

Máster Máster Universitario en Tecnologías
Geoespaciales para la Gestión Inteligente del Territorio

Sistemas LiDAR para mapeado móvil. Desarrollo
de estrategias para el tratamiento de la
información

Pedro Arias Sánchez

Área Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría

Dpto. Ing. Recursos Naturales y Medio Ambiente

UNIVERSIDADE DE VIGO

<http://geotech.webs.uvigo.es/>

Sistemas LiDAR y MMS

CONTENIDOS:

1. Tecnologías Geoespaciales: geoprocesos, geoservicios,
2. Fundamentos tecnología laser de rango
3. Sistemas de mapeado móvil (MMS)
 - a) Sistemas de posicionamiento. GNSS/INS
 - b) Sensores LiDAR. Sensores de imagen
 - c) Soluciones comerciales
 - d) Implementación de otros sensores
4. Gestión información. Software
 - a) MSManager
5. Geoprocesos/Geoservicios
 - a) Geoprocesos básicos
 - b) Inventario geomátrico automatizado de carreteras
 - c) Detección y caracterización de señalización vertical
 - d) Modelado de fachadas
 - e) Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

A través de la historia el **conocimiento del espacio, entorno y territorio** fueron aspectos clave en la evolución de la humanidad. Las colonizaciones, guerras, la generación de infraestructuras, fueron una constante a lo largo de la historia del ser humano, y se ejecutaron a través del **estudio de los espacios y del conocimiento de su realidad**.

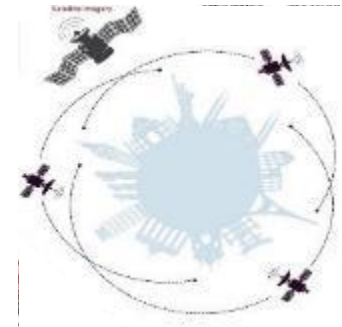
Las **tecnologías geoespaciales** son un conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, TRATAMIENTO, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de [información geográfica](#).



Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Topografía
Fotogrametría
Cartografía
Teledetección
Navegación
GPS



GeoServicios

PASADO	PRESENTE	FUTURO
--------	----------	--------

Geoinformática

Servicios Web Geospaciales
Realidad virtual y aumentada
Dispositivos móviles
Servicios basados en la localización

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

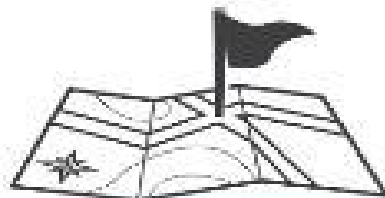
Geo services are:



Satellite receivers
and manufacturing



Satellite imagery

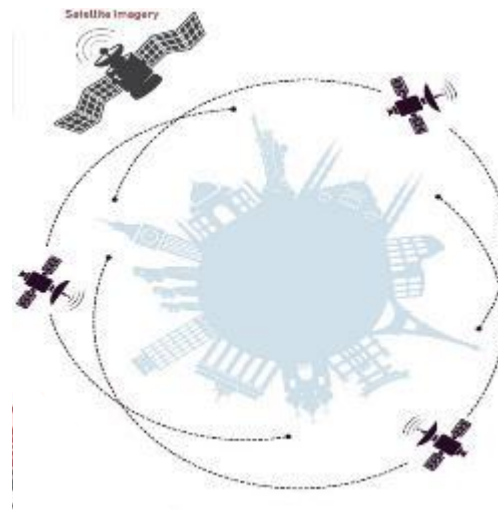


Location-based search

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Geo services are:



Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

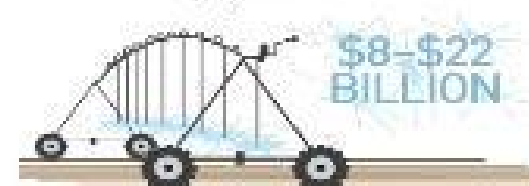
Geo services save:



Geo services facilitate competition, leading to savings from reduced prices among infrequently bought goods and services of up to:

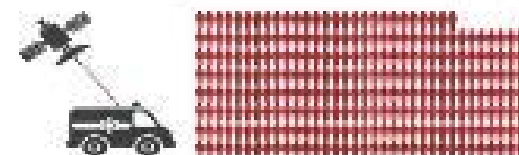


Geo services can improve agricultural irrigation, helping to achieve global cost savings per year of:



Geo services save 3.5 billion litres of gasoline per year—approximately 0.1% of the total world production of 5 trillion litres of liquid oil products

Geo services aid faster emergency response; for example, in England Geo services may have helped to save at least 152 lives per year



Students educated using Geo services can expect

3%

higher average wages five years after graduation than those who weren't

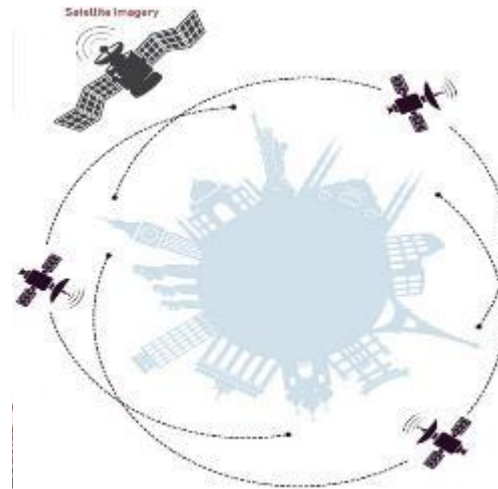
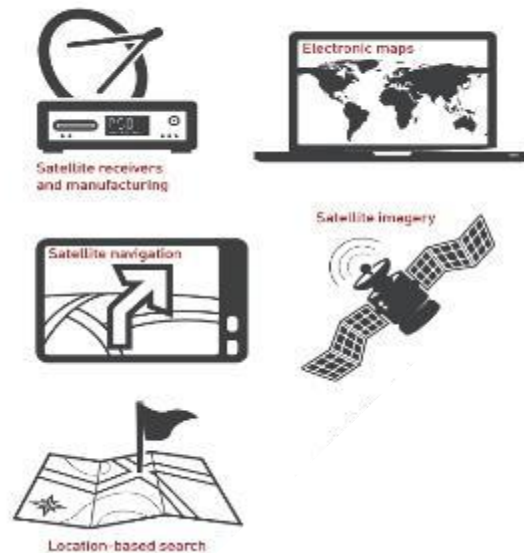


Source: Okeke (2013), 'What is the economic impact of Geo?', January.

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Geo services are:



Geo services save:



Geo services facilitate competition, leading to savings from reduced prices among infrequently bought goods and services of up to:



Geo services can improve agricultural irrigation, helping to achieve global cost savings per year of:



Geo services save 3.5 billion litres of gasoline per year—approximately 0.1% of the total world production of 5 trillion litres of liquid oil products

Geo services aid faster emergency response; for example, in England Geo services may have helped to save at least 152 lives per year



Students educated using Geo services can expect

3% higher average wages five years after graduation than those who weren't

Source: Ozena (2013), 'What is the economic impact of Geo?', January.

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Geo services global
revenues are
\$150-\$270
billion per
year



Video games
industry
\$25 billion



Geo services
\$150-\$270
billion



Airline
industry
\$594 billion

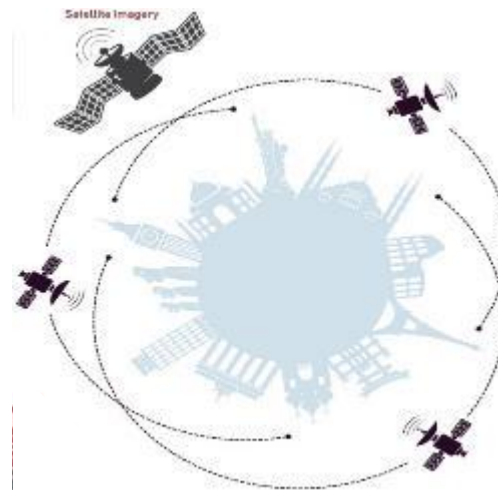
Geo services global
added value is around
\$100 billion per
year



Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Geo services are:



Geo services global revenues are \$150–\$270 billion per year

Video games industry \$25 billion

Geo services \$150–\$270 billion

Airline industry \$594 billion

Geo services global added value is around \$100 billion per year



Geo services save:



Geo services facilitate competition, leading to savings from reduced prices among infrequently bought goods and services of up to:

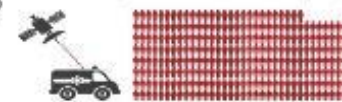


Geo services can improve agricultural irrigation, helping to achieve global cost savings per year of:



Geo services save 3.5 billion litres of gasoline per year—approximately 0.1% of the total world production of 5 trillion litres of liquid oil products

Geo services aid faster emergency response; for example, in England Geo services may have helped to save at least 152 lives per year



Students educated using Geo services can expect:

3% higher average wages five years after graduation than those who weren't

Source: Ozena (2013), 'What is the economic impact of Geo?', January.

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

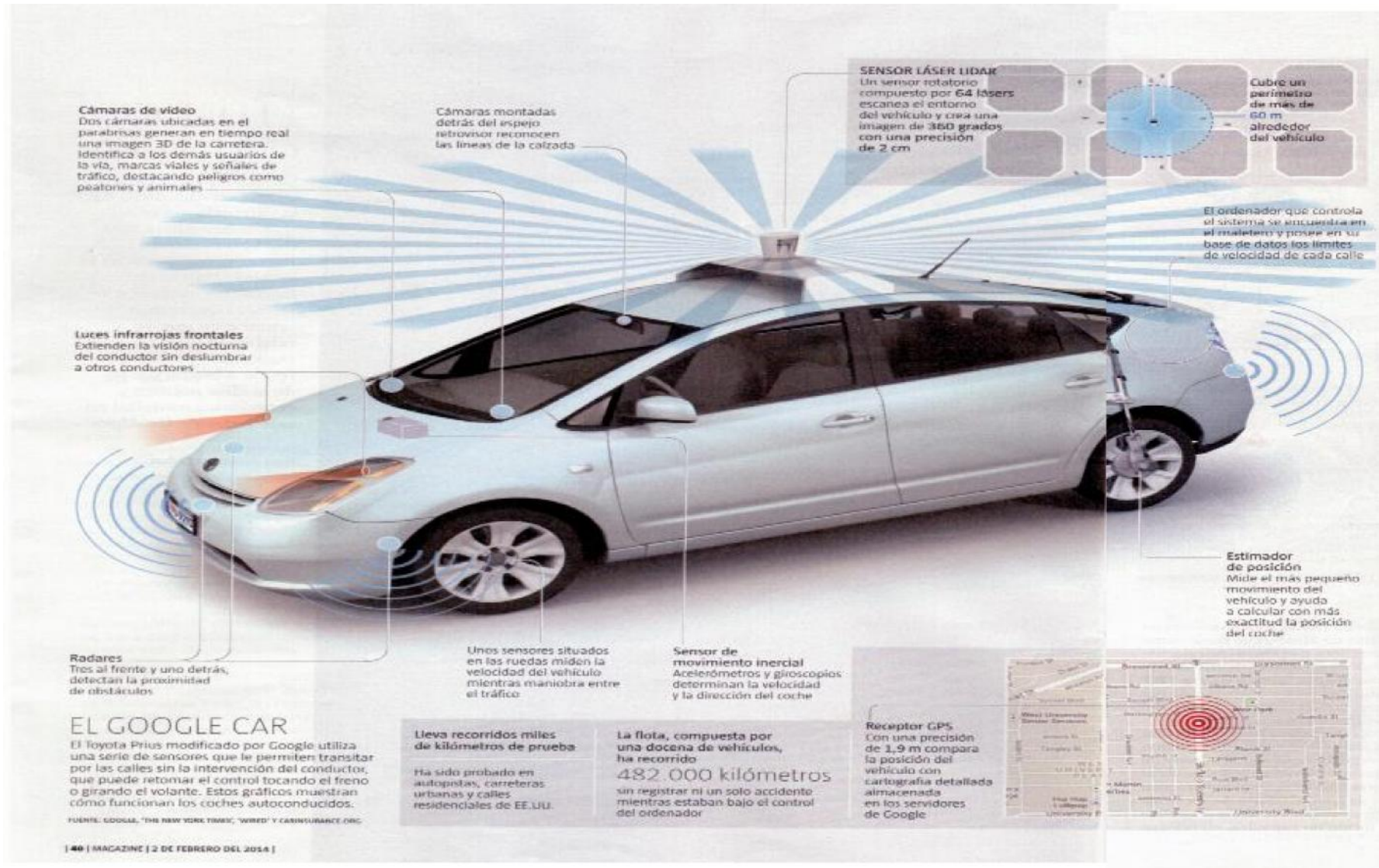
**What is the economic impact
of Geo services?**

Prepared for Google

January 2013

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES



Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

EL SISTEMA INTELIGENTE DE MERCEDES

PREPARACIÓN PREVIA A LA CONDUCCIÓN

Para mejorar la calidad de respuesta, el prototipo conoce las normas de tráfico vigentes para cada situación. Previamente es necesario realizar un **mapa digital en 3D** del entorno por donde circulará el vehículo

1. Cuando el vehículo se acerca a un **semáforo**, analiza la luz con la cámara en color



2. Si el semáforo está en **amarillo o rojo**, se detiene automáticamente. Si está en **verde**, continúa su camino o lo reanuda si estaba parado

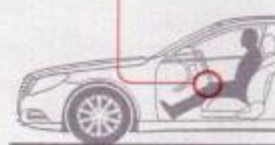
3. Al aproximarse al cruce, analiza los alrededores con los **sensores y cámaras**



4. Si los vehículos del cruce están **parados**...



El sistema de conducción automatizada es capaz de reconocer sus límites...



... por lo que en caso necesario devuelve la conducción al conductor si él no se ve capaz de resolver la situación



CÓMO REACCIONA FRENTE A DIFERENTES SITUACIONES

El vehículo sigue una **ruta trazada** previamente...



... pero durante la conducción escoge los carriles y la velocidad automáticamente dependiendo del tráfico

Es capaz de sortear **obstáculos** estáticos, como coches estacionados...



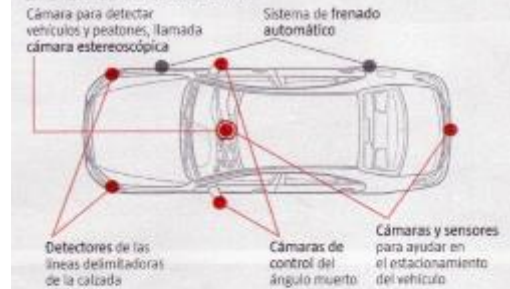
... y si el tráfico no permite sortear el obstáculo con seguridad, se frena y sólo continúa en el caso de que no haya ningún peligro

En una **rotonda** el vehículo ya conoce previamente las señales y las normas de tráfico que se deben aplicar...

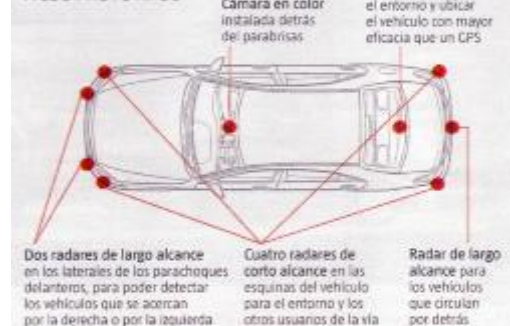


... por lo que únicamente vigila el tráfico que haya en ese momento, cediendo el paso al que por ley tenga prioridad

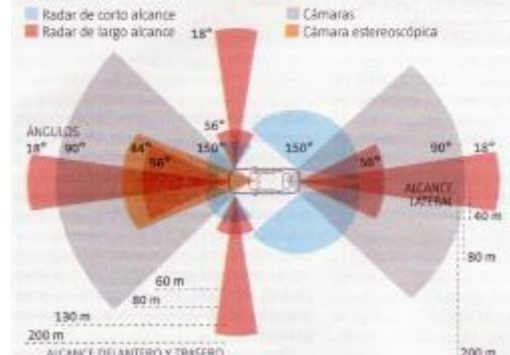
SISTEMAS DE ASISTENCIA A LA CONDUCCIÓN EXISTENTES EN EL MERCADO



ELEMENTOS AÑADIDOS A LOS PROTOTIPOS



RADIOS DE ACCIÓN



FUENTE: MERCEDES

Sistemas LiDAR y MMS

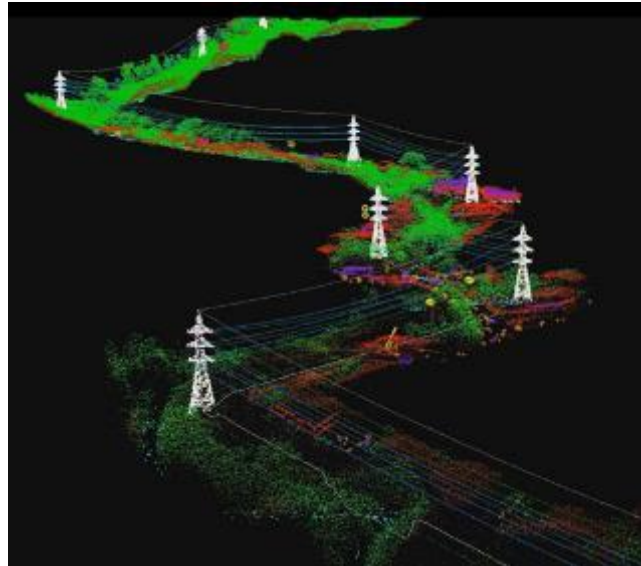
TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES



BMW hizo una demostración de conducción "sin manos" de su sistema ActiveAssist en la reciente feria tecnológica de Las Vegas (a la izquierda). En las otras fotos, una fotoanimación de Volvo, para explicar la detección automática de obstáculos (en este caso, peatones), y de Audi, de aparcamiento pilotado a distancia

Sistemas LiDAR y MMS

TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

LiDAR: *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*

Tecnología permite **determinar distancia** desde emisor láser a objeto o superficie utilizando **haz láser pulsado**. La distancia se determina midiendo **tiempo de retraso** entre la **emisión del pulso** y su detección a través de la **señal reflejada**.

Tipos de sistemas LiDAR

- **LiDAR de satélite:** genera modelos del terreno con baja resolución. Monitorización de grandes extensiones de vegetación, capas de hielo.
- **LiDAR aerotransportado:**
 - **Mapeado de amplias áreas:** sistemas montados sobre aviones de ala fija, altitudes entre 600 y 6.000 m. Cubren amplias áreas con altas tasas de adquisición de datos.
 - **Mapeado de franjas de territorio:** sistemas montados sobre helicópteros o UAVs, altitudes entre 60 y 600 m. Cubren franjas de terreno con alta densidad de datos y resolución.
- **LiDAR terrestre:**
 - **Móvil:** Sistemas montados sobre vehículos. Rango 200 m. Alta resolución de datos.
 - **Estático:** Rangos superiores 4 km. Presentan giros sobre 2 ángulos. Sistemas de medida de tiempo de vuelo y de fase. Muy alta densidad, resolución y precisión.

Sistemas LiDAR y MMS

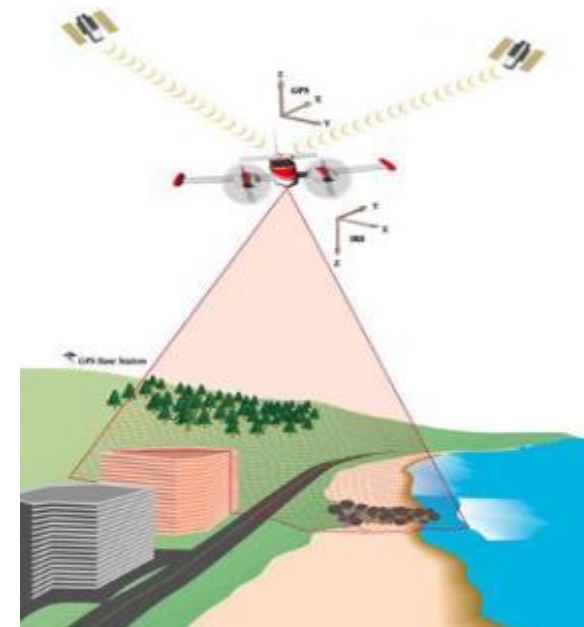
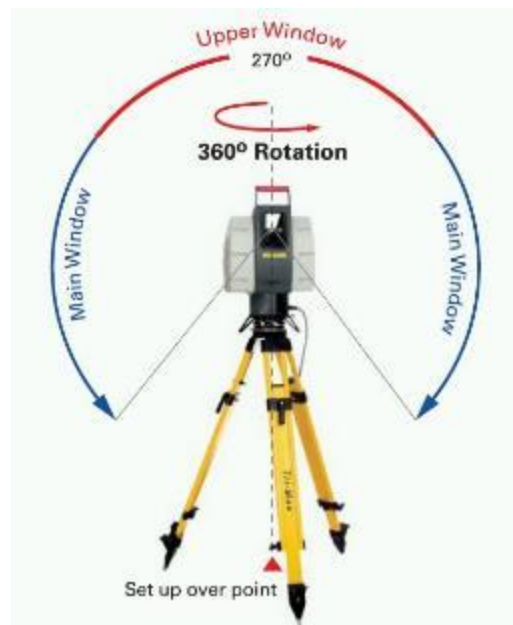
FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

LiDAR: *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*

Tecnología permite **determinar distancia** desde emisor láser a objeto o superficie utilizando **haz láser pulsado**. La distancia se determina midiendo **tiempo de retraso** entre la **emisión del pulso** y su detección a través de la **señal reflejada**.

Tipos de sistemas LiDAR

- LiDAR aerotransportado
- LiDAR terrestre



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

Tipos de sistemas LiDAR



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

Tipos de sistemas LiDAR

Por medida de distancia:

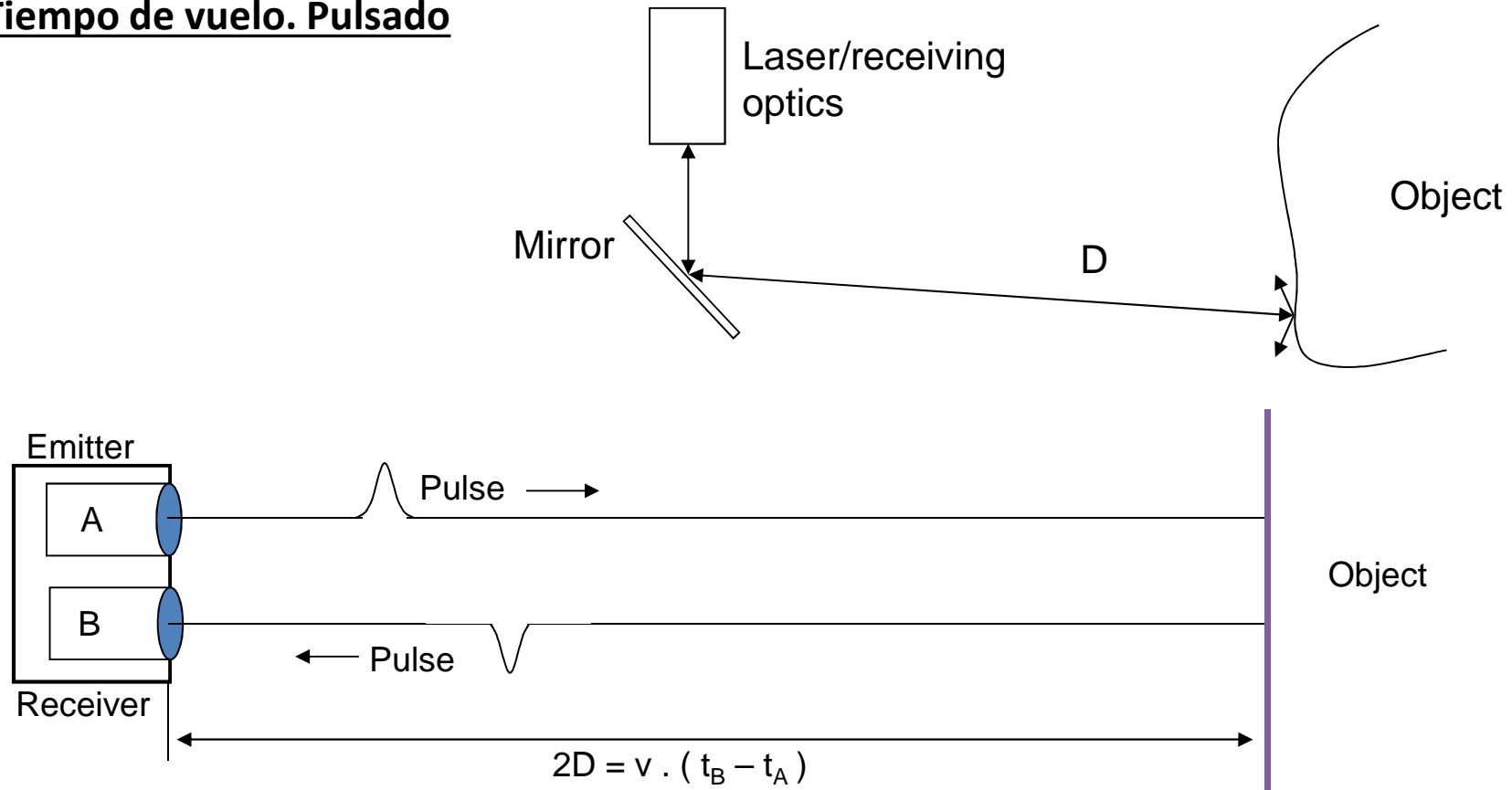
- **Corto alcance:**
 - Triangulation
- **Medio/largo alcance:**
 - Tiempo de vuelo. Pulsado. Medición de distancia se lleva cabo mediante la medición del tiempo que tarda un pulso desde que es emitido hasta que es recibido. El emisor funciona emitiendo pulsos de luz.
 - Tiempo de vuelo. Diferencia de fase. Emisor emite un haz láser continuo. Cuando recibe la señal reflejada mide la diferencia de fase entre la emitida y la reflejada. Resolver el numero de longitud de ondas enteras que ha recorrido (ambigüedades).



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

Tiempo de vuelo. Pulsado

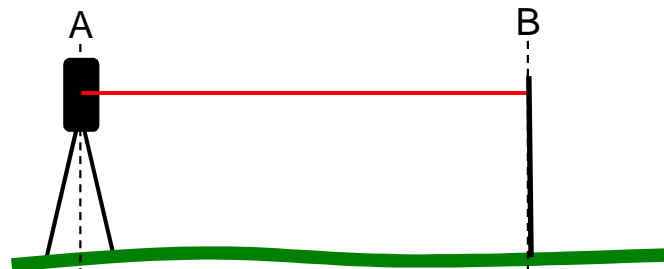


v = velocidad de la luz
 t_r = tiempo retorno pulso
 t_e = tiempo salida pulso

Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

Tiempo de vuelo. Diferencia de fase



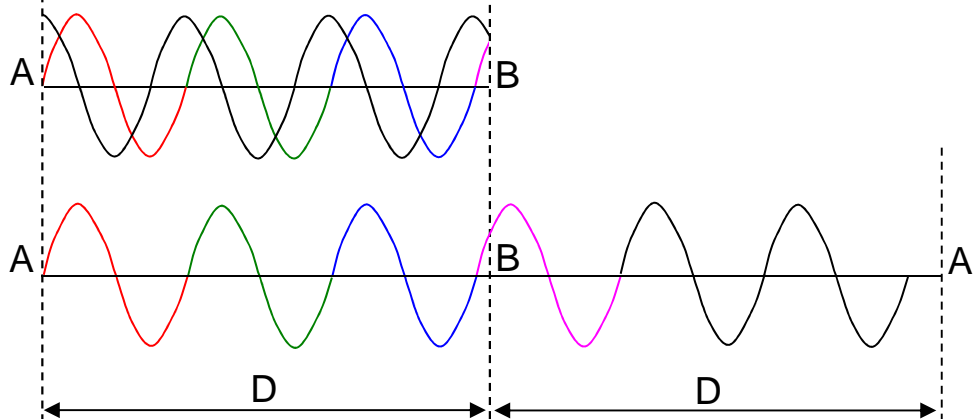
$$2D = n \cdot \lambda + d$$

D: Distancia

λ : longitud de onda

n: número entero de ciclos

d : proporción de la longitud de onda



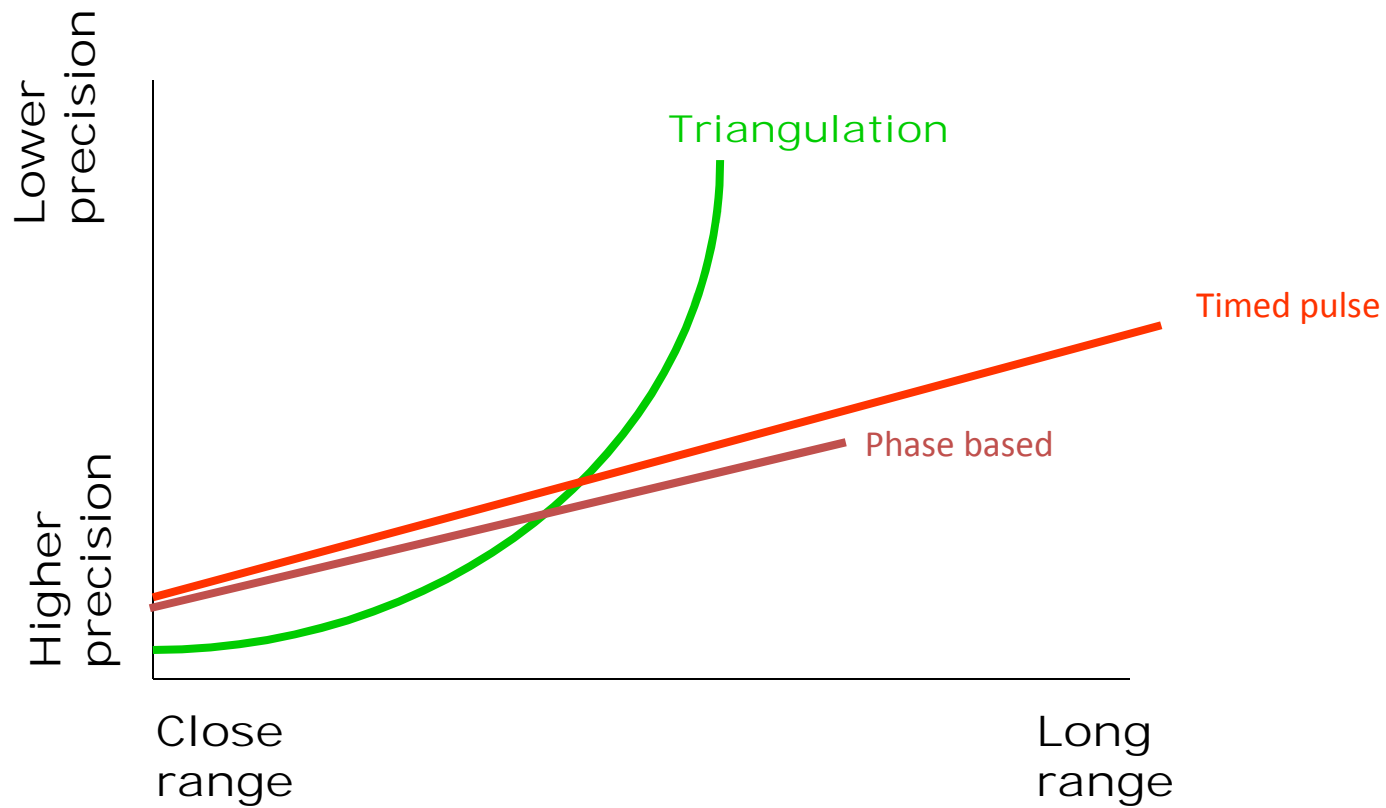
$$\theta_A = 0^\circ$$

$$\theta_{A'} = 90^\circ$$

$$d = (\theta_{A'} - \theta_A) \cdot \lambda / 360$$

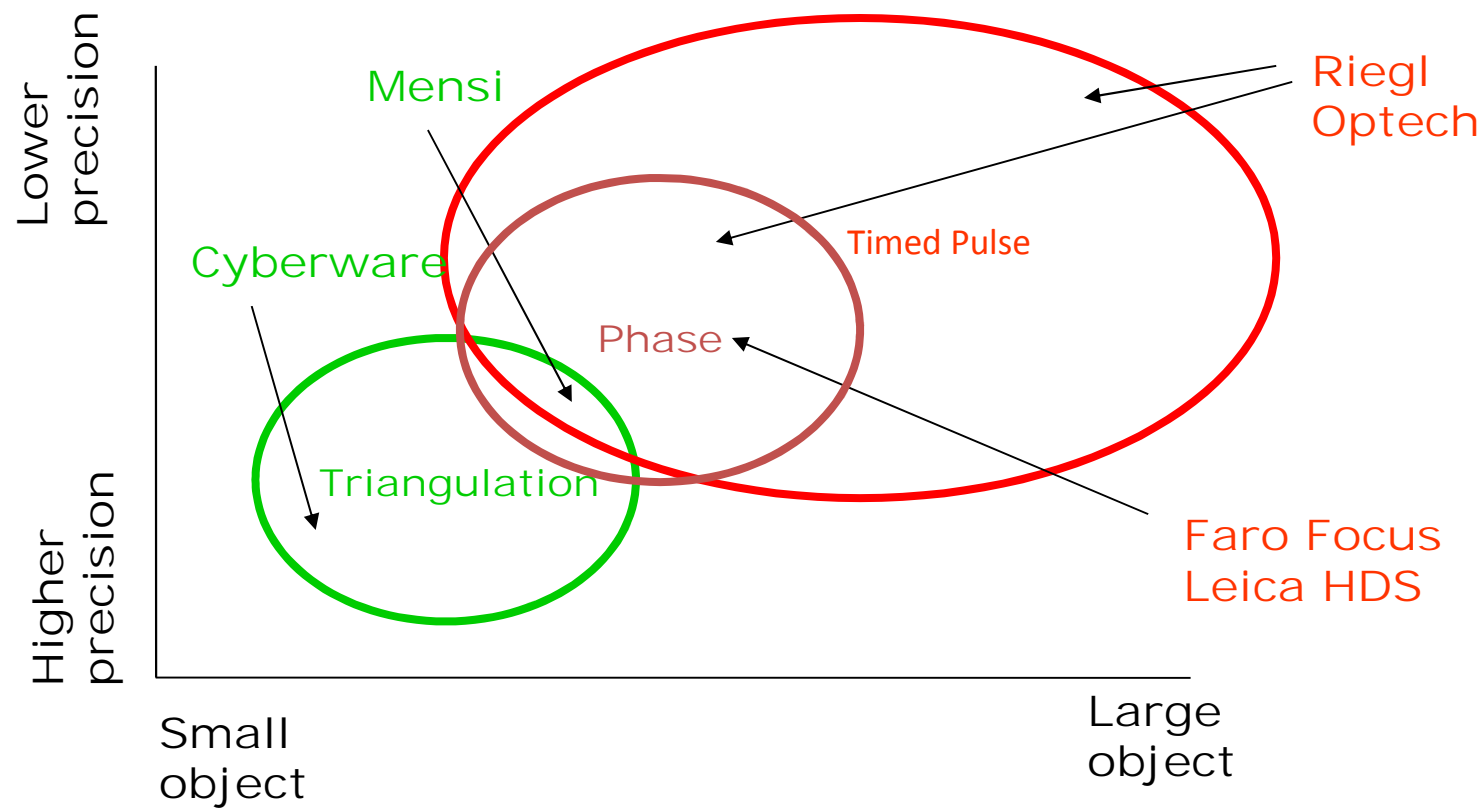
Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

Estático terrestre



Móvil terrestre

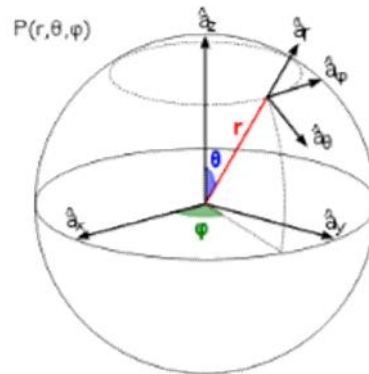


Móvil aéreo



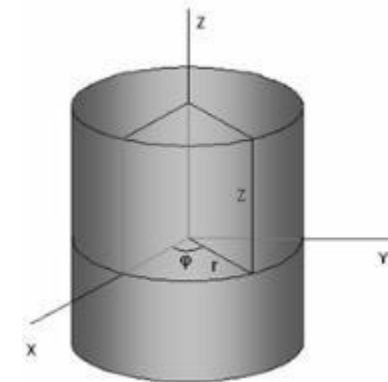
Coordenadas esféricas

$$\begin{aligned}x &= r \sin \theta \cos \varphi \\y &= r \sin \theta \sin \varphi \\z &= r \cos \theta\end{aligned}$$



Coordenadas cilíndricas

$$\begin{aligned}x &= \rho \cos \varphi, \\y &= \rho \sin \varphi, \\z &= z\end{aligned}$$



LIDAR 3D. Medición en coordenadas esféricas. Sistema 3D.

LIDAR 2D. Medición en coordenadas polares. Con un sistema de navegación genera coordenadas cilíndricas y por tanto 3D.

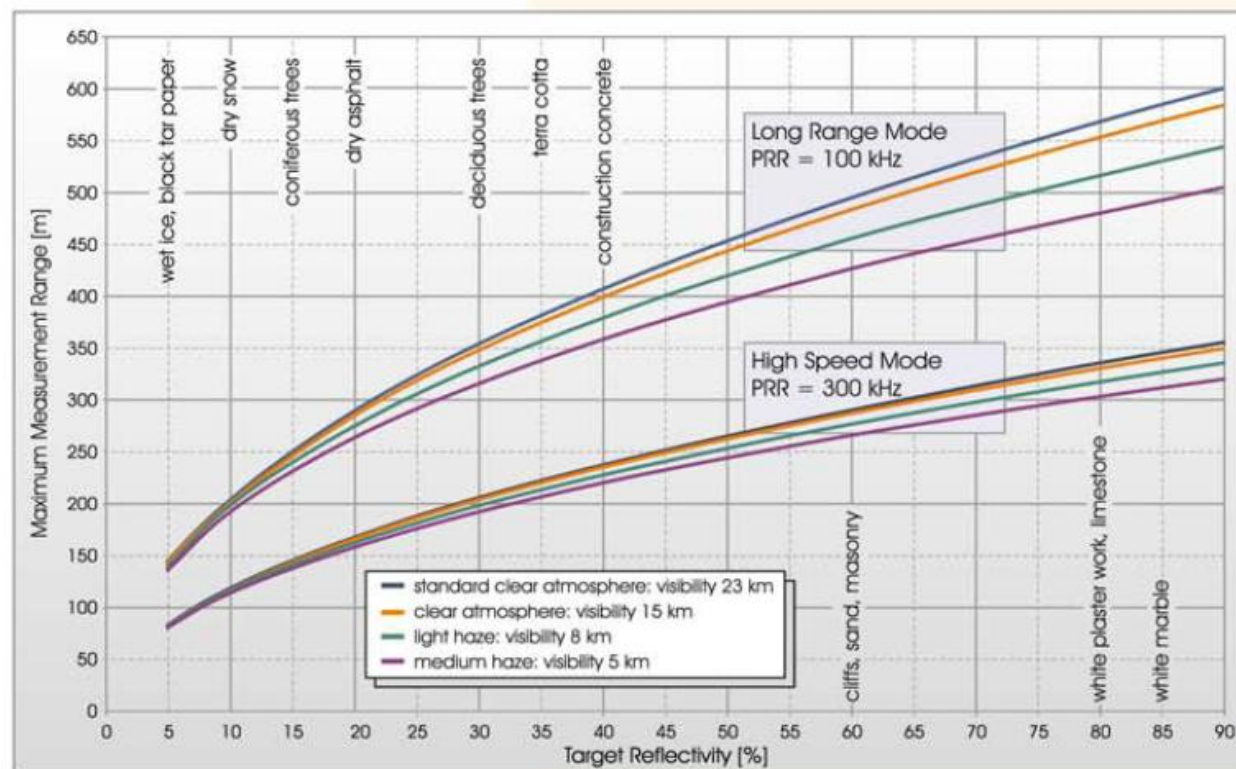
Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

Effective measurement range

Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad



Sistemas LiDAR y MMS

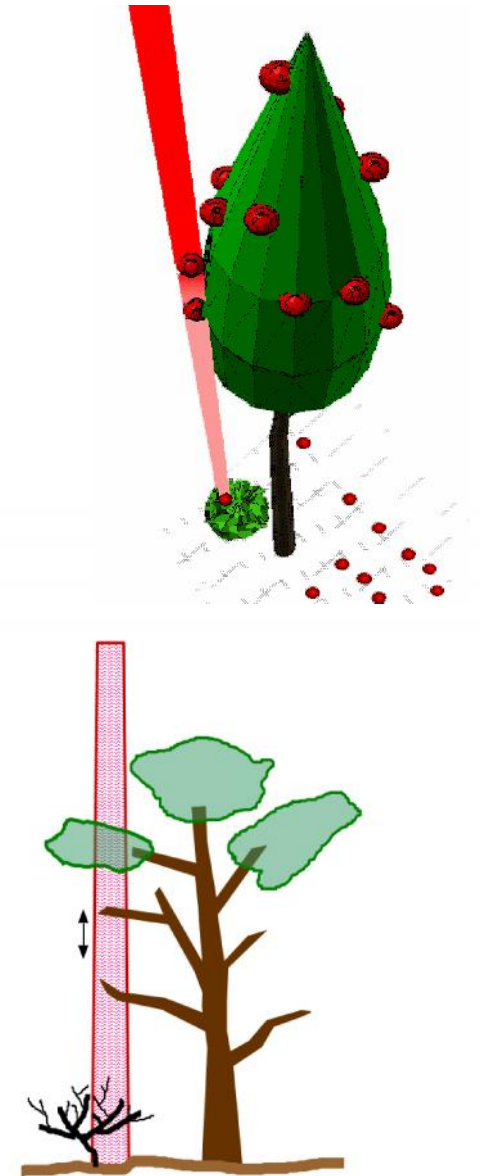
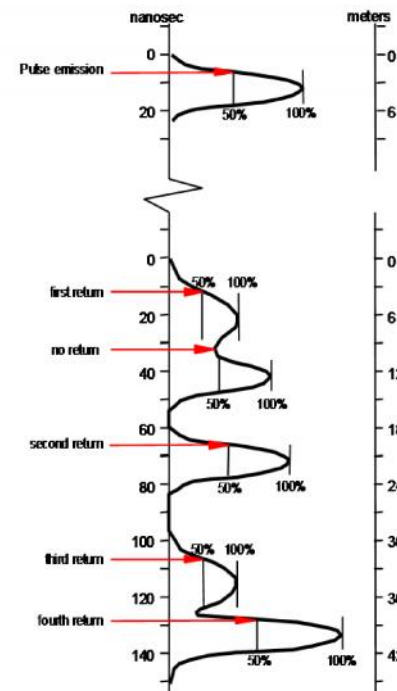
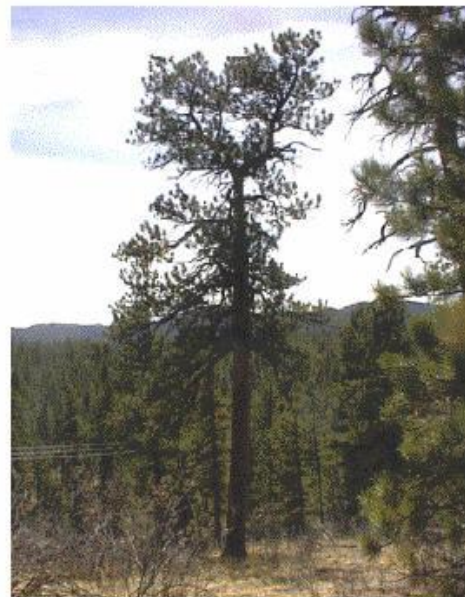
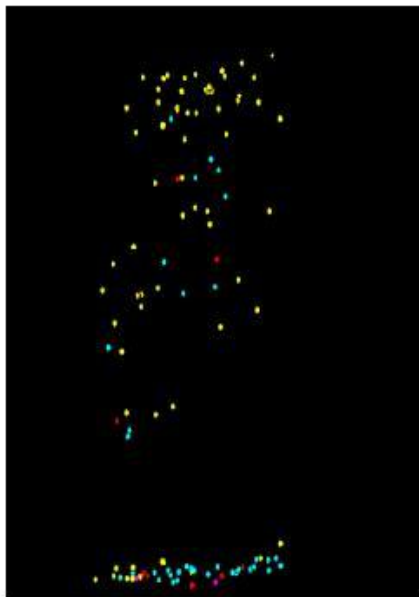
FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

Effective measurement range

Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad

Máximo número de blancos por pulso; Full waveform LiDAR



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

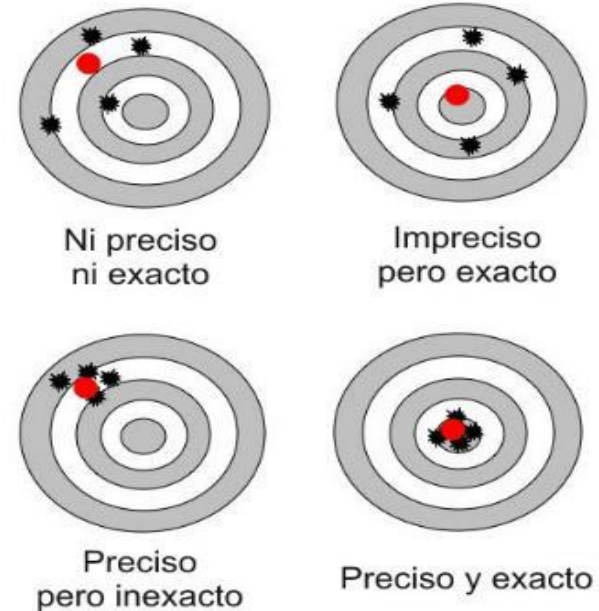
PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

Effective measurement range

Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad

Máximo número de blancos por pulso; Full waveform LiDAR

Accuracy (exactitud) & precision (precisión)



(en rojo, valor promedio)

Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

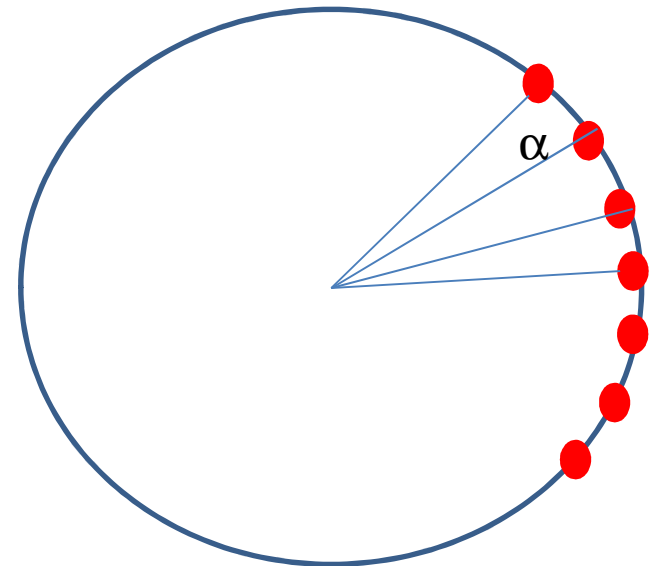
Effective measurement range

Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad

Máximo número de blancos por pulso. Full waveform LiDAR

Accuracy (exactitud) & precision (precisión)

Angular stepwidth. Resolución angular del LiDAR (α)



Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

Effective measurement range

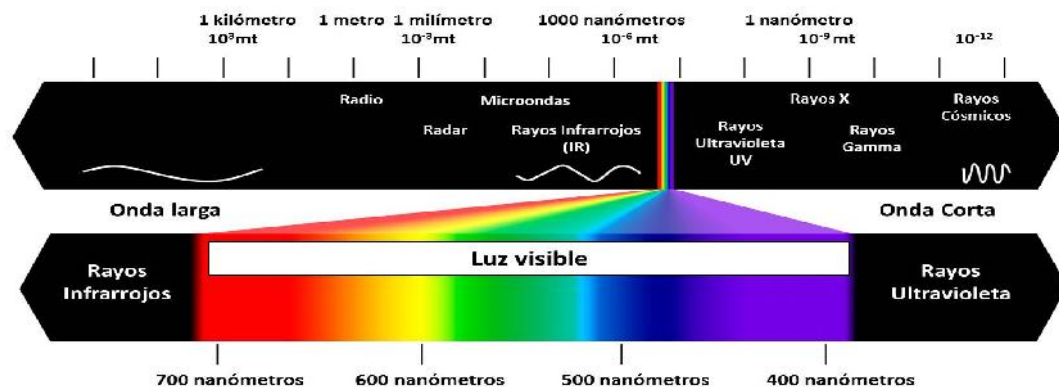
Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad

Máximo número de blancos por pulso. Full waveform LiDAR

Accuracy (exactitud) & precision (precisión)

Angular stepwidth. Resolución angular del LiDAR (α)

Laser wavelength. Longitud de onda láser



Típicamente en el espectro visible o IR cercano

Longitudes de onda típicas son 1540 nm (IR cercano) o 532 nm (verde)

Sistemas LiDAR y MMS

FUNDAMENTOS TECNOLOGÍA LASER DE RANGO

PRR – Pulse repetition rate – frecuencia de medición

Effective measurement range

Relación entre pulse repetition rate, rango y reflectividad

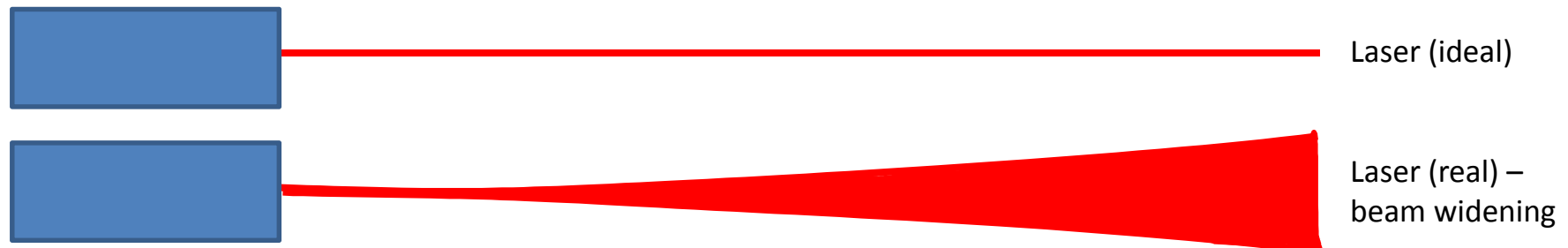
Máximo número de blancos por pulso. Full waveform LiDAR

Accuracy (exactitud) & precision (precisión)

Angular stepwidth. Resolución angular del LiDAR (α)

Laser wavelength. Longitud de onda láser

Beam divergence (ensanchamiento del haz)



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Método “Stop & Go”: Es un método híbrido: TLS + GNSS



Método Cinemático: LiDAR 2D + GNSS + INS

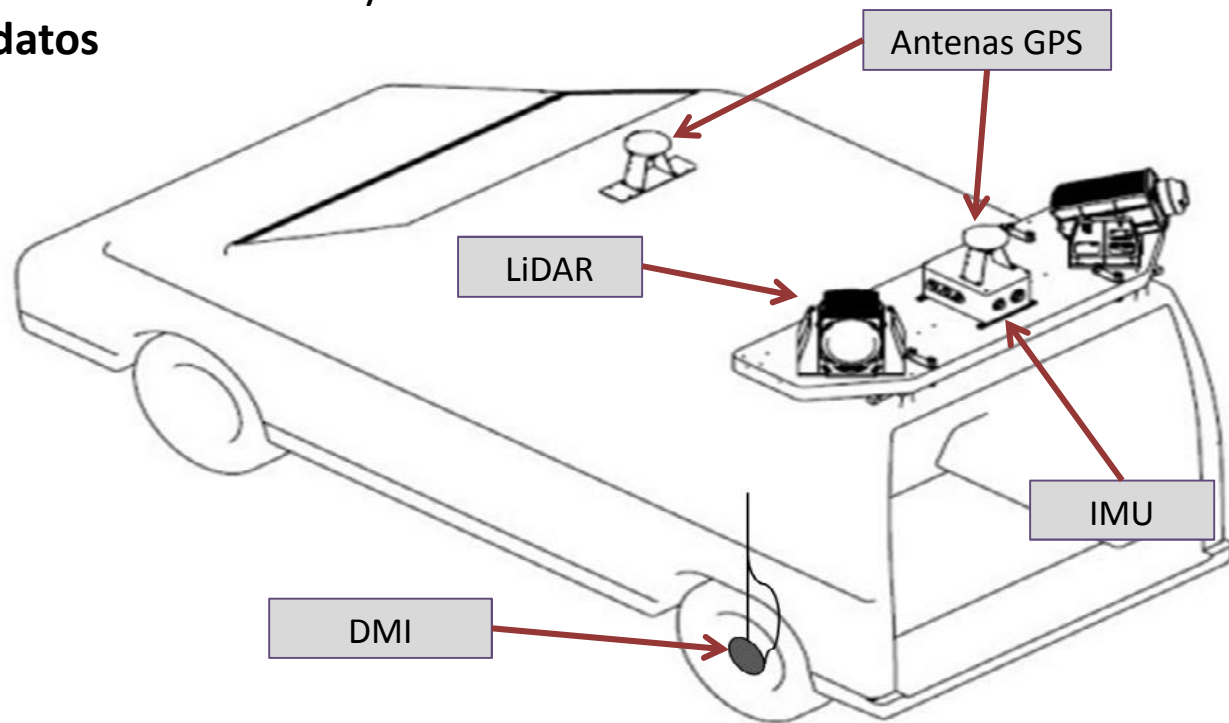


Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Método Escaneado móvil. Cinemático

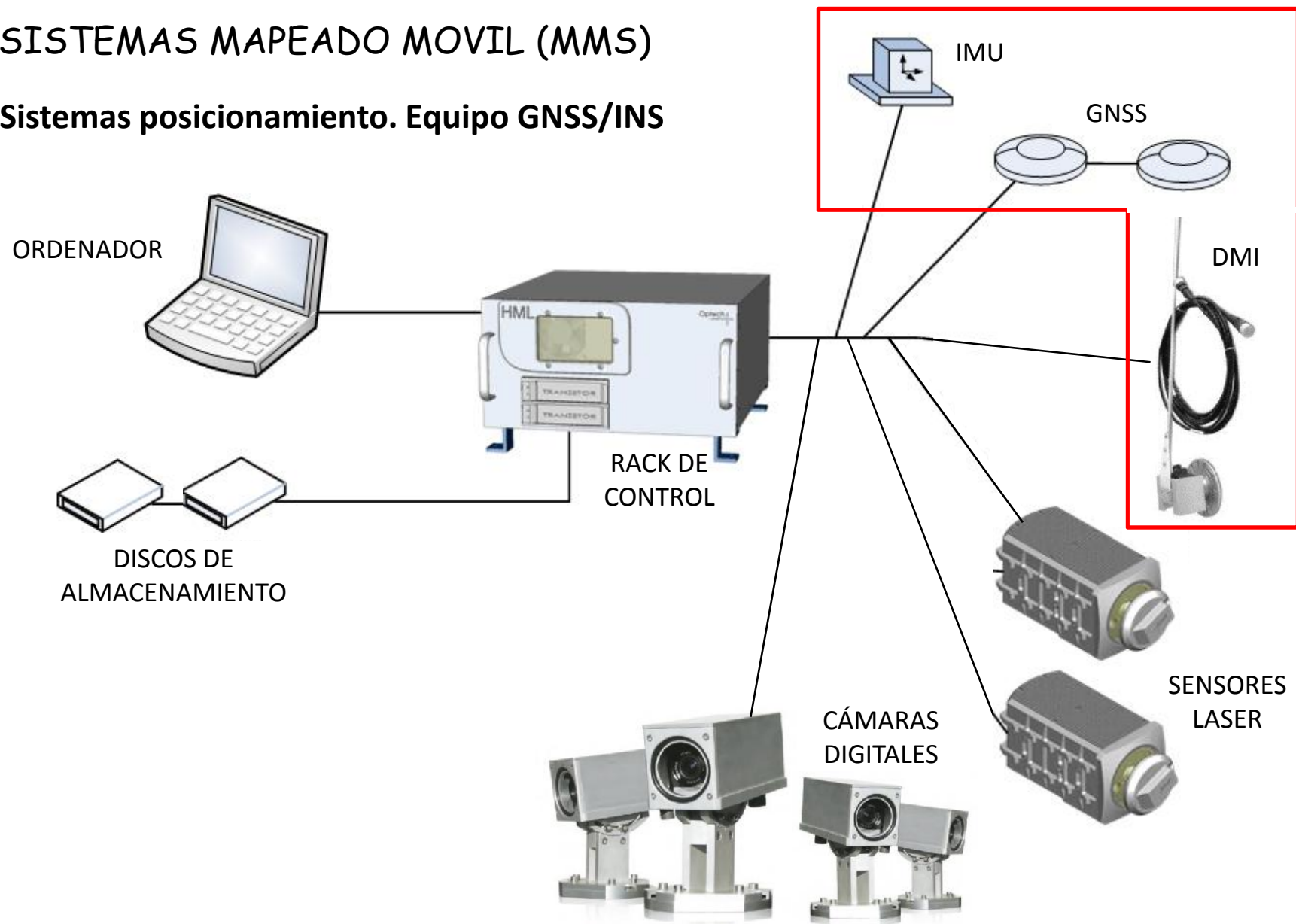
- Sistema de posicionamiento
 - GNSS (GPS)
 - IMU (*Inertial Measurement Unit*)
 - Acelerómetros: registran la aceleración experimentada por un objeto
 - Giróscopos: miden variaciones en los ángulos de orientación
 - Odómetro: adquiere distancia recorrida y velocidades
- Equipos almacenamiento datos
- Sensores LiDAR
- Sensores Imagen
-



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

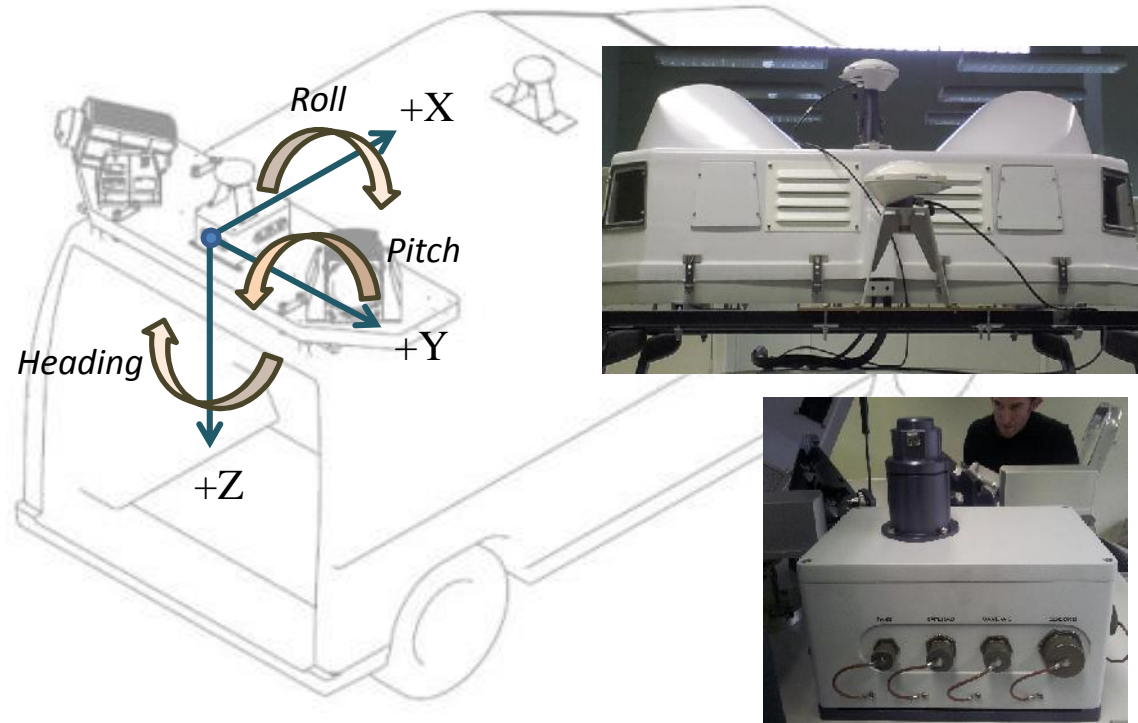


Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

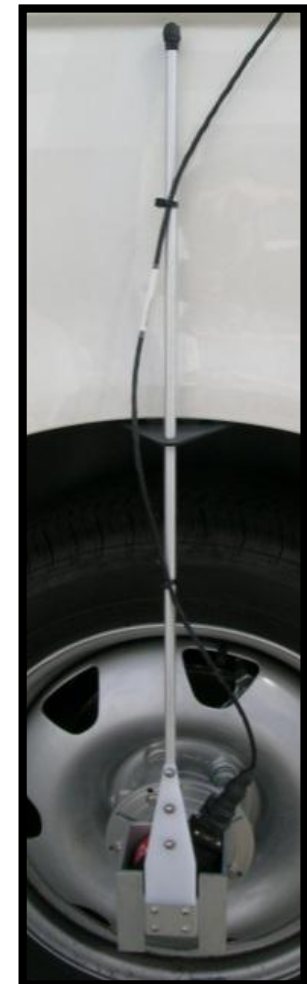
- IMU (Inertial Measurement Unit): Se encarga de generar una representación en los 3 ejes, produciendo una información precisa y fiable de la orientación de forma continua.
- DMI (Distance Measurement Indicator): Odómetro que mide la distancia recorrida por una de las ruedas del vehículo.
- PCS (POS Computer System): Computador principal del sistema que permite la combinación de los sistemas INS y GPS y proporciona señales de sincronismo para equipos externos.
- Antenas y receptores GPS: obtienen la posición global del sistema. Disponer de dos antenas GPS mejora estimación de ángulos de orientación del vehículo, en especial el de guiñada (yaw o heading).



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

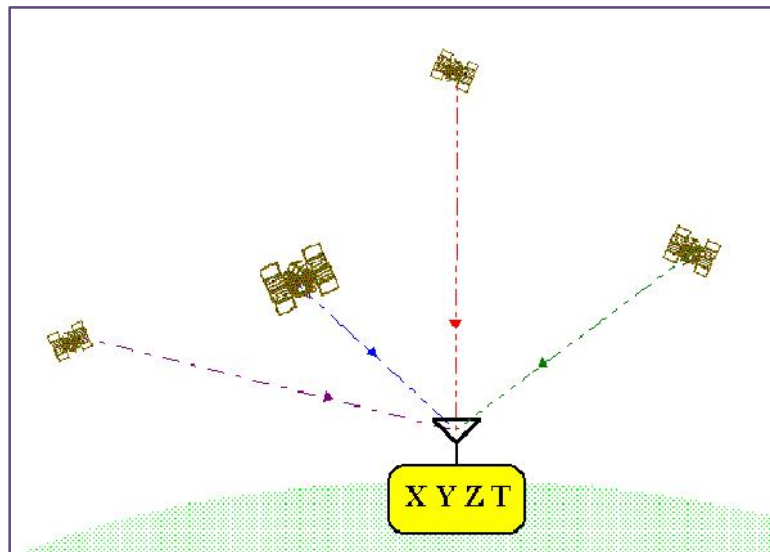


Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*)



- ✓ Referencia espacio-temporal global
- ✗ Frecuencia de actualización muy baja, 1 [Hz]

INS (*Inertial Navigation System*)

- **IMU** (*Inertial Measurement Unit*)
 - Acelerómetros: montados sobre 3 ejes ortogonales. Registran la aceleración y movimiento lineal de un objeto.
 - Giróscopos: miden variaciones en los ángulos de orientación sobre 3 direcciones ortogonales.
 - **Odómetro**: adquiere distancia recorrida y velocidades
- ✓ Alta frecuencia de actualización, 200 Hz
 - ✗ Error acumulativo

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*)



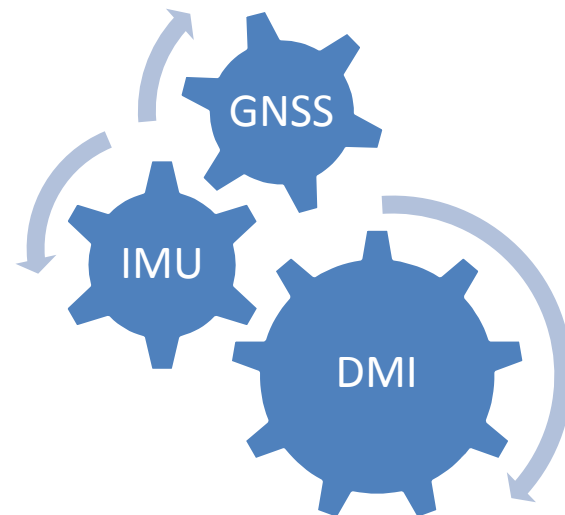
INS (*Inertial Navigation System*)

Característica	GNSS	INS
Exactitud	Alta a largo plazo	Alta en corto plazo
Tiempo dependencia	Precisión uniforme independiente del período temporal	Precisión disminuye conforme aumenta el período temporal
Tasa de salida	Bajo. (~1Hz)	Alta (~200 Hz)
Autonomía	No (Se requiere infraestructura de satélites)	Sí, pero afectadas por el campo de gravedad.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS



POS Computer System
(Filtro de Kalman)



Trayectoria SBET
(Smooth Best Estimate Trajectory)

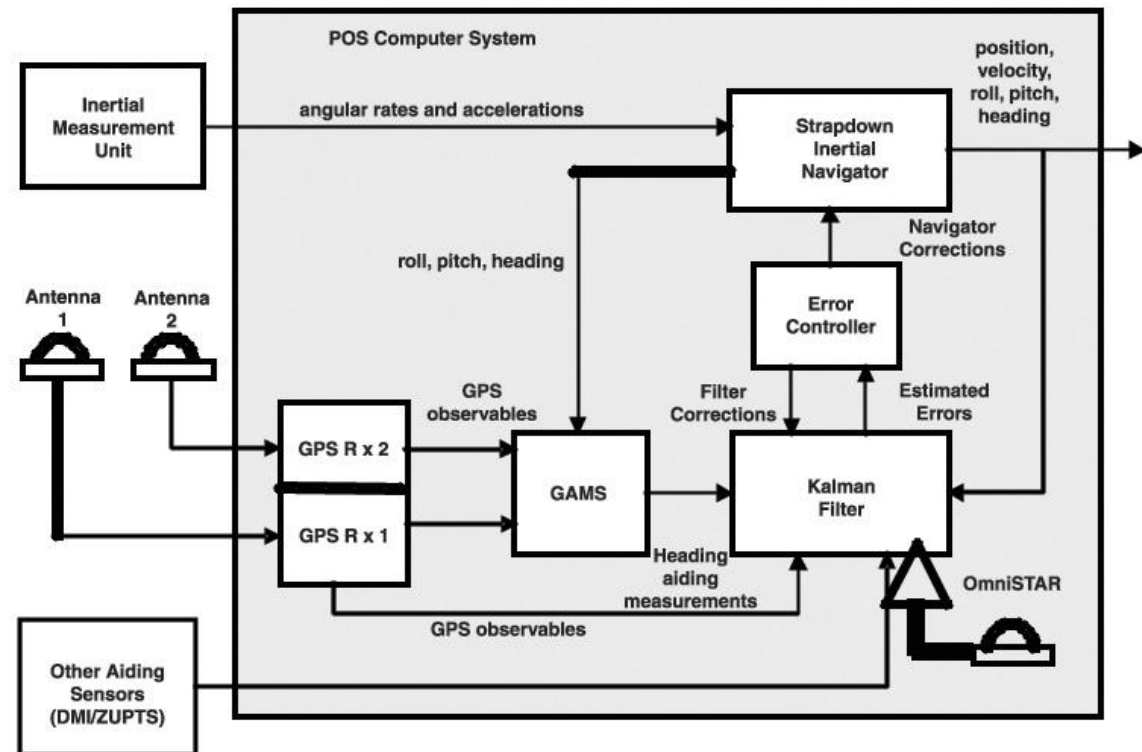


Figure 1. POS LV Tightly Coupled System Architecture
(Source: www.gpsworld.com)

Sistemas LiDAR y MMS

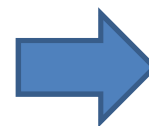
SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS. Applanix POS LV520

Error Posición Con GPS	PP	IARTK	DGPS
X,Y [m]	0,020	0,035	0,300
Z [m]	0,050	0,050	0,500
Roll, Pitch (°)	0,005	0,008	0,008
Heading (°)	0,015	0,020	0,020
Error Posición 60[s] sin GPS	PP	IARTK	DGPS
X,Y [m]	0,100	0,300	0,420
Z [m]	0,070	0,100	0,530
Roll, Pitch (°)	0,005	0,008	0,008
Heading (°)	0,015	0,020	0,020

Frecuencia máxima de adquisición: 200 [Hz]

Velocidad máxima 60 [Km/h]



8,3 [cm]. Resolución espacial
trayectoria

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS

- **Variables de sincronismo:**

1. Tiempo (*timestamp*): La escala de tiempos empleada se conoce como tiempo GPS el cual difiere en unos segundos del UTC (*Universal Time Coordinated*)
2. Posición: Coordenadas UTM y/o geográficas
3. Distancia al origen de trayectoria

- **Métodos de sincronización (Applanix POS LV520):**

- A. Etiquetas de Eventos (sistema navegación): El sistema dispone de 4 entradas de usuario para entradas de evento. Los eventos consisten en flancos de señal TTL que serán etiquetados con el tiempo GPS y demás valores de posicionamiento por el PCS. 300 [Hz]
- B. Mensajes NMEA (sistema GPS): El equipo cuenta con 5 puertos RS-232 por los que es posible el envío de mensajes de texto del protocolo NMEA (50 [Hz]) junto con señal PPS, como por ejemplo,:

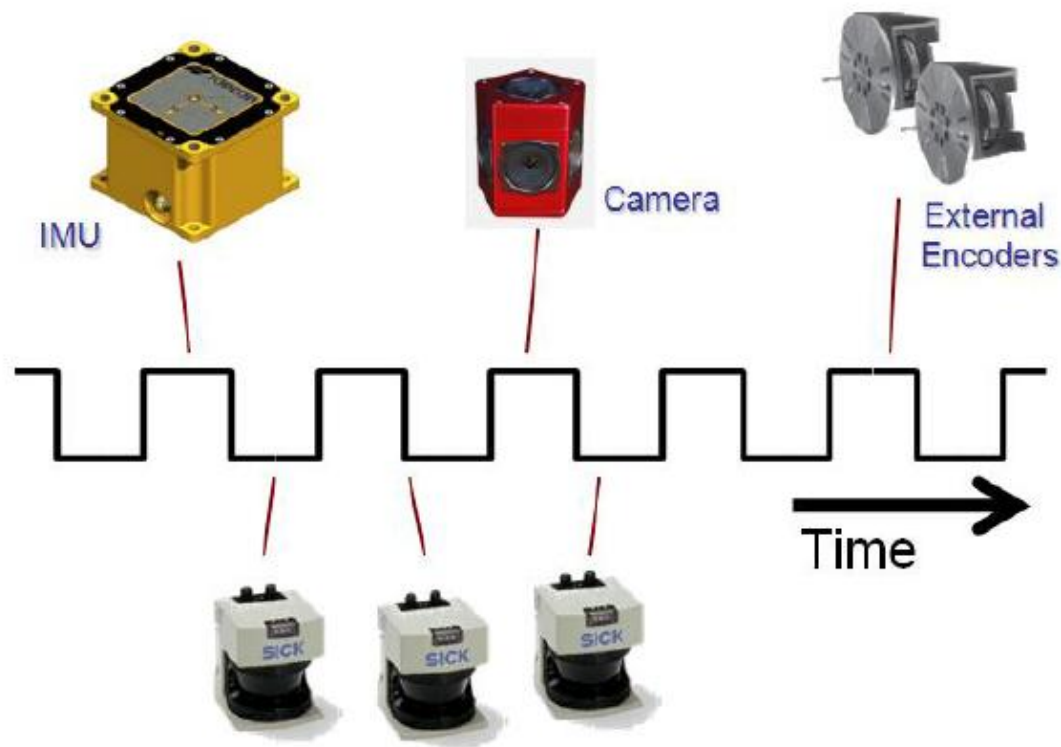
`$GPGGA,103858.28,4210.3059,N,00841.3683,W,1,12,1.2,501.8,M,0.0,M,,*44`

Señal PPS es un pulso TTL, indica momento exacto en el que se adquirió la posición indicada en el siguiente mensaje NMEA. El tipo de mensaje NMEA empleado es GGA que consta del tiempo GPS, coordenadas geográficas y demás variables de posición.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

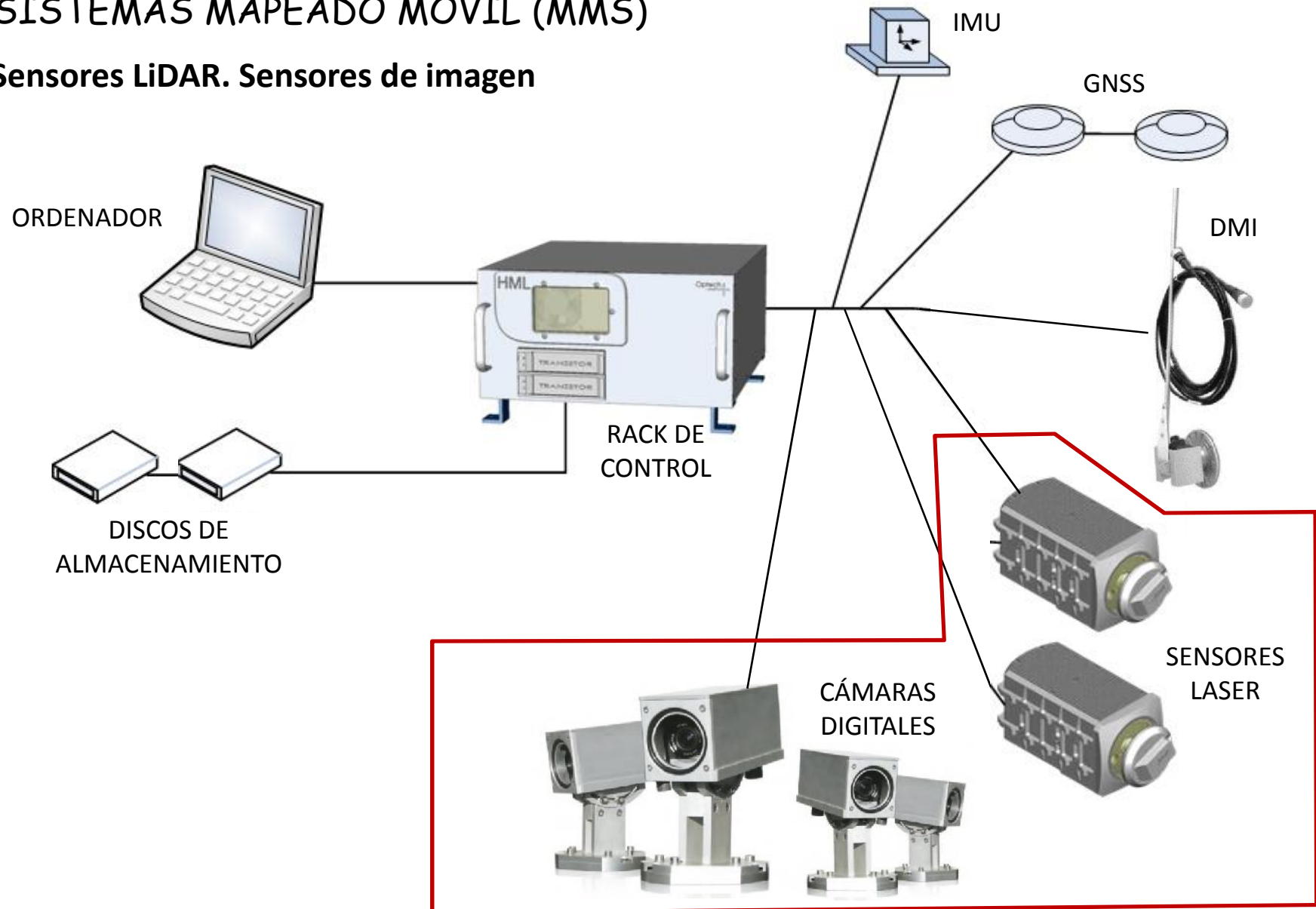
Sistemas posicionamiento. Equipo GNSS/INS



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

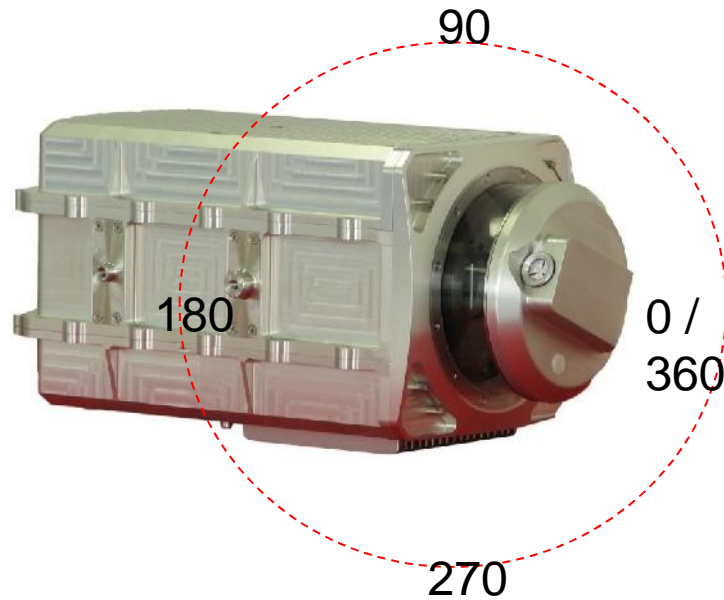
Sensores LiDAR. Sensores de imagen



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sensores LiDAR. Sensores de imagen



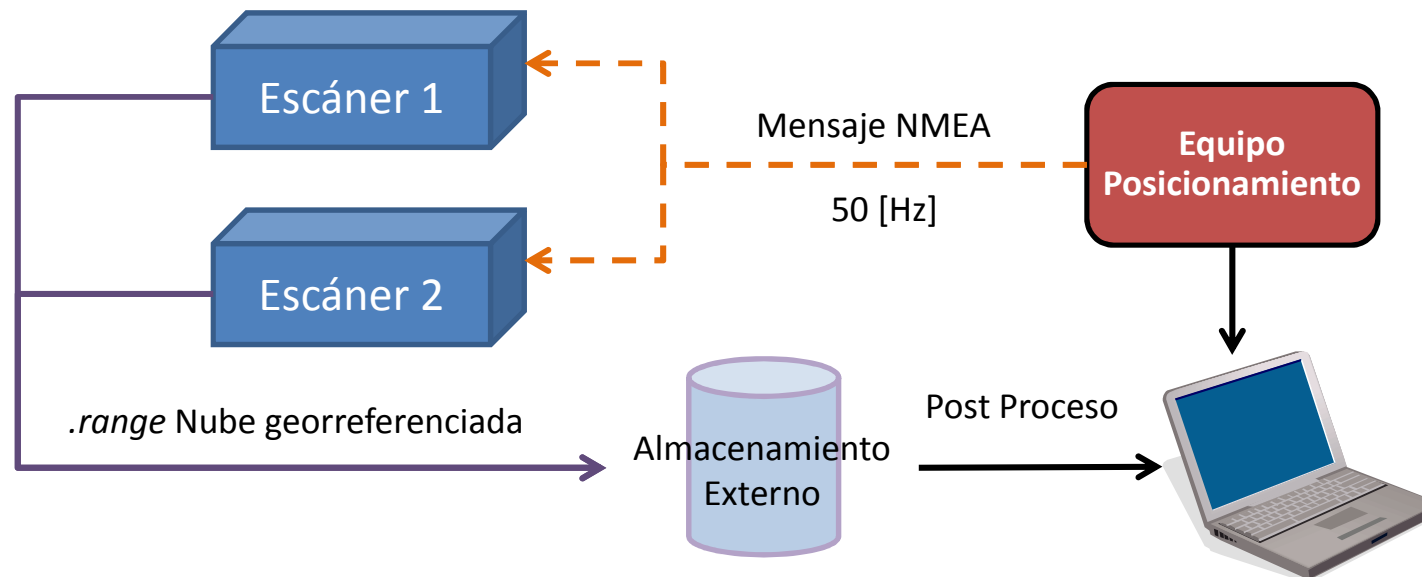
ESPECIFICACIONES SENSOR LYNX. OPTECH

Rango Máximo	200 m, 20%
Precisión en la distancia	8 mm, 1 σ
Exactitud en la distancia	10 mm, 1 σ
Repetición de pulsos	75-500 kHz
Número de ecos a medir	Hasta 4 ecos
Frecuencia de línea láser	80-200 Hz
Campo de Visión	360°
Potencia de alimentación	12 VDC, 30 A máx.
Rango de temperatura de funcionamiento	10°C a +40°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40°C a +60°C
Clasificación láser	Clase 1

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sensores LiDAR. Sensores de imagen



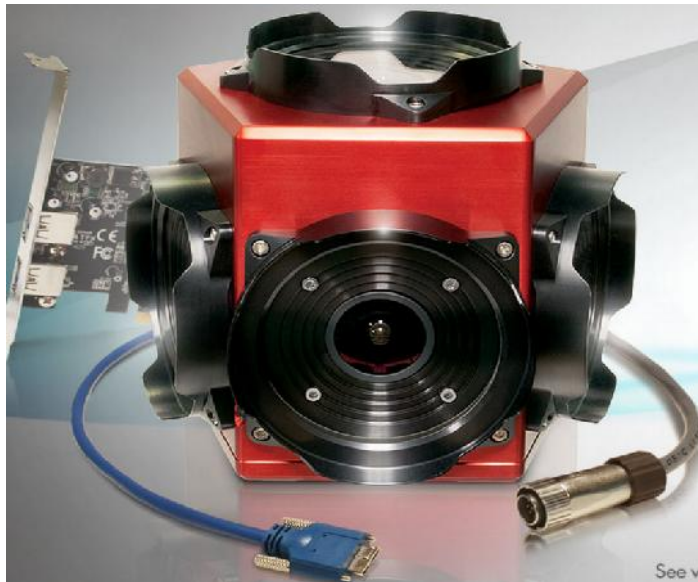
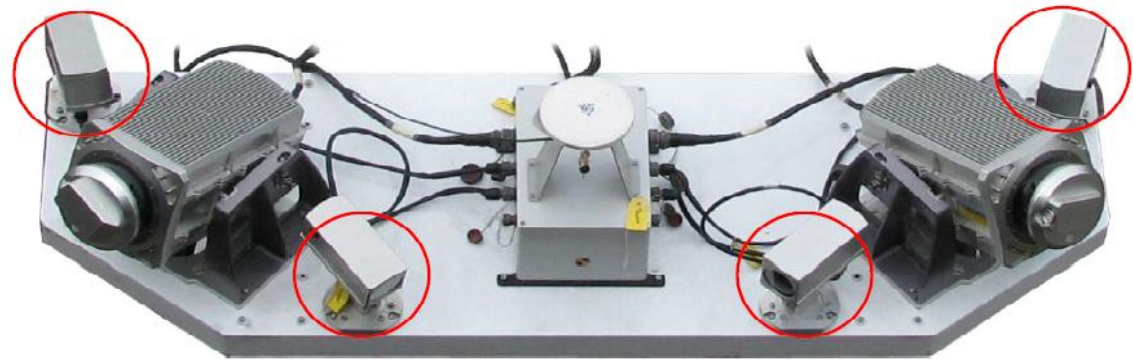
TIME, EASTING, NORTHING, ELLIPSOID HEIGHT, INTENSITY, RANGE, LASER ANGLE
(time in Sec, position in Meters, intensity in Gray Value, range in Meters, orientation angles in Degrees)

390534.478391	539790.52169990	4674179.47944358	607.07876322	34	6.649	34.730736
390534.478393	539790.50001304	4674179.44623135	607.09518209	10	6.688	34.875181
390534.478395	539790.38517322	4674179.34534255	607.19692194	80	6.871	35.019625
390534.478397	539790.38643040	4674179.32804286	607.19217812	109	6.876	35.164070
390534.478399	539788.99323141	4674178.28938368	608.46303246	85	9.029	35.308514
390534.478401	539789.01240759	4674178.27952799	608.44078705	68	9.008	35.452958
390534.478403	539790.37844168	4674179.26728871	607.18865772	23	6.908	35.597403
390534.478405	539788.81979310	4674178.08909787	608.60727410	69	9.323	35.736292
390534.478407	539789.03201629	4674178.22315502	608.40892827	9	9.004	35.880736
390534.478409	539786.56605701	4674176.34276772	610.65016666	6	12.831	36.025181
390534.478411	539786.60355896	4674176.33691539	610.60931743	206	12.786	36.169625
390534.478413	539789.04311777	4674178.15944999	608.38463714	139	9.013	36.314070
390534.478415	539789.04861962	4674178.13955890	608.37489724	180	9.014	36.458514
390534.478417	539789.04709342	4674178.11425767	608.37153514	144	9.025	36.602958

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sensores LiDAR. Sensores de imagen



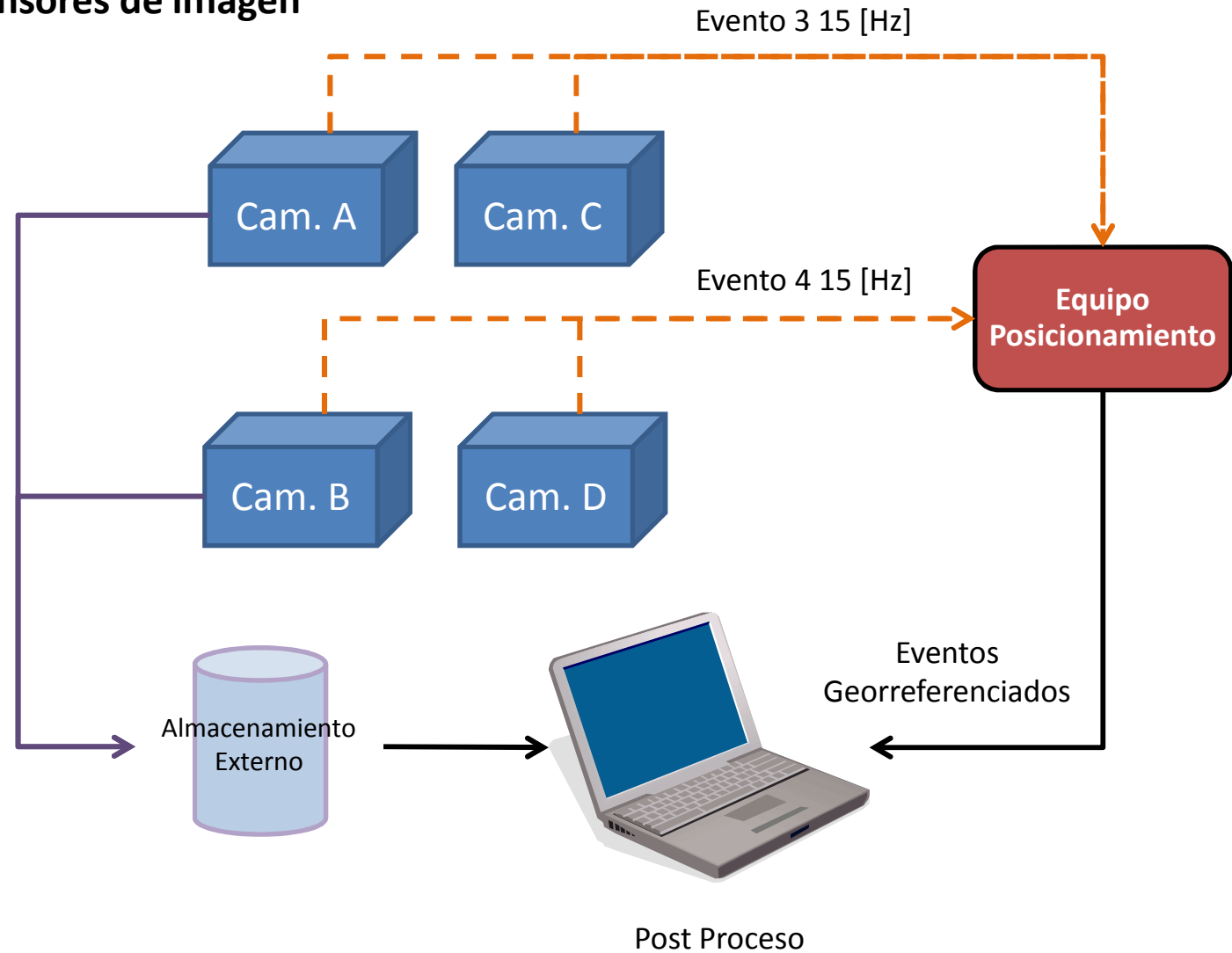
ESPECIFICACIONES CÁMARAS JAI. OPTECH

Lente montada	F1.4/8 mm
Frames/segundo	15
Resolución	2456 x 2058
Campo de visión	Horizontal 57° Vertical 47°
Tamaño de sensor	2/3"
Tamaño de píxel	3.45 [μm] píxeles cuadrados
Peso	200 g
Dimensiones	55 x 55 x 55 [mm]
Alimentación	12 VDC
Temperatura operación	-5°C a +45°

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Sensores LiDAR. Sensores de imagen



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales

ROADSCANNER



a) LANDINS IXSEA positioning system, **b)** 8 last-generation 1 Mpx BASLER SCOUT cameras with a maximum frame rate of 30 fps, **c)** FARO PHOTON 120.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales



IP-S2



a) IP-S2 mobile system, **b) LADYBUG3** multicamera unit, which consists of six SONY progressive scan color CCDs (five in a horizontal ring, one on top) with 2 Mpx per sensor, **c) Three SICK LMS 291** scanners ,motor speed of 75 Hz and scanning angles that vary from 90 to 180°.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales

MX8 - TRIMBLE



DYNASCAN - MDL Laser Systems



Dynascan system and options; coastal applications, quarry, mining and infrastructure applications.

StreetMapper - 3D LASER MAPPING Ltd & IGI mbH



- (a) STREETMAPPER PORTABLE system with a single LiDAR sensor.
- (b) STREETMAPPER 360 with two RIEGL VQ-250 units.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales



VMX-250



(a)



(a)



(b)



(c)

a) DMI, b) Scanner and GNSS/IMU, c) CS6 camera system, d) control unit

[Introduction of VMX-250 to the FIG Conference, April 2010.](#)

[VMX-250 in Venice](#)

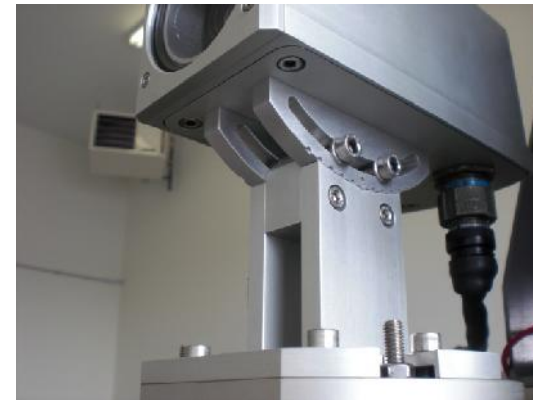
Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales



LYNX MOBILE MAPPER



Cámaras 4 x 5 MPx



GPS Secundario

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales

Table 2. Quantitative performance evaluation of navigation solution of different MLS systems and PPK solution for a GPS outage of 1 minute

MLS system	MX8	VMX-250/ LYNX	ROAD SCANNER	IP-S2 AG58*	IP-S2 AG60*	STREET MAPPER	DYNASCAN
X,Y Position (m) ¹⁾	0.120	0.100	0.100	0.110	0.265	-	-
Z Position (m) ¹⁾	0.100	0.070	0.070	0.100	0.240	-	-
Roll and Pitch (°) ¹⁾	0.020	0.005	0.005	0.025	0.030	-	-
True Heading (°) ¹⁾	0.020	0.015	0.010	0.050	0.075	-	-

*TOPCON's navigation solution uses two different IMUs, Ag58 and Ag60

¹⁾ Post-processed accuracy values given as RMS.

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Soluciones comerciales. Sistema Optech



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

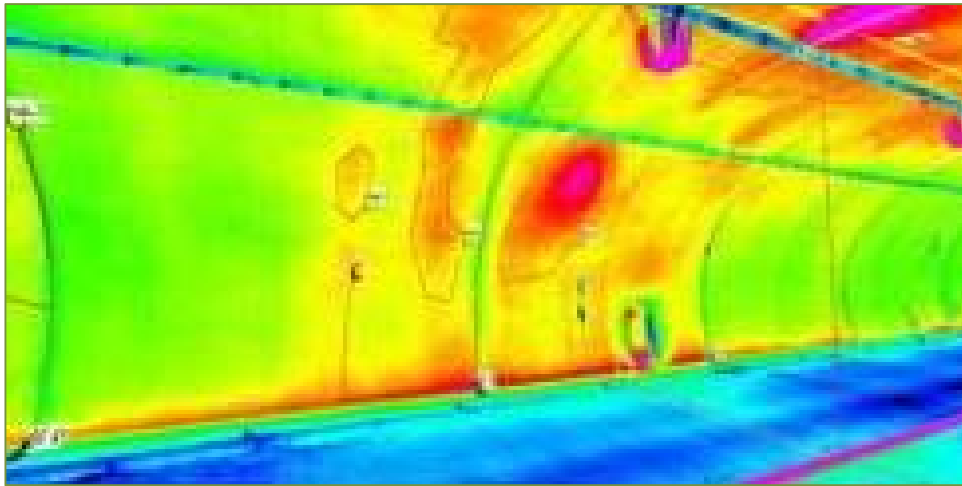
Soluciones comerciales. Sistema Riegl



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Implementación de otros sensores. Termografía



16 bits

$$\frac{120 + 20 [^{\circ}\text{C}]}{2^{16} [\text{valores}]} = 0,002 [^{\circ}\text{C}/\text{valor}] \quad 10 [\text{Hz}]$$

8 bits

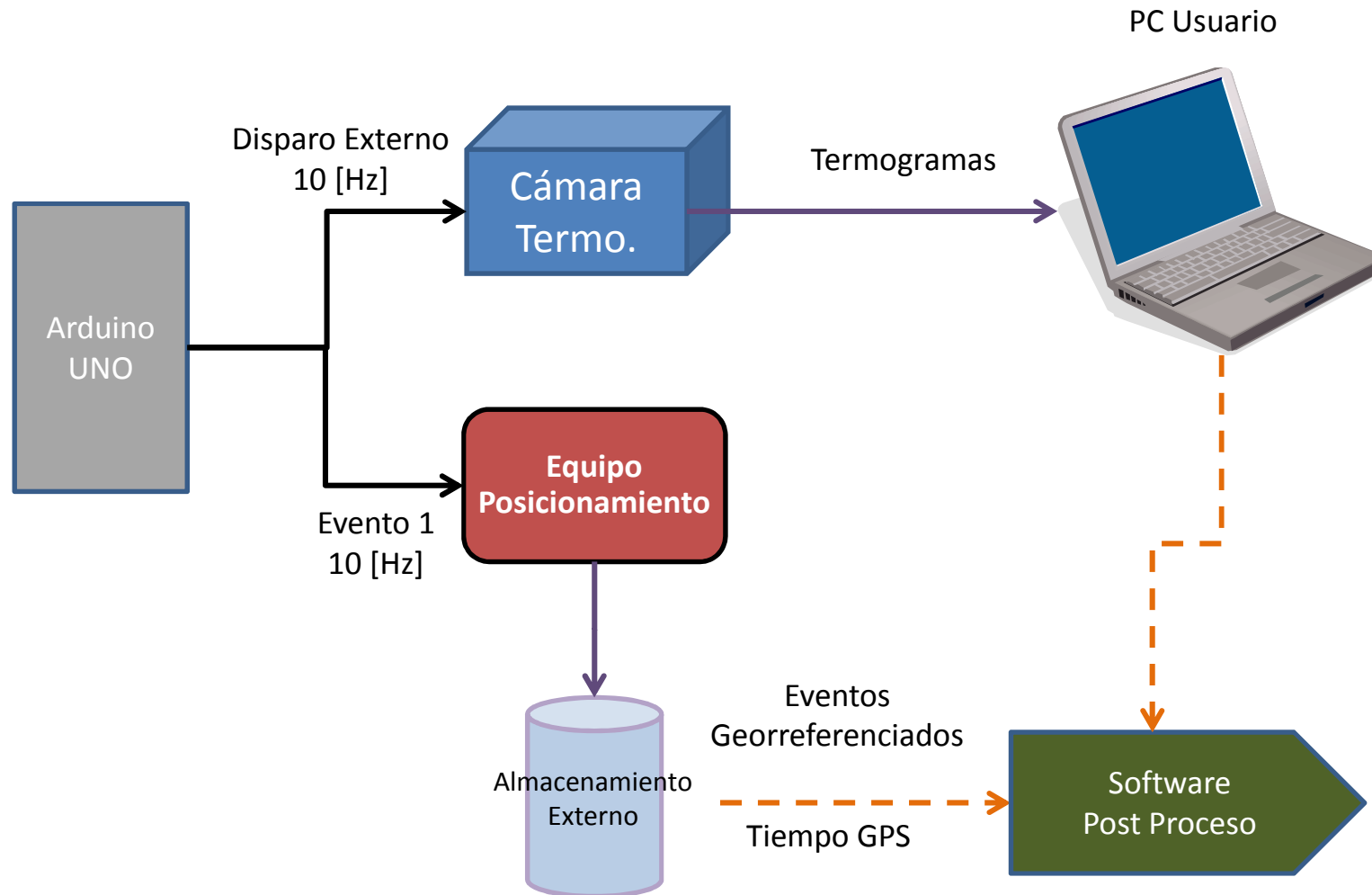
$$\frac{120 + 20 [^{\circ}\text{C}]}{2^8 [\text{valores}]} = 0,547 [^{\circ}\text{C}/\text{valor}] \quad 25 [\text{Hz}]$$

Tipo de Detector	Microbolómetros no refrigerados
Rango espectral	8 [μm] a 14 [μm]
Resolución	384x288 pixel
Tamaño de pixel	25 [μm]
Sensibilidad Térmica	≥ 50 [mK] @ 30°C con la lente f/1
Lente	10 mm f/1 HFOV 53° VFOV 40°
FPS (<i>Frames per Second</i>) en modo continuo	- 50Hz en 8 bit - 25Hz en 16 bit
Interfaces	- Ethernet (TCP/IP) - CameraLink
Salida analógica	PAL o NTSC
Modos de disparo	- Disparo continuo - Disparo por software - Disparo externo (<i>Extern Trigger</i>)
Consumo de Potencia	3,6 [W]
Suministro de Potencia	12 [V]
Dimensiones	70W x 74H x 65L [mm ³]
Rango de temperaturas de medida	-20°C a 120°C

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

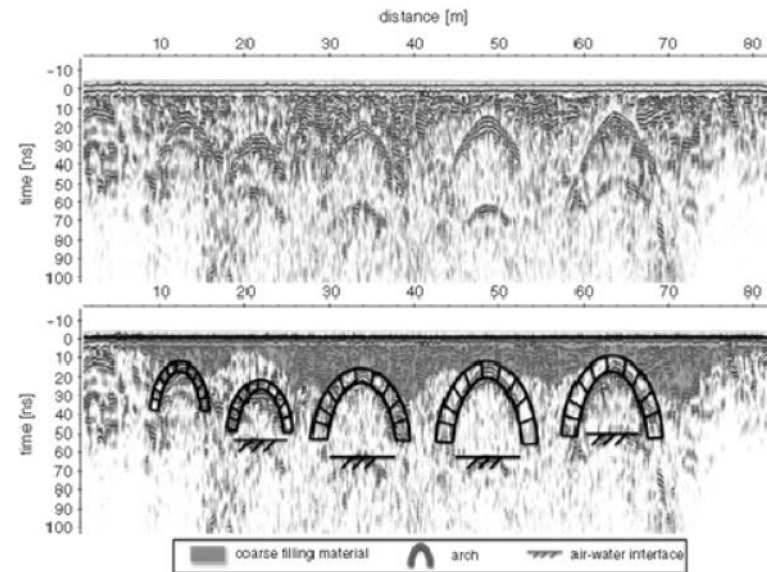
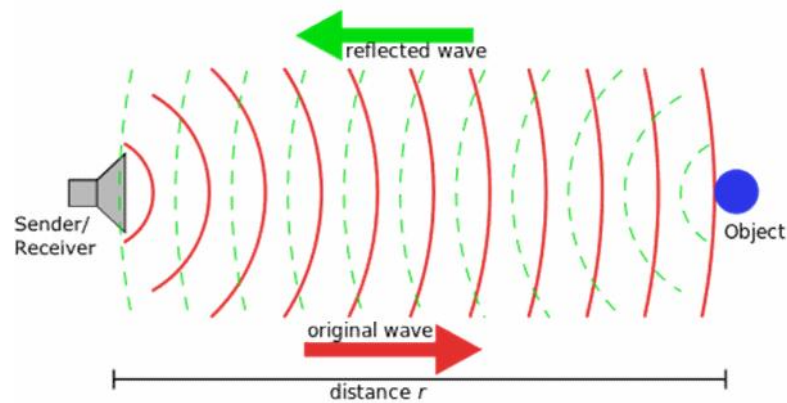
Implementación de otros sensores. Termografía



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Implementación de otros sensores. Georradar



Unidad de Control MALA
ProEx



Odómetro



Antena HF 2,3 Ghz

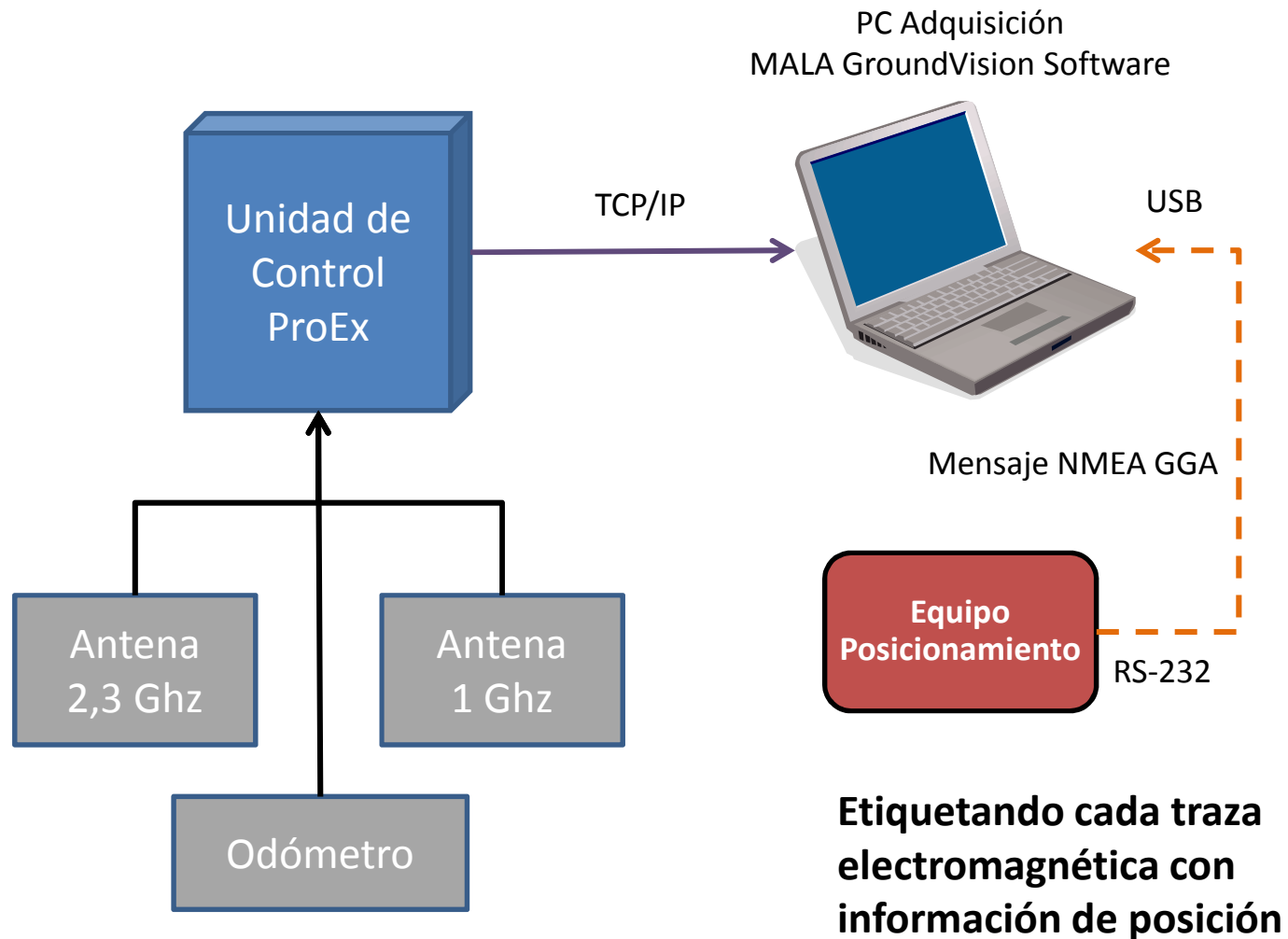


Antena Opt. 1 Ghz

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

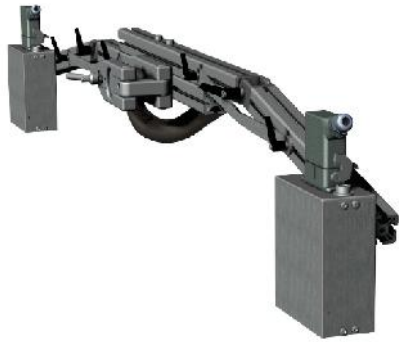
Implementación de otros sensores. Georradar



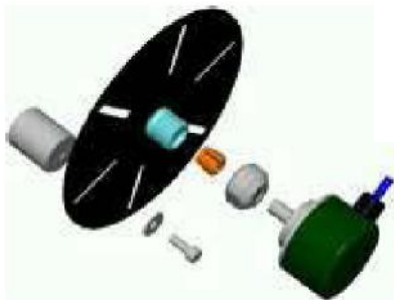
Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Implementación de otros sensores. Perfilometría



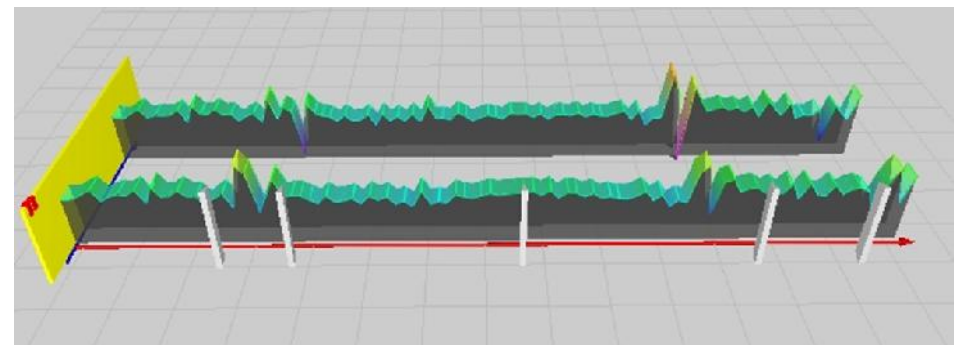
Sensores Láser y Viga de sujeción



Odómetro



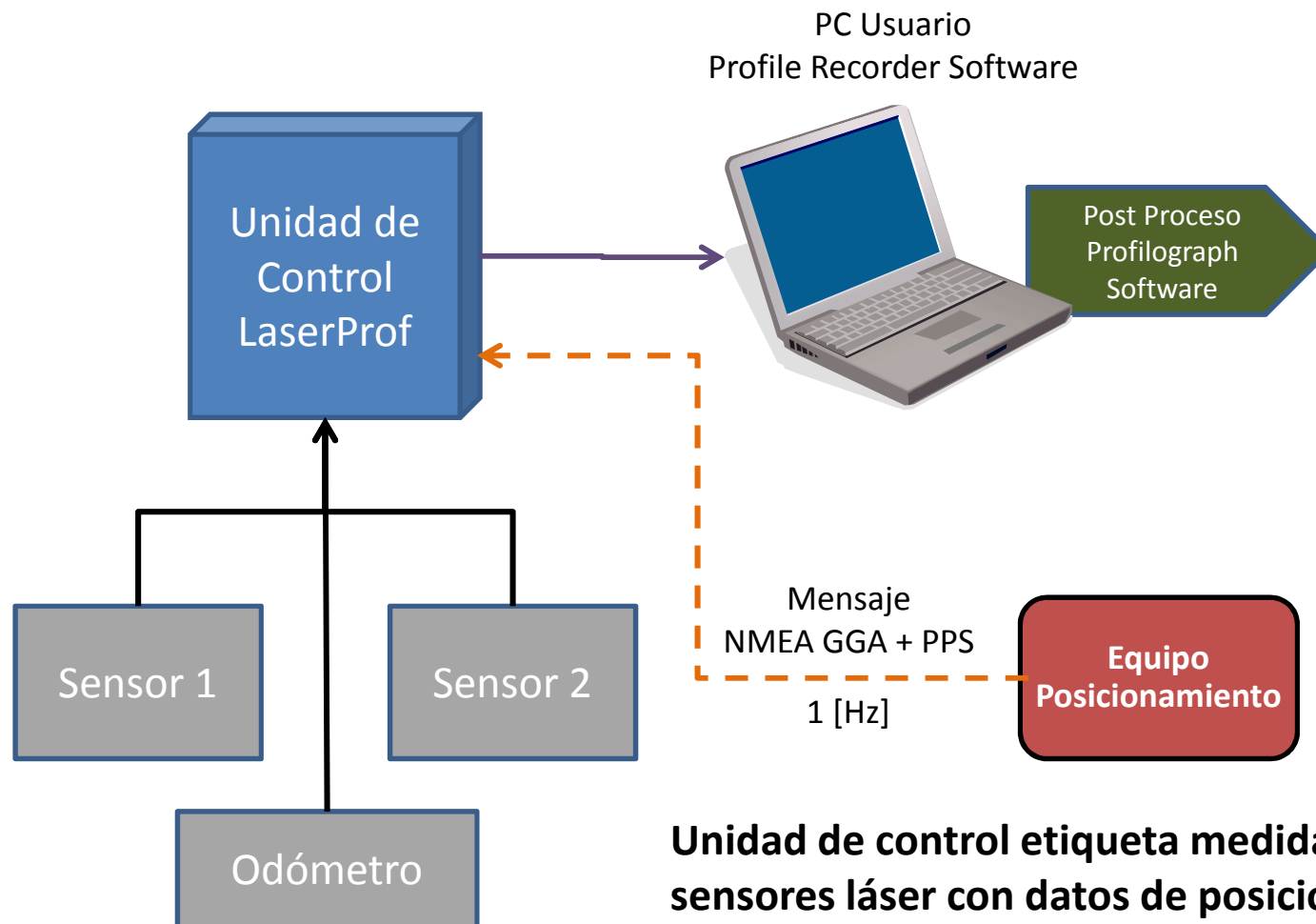
Unidad de Control



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

Implementación de otros sensores. Perfilometría

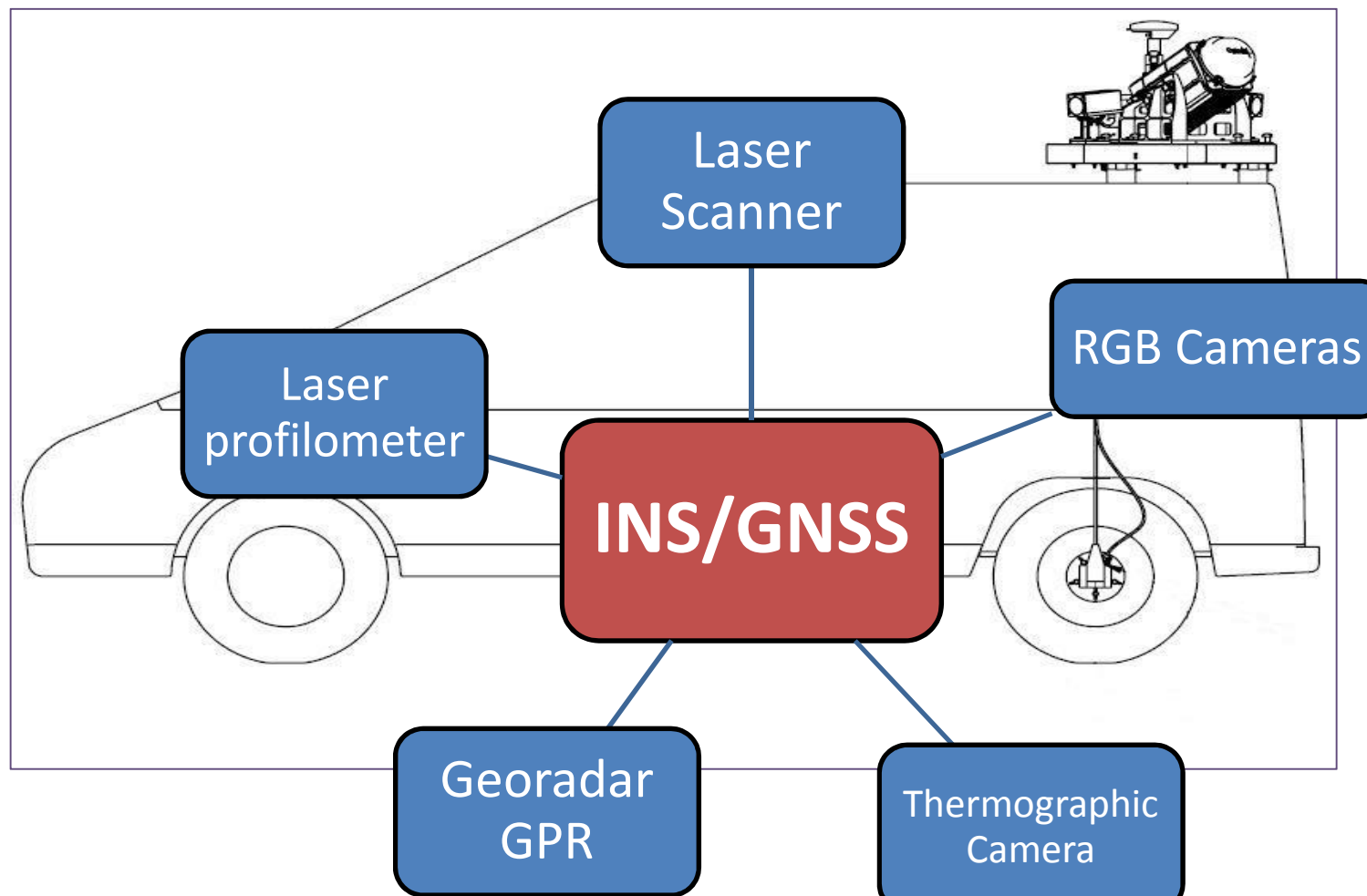


Unidad de control etiqueta medidas de sensores láser con datos de posición. Guardar información en disco PC de Usuario

Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

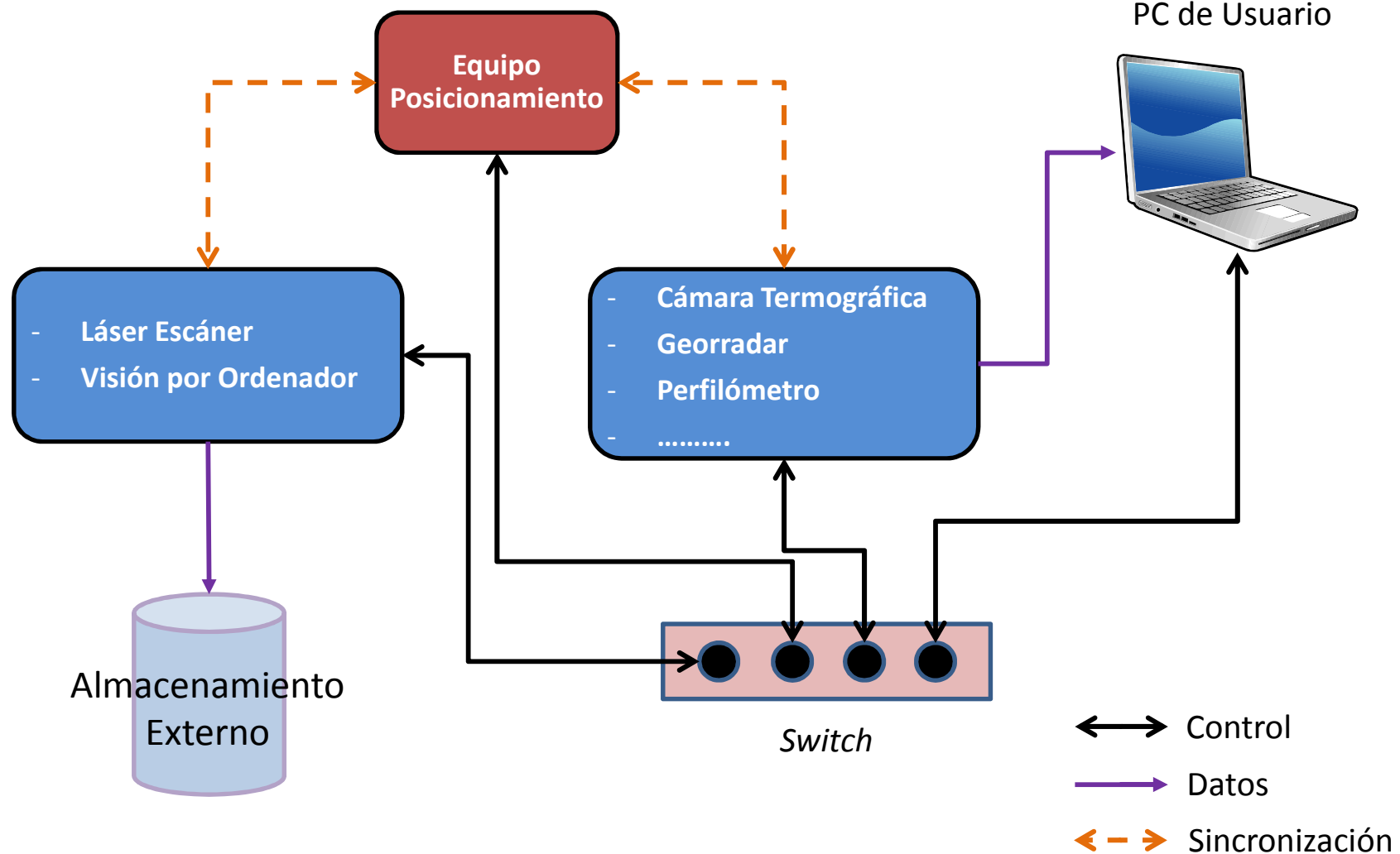
Implementación de otros sensores



Sistemas LiDAR y MMS

SISTEMAS MAPEADO MOVIL (MMS)

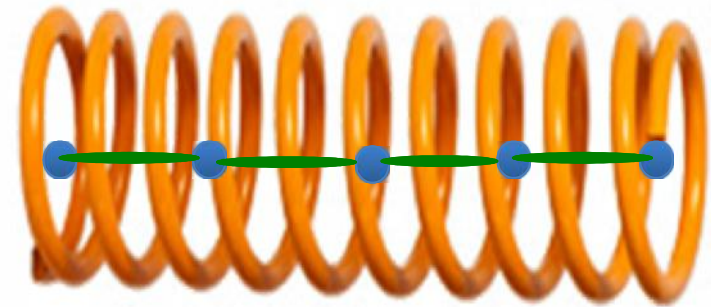
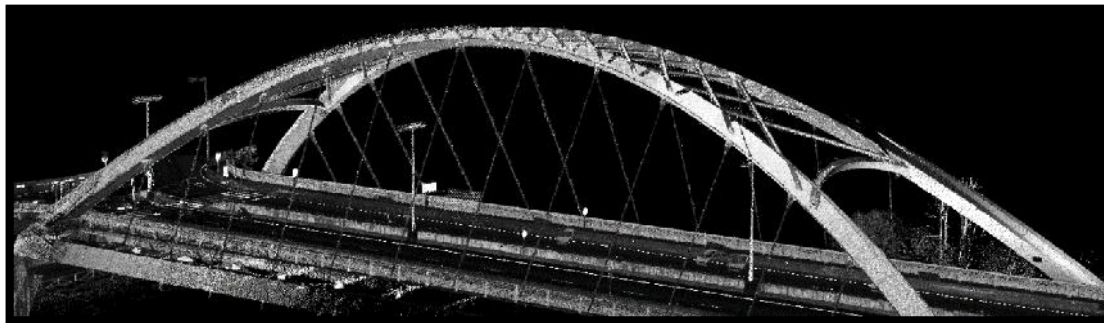
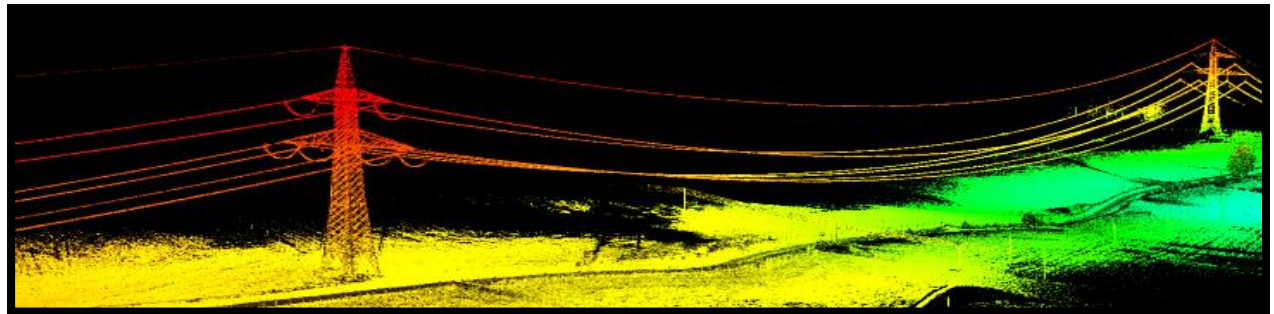
Implementación de otros sensores



Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE

GNSS	
INS	
LiDAR	



CARACTERÍSTICAS INFORMACIÓN GENERADA MMS

Nº puntos	1 M/sg	25.000 M/día
Tamaño archivos	4 Mb/sg	800 Gb/día
Imágenes (.jpeg)	JAI	4 Mb/sg
	Ladybag	6 Mb/sg
		80 Gb/día
		120 Gb/día

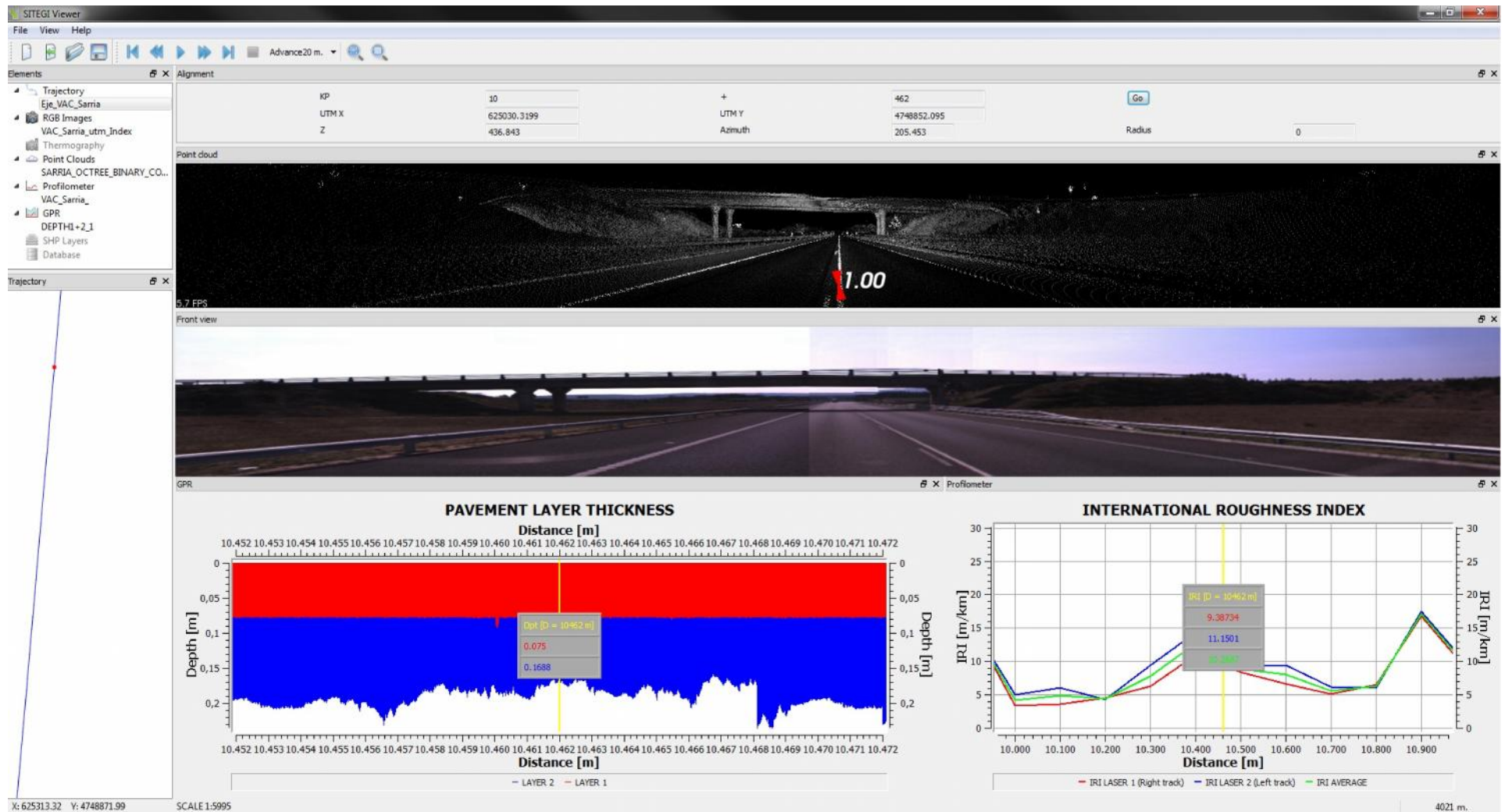
Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE



Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE
MSManager



Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE
MSManager



SITEGI Viewer

File View Help

Elements Database

Road: N-120 Subsection: N-120_08_05_1

Identification

road naming: N-120_08_05_1 road: N-120

subsection: N-120_08 n section: 8 n subsection: 5 direction: 1

province: Pontevedra demarcation: D

Location

start: INT. PO-251. PONTEAREAS. PONTEVEDRA

end: INT. PO-9510. AREAS. PONTEVEDRA

Typology

functional level: Carretera convencional

Other

date: 09/11/2012

adto: 215

new naming:

old IXP milest: 684 old IXP dist: 680

Inventory

Inicial - Final: 01/01/2000 - 20/02/2013 Last Without inspection New inspection card

Environment Equipment Structures Road surfaces Milestones Road markings Other events Towns Roads Vertical signs Intersections

Grupo: All Subgrupo: All Código: All

code	element type	IKM milest	IKM dist	ini dist	location	direction	descripcion	tipo_sv	valor	observaciones	fecha_instal	fecha_fa
2 S-220	Preseñalización d...	646	650	2650	Centro	Ascendente	N-120 / PK 646,...	Pórtico		oxidada	05/12/1999	14/10/1999
3 R-301	Velocidad máxima	687	450	45450	Derecha	Ascendente	N-120 / PK 687,...	Lateral	100	arcén >1.5m	19/08/2005	23/04/2005
4 P-1	Intersección con ...	652	520	10520	Centro	Ambos Sentidos	N-120 / PK 652,...	Banderola			12/12/2012	12/12/2012
5 P-12	Aeropuerto	684	850	42850	Derecha	Ascendente	N-120 / PK 684,...	Lateral		mala visibilidad	24/11/2012	24/11/2012
6 S-1	Autopista	687	400	45400	Derecha	Ascendente	N-120 / PK 687,...	Pórtico		reciente instala...	10/07/2012	14/03/2012

Inventory

Inspection

New Edit Delete

Location

IKM milest: 684 IKM dist: 850

ini dist: 42850

location: Derecha

direction: Ascendente

Tipo

code: P-12

element type: Aeropuerto

Inspection

date / inspector / organization: 2012-11-24 / José Rodríguez Fernández / Xunta de Galicia

Characteristics

support: N-120 / PK 684,850 / Lateral

dim caract: Carteles

sign type: Lateral

surface: Lámina con microprismas gran angular

value:

reflect level: Nivel 2

install date: 24/11/2012

height from sfc: más de 2,2

prod date: 24/11/2012

sign material: aluminio

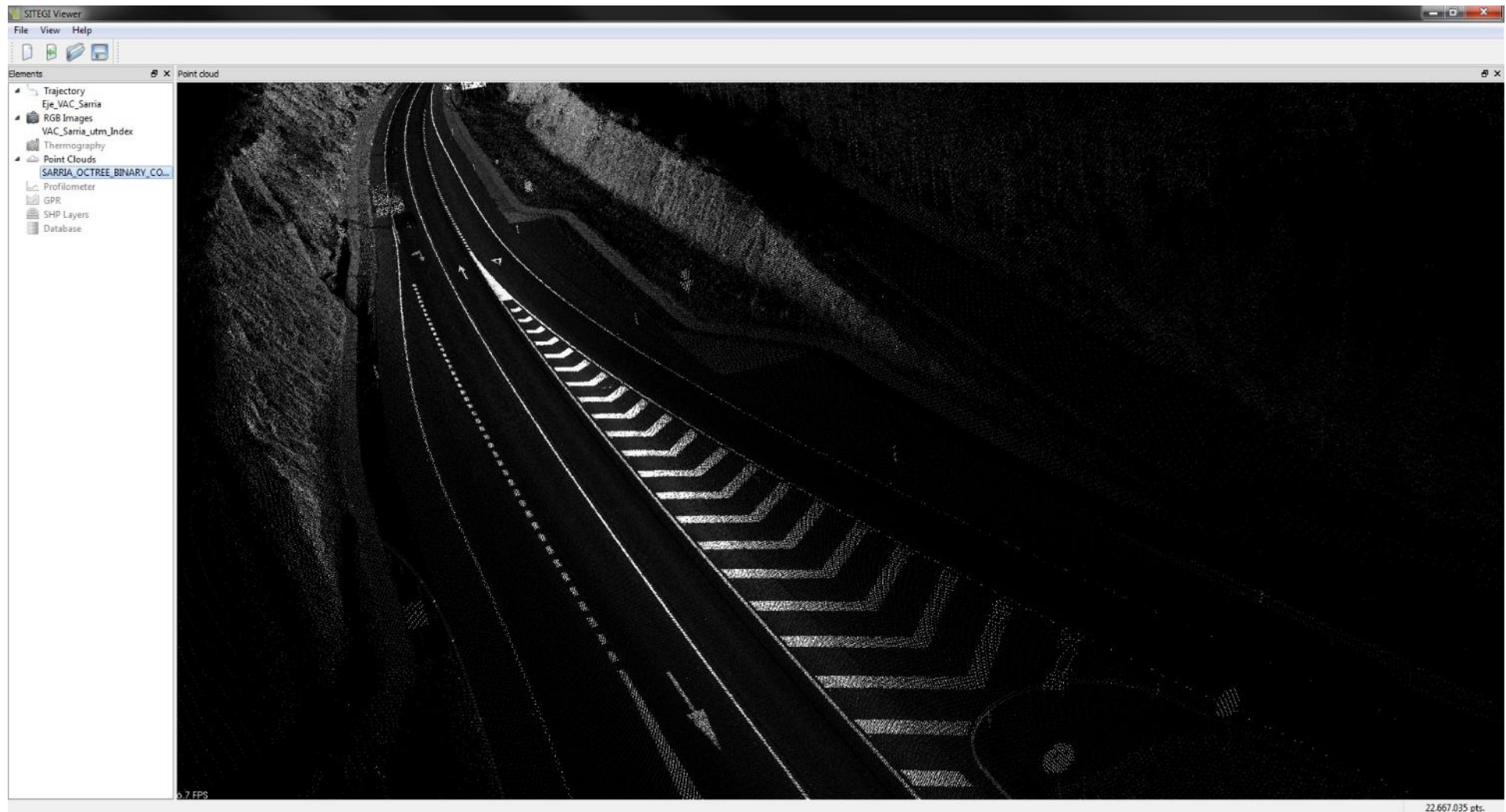
manufacturer: Iberseñal S.A.

Geometry

Inventory

Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE
MSManager



Sistemas LiDAR y MMS

GESTIÓN INFORMACIÓN. SOFTWARE

MSManager

Características del software MSM

Framework QT, sobre C++

Librerías PCL manejo NdP, desarrollo formato propio PCD con estructura en “octrees”

Para visualización de NdP, “OSG”

Sistema Gestión Bases de Datos (SGBD), PostgreSQL + PostGIS (información vectorial).

Gestión de información con diferentes niveles de acceso, definición grupos usuarios, generación informes, filtrados datos, etc.

SIG + Visor 2D-3D + Panorámicas 360º



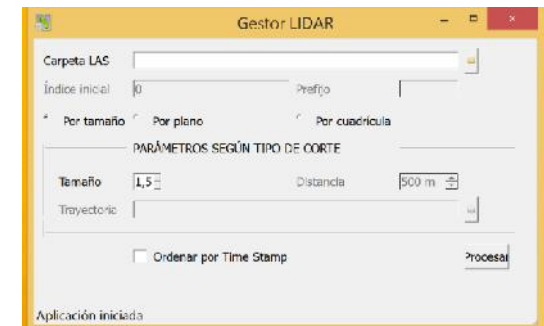
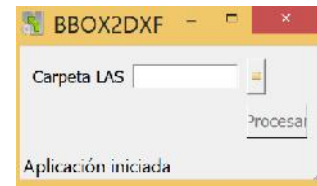
Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Geoprocesos básicos

SOBRE NdP:

1. Generación de trayectorias
2. Corte de nubes de puntos
 - a. Corte por tamaño archivos
 - b. Corte por planos
 - c. Corte por cuadrícula
3. Ajuste de NdP a partir de puntos de control
4. Cálculo de “bounding box” para carpetas de NdP
5. Sobre NdP en CAD, determinación y carga de imagen mas próxima



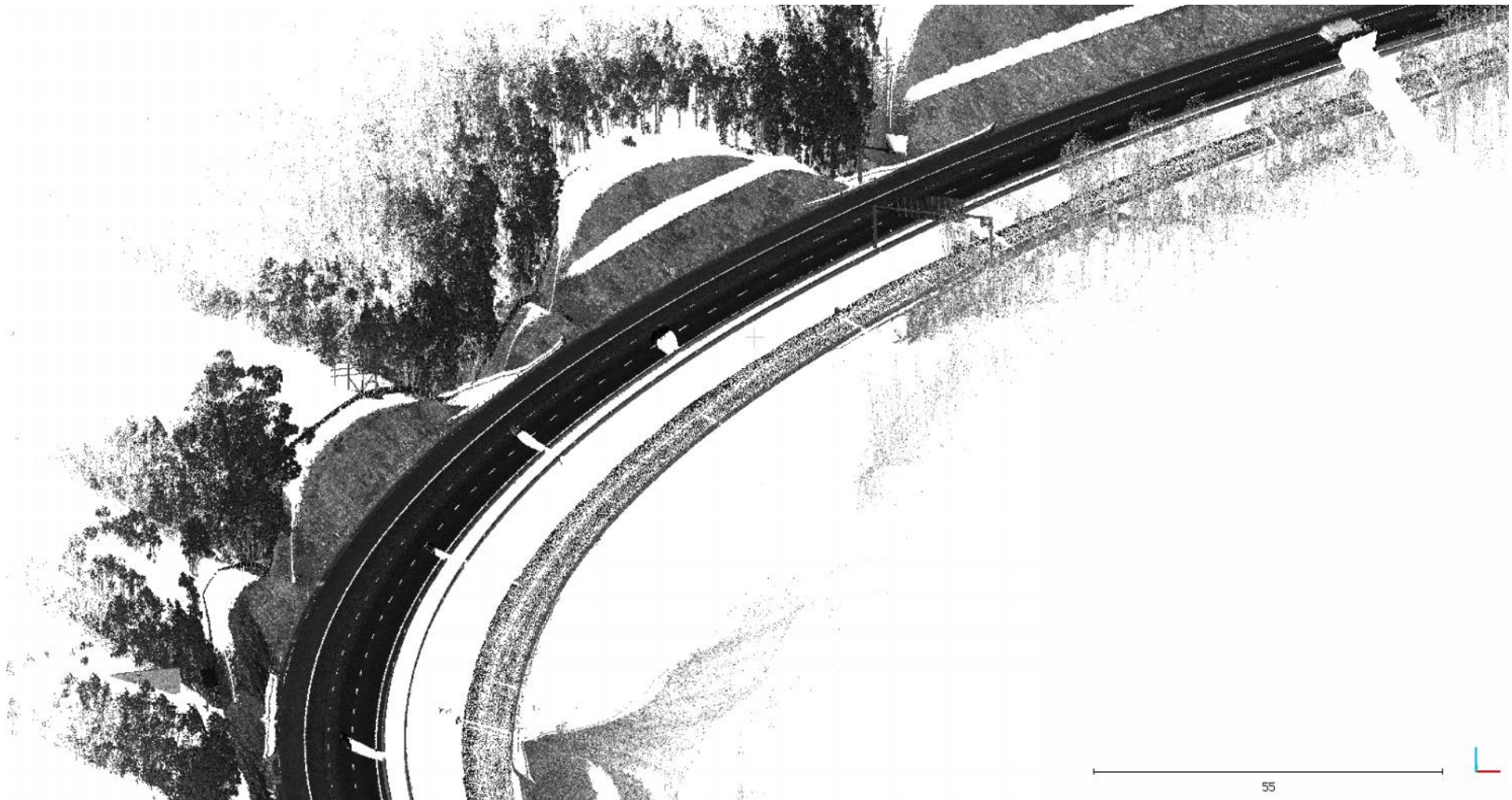
SOBRE CAPAS “shp”:

1. A partir de datos delineados (líneas carretera, ejes, bordes, etc), corte por distancias predefinidas
2. Cálculo de superficies y perímetros a partir de datos delineados automáticamente

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

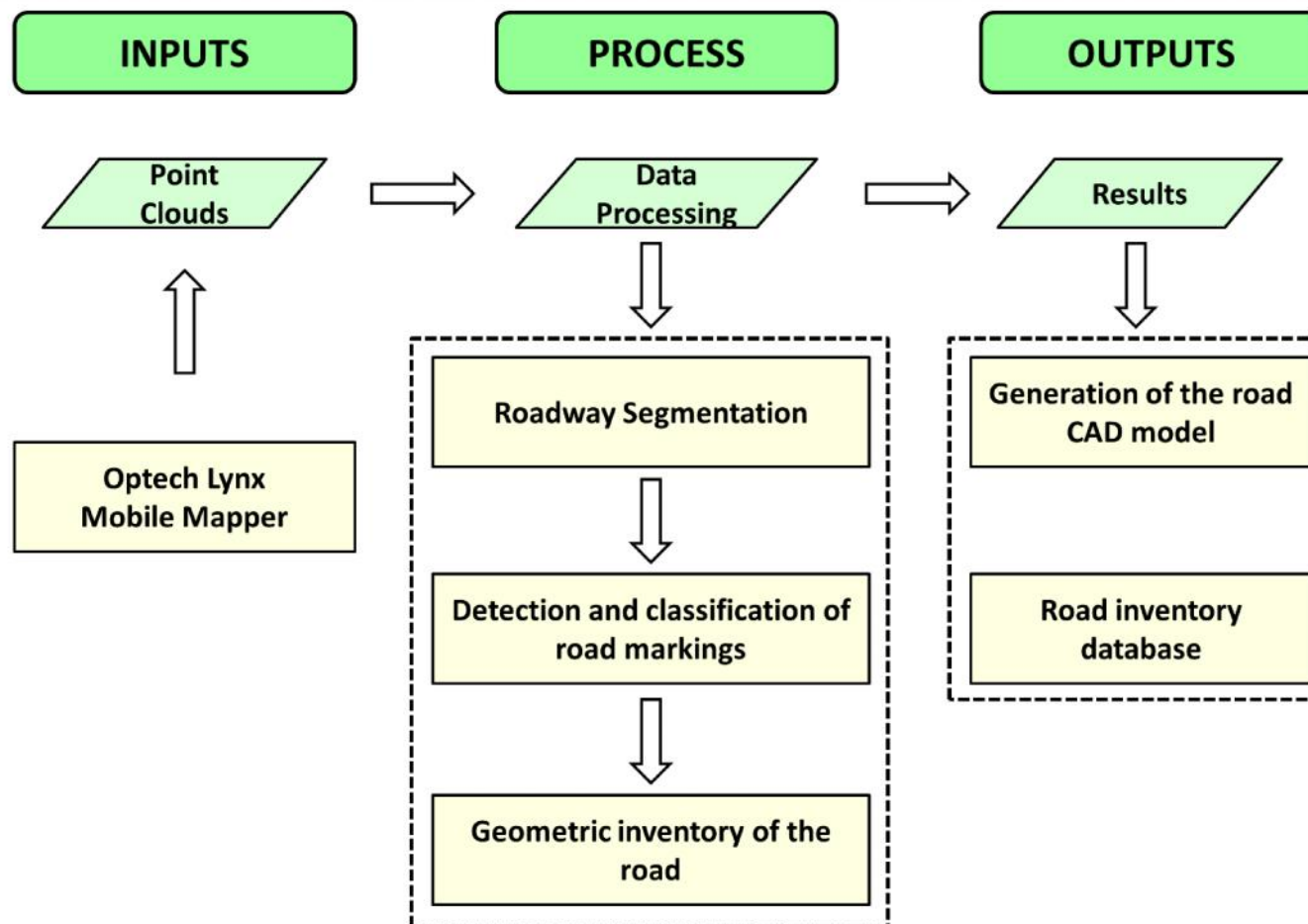
Inventario geomátrico automatizado de carreteras



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Inventario geométrico automatizado de carreteras



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Inventario geomático automatizado de carreteras



PCA, técnica estadística de síntesis de información o reducción de dimensión. Se consigue que un conjunto de datos con muchas variables se reduzca a otro conjunto con menor número de variables, perdiendo la menor cantidad de información posible (Jolliffe, 2002)

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Inventario geomático automatizado de carreteras

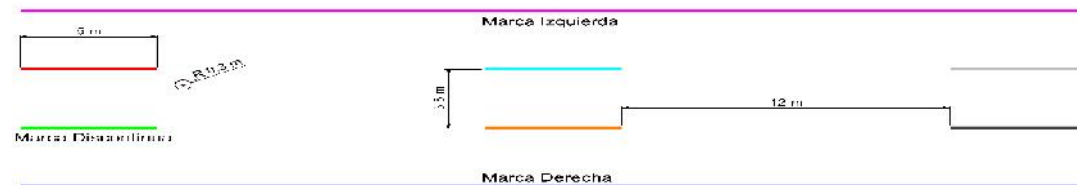
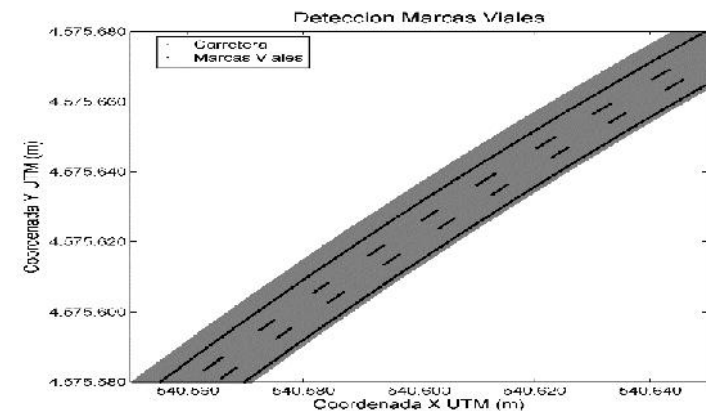
PROCESS

Detection and
classification of
road markings

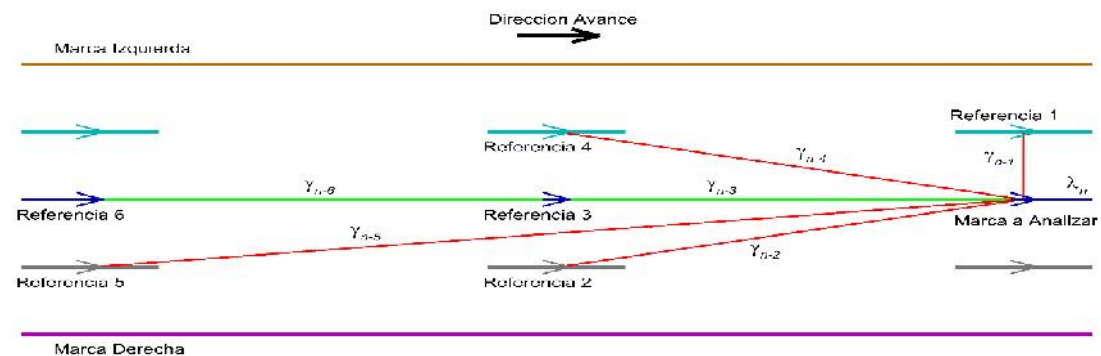
Detection of road markings by
intensity

Classification of points by
distance

Clustering of centre line
markings



1ª codificación automática de las marcas viales junto con las dimensiones de las marcas para el caso de una autovía

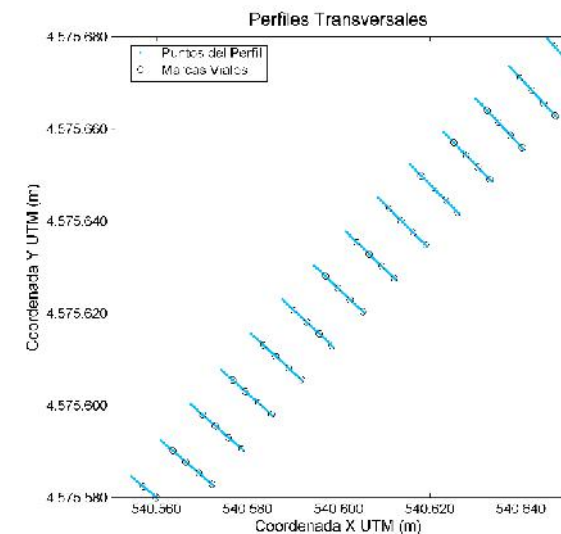
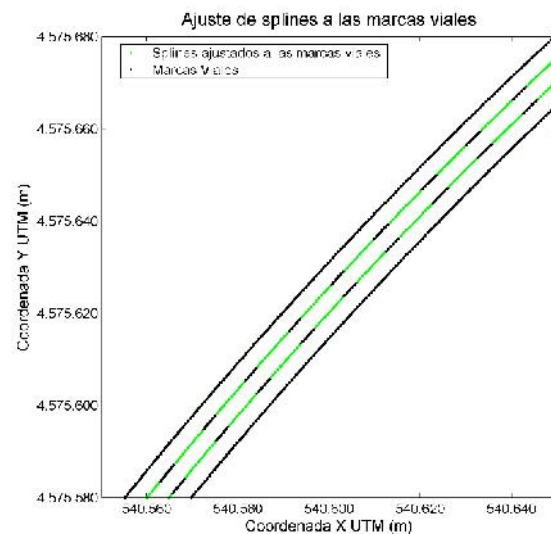
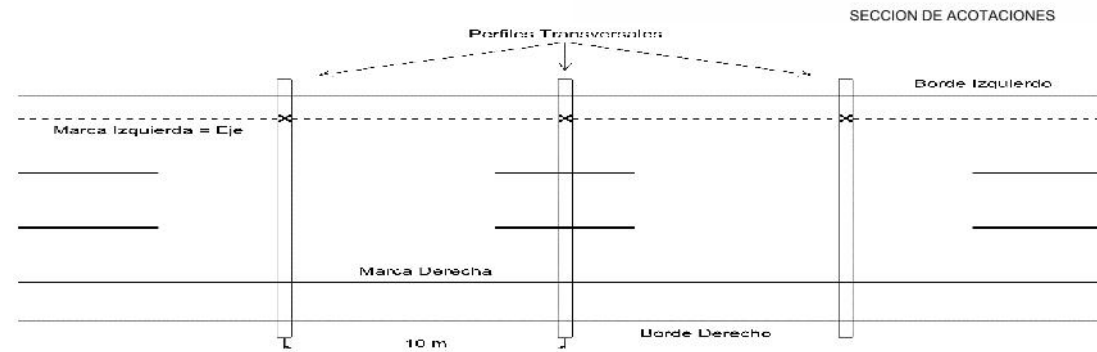
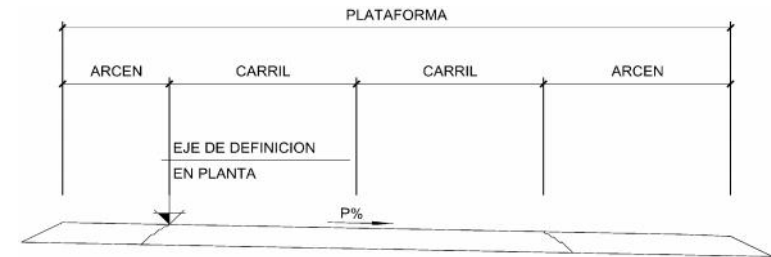
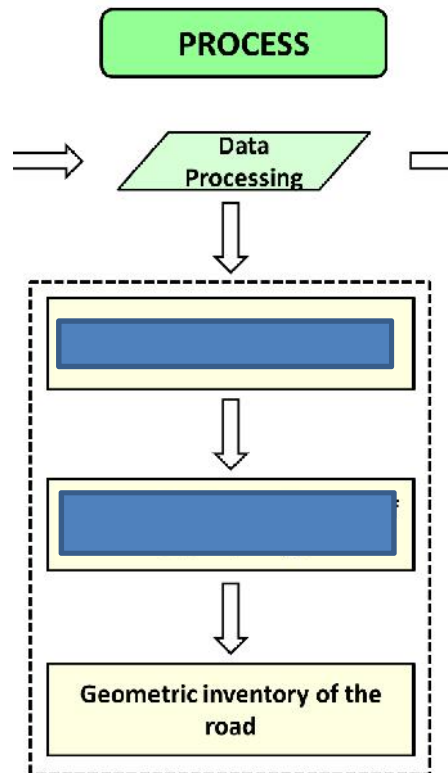


2ª detección y clasificación de marcas viales discontinuas basada en análisis de variación en dirección acimutal entre marcas discontinuas

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Inventario geomático automatizado de carreteras



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

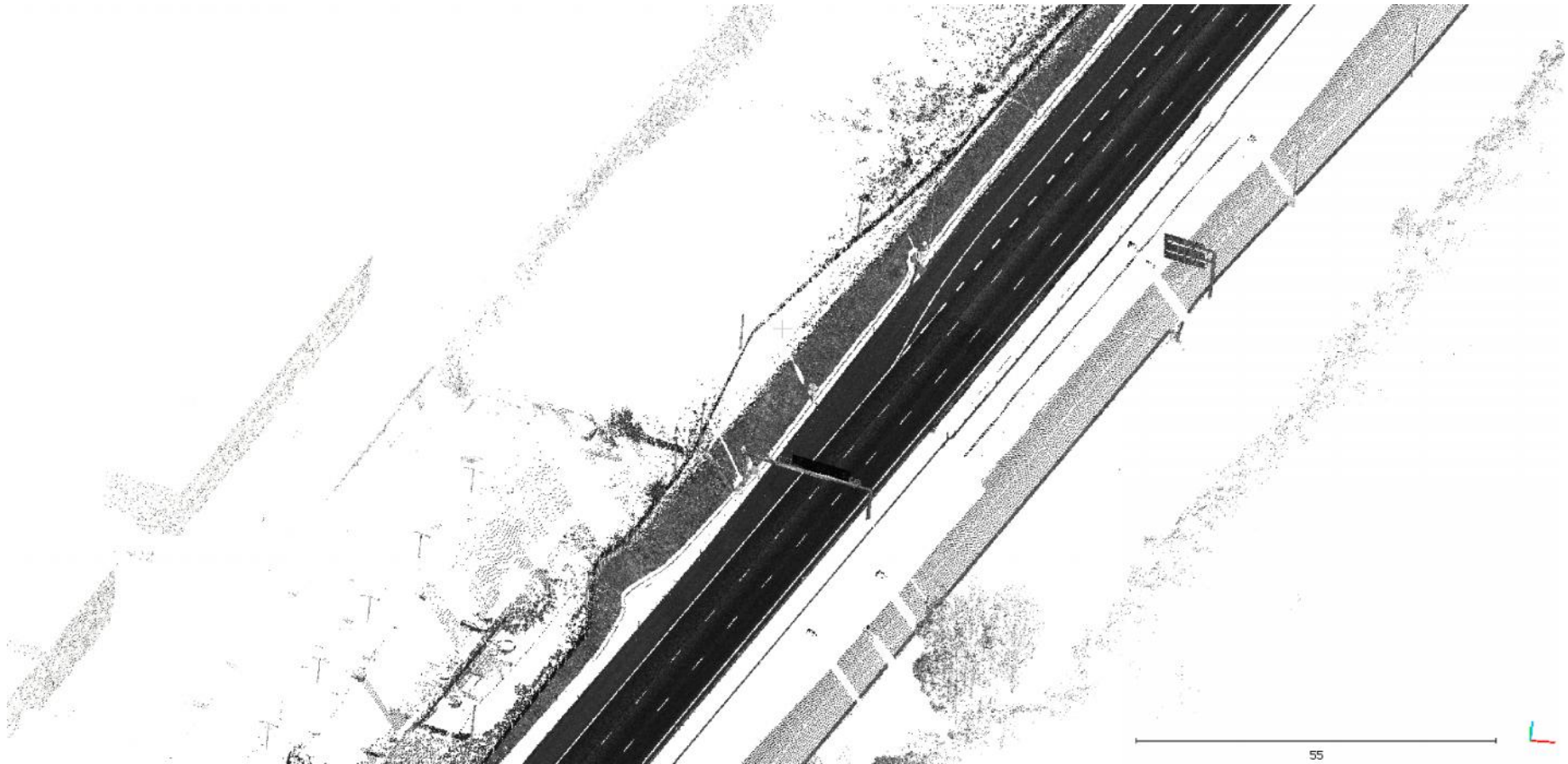
Inventario geomátrico automatizado de carreteras

PK's	Nº Carriles	Peralte %	Ancho Plataforma (m)	Arcén Derecho (m)	Arcén Izquierdo (m)	Ancho Carril 1 (m)	Ancho Carril 2 (m)	Ancho Carril 3 (m)
100	3	-2.65	15.29	3.50	0.51	3.76	3.75	3.77
200	3	-6.15	15.34	3.55	0.54	3.73	3.75	3.76
300	3	-6.18	15.21	3.51	0.42	3.73	3.76	3.78
400	3	-6.05	15.37	3.43	0.67	3.75	3.74	3.80
500	3	-6.04	11.07	3.54	3.77	3.74	3.75	3.82
600	3	-6.10	15.53	3.56	0.70	3.73	3.74	3.80
700	3	-6.11	15.41	3.51	0.65	3.74	3.70	3.81
800	3	-5.95	15.37	3.49	0.61	3.74	3.75	3.79
900	3	-5.94	15.36	3.51	0.58	3.74	3.71	3.81
1000	3	-6.01	15.27	3.63	0.37	3.74	3.72	3.81
1100	3	-5.93	15.29	3.50	0.51	3.75	3.70	3.82
1200	3	-6.11	14.08	2.33	0.51	3.73	3.70	3.82
1300	3	-5.95	15.14	3.38	0.45	3.78	3.66	3.86
1400	3	-1.80	15.26	3.34	0.54	3.79	3.73	3.86
1500	3	6.02	15.47	3.69	0.42	3.80	3.72	3.85
1600	3	6.98	15.32	3.60	0.42	3.78	3.70	3.83
1700	3	6.99	15.40	3.71	0.40	3.76	3.72	3.81
1800	3	6.95	15.40	3.72	0.38	3.74	3.72	3.83
1900	3	6.81	15.50	3.70	0.52	3.77	3.72	3.80
2000	3	6.89	15.44	3.69	0.46	3.76	3.72	3.80
2100	3	6.84	15.35	3.59	0.48	3.74	3.70	3.84
2200	3	6.90	9.58	3.64	5.32	3.75	3.70	3.80
2300	3	6.87	15.33	3.59	0.45	3.78	3.74	3.78
2400	3	7.01	15.14	3.51	0.36	3.77	3.68	3.82
2500	3	2.76	14.98	3.36	0.19	3.93	3.71	3.80

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Inventario geomátrico automatizado de carreteras

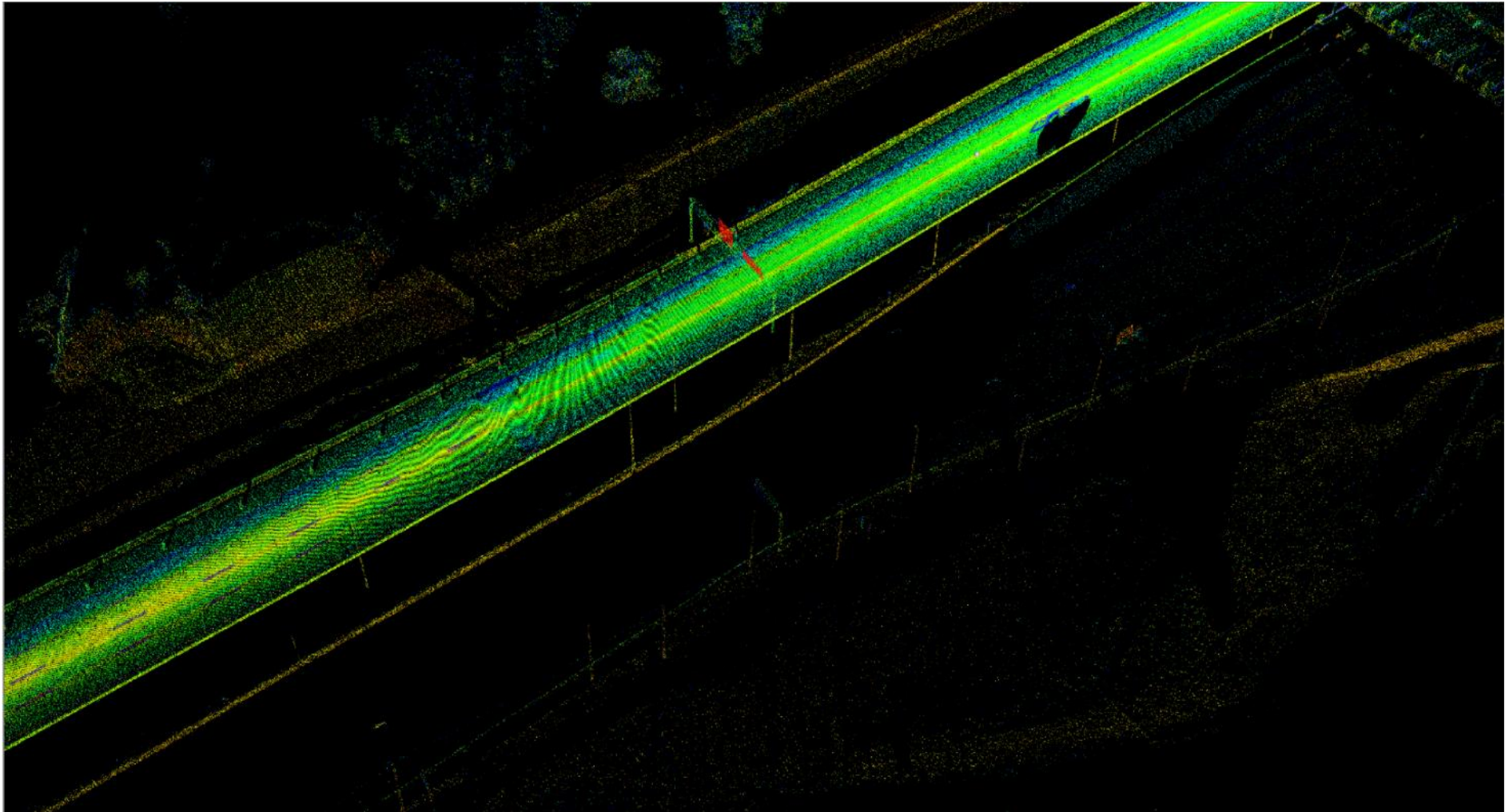


Caso de estudio desfavorable: con variación del número de carriles

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

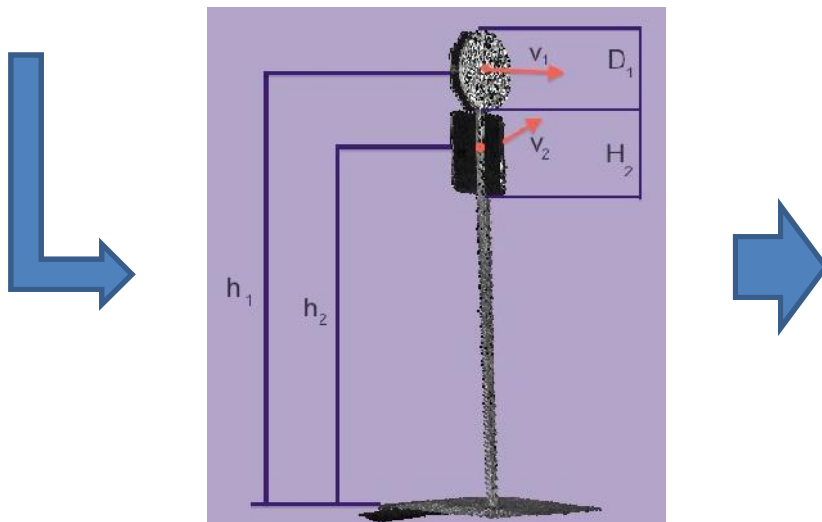
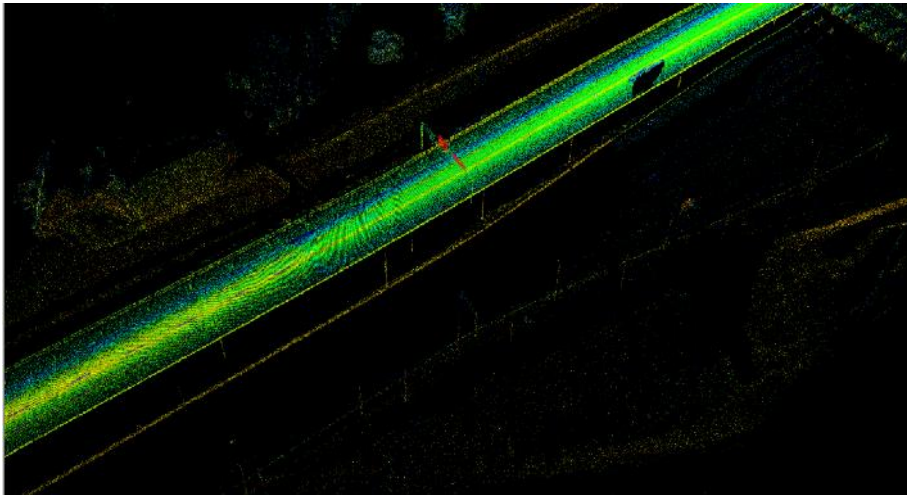
Detección y caracterización de señalización vertical



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

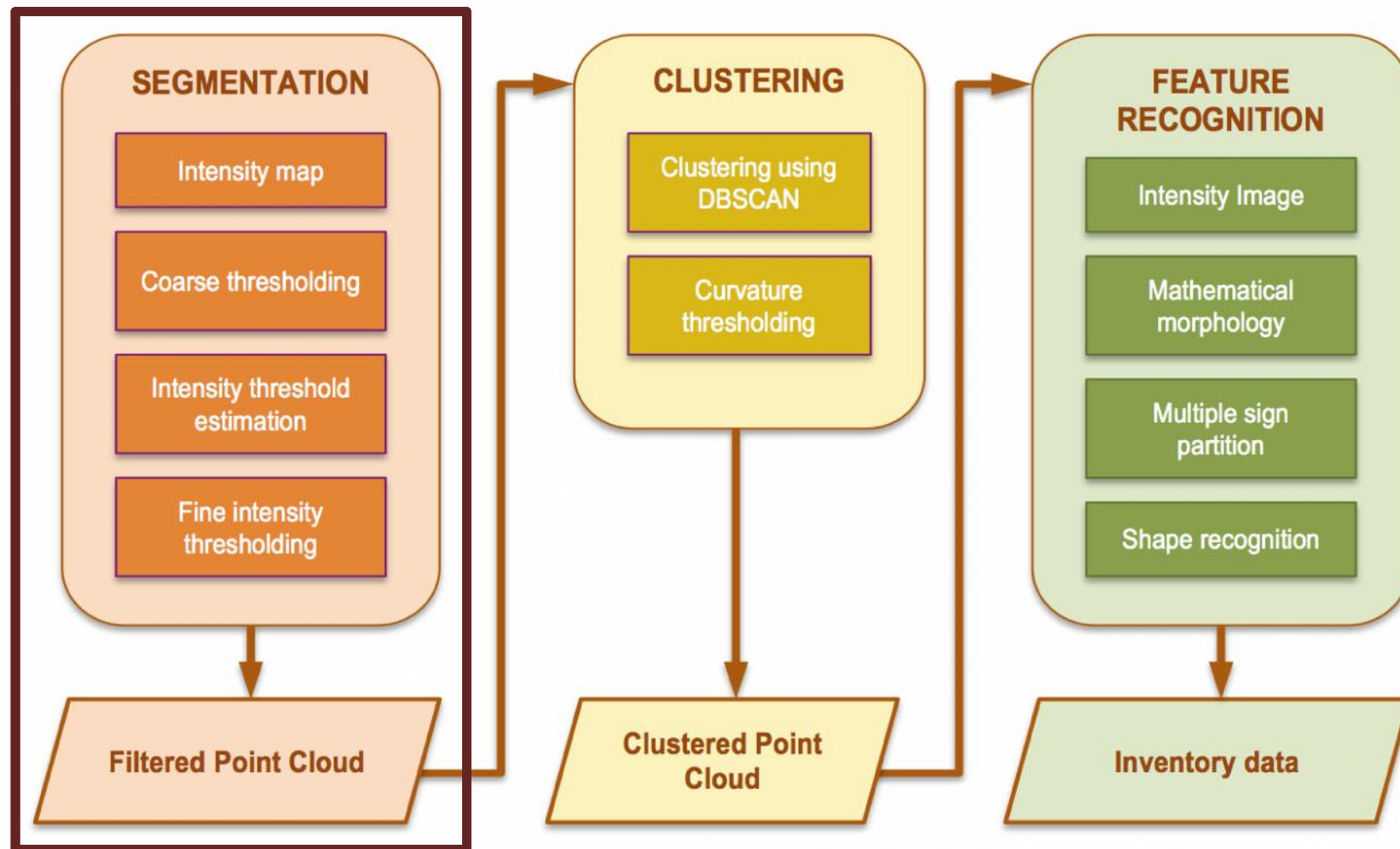
Detección y caracterización de señalización vertical



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

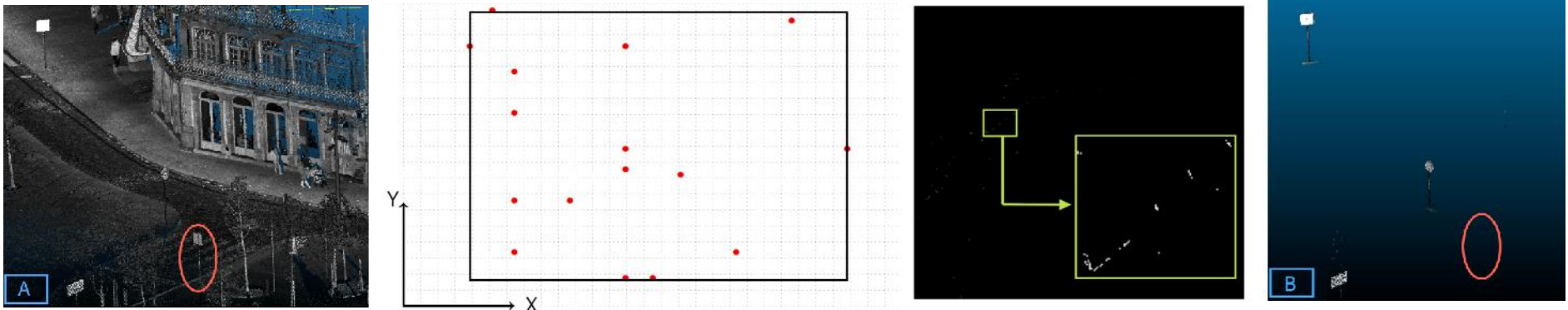


Sistemas LiDAR y MMS

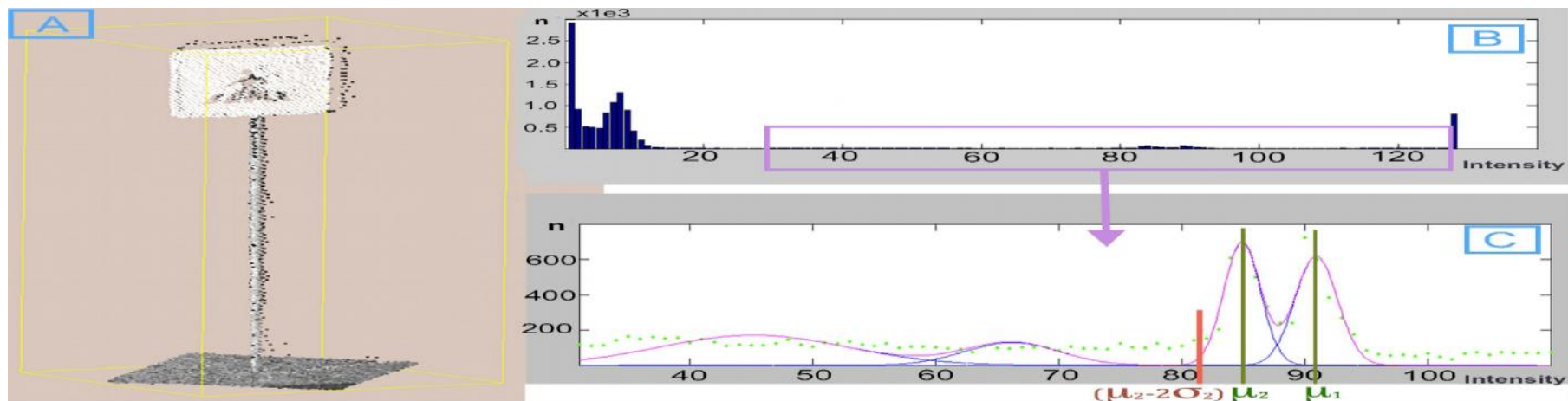
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

SEGMENTACIÓN GROSERA



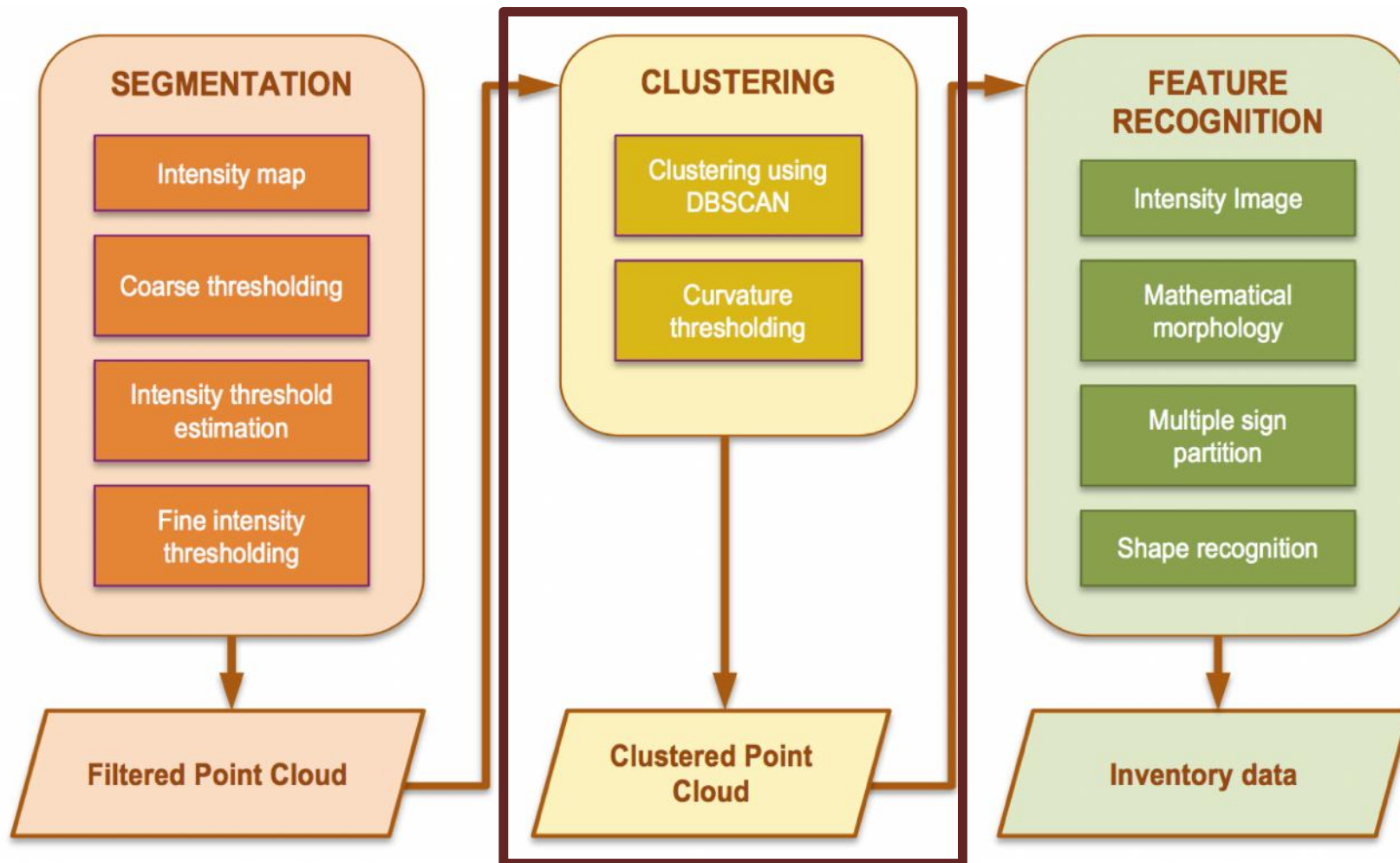
SEGMENTACIÓN OPTIMIZADA



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

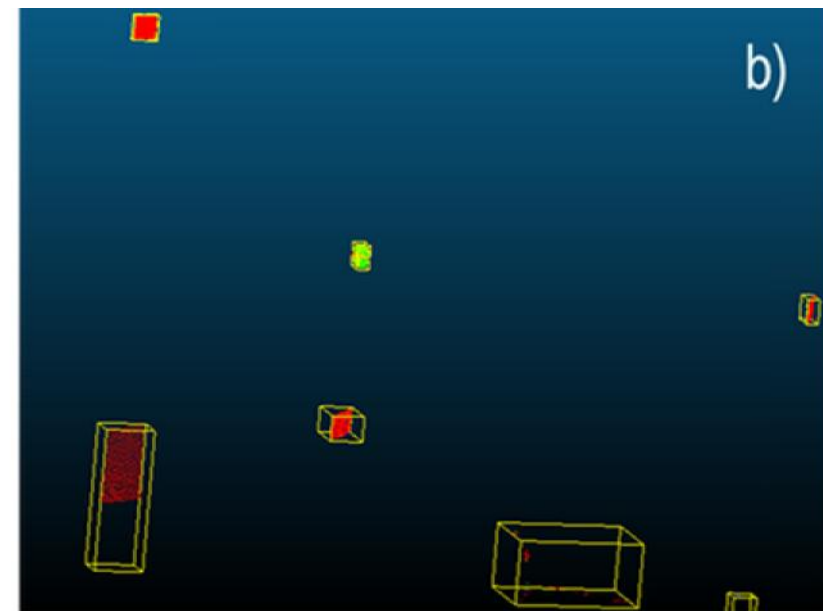
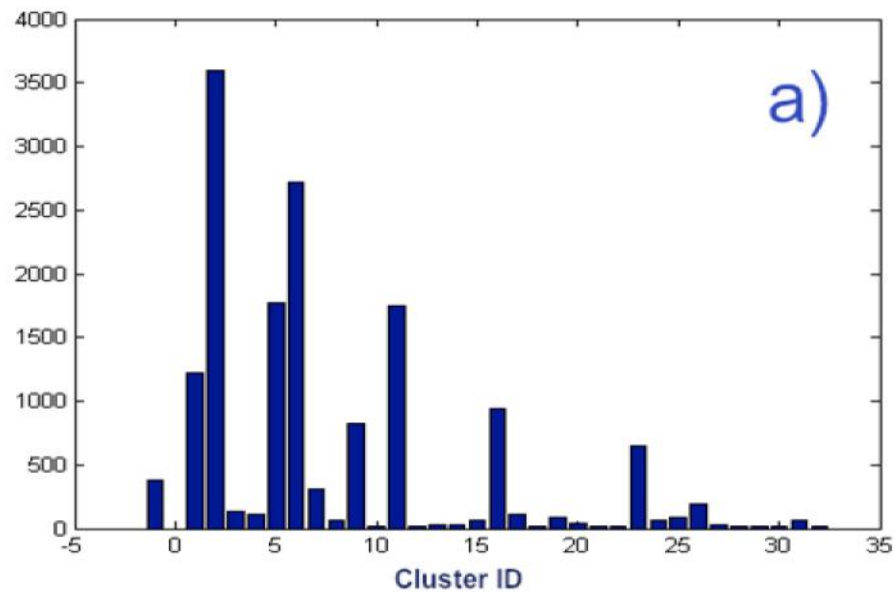


Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

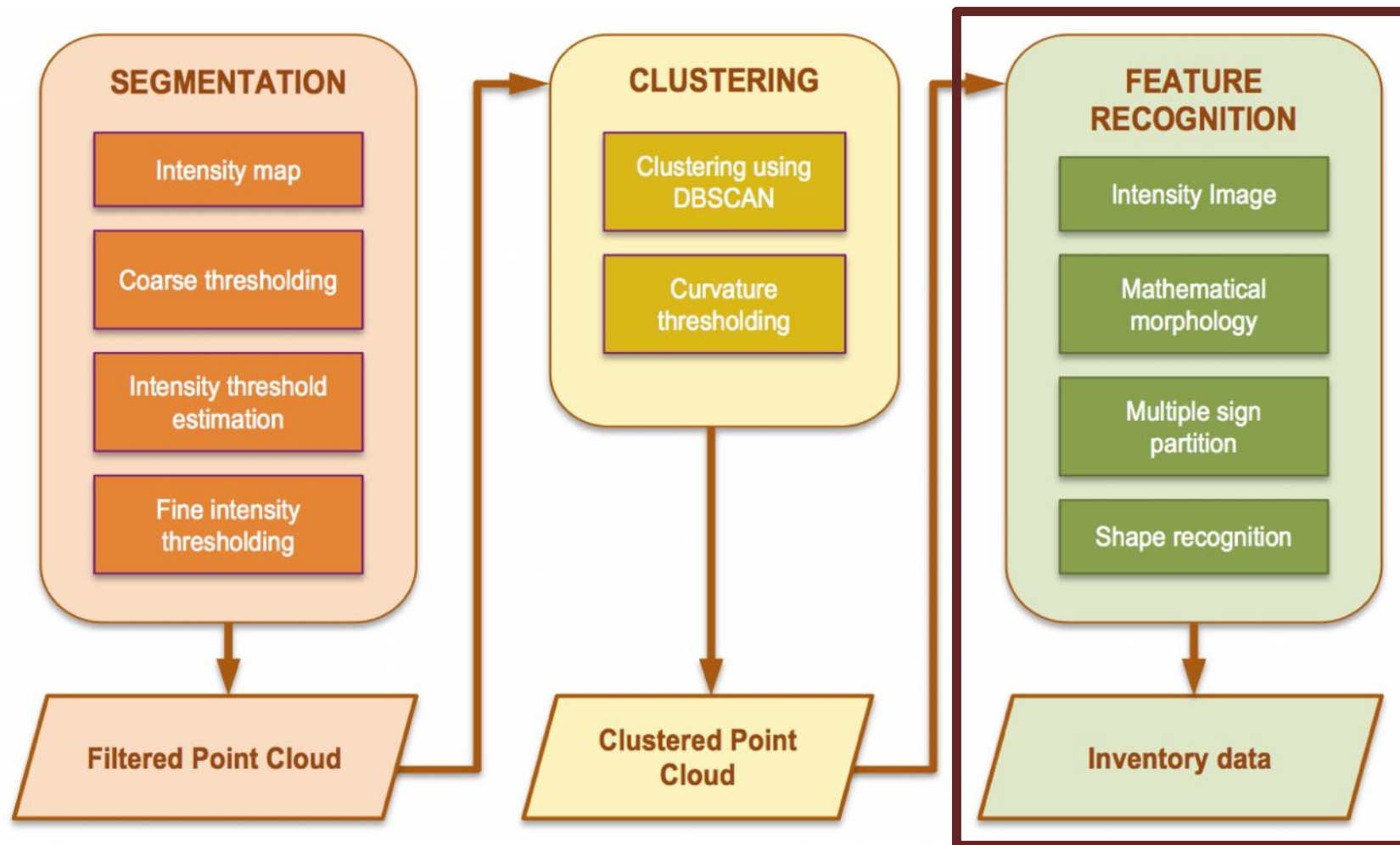
CLUSTERING Y FILTRADO: DBSCAN Y PCA



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

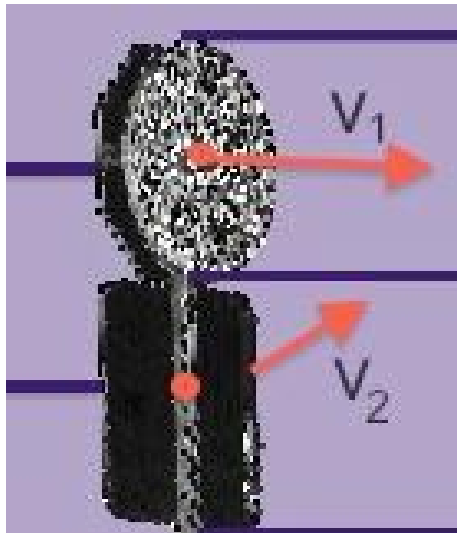


Sistemas LiDAR y MMS

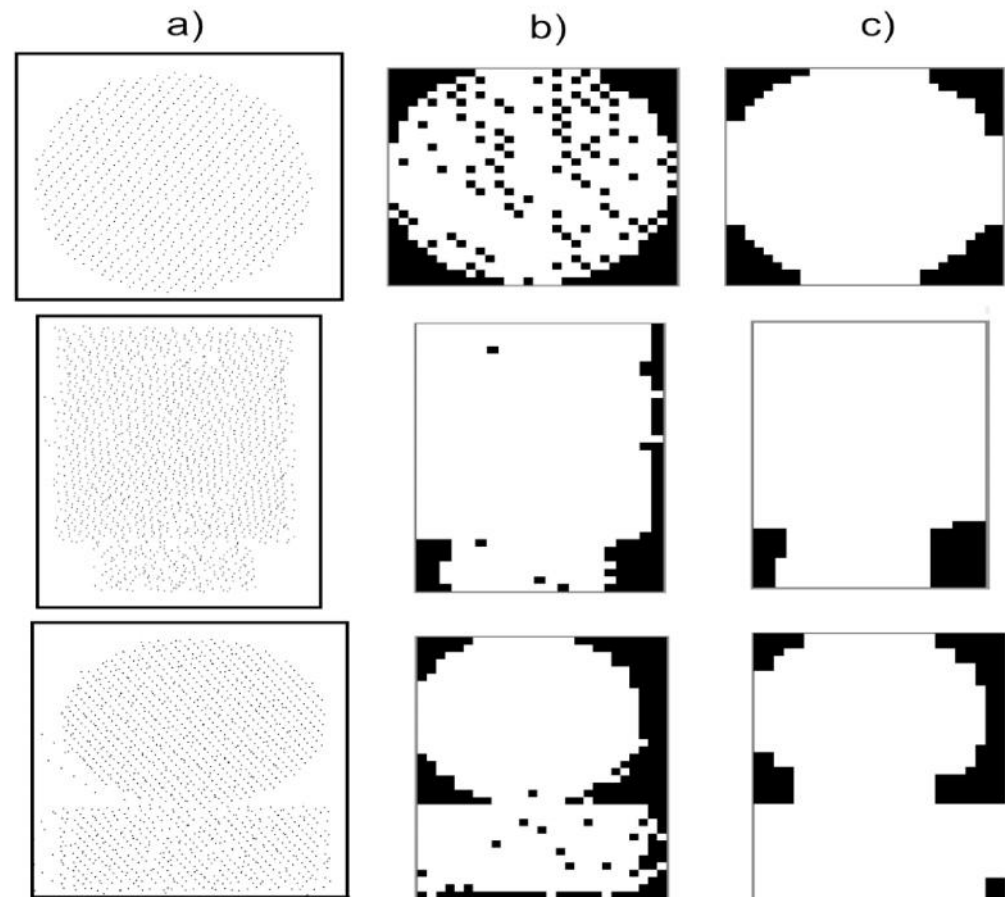
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

RECONOCIMIENTO DE FORMAS



Plano de proyección

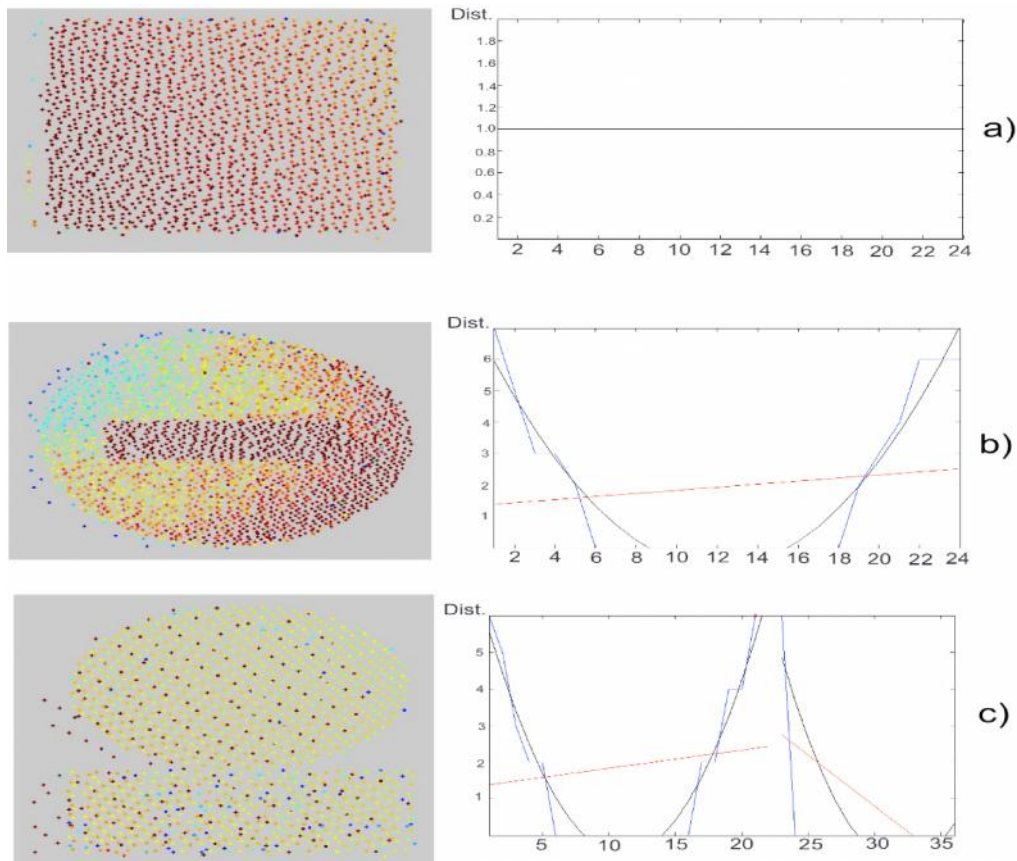


Sistemas LiDAR y MMS

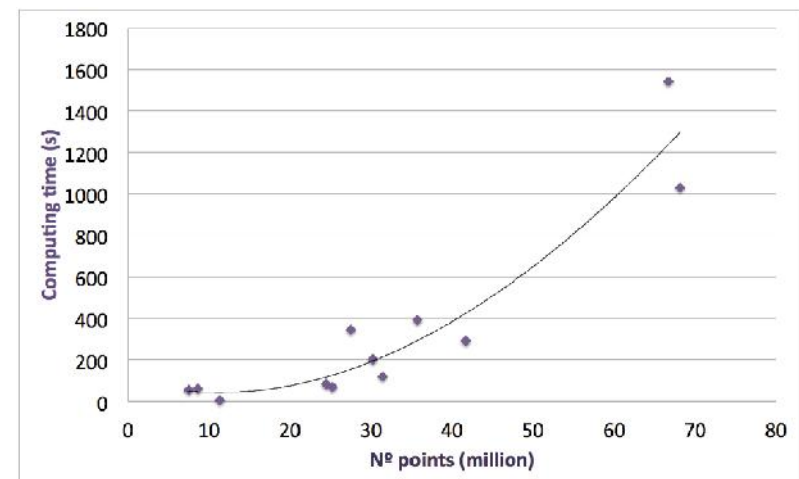
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

RECOÑECIMIENTO DE FORMA: DISTANCIAS POR UN LADO E MODELO DE REGRESIÓN LINEAL



Entorno	Completeness (%)	Correctness (%)
Urbano	81,.9	79,4
Carretera	80.2	79,4



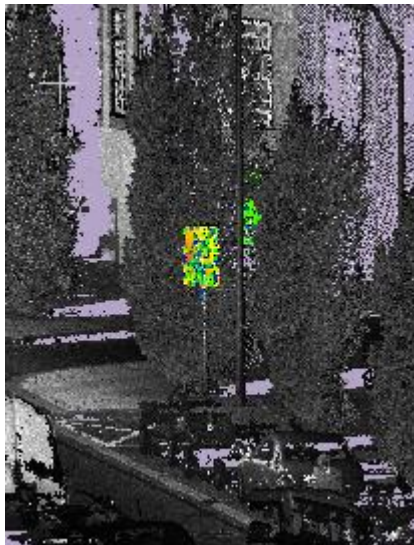
Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

- Señales segmentadas de NdP 3D
- Integración entre NdP 3D e imágenes 2D
- Mayor número de clases en esta primera etapa
- NdP diferencia forma geométrica, pero no semántica
- Las imágenes son necesarias para añadir semántica



Referenciación de las imágenes:

- ✓ *Coordenadas centroide de señal (X,Y,Z)*
- ✓ *Coordenadas centro proyección cámara*
- ✓ *Parámetros intrínsecos cámaras*
- ✓ *Time Stamp*



+ Ec. Colinealidad



Sistemas LiDAR y MMS

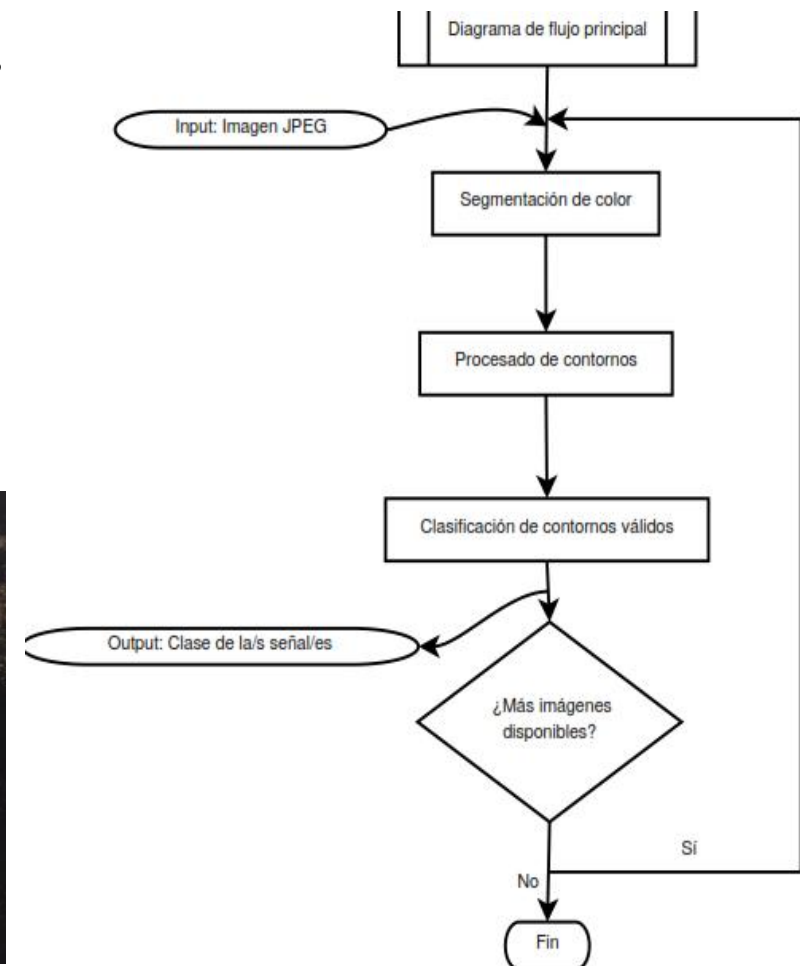
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Tipos de señales: *prohibición, peligro, obligación e indicación*

- Input: Imágenes que contienen señales de tráfico en formato JPEG. Coordenadas imagen del centroide de la señal.
- Output (objetivo): Clasificación automática de las señales de tráfico.



Sistemas LiDAR y MMS

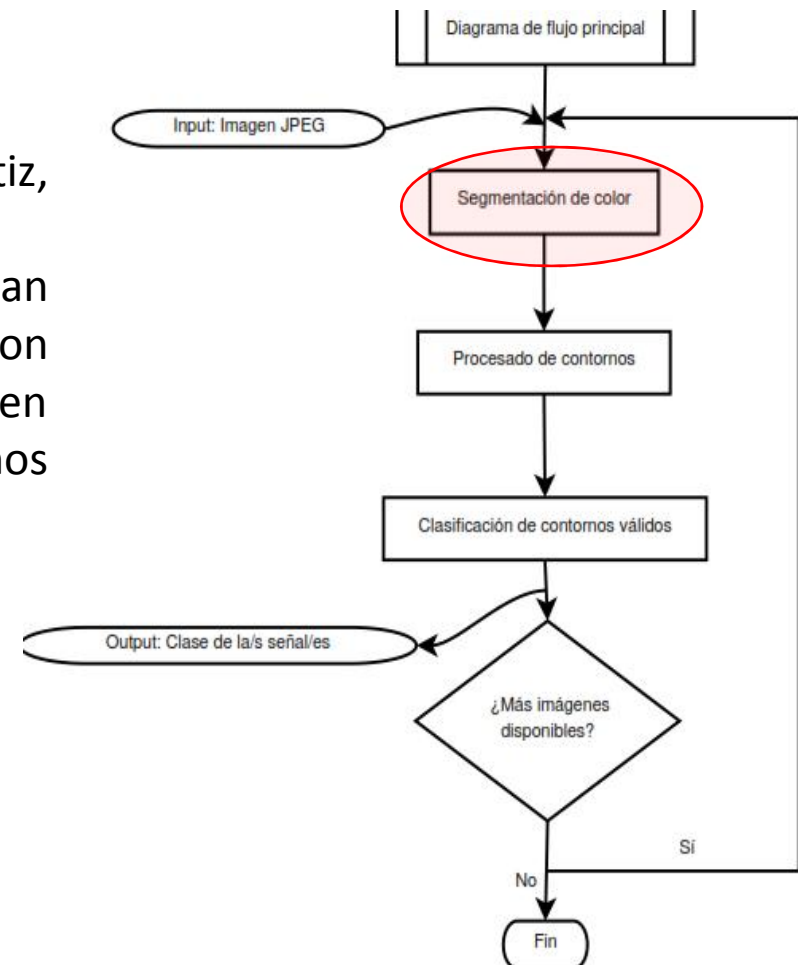
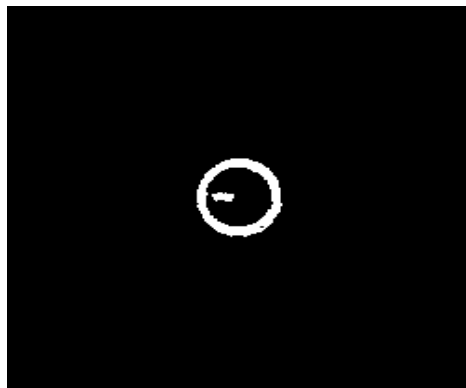
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Segmentación de color

- Conversión a espacio de color HLS (Matiz, Luminosidad, Saturación)
- Búsqueda de píxeles cuyos valores se correspondan con los colores buscados (azul, rojo). Thresholds con valores locales en función de la luminosidad de imagen
- Post-procesado: Eliminación de ruidos o pequeños objetos segmentados.



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

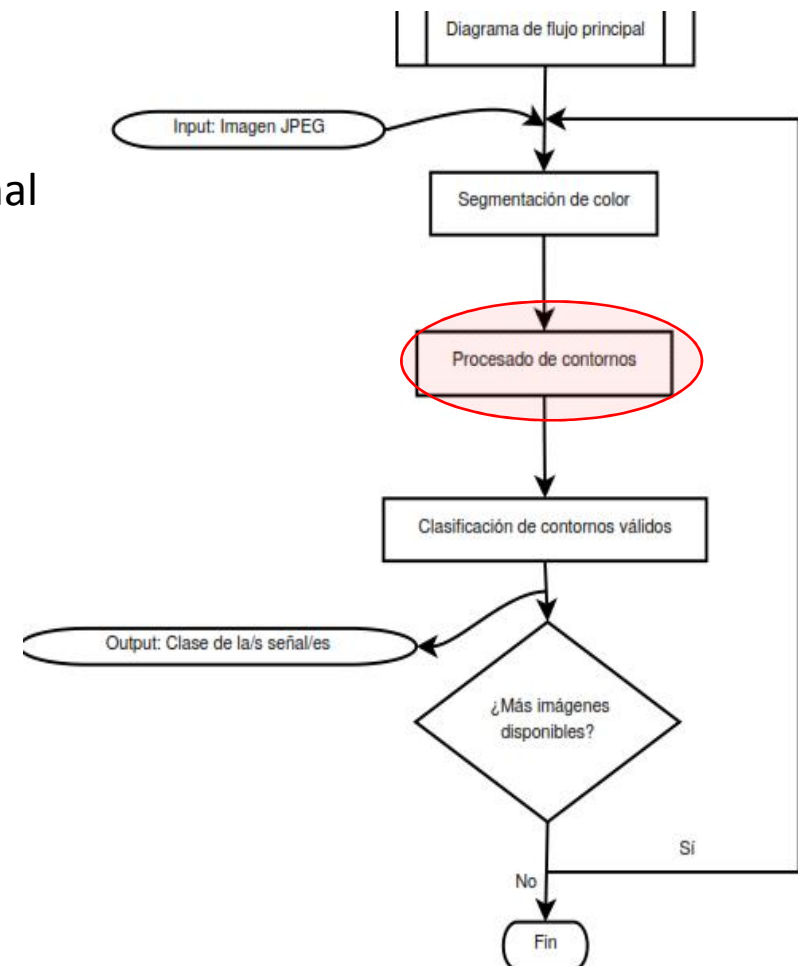
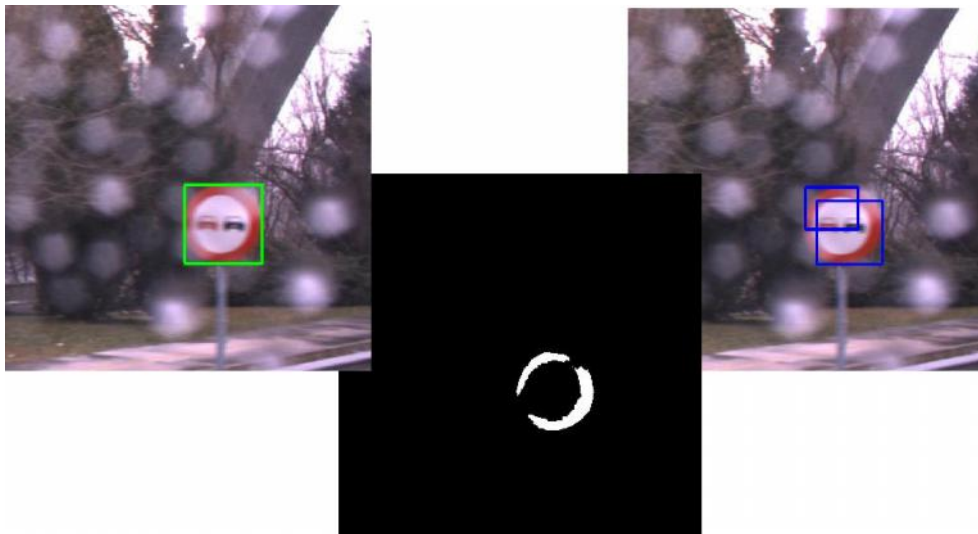
Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Procesado de contornos

Unión contornos susceptibles de pertenecer misma señal

- Regiones de interés se superponen
- Regiones de interés son 'paralelas' y tamaño similar



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

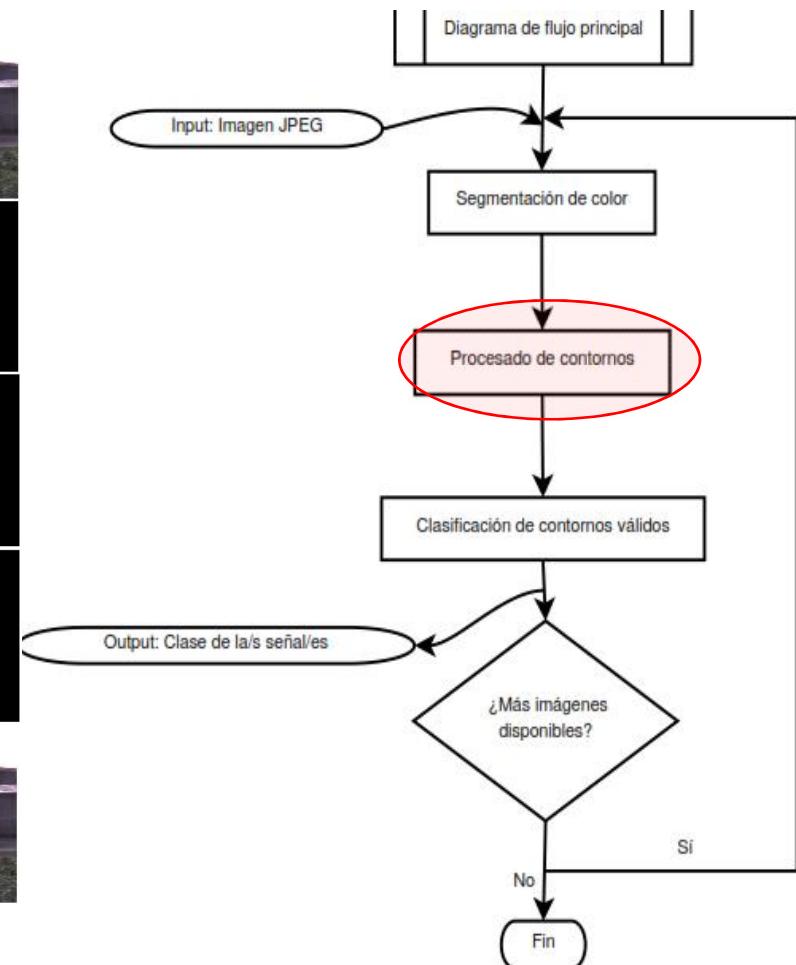
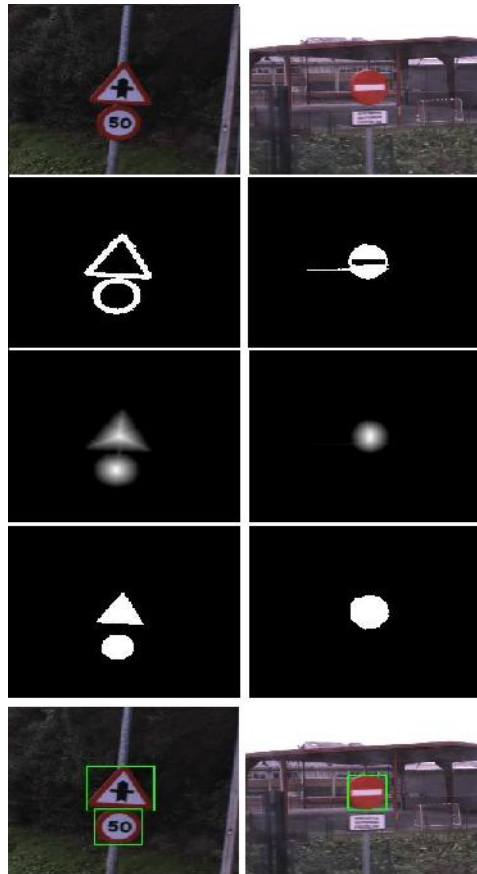
DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Separación de contornos

- Dos o más señales en la misma vertical
- Señal junto a elemento de fondo con mismo color



Algoritmo tipo *watershed* sobre imagen, para separar contornos y obtener señales de forma individual o sin ruido



Sistemas LiDAR y MMS

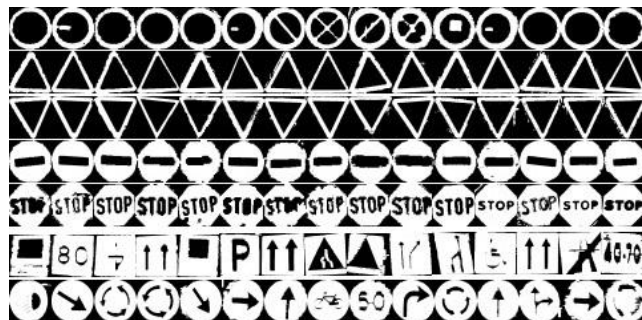
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Clasificación de contornos válidos

Support Vector Machines (SVM) para clasificación



Clase 0
Clase 1
Clase 2
Clase 3
Clase 4
Clase 7
Clase 8



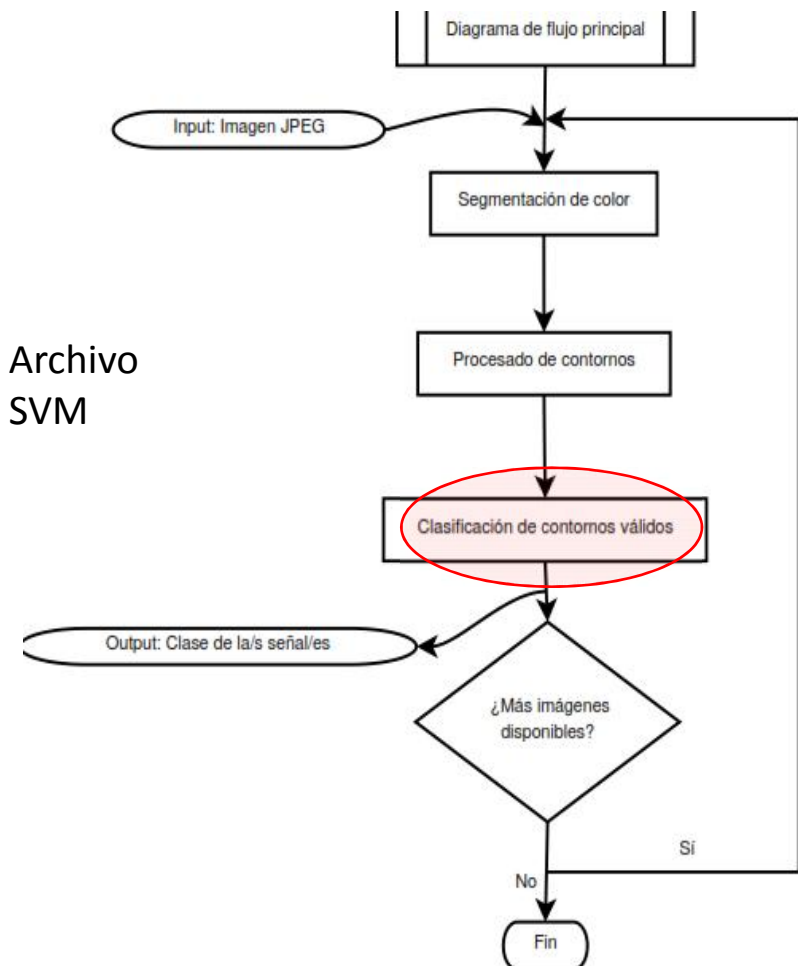
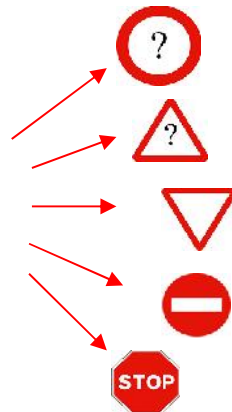
Archivo SVM



Nueva Imagen



Archivo SVM



Sistemas LiDAR y MMS

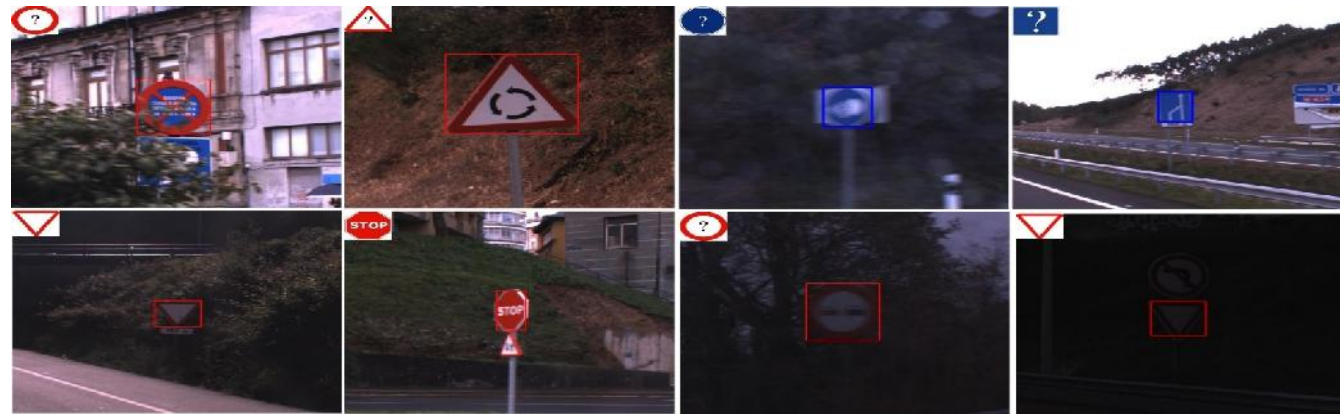
GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Detección y caracterización de señalización vertical

DETECCIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO EN IMÁGENES TOMADAS POR MMS

Resultados

Algoritmo utilizado en
más de 1500 imágenes



Conjunto nº1	nº imágenes	%Detección	%Detección correcta
Conjunto completo	1506	97.3 %	93.2 %
Elevada L	88	97.7 %	96.6 %
Baja L	601	97.3 %	92.3 %
Entorno urbano	613	96.1 %	90.8 %
Entorno interurbano	892	97.6 %	94.2 %

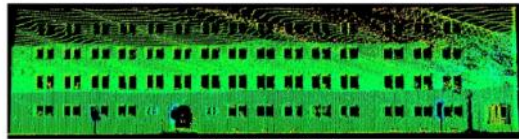
% Detección, imágenes donde se ha detectado algún contorno que correspondía con señal, independientemente de si se clasifica correctamente o no

% Detección correcta, imágenes donde tanto contorno como clasificación de señales son correctos

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

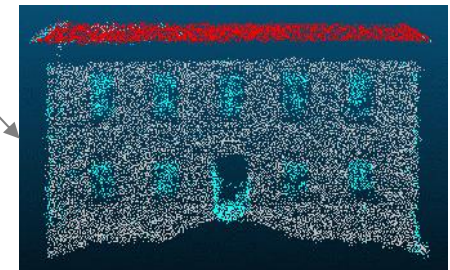
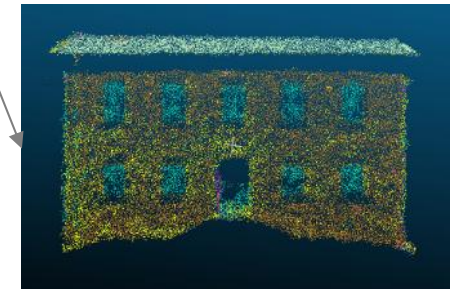
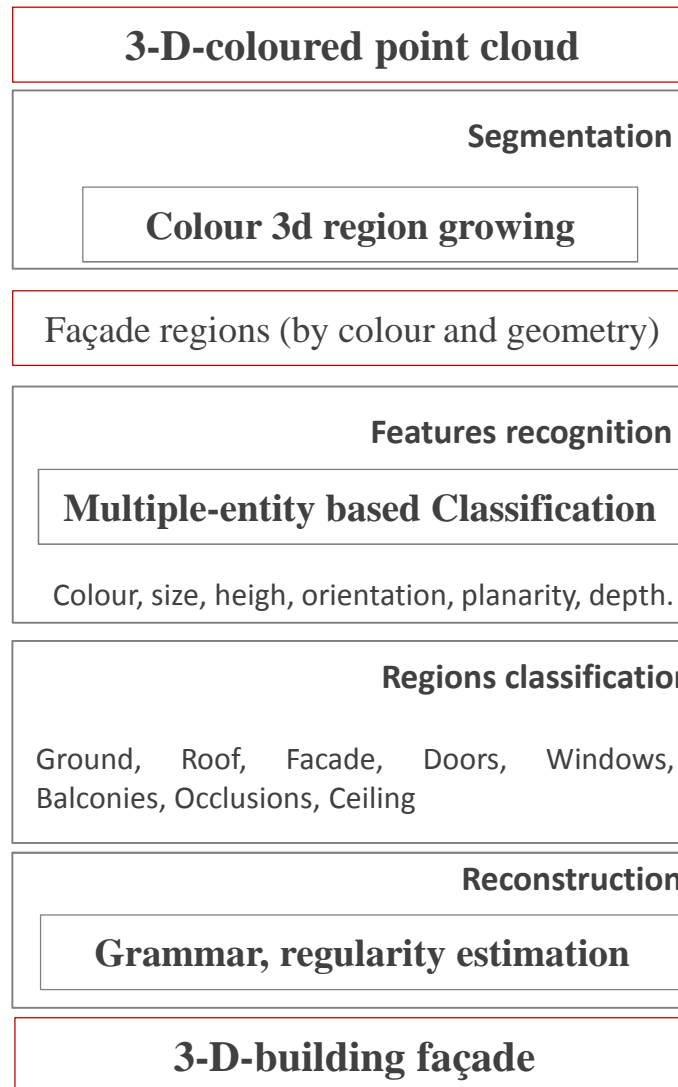
Modelado de fachadas



(a) LiDAR point cloud



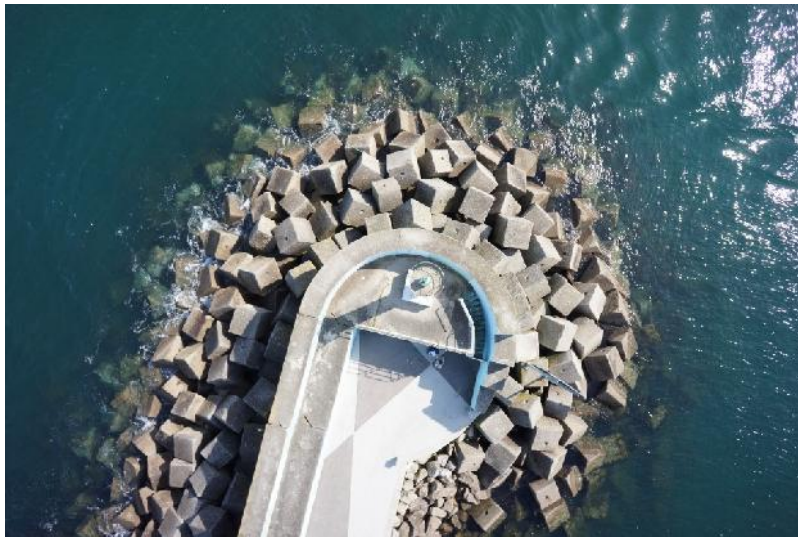
(b) 3D façade model after data-driven reconstruction



Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas



Posible solución:

- Reconstruir un modelo simplificado y analizar los movimientos y desplazamientos de los bloques
- Reconstrucción a partir de una nube de puntos el modelo

Posibles usos:

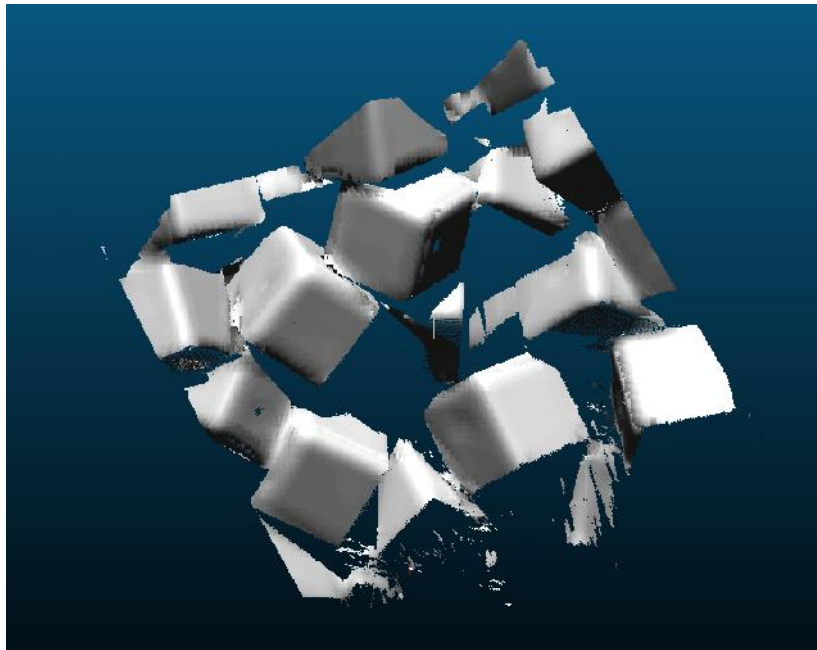
Análisis de la estructura para detectar problemas estructurales no visibles a simple vista



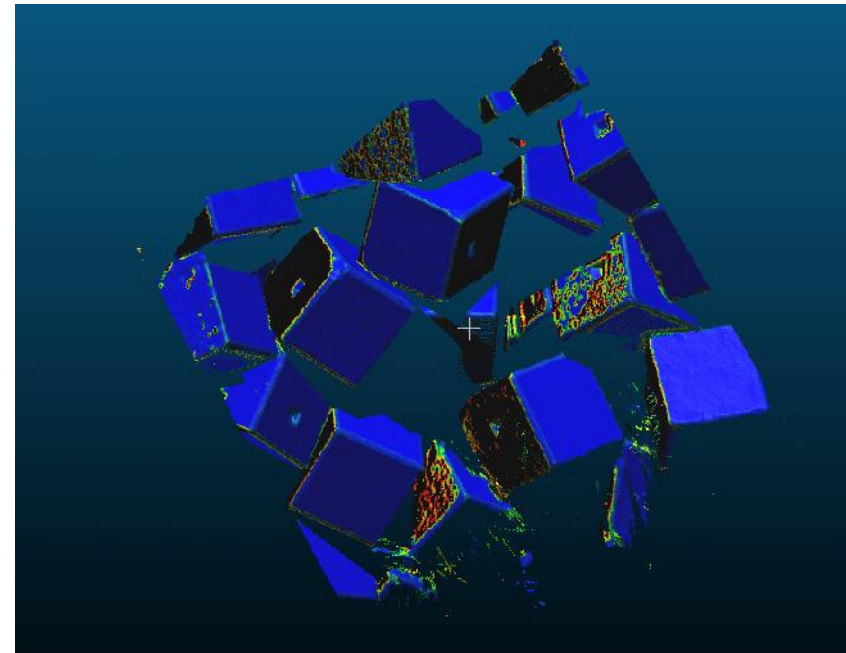
Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas



Calcular normales de cada punto con sus K-NN usando PCA

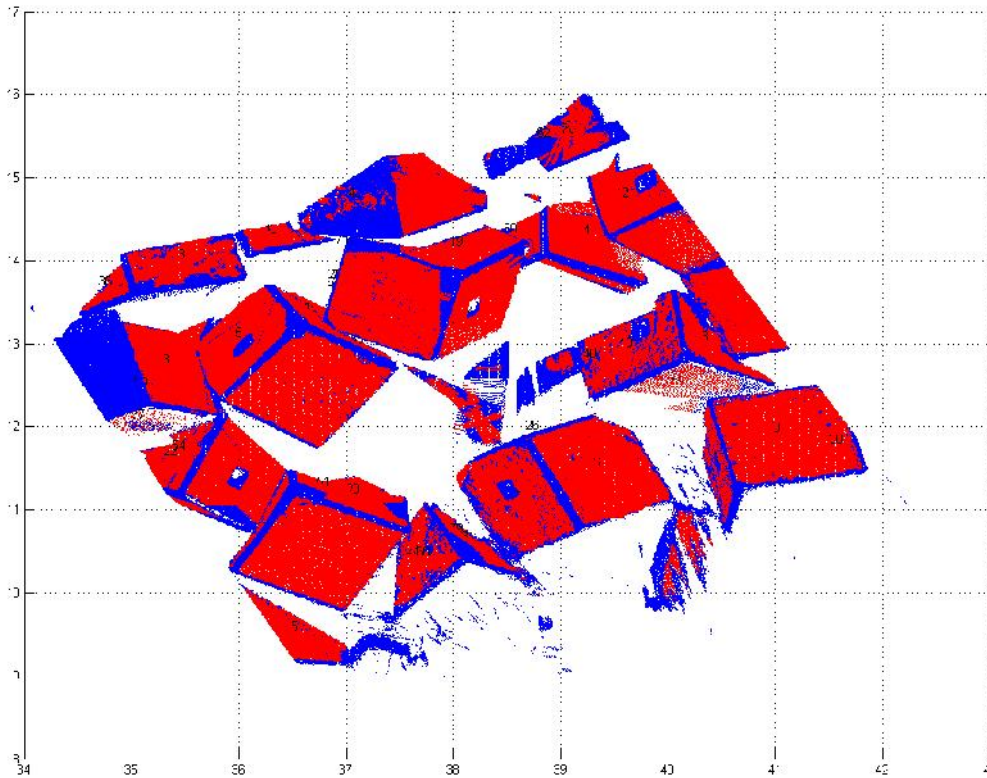


Calcular la varianza de las normales en K-NN

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas

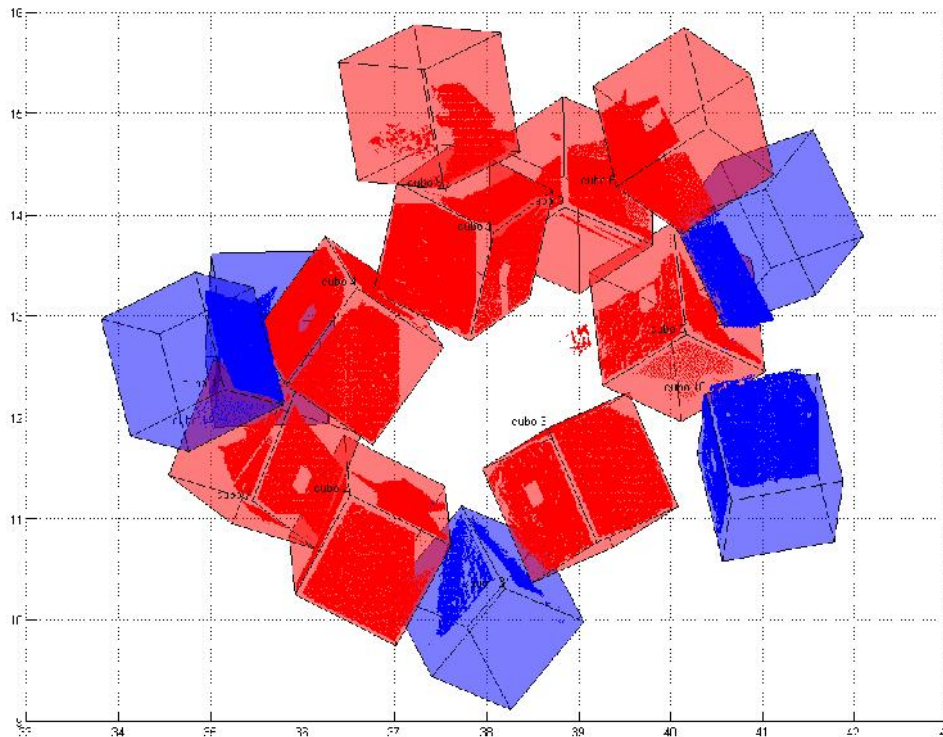


Segmentar los puntos según un radio de búsqueda y orientación de las normales. Extraer centroide y normal representativos de cada plano.

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas



A partir de centroides cercanos y ángulo que forman las normales, buscar:

- 3 planos perpendiculares entre si (cubos rojos). Obtener vértice intersección 3 planos. Reconstruir 8 vértices
- 2 planos perpendiculares entre si (cubos azules). Si proyección de puntos de un plano sobre el otro es al menos un 80% de la longitud de una cara, obtener punto medio y obtener la proyección hacia el otro plano a $L/2$ del centro. Calcular el resto de los 8 vértices.

Sistemas LiDAR y MMS

GEOPROCESOS / GEOSERVICIOS

Reconstrucción modelo geométrico de diques rompe olas

A partir de distintos modelos tomados en diferentes espacios temporales:

- Se puede analizar el desplazamiento y posición de los cubos identificados
- Analizar la porosidad de la superficie
- No es necesaria una nube completa
- Crear evoluciones temporales de la estructura a partir de la secuencia temporal de nubes



Máster Máster Universitario en Tecnologías
Geoespaciales para la Gestión Inteligente del Territorio

Sistemas LiDAR para mapeado móvil. Desarrollo
de estrategias para el tratamiento de la
información

Pedro Arias Sánchez

Área Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría

Dpto. Ing. Recursos Naturales y Medio Ambiente

UNIVERSIDADE DE VIGO

<http://geotech.webs.uvigo.es/>