

Mediciones forestales con láser de mano y fotogrametría con dron

Alejandro Cantero Amiano¹
Manuel Valbuena Rabadán²

¹ Ingeniero de montes, HAZI Fundazioa,

² Doctor Ingeniero de montes, IES Murguía BHI

En el marco del proyecto GO Fagus se han testado diversos tipos de láser escáner de mano y diversos sistemas de trabajo con el fin de obtener nubes de puntos lo más completas y rápidas que sea posible de diversos arbolados representativos del País Vasco. No se ha tratado únicamente de mejorar los actuales sistemas de inventario forestal dasométrico, sino también de proporcionar una forma fiable de estimar las alturas y las existencias maderables de los arbolados mediante la comparación de diversos sensores. La obtención simultánea y la unión de la nube TLS obtenida mediante un novedoso escáner de mano ligero con el modelo de copas MDS a partir de fotogrametría con dron ha resultado ser la mejor forma de inventariar grandes extensiones arboladas.

Palabras Claves: *escaneo terrestre, dasometría, inventario forestal*

INTRODUCCIÓN

El proyecto innovador GO Fagus (2020-2023) está permitiendo a HAZI Fundazioa aplicar diversas técnicas novedosas en las mediciones de los hayedos. Se están testando fuentes de información ya disponibles desde hace años (teledetección satelital, fotogrametría aérea, láser TLS, barrenas) y se están añadiendo nuevos sistemas (láseres de mano SLAM, fotogrametría terrestre, resistografía) para abaratar y aumentar el volumen de datos de campo. La colaboración entre HAZI Fundazioa, que se ha encargado de testar diversos sensores láser TLS y SLAM, y el IES Murguía, como propietario de drones con cámaras multiespectrales y software para fotogrametría, ha permitido a ambos socios trabajar de

forma coordinada y obtener resultados prácticos para el proyecto GO Fagus.

En este trabajo se buscaba unir las ventajas de la fotogrametría aérea mediante dron con los láseres de mano SLAM para así obtener nubes de puntos rápidas y completas de diversos arbolados del País Vasco. También se ha probado diversos materiales disponibles para emplear en el terreno y unir ambas nubes de puntos tomadas de forma simultánea. Los objetivos específicos del trabajo fueron: i) testar distintas herramientas y sistemas de toma de datos forestales, ii) unir dos nubes de puntos tomadas de forma simultánea, una desde dron y otra desde el suelo, iii) comparar las ventajas e inconvenientes de diversos objetos y materiales disponibles para unir nubes de puntos; y, iv) difundir los

resultados entre socios y público en general.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Zona de estudio

A lo largo del año 2022, entre HAZI Fundazioa y el CIFP Murguía LHII se midieron de forma simultánea diversas parcelas de muestreo en el País Vasco. Una de esas parcelas se ubicaba en hayedos incluidos en el proyecto GO Fagus y otras en masas de coníferas incluidas en la red Basonet de gestión forestal sostenible. Se seleccionó la parcela IFN 010476, ubicada en Sendadiano (valle de Cuartango, Álava) de pino silvestre natural, medida en junio de 2022 en el marco de la remediación 2021/2022 de las 430 parcelas de la red Basonet repartidas por todo el País Vasco.

2.2. Procedimiento de medición

El procedimiento de medición fue similar: HAZI se ocupa de testar diversos escáneres láser TLS y SLAM y el dron de CIFP Murguía se encarga de medir con su dron, tomando fotografías geoposicionadas con datos RTK, lo que permite calcular alturas, diámetros de copas y coordenadas GPS a los árboles y a los objetos depositados en las parcelas para poder unir ambas nubes de puntos.

Por parte de HAZI se testaron los escáneres láser incluidos en la Tabla 1, que proporcionan nubes de puntos con colores RGB pero que requieren *softwares* propios para el manejo de la información generada, lo que encarece y dificulta los trabajos de postprocesado. Hay que tener en cuenta también que los TLS empleados requieren de trípode y los SLAM no, son de menor tamaño y caben en una mochila.

Por parte de CIFP Murguía LHII se empleó un dron DJI P4 multiespectral, con un tiempo máximo de vuelo de 20 minutos, y seis cámaras integradas: cámara RGB y un conjunto multiespectral de 5 cámaras que cubre las bandas Azul, Verde, Rojo, Borde Rojo (*red edge*) e Infrarrojo cercano, todo con un obturador global de 2 MP y un estabilizador en tres ejes.

Posteriormente, en el mes de julio, se escaneó con un SLAM LiGrip que

Escáner láser	Ventajas	Inconvenientes
TLS GTL-1000 de Topcon	Estación total RTK Fácil unión de escaneos	Peso y precio Necesita conexión internet
TLS FARO Focus 120	Difícil unión de escaneos	Sin datos GPS
SLAM Heron de Topcon	Gran volumen de escaneo	Peso y precio Pocos datos en los fustes
SLAM BLK2go de Leica	Fácil empleo	Distancia máxima 25 m Deriva importante
SLAM ZEB-HORIZON	Fácil empleo	Sin deriva
SLAM LiGrip de GVI	Fácil empleo	Sin deriva

Tabla 1.- Escáneres láser evaluados

integra un LiDAR Velodyne VLP-16 y una cámara HD (Grafinta, SA) (Fig. 1).

Antes del vuelo se programó la misión con el programa DJI GS pro

(<https://www.dji.com/es/downloads/products/ground-station-pro>). Los valores de los principales parámetros de vuelo se muestran en la Tabla 2.



Figura 1. Levantamiento IFN de la parcela 010476 (junio 2022)

Altura de vuelo	50 m
Lapso entre tomas	2 segundos
Modelo de cámara	P4 multiespectral
Bandas	RGB, red, green, blue, red Edge, near infrared
Velocidad de vuelo	3.5 m/s
Solape longitudinal	80 %
Solape entre pasadas	75 %
GSD	2.6 cm

Tabla 2.- Principales parámetros de vuelo

La parcela quedó geoposicionada a partir de la red de estaciones fijas de Geoeuskadi, para el posterior geoposicionado de las fotografías con precisión decimétrica en tiempo real. Se seleccionó un punto de despegue aguas arriba de la parcela para evitar la pérdida de elevación sobre el terreno, que conlleva la disminución de solape entre fotografías y puede llegar a causar el choque del aparato con los árboles (Fig. 2).

El operario de HAZI Fundazioa se desplazó a pie a la parcela con el láser escáner y las dianas para unir las nubes de puntos. Una vez posicionado en el centro de la parcela se desplegaron las dianas de forma que fueran visibles desde el aire, y se procedió al escaneo terrestre. Ambas operaciones se realizaron en un tiempo similar de unos 30 minutos.

En las operaciones de vuelo se probaron diferentes tipos de dianas para unir nubes de puntos. Se necesita un mínimo de cuatro de estos elementos bien visibles en el escaneo terrestre y desde el dron, además de bien repartidos por la superficie de escaneo (Tabla 3). Hay que tener en cuenta que se trata de objetos o materiales que deben ser baratos, ligeros y fáciles de transportar y de instalar en el monte. En muchas ocasiones es una sola persona la que se ocupa de transportar estos materiales junto con el escáner. Las características del entorno forestal (pendiente, piedras, ramas, matorral...) no suelen facilitar el tránsito hacia la parcela ni las propias operaciones de escaneo.

Por tanto, el estudio utilizó tres fuentes de información:

- La medición Basonet que se basa en las normas de inventario del IFN, con localización del centro de la parcela (jalón metálico enterrado), y remediación del arbolado que cumplen ciertas condiciones según su clase diamétrica y su ubicación en distintos radios concéntricos desde el centro. Tiempo estimado de medición: una hora, dos personas, desde que se aparca en la pista cercana. Tiempo estimado de proceso de información y cálculo: 15 minutos.
- El escaneo terrestre con SLAM



Figura 2. Despegue del dron fotogramétrico desde la pista cercana

LiGrip, con tiempo de adquisición de 5 minutos, abarcando toda la zona que rodea al centro de la parcela. Tiempo estimado de medición: 15 minutos, una persona, desde que se aparca en la pista cercana. Tiempo estimado de proceso de información y cálculo: 30 minutos.

- La unión del citado escaneo terrestre con un vuelo simultáneo de dron, operando desde un pequeño raso situado en las cercanías de la pista forestal de acceso a la parcela. Tiempo estimado de medición: 30 minutos, dos personas, desde

que se aparca en la pista cercana. Tiempo estimado de proceso de información y cálculo: una hora.

2.3. Procesado de la información

Las fotografías RGB del dron se procesaron para generar una nube de puntos 3D usando el programa PIX4D (<https://www.pix4d.com/es/>, Fig. 3).

En el caso de las dos nubes de puntos (terrestre y aérea) se localizaron los 4 puntos comunes y se unieron usando la utilidad de alineación del programa CloudCompare (<https://www.cloudcompare.org/main.html>, Fig. 4).

Materiales	Ventajas	Inconvenientes
Dianas de dron	Fáciles de transportar	No resaltan del suelo Mejor fijar con piquetas
Marcas de pintura en suelo	Spray fácil de transportar	No resaltan del suelo Requiere mucha pintura Posible contaminación
Bolas de poliespan Ø20 cm	Color blanco distinguible Se pueden colorear/numerar	Difícil transporte Pequeño tamaño/peso Pueden caer rodando
Moquetas de color Ø1 m	Fácil transporte enrolladas Se pueden colorear/numerar	No resaltan del suelo Cierta tamaño Se puede volar/mover
Cascos de seguridad	Fácil transporte apilados Color blanco distinguible Se pueden colorear/numerar	Cierta peso

Tabla 3. Modelos de dianas para unir nubes de puntos

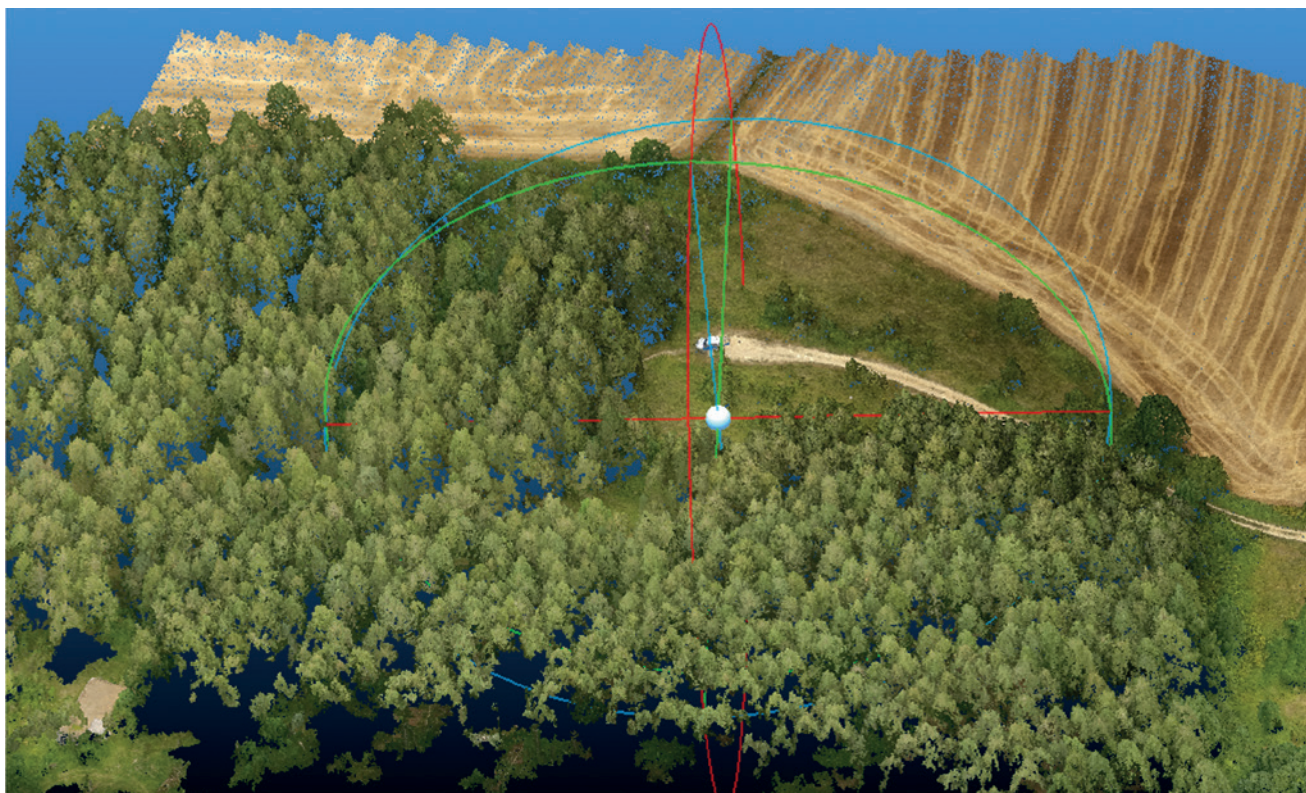


Figura 3. Nube de puntos obtenida con las fotografías del dron

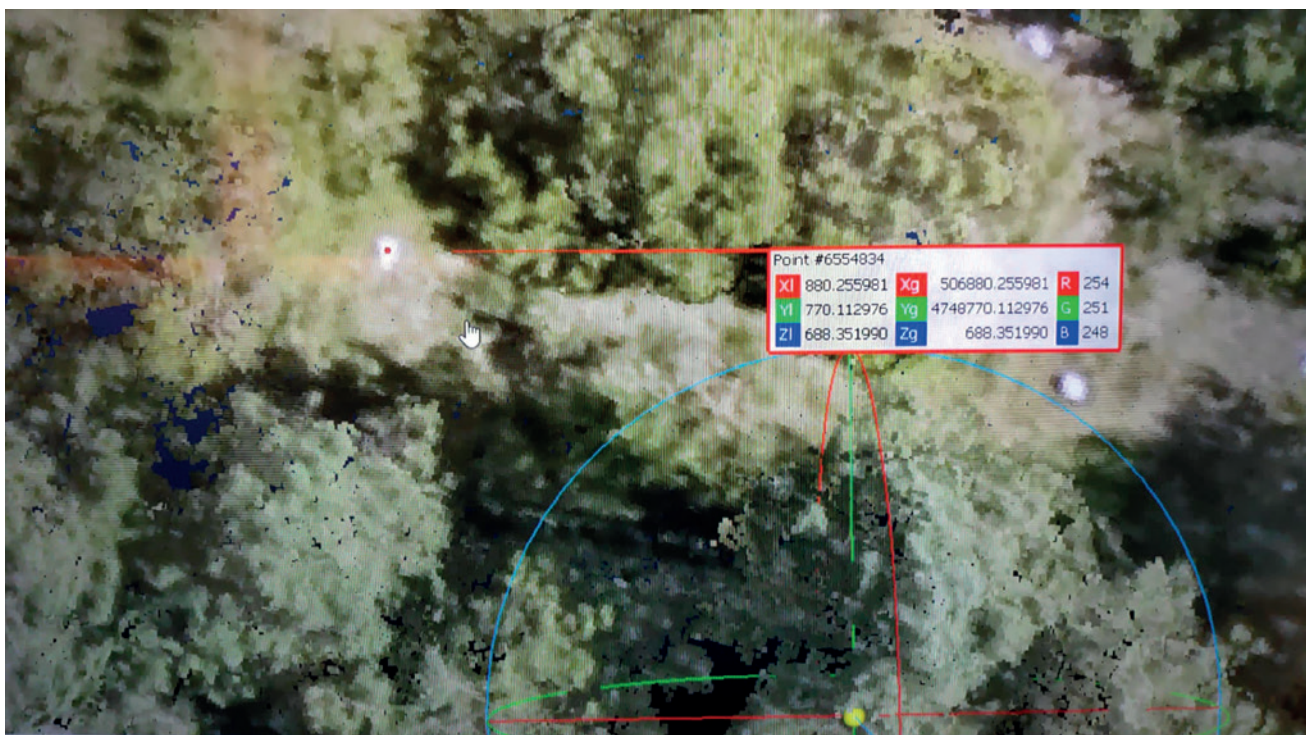


Figura 4: Ubicación de los cascos en la nube de puntos fotogramétrica.

Una vez unidas las dos nubes de puntos se estimaron las variables de masa con el programa Lidar360 (<https://greenvalleyintl.com/>), pudiendo usar como entradas, unidas o por separado, la nube de puntos del

láser terrestre y la unión de esta con la nube de puntos obtenida a partir de las fotografías del dron. Previamente, se empleó el programa LiFuser (<https://greenvalleyintl.com/LiFuser/>) para la descarga de los datos SLAM

y para el coloreado de la nube a partir del vídeo simultáneo (Fig. 5). Con los resultados obtenidos se hace la comparación con las variables de masa obtenidas con los datos de la medición en campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Selección de dianas

Después de probar distintas combinaciones se comprobó que los mejores rendimientos en el levantamiento de las parcelas se obtuvieron con un escáner SLAM LiGrip y unos 4-6 cascos de seguridad de plástico blancos (Fig. 6).

3.2. Comparación de inventarios

Los principales resultados de estas mediciones dasométricas se pueden ver en la Tabla 4 y un ejemplo de relaciones alométricas en la Fig. 7.

Estas diferencias se explican por la distinta metodología seguida. Las normas del IFN incluyen la medición de los árboles delgados que están cerca del centro y, según se alejan,

deben alcanzar diámetros gruesos para poder ser incluidos. En el caso de los escaneos, todos los árboles de la zona se incluyen en la medición. Al estar el centro de esta parcela en un pequeño raso, muchos pinos de diámetro intermedio (clases diamétricas 25-30-35) se ubicaban en bosquetes densos situados a distancias de entre 10 y 15 metros al

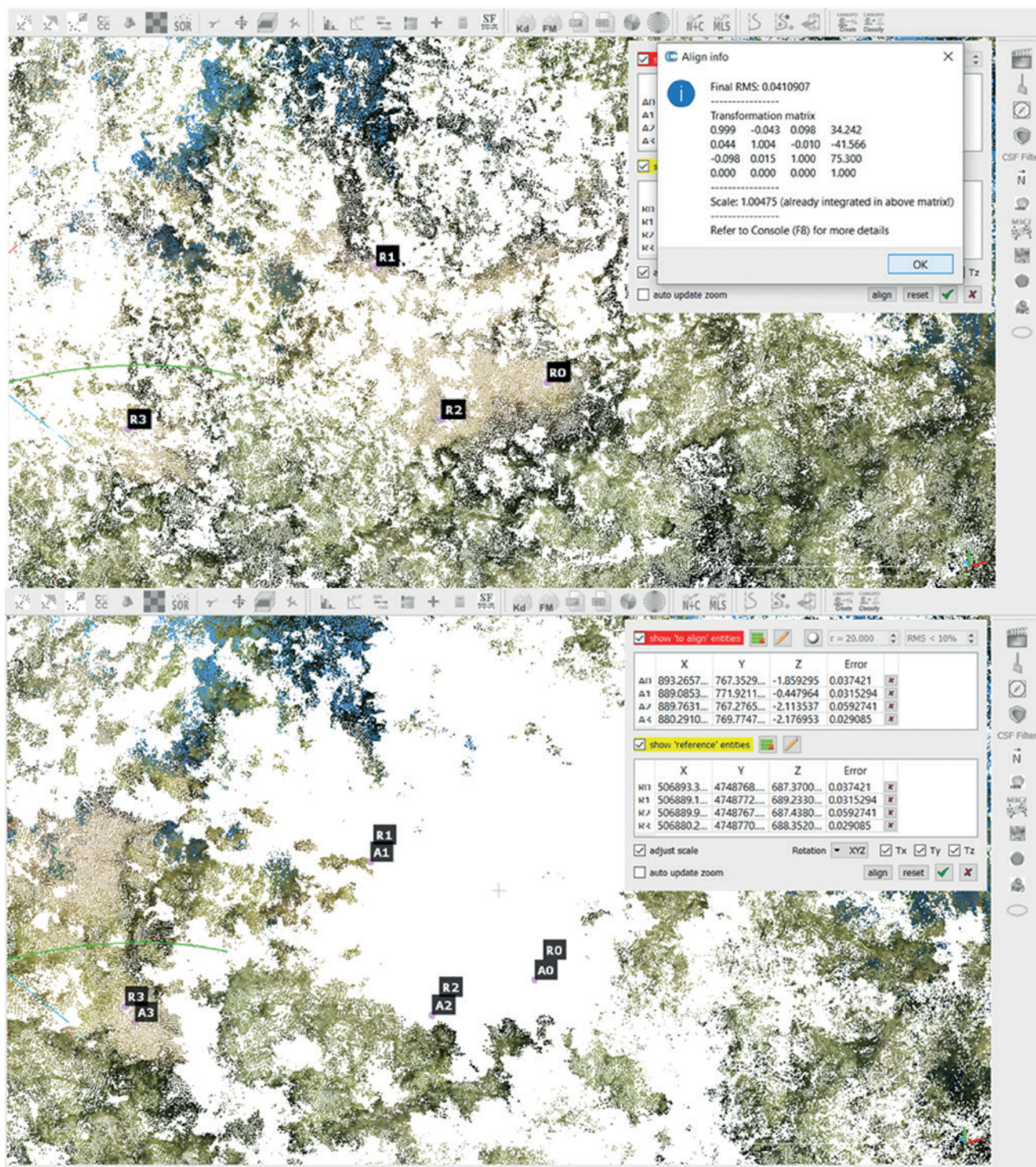


Figura 5. Referencias para unión de nubes de puntos e información de la alineación



Figura 6. Ubicación de los cascos empleados para la unión de escaneos (julio 2022), y detalle de casco y láser SLAM empleado ubicados en el centro de la parcela

centro de la parcela y, por tanto, no se incluyen en la medición IFN, pero sí en el escaneo y en la fotogrametría.

Por su parte, la unión de sendos archivos procedentes del escaneo terrestre y de la nube fotogramétrica del dron suponen un trabajo extra en cuanto a la localización visual de los objetos dispuestos para esa unión, pero mejoran la precisión en la medición de las alturas de esos pinos y aportan su georreferenciación UTM.

En el caso de escanear bosques caducifolios los mejores resultados se obtienen sin hoja, en época invernal, ya que desde el dron se aprecia mejor el suelo y los objetos dispuestos para la unión de nubes de puntos. Los inconvenientes de la época invernal suelen ser el menor periodo de luz, las mayores sombras y el peor estado de la red viaria forestal. En cuanto a los bosques perennifolios, hay que buscar *in situ* pequeños rasos que sean transitables por el operario con el escáner y que faciliten la instalación y la visibilidad de los objetos dispuestos en el suelo desde el aire.

CONCLUSIÓN

En este trabajo se propone una metodología novedosa y sencilla para poder unir las ventajas de dos nubes de puntos. La procedente del escaneo terrestre aporta información de los fustes de los árboles y el vuelo con dron mejora las mediciones de

Medición	Densidad (pies/ha)	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)
Basonet	257,76	24,49	8,98
Escaneo terrestre	213,90	35,33	9,14
Unión escaneos	239,93	35,68	9,27

Tabla 4.- Principales mediciones dasométricas según tipos de medición.

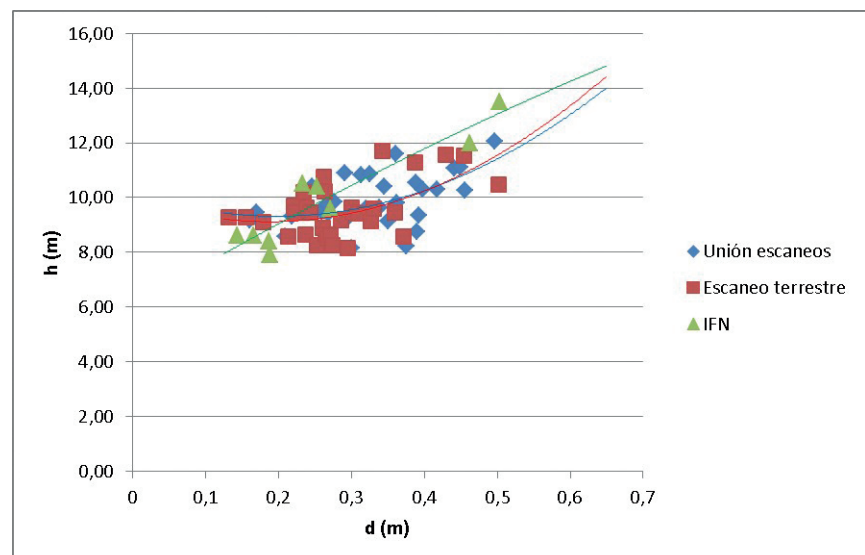


Figura 7. Relación entre el diámetro normal y la altura de individuos de pino silvestre en la parcela 010476

las alturas y de las copas, así como permite georreferenciar los árboles y ayudar a detectar, en su caso, problemas fitosanitarios. Los avances conseguidos son esperanzadores, tanto para mejorar los resultados del proyecto GO Fagus como otros proyectos futuros. Los proyectos

de innovación desarrollados en un periodo de tiempo limitado y por medio de diversos socios bien coordinados suministran resultados de gran interés para el sector forestal. Una adecuada discusión y difusión de esos resultados pueden mejorar futuros inventarios y trabajos de investigación.