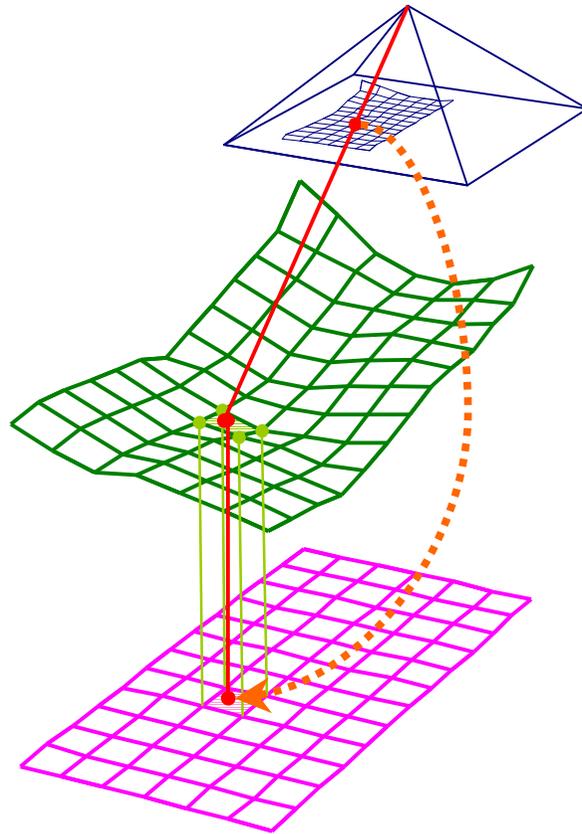
# Mapa de Imagen Simbolizado

Los mapas de imagen simbolizados son básicamente mapas de imágenes con detalles topográficos muy importantes representados con símbolos convencionales. A menudo, líneas de contorno y una grilla son mostradas en el mapa.

Debido a la velocidad de producción de mapas de imagen simbolizados, se convierten en una alternativa atractiva para un mapa de líneas.

Usualmente un mapa de imagen simbolizado tiene una leyenda.

# Proyección de un Pixel



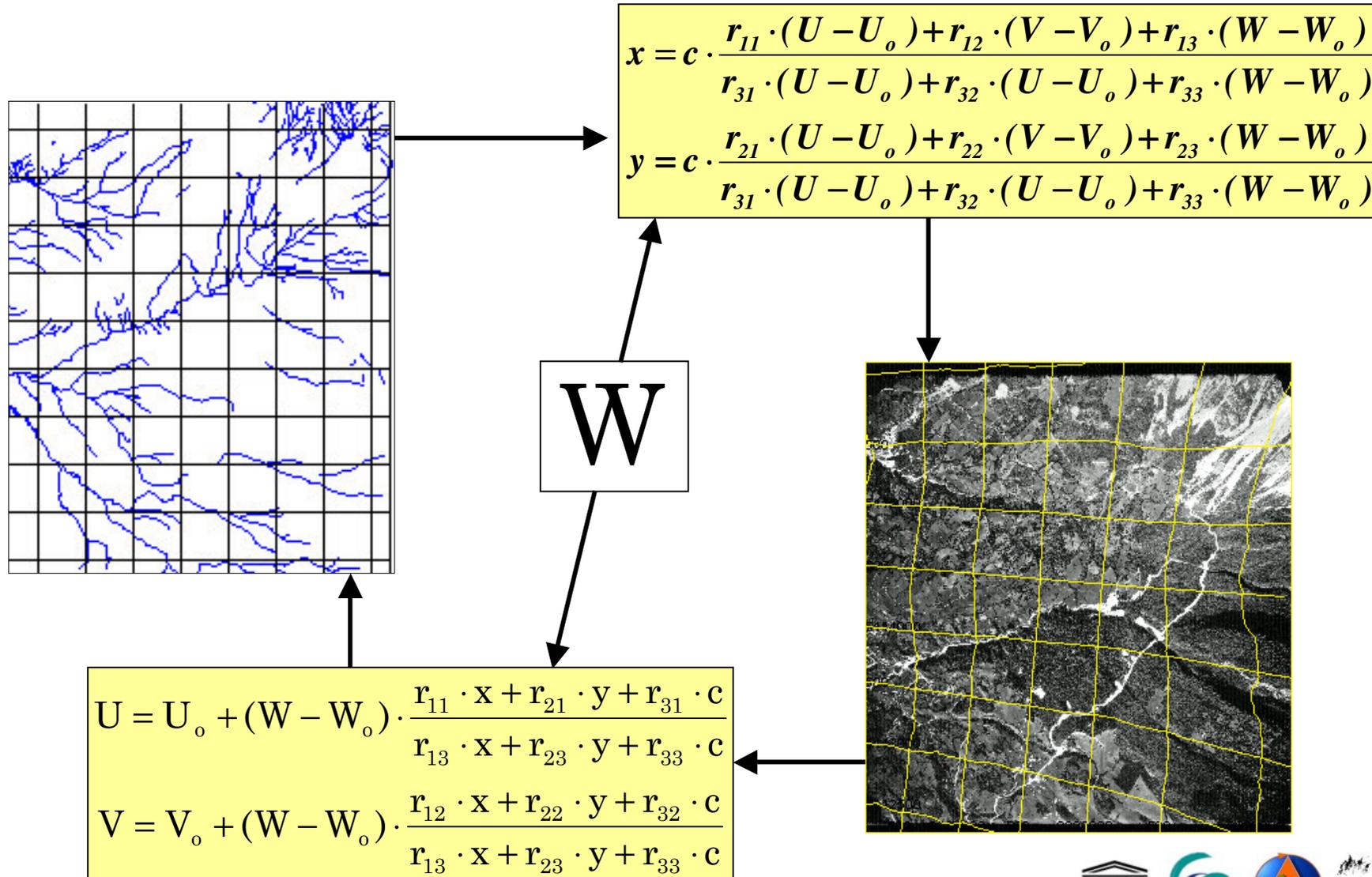
De la posición del pixel  
obtener  $(X, Y)$  en terrain

De un DTM y el  $(X, Y)$ -terreno  
obtener  $Z$ -terreno (interpolado)

Del  $(X, Y, Z)$ -terreno y la  
orientación de la imagen  
obtener  $(x, y)$ -imagen

Interpolar brillo (o color) para  
esta posición en la imagen y  
asignarla al pixel de la  
ortofoto.

# Relación: Terreno (U,V,W) - Camara (x,y)



# Que significan estas letras?

$$\begin{aligned} x &= -c \cdot \frac{r_{11} \cdot (U - U_o) + r_{12} \cdot (V - V_o) + r_{13} \cdot (W - W_o)}{r_{31} \cdot (U - U_o) + r_{32} \cdot (V - V_o) + r_{33} \cdot (W - W_o)} + x_{PP} \\ y &= -c \cdot \frac{r_{21} \cdot (U - U_o) + r_{22} \cdot (V - V_o) + r_{23} \cdot (W - W_o)}{r_{31} \cdot (U - U_o) + r_{32} \cdot (V - V_o) + r_{33} \cdot (W - W_o)} + y_{PP} \end{aligned}$$

Posición de un punto en la imagen:  $x, y$

Posición del correspondiente punto en el terreno:  $U, V, W$

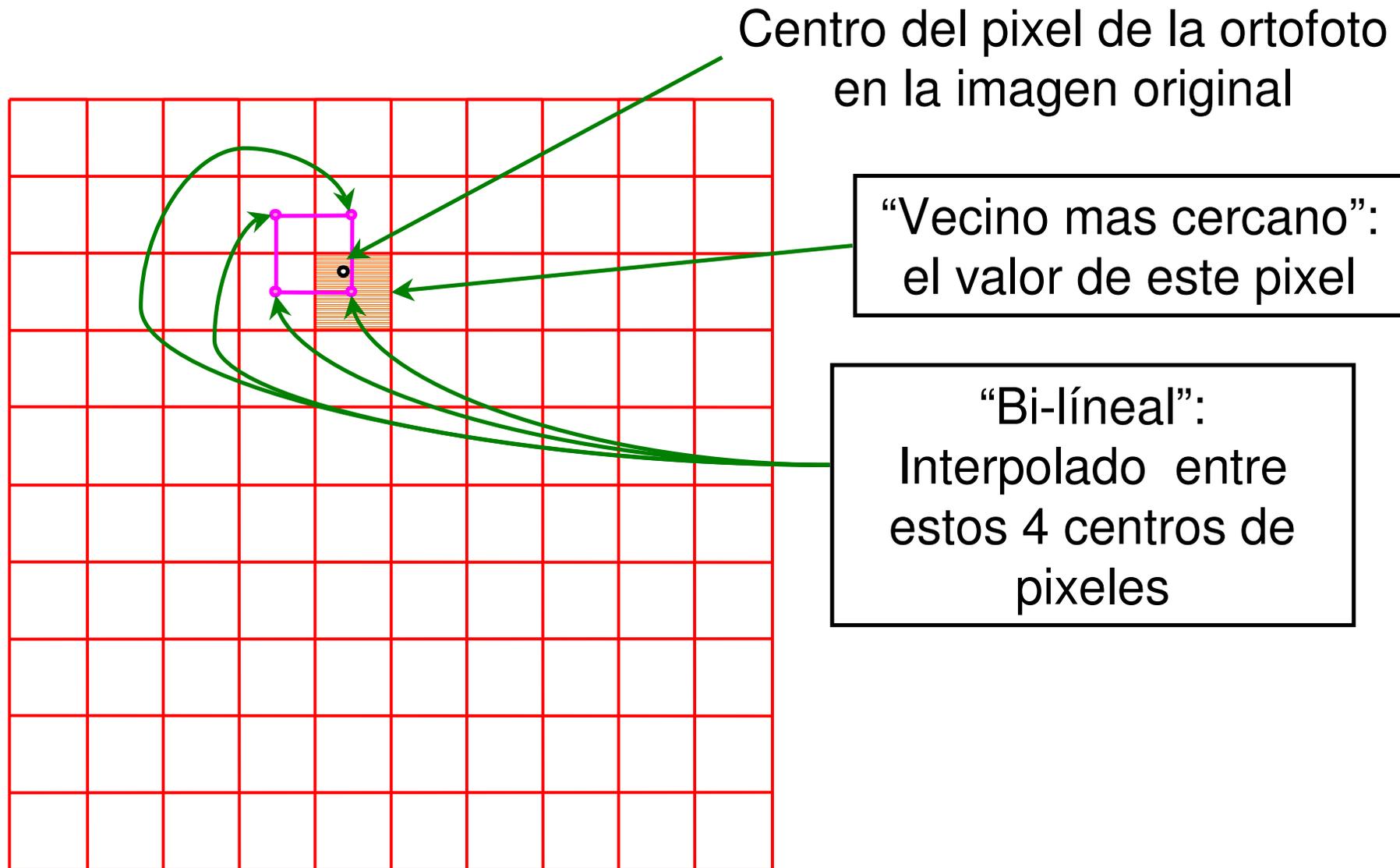
Conocido después de la orientación interior:  $x_{PP}, y_{PP}, c$

De la Orientación Exterior:  $U_o, V_o, W_o,$

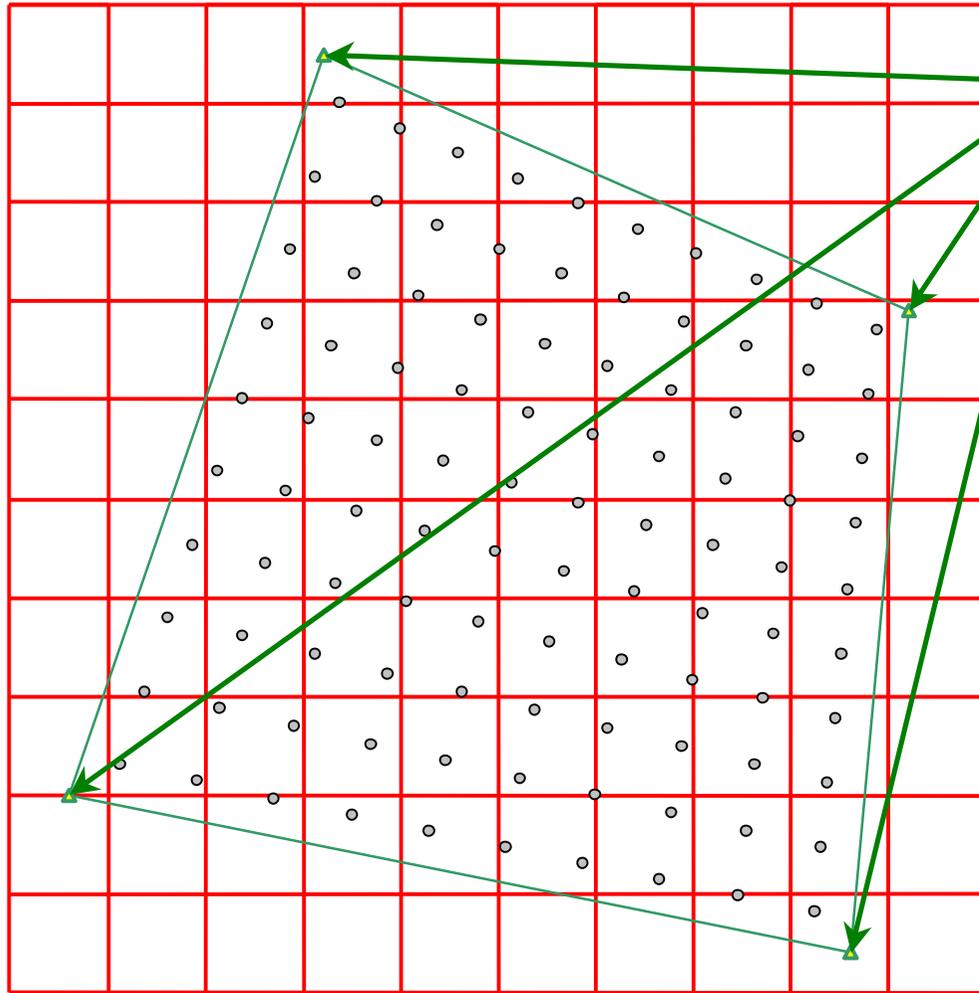
$r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{31}, r_{32}, r_{33}$  (calculados a partir de  $\kappa, \varphi, \omega$ )

Para cada punto en el terreno su posición en la imagen puede ser calculada de estas dos ecuaciones.  
(Diferente para las imágenes izquierda y derecha)

# Resampliando un Pixel



# Resampliando un sector



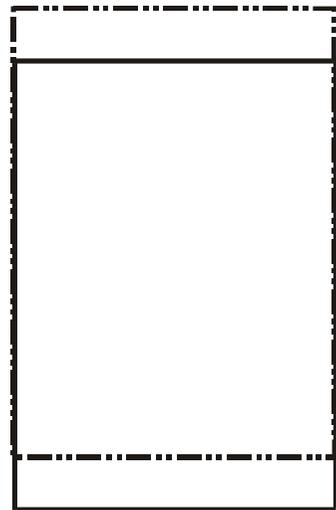
Solo las 4 esquinas de la porción (e.g. puntos del DTM) son encontrados de la colínearidad

Ubicación de los centros de pixeles en la ortofoto son interpoladas (dentro del sector)

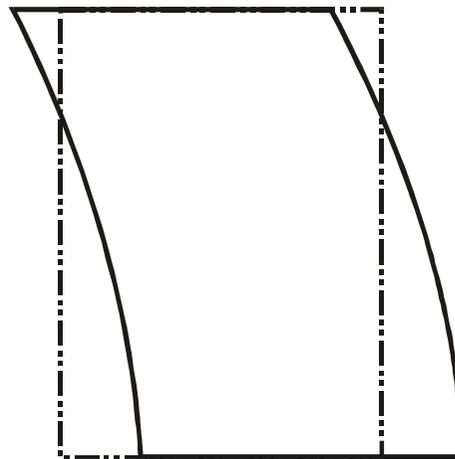
Finalmente los valores de gris (o de color) son interpolados de manera usual

# Desplazamientos de la Imágenes de Satélite

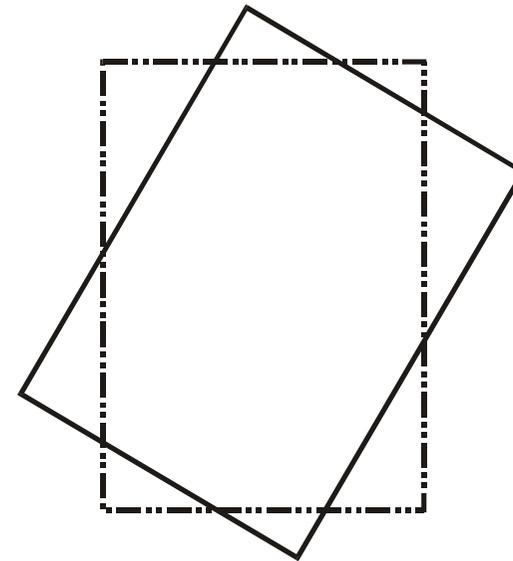
- Desplazamientos debido a la orientación del sensor



Forward/aft tilt



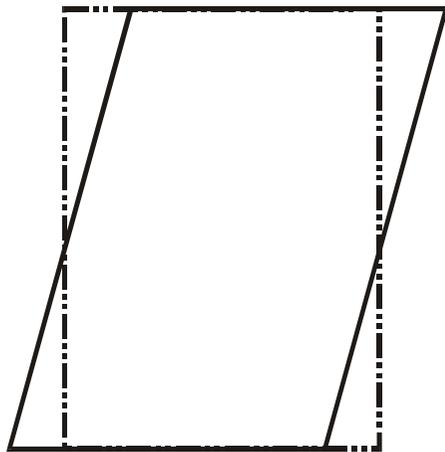
Sideways tilt



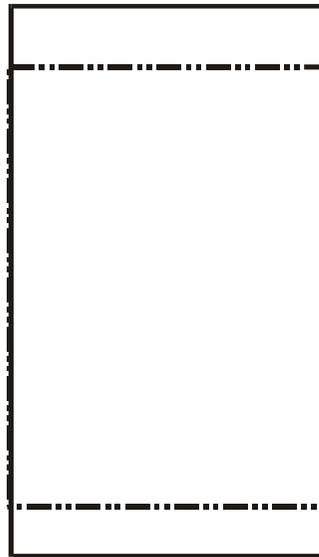
Rotation

# Desplazamientos de la Imágenes de Satélite

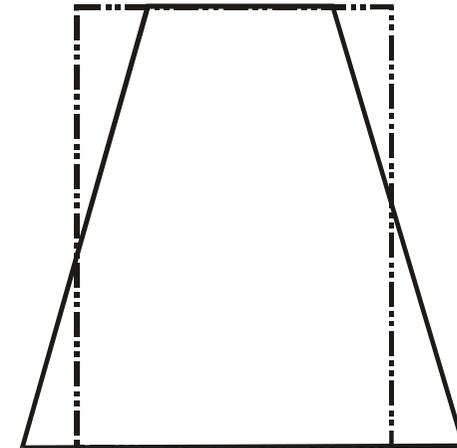
- Desplazamientos debidos a la relación entre el sensor y la superficie de la tierra.



Earth rotation



Platform velocity



Altitude variation

# Registro Imagen a Imagen

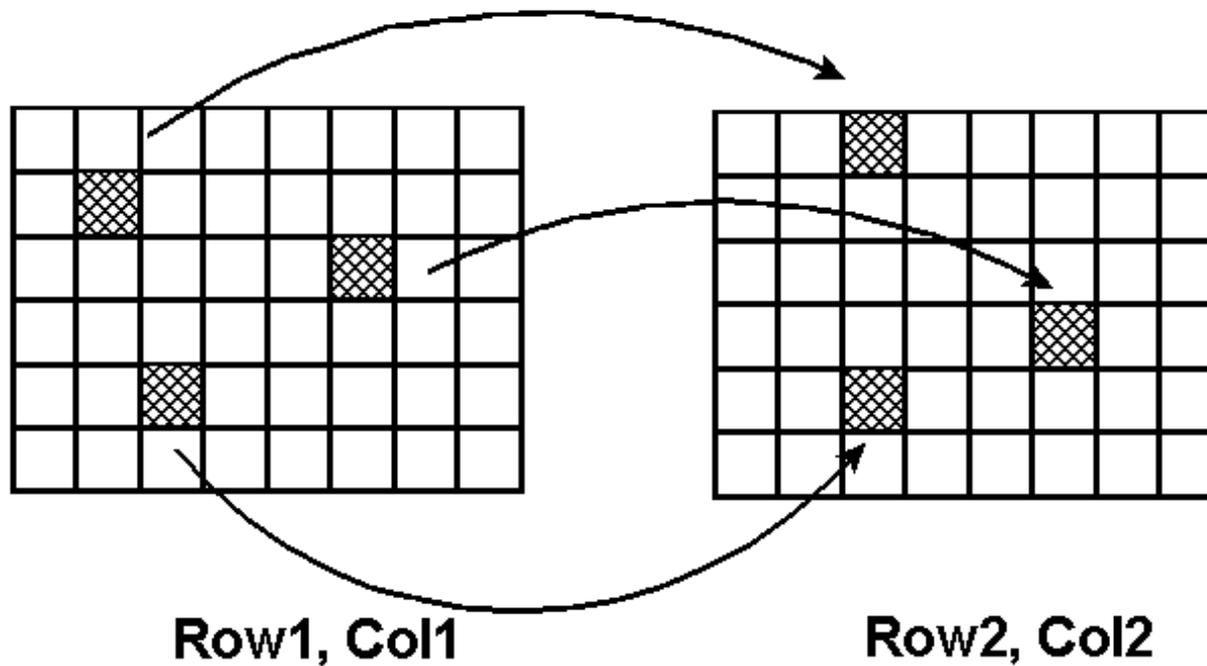
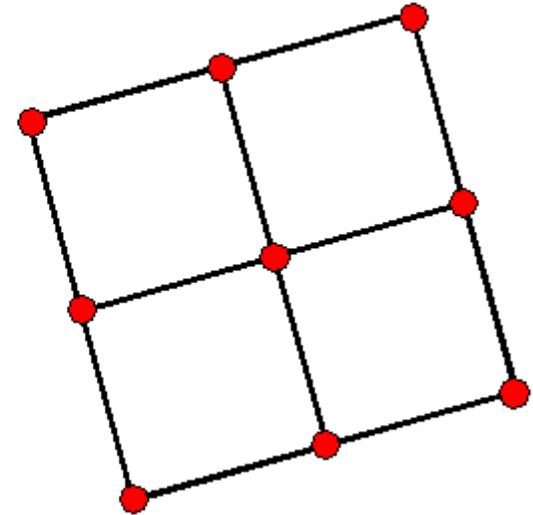
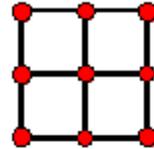


Imagen Master

Imagen Esclava

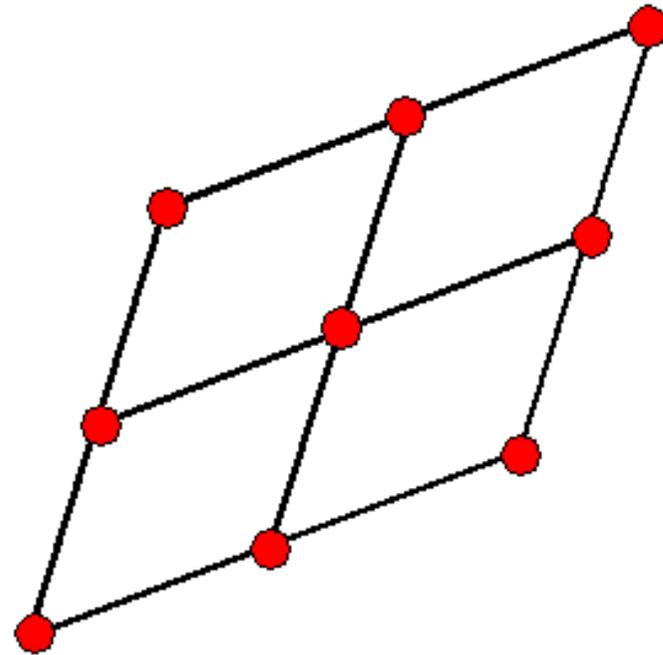
# Transformación Conformal

- Traslación
- rotación
- Escaleo
- Preservación de ángulos (formas)



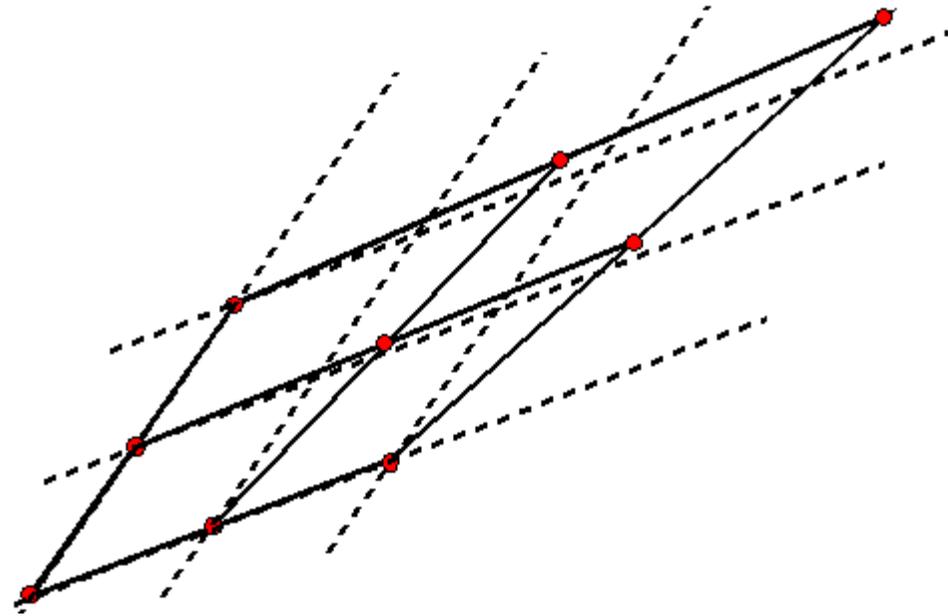
# Transformación Affine

- Traslación
- rotación
- Escaleo
- Preservación de paralelos



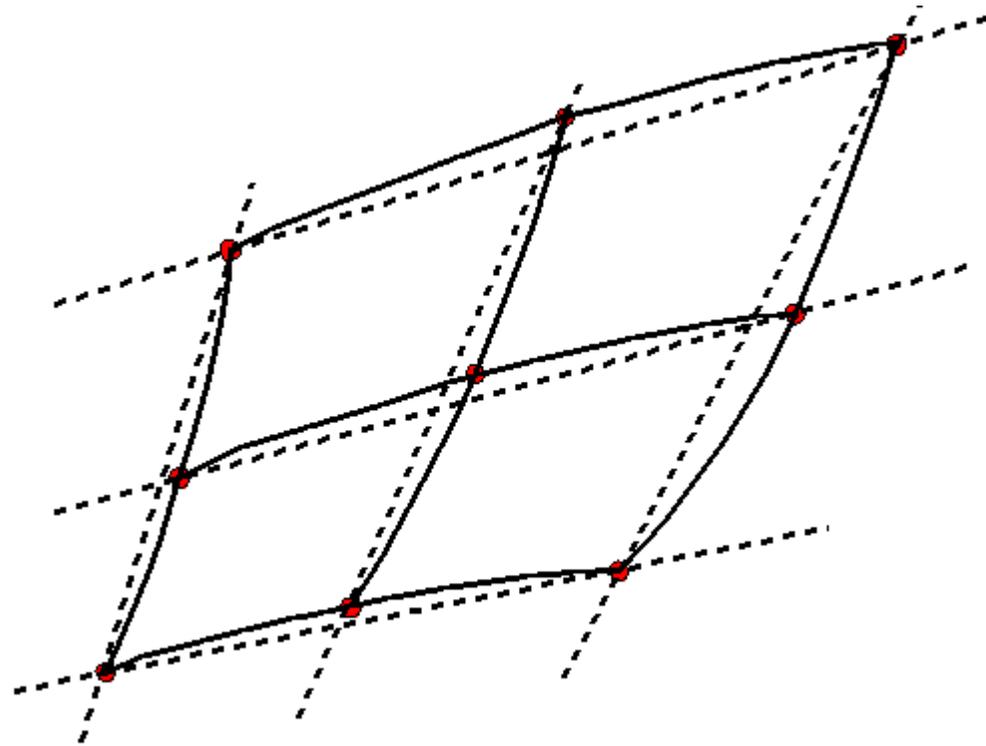
# Transformación Bi-línea

- traslación
- rotación
- Escaleo
- No preserva paralelos.

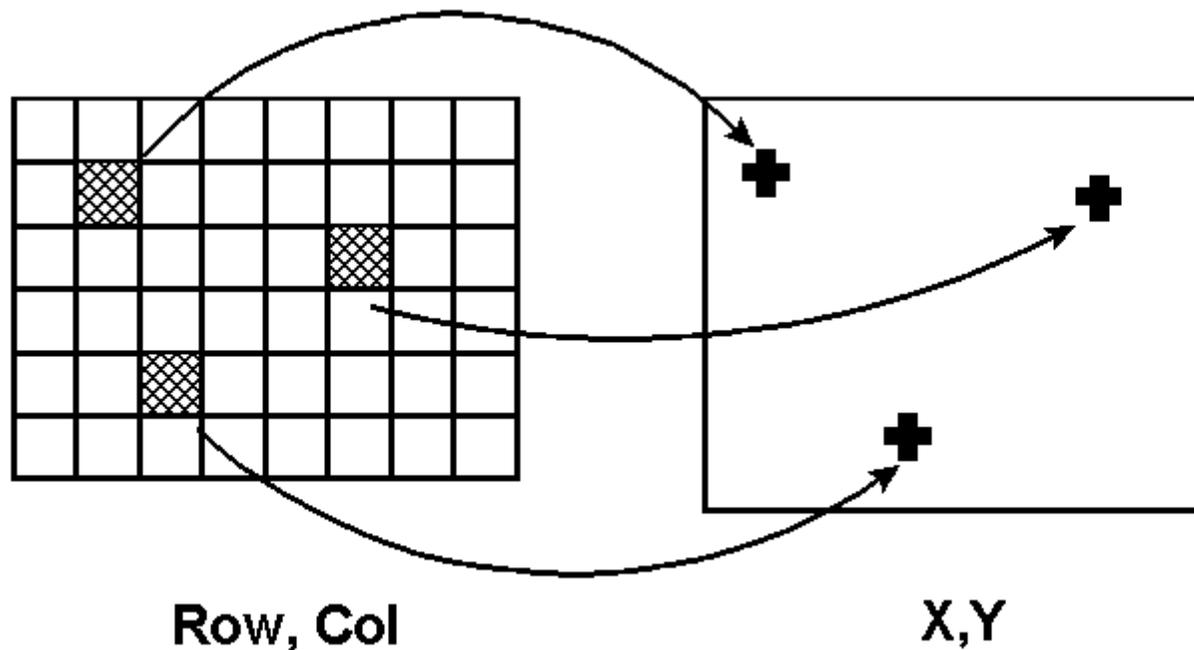


# Transformación de 2o. Orden

- Traslación
- Rotación
- Escaleo
- No preservación de paralelos
- Lineas rectas se convierten en curvas



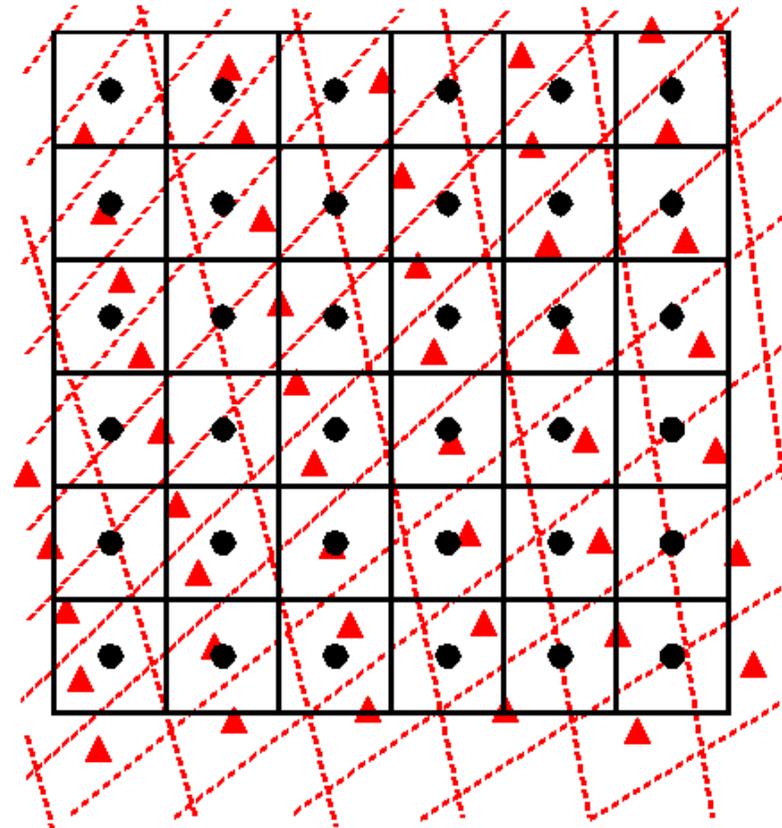
# Registro Imagen a Mapa (transformación geométrica)



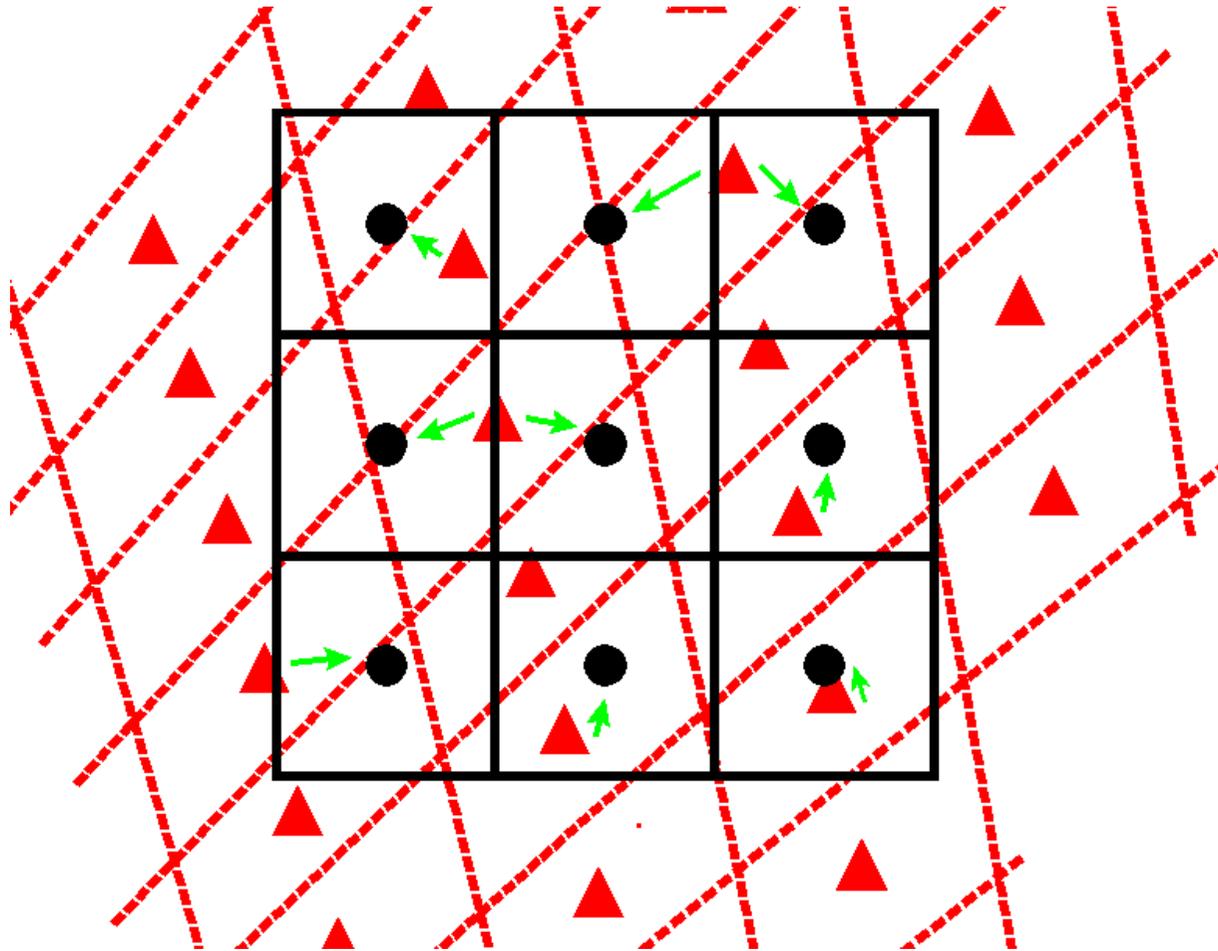
Nota: El mapa debe estar referenciado a la imagen

# Resampleo (remuestreo)

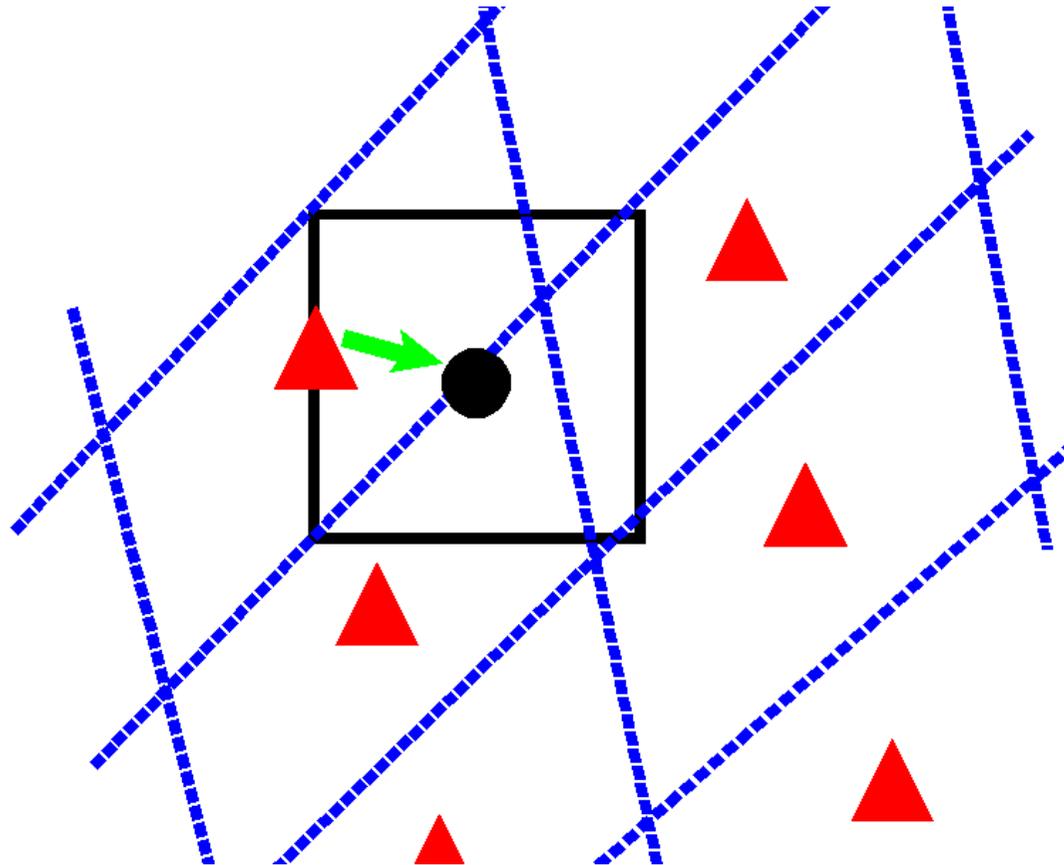
- Los pixeles de una imagen georeferenciada y una base de datos raster no coinciden



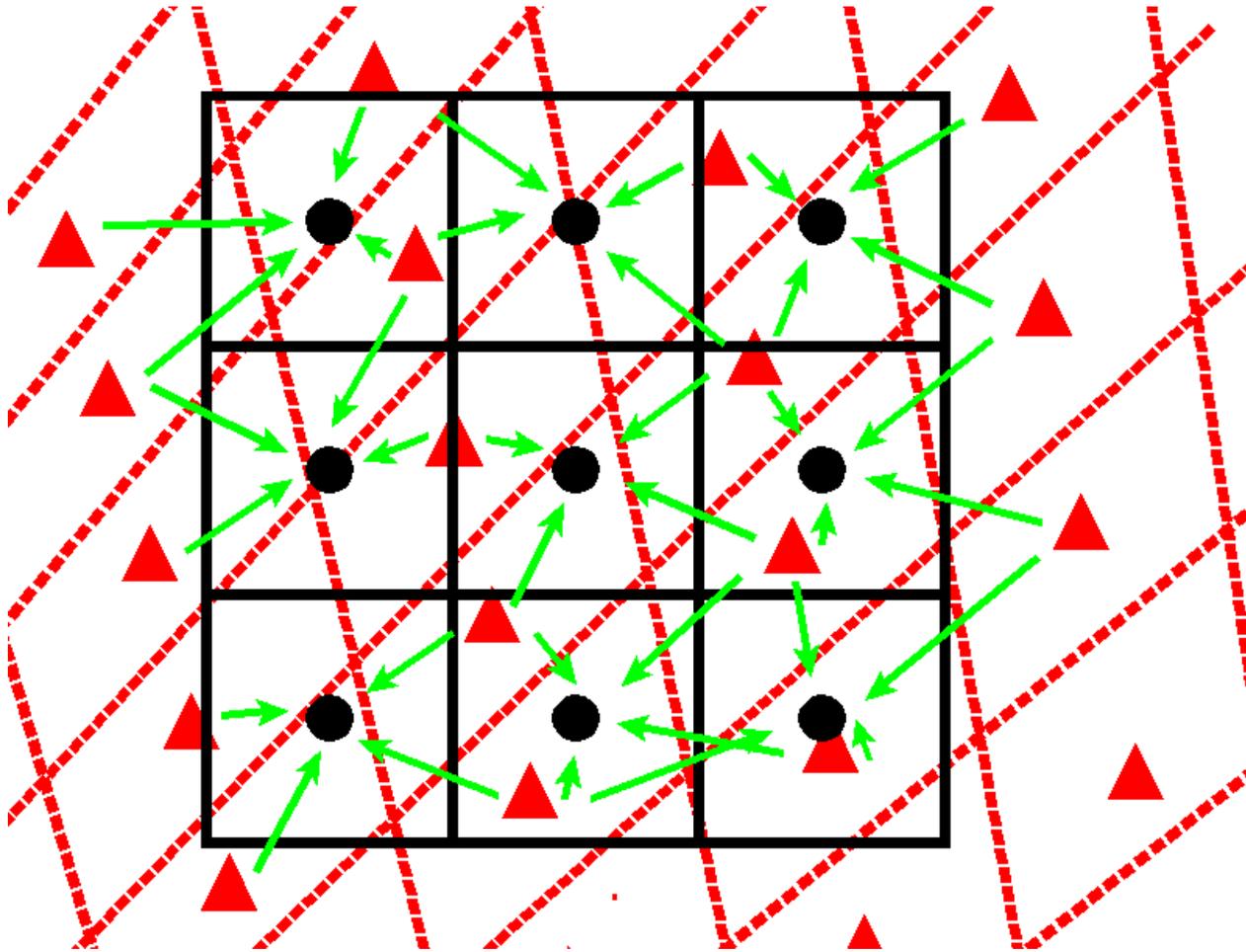
# Resamplero con Vecino Mas Cercano (nearest neighbour)



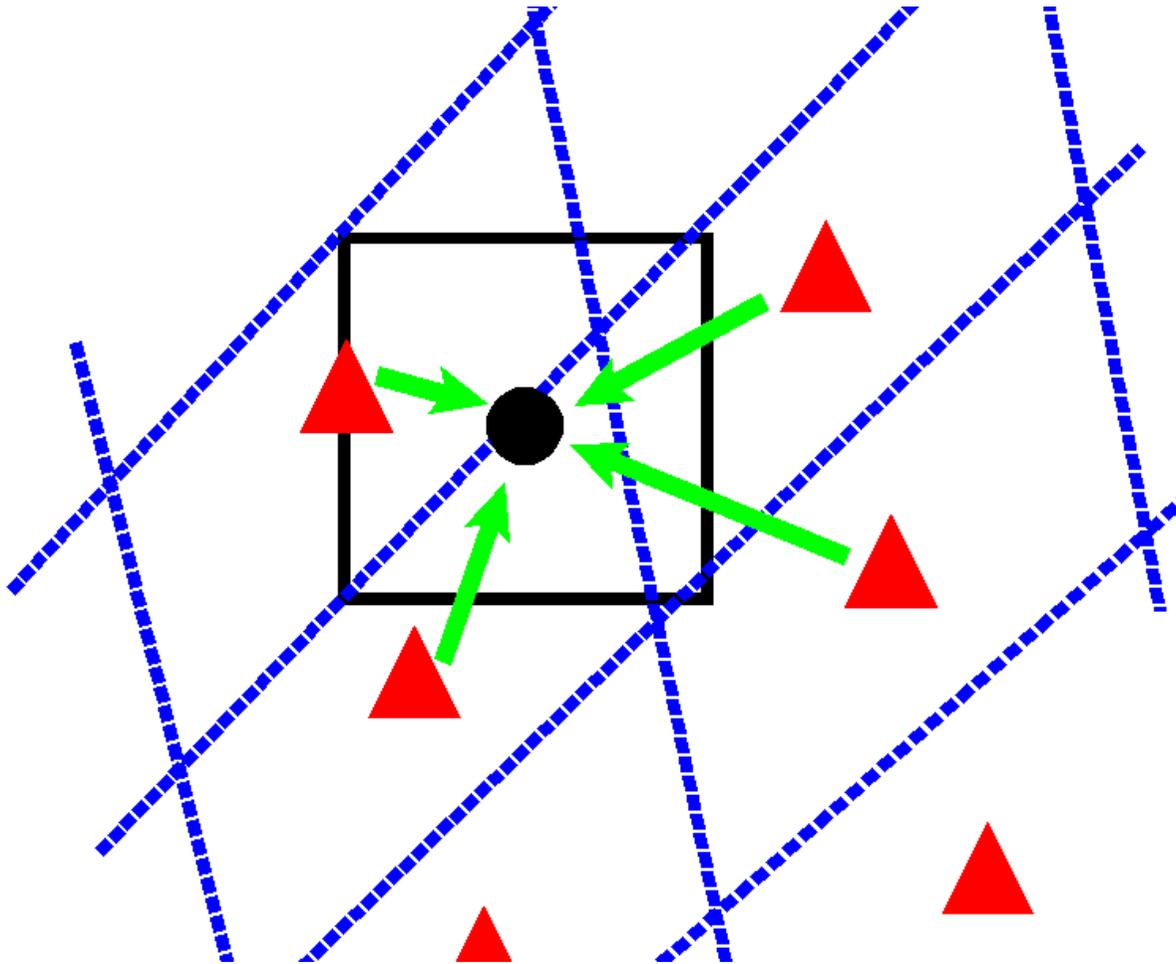
# Resampleo con Vecino Mas Cercano: una vista mas cercana



# Resampleo Bi-líneal (4 vecinos)



# Resamplero Bi-líneoal: un acercamiento



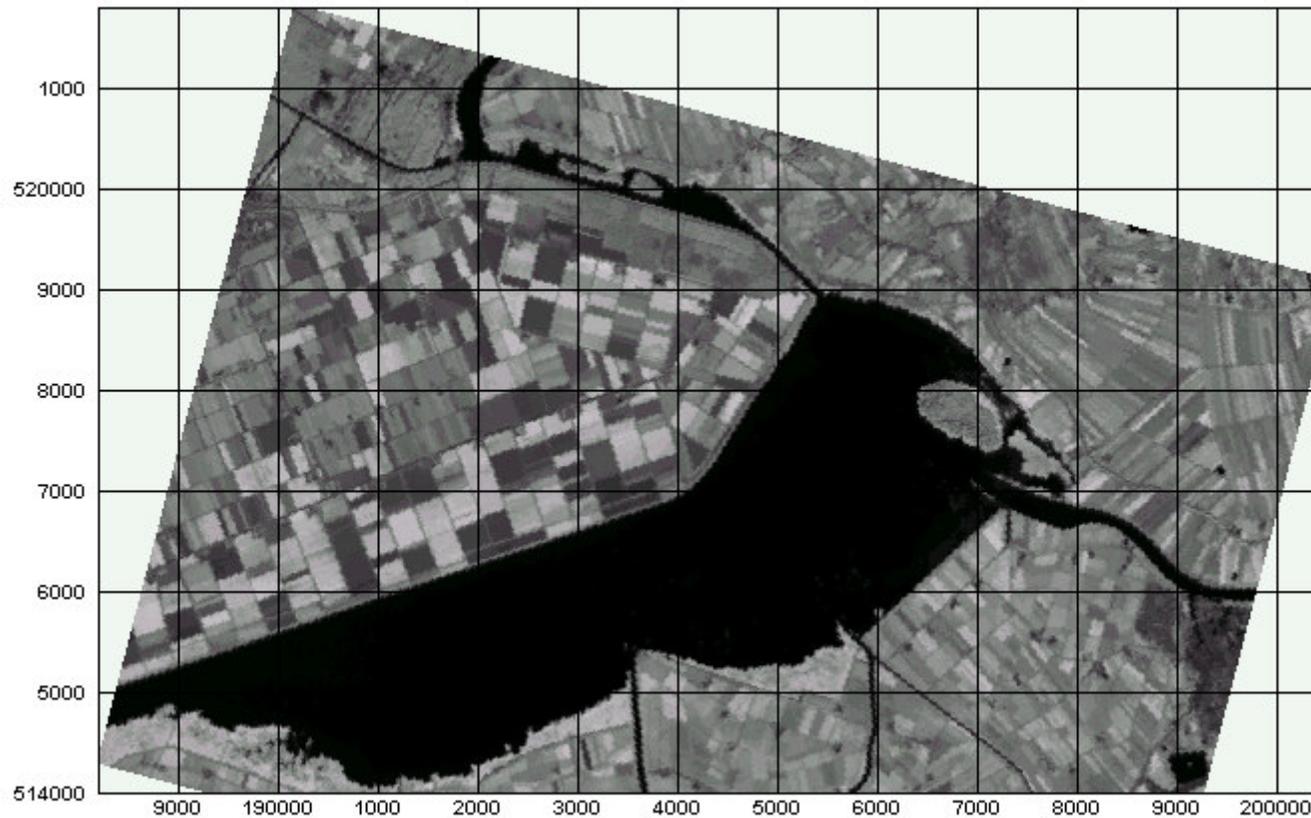
# Resumen de Correcciones Geométricas: 1 – La imagen Original



# Resumen de Correcciones Geométricas: 2 – La imagen Georreferenciada



# Resumen de Correcciones Geométricas: 3 – Resamplado y Geo-codificación



# Resumen de Correcciones Geométricas: 4 – La imagen Geocodificada y un mapa

