

## Jornada LiDAR

ICC - 27. 06. 2013



# Tecnología i actualización de los sistemas de captura de datos

**Wolfgang Kornus**

Àrea de Geoprocés



# Sumario

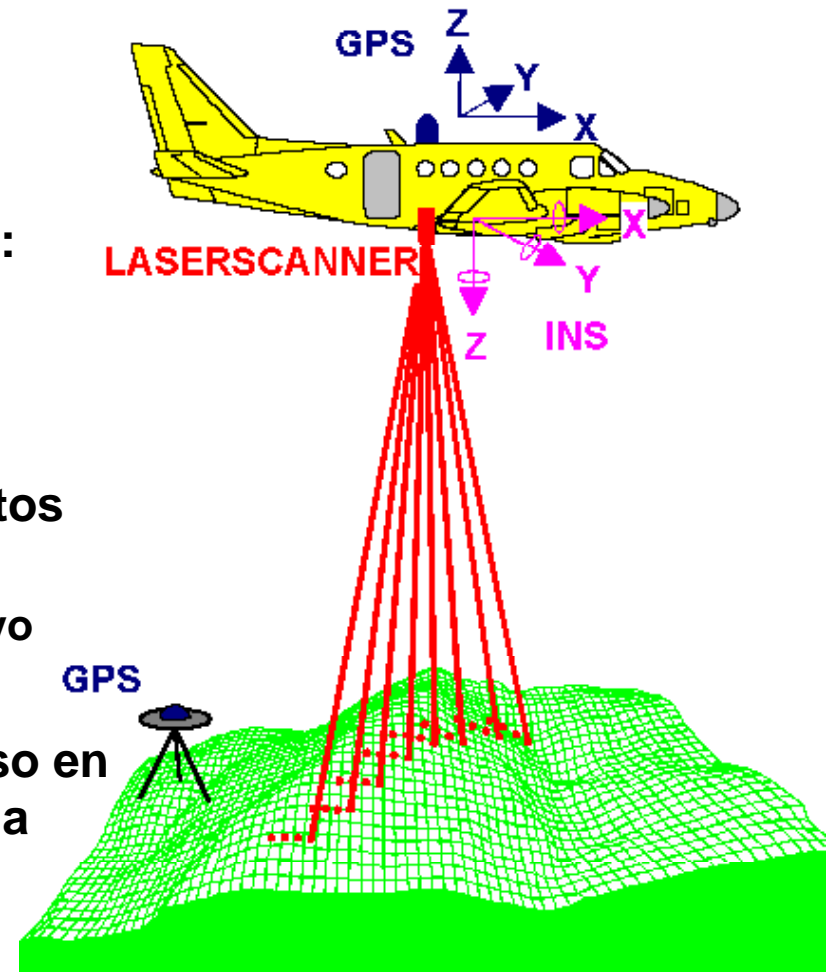
- **Introducción**
  - **Conceptos básicos**
- **Nuevas tecnologías**
  - **Múltiples pulsos en el aire (MPiA)**
  - **Escáneres de doble salida**
- **Sistemas LiDAR actuales en el mercado**
  - **Leica**
  - **Optech**
  - **Riegl**

## ¿Qué significa LIDAR?

- **LiDAR: Light Detection And Ranging**
  - **ALS: Airborne Laser Scanning**
  - AHL: Airborne Hydrographic Lidar
  - TLS: Terrestrial Laser Scanning
  - MLS: Mobile Laser Scanning

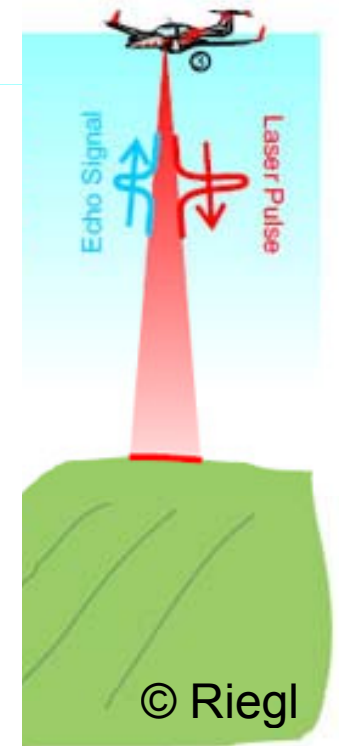
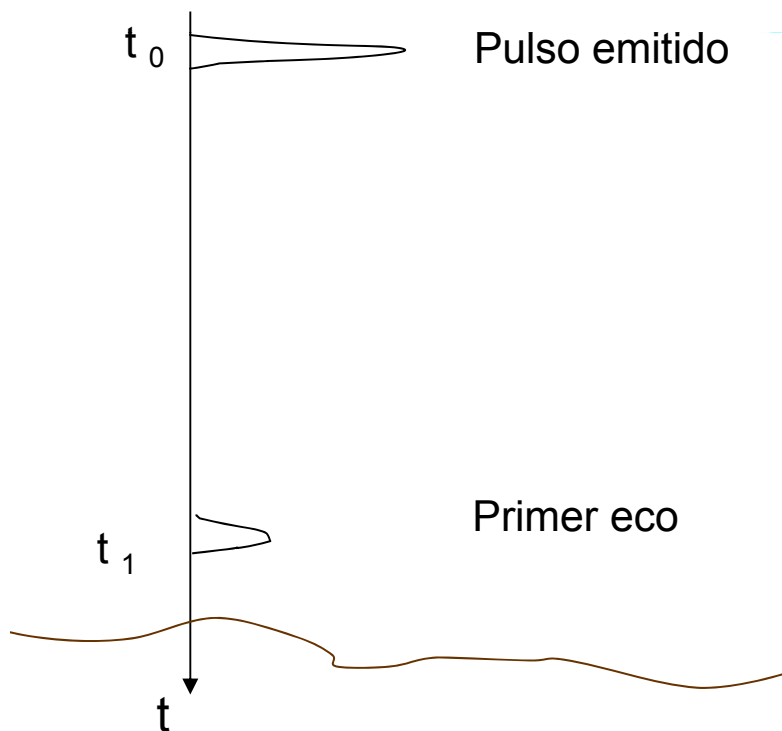
## ¿Cómo funciona ALS?

- **Equipo instalado en avión o helicóptero:**
  - Láser-escáner.
  - Sistema de navegación (GPS, IMU)
  - Otro receptor GPS en tierra para DGPS.
- **Escaneado realizado por dos movimientos**
  - Longitudinal por la trayectoria del avión
  - Transversal por un espejo que desvía el rayo láser emitido
- **Se determina el tiempo que tarda el pulso en rebotar y regresar al sensor => distancia**
- **Las coordenadas de los puntos se obtienen**
  - de la distancia,
  - de la posición y la actitud del sensor (GPS/IMU),
  - del ángulo del espejo.



## Laser range finding

- **Medición de la distancia:**  $R = \frac{1}{2} c(t_1 - t_0)$
- **Muy preciso**



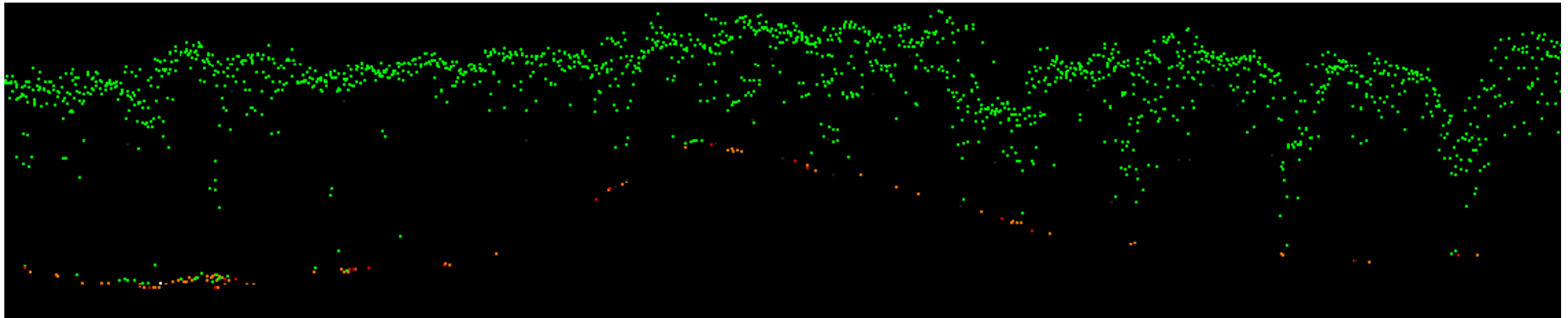
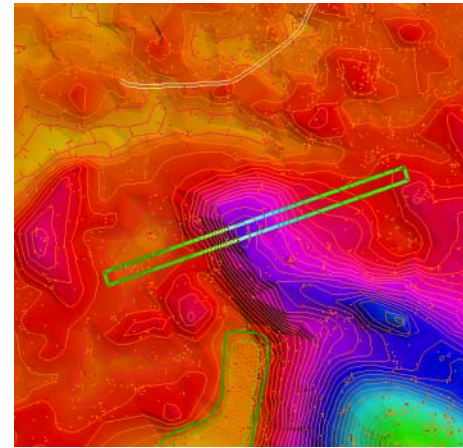
## Múltiples ecos

- El LIDAR penetra entre los huecos de la vegetación. Interesa huella pequeña
- El señal de retorno es la adición de los ecos de diferentes objetos
- La mayoría de sistemas LiDAR registran hasta 4 ecos
- Se proporcionan puntos a distintos niveles de la cubierta vegetal y también del suelo.
- Distancia mínima entre ecos: 0.7m – 3.5m
- Alternativa: Análisis de onda completa
  - Digitalización de la señal de eco
  - Número de ecos no limitado

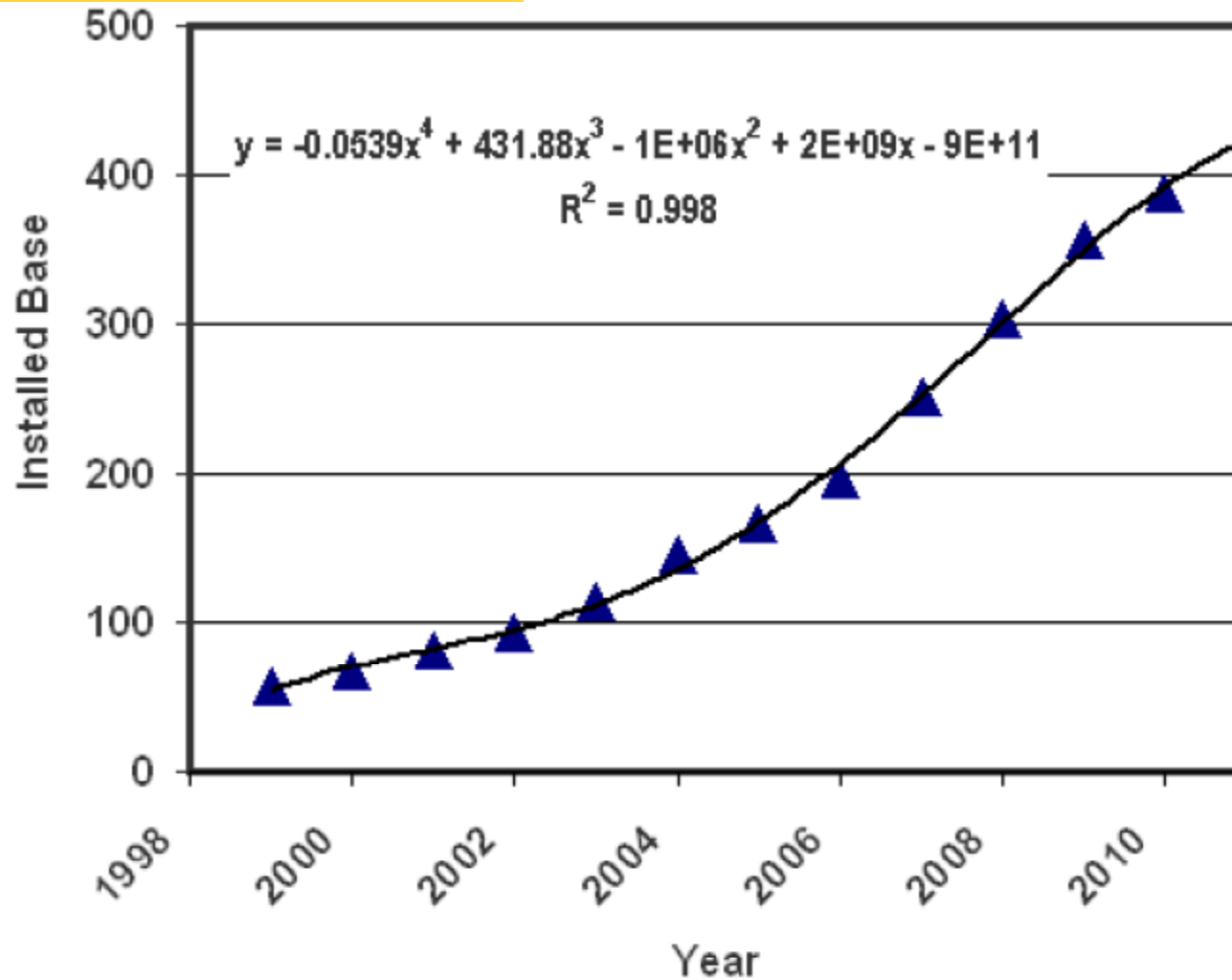


## Penetración de la vegetación

- Ejemplo “La Fageda d’en Jordà”:  
Datos capturados en Junio



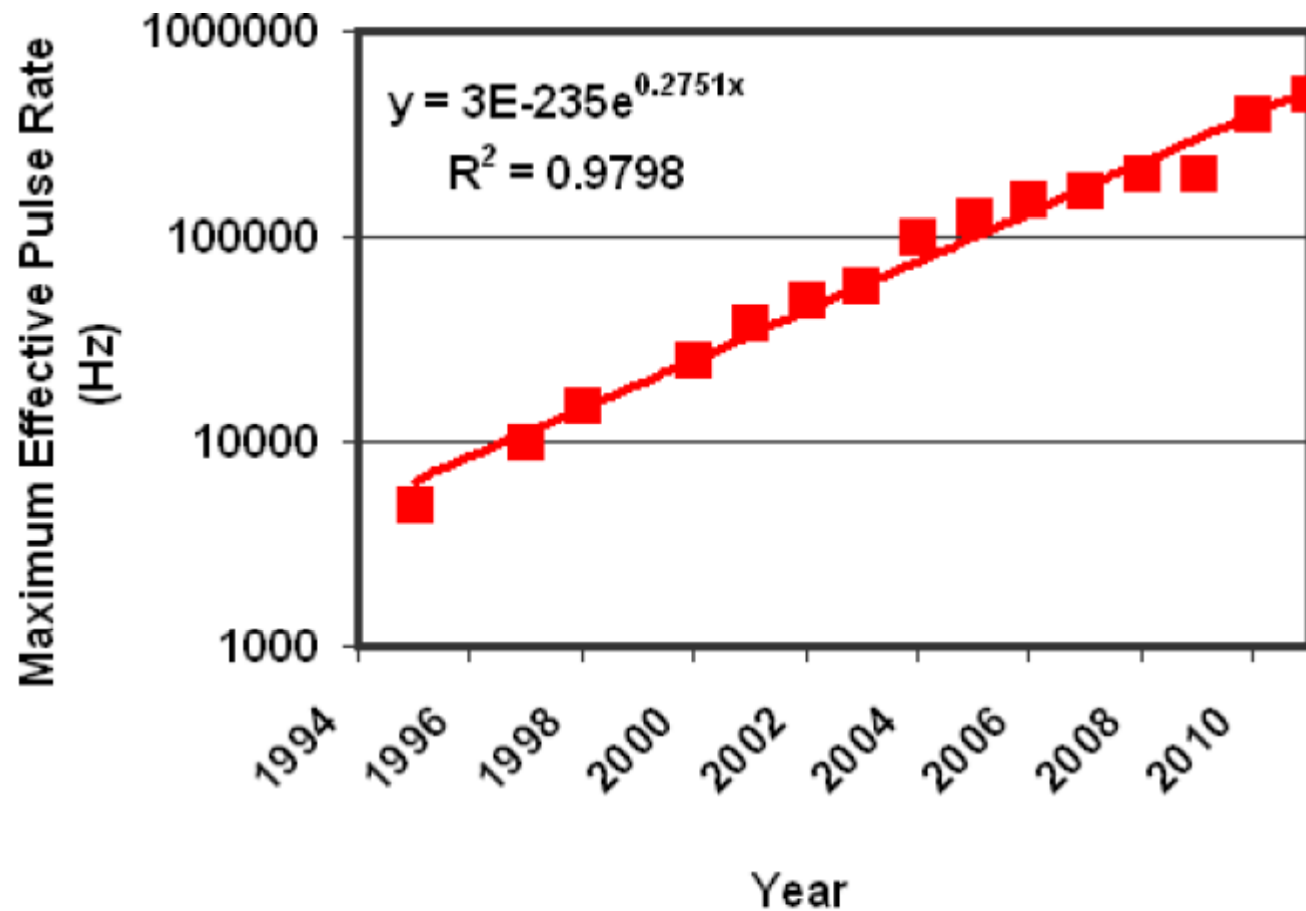
## Sistemas LiDAR instalados



Roth, 2011



## Frecuencia de pulsos

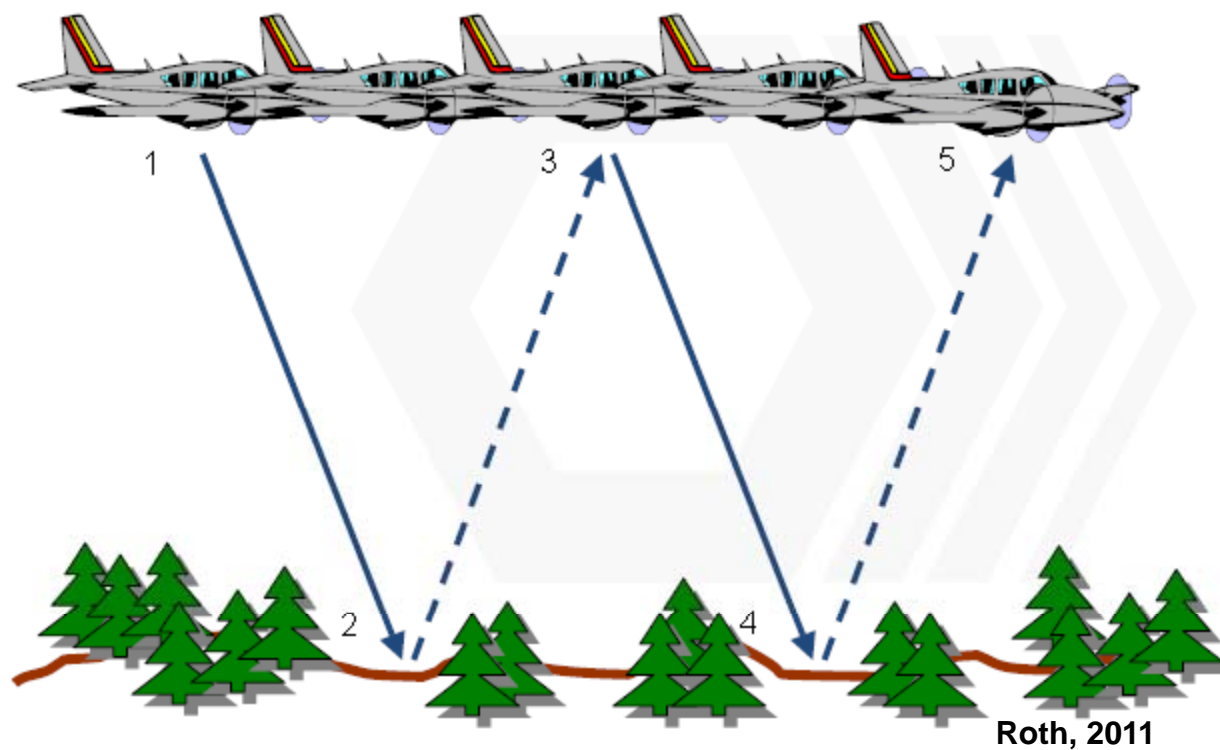


Roth, 2011

## Múltiples pulsos en el aire

### ■ SPiA

- Single Pulse in the Air
- Nuevo pulso se emite después de que se recibió el eco del pulso anterior



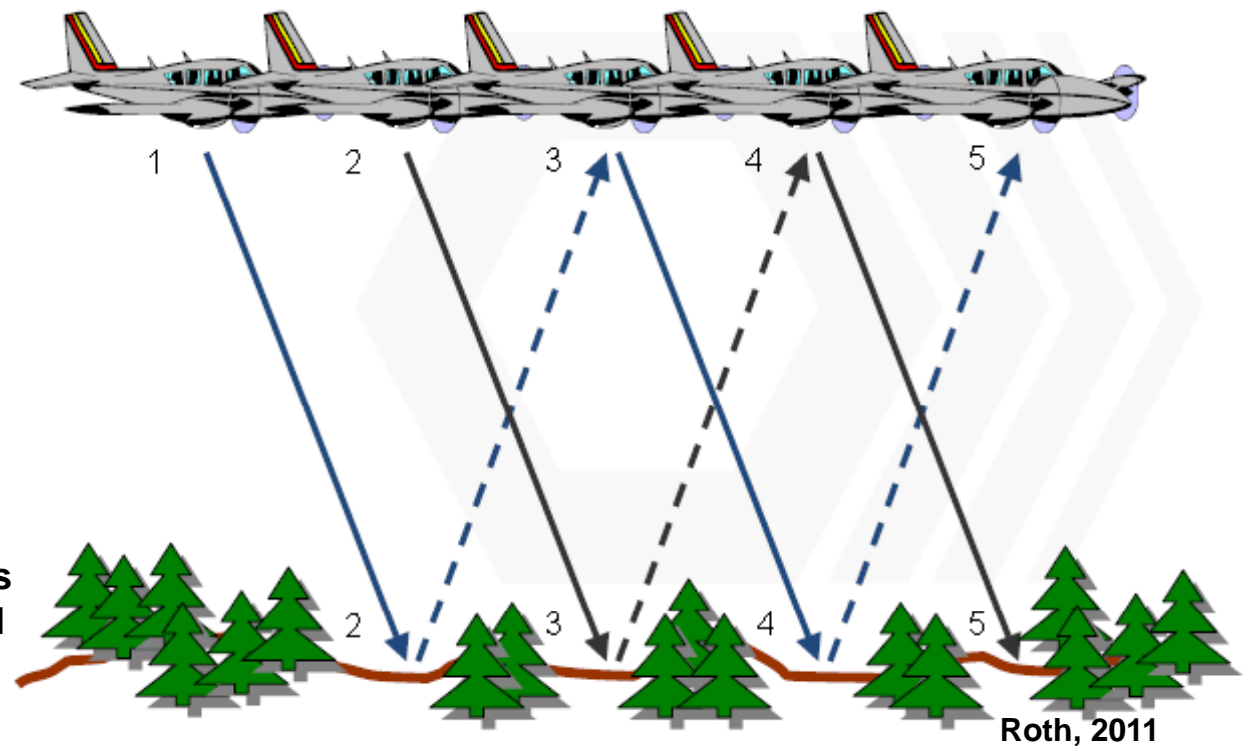
## Múltiples pulsos en el aire

### ■ SPiA

- Single Pulse in the Air
- Nuevo pulso se emite después de que se recibió el eco del pulso anterior

### ■ MPiA (desde 2006)

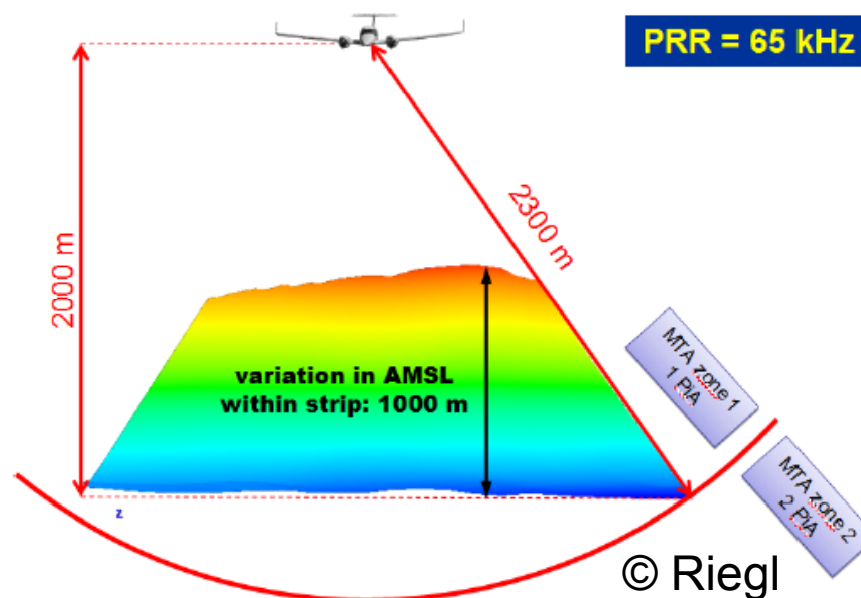
- Multiple Pulses in the Air
- Nuevo pulso se emite antes de que se recibió el eco del pulso anterior
- Limitaciones en el caso de:
  - Grandes diferencias de elevación en el terreno
  - Grandes campos de visión (FOV)



## Múltiples pulsos en el aire

### ■ SPiA

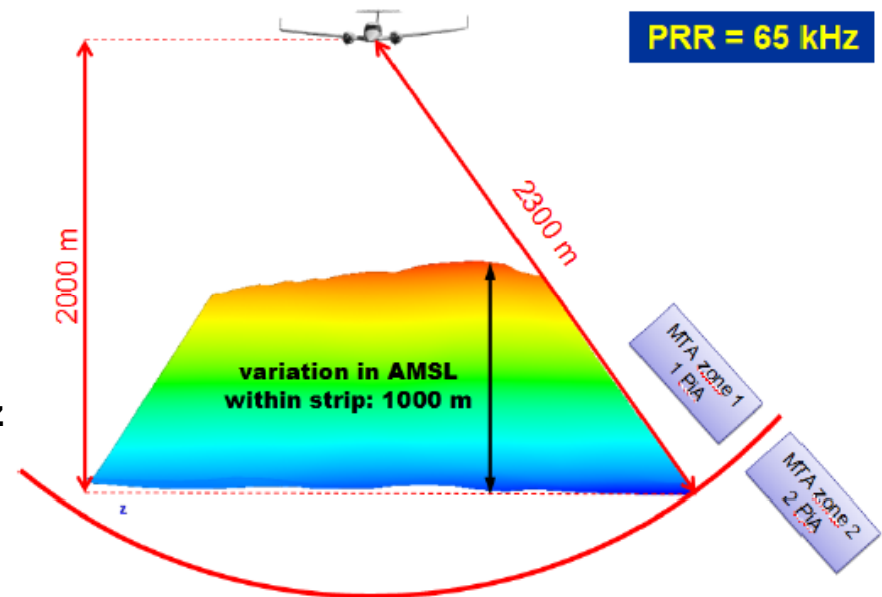
- La frecuencia de pulso debe limitarse a 65 kHz para garantizar que todos los puntos sobre terreno montañoso, con 1000m variación de altura, permanezcan en una sola zona MTA.



## Múltiples pulsos en el aire

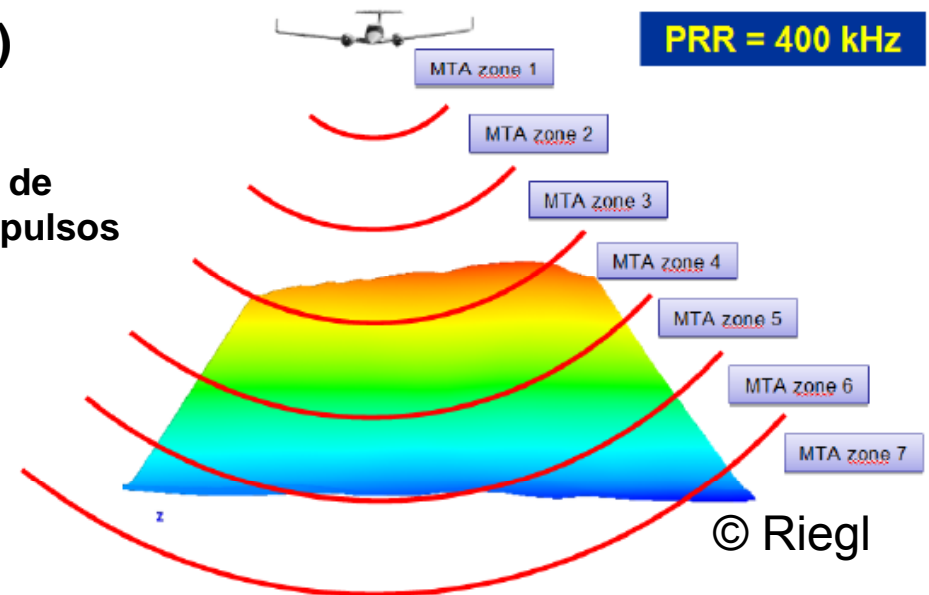
### ■ SPiA

- La frecuencia de pulso debe limitarse a 65 kHz para garantizar que todos los puntos sobre terreno montañoso, con 1000m variación de altura, permanezcan en una sola zona MTA.



### ■ MTA (RIEGL: Multiple Time Around)

- Hasta 10 zonas MTA.
- => Se pueden capturar datos LiDAR en más de una zona MTA con la máxima frecuencia de pulsos



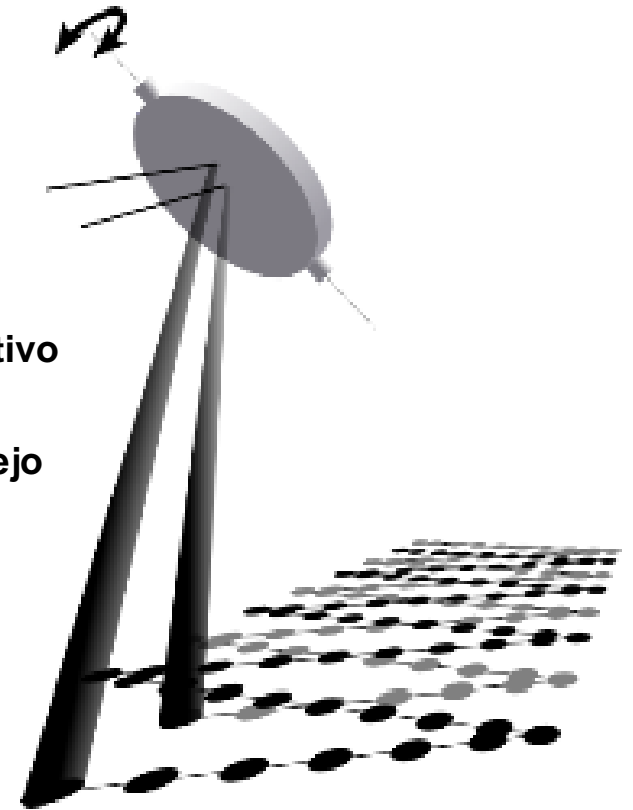
## Dual Output

### ■ Point Density Multiplier

- Escáner de doble salida duplica la frecuencia del pulso efectivo y la frecuencia de muestreo (sólo ALS70-CM y ALS70-HP)
- Salida de láser se divide en dos rayos antes de llegar al espejo
  - uno dirigido ligeramente hacia adelante
  - uno dirigido ligeramente hacia atrás
- Dos detectores reciben las señales reflejadas

### ■ Función “Autoscan”

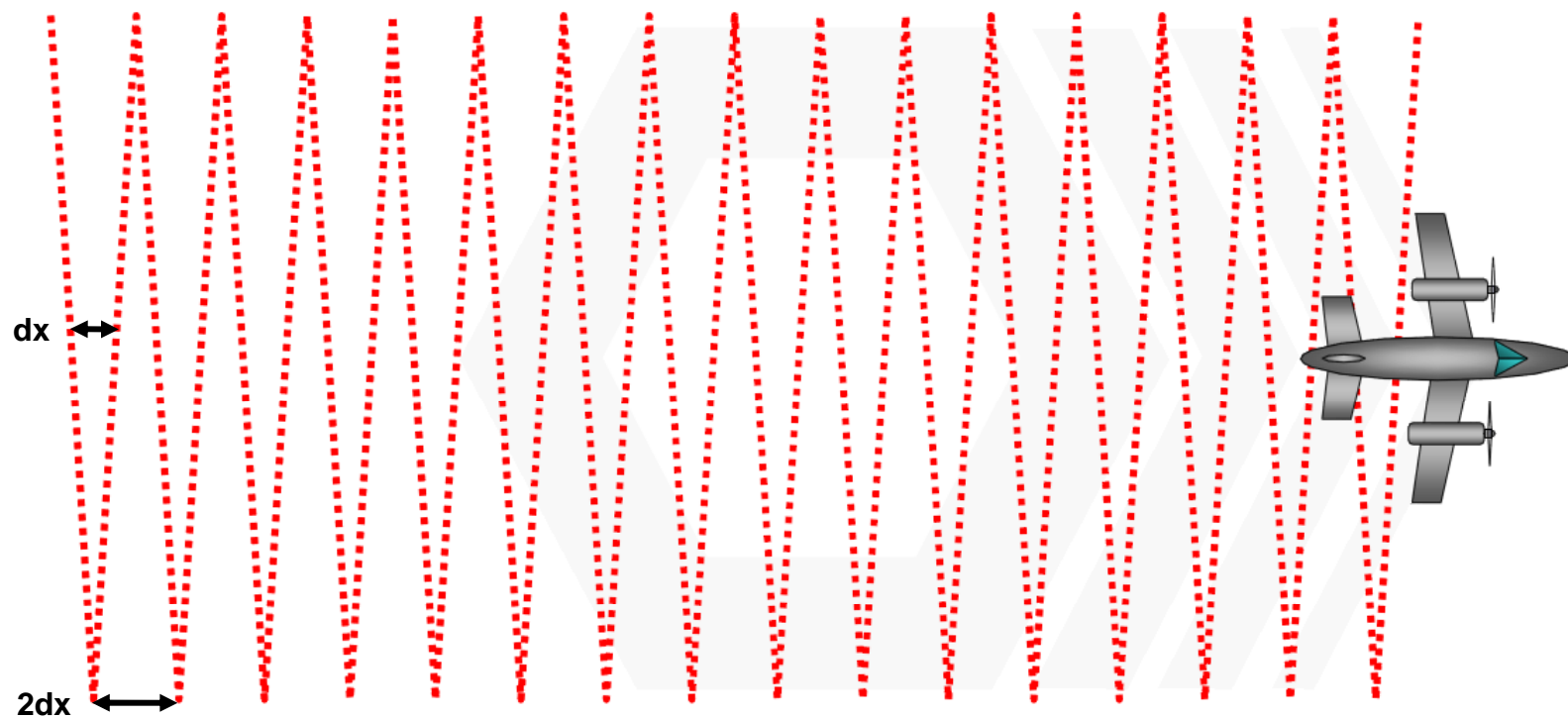
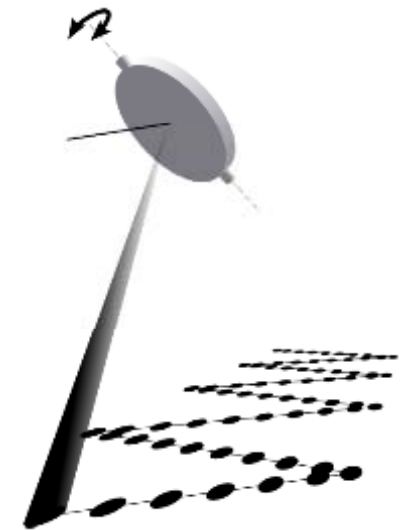
- Monitoriza la relación velocidad/altura sobre el suelo
- Ajusta le frecuencia de muestreo para mantener la orientación de los dos patrones de escaneo fuera de fase



# Dual Output

## ■ Single Output

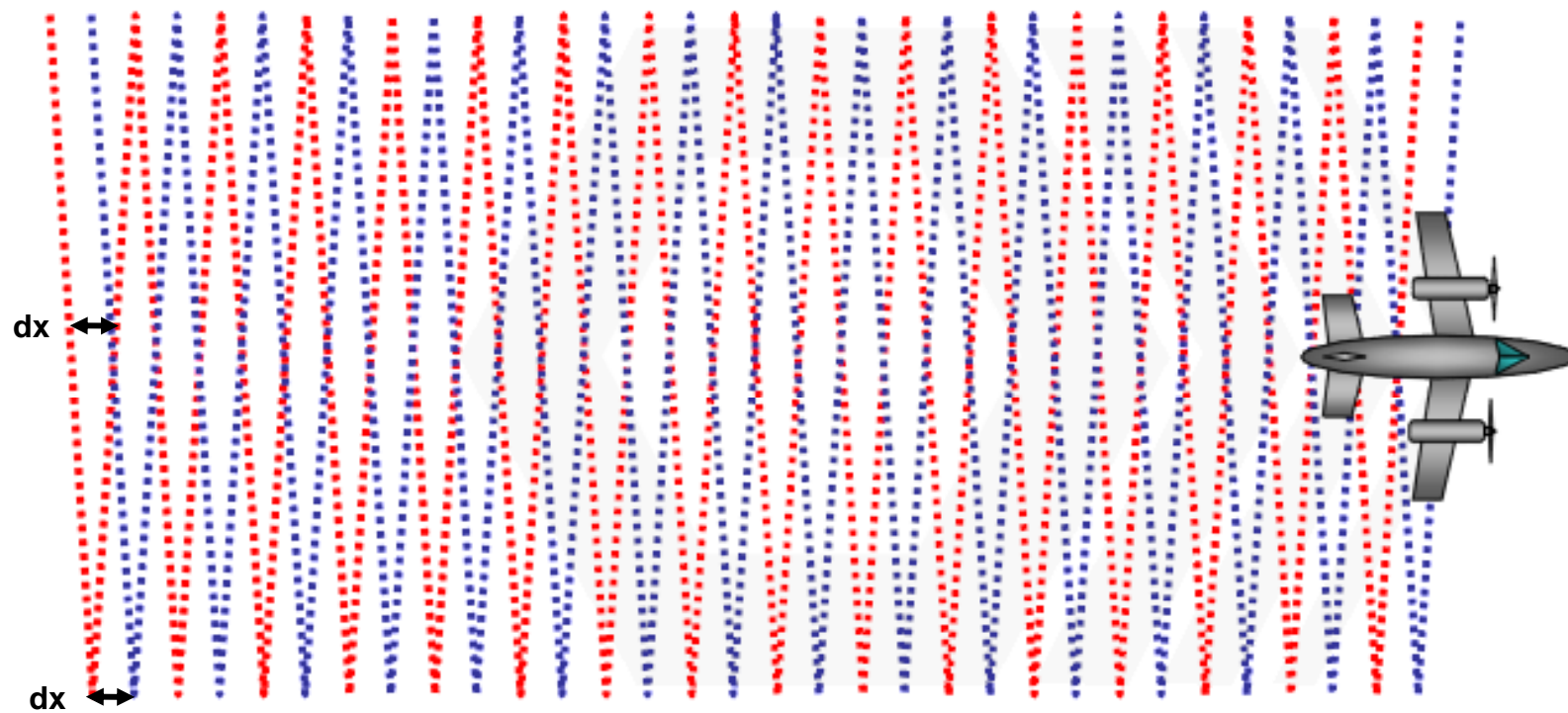
- $dx(\text{extremo}) = 2 \cdot dx(\text{centro})$



# Dual Output

## ■ Dual Output

- Doble frecuencia de muestreo efectiva:  $dx(\text{extremo}) = dx(\text{centro})$
- Doble frecuencia de pulsos

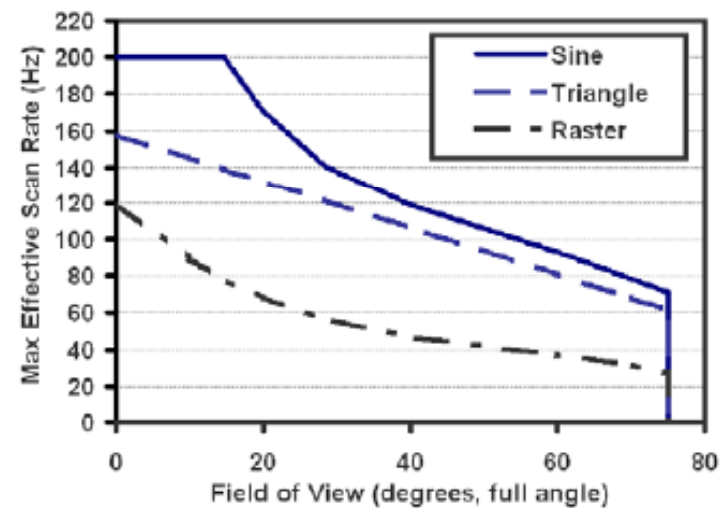
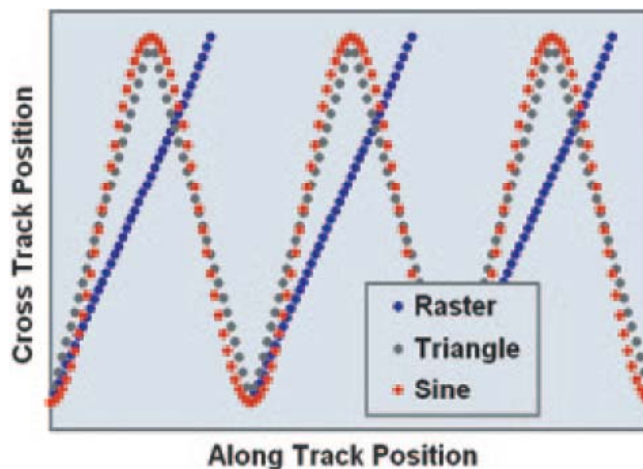
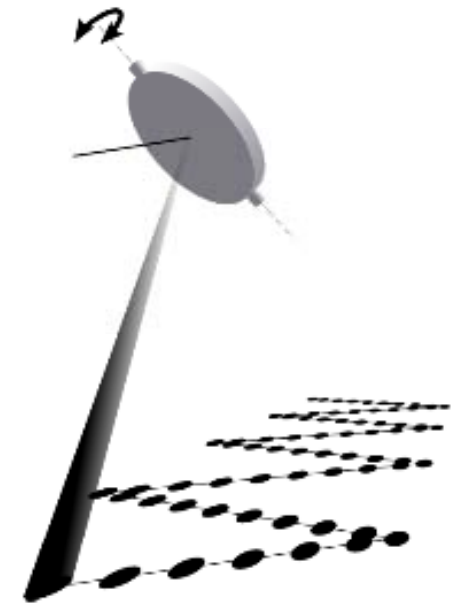




# Sistemas de deflexión del láser

## ■ Espejo oscilante galvanométrico (Leica, Optech)

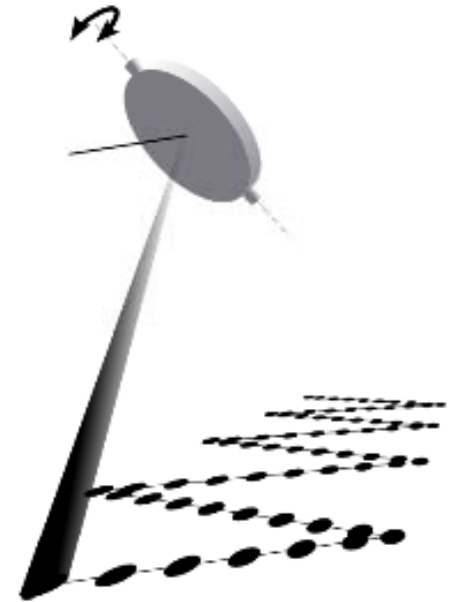
- Mayor densidad de puntos a los extremos de la pasada (puntos de inflexión del espejo)
- Densidad inferior de puntos en el centro de la pasada (máxima velocidad angular del espejo)
- Múltiples patrones de escaneo (Leica): sinusoidal, triangular, raster



## Sistemas de deflexión del láser

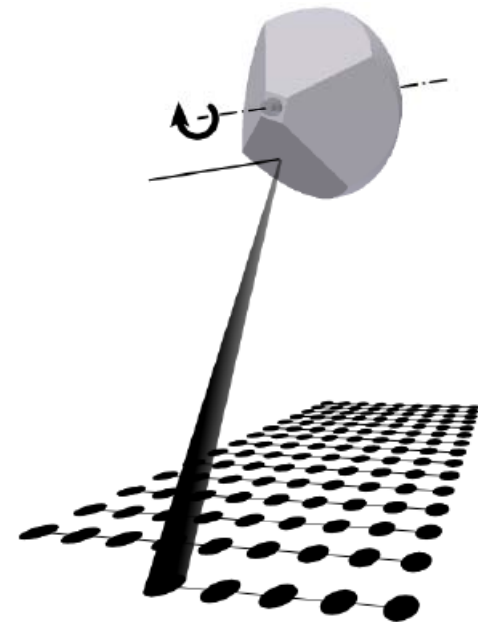
### ■ Espejo oscilante galvanométrico (Leica, Optech)

- Mayor densidad de puntos a los extremos de la pasada (puntos de inflexión del espejo)
- Densidad inferior de puntos en el centro de la pasada (máxima velocidad angular del espejo)
- Múltiples patrones de escaneo (Leica): sinusoidal, triangular, raster



### ■ Espejo poliédrico rotatorio (RIEGL)

- líneas de escaneo rectas y paralelas en terreno plano
- Una cierta parte de los pulsos láser no sale del sensor  
Por ejemplo: RIEGL Q780 y Q680i:
  - frecuencia de pulsos: 400 kHz
  - frecuencia de mediciones: 266 kHz



## Airborne systems for topography

- **Leica:**      **ALS70** -CM, -HP, -HA
- **Optech:**    **Orion** H300, M300, C300  
                  **Pegasus** HD400, HA400
- **Riegl:**      **LMS** -Q780, -Q680i

Manufacturer	Model	Max PRF (kHz)	H-AGL (m)	FOV (°)	iFOV (mrad @ 1/e)	# echo	Scan type	Max SF (Hz)	Mult. echo	Min. distance between echoes (m)
Leica	ALS70-HA	250	200-5000	0-75	0.15	4	Galvo	0-100	MPiA	3.5
Leica	ALS70-HP	500	200-3500	0-75	0.15	4	Galvo	0-200	Dual, MPiA	3.5
Leica	ALS70-CM	500	200-1600	0-75	0.15	4	Galvo	0-200	Dual	3.5
Optech	Pegasus HA500	500	150-5000	0-75	0.25	4	Galvo	0-140	Dual FMP	0.7
Optech	Pegasus HD500	500	300-2500	0-75	0.20	4	Galvo	0-140	Dual FMP	1.0
Optech	Orion H	300	150-4000	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.73
Optech	Orion M	300	100-2500	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.73
Optech	Orion C	300	50-1000	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.68
Riegl	LMS-Q680i	400 (266)	30-1600 ( $\rho=0.2$ )	0-60	0.5	FW	Rotating Polygon	10-200	MTA	-
Riegl	LMS-Q780	400 (266)	50-3750 ( $\rho=0.2$ )	0-60	0.25	FW	Rotating Polygon	14-200	MTA	-

# Leica ALS-70

CM



- **ALS70-CM (500 kHz)**
  - City-/Corridor Mapping
  - Bajas alturas de vuelo (hasta 1600m AGL)

HP

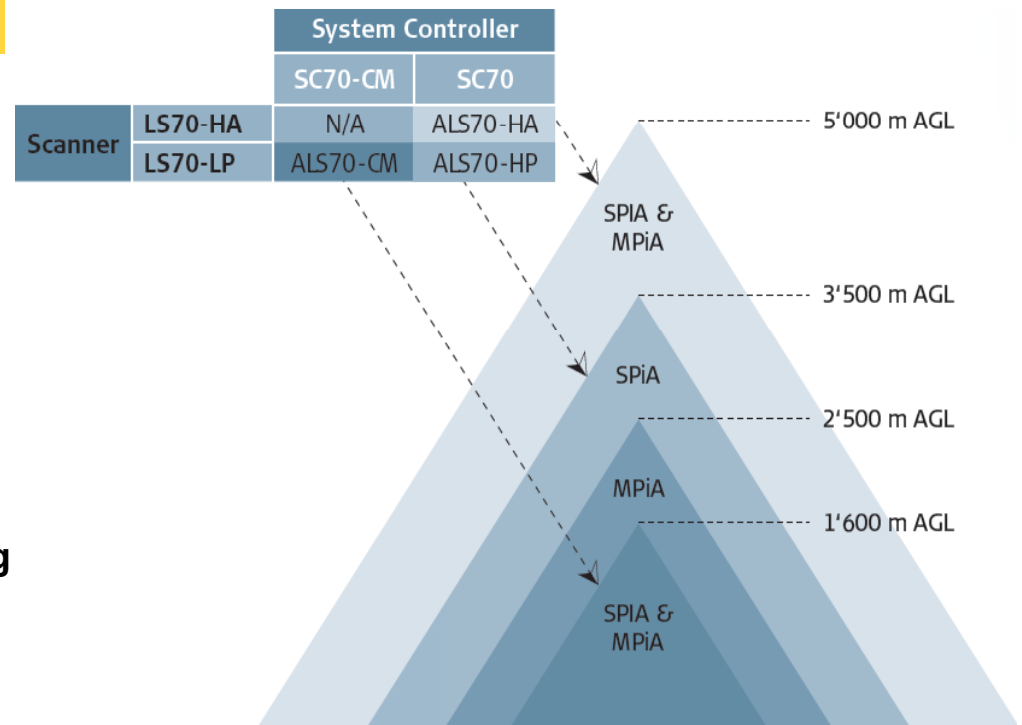


- **ALS70-HP (500 kHz)**
  - General Purpose Mapping
  - Alturas de vuelo más frecuentemente usadas (hasta 3500m AGL)

HA



- **ALS70-HA (250 kHz)**
  - National / Wide Area Mapping
  - Alturas de vuelo altas (hasta 5000m AGL)



# Leica ALS-70

## ■ Frecuencia de muestreo máxima



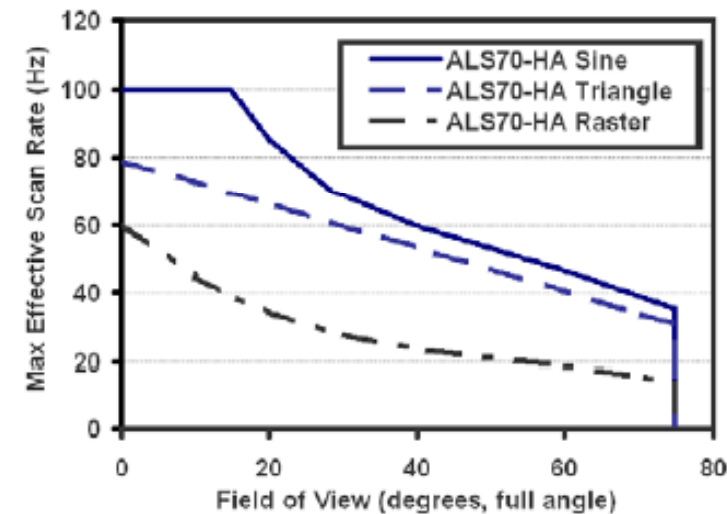
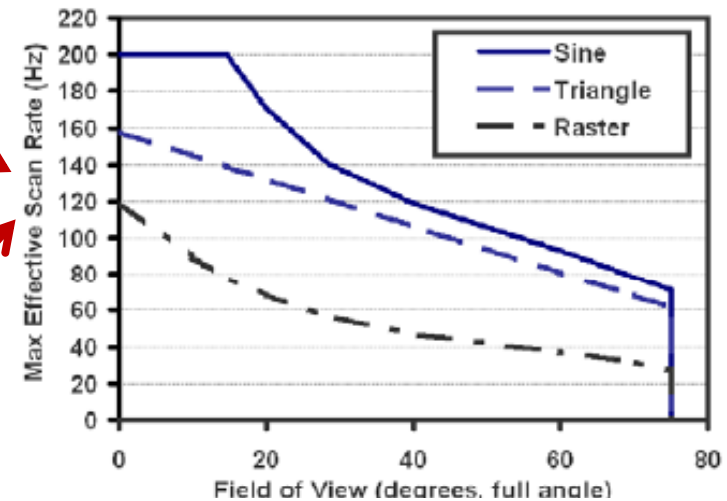
- **ALS70-CM (500 kHz)**
  - City-/Corridor Mapping
  - Bajas alturas de vuelo (hasta 1600m AGL)



- **ALS70-HP (500 kHz)**
  - General Purpose Mapping
  - Alturas de vuelo más frecuentemente usadas (hasta 3500m AGL)



- **ALS70-HA (250 kHz)**
  - National / Wide Area Mapping
  - Alturas de vuelo altas (hasta 5000m AGL)

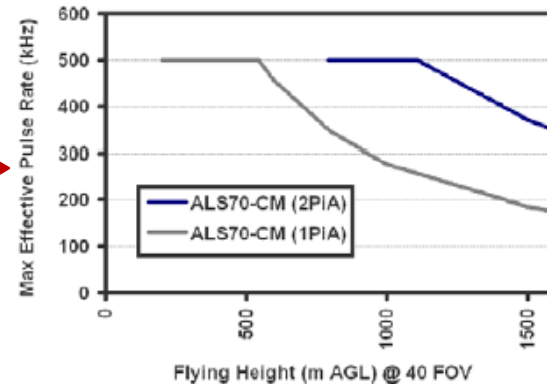


# Leica ALS-70

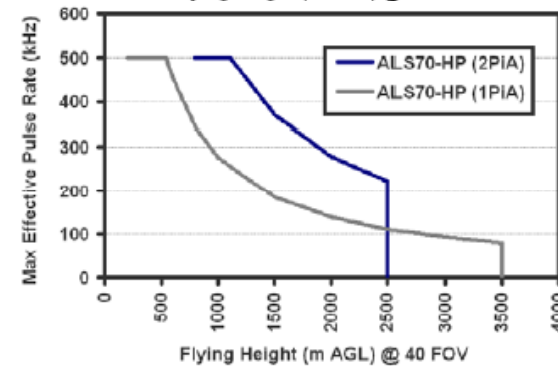
## ■ Frecuencia de pulsos máxima



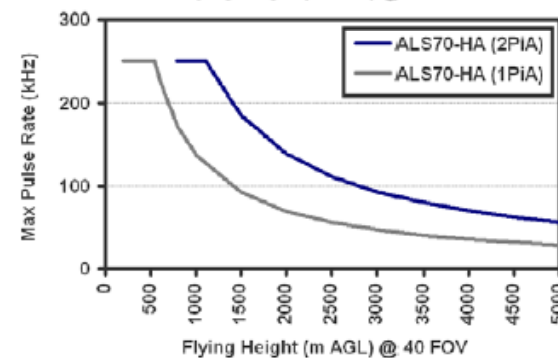
- **ALS70-CM (500 kHz)** →
- City-/Corridor Mapping
- Bajas alturas de vuelo (hasta 1600m AGL)



- **ALS70-HP (500 kHz)** →
- General Purpose Mapping
- Alturas de vuelo más frecuentemente usadas (hasta 3500m AGL)

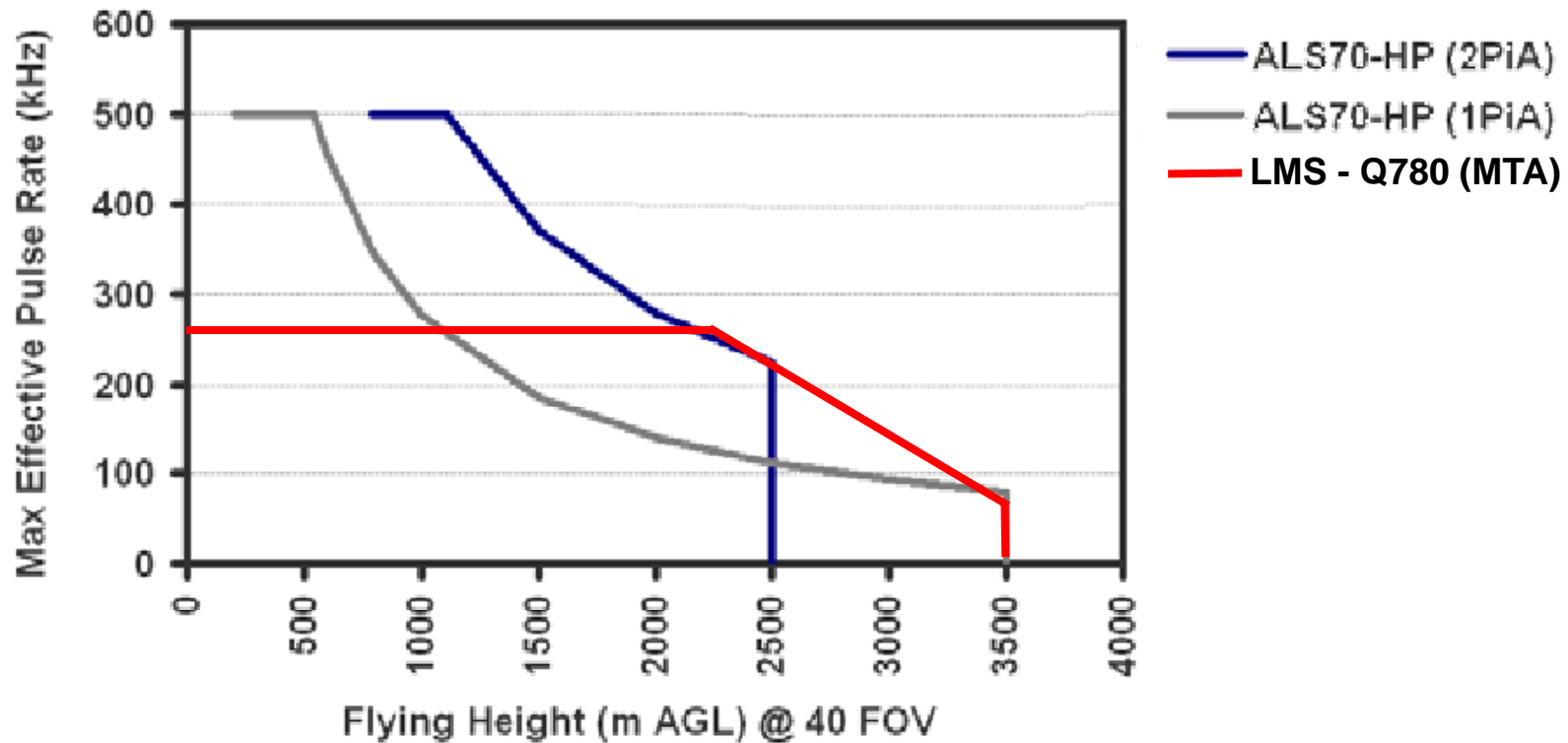


- **ALS70-HA (250 kHz)** →
- National / Wide Area Mapping
- Alturas de vuelo altas (hasta 5000m AGL)



## ALS-70 vs. LMS-Q780

### ■ Frecuencia de pulsos máxima



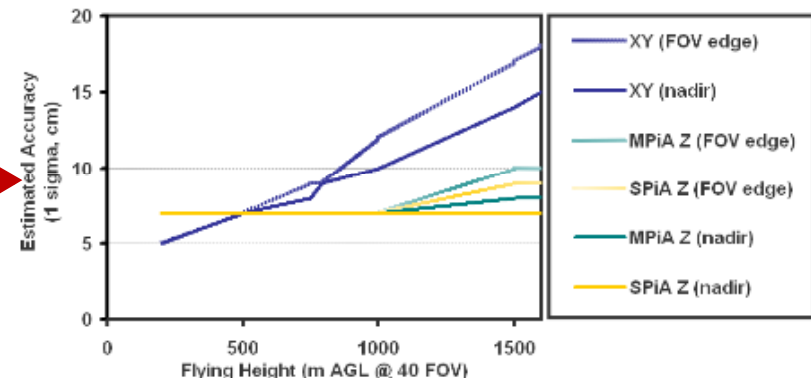


# Leica ALS-70

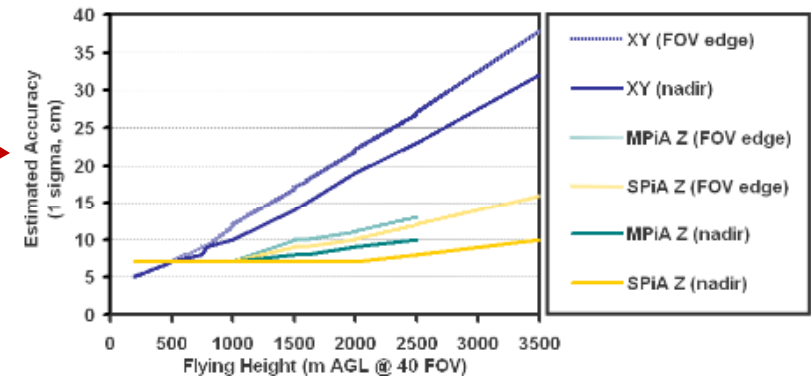
## ■ Precisión de puntos estimada



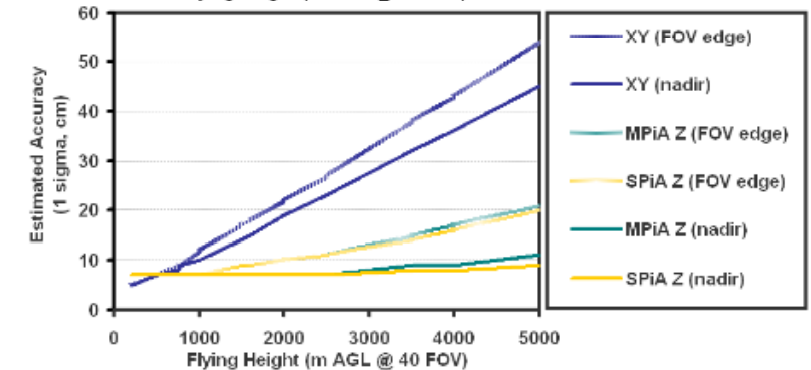
- **ALS70-CM (500 kHz)** →
- City-/Corridor Mapping
- Bajas alturas de vuelo (hasta 1600m AGL)



- **ALS70-HP (500 kHz)** →
- General Purpose Mapping
- Alturas de vuelo más frecuentemente usadas (hasta 3500m AGL)



- **ALS70-HA (250 kHz)** →
- National / Wide Area Mapping
- Alturas de vuelo altas (hasta 5000m AGL)



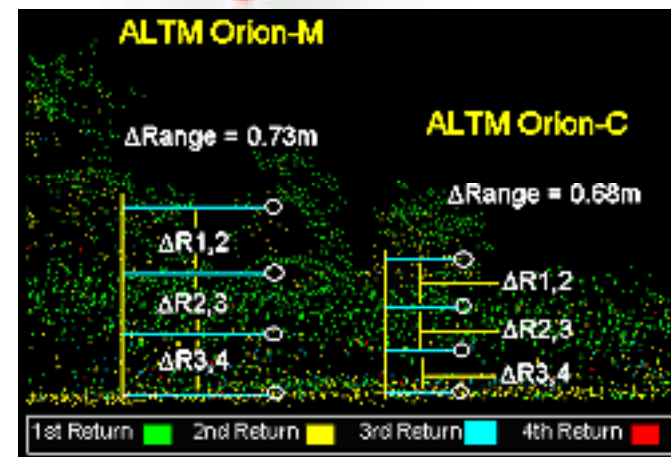
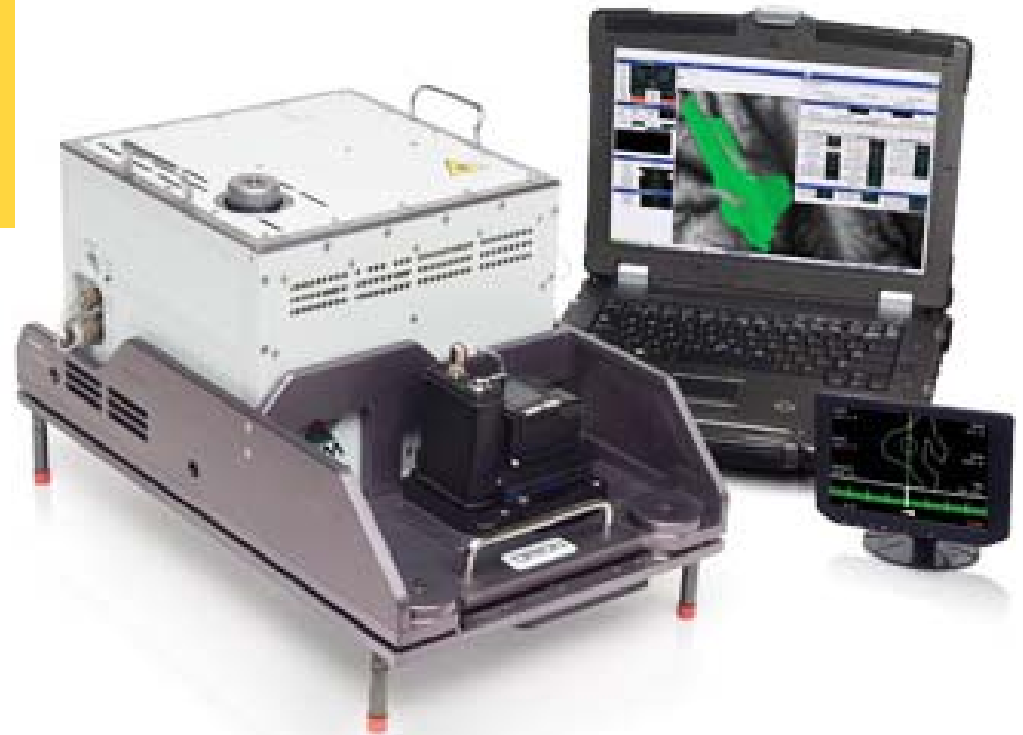
## Airborne systems



**Leica ALS60** (200 KHz, 5000 m)

# Optech

- **ALTM Orion 300 kHz,**
  - diseño compacto
- **H300:** 150 m - 4000 m
  - alturas altas
- **M300:** 100 m - 2500 m
  - alturas medias
- **C300:** 50 m - 1000 m
  - alturas bajas
  - corredor mapping
  - $\lambda=1541\text{nm}$  (complete eye safety)
  - distancia mínima entre ecos más pequeña (0.7m)



[Ussyshkin and Theriault, ISPRS TC VII Symposium, Vienna 2010]

## Optech airborne systems



ALTM Gemini , wide area (167 kHz, 4000 m)

# Optech

- **ALTM Pegasus 500 kHz**
  - **HD400: 300m - 2500 m**
  - **HA400: 150m - 5000 m**
- **Dual output laser system**
- **Fixed Multipulse technology**



# RIEGL

- **LMS-Q680i**
  - **Frecuencia de pulsos: 400 kHz**
  - **Frecuencia de mediciones: 266 kHz**
  - **Max. Altura (AGL): 1600m ( $\rho=0.2$ )**
    - 1600m – 80 kHz
    - 1100m – 200 kHz
    - 950m – 300 kHz
    - 800m – 400 kHz
  - **Multiple Time Around (MTA) processing**
  - **Ilimitado número de ecos por análisis de onda completa**
  - **Espejo poligonal rotatorio => líneas paralelas de escaneo**



# RIEGL

- **LMS-Q780**
  - **Frecuencia de pulsos: 400 kHz**
  - **Frecuencia de mediciones: 266 kHz**
  - **Max. Altura (AGL): 3350m ( $\rho=0.2$ )**
    - 3350m – 80 kHz
    - 2850m – 200 kHz
    - 2450m – 300 kHz
    - 2200m – 400 kHz
  - **Multiple Time Around (MTA) processing**
  - **Ilimitado número de ecos por análisis de onda completa**
  - **Espejo poligonal rotatorio => líneas paralelas de escaneo**



# RIEGL

## ■ New: LMS-Q1560

- **Presentado el martes 25 de junio 2013**  
(Conferencia Internacional de Usuarios Lidar RIEGL en Viena)



- **Dual output**
- **Frecuencia de pulsos: 800 kHz**
- **Frecuencia de mediciones: 533 kHz**
- **Multiple Time Around (MTA) processing**
- **Ilimitado número de ecos por análisis de onda completa**
- **Espejo poligonal rotatorio => líneas paralelas de escaneo**



Manufacturer	Model	Max PRF (kHz)	H-AGL (m)	FOV (°)	iFOV (mrad @ 1/e)	# echo	Scan type	Max SF (Hz)	Mult. echo	Min. distance between echoes (m)
Leica	ALS70-HA	250	200-5000	0-75	0.15	4	Galvo	0-100	MPiA	3.5
Leica	ALS70-HP	500	200-3500	0-75	0.15	4	Galvo	0-200	Dual, MPiA	3.5
Leica	ALS70-CM	500	200-1600	0-75	0.15	4	Galvo	0-200	Dual	3.5
Optech	Pegasus HA500	500	150-5000	0-75	0.25	4	Galvo	0-140	Dual FMP	0.7
Optech	Pegasus HD500	500	300-2500	0-75	0.20	4	Galvo	0-140	Dual FMP	1.0
Optech	Orion H	300	150-4000	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.73
Optech	Orion M	300	100-2500	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.73
Optech	Orion C	300	50-1000	0-50	0.25	4	Galvo	0-90		0.68
Riegl	LMS-Q680i	400 (266)	30-1600 ( $\rho=0.2$ )	0-60	0.5	FW	Rotating Polygon	10-200	MTA	-
Riegl	LMS-Q780	400 (266)	50-3750 ( $\rho=0.2$ )	0-60	0.25	FW	Rotating Polygon	14-200	MTA	-
Riegl	LMS-Q1560	800 (533)	50-3750 (?)	0-60 (?)	0.25 (?)	FW	Rotating Polygon	10-200 (?)	Dual MTA	-

**Gracias por su atención**

**Institut Cartogràfic  
de Catalunya**

Parc de Montjuïc,  
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67

[www.icc.cat](http://www.icc.cat)

[webmaster@icc.cat](mailto:webmaster@icc.cat)

[twitter.com/icc\\_cat](https://twitter.com/icc_cat)

[facebook.com/icc.cat](https://facebook.com/icc.cat)

