SENSORES REMOTOS

Edier V. Aristizábal G.

evaristizabalg@unal.edu.co

(Versión:July 25, 2020)

Las Resoluciones

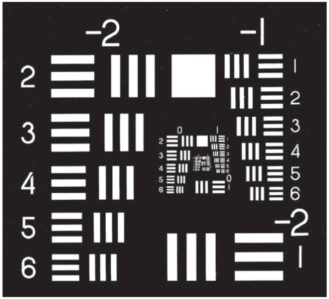
- Resolución Espacial (detalle en el terreno)
- Resolución Espectral (número de bandas)
- Resolución Temporal (frecuencia de revisita)
- Resolución Radiométrica (niveles de gris)

Relución espacial

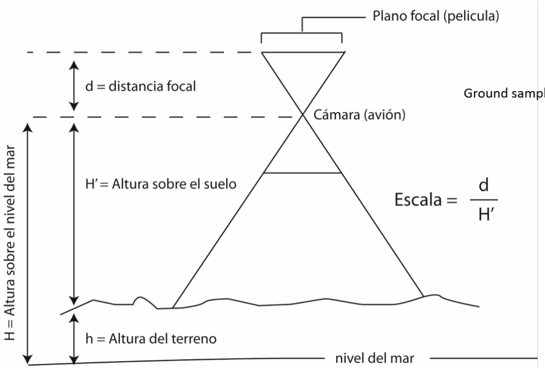
Para films (análogas)$\rightarrow$ resolving power of the film

125 pares de lp/mm a un contraste de 1000:1

La resolución es función de la distribución del tamaño de los granos de silver halide en la emulsión. Los films con granos gruesos tienen una resolución menor sin embargo son mas sensibles o rápidos a la luz, por el contrario con granos mas finos tienen mas resolución, pero son menos sensible o lentos a la luz.



Escala



Ground sample distance (GSD)

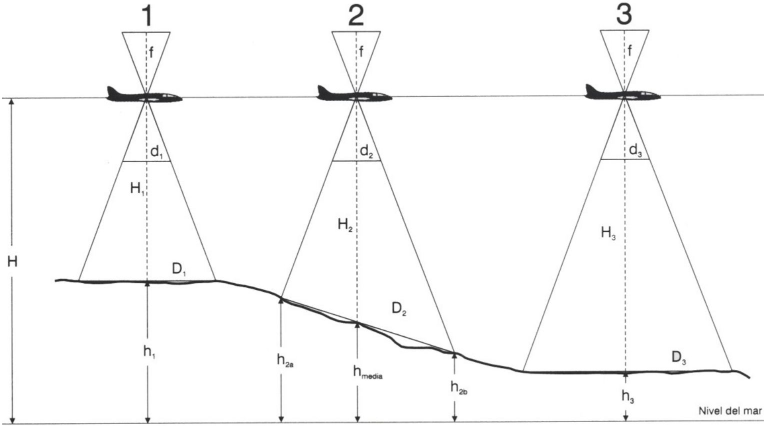
Instantaneous field of view (IFOV)

$$\frac{O}{Z} = \frac{i}{f}$$

$$\frac{i}{O} = \frac{Z}{f}$$

O = longitud del objeto observado
Z = distancia entre el objeto y el sensor
i = Dimensión lineal del pixel
F= distancia focal

Variación de la Escala

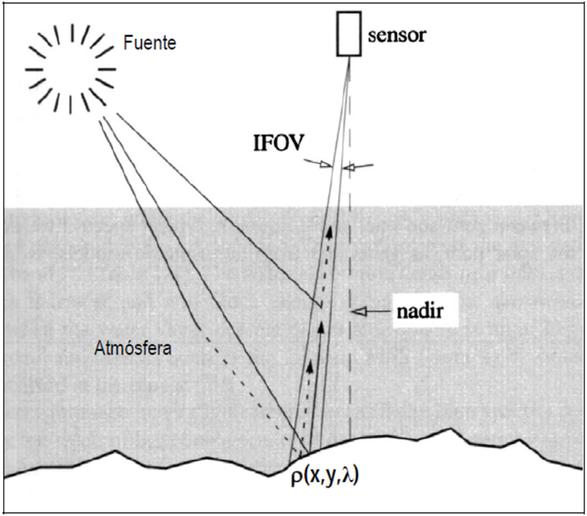


$$E_1 = 1 / [(H-h_1)/f] \qquad E_2 = 1 / [(H-h_{media})/f] \qquad E_3 = 1 / [(H-h_3)/f]$$

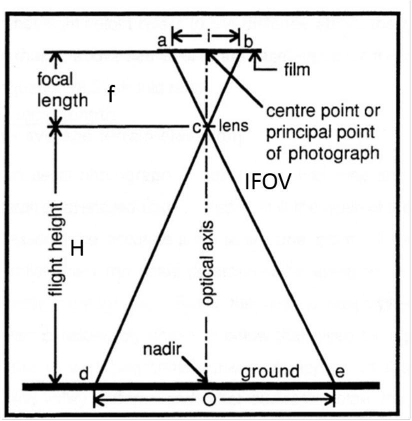
Escalas grandes (1/10.000)

Escalas pequeñas (1:50.000)

Instantaneous Field of View (IFOV)



Resolución Espacial



GSD

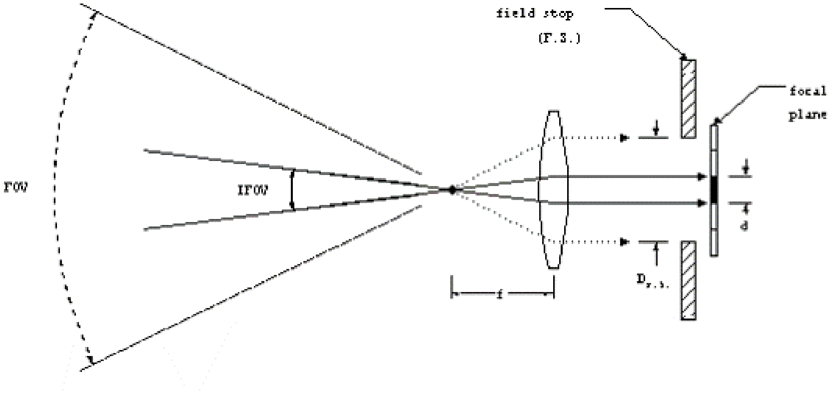
Instantaneous field of view (IFOV)

$$\frac{O}{H} = \frac{i}{f}$$

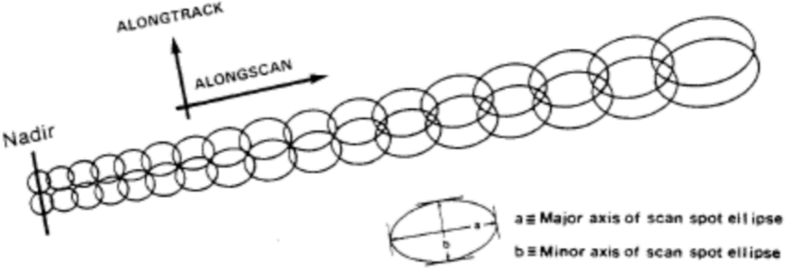
$$\frac{1}{escala} = \frac{i}{O} = \frac{CCD}{GSD} = \frac{f}{H}$$

O = Longitud del objeto observado
H = Distancia entre el objeto y el sensor
i = Dimensión lineal del pixel
f = distancia focal
CCD = Tamaño del detector
GSD = Ground sample Distance

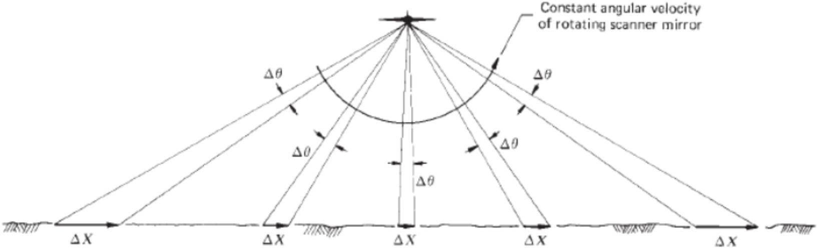
Instantaneous Field of View (IFOV)



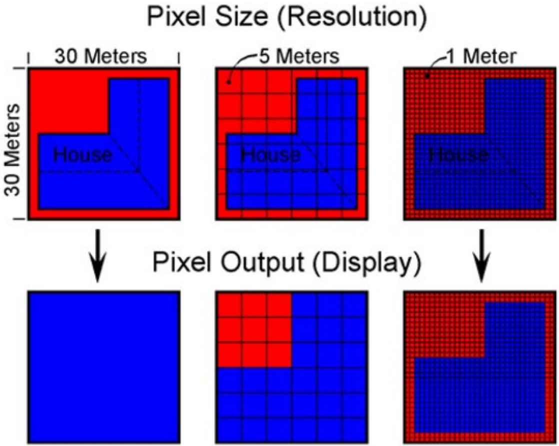
Instantaneous Field of View (IFOV)

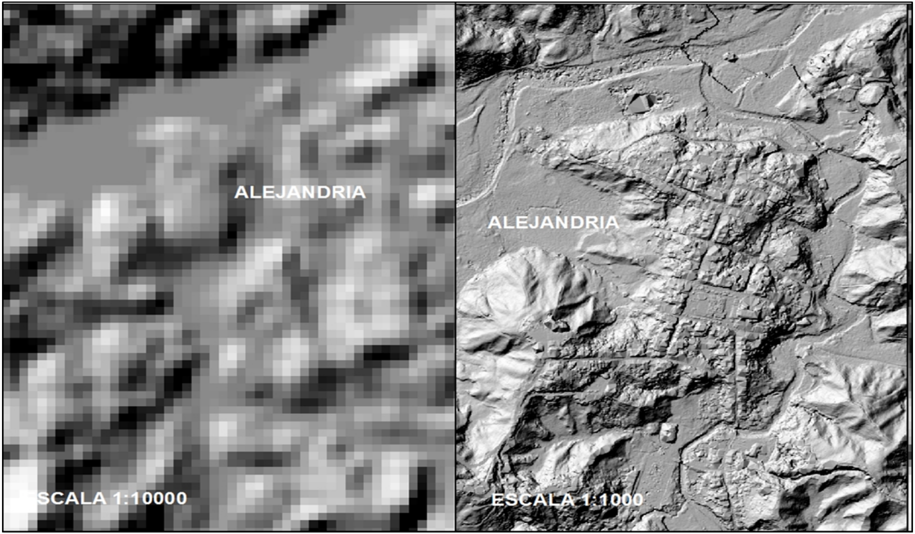


Instantaneous Field of View (IFOV)



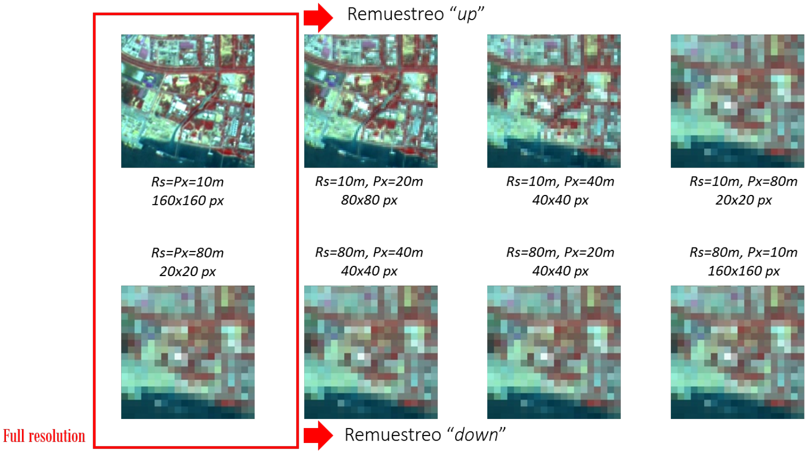
Ground Sample Distance (GSD)




ALEJANDRIA
SCALA 1:10000
ALEJANDRIA
ESCALA 1:1000

Rs vs. Px vs. GSD

La Rs es diferente al Px y al GSD. Sólo son iguales cuando se encuentra a resolución completa.



https://crisp.nus.edu.sg/ research/tutorial/rsmain.htm

Resolución espacial vs. Escala

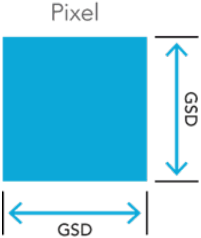
Scale 1:50,000
Cell size: 61 cm

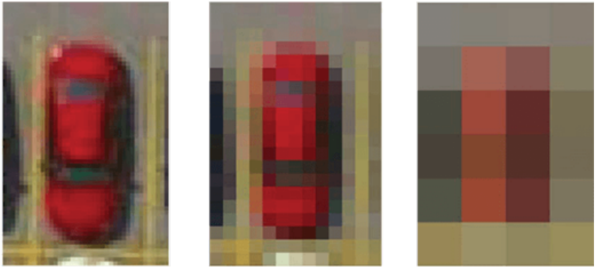
Scale 1:2,500
Cell size: 61 cm

The scale of the image on the left (1:50,000) is smaller than the scale of the image on the right (1:2,500); however, the spatial resolution (cell size) of the data is the same.

Cuántos pixeles?

El procesamiento de imágenes está interesado no solamente en la **Detección**: *discernir discretamente los objetos*, sino también en **Reconocer**: *determinar que tipo de objeto es*, y en la **Identificación**: *identificar el objeto específicamente.*





Área Mínima Cartografiable (AMC)

Pero el nivel de detalle no está limitado sólo por la escala, o la resolución espacial o el número de pixeles, Tambien por el Área Mínima Cartografiable.

AMC: Mínima área de un elemento que debe ser representado en un mapa

http://www.gisandbeers.com/area-minima-cartografiable-mapa/

Área Mínima Cartografiable

Criterio Salitchev (1979) 4mm x 4mm

CUADRO 1. ÁREA MÍNIMA CARTOGRAFIABLE PARA DIFERENTES ESCALAS (SALITCHEV 1979)

Escala	1 cm igual a		1 mm igual a		Área mínima cartografiable (4 x 4 mm)	
	m	km	m	km	m^2	km^2
1:500	5	0.005	0.5	0.0005	4	0.000004
1:1,000	10	0.01	1	0.001	16	0.000016
1:2,000	20	0.02	2	0.002	64	0.000064
1:5,000	50	0.05	5	0.005	400	0.0004
1:10,000	100	0.1	10	0.01	1,600	0.0016
1:20,000	200	0.2	20	0.02	6,400	0.0064
1:25,000	250	0.25	25	0.025	10,000	0.01
1:50,000	500	0.5	50	0.05	40,000	0.04
1:100,000	1,000	1	100	0.1	160,000	0.16
1:250,000	2,500	2.5	250	0.25	1,000,000	1
1:500,000	5,000	5	500	0.5	4,000,000	4
1:1,000,000	10,000	10	1000	1	16,000,000	16
1:6,000,000	60,000	60	6000	6	576,000,000	576

Tamaño del pixel adecuado

MLA (Minimum Legible Area) = Área mas pequeña del terreno que puede pintarse en el mapa.
MLD (Minimum Legible Delineation) = Área mas pequeña del mapa que puede ser pintada.

Criterios propuestos:

McBratney et al. (2003) sugiere que debe existir al menos 2 x 2 pixeles para representar el objeto de interés mas pequeño de forma redondeada y al menos 2 pixeles para representar el ancho de un objeto elongado.

Rossiter (2003) sugiere que 4 pixeles pueden ser consideradas como el MLD → Área de 1 pixel = MLD/4

Vink (1975) → MLD = 0,25 cm^2 (25 mm^2)
MLA = 0,25 mm (para elaboración manual) – 0,10 mm (para cartografía automática)

Ej. El pixel debe ser menor que el área mas pequeña a cartografiar (para que sean varios pixeles):

$$p \leqslant \sqrt{\frac{MLD}{4}} = \frac{\sqrt{SN^2 \cdot 0.000025}}{2} = SN \cdot 0.0025$$

1:50 K → (50.000)^2 x 0,000025 m^2 = 62,500 m^2
MLD corresponde a 62,500 m^2 en el terreno → p: 125 m

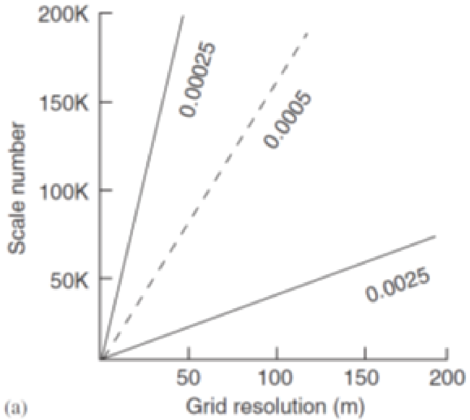
Ej. El pixel debe ser mayor que lo mas pequeño que puede pintarse en el mapa (en caso contrario no se podría pintar):

$$p \geqslant SN \cdot MLA = SN \cdot 0.00025\ (0.0001)$$

1:50 K → p = 0,25 mm (manual) x 50,000 = 12,5 m en el terreno
1:50 K → p = 0,10 mm (digital) x 50,000 = 5 m en el terreno

Fuente: Hengl (2006)

Tamaño del pixel adecuado



Tamaño del pixel adecuado

Regla de Waldo Tobler (1967)

"The rule is: divide the denominator of the map scale by 1,000 to get the detectable size in meters. The resolution is one half of this amount."

*Map Scale = Raster resolution (in meters) * 2 * 1000*

Map scale	Detectable size (in meters)	Raster resolution (in meters)
1:1,000	1	0.5
1:5,000	5	2.5
1:10,000	10	5
1:50,000	50	25
1:100,000	100	50
1:250,000	250	125
1:500,000	500	250
1:1,000,000	1,000	500

Tamaño del pixel adecuado

Número de pixeles: 16

SISTEMA	RESOLUCION DEL PIXEL	HA/PIXEL	TAMAÑO MINIMO (ha) (16 Pixeles)	LADO (m)
LANDSAT 7 – TM	30 x 30	0.0900	14.4000	120
SPOT XS	20 x 20	0.0400	0.6400	80
SPOT PAN	10 x 10	0.0100	0.1600	40
IKONOS XS	4 x 4	0.0016	0.0256	16
IKONOS PAN	1 x 1	0.0010	0.0016	4

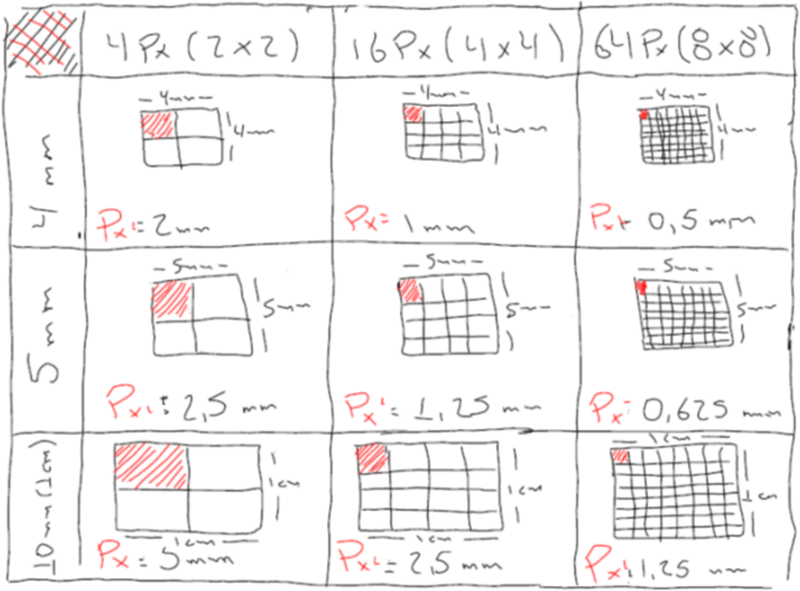
Ejemplo

LANDSAT Px=30 m & 4 Px muestreo mínimo

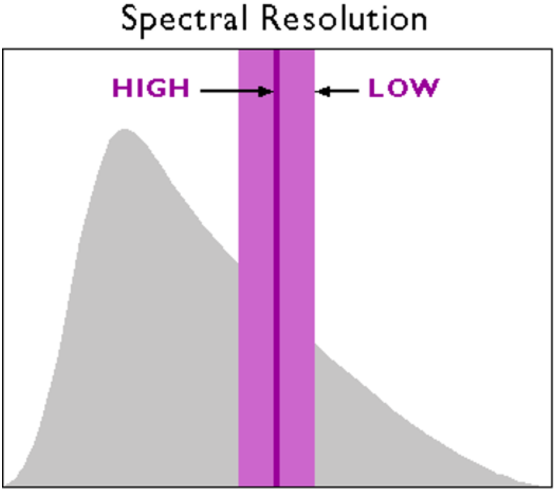
- MLD 1 mm x 1 mm → 1 mm=2 px → 1 mm= 60 m → 1:60.000
- MLD 4 mm x 4 mm (Salichev, 1979) → 2 mm=1 px → 2mm=30 m → 1:15.000
- MLD 1 cm x 1 cm → 1 px= 5 mm → 30m=5 mm → 1:6.000

LANDSAT Px=10 m & 64 Px muestreo mínimo

- MLD 1 mm x 1 mm →
- MLD 4 mm x 4 mm (Salichev, 1979) →
- MLD 1 cm x 1 cm →

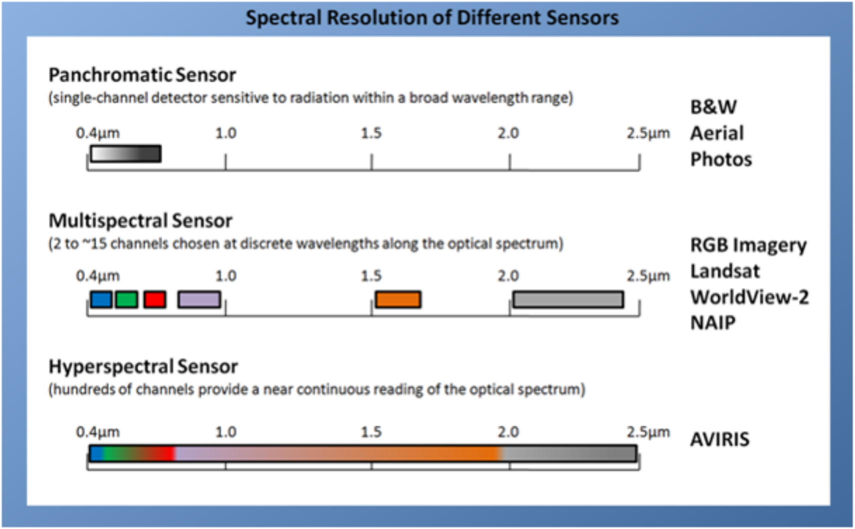

4Px (2x2)
16Px (4x4)
64Px (8x8)
4mm
5mm
10mm (1cm)
Px= 2mm
Px= 1mm
Px= 0,5 mm
Px= 2,5 mm
Px= 1,25 mm
Px= 0,625 mm
1cm
Px= 5mm
Px= 2,5 mm
Px= 1,25 mm

Resolución Espectral



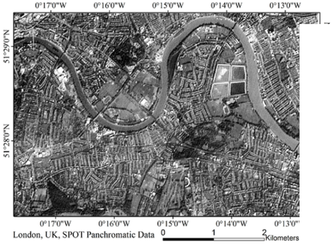
Resolución Espectral

Resolución Espectral

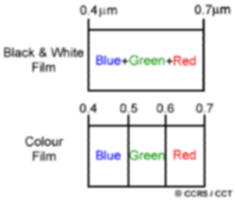


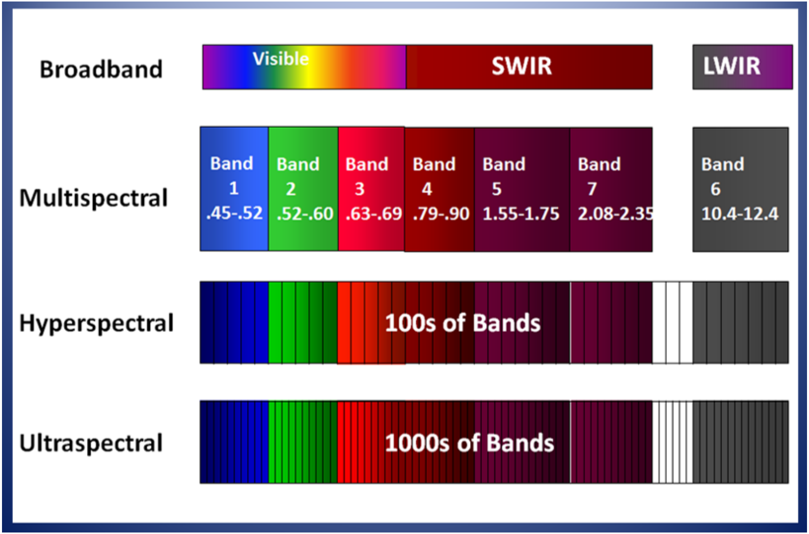
Sharpening

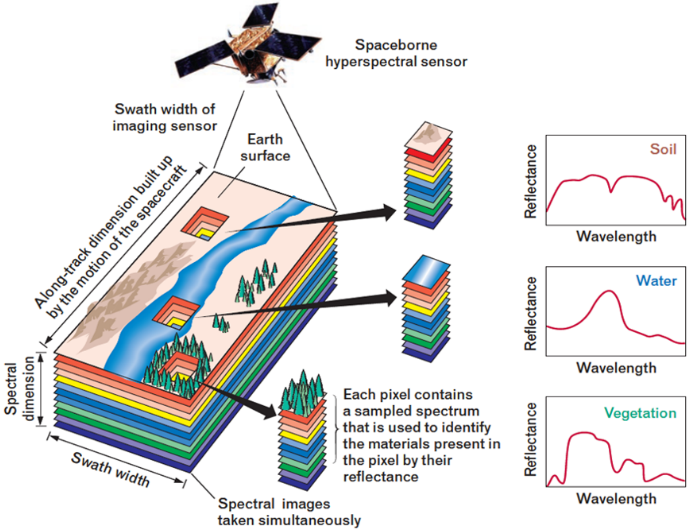
(a)

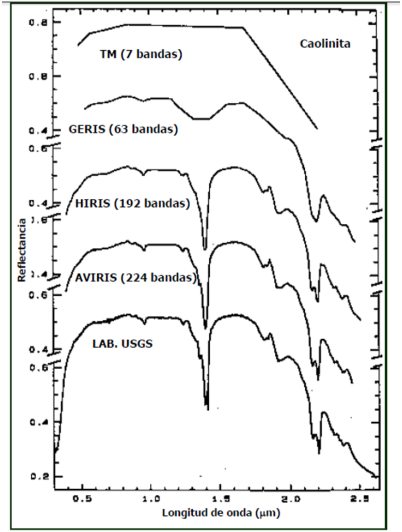


(b)

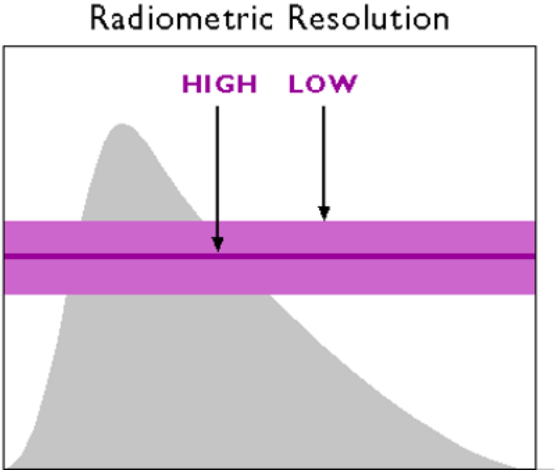


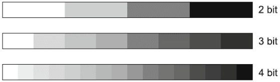

Broadband
Visible
SWIR
LWIR
Multispectral
Band 1 .45-.52
Band 2 .52-.60
Band 3 .63-.69
Band 4 .79-.90
Band 5 1.55-1.75
Band 7 2.08-2.35
Band 6 10.4-12.4
Hyperspectral
100s of Bands
Ultraspectral
1000s of Bands

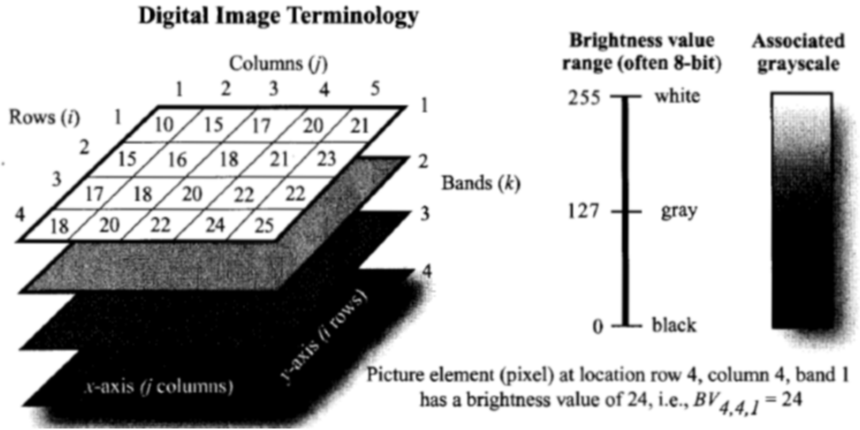

Spaceborne
hyperspectral sensor
Swath width of
imaging sensor
Earth
surface
Along-track dimension built up
by the motion of the spacecraft
Spectral
dimension
Swath width
Spectral images
taken simultaneously
Each pixel contains
a sampled spectrum
that is used to identify
the materials present in
the pixel by their
reflectance
Reflectance
Soil
Wavelength
Reflectance
Water
Wavelength
Reflectance
Vegetation
Wavelength


Caolinita
TM (7 bandas)
GERIS (63 bandas)
HIRIS (192 bandas)
AVIRIS (224 bandas)
LAB. USGS
Reflectancia
Longitud de onda (µm)

Resolución Radiométrica



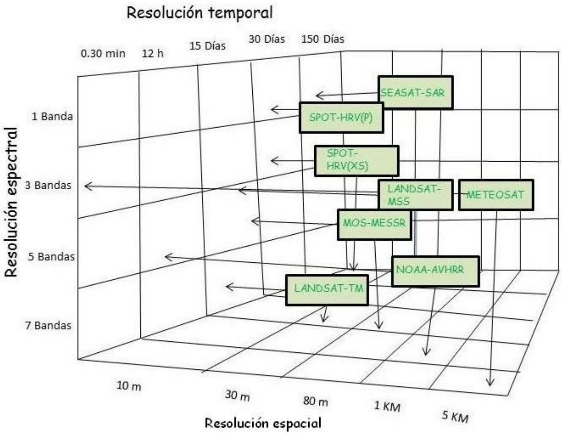


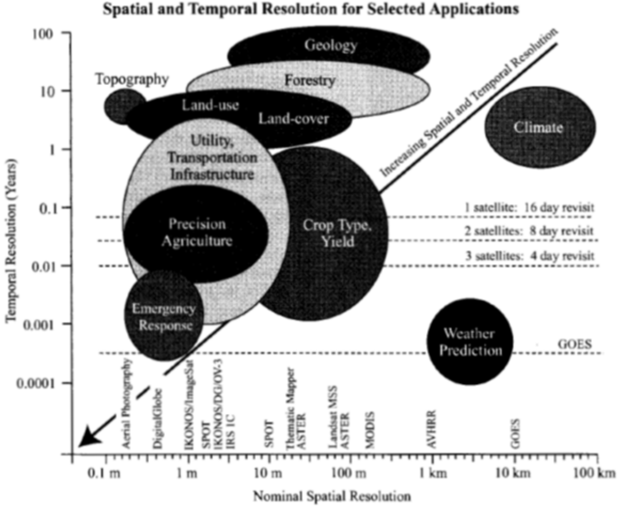


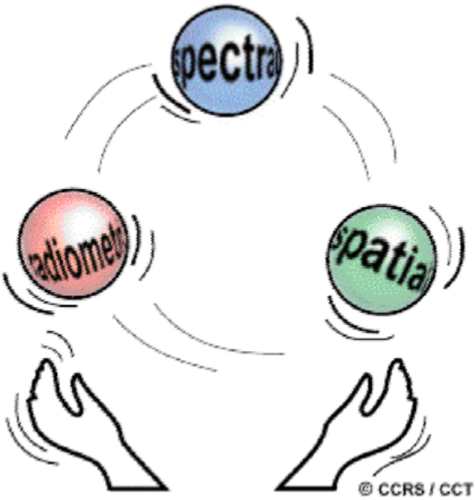
Digital Image Terminology
Columns (j)
1 2 3 4 5
Rows (i)
1
2
3
4
10 15 17 20 21
15 16 18 21 23
17 18 20 22 22
18 20 22 24 25
1
2
3
4
Bands (k)
x-axis (j columns)
y-axis (i rows)
Brightness value range (often 8-bit)
255 white
127 gray
0 black
Associated grayscale
Picture element (pixel) at location row 4, column 4, band 1 has a brightness value of 24, i.e., $BV_{4,4,1} = 24$


8 bits


1 bit


Resolución temporal
0.30 min
12 h
15 Días
30 Días
150 Días
Resolución espectral
1 Banda
3 Bandas
5 Bandas
7 Bandas
SEASAT-SAR
SPOT-HRV(P)
SPOT-HRV(XS)
LANDSAT-MSS
METEOSAT
MOS-MESSR
NOAA-AVHRR
LANDSAT-TM
10 m
30 m
80 m
1 KM
5 KM
Resolución espacial


Spatial and Temporal Resolution for Selected Applications
Geology
Topography
Forestry
Land-use
Land-cover
Utility, Transportation Infrastructure
Climate
Increasing Spatial and Temporal Resolution
Precision Agriculture
Crop Type, Yield
1 satellite: 16 day revisit
2 satellites: 8 day revisit
3 satellites: 4 day revisit
Emergency Response
Weather Prediction
GOES
Temporal Resolution (Years)
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
Aerial Photography
DigitalGlobe
IKONOS/ImageSat
SPOT
IKONOS/DG/OV-3
IRS 1C
SPOT
Thematic Mapper
ASTER
Landsat MSS
ASTER
MODIS
AVHRR
GOES
0.1 m
1 m
10 m
100 m
1 km
10 km
100 km
Nominal Spatial Resolution



pectra
adiomet
patia
© CCRS / CCT