

# **Nuevos Sensores**

**LiDAR de retorno de onda completa (Fullwaveform)**

**FLASH 3D LADAR**

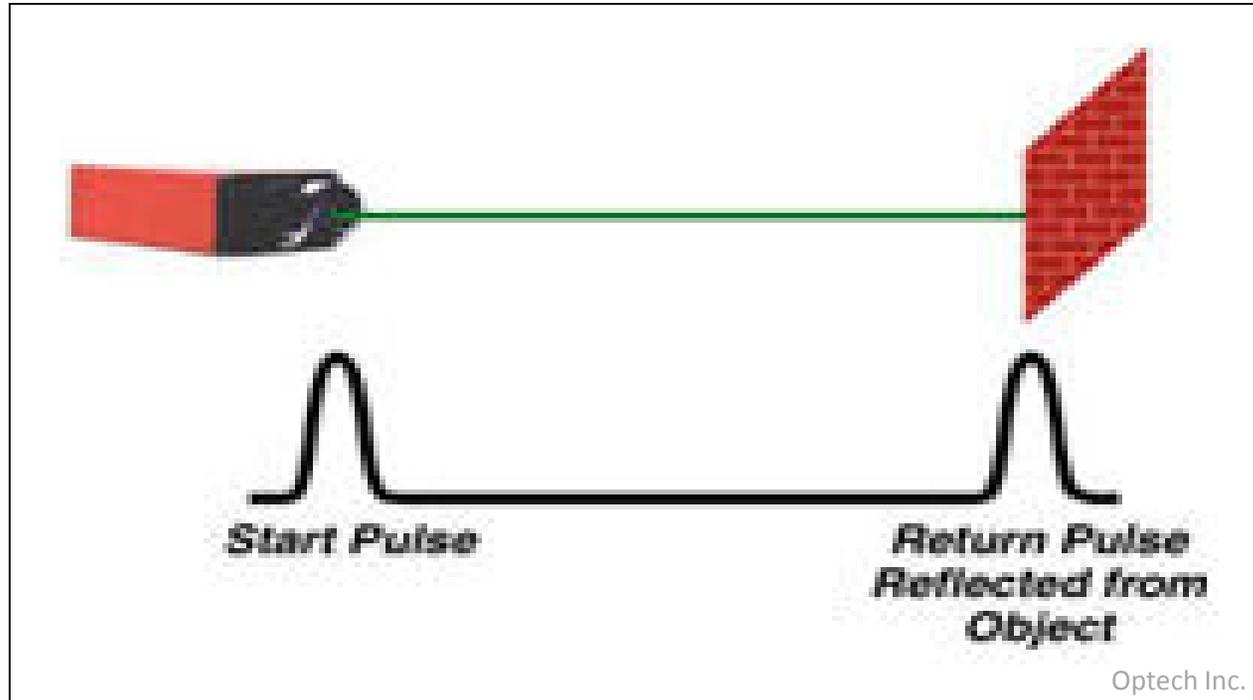
**LiDAR terrestre multiespectral**

XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Las Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global  
**Taller Empleo del LiDAR para aplicaciones ambientales terrestres**

John Gajardo V.  
Septiembre 19 de 2012

# INTRODUCCIÓN

Un sensor LiDAR topográfico es un distanciómetro laser que entrega un representación confiable de la superficie de la tierra, empleando una nube de puntos 3D georeferenciada (Baltsavias, 1999).



Los sistemas LiDAR topográficos usan dos aproximaciones para entregar las mediciones de distancias. La primera mide el tiempo de ida y vuelta para un pulso de luz desde el laser hasta objetivo y de vuelta al laser, y la segunda lleva a cabo la medición a través de la diferencia de fase entre la señal transmitida y recibida.

# INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años una nueva generación de scanners ha sido desarrollada, los cuales son capaces de registrar la señal completa del retorno de un pulso laser. Estos nuevos sensores son denominados LiDAR de retorno de onda completa (Fullwaveform) (Mallet y Bretar 2009).



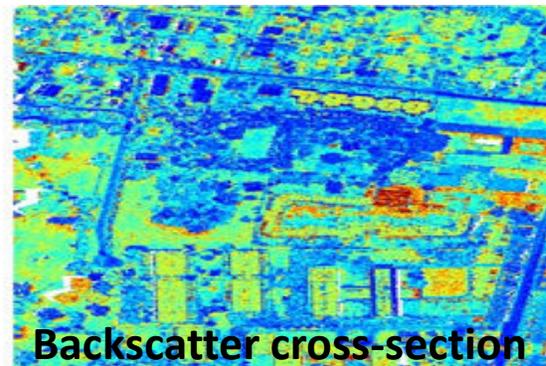
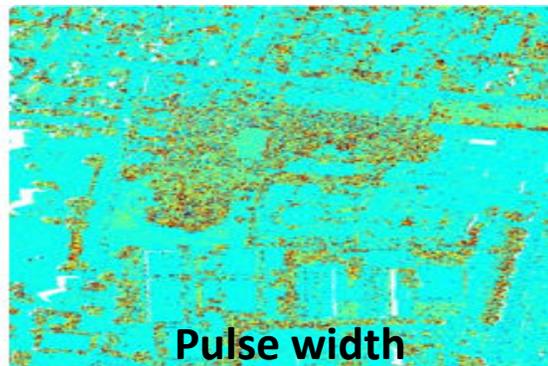
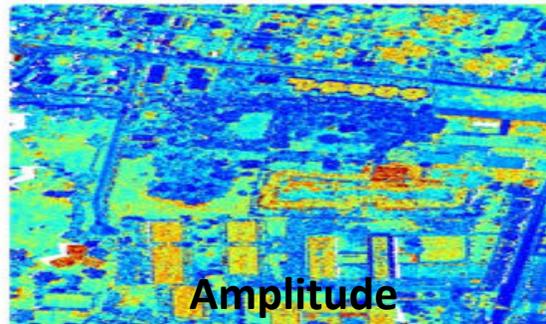
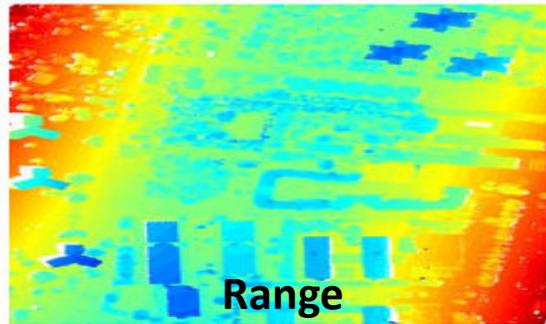
Optech Inc.

Se podría entender entonces que los sistemas discretos identifican con el retorno de la señal las alturas de los picos, mientras que los waveform registran la huella completa de la señal para procesarla posteriormente.

# INTRODUCCIÓN

Dos nuevas contribuciones pueden ser hechas por los sistemas de retorno de onda completa:

1. Procesar la señal recibida para recuperar los retornos (Detección de pulsos)
2. Modelar las waveforms recibidas para extraer características adicionales (Decomposición)



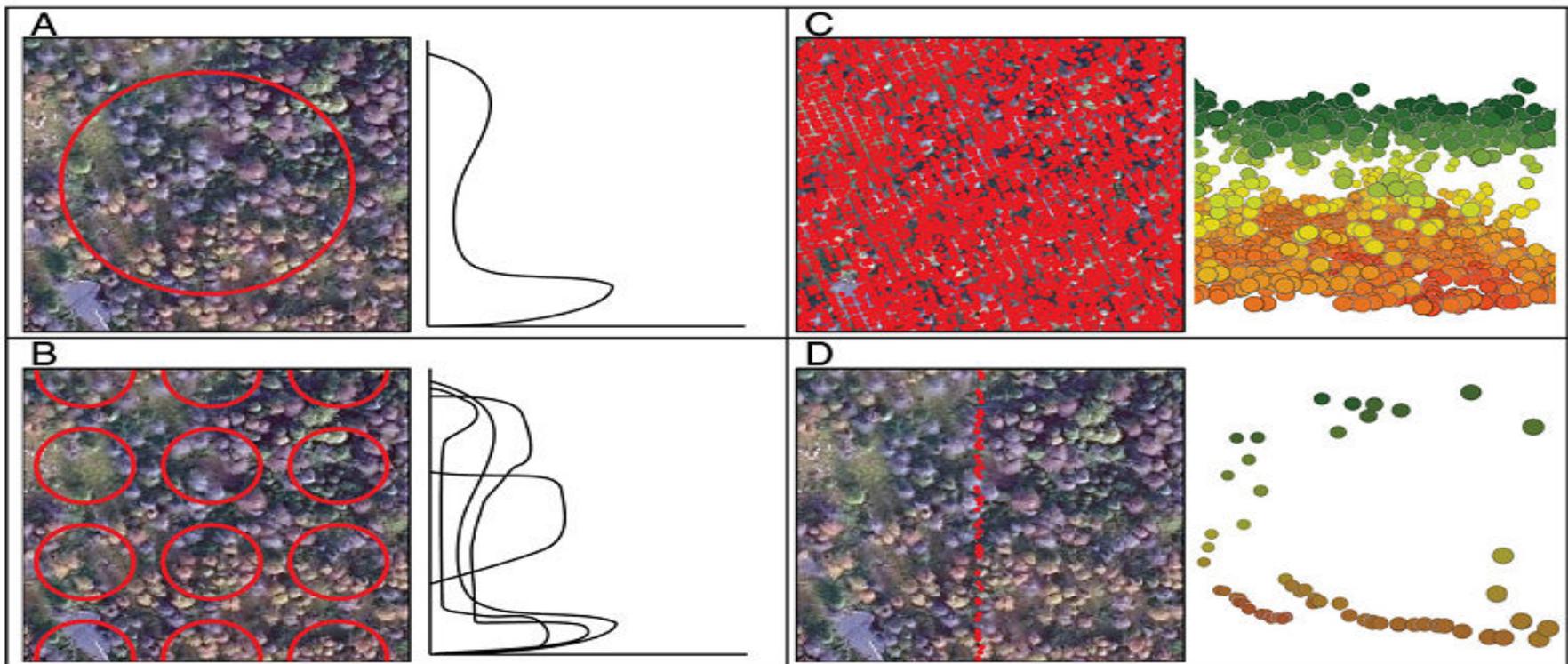
Wagner et al 2006

Las potencialidades de los sensores de retorno de onda completa son numerosas, y en los próximos años serán importantes para el desarrollo de nuevos métodos y programas. Entre las aplicaciones esta la posibilidad de mejorar la caracterización de la estructura del dosel sobre áreas extensas y la disponibilidad de datos a nivel global (Lefsky et al 2002).

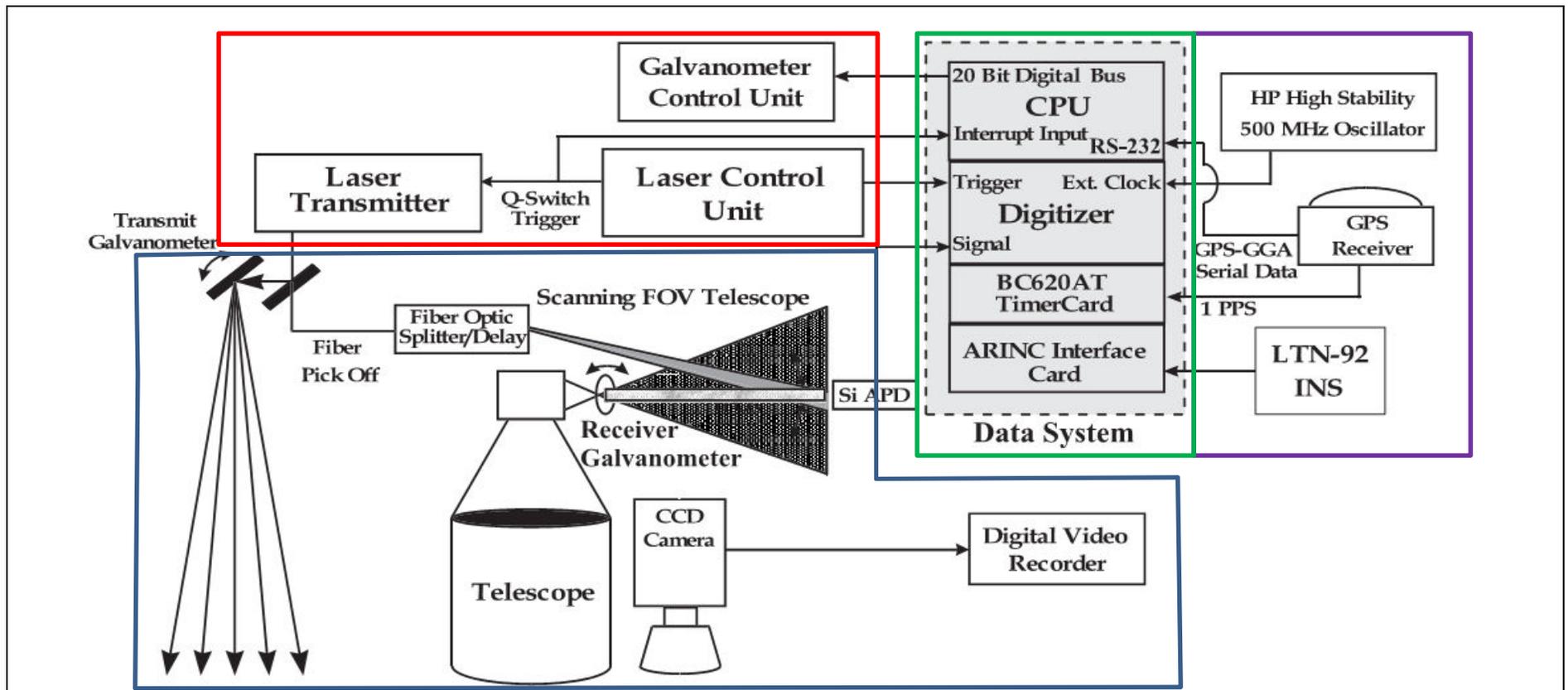
# INTRODUCCIÓN

Aunque en los sistemas discretos, el manejo de datos ya se encuentra estandarizados (formato y software), sin embargo, en los sensores de onda completa el manejo eficiente de los datos aun no ha sido abordado. Las posibles razones podrían ser:

- 1 Este tipo de datos ha salido recientemente a nivel comercial
- 2 El volumen de datos es elevado
- 3 Aun no existe consenso acerca de las ventajas absolutas



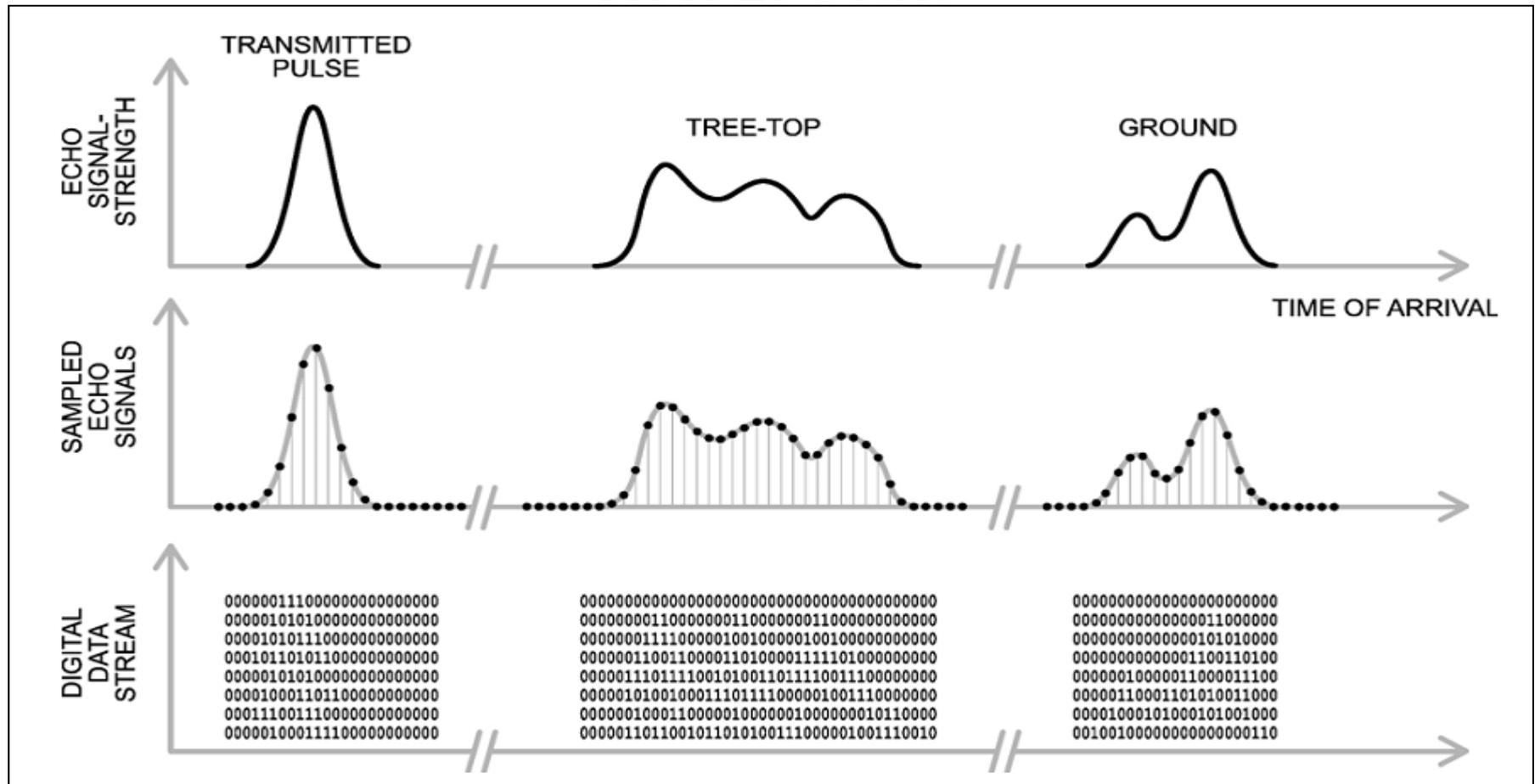
# CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR Y OPERACIÓN



Blair et al 1999

1. Un pulso laser con determinada energía y en una cierta longitud de onda es emitido desde el instrumento
2. Dependiendo de la divergencia y altura se produce una huella con una determinada superficie
3. El retorno de la señal regresa y se calcula el tiempo de viaje
4. El detector APD dispara el digitalizador que muestrea la señal a una resolución determinada
5. Si la señal está por sobre un umbral de ruido, el intervalo de tiempo y la waveform son almacenados

# DIGITALIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA WAVEFORM

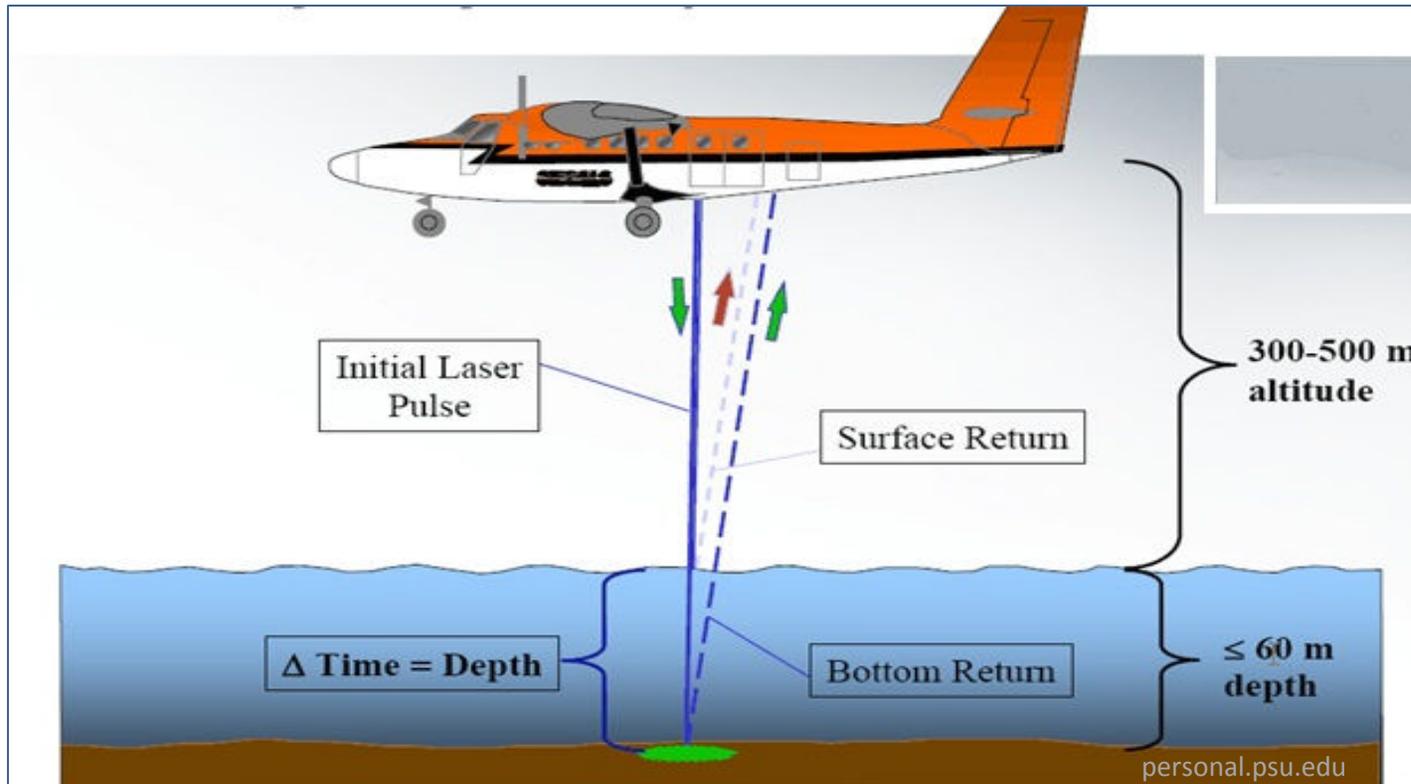


Wagner et al 2006

Para almacenar el waveform los principales fabricantes (Riegl, Optech, Leica, Toposys, entre otros) agregan terminales de digitalización e incrementan su capacidad de almacenamiento. Por ejemplo el sistema ALTM de Toposys puede almacenar hasta 440 muestras por cada pulso, lo anterior es equivalente a una sección continua vertical de 66 metros (440x15cm/muestra)

# TIPOS DE SISTEMAS FULLWAVEFORM (BATIMÉTRICOS)

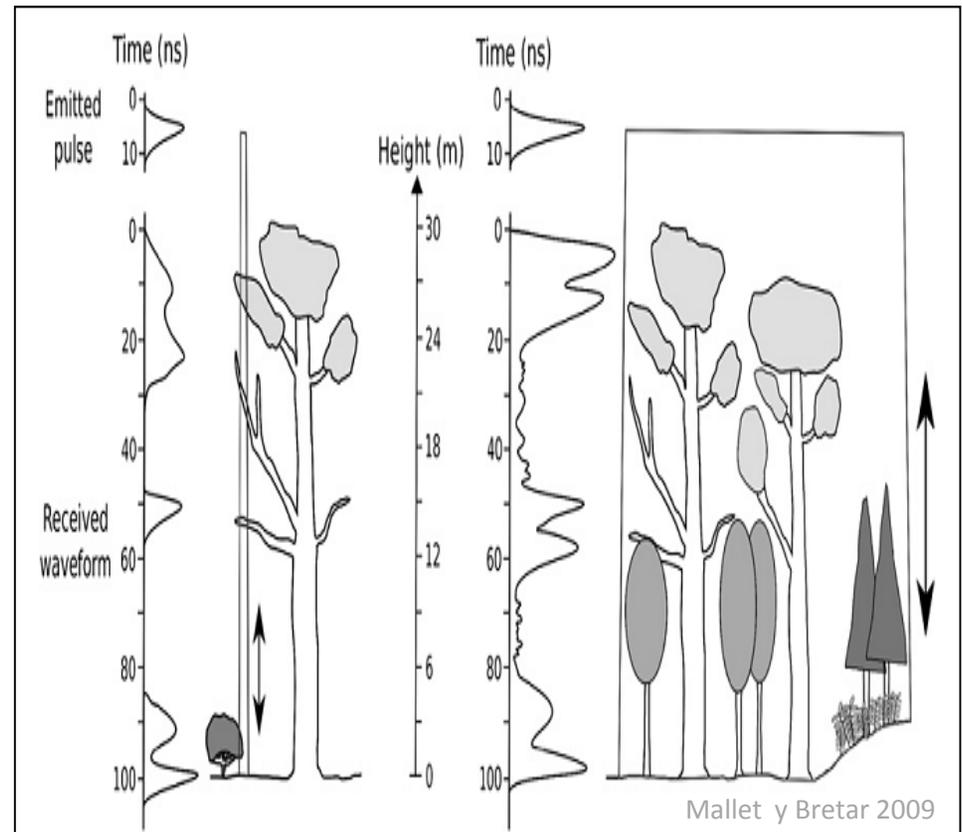
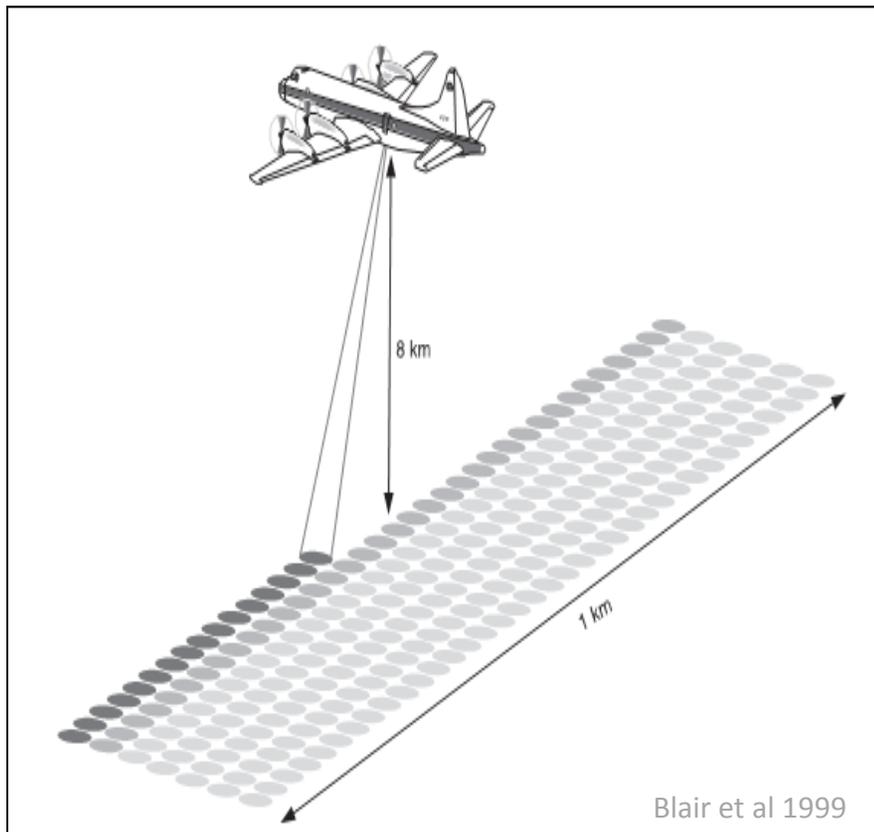
Los sistemas batimétricos son empleados para obtener medidas precisas de profundidad en el océano. Están compuestos de dos rayos, uno en el verde (532nm) y otro en el infrarrojo (1064nm)



Existen varios sistemas LiDAR batimétricos: LARSEN 500, LADS (Laser Airborne Depth Sounder), serie SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey), HawkEye, EAARL (Experimental Advanced Airborne Research Lidar)

# TIPOS DE SISTEMAS FULLWAVEFORM (TOPOGRÁFICOS)

Los sistemas topográficos de fullwaveform se diferencian en el tamaño del footprint (small y large). La mayoría de los sistemas comerciales poseen un small footprint (0.2-3 m.), entregando una alta densidad de puntos e información altimétrica muy precisa.



Por otra parte, los sistemas de large footprint (10-70 m.), aumentan la probabilidad de golpear el suelo y la parte superior del dosel, entregando un registro de la distribución vertical de las superficies.

# TIPOS DE SISTEMAS FULLWAVEFORM (COMERCIALES)

Disponibles desde aprox. 2004. Son por lo general sistemas de footprint pequeña que tienen un gran potencial pero aun no han explotado en aplicaciones específicas

System	Company manufacturer	Platform	Beam deflection	Beginning-final year	Wavelength (nm)	Flying height (km)	Pulse rate (kHz)	Pulse energy (mJ)	Pulse width (ns)	Scan rate (Hz)	Scan angle (°)	Beam divergence (mrad)	Footprint size (m)	Range accuracy (cm)	Digitizer (ns)
LMS Q560	Riegl	Airborne	Polygon	2004-	1550	<1.5	≤100	0.008	4	5-160	45	0.5	0.5@1 km	2	1
Falcon III	TopoSys	Airborne	Fibers	2005 -	1560	<2.5	50-125	-	5	165-415	28	0.7	0.7@1 km	-	-
MarkII	TopEye	Airborne	Palmer	2004-	1064	<1	≤50	-	4	<50	14/20	1	1@1 km	2-3	1
ALTM 3100	Optech	Airborne	Oscillating mirror	2004-	1064	≤3.5	≤70	<0.2	8	<70	50	0.3/0.8	0.3/0.8@1 km	1	1
ALSG0	Leica	Airborne	Oscillating mirror	2006-	1064	0.2-6	≤50	<0.2	5	<90	75 usually	0.22	0.22@1 km	2	1

Mallet y Bretar 2009

Los principales fabricantes son Riegl (Austria), Toposys (Alemania), TopEye/Blom (Suecia), Optech (Canadá), Leica (Suiza/Alemania).

# TIPOS DE SISTEMAS FULLWAVEFORM (EXPERIMENTALES)

**Scanning Lidar Imager of Canopies by Echo Recovery (SLICER):** Diseñado para caracterizar la estructura vertical del dosel. Con su uso se demostró que los sistemas fullwaveform pueden ser empleados para estimar las características de los bosques (Lefsky et al 1999)

**Shuttle Laser Altimeter (SLA):** Diseñado para monitorear, océanos, nubes y tierra. Existen dos versiones, SLA-01 y SLA-02. Se empleo para estudiar la factibilidad de producir el Multi-Beam Laser Altimeter (MBLA) y el GLAS (Harding et al 1999)

**Laser Vegetation Imaging Sensor (LVIS):** Versión mejorada de SLICER, se usó para para suministrar datos y desarrollar algoritmos, además de evaluar el desempeño de los instrumentos para una futura misión del Vegetation Canopy LiDAR (VCL) (Blair et al 1999)

**Multi-Beam Laser Altimeter (MBLA):** Fue parte de la misión VCL. VCL es un sistema LiDAR satelital, que consiste de 5 instrumentos. El objetivo del VCL es entregar datos para un mejor entendimiento de los temas medioambientales (cambio climático, uso sostenible de la tierra), mejorar la estimación global de biomasa y captura de carbón. El programa esta abandonado.

**Geoscience Laser Altimeter System (GLAS):** Sensor a bordo del satélite ICESAT. Se diseñó para estudiar la evolución de la tierra, masas de hielo, topografía y la estructura vertical de las nubes y aerosoles (Brenner et al 2003)

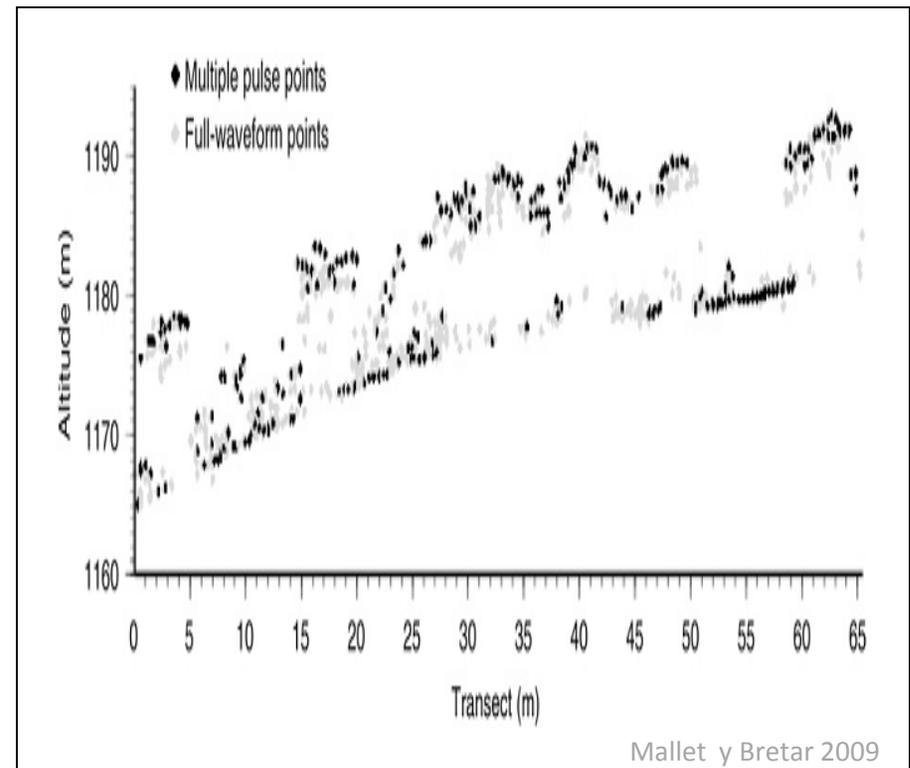
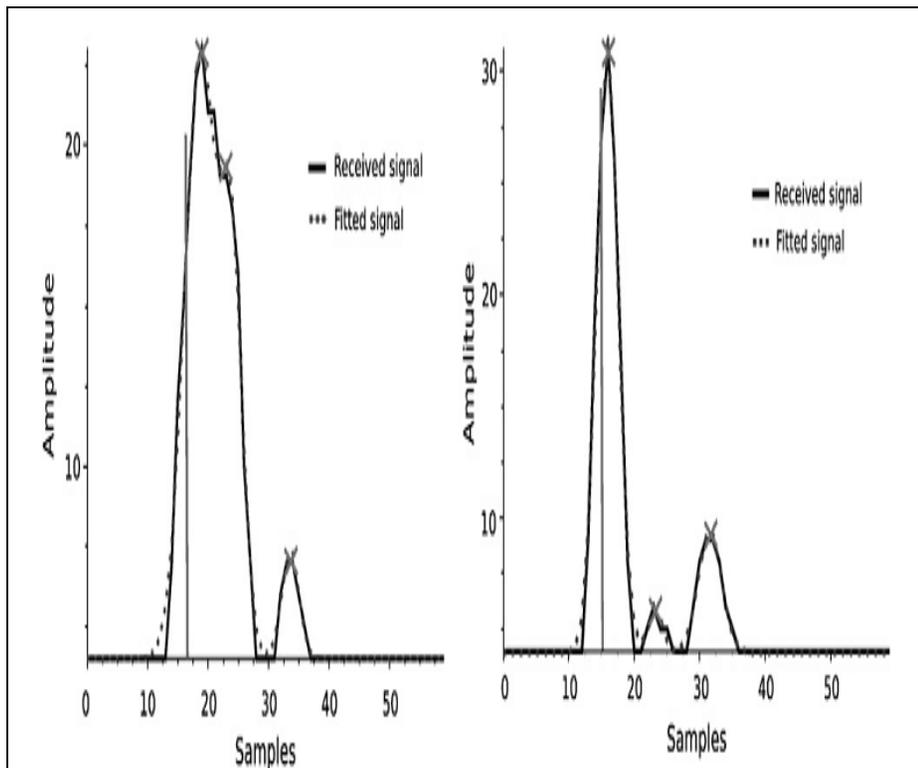
# PROCESAMIENTO DE LA WAVEFORM

Existen dos aproximaciones conocidas para procesar los perfiles verticales registrados por los sistemas de fullwaveform:

1. Análisis espacio-temporal del waveform
2. Decomposición de la fullwaveform

## Determinación de distancias y extracción de ecos

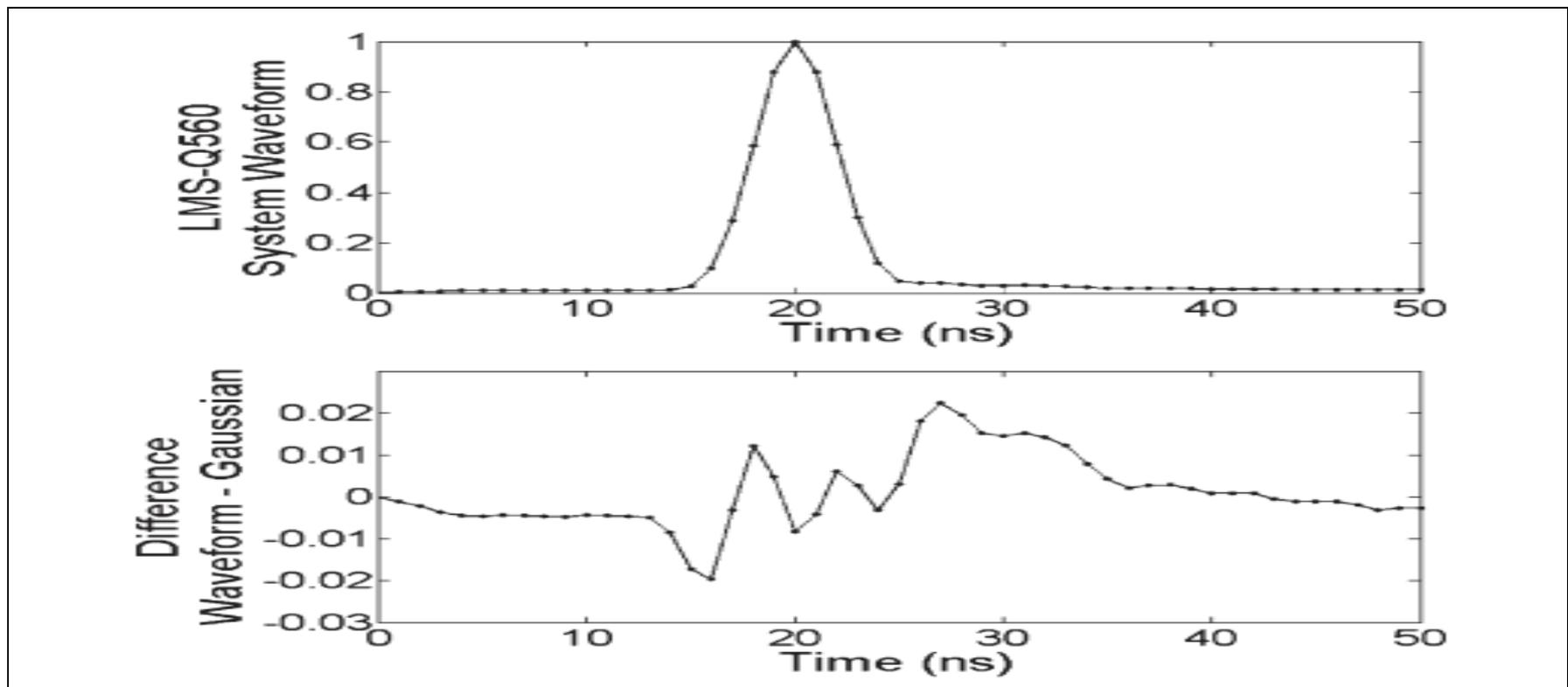
Considera el uso de técnicas para la extracción de retornos normales y “débiles” (Stilla et al. 2007), aumentando la respuesta de las superficies de retorno. Esto maximiza la tasa de detección.



# PROCESAMIENTO DE LA WAVEFORM

## Modelación de la waveform

Se pretende descomponer el waveform como la suma de (n) componentes (ecos o retornos). El modelo de una waveform ( $y_i$ ), esta compuesto por un modelo de los ecos ( $\theta_i$ ), ( $x_i$ ) que es una secuencia de puntos y el ruido ( $b_i$ ). Los ecos dentro de una waveform se modelan usando una aproximación paramétrica. La mayoría de los procesamientos de datos de fullwaveform considera que la función de dispersión es Gaussiana (Wagner et al 2006).



# APLICACIONES EN ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS FORESTALES

Fullwaveform ha sido ampliamente usado en análisis de los bosques. Se descomponen para producir un densa nube de puntos 3D que refleja el dosel. Los puntos son usados para estimar parámetros forestales.

**Altura del dosel:** Se modela desde las diferencias entre la altura de los primeros y últimos retornos (Lefsky et al 1999a).

**Distribución vertical del dosel:** Se requiere para la determinación de características como el AGB (Lefsky et al 1999a).

**Perfil de altura del dosel:** Obtenido a partir de la distribución vertical del dosel. Determina la tasa de oclusión de la plantación (Harding et al 2001).

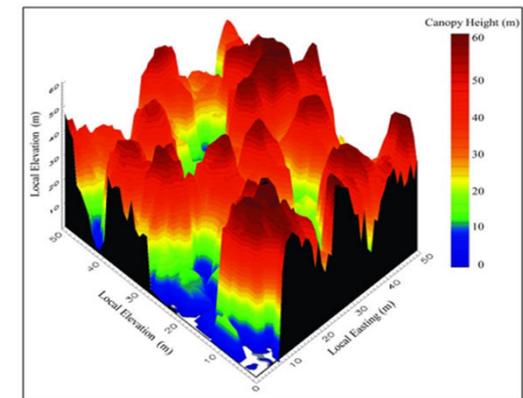
**Biomasa sobre el piso:** Se modela a partir de la altura de los arboles (Drake et al 2002).

**Área basal:** La relación entre área y DAP. Estimada exitosamente en bosques de coníferas mixtas (Lefsky et al 1999).

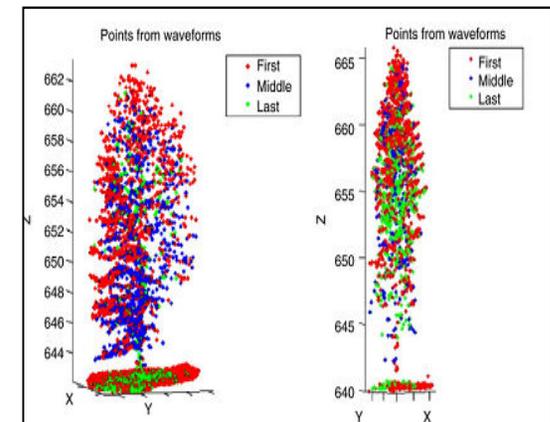
**Diámetro medio del tronco:** Parámetro relacionado con la altura de los arboles (Drake et al 2002).

**Volumen de copa y tronco:** El volumen de la copa es estimado conociendo el volumen del dosel, la densidad de arboles y especies, el de tronco usando altura y diámetro.

**Otros parámetros:** LAI (leaf area index) se requieren datos adicionales (ópticos, térmicos, etc. (Reitberger et al 2008).



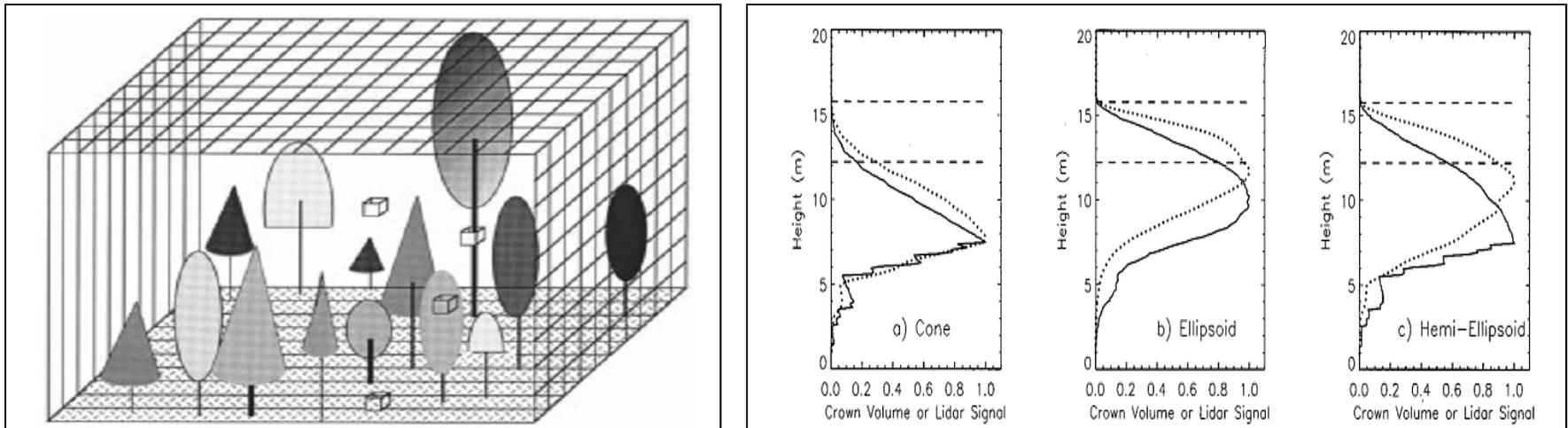
Lefsky et al 2002



Mallet y Bretar 2009

# APLICACIONES EN MODELADO FORESTAL

Es particularmente difícil debido a la complejidad geométrica de la estructura interna de los árboles



Sun y Ranson 2000

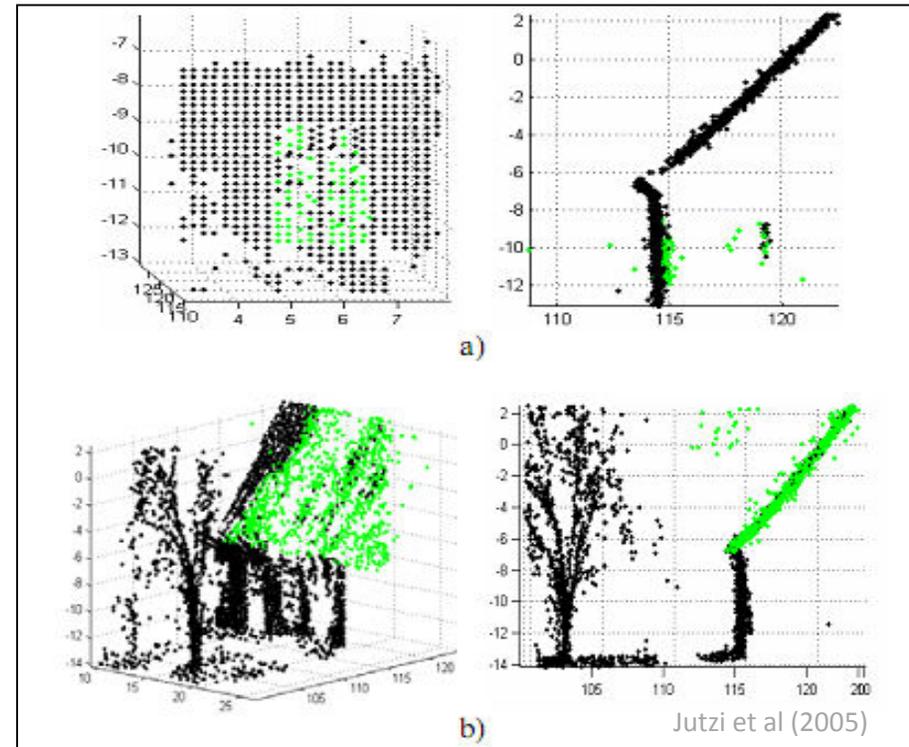
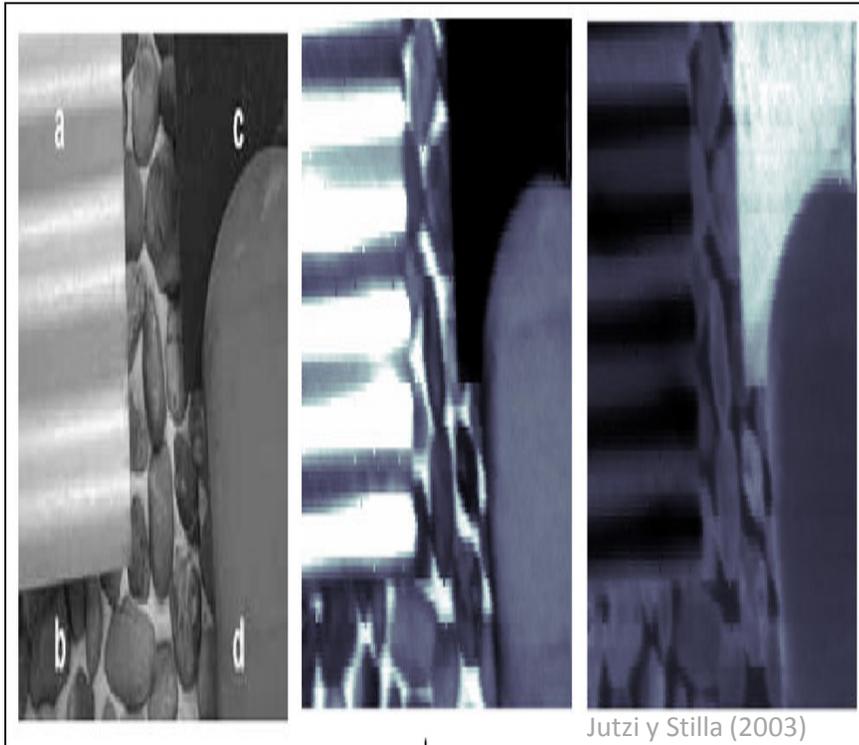
Blair y Hofton (1999), emplearon la simulación de waveform para modelar escenas forestales, simularon varios waveform descomponiendo la superficie de contacto dentro de pequeñas superficies pero con la misma reflectividad. Se obtuvo una elevada correlación entre los datos waveform simulados y el LVIS.

Sun y Ranson (2000), propusieron un modelo para vincular el fullwaveform con la estructura espacial y propiedades ópticas de la vegetación. Las simulaciones mostraron que el modelo puede ser usado para encontrar las principales características en la señal LiDAR.

Otros estudios se han centrado en las relaciones entre el waveform y los parámetros de la estructura del dosel. Koetz et al (2006), invirtieron un modelo de transferencia radiativa (de Sun y Ranson 2000) para determinar parámetros biofísicos del bosque.

# APLICACIONES EN ÁMBITOS URBANOS

Jutzi y Stilla (2003) mostraron que es posible distinguir entre diferentes materiales urbanos a través de los retornos. Emplearon el concepto de las waveforms vecinas para extraer datos e interpretarlos.



Jutzi et al (2005), usaron también el concepto de waveform vecinas para solucionar el problema de detección de bordes en los edificios. Se logró distinguir entre vegetación y estructuras hechas por el hombre.

# CONCLUSIÓN

LiDAR se ha convertido en una herramienta de investigación ampliamente disponible, se ha demostrado que es muy precisa en las estimaciones de topografía, altura de vegetación y cobertura, así como en atributos mas complejos de la estructura y función del dosel.

Los sistemas fullwaveform entregan una mejor descripción de la topografía bajo el dosel, debido al tamaño de su footprint que permite obtener retornos del piso incluso en doseles densos.

Los sistemas fullwaveform pueden hacer dos importantes contribuciones: primero, la decomposición de la señal y los métodos avanzados de detección pueden ser implementados para recuperar un numero mayor de retornos y segundo, el modelado de la fullwaveform permite que otra información puede ser extraída (intensidad, rango y ancho del pulso).

# CONCLUSIÓN

Los datos fullwaveform han sido principalmente usados en las ciencias forestales, en donde se han empleado para modelar escenas de bosques en 3D con el objeto de estudiar los efectos de los parámetros en los retornos de la waveform.

En áreas urbanas las potencialidades de los sistemas fullwaveform son menos obvias, debido al reducido numero de investigaciones.

La mayoría de los estudios llevados a cabo con datos fullwaveform solo usan parte de la información extraída desde los retornos de la señal. La intensidad y la amplitud es raramente usada, debido a que primero debe ser corregida y calibrada.

# Nuevos Sensores

LiDAR de retorno de onda completa (Fullwaveform)

**FLASH 3D LADAR**

LiDAR terrestre multiespectral

XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Las Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global  
**Taller Empleo del LiDAR para aplicaciones ambientales terrestres**

John Gajardo V.  
Septiembre 19 de 2012

# INTRODUCCIÓN

Los sistemas Flash LADAR son una tecnología relativamente nueva que combina las técnicas de generación de imágenes de la fotogrametría, con la medición de distancias de la tecnología LiDAR tradicional. Esta tecnología es capaz de generar imágenes 3D instantáneas con solo un pulso.

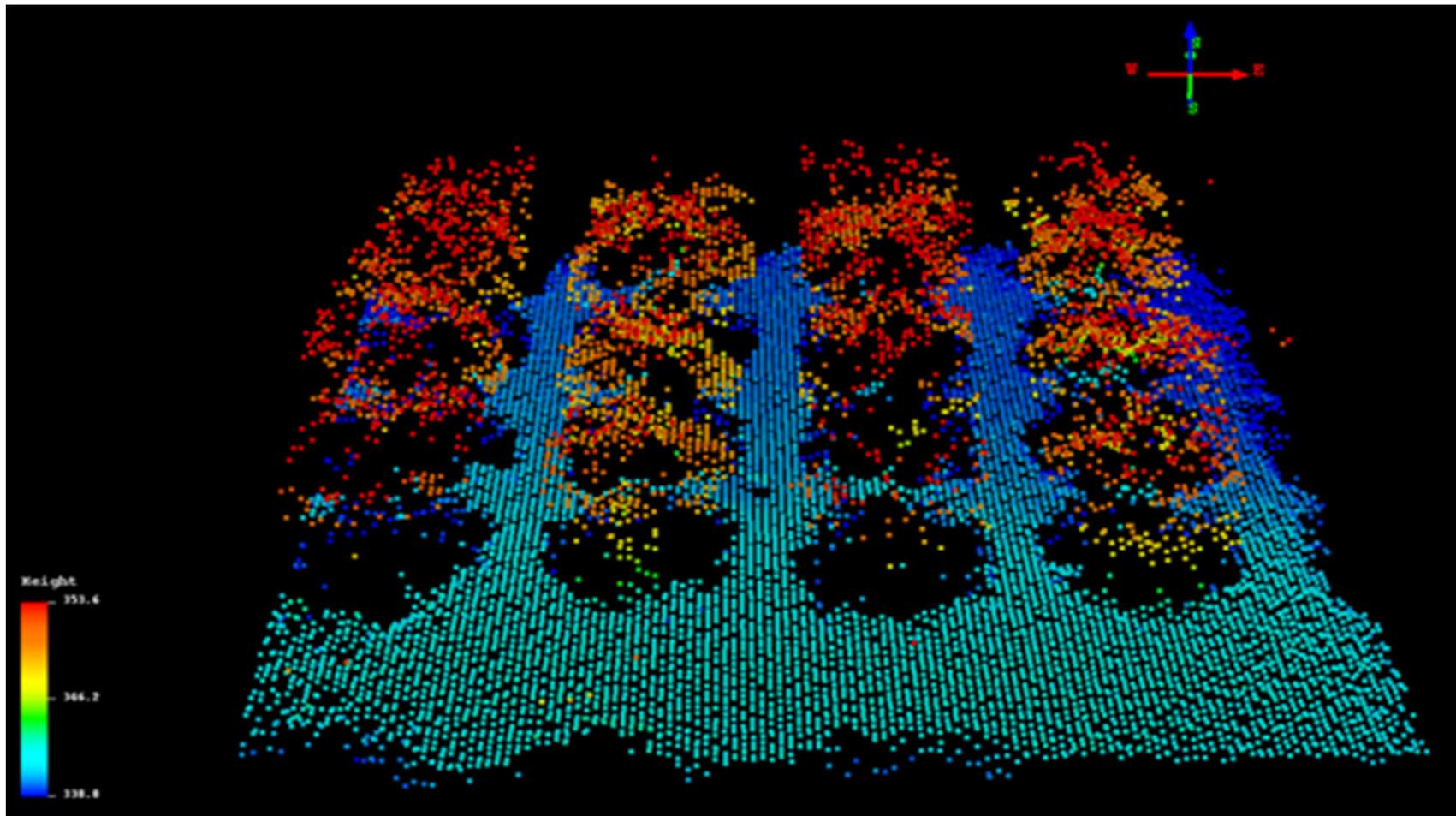


Stettner et al 2009

LADAR (Laser detection and ranging) es el termino preferido cuando se habla del uso de la tecnología LiDAR FLASH. Mas que enviar un pulso de luz colimado que es mecánicamente escaneado sobre una escena o un objeto, el FLASH LADAR inunda una escena con una luz difusa de laser, usando un arreglo de plano focal (FPA) como detector para adquirir un cuadro o frame de información 3D cada vez que el laser es disparado.

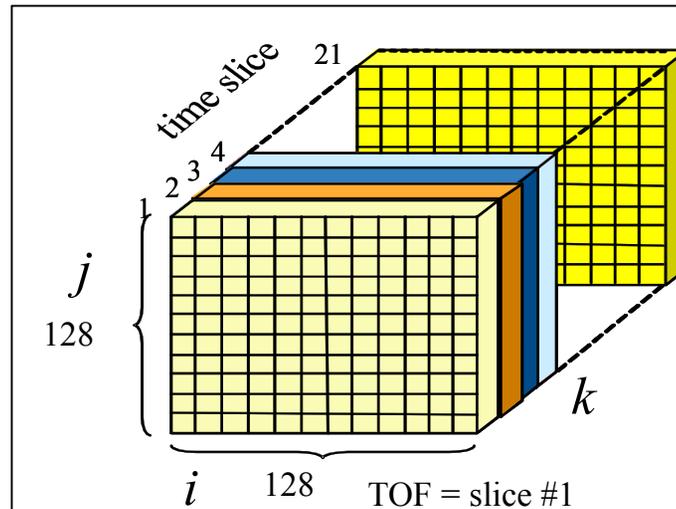
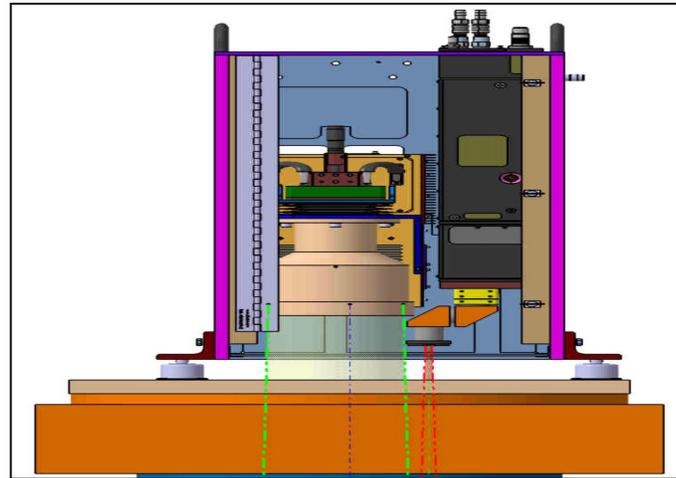
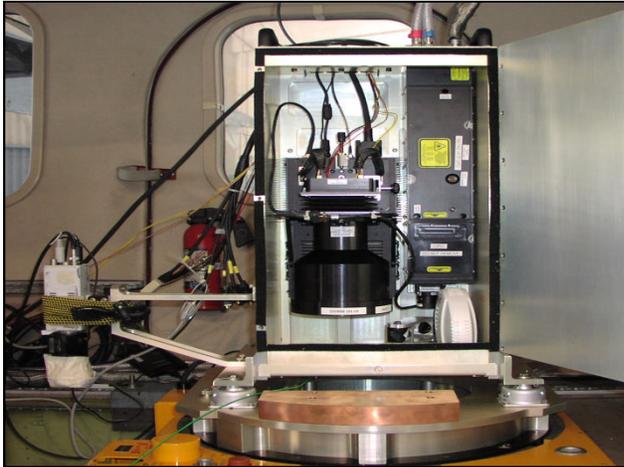
# INTRODUCCIÓN

Los sistemas 3D FLASH operan de manera similar a las cámaras 2D, poseen un array focal 3D que contiene filas y columnas de pixels con la capacidad adicional de medir la profundidad y la intensidad de la señal. Cada pixel registra el tiempo que el flash de la cámara toma para viajar a la escena y volver al plano focal.



# ESQUEMA DE OPERACIÓN

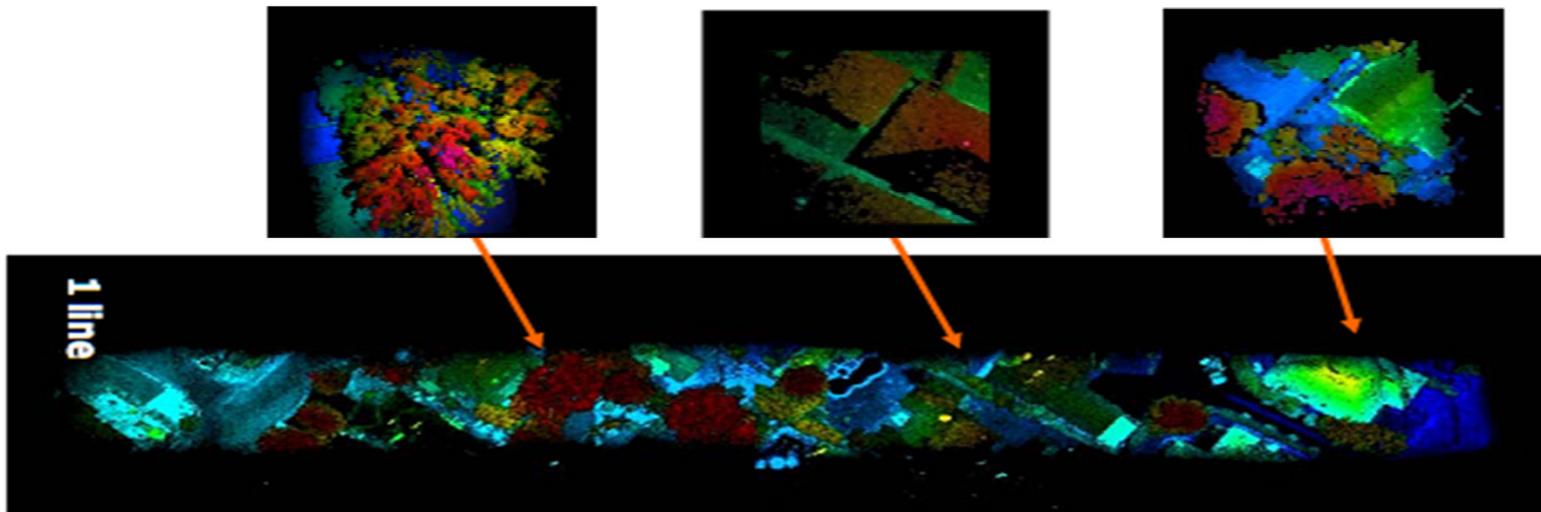
Un sistema 3D Flash LADAR consiste básicamente de una cámara flash de 128x128, un sistema de laser (generalmente Nd:YAG), un sistema inercial de navegación (INS), un sistema de estabilización de la cámara y computadores para el control y adquisición de los datos.



## VENTAJAS SOBRE OTROS SENSORES

Al ser una tecnología emergente, el FLASH LADAR tiene un numero de ventajas sobre las sistemas convencionales, que incluyen:

- Cámaras muy livianas y pequeñas.
- Un data frame completo puede ser colectado con un simple pulso.
- Imágenes libres de desenfoque porque no existe distorsión por movimiento.



- Co-registro de la distancia y la intensidad para cada pixel.
- Pixeles perfectamente registrados dentro del frame.
- Habilidad para representar objetos, aunque objetos estén oblicuos a la cámara.
- No hay necesidad para mecanismos de escaneo.
- No posee partes y piezas móviles.
- Bajo consumo de energía.

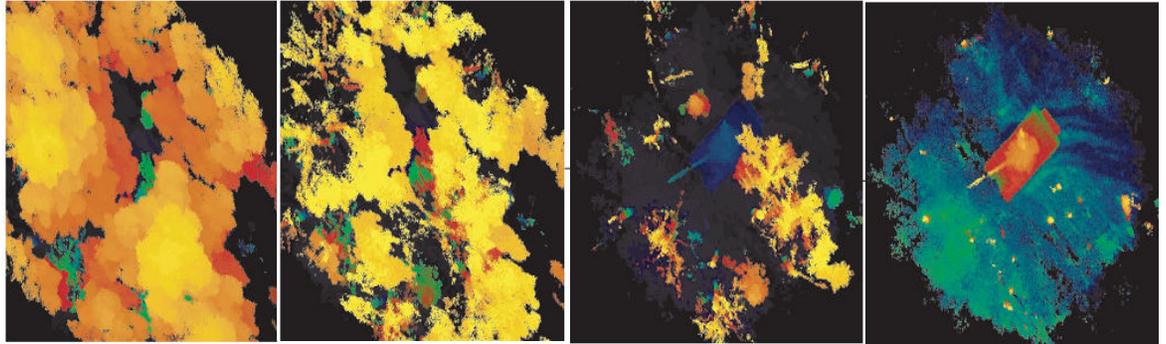
Swanson et al in press.

ASC. Inc.

# ALGUNAS APLICACIONES

## Mapeo

Mapeo aéreo del terreno



## Marítimo

Monitoreo de fuego y contención  
Navegación y manejo de colisiones

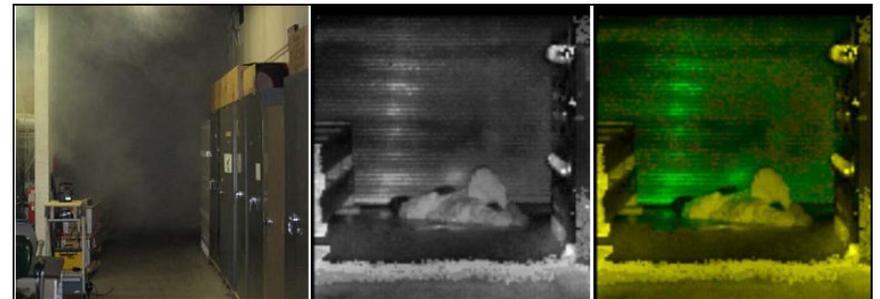
## Minería

Operaciones automáticas de excavación

Marino y Davis 2005

## Transporte

Manejo de colisiones (polvo, niebla, obstrucciones)  
Detección de pájaros  
Monitoreo de trafico



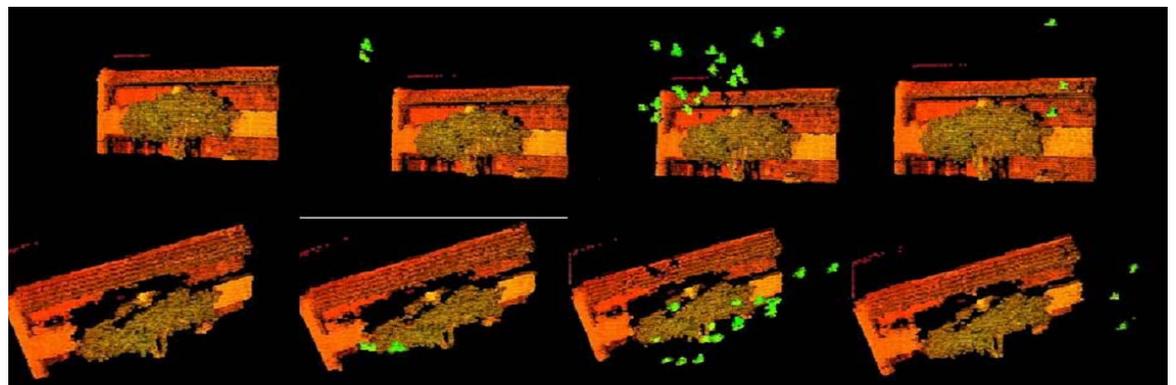
ASC. Inc.

## Robótica

Manejo de vehículos no tripulados

## Vigilancia

Detección de amenazas  
Reconocimiento de objetos  
Mapeo topográfico

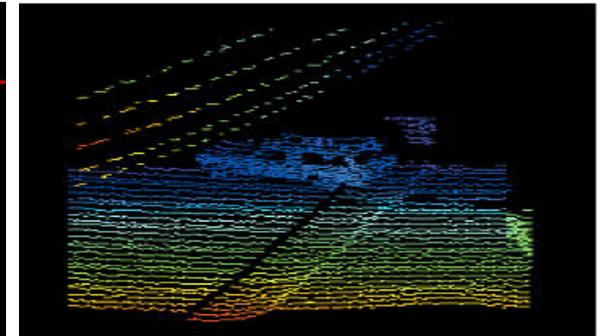
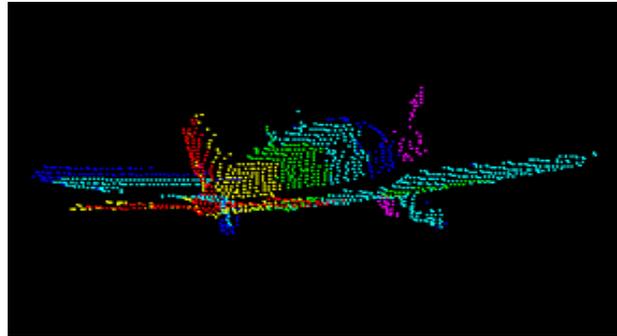


Stettner et al 2009

# ALGUNAS APLICACIONES

## Automotriz

- Navegación autónoma
- Control adaptativo de crucero
- Suspensión adaptativa
- Manejo de colisiones

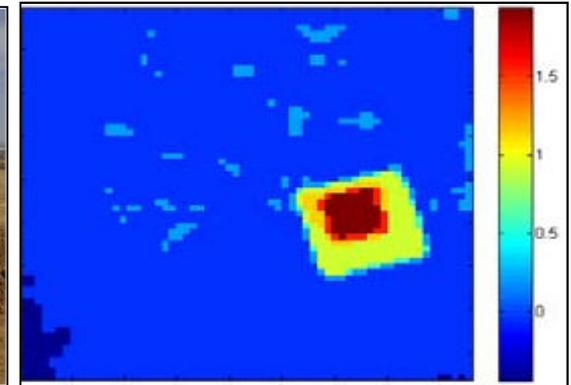


ASC. Inc.

Albota et al 2002

## Aviación

- Manejo de vehículos no tripulados
- Detección de cables
- Medición en tiempo de real de altitud
- Mapeo zonas de aterrizaje



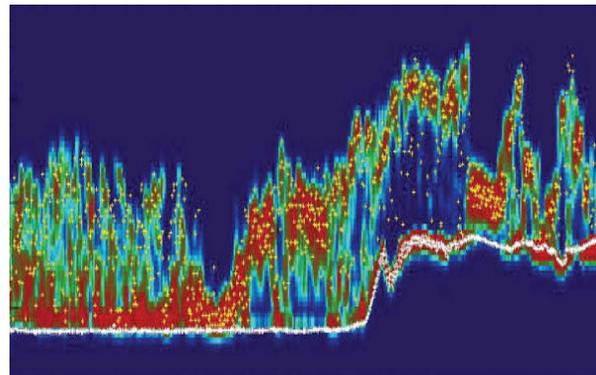
## Defensa

- Manejo de vehículos no tripulados
- Seguimiento laser

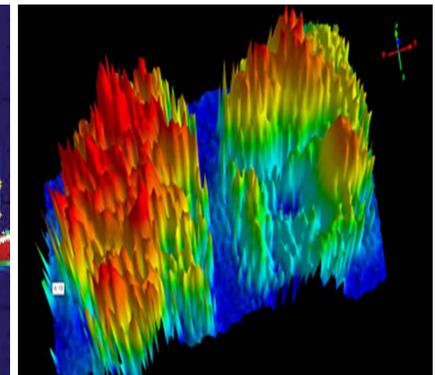
Bulyshv et al 2009

## Espacial

- Manejo de descenso y aterrizaje
- Manejo de riesgo de aterrizaje, colisiones



Lefsky et al 2012



Swanson et al in press.

## Ecología

- Calculo de biomasa
- Estructura del canopy

# CONCLUSIÓN

Los sistemas FLASH LADAR poseen ciertas ventajas sobre los sistemas tradicionales, no requieren piezas móviles lo que ayuda a evitar imágenes borrosas o desenfocadas, las cámaras son muy pequeñas, livianas y de bajo consumo, permitiendo que puedan ser instaladas en vehículos no tripulados que pueden tener una mayor autonomía de vuelo.

Los sensores pueden funcionar en cualquier estación, tanto de día como de noche. La aplicación de los datos obtenidos por sistemas FLASH han demostrado la capacidad de identificar objetos bajo dosel o camuflaje, que los sistemas Radar no pueden llevar a cabo.

Los sistemas FLASH permiten generar datos que pueden ser empleados para la generación de DTM, además estos datos pueden ser utilizados para el desarrollo de algoritmos que permitan identificar riesgos potenciales en las escenas, evaluando así zonas de aterrizaje seguros. Estas aplicaciones tienen mucho potencial en futuras misiones de la NASA.

Los datos de los sistemas FLASH han mostrado resultados similares a los de LiDAR discreto para estimación de alturas en los arboles, sin embargo, los FLASH han demostrado mayor grado de penetración en zonas con dosel densos, lo que genera un enorme potencial para la obtención de mejores MDT y mediciones de estructura del dosel en condiciones donde los sensores discretos suelen presentar problemas. Su punto débil es el ancho de las franjas generadas.

# Nuevos Sensores

LiDAR de retorno de onda completa (Fullwaveform)

FLASH 3D LADAR

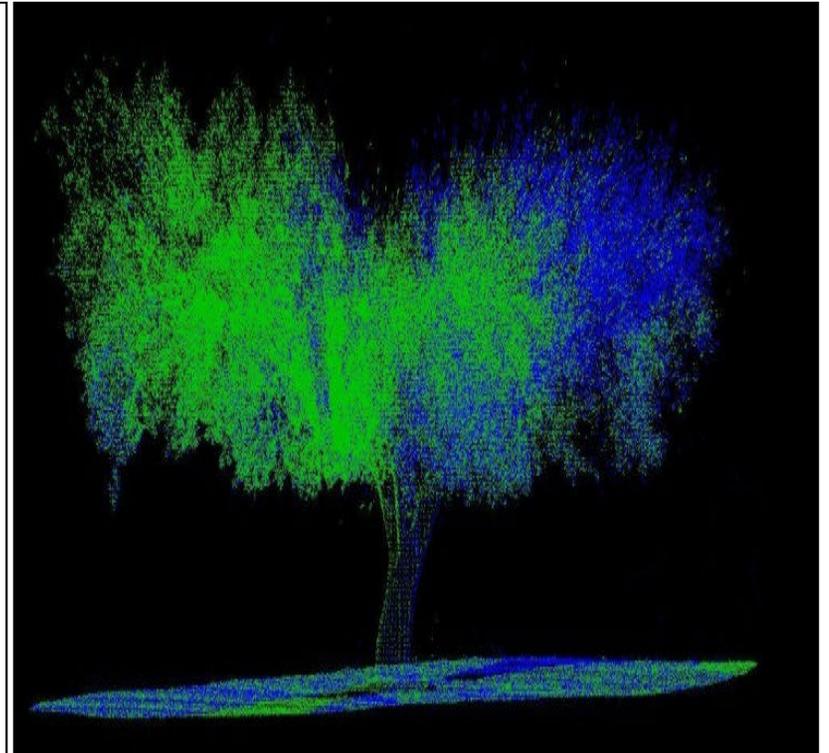
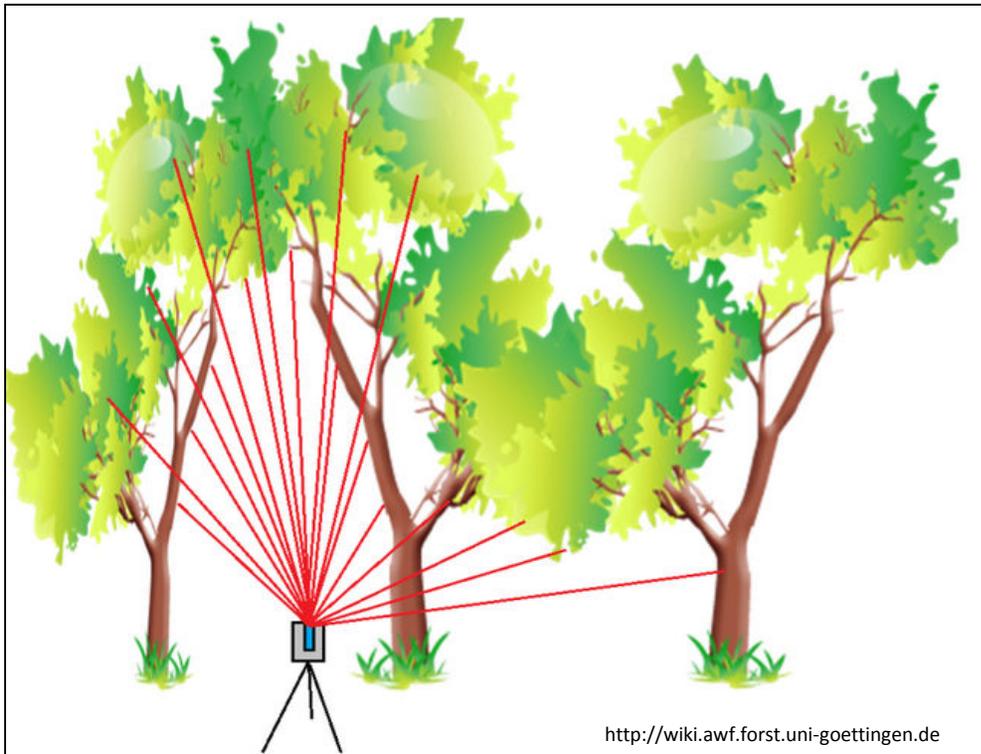
**LiDAR terrestre multiespectral**

XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Las Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global  
**Taller Empleo del LiDAR para aplicaciones ambientales terrestres**

John Gajardo V.  
Septiembre 19 de 2012

# INTRODUCCIÓN

La tecnología de LIDAR terrestre consiste en dispositivos remotos de medición (distanciómetros), los cuales sin tener contacto con los objetos son capaces de coleccionar densas nubes de puntos. Después de su procesamiento, cada punto tiene asignado una coordenada X,Y,Z, además de valores de RGB y reflectancia.



El principio básico es medir las distancias entre el sensor y el objeto. Dos métodos son comunes en los TLS, mediciones de distancia por diferencia de fase y por TOF. La diferencia de fase es considerado el método mas preciso entre los dos, pero su medición de distancias es limitada. Los métodos de pulso permiten medir distancias mas lejanas pero con la desventaja de bajos desempeños en rangos cortos.

## LASER TERRESTRE FULLWAVEFORM COMERCIAL

El Riegl VZ-400 es un sistema waveform (monoespectral) de laser terrestre. El sistema permite analizar la waveform “online”, entregando las distancias, intensidad y ancho del pulso. No permite al usuario acceder a la waveform.



Riegl Inc.

Lo último puede acarrear problemas, los algoritmos de detección comerciales son desconocidos y usualmente pueden incluir retornos gatillados por objetos que solo están parcialmente ocupando el rayo, estos puede llevar a una subestimación del Gap fraction. Sin el conocimiento de los algoritmos que se han aplicado la corrección se hace muy difícil.

## LASER TERRESTRE FULLWAVEFORM EXPERIMENTAL

El ECHIDNA es una TLS waveform desarrollado por CSIRO (The *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) para caracterizar la estructura del bosque. El instrumento puede escanear una hemisfera completa desde un punto establecido. Es un sistema waveform, pero no es multiespectral (1064 nm).



El sistema emite un pulso laser con cierta energía. La intensidad de retorno como función de la distancia es almacenada. Esta “waveform” entrega información de la densidad del bosque en todas las direcciones. Los datos colectados permiten realizar un medición rápida de un amplio rango de variables estructurales.

# LASER TERRESTRE MULTIESPECTRAL FULLWAVEFORM EXPERIMENTAL

Los LIDAR terrestres multiespectrales son una tecnología muy reciente aprox. (2010). Presentan un funcionamiento relativamente parecido a los LIDAR terrestres tradicionales, con la diferencia que pueden emitir pulsos en más de una longitud de onda.



SALCA diaries

Autores (Radtke y Borstad 2001, Lovell et al. 2003, Tanaka et al. 2004, Henning y Radtke 2006, Danson et al. 2008, Moorthy et al. 2008) han demostrado el potencial de los TLS para caracterizar la estructura del dosel (Gap fraction y LAI), sin embargo, la separación entre material leñoso y follaje sigue siendo un desafío en los equipos tradicionales. Como el material leñoso y las hojas tienen diferentes propiedades de reflectancia, combinar múltiples longitudes de onda permitiría separar dichos componentes.

# LASER TERRESTRE MULTIESPECTRAL FULLWAVEFORM EXPERIMENTAL

El Salford advanced laser canopy analyser (SALCA) ha sido desarrollado por la Universidad de Salford y Halo Photonics, como el primer TLS multiespectral fullwaveform para caracterizar el bosque y su canopy. El instrumento registra el fullwaveform de la energía retornada en dos longitudes de onda (NIR and MIR).



SALCA diaries

El SALCA entrega escaneos hemisféricos y puede operar entregando pulsos a un determinado azimuth y zenith step. Se han tomado mediciones para caracterizar la respuesta LIDAR desde objetos solidos y desde la vegetación.

## ALGUNAS APLICACIONES

Zhao et al 2011; Jupp et al 2008, emplearon el ECHIDNA para estimar el LAI y perfiles del follaje. Los resultados indicaron que puede entregar medidas de LAI que son estadísticamente similares a aquellas entregadas por fisheye o LAI-2000, además los valores de altura del dosel son comparables a los valores entregados por LVIS.

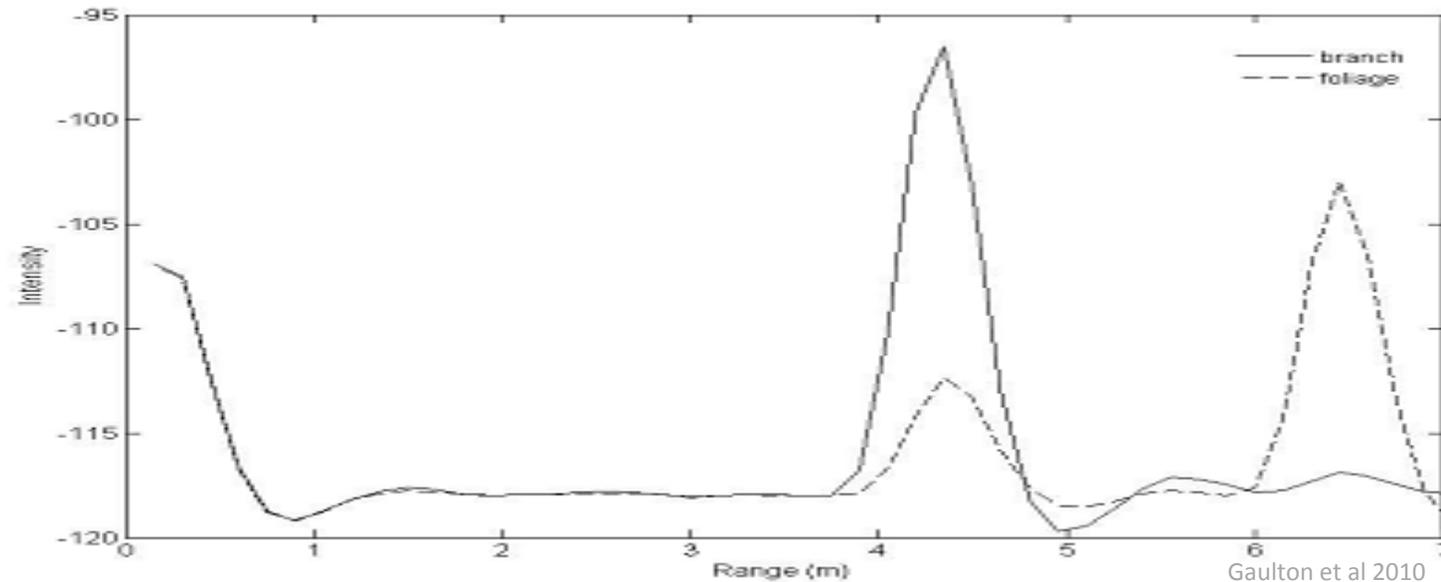


Zhao et al 2011

Tian et al 2011; Strahler et al 2008, emplearon datos de ECHIDNA para estimar la estructura del bosque (LAI) y la biomasa. Usaron el waveform y lo proyectaron en un cilindro desde el cual obtuvieron secciones horizontales. Un algoritmo detectaba los troncos basado en un umbral de la intensidad, forma y cambios en la intensidad. La biomasa fue estimada usando una ecuación alométrica que emplea el DBH como parámetros. Los resultados indican buenas correlaciones (0.94, 0.90 y 0.66) para densidad de arboles, biomasa y área basal respectivamente.

## ALGUNAS APLICACIONES

Gaulton et al 2010, probaron los datos obtenidos desde el SALCA para estimar de una manera más precisa las variables (LAI, Canopy cover, GF). Las mediciones indirectas (LAI-2000, Fisheye) no poseen la capacidad de distinguir entre material leñoso y follaje, y asumen relaciones las cuales muchas veces no son correctas. El SALCA permitiría con sus dos wavelengths recibir la waveform en dos longitudes de onda, y los diferentes componentes podrían ser potencialmente separados.



Los resultados indican que el fullwaveform puede entregar información importante acerca de las propiedades y cobertura de la vegetación, mejorando la estimación sobre el Canopy cover, GF y LAI. Estas ventajas sobre sistemas de retorno simples, deberían ser acentuadas con la adición de un segundo wavelength.

# CONCLUSIONES

Los TLS han demostrado ser una tecnología útil para caracterizar la estructura del dosel (LAI, Gap fraction, perfiles del follaje, etc.). Sin embargo, la separación del material leñoso y follaje sigue siendo un problema para la mayoría de los equipos tradicionales. Los scanners multiespectrales potencialmente podrían realizar la separación de los elementos.

El manejo de las waveform entrega flexibilidad para trabajar con información incrustada en los retornos. El desarrollo de algoritmos para el calculo de la probabilidad de Gap fraction, identificación de troncos y calculo de densidades son ejemplos de estas potencialidades.

Los TLS que entregan acceso a la waveform poseen una serie de ventajas sobre los equipos comerciales, una de las mas importantes es que al conocer los algoritmos que se aplican para detectar los retornos es posible diseñar estrategias de corrección. Esto ultimo no es posible en los equipos comerciales.

Los diversos estudios han mostrado que los parámetros del bosque obtenidos por los TLS son comparables con la medidas tradicionales de campo. La validación de esta nueva tecnología como una alternativa viable para los estudios forestales, abre una ventana de oportunidades para aplicaciones en el mejoramiento de los modelos de transferencia radiativa, estudios de intercambio de energía, inventarios de carbono y modelamiento de ecosistemas.

# **Nuevos Sensores**

**LiDAR de retorno de onda completa (Fullwaveform)**

**FLASH 3D LADAR**

**LiDAR terrestre multiespectral**

XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Las Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global  
**Taller Empleo del LiDAR para aplicaciones ambientales terrestres**

John Gajardo V.  
Septiembre 19 de 2012

# RECURSOS: SOFTWARE COMERCIALES DE PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN

Terrasolid TerraScan TerraModeler

Merrick's Advanced Remote Sensing (MARS) Software

QT Modeler (Tinning and visualization)

ArcGIS and extensions

Interactive Data Language (IDL) for custom routines

GlobalMapper

# RECURSOS DE LIBRE DISTRIBUCIÓN

## LASTools: [award-winning](#) software for rapid LiDAR processing

[download LASTools HERE](#)

now with [GUIs](#) and [ArcGIS toolbox](#)

**Sign Up** Create an account or [log in](#) to see what your friends like.

**LASTools** on Facebook  
Like 406

**LASTools**  
There are enormous amounts of uncompressed laser scanning points

Facebook social plugin

Martin Isenburg  
**LASTools**

**LASTools** The BLAST extension can triangulate billions of #LiDAR points and raster them into one massive yet seamless DEM: [lnkd.in/B9GACQ](#)  
5 days ago · reply · retweet · favorite

**LASTools** the LASzip #LiDAR compressor and the #LAZ format are featured on [@GeoDataPoint](#) [geodatapoint.com/articles/view/...@POBMag](#)  
12 days ago · reply · retweet · favorite

**LASTools** Ultra-efficient #LiDAR processing toolbox for ArcGIS 9.3 10.0 10.1. Download at [lastools.org/download/lasto...](#) Pics at [facehnnk.com/media/set/?set #FsrILC](#)

Join the conversation

## bcal-ldar-tools

BCAL LiDAR Tools for processing and visualizing LiDAR data

[Project Home](#) [Downloads](#) [Wiki](#) [Issues](#) [Source](#)

Summary [People](#)

### Project Information

 +3 Recommend this on Google

★ Stared by 4 users  
[Project feeds](#)

Code license  
[GNU GPL v3](#)

Labels  
LiDAR, IDL, remotesensing, ENVI, GIS, geoscience, ALS, pointcloud, 3DVisualizer, HeightFiltering, DEM, LAS

Members  
[shrer\\_@isu.edu](#)  
2 committers

### Featured

Downloads  
[LiDARTools-1.4.1-emi6.zip](#)  
[LiDARTools-1.4.2.zip](#)  
[Show all »](#)

## BCAL LiDAR Tools

BCAL LiDAR Tools are open-source tools developed by Idaho State University, [Boise Center Aerospace Laboratory \(BCAL\)](#). These tools can be used for processing, analyzing and visualizing [LiDAR](#) data. They are written in [IDL](#) programming language. The tools can currently process LiDAR data up to [LAS 1.2 format](#).

### Installation Instructions

- Follow the [installation instructions here](#). Version 2.x.x can be run with free [IDL Virtual Machine](#), and does not need ENVI software.

### Using the Tools

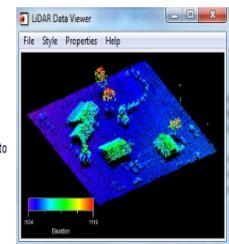
- Please visit [wiki pages](#) for further help on using the tools.
- Sample LiDAR Data: To download sample datasets, visit the [USGS CLICK](#) or [OpenTopography](#) websites.

### Bug Report/Feature Request

- If you have found a bug or issue with the tools, or would like to request a new feature to be added to the tool, please submit an issue or feature request in the [issue tracking system](#).

### Earlier versions

- BCAL LiDAR Tools were originally developed by David Streutker and are distributed through [http://bcal.geology.isu.edu/EnviTools.shtml](#). BCAL LiDAR Tools have also been used by ITTVis to develop their own proprietary [LiDAR extension for ENVI](#).



### The SPOLib Documentation Wiki

These pages are for publicly documenting SPOLib. If you would like to contribute please register.

#### What is SPOLib?

SPOLib is a set of open source software tools for processing laser scanning data (i.e., LiDAR), including data captured from airborne and terrestrial platforms. The aim of the software is provide you, the user, with the tools you need to process these data. The software grew out of our needs for LiDAR processing and has continued to grow. One of the key features which differentiates this software from other LiDAR software is the ability to process and store lid waveform datasets alongside traditional discrete return data.

For more background on the software and its developers see [here](#)

We are always looking to improve the software and its functionality so please email the mailing list if you think there are missing features or you run into problems.

#### Downloading SPOLib

The latest released version of SPOLib is available for download from sourceforge ([http://sourceforge.net/projects/spolib/](#)). While the key latest development version of SPOLib is available from the project's devcentral repository, it can be checked out using the following command:

```
hg clone http://spolib.hg.sourceforge.net:8080/hgroot/spolib spolib
```

#### Installation

To build and install SPOLib the `cmake` build system is used. Therefore, with all the prerequisites installed and tested by `cmake` then just the following commands are required to build and install SPOLib:

```
cmake .  
make  
make install
```

For more general information read the general [installation guide](#) and see the platform specific information below.

#### Supported Platforms

Currently only UNIX platforms are supported by this software, as these (primarily Mac OS X and Linux) are the platforms on which the software has been developed and tested. Although, the build system and software (including pre-registered) should all support Windows. This has not been tested and tested beyond some brief experimentation. If you do try to compile and the software ends Windows then information on your experience would be interesting and we can try and provide what support we can. In the future it is hoped that testing and support will be expanded to support Windows.

For detailed instructions on installing SPOLib and its pre-requests see one of the following pages:

- Linux
- Mac OS X
- Solaris
- Windows

## PCL features

Initial point cloud data | Filtering | Segmentation | Surface reconstruction | Model fitting

## OpenTopography

A Portal to High-Resolution Topography Data and Tools

Home | About | Data | Resources | Community | Support

### In this section

- Overview
- Tools
  - Contribute
  - OTForge
- Education & Training
  - Classroom Resources
  - Documents
  - Links
  - Short Courses
  - Tutorials
- Related
- Metadata

### Resources

This section of OpenTopography provides links to various resources related to high-resolution topography data. We hope this section of the site will grow into a useful knowledge base. If you can't find what you are looking for here, please contact us using this form or email us at info (at) opentopography.org.

#### Tools

The OpenTopography Tool Registry provides a community populated list of software oriented towards the visualization, processing, and management of high-resolution (lidar) topographic data.

#### Education & Training

Classroom Resources: Information for teachers on using LiDAR topography and the OpenTopography Portal in the classroom.

Documents: Information prepared or compiled by the OpenTopography team and/or the LiDAR user community on technical aspects of LiDAR data and applications of these data.

Links: Select links to other sites related to topographic data and applications. Includes list of online sources of data, discussion forums and listservs, and organizations.

Short Courses: Slides, exercise handouts, sample data, and documents compiled for short courses and workshops we have taught.

Tutorials & Videos: Tutorials on the OpenTopography system, tools, and LiDAR technology.

#### Dataset Metadata

Metadata, associated files, and other supporting information for the datasets hosted by OpenTopography.

Section: Home | About | Data | Resources | Community | Support