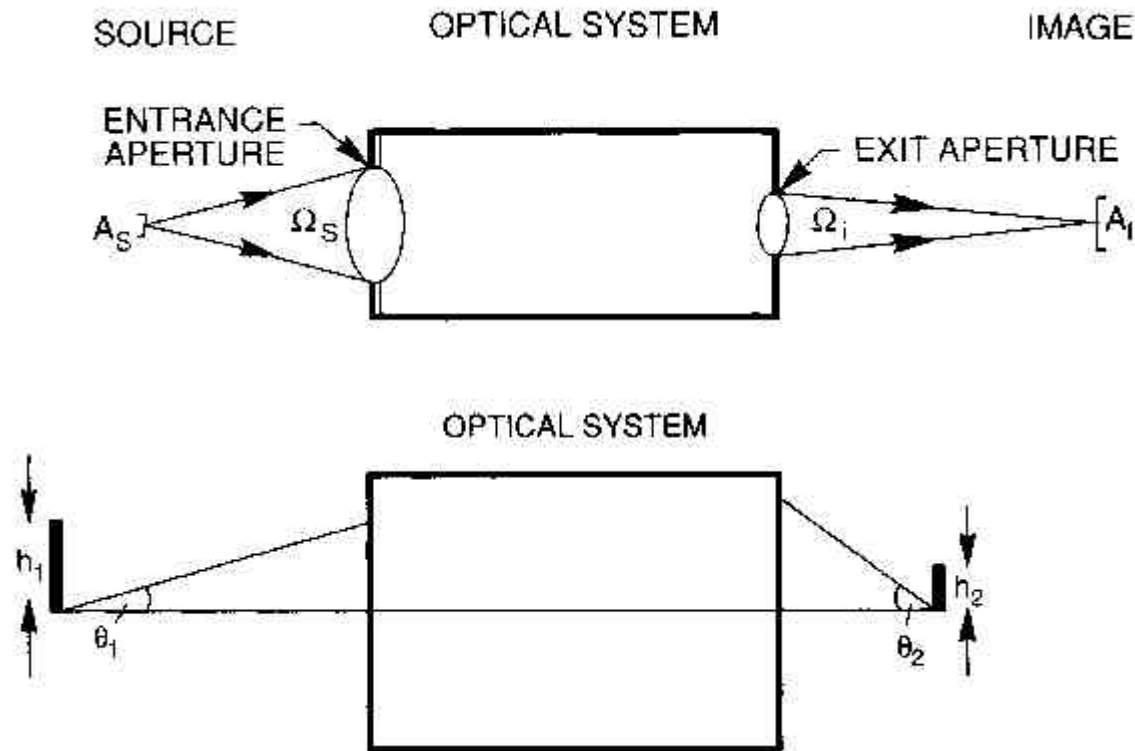


Formación de la imagen en un sistema óptico :





Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

Potencia captada por un fotodetector en un sistema óptico :

$$S_0^{detector} = \frac{L_{incidentedetector}}{G_{\#}} A_{detector} B$$

$$G_{\#} \approx \frac{1 + 4 F_{\#}^2}{t_{optica} p} \quad [srad^{-1}]$$

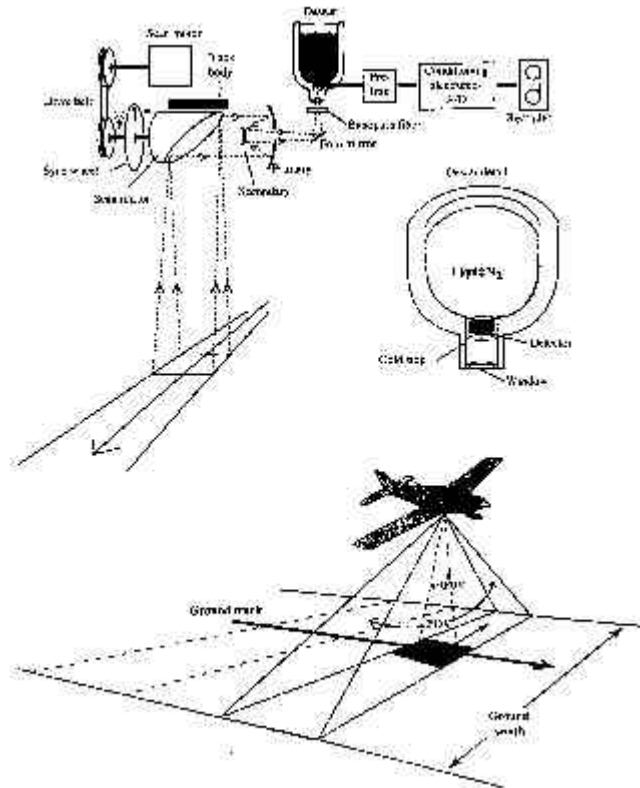
$$F_{\#} = \frac{f}{D}$$

Resolución angular :

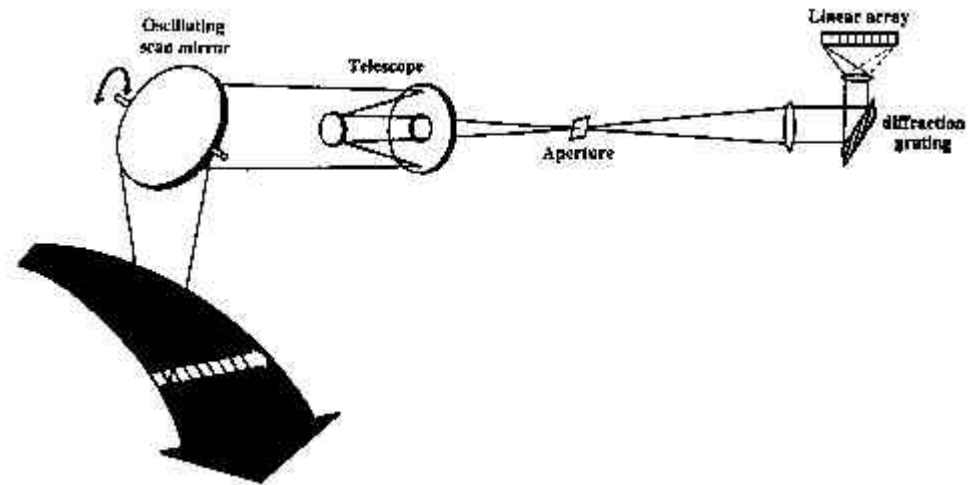
$$IFOV \approx \frac{l_{detector}}{f} \quad [rad]$$

- Configuraciones de sensores:

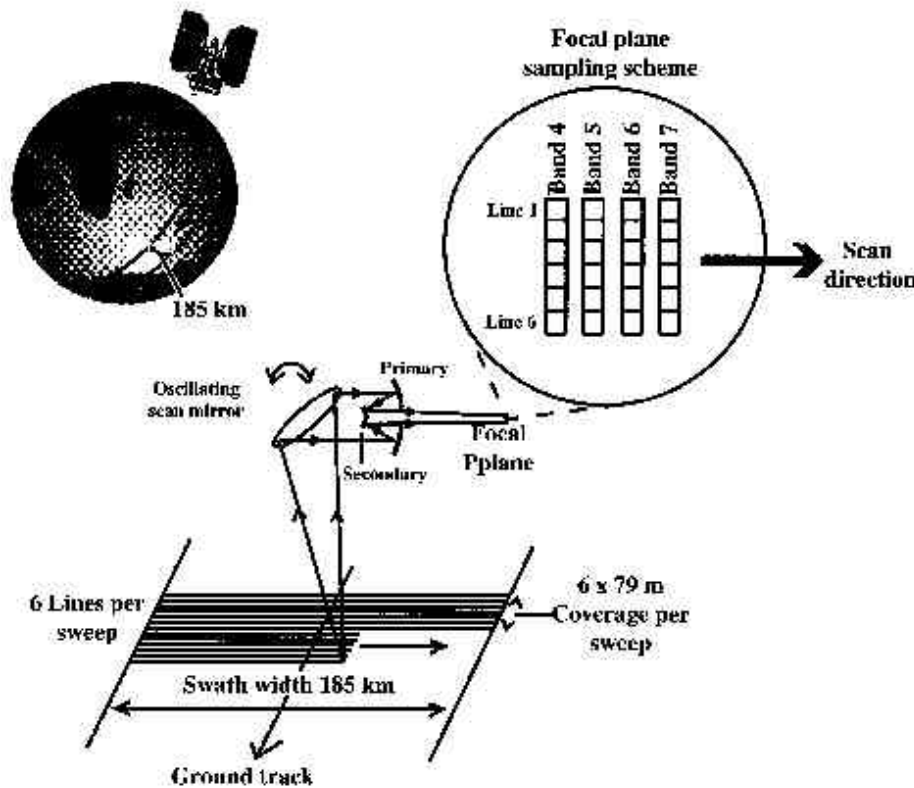
Scanner de línea de un canal



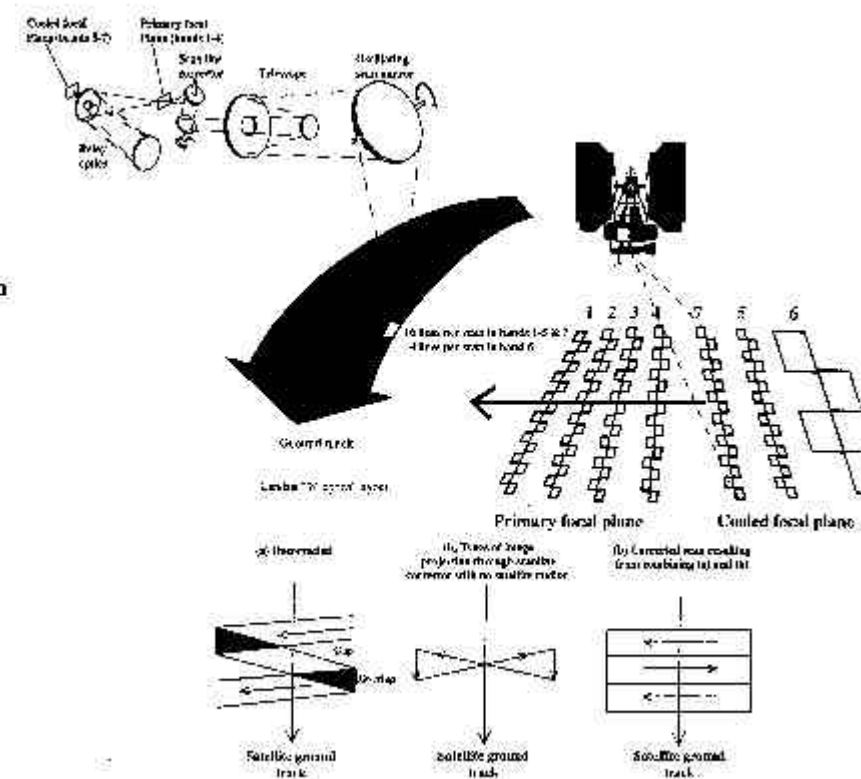
Scanner de línea multispectral



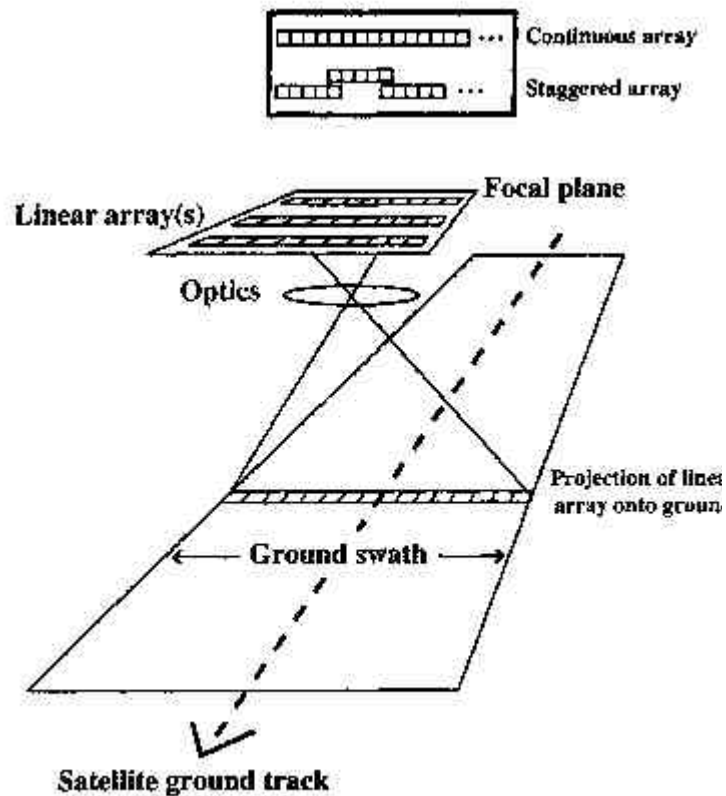
Barrido whisk-broom (LANDSAT-MSS)



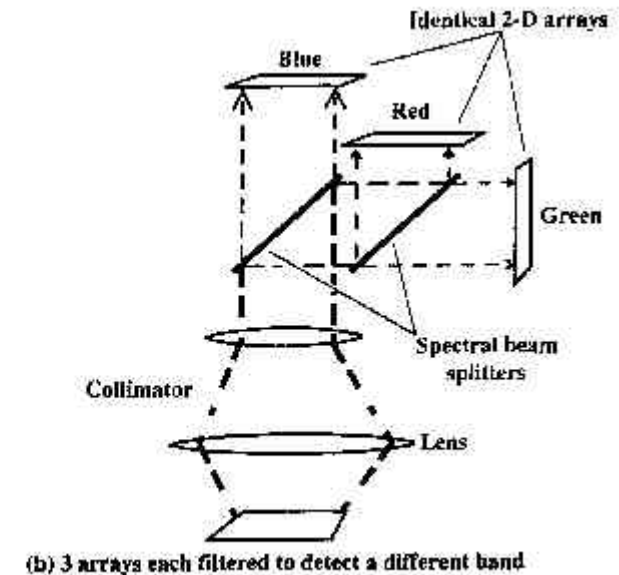
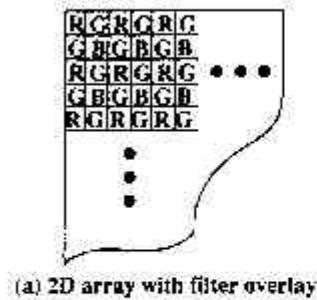
Barrido bow-tie (LANDSAT-TM)



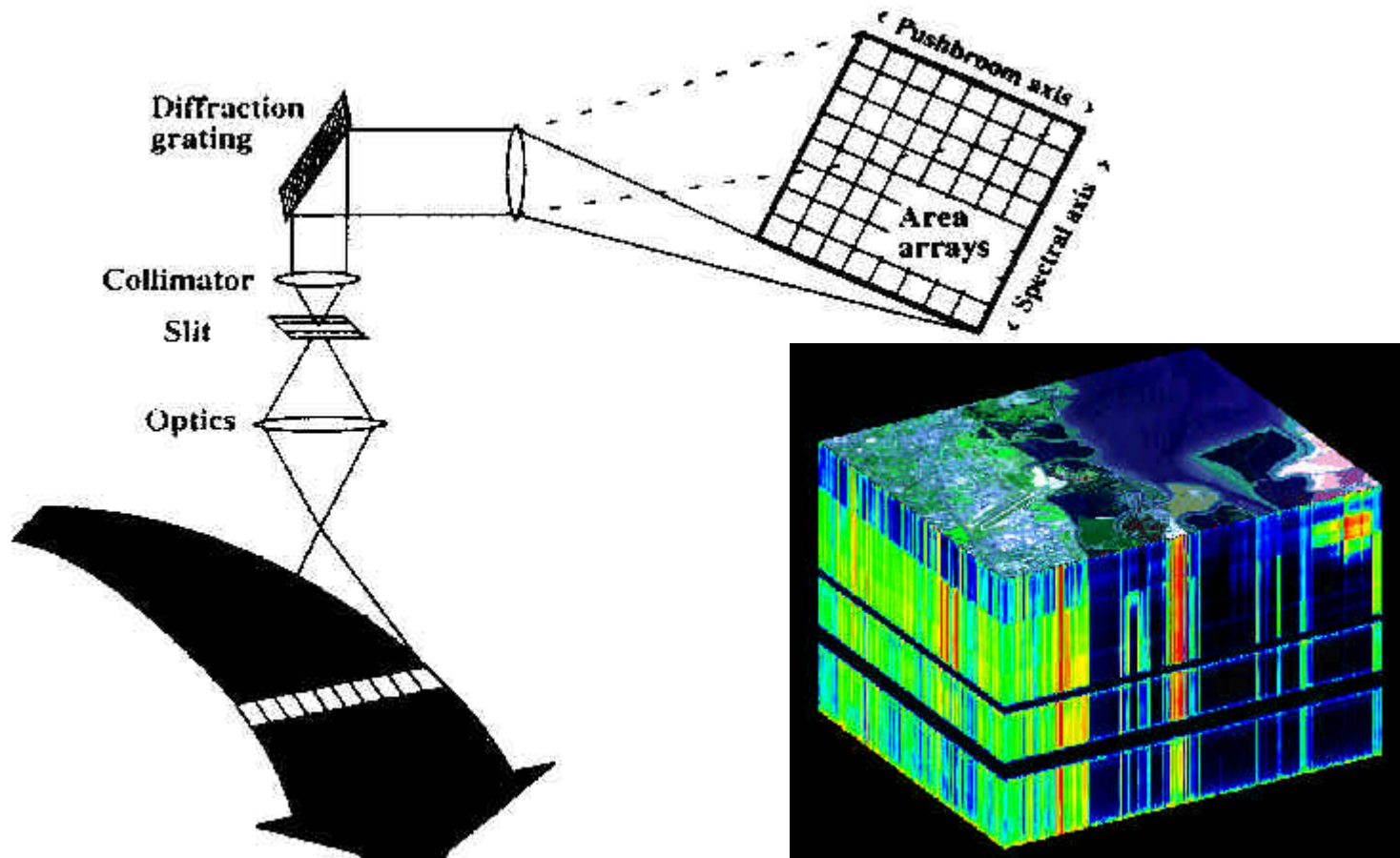
Barrido push-broom (array continuo o entrelazado)



Framing arrays



Sensores Hiperespectrales (i)



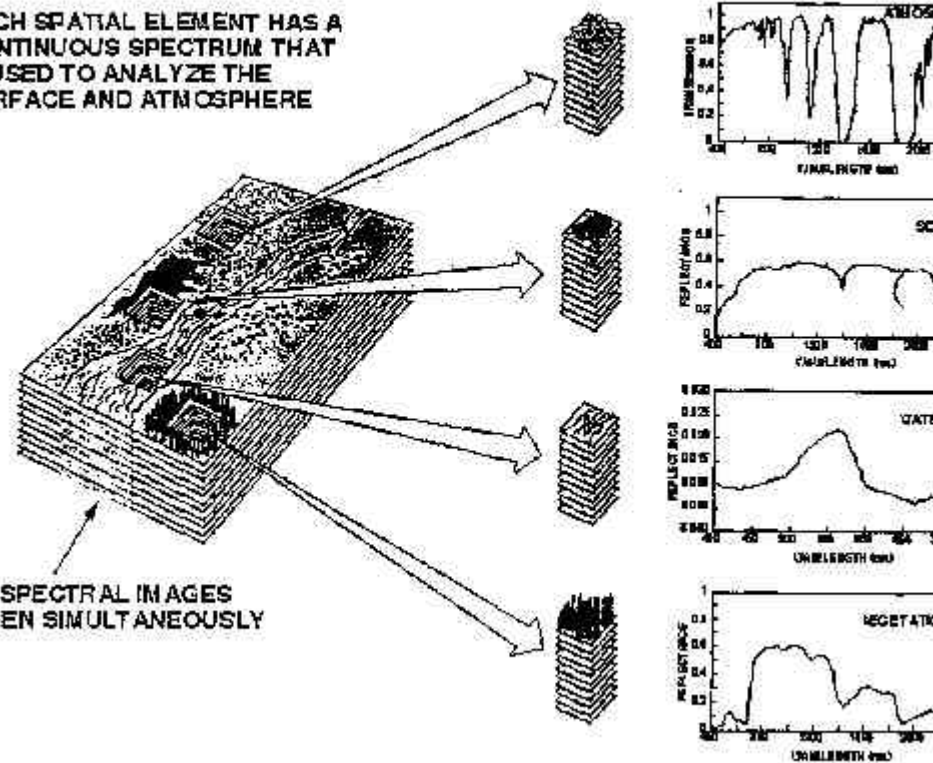
Sensores Hiperespectrales (ii)

JPL

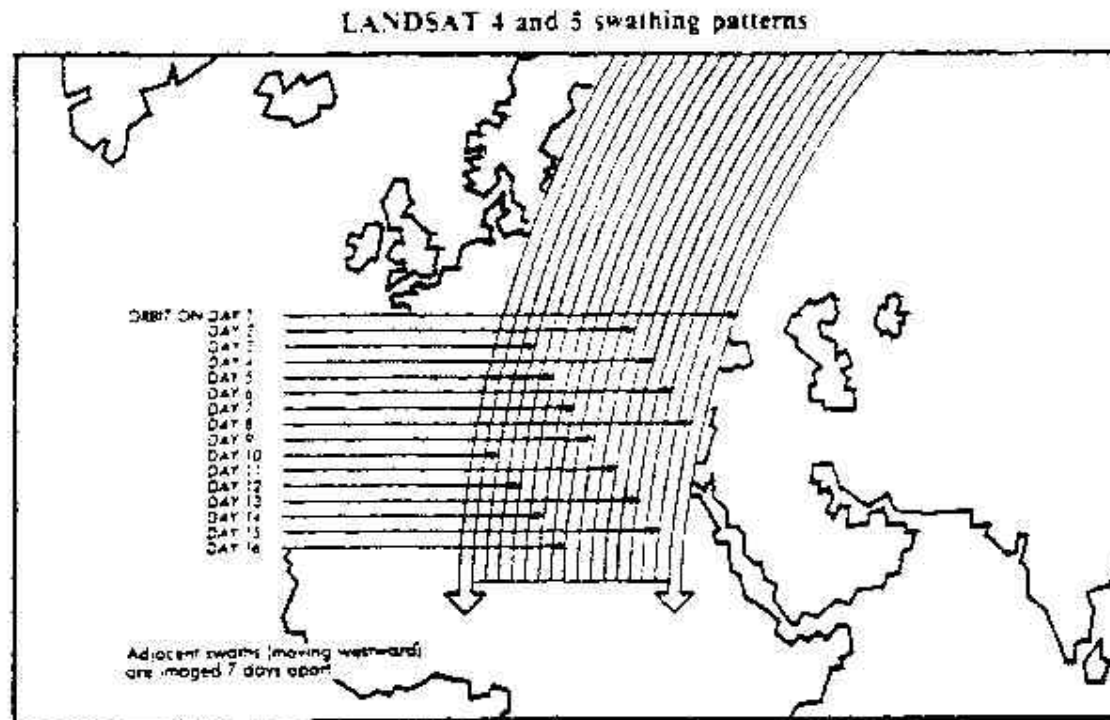
AVIRIS CONCEPT

EACH SPATIAL ELEMENT HAS A CONTINUOUS SPECTRUM THAT IS USED TO ANALYZE THE SURFACE AND ATMOSPHERE

224 SPECTRAL IMAGES TAKEN SIMULTANEOUSLY



6.6. Ejemplos de programas LANDSAT





Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

LANDSAT MultiSpectral Scanner (MSS)

Tamaño escena: 184 x 172 Km, 8 bits/pixel

Nº banda (LANDSAT 1-3) 56 x 79 m	Nº banda (LANDSAT 4-5) 57 x 82 m	Fotodetector	Rango espectral	NE ρ	Aplicación
4	1	PMT	0.5-0.6 μm	0.57%	Salud vegetación Mapeado aguas costeras
5	2	PMT	0.6-0.7 μm	0.87%	Clasificación vegetación
6	3	PMT	0.7-0.8 μm	0.68%	Delineación masas agua
7	4	Fotodiodo	0.8-1.1 μm	0.70%	“



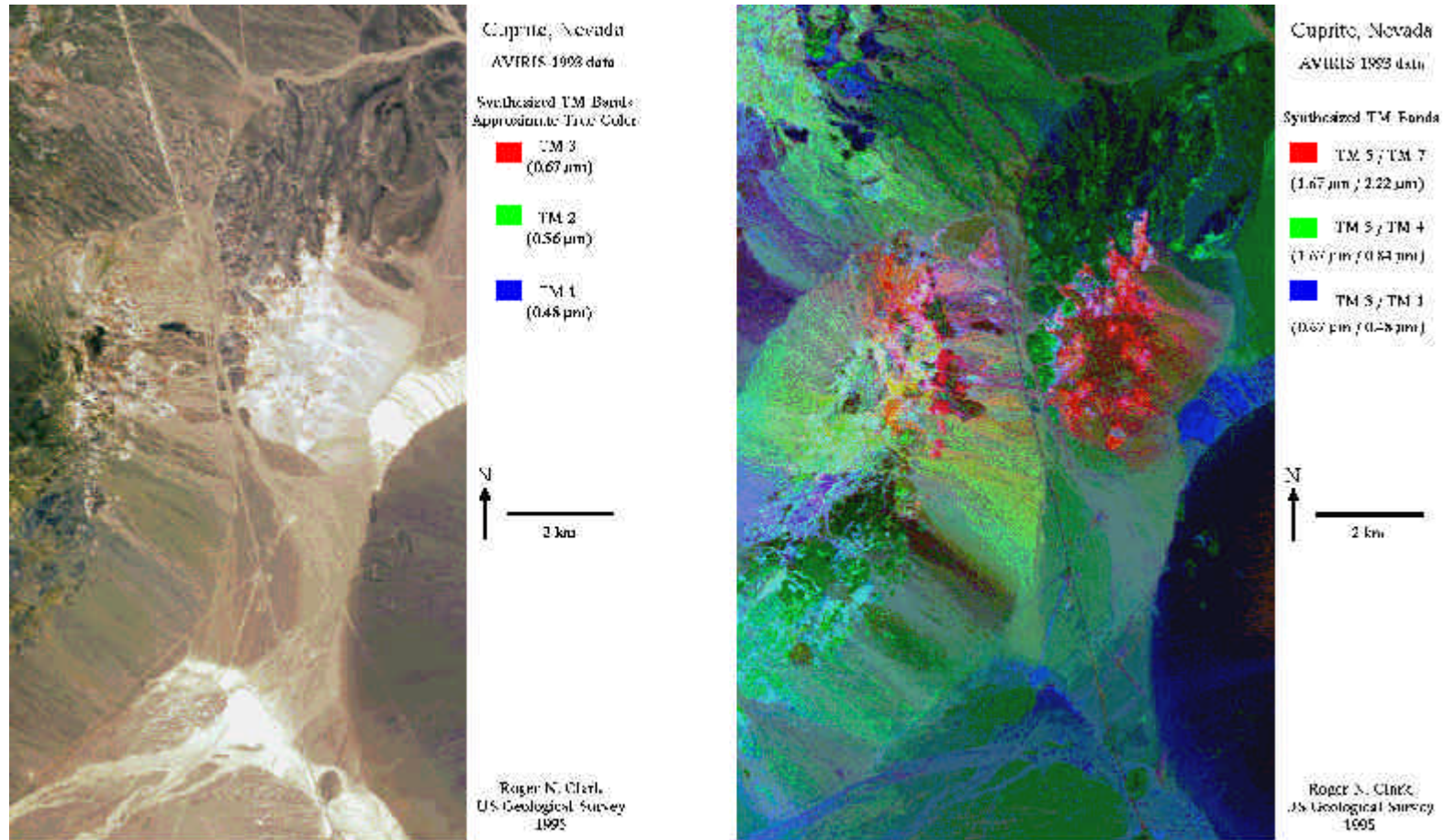
Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

LANDSAT Thematic Mapper (TM)

Tamaño escena: 184 x 172 Km, 8 bits/píxel

Nº banda	Tamaño píxel	Rango espectral	NE $\Delta\rho$	Aplicación
1	30 x 30 m	0.45-0.52 μm	0.8%	Mapeado aguas costeras Diferenciación suelo-vegetación Diferenciación veg. hoja caduca-coníferas
2	30 x 30 m	0.52-0.60 μm	0.5%	Salud vegetación
3	30 x 30 m	0.63-0.69 μm	0.5%	Clasificación vegetación
4	30 x 30 m	0.75-0.90 μm	0.5%	Estudios biomasa Delimitación masas agua
5	30 x 30 m	1.55-1.75 μm	1.0%	Diferenciación nubes-nieve Contenido de agua en vegetación, suelo
6	120 x 120 m	10.40-12.50 μm	0.5K	Temperatura Salud vegetación
7	30 x 30 m	2.08-2.35 μm	2.4%	Temperatura agua Geología mineral, petrolífera

Clasificación LANDSAT Thematic Mapper (TM) vs AVIRIS





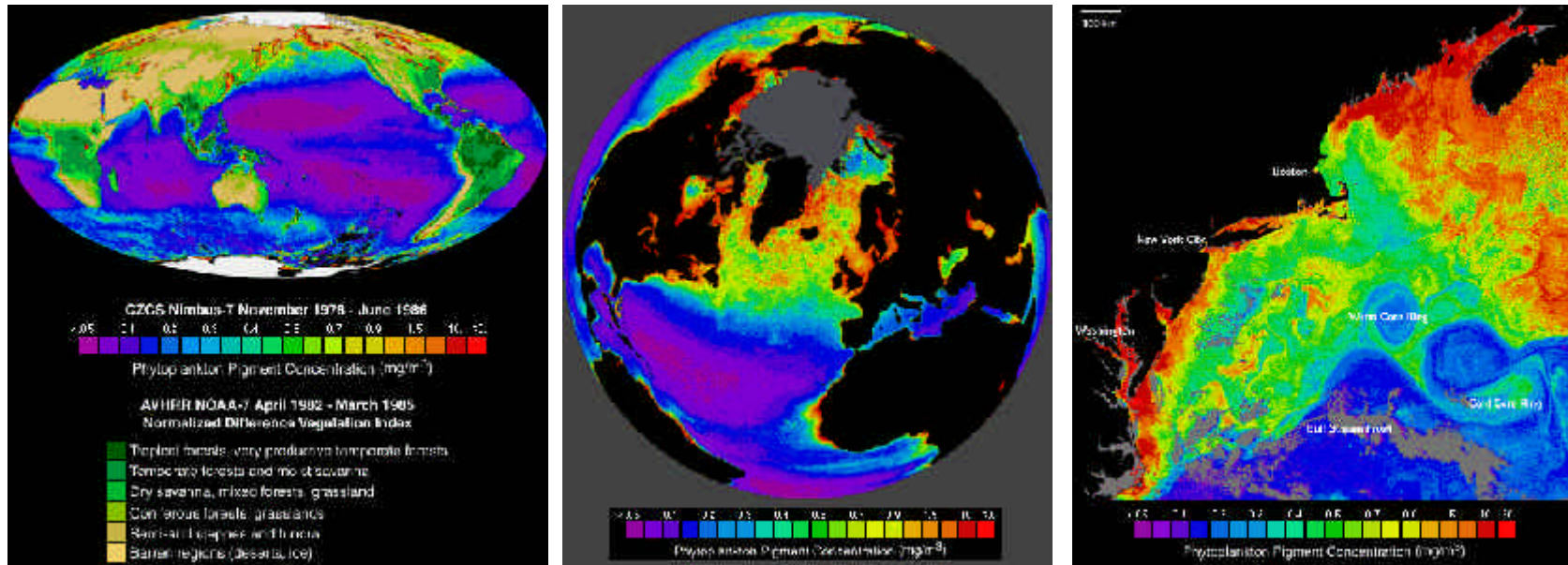
Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

El Coastal Zone Color Scanner (CZCS)

Nº Banda	Rango Espectral
1	0.433-0.453 μm
2	0.510-0.530 μm
3	0.540-0.560 μm
4	0.660-0.680 μm
5	0.700-0.800 μm
6	10.5-12.5 μm

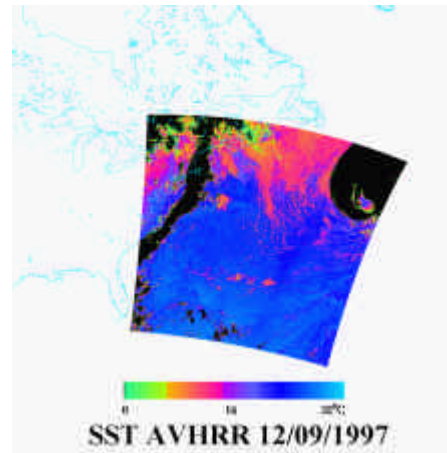
- Funcionamiento máx 2h/día (limitación de energía)
- La mayor parte de la radiación captada proviene de la radiación solar dispersada por la atmósfera, ya que la reflectividad del mar es muy baja => optimizado para SNR
- Existen algoritmos para la determinación de la concentración de sedimentos, pigmentos etc.
Se basan en relaciones espectrales (L_i/L_j), con lo que se minimizan los efectos atmosféricos.

El Coastal Zone Color Scanner (CZCS): Aplicaciones



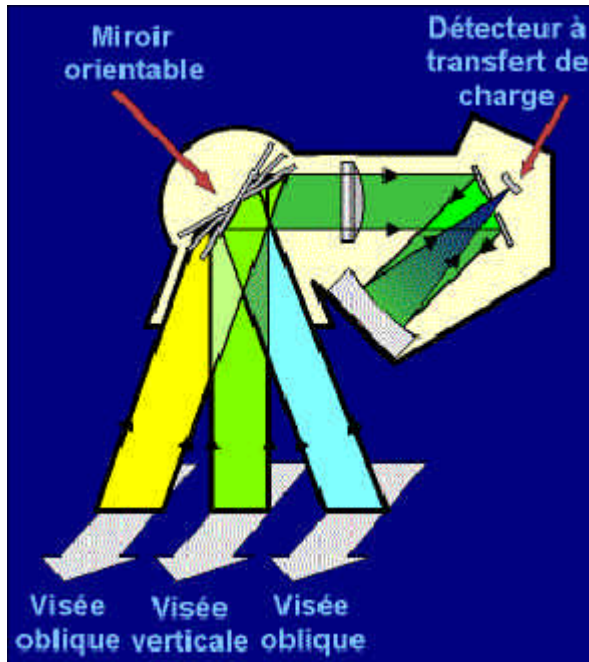
El Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

Nº banda	Rango espectral		Aplicación
	NOAA 6, 8, 10, 12	NOAA 7, 9, 11	
1	0.58-0.68 μm	0.58-0.68 μm	Mapeado nubes (de día)
2	0.725-1.10 μm	0.725-1.10 μm	Mapeado superficie agua, hielo...
3	3.55-3.93 μm	3.55-3.93 μm	SST, mapeado nubes de noche
4	10.50-11.50 μm	10.3-11.3 μm	SST, mapeado nubes de día/noche
5	“	11.5-12.5 μm	“

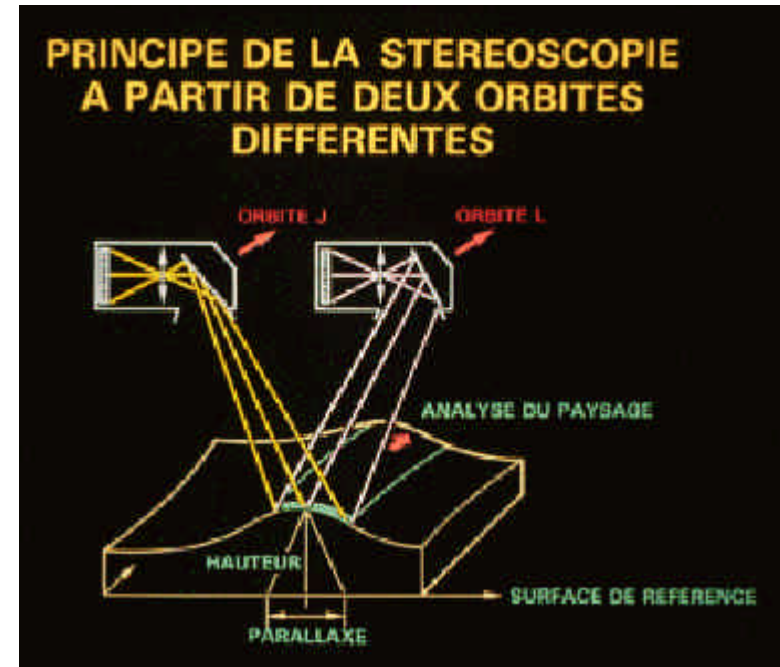


- Órbita heliosíncrona
- Inclinación: 98.8°
- Periodo = 102 minutos
- h = 833 Km
- FOV = 110.8°
- Swath = 2700 Km
- Resolución espacial: 1.1-5 Km

El Système Provatoire d'Observation de la Terre (SPOT)



- Pancromático: 10 m 0.51-0.73 μm
- Multiespectral: 20 m 0.50-0.59 μm
20 m 0.61-0.68 μm
20 m 0.72-0.89 μm



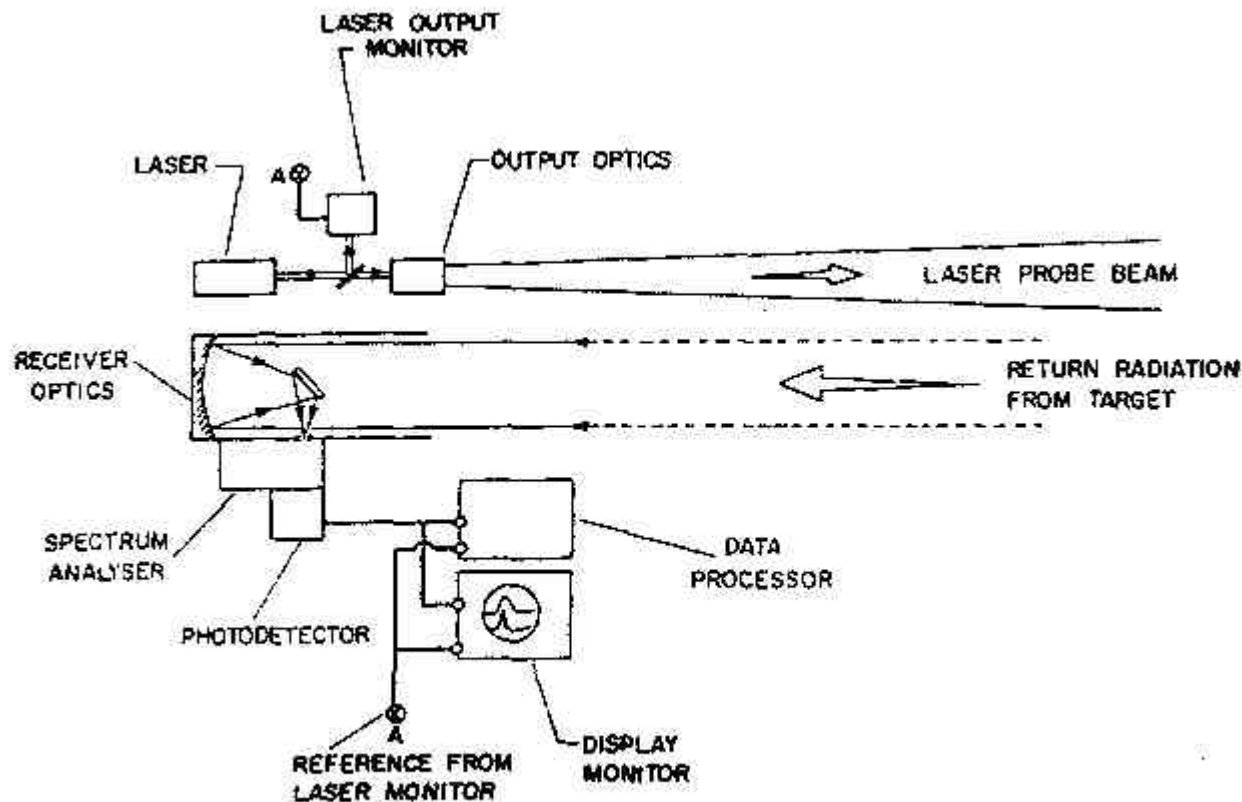
- FOV = 60 Km
- Trevisit=26 días



6.7. LIDAR (Light Detection And Ranging)

- Primeros estudios: 1962 Fiocco y Smultin
reflexión láser en la Luna, estudio turbidez
capas altas atmósfera
1963 Ligda
primeras medidas alturas de las nubes y
aerosoles en la atmósfera
- Los LIDARES operan en ventanas de transmisión atmosférica
VIS 0.4-0.7 μm , NIR: 0.7-1.5 μm , 3-5 μm y 9-13 μm

Esquema de un LIDAR monoestático



Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

- Los detectores son los mismos que en los sistemas anteriores
- Las fuentes son láseres:

	Solid State	Gas	Liquid	Semiconductor
Representative examples	Ruby Neodymium (YAG) Alexandrite	XeCl (rare-gas halide) N ₂ (transient) HgBr ₂ /HgBr (dissociation) CO ₂ (molecular)	Organic dyes such as: Rhodamine 6G Coumarin Cresyl violet	GaAs GaAsP InAs Pb _{1-x} Sn _y Se
Primary pumping technique	Flashlamp	Intense electrical discharge in gas	Flashlamp or laser	High current injection leading to n, p radiative annihilation at an $n-p$ junction
Range of wavelengths and tuning	Ruby (694.3 nm)—thermal tuning ± 0.4 nm Nd-YAG (1.06 μm) Alexandrite—tunable (701–818 nm) Second (or third) harmonic generation possible with all three kinds	H ₂ (116, 160 nm) Xe ₂ (170 nm) KrF (249 nm) XeCl (308 nm) N ₂ (337 nm) HgBr ₂ /HgBr (502–504 nm) DF or HF (2.7–4.0 μm) CO (5.0–5.7 μm) CO ₂ (9.0–11 μm) HCN (337 μm)	Large range of dyes provide wavelengths from 340 nm to 1.1 μm . Typical tuning range per dye = 40 nm with widths of 0.1–0.01 nm possible with grating or prism (+ etalon) arrangement	GaAsP–Pb _{1-x} Sn _y Se (550 nm to 32 μm) Tuning possible by changing current, applying pressure or magnetic field
Modes of operation and pulse duration	Q-switching leads to 10–100-ns pulses Mode-locking can yield 10-ps pulses	Fast discharges lead to pulses that typically range from 1 ns to 1 μs Q-switching possible with certain molecular gas lasers. cavity dumping with others	When N ₂ laser pumped pulses are ~ 5–10-ns When flashlamp pumped 0.3–1- μs pulses Cavity dumping of latter can yield 30-ns pulses	Current pulsed but requires cooling and efficient heat sink 10 ns to 1 μs possible
Peak power and energy/pulse attainable	For ruby and Nd-YAG 10 ⁴ –10 ⁵ W and 1–10 J when Q-switched; for Alexandrite lasers 10 ⁷ W and 500 mJ	10 ⁴ –10 ⁷ W and 1 mJ to 1 J	10 ⁴ –10 ⁵ W in narrow, tunable bandwidths 0.1–2 J	100 W possible from laser diode arrays

Types of lasers relevant to remote sensing



Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

- **Clasificación:**

- Monoestáticos:

- . Elástico: la frecuencia recibida es la misma que la transmitida
aplicación: detección de aerosoles, contaminantes, lluvia, nieve, nubes... Medida velocidad del viento por correlación entre medidas consecutivas
- . Dial: 2 ó más frecuencias para medir la absorción diferencial
- . De Fluorescencia: la frecuencia del láser coincide con un pico de absorción de una especie y se mide la reradiación fluorescente
- . Raman: la dispersión Raman está desplazada en el espectro. el desplazamiento depende de la especie.
- . Doppler: detección óptica heterodina para medir el desplazamiento Doppler

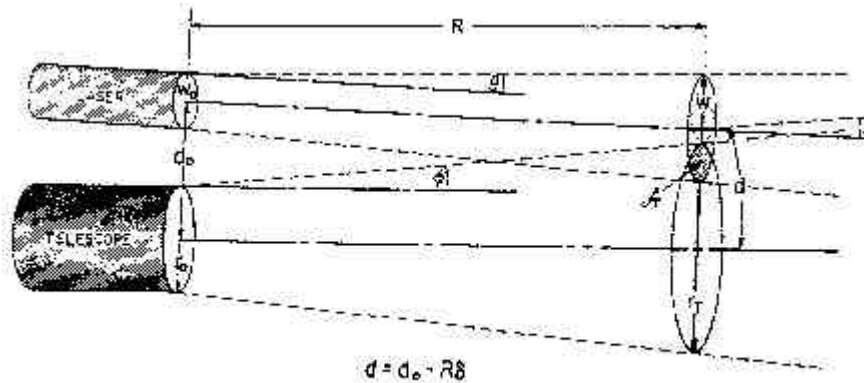
- Biestáticos

• **La ecuación de alcance LIDAR:**

$$P(I, R) = P_0 \frac{c t}{2} b(I, R) \frac{A_r}{R^2} \exp\left(-2 \int_0^R a(I, R) dr\right) x(I) x(R)$$

\downarrow Pot. recibida \downarrow Pot. transmitida \downarrow Coef. dispersión \downarrow Aef receptor \downarrow Coef. absorción \downarrow Transmis. Rx
 \downarrow Duración del pulso \downarrow Factor solapamiento

Factor de solapamiento





Sensores en el Óptico y en el Infrarrojo

- **La ecuación de alcance LIDAR:**

SNR a la salida de un amplificador de transimpedancia G_T

$$\bar{V} = R P_s + G_T (I_{ds} + M I_{db}); \quad S = R P(R) \longrightarrow \text{señal}$$

$$\text{offset} \longleftarrow V_{off} = R P_{back} + G_T (I_{ds} + M I_{db})$$

$$P_s = P(R) + \mathbf{x}(\mathbf{I}) P_{back}$$

potencia de fondo

$$N = \mathbf{S}_V^2 = 2q G_T^2 F M R P_s + 2q G_T^2 (I_{ds} + F M^2 I_{db}) + \mathbf{S}_{thermal}^2$$

Ruido “shot” de señal

Ruido “shot” de oscuridad

Ruido térmico

