



ICC

Institut Cartogràfic
de Catalunya



Fonaments del Lidar

Antonio Ruiz García

antonio.ruiz@icc.cat

Unitat de Fotogrametria

¿Qué és LIDAR?

Introducció

Components d'un sistema i característiques típiques

Fases d'un projecte

LIDAR: Light Detection and Ranging

- Aerotransportat:
 - ALS: Airborne Laser Scanning**
 - AHL: Airborne Hydrographic Lidar**
- Terrestre estàtic:
 - TLS: Terrestrial Laser Scanning**
- Terrestre embarcat en un vehicle:
 - Mobile Laser Scanning**

Integra:

- Distanciòmetre làser: emissor i receptor
- Sistema d'escombrat (2D per a vehicles, 3D per terrestre)
- Per aerotransportat i *mobile* a més GPS-INS

LIDAR (Light Detection and Ranging)

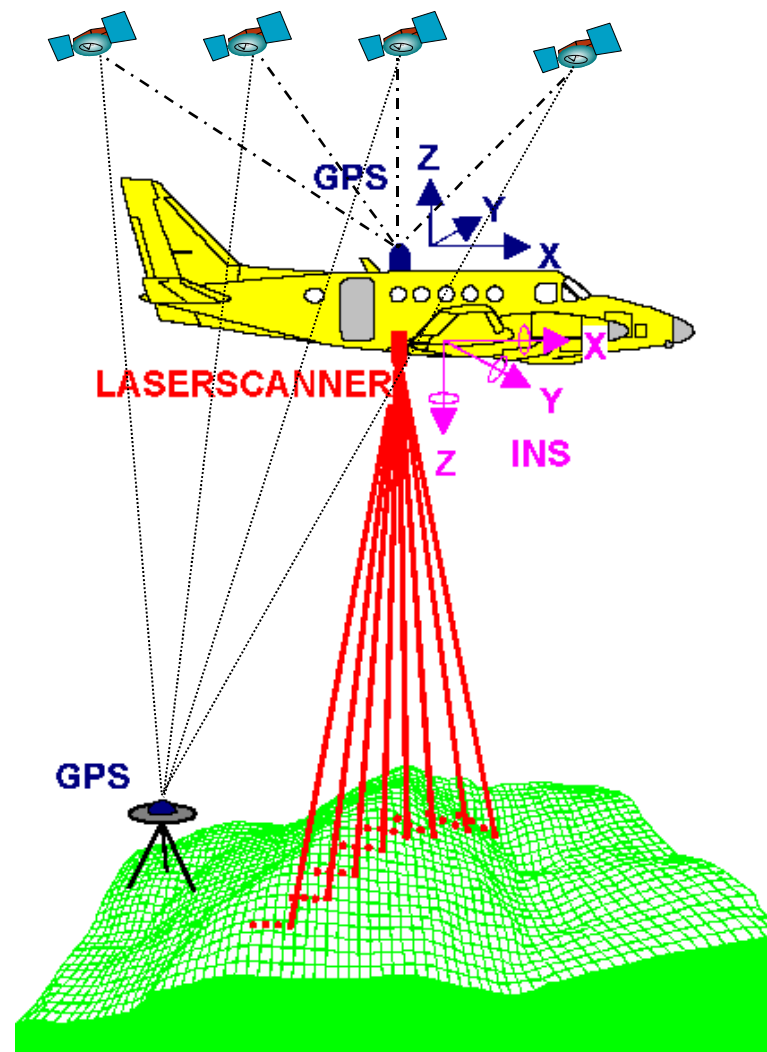
El làser emet polsos.

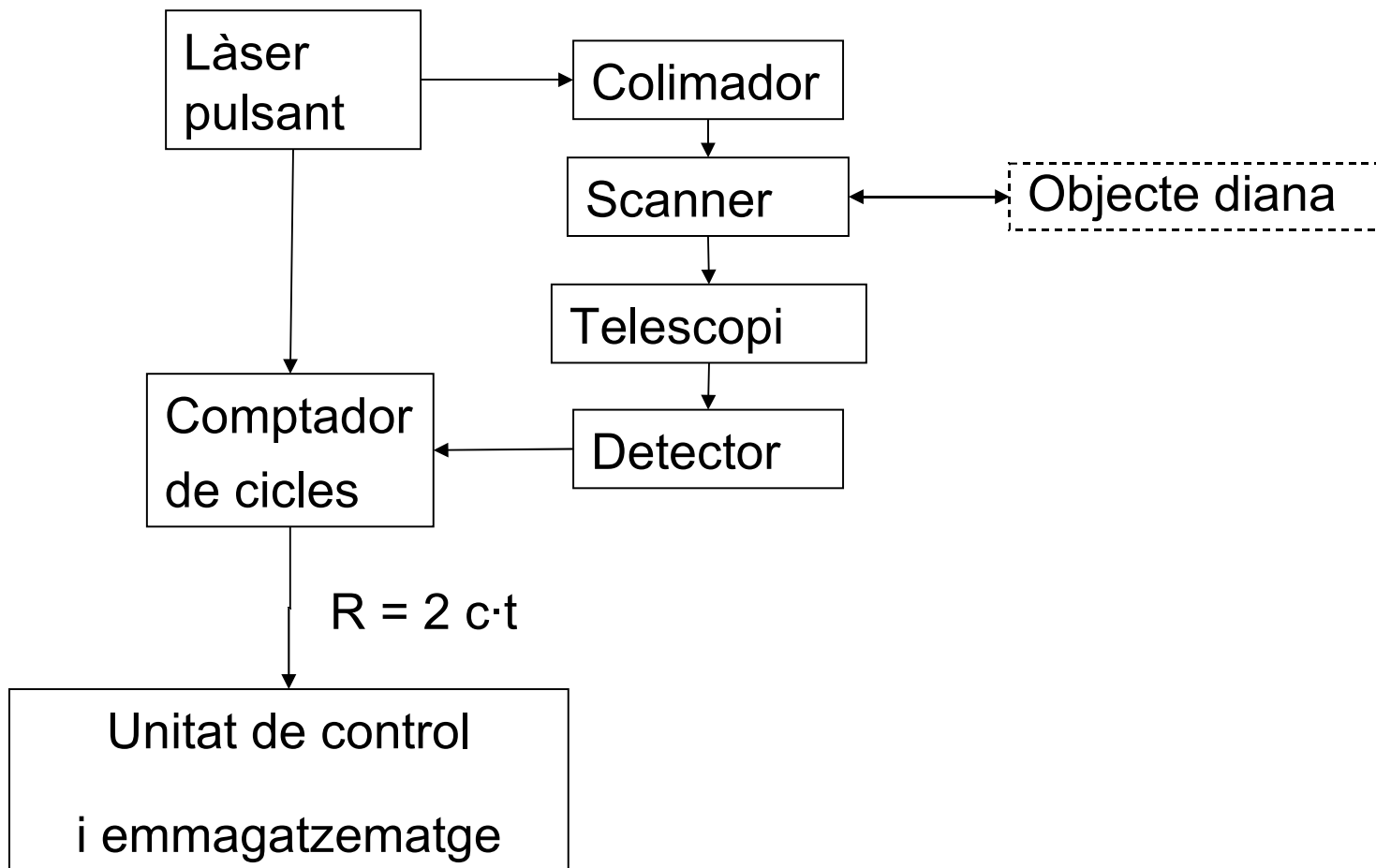
Es determina el temps que triga el pols en rebotar i tornar al sensor.

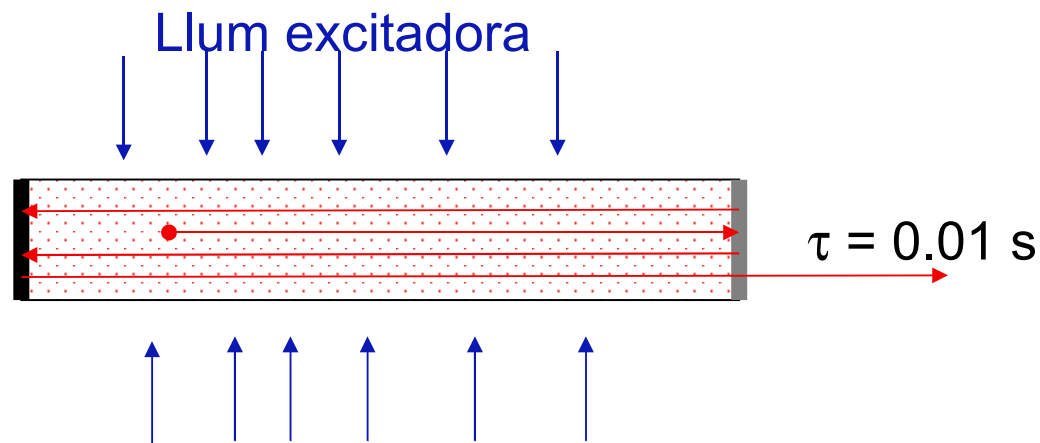
Un mirall desvia el raig que escombra el terreny transversalment

Equip instal·la en avió o helicòpter: sistema de navegació, GPS, INS i làser-scanner.

El GPS i l'INS mesuren la posició i actitud del sensor. Un altre GPS a terra per a DGPS.







La cavitat ressonant està plena de la substància activa (pot ser sòlid, líquid o gas).

Nd:YAG és un granat sintètic $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ dopat amb Nd^{3+}

Emet en 1064 nm i es pot doblar la freqüència per a obtenir 532 nm, verd

Permite obtener pulsos de mucha potencia

Láser pulsante por modulación del factor de calidad (Q-switch)

Se introduce un interruptor óptico (un atenuador) en la cavidad resonante (p.e. Cr⁴⁺:YAG para Nd:YAG)

El Cr:YAG impide la emisión estimulada y el Nd:YAG absorbe energía hasta que el Cr:YAG se satura. Entonces se libera la energía acumulada en forma de pulso muy corto

Factor de calidad Q del resonador óptico:

$$Q = \frac{2\pi E_a}{E_p} \approx 10^6$$

Topografía:

Leica-Geosystems ALS60

Optech ALTM Gemini

Riegl LMS Q680

TopoSys Falcon III

TopEye Mk II

Batimetría:

Optech SHOALS-3000 (Canada)

HawkEye II (Suecia)

LADS MK II (Australia)

Molt ràpid, fins a 200 kHz

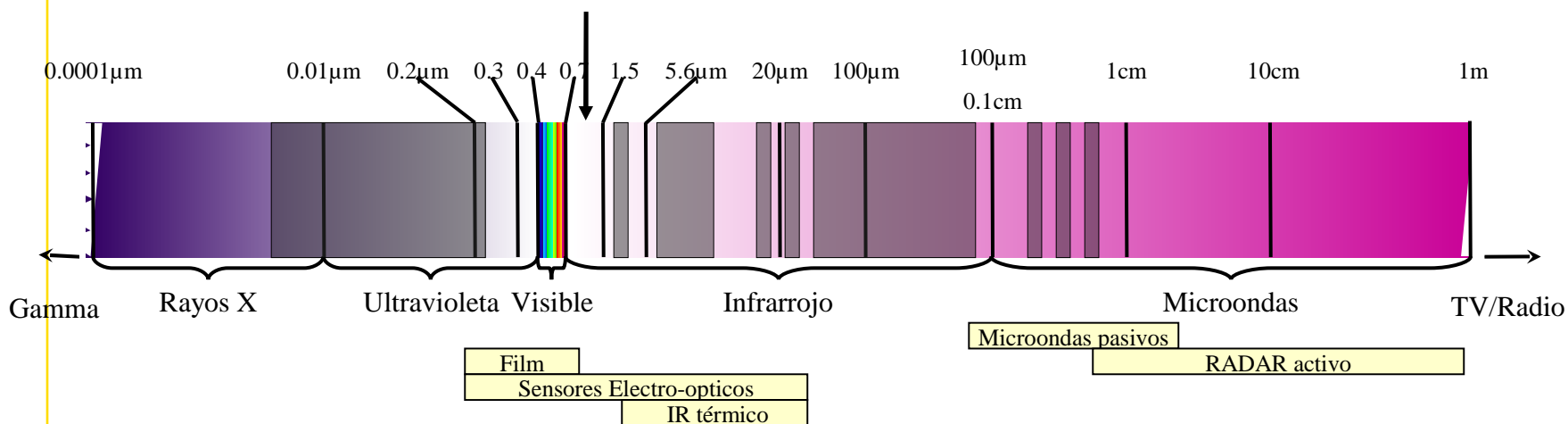
Durada del pols: 1-50 ns

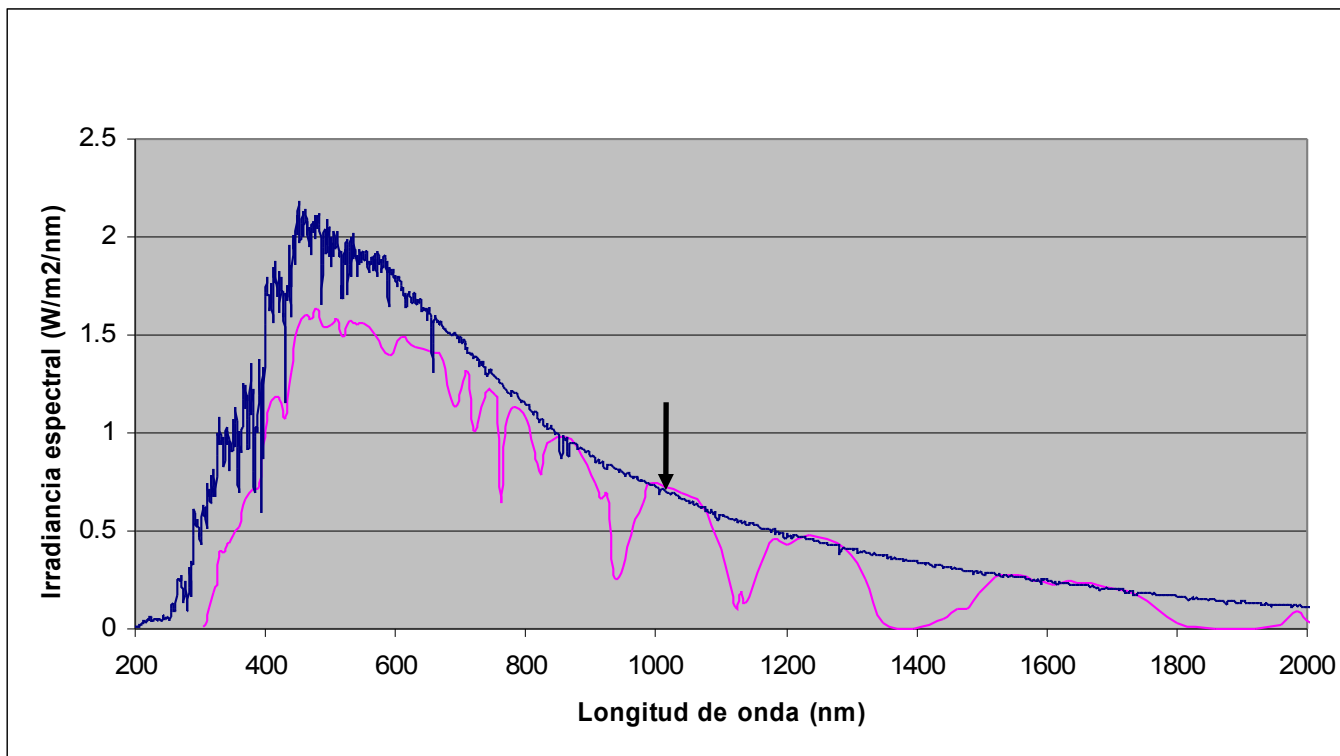
Precisió ~ 10 cm en h i 25 cm en x,y

Divergència 0.1-2 mrad (petjada petita)

Longitud d'ona: 500-1500 nm

Energia per pols: 50-250 μ J





Irradiància espectral amb i sense atmosfera.

ALS50-II instal·lat al Cessna Caravan



Freqüència del pols làser: 150 kHz

Angle d'escombrada ajustable: 0° - 75°

Freqüència d'escombrada variable segons angle

Divergència del feix: 0.15 mrad (1/e)

Altitud de vol (H): 200-6000 m

Mesura de fins a 3 ecos + últim eco

Mesura de la intensitat (de 3 ecos)

Longitud d'ona: 1064 nm (infrarroig)

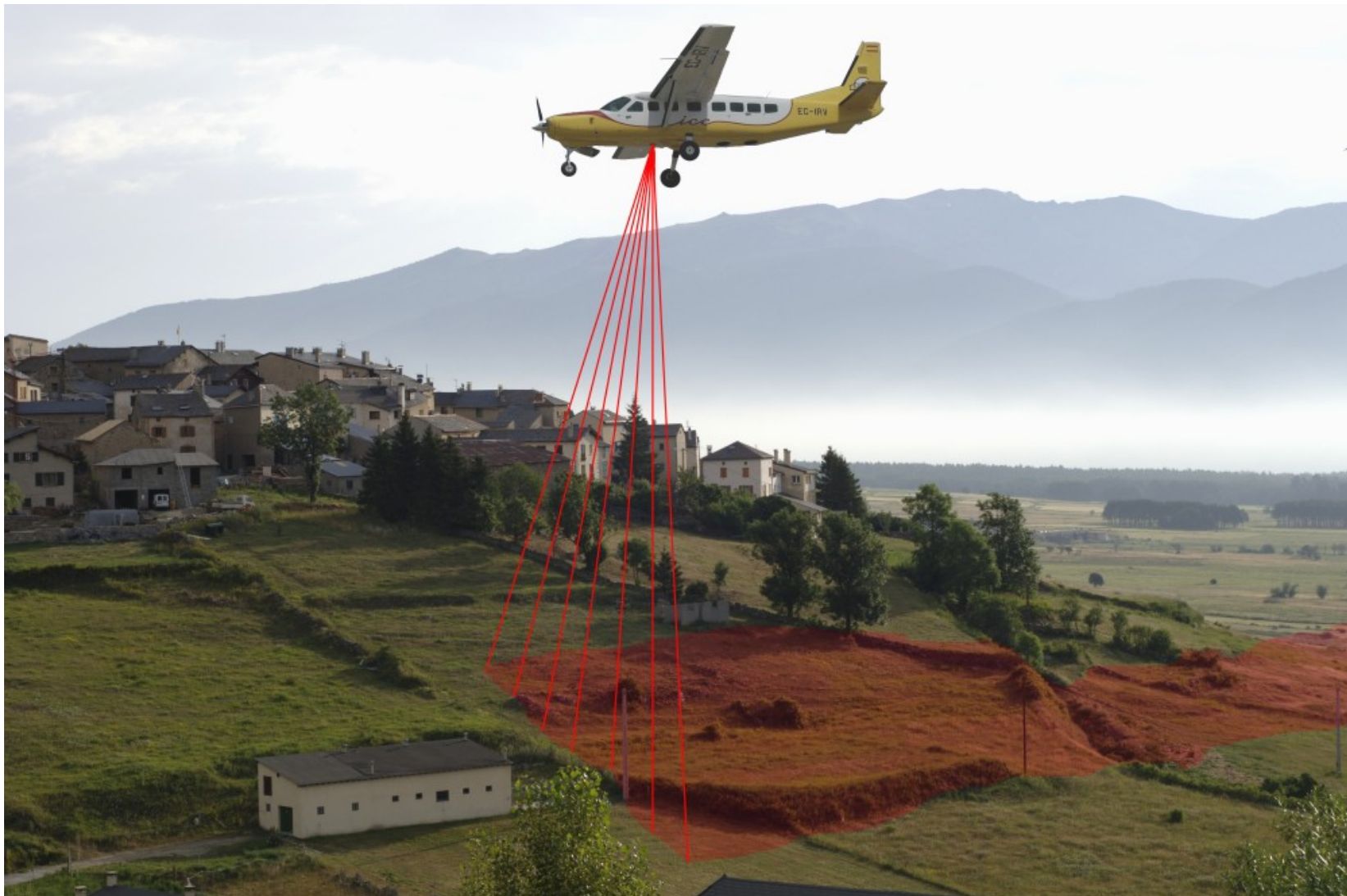
Precisió vertical: 11 - 25 cm (1 σ)

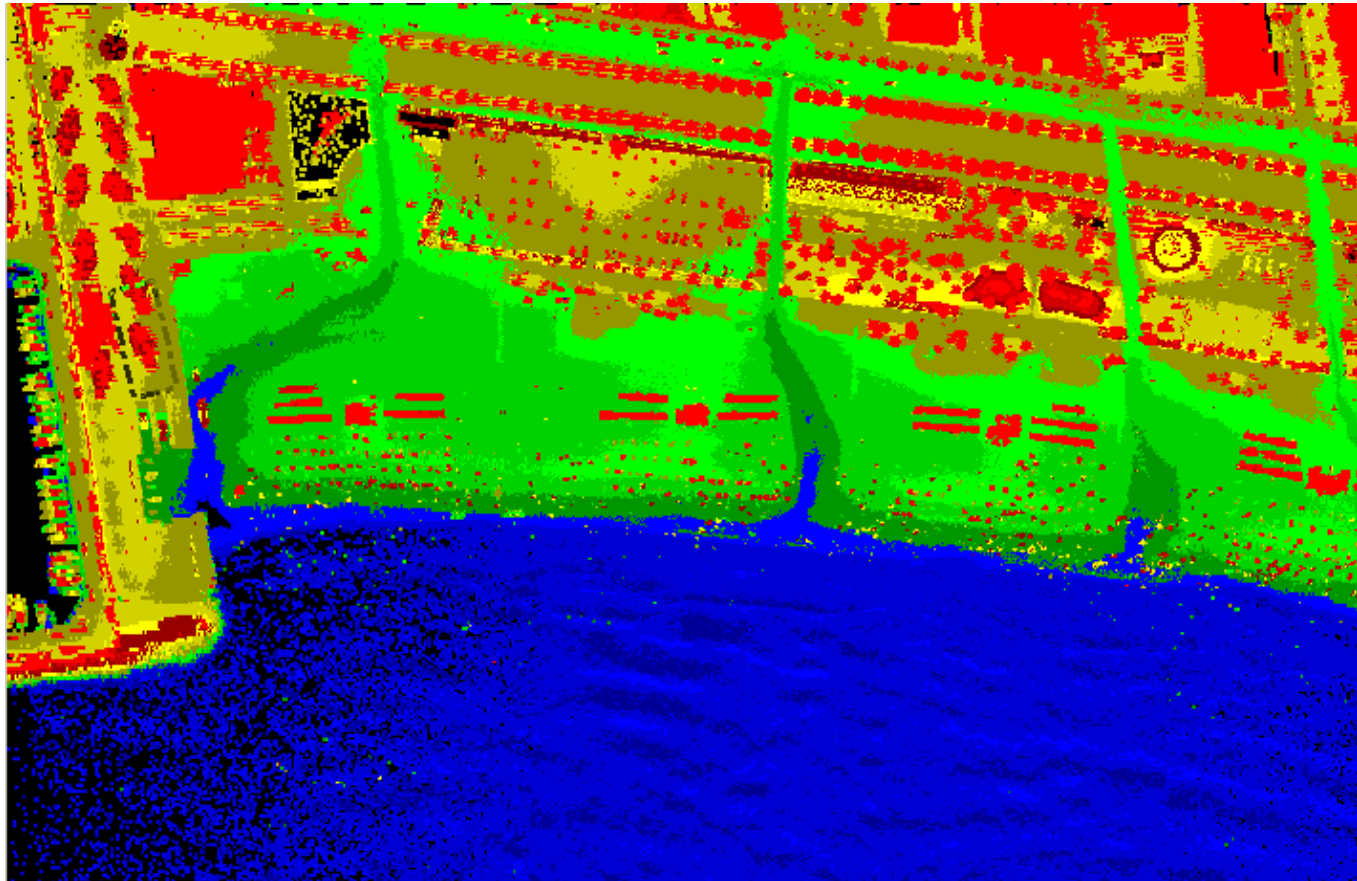
Precisió horitzontal: 11 – 65 cm (1 σ)

Compensació de balanceig

Múltiples polsos en l'aire

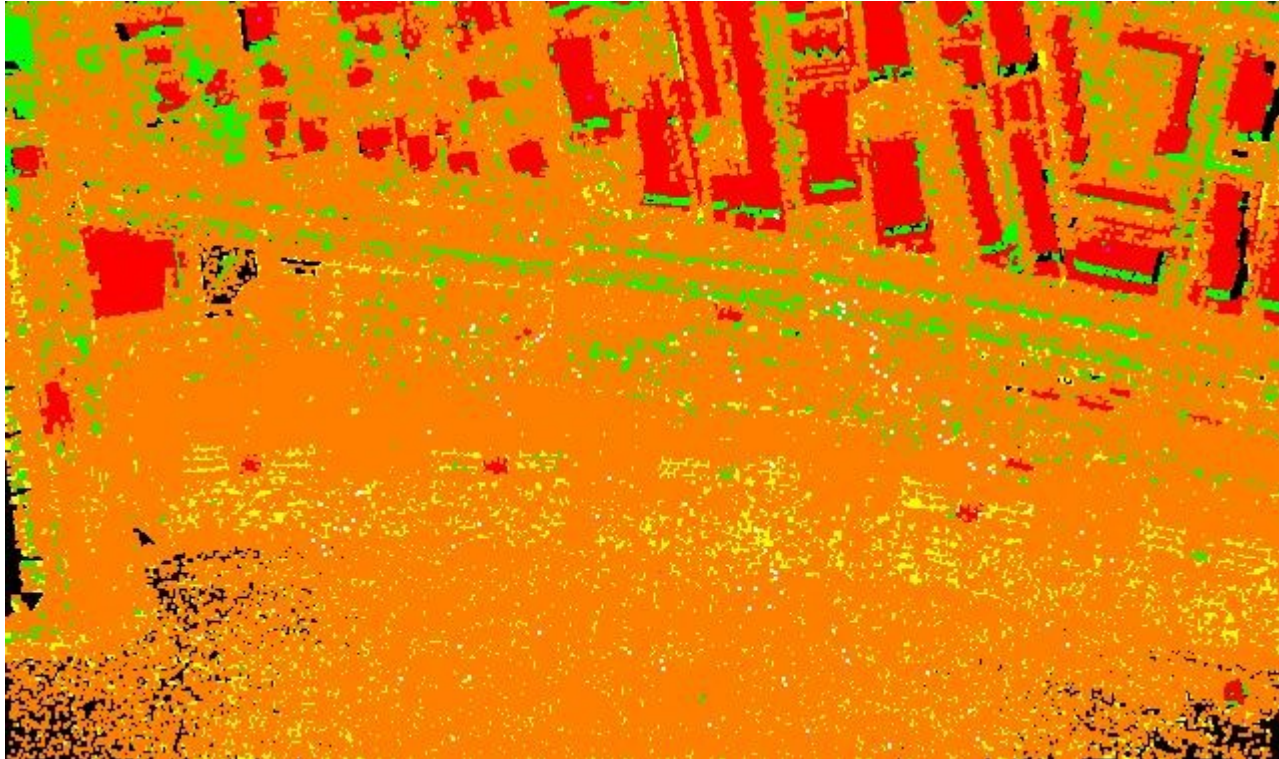
Gairebé qualsevol objecte es pot detectar





Punts lidar codificats per alçada

Salou, 5 punts/m²



Punts lidar codificats per classe

Salou, 5 punts/m²



Punts lidar codificats per intensitat

Salou, 5 points/m²



Punts lidar codificats per color RGB

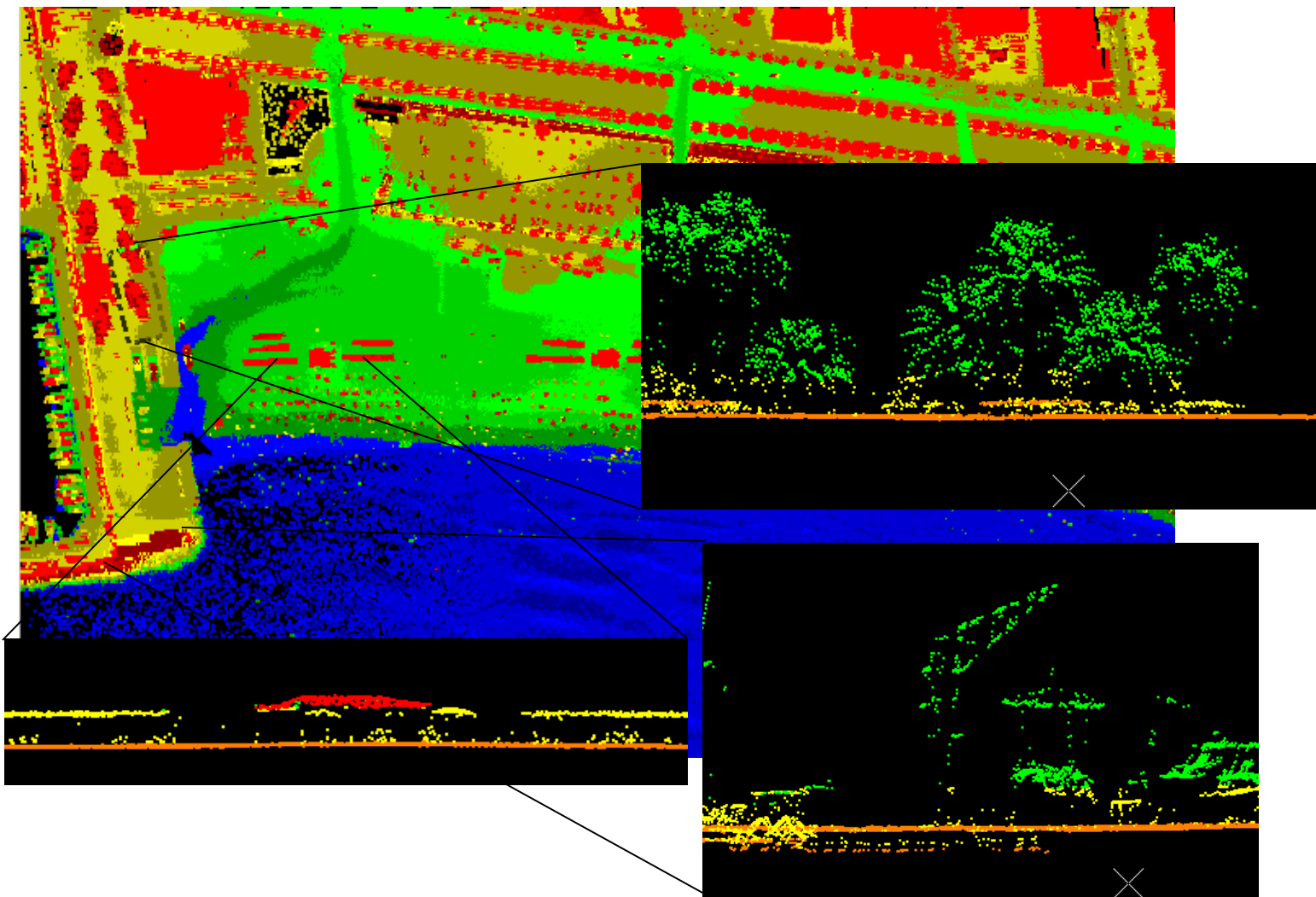
Salou, 5 points/m²

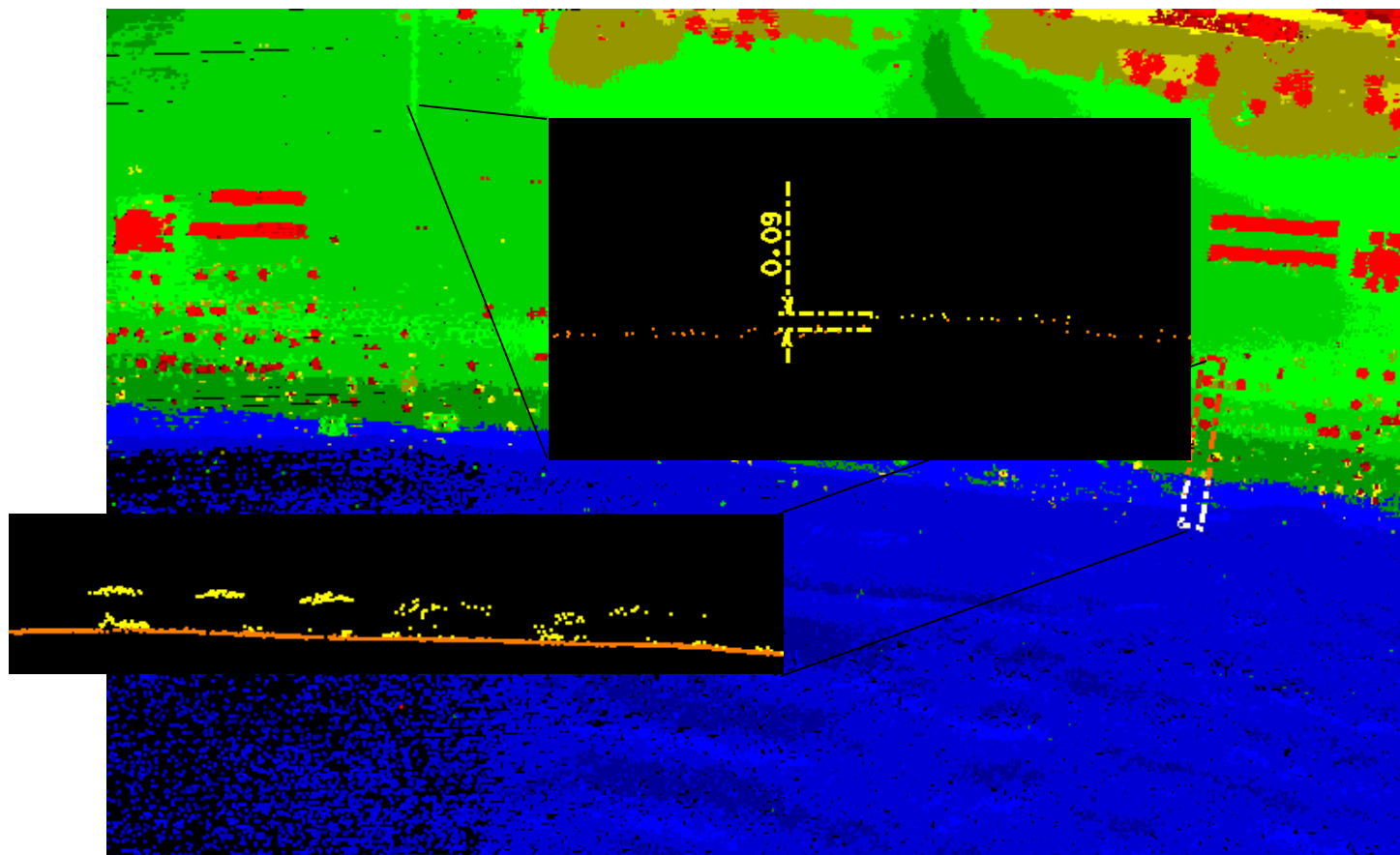


Fotografia emprada per assignar color als punts



Què obtenim amb un sistema lidar?





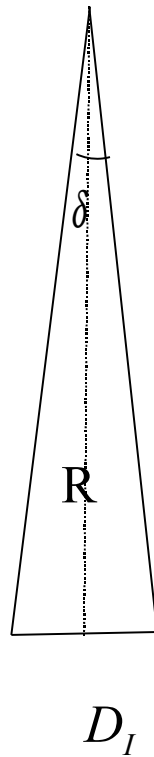
Divergència (0.15 mrad)

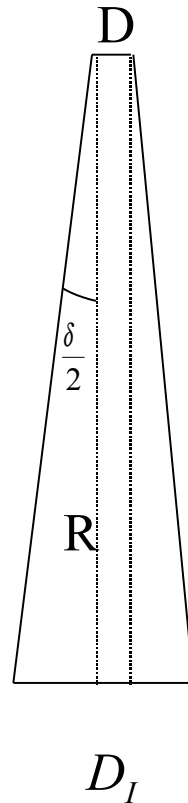
$$D_I \approx R \cdot \delta$$

Si $R = 1000$ m, $D_I \approx 15$ cm

Àrea enllumenada:

$$A_I = \frac{\pi}{4} D_I^2 \approx (R \cdot \delta)^2$$





Divergencia del haz:

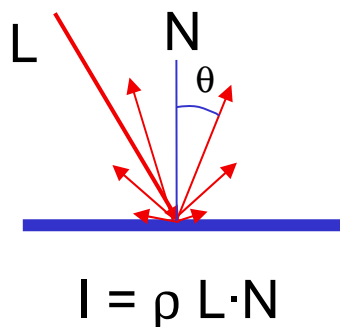
$$\delta \geq \gamma = 2.44 \frac{\lambda}{D}$$

$$D_I = D + 2R \tan\left(\frac{\delta}{2}\right) \approx R \cdot \delta$$

Área iluminada:

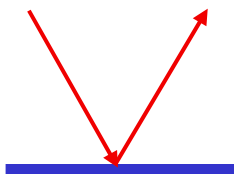
$$A_I = \frac{\pi}{4} D_I^2 \approx \frac{\pi}{4} (R \cdot \delta)^2$$

- Per a la majoria de les superfícies la reflectància és Lambertiana: reflecteixen igual en totes direccions. La intensitat reflectida I depèn del cos θ amb la normal N .



Material	ρ
Sorra	0.1-0.3
Vegetació	0.3-0.5
Glas-Neu	0.5-0.8

- En canvi, per a l'aigua, vidre i metalls es produeix reflexió especular



$$P_r(R) = P_e \frac{A_e}{A_I} \rho_t \frac{A_r}{2\pi \cdot R^2} \eta_o \eta_a^2 (R)$$

P_e potencia emitida

A_e área efectiva de la diana

A_I área iluminada

A_r apertura pupila de entrada

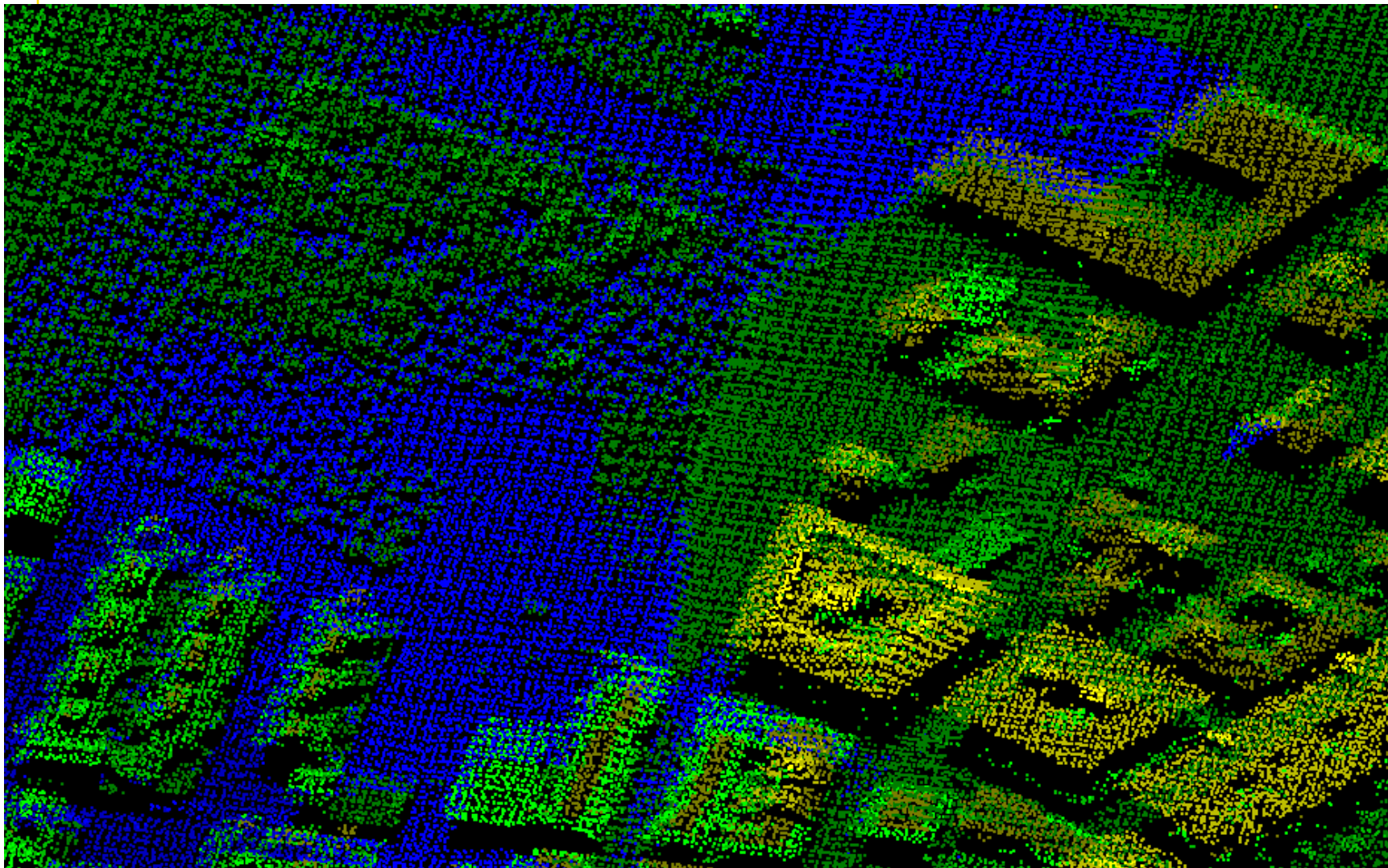
ρ_t reflectividad de la diana

η_o transmisividad óptica

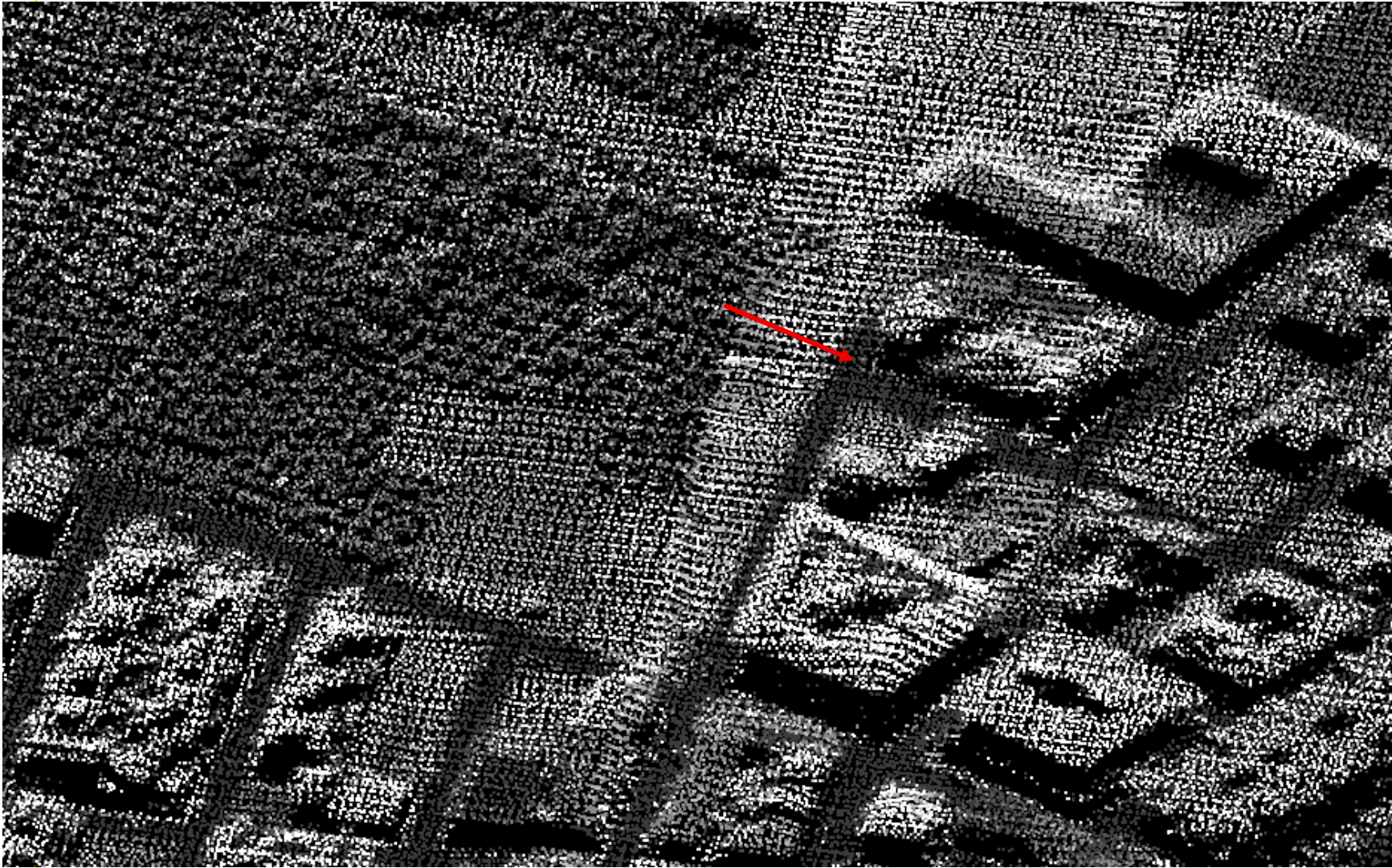
η_a transmisividad atmosférica

R distancia sensor-diana

Dades que proporciona: punts amb x, y, z, I (intensitat)



Antas



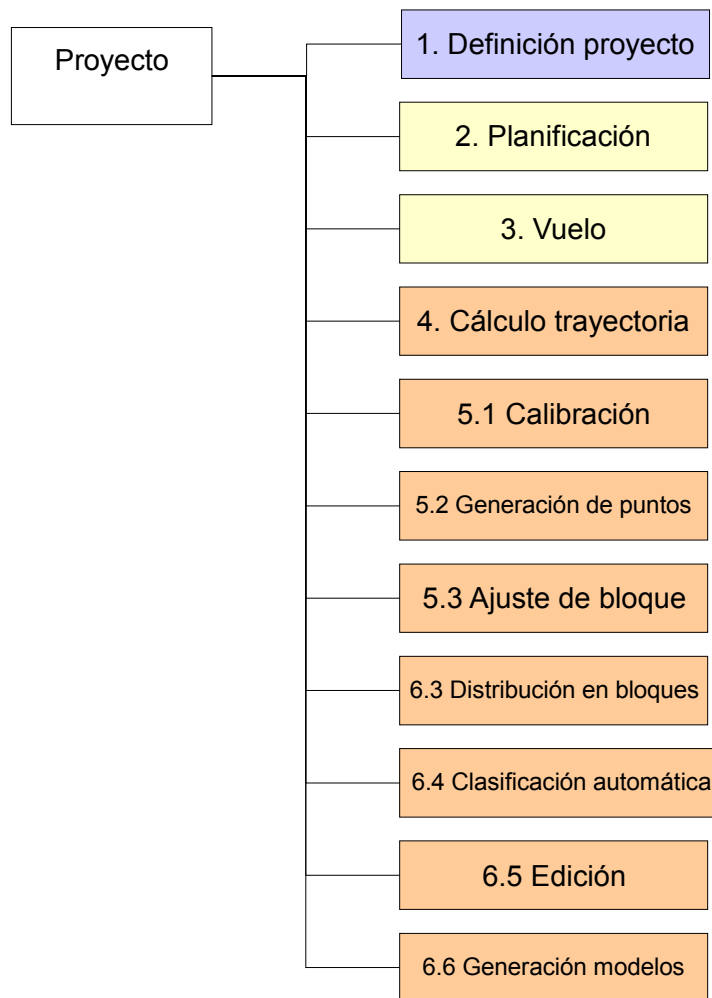
Antas

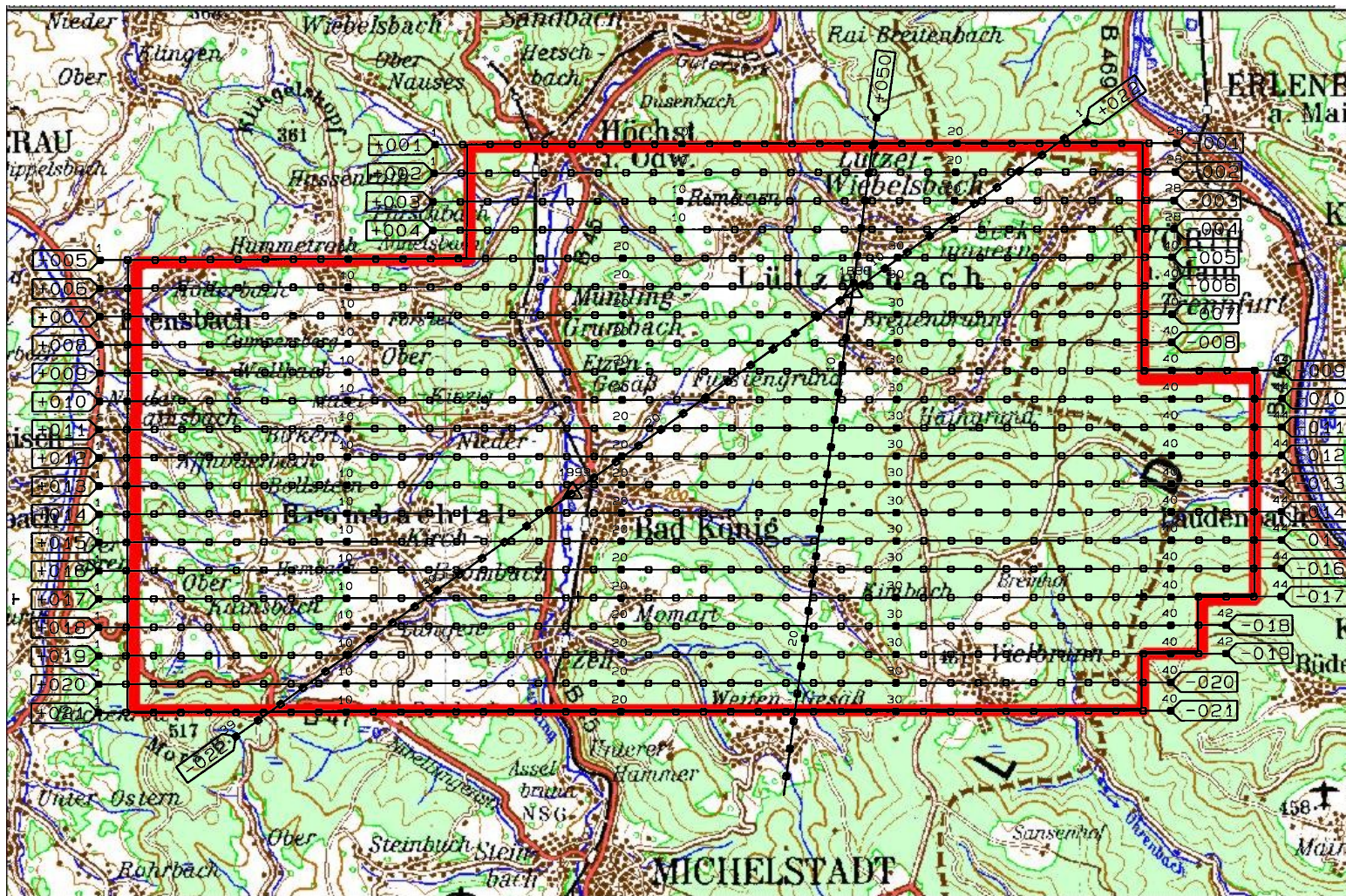
Hay una distancia mínima entre objetos para que se puedan discriminar ecos múltiples (2.8 m para ALS50)

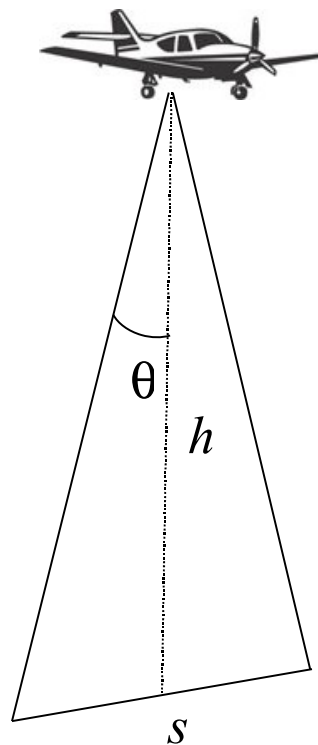
Las zonas con 1^{er} y último eco diferentes definen los bordes de los edificios

Las zonas cubiertas con vegetación también presentan ecos múltiples con rebotes a diferentes alturas dentro de la vegetación



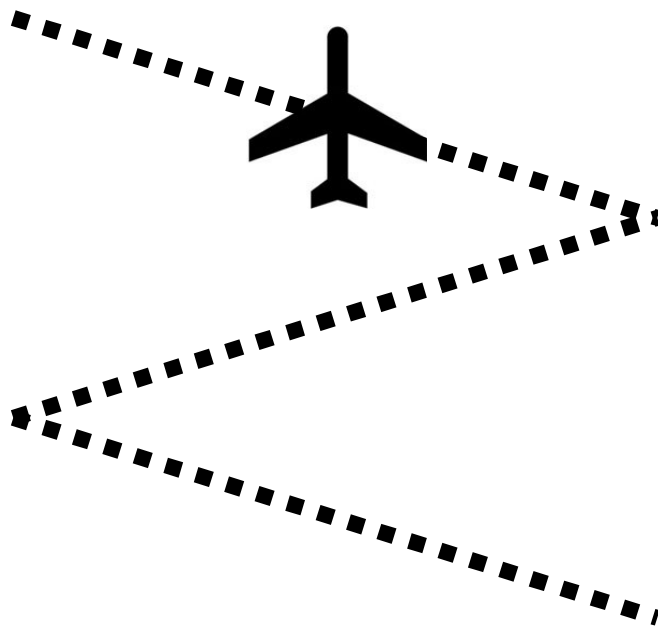






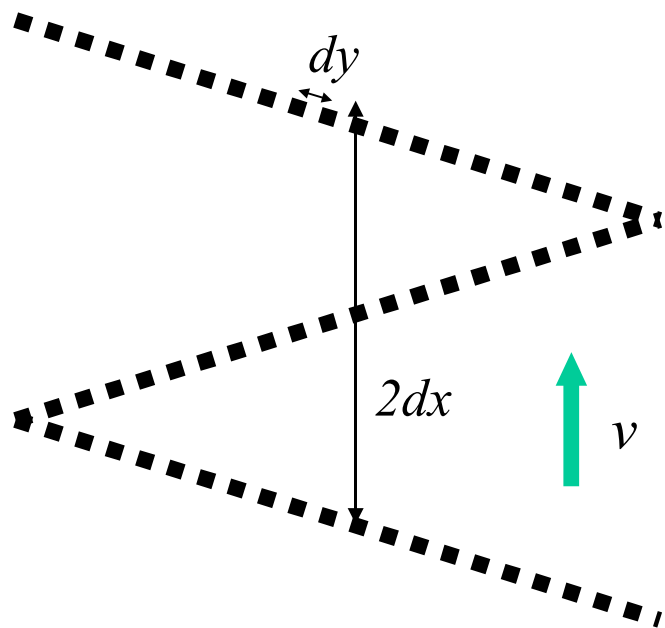
$$s = 2 h \tan \theta$$

Scanner de mirall galvanomètric

patró en ziga-
zaga

$$N = \frac{F}{2f}$$

 f freqüència d'escombrada F freqüència de polsos N punts per línia



$$dy = \frac{s}{N}$$

$$dx = \frac{v}{2f}$$

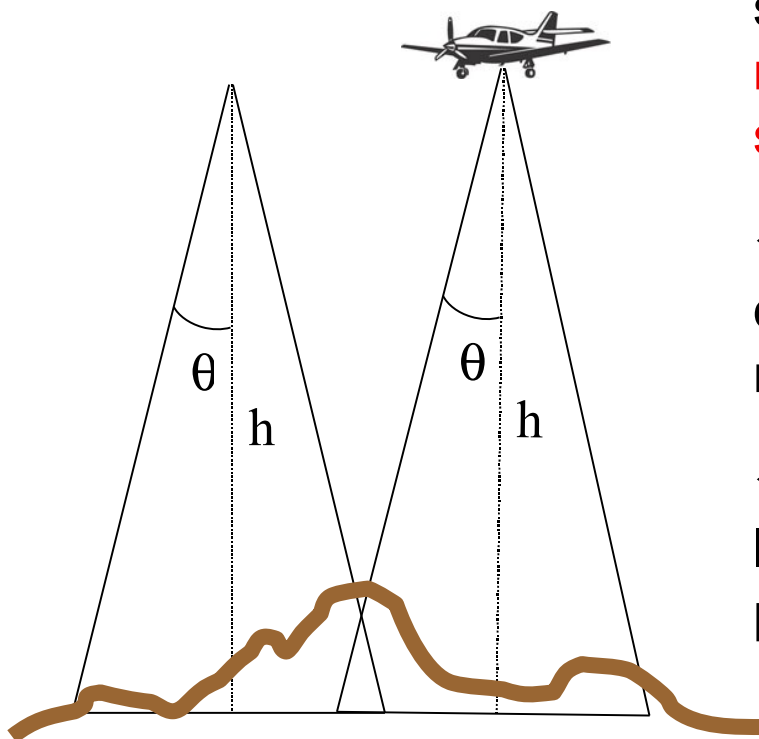
v velocitat de l'avió

dx no depèn de l'altitud de vol

$$\rho = \frac{1}{dx \cdot dy} = \frac{F}{2v \cdot h \cdot \tan \theta}$$

Disminueix linealment amb l'altitud h

En una foto disminueix quadràticament



✓ En un àrea amb molt relleu cal seleccionar h per a tenir la **densitat requerida a les valls** i un **recubriment suficient als cims**

✓ Preferiblement les passades han de ser paral·leles a les corbes de nivell

✓ La freqüència dels polsos F està limitada per la distància màxima i per la disponibilitat de MPiA

Shan, J., Toth Ch. (ed). Topographic Laser Ranging and Scanning. Principles and Processing. CRC Press, 2009.

Vosselman, G., Maas H-G., Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Whittles Publishing, 2009.

Heritage, G., Large, A. (ed). Laser Scanning for the Environmental Sciences. Wiley-Blackwell, 2009

Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 1999; 54

Maune, D. (ed). Digital Elevation Model Technologies and Applications. The DEM Users Manual, 2nd ed. ASPRS 2007.

El-Sheimy, N., Valeo, C., Habib, A. Digital Terrain Modeling. Artech House, 2005.