

ANEJO 004. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Mario Quiñonez Alonso
Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos
Nº Colegiado: 23696

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. DATOS DE LA EMPRESA	3
2. ALCANCE Y SUPERFICIE A RECORRER	4
3. PLAN DE VUELO	5
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LÁSER ESCÁNER	7
4.1. LA TECNOLOGÍA LIDAR.....	7
4.2. ADQUISICIÓN DE DATOS.....	8
4.3. RED DE BASES INERCIALES PARA EL VUELO	8
5. MEDIOS TÉCNICOS UTILIZADOS. DATOS LIDAR.	10
6. APOYO COMPLEMENTARIO EN CAMPO.	13
6.1. PUNTOS DE CONTROL.....	13

6.2. RED DE BASES DE REPLANTEO PARA PROYECTO EN LLANERA DE RANES.....	13
7. CONTROL DE CALIDAD.....	15
7.1. DURANTE LA TOMA DE DATOS.....	15
7.2. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE CONTROL	15
8. CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL VUELO	16
9. INFORMES TÉCNICOS DE VUELO	17
9.1. PSFV LLANERA	17
10. RESULTADOS DESPUÉS DEL MDT	24
APÉNDICE 1.- PLANOS	26

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La presente memoria técnica es elaborada con el fin de establecer los parámetros y descripción de sistemas y metodología empleada en los vuelos realizados el pasado 18 de abril, tipificados como “SERVICIO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON TECNOLOGÍA LIDAR EN PROYECTO FOTOVOLTAICO” a fin de conocer y obtener datos concretos de cartografía y topografía de la PSFV LLANERA.

La petición de este documento surge de la necesidad por parte del cliente de realizar un levantamiento topográfico preciso de dicha ubicación para poder extraer, tras el análisis de la información LiDAR, topografía de precisión.

La materialización del mismo aconseja acometerlo de acuerdo a una planificación, ejecutada por equipos humanos especializados, integrados en la empresa con la propia organización, experiencia e infraestructura tecnológica.

1.2. DATOS DE LA EMPRESA

La empresa a la que se le encarga este trabajo es AEROMEDIA UAV, S.L., con NIF B70341649, constituida ante el Notario D. Isidoro Antonio Calvo Vidal de A Coruña el 3 de agosto de 2012, con el nº 779/2012 de su protocolo, e inscrita en el Reg. Mercantil de A Coruña en fecha 5 de septiembre de 2012 en el Tomo 3.462 del archivo sección general, al Folio 31, hoja nºc-49.159.

AEROMEDIA UAV cuenta con las siguientes certificaciones:

Sistemas de Gestión de Calidad: UNE-EN ISO 9001:2015.

Prestación del servicio con equipos RPAS (dron) de inspección industrial, audiovisual, emergencias y seguridad. Alquiler de equipos RPAS (dron). Formación en el uso de equipos RPAS (dron).

Sistemas de Gestión Ambiental: UNE-EN ISO 14001:2015.

Prestación del servicio con equipos RPAS (dron) de inspección industrial, audiovisual, emergencias y seguridad. Alquiler de equipos RPAS (dron). Formación en el uso de equipos RPAS (dron).

Sistemas de Gestión Ambiental: UNE-EN ISO 45001:2018.

Prestación del servicio con equipos RPAS (dron) de inspección industrial, audiovisual, emergencias, forestal y seguridad. Formación en el uso de equipos RPAS (dron).



Ilustración 1 Certificaciones AENOR AEROMEDIA UAV S.L.

2. ALCANCE Y SUPERFICIE A RECORRER

A continuación, se muestra el mapa en la cual se encuentra la zona objeto de la presente memoria:

Áreas de levantamiento:



Ilustración 2 Áreas de levantamiento.

- PSFV LLANERA



CONCEPTO	Superficies
Vuelo LiDAR+RGB – PSFV LLANERA	89,20 Has

Tabla 1 Superficie de vuelo

Los esperados en el producto final serán:

Error absoluto XYZ RTK/PPK activado /GCPS Sistema LiDAR	50 mm RMS @ 50 m
Densidad media estimada de puntos a H=80 m V=8m/s	200 ptos/m²

3. PLAN DE VUELO

En lo que se refiere a la planificación de operaciones con los UAVs, se prevé el siguiente flujo de trabajo:

- I. Generación de la orden de trabajo y organización de los recursos necesarios.
- II. Seguimiento de avisos de la orden de trabajo que precisan su confirmación para poder ser efectiva.
- III. Programación de ruta y vinculación a la orden de trabajo.
- IV. Revisión y puesta en servicio de UAVs y plataforma.
- V. Traslado a campo para ejecutar la misión.
- VI. Puesta en servicio de la plataforma, UAVs, comunicaciones y sensores.
- VII. Descarga de ruta en la plataforma y revisión de la misma.
- VIII. Ejecución del plan de vuelo y toma de datos por los sensores.
- IX. Fin del vuelo y descarga de información desde los sensores.
- X. Comprobación de la información y envío o archivo de la misma para un envío posterior.
- XI. Finalización de la orden de trabajo.

El contenido sumario del PLAN DE VUELO es el siguiente:

1. Zonas de vuelo: Se cumplirá en todo caso con la legislación vigente en cuanto a alturas, distancias, restricciones aeronáuticas, etc.
2. Check list prevuelo: Consiste en la comprobación in situ del funcionamiento correcto de todos los sistemas, en especial las partes móviles de la aeronave, motores, baterías, transmisores, emisoras, conexiones, cableado, GNSS,

señales de video y conexión con el software de control de la misión. También se comprobará y registrará que la aeronave ha registrado el punto de aterrizaje ante casos de emergencia.

3. Comprobaciones en sistema de respuesta ante fallos. (failsafe)
 - a) Pérdida de comunicaciones (control del UAVs): En este caso la aeronave y también la misión tendrá configurada la vuelta al punto de aterrizaje según un vuelo previsto. (altura de vuelo y comportamiento del UAVs)
 - b) Pérdida de señal de video: Si se pierde la señal de la cámara de video, el riesgo es menor, ya que estas misiones son en modo automático. El piloto podrá decidir su activa el modo de retorno a casa en esa circunstancia.
 - c) Nivel de protección de baterías o combustible: Se programará el comportamiento del UAVs ante los niveles de aviso de nivel de batería para bien regresar al punto de aterrizaje o realizar un aterrizaje de emergencia si es necesario.
 - d) Pérdida de señal GNSS: En este caso el modo de vuelo de la aeronave pasará al formato ACTITUD, en el que el piloto deberá asumir el mando. Si se recupera el enlace se conmutará de nuevo a modo de vuelo GPS. No se podrá activar ninguna misión sin un mínimo de 6 satélites detectados por el UAVs.
4. Protección de envoltentes de vuelo:
 - a) Alcance y autonomía del UAVs.
 - b) Altitud máxima de vuelo.
 - c) Distancia máxima al piloto.
5. Mantenimiento y preparación de las misiones.
 - a) En el plan constan las inspecciones periódicas a realizar a la aeronave, así como el control y seguimiento de las operaciones reparación y sustitución de piezas.

- b) En la preparación de las misiones se incluye también la comprobación del funcionamiento correcto en la aeronave, de la carga de pago.
- 6. Meteorología: En el plan se establecen las limitaciones meteorológicas de cada UAVs y además se prevé que los pilotos lleven siempre un termómetro y anemómetro y que incluyan su medición en la orden de trabajo.
- 7. Guarda y Custodia: En esta parte se prevén las acciones a tomar para que los UAVs sean transportados, custodiados y almacenados correctamente, de forma que no puedan ser manipulados por personal no autorizado.

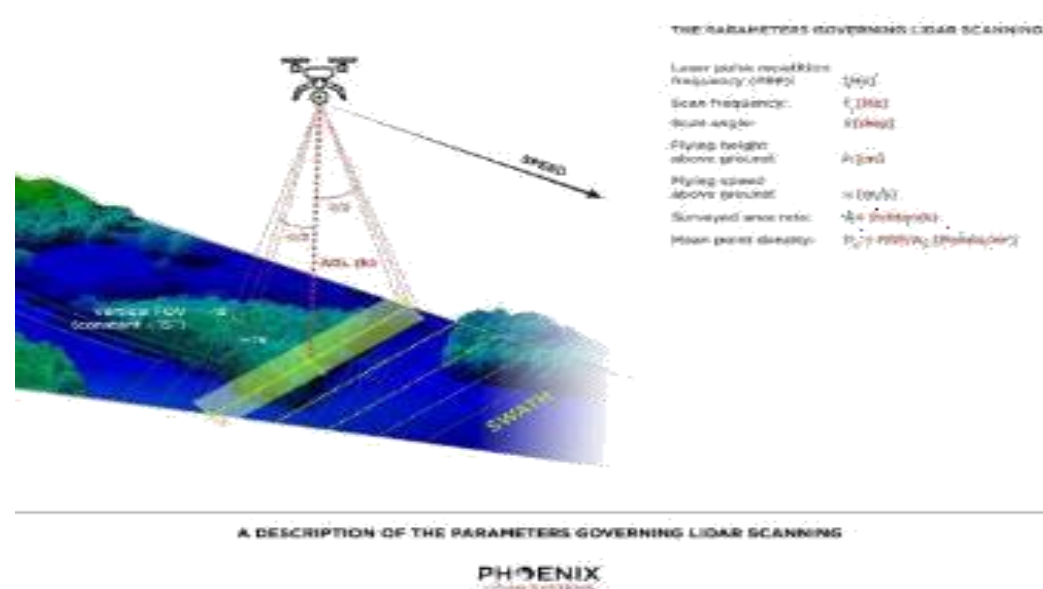
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LÁSER ESCÁNER

4.1. LA TECNOLOGÍA LIDAR

La palabra LiDAR procede del acrónimo “Light Detection And Ranging”. El propósito de la tecnología LiDAR es detectar los cambios de elevación enviando pulsos de luz y se mide el tiempo que tarda el pulso en retornar al sensor. Dicho tiempo de retorno indica la distancia existente al objetivo.

Actualmente, la gran mayoría de los sensores LiDAR emplean un sistema de espejo rotatorio para distribuir uniformemente el rayo láser a lo largo de toda la superficie.

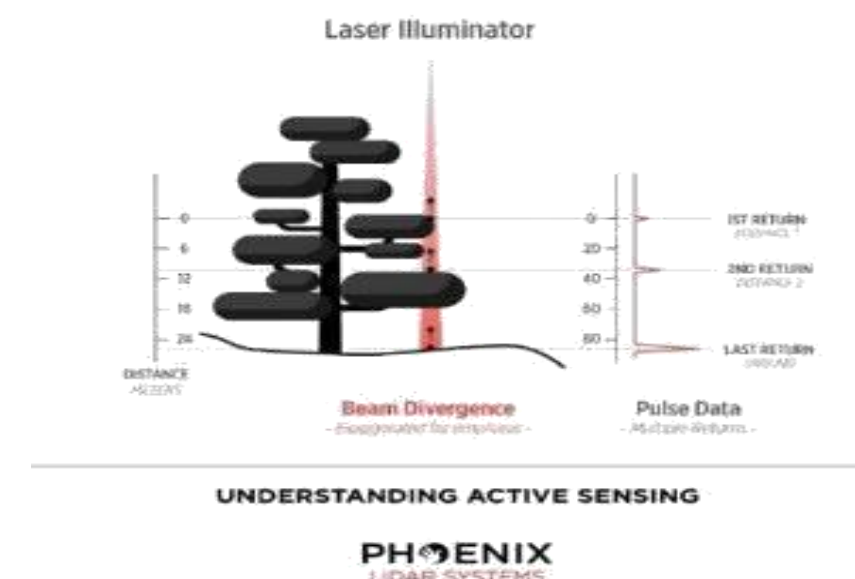
El dispositivo gira a una velocidad establecida, y emite pulsos de láser que son detectados una vez que el espejo va girando. Esta velocidad de giro puede ser establecida generalmente por el usuario. Típicamente, cuanto más rápida es la velocidad de revolución, más corto es el rango en el que se pueden detectar los objetos. Esto significa que, para aumentar el rango, la densidad de la nube de puntos disminuye, y viceversa.



Gracias a la tecnología LiDAR se genera lo que se conoce como "nube de puntos", una colección de retornos de pulsos láser individuales que, colectivamente dan datos de elevación sobre un área determinada. Estas nubes de puntos suelen necesitar un filtrado robusto, ya sea desde el propio sensor, o mediante post-procesamiento, para eliminar puntos de datos erróneos.

Con los sensores LiDAR, se pueden generar más de un retorno por impulso. Dependiendo del sistema LiDAR que se esté empleando, éstos pueden ser utilizados o ignorados. Ser capaz de procesar múltiples ecos puede ser de mucha utilidad.

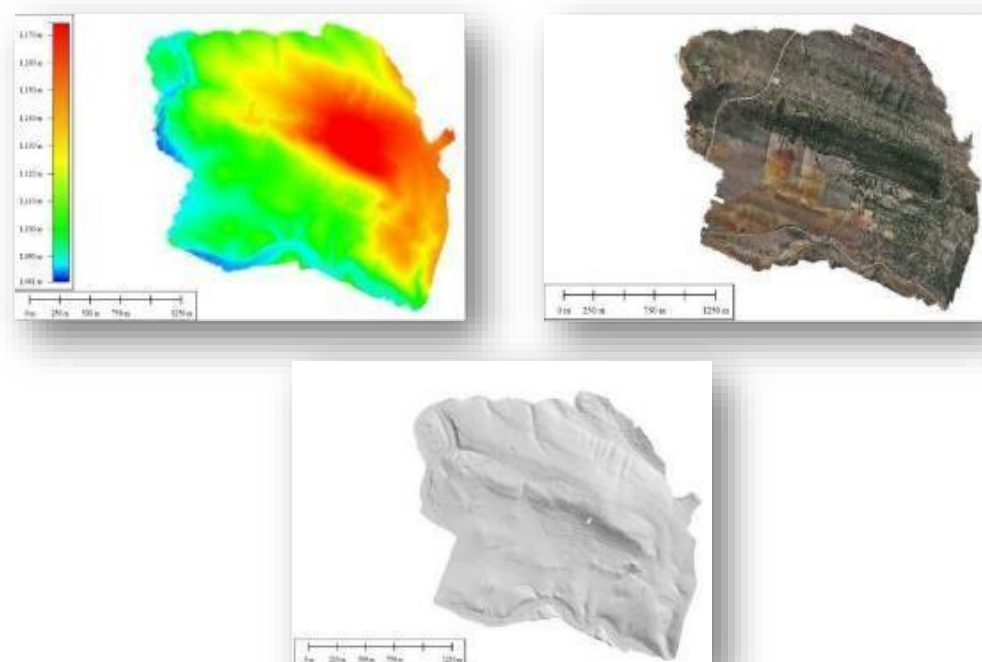
Este procedimiento es extremadamente útil en los casos en que se desea obtener mediciones de terreno sin vegetación. Hay que señalar que, en general, hay suficientes huecos en la cubierta del árbol por donde los pulsos de láser pueden penetrar, llegar hasta el suelo y regresar al sensor. Muchos sensores LiDAR que van embarcados en RPAS son al menos de doble retorno; El más fuerte (generalmente el primer retorno) y el último (generalmente el más débil, o el que viajó más lejos).



El hecho que un sistema LiDAR embarcado en RPAS, disponga de hasta 2 ecos no significa que no vaya a penetrar en la vegetación, ni mucho menos. Como ya se ha especificado anteriormente, el hecho de volar más bajo y a menos velocidad, permite que dicho haz de luz pueda penetrar perfectamente en la vegetación obteniéndose un MDT preciso.

En el proyecto que nos ocupa, siguiendo los requisitos marcados en las especificaciones técnicas, el equipo empleado dispone de 2 retornos por pulso.

Una vez que se realiza un primer filtrado, para eliminar puntos indeseados de la nube de puntos, se puede obtener un modelo digital del terreno (MDT) a partir de la nube de puntos. La nube de puntos es típicamente de naturaleza irregular, por lo que este paso permite colocar los puntos en una cuadrícula regular, y puede implicar la interpolación entre puntos de datos, dependiendo de la granularidad de datos especificada.



4.2. ADQUISICIÓN DE DATOS

Para la ejecución del vuelo de adquisición masiva de imágenes, para su posterior tratamiento y obtención, AEROMEDIA UAV dispone de diferentes plataformas de vuelo de gran capacidad, como son el DJI INSPIRE 2, DJI S-900, DJI-S1000 y DJI-M600 PRO. Para este caso en concreto, para la adquisición de este tipo de datos, se empleó la plataforma tipo multirrotor modelo DJI-M300.

Este tipo de aeronave puede llegar a cubrir alrededor de 300 has en una sola jornada con vuelo automatizado.

Gracias al sistema escogido se obtendrán los datos fotogramétricos y datos LiDAR posicionados a partir de:

- Datos de navegación inercial GNSS+INS: El cálculo más preciso se lleva a cabo en post-proceso mediante técnica diferencial a partir de una base de coordenadas conocidas. También tiene la posibilidad de llevar a cabo el cálculo en PPP, sin la ayuda de una base y contando con correcciones de las efemérides precisas.
- Fotografías aéreas RGB de alta resolución para la obtención de ortofotos mediante rectificación de fotogramas.

4.3. RED DE BASES INERCIALES PARA EL VUELO

Dependiendo de la situación de bases permanentes GNSS respecto a la zona de vuelo, se puede hacer el cálculo de la base inercial con las observaciones de la base permanente más cercana, pues el estacionamiento suele ser de varias horas de duración.

La observación de esta red de bases se ha de hacer siguiendo las técnicas propias de estos sistemas:

Enlace con la red geodésica oficial en los vértices más cercanos.

Método diferencial estático rápido con 10 minutos de observación más 1 minuto por cada kilómetro que la distancia exceda de 10 km.

Observaciones redundantes.

Buen horizonte GPS y ausencia de obstáculos para evitar señales multi ruta. Alejado de antenas que puedan ocasionar interferencias.

Frecuencia de toma de datos: de 15 a 30 s. Máscara de elevación: 15°.

PDOP \leq 5

5. MEDIOS TÉCNICOS UTILIZADOS. DATOS LIDAR.

Para acometer la realización de estos vuelos LiDAR, se ha empleado una aeronave de tipo multirrotor modelo DJI M300, que realizó diversos vuelos planificados para obtener datos LiDAR.



Ilustración 3 Equipos de trabajo utilizados.



Ilustración 4 Modelo de solución RPAS+LiDAR empleado.

En los trabajos de escaneos láser 3D, se emplearon sistemas LiDAR, como el sistema SCOUT ULTRA, ya que consideramos que es el idóneo para este tipo de trabajos. Cabe destacar que en AEROMEDIA UAV, contamos con este sistema LIDAR embarcado en RPAS EN PROPIEDAD.

El sistema citado anteriormente es un sistema completo, desarrollado específicamente para el uso de vehículos aéreos no tripulados. Aunque este tipo de equipos pueden ser montado en otras plataformas, como barcos o vehículos, es en los sistemas aéreos en donde se les saca el mayor rendimiento a sus capacidades.

El sistema LiDAR escogido ofrece la posibilidad de visualizar en la “ground station” todos los datos tomados en tiempo real y crea una nube de puntos muy densa, georreferenciada y con gran precisión. Esto ocurre gracias al firmware interno del sistema que controla los sensores, analiza los datos brutos y transmite todos los datos obtenidos por el sistema láser.

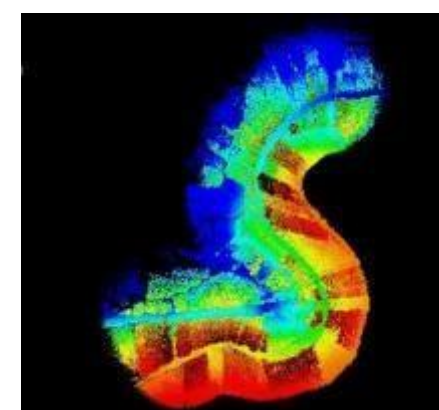


Ilustración 5 Captura de datos LiDAR+RGB en vial.

Este tipo de sistemas proporcionan una rápida adquisición de datos, eliminando los posibles riesgos que puedan ocurrir y se pueden obtener gran cantidad de datos con trabajos de campo muy reducidos.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas del equipo que se ha empleado para el trabajo:






SCOUT-ULTRA

THE MOST POWERFUL MEMBER OF THE SCOUT SERIES

Lightweight and long range, the SCOUT ULTRA enables efficient data collection for challenging cases, even at higher altitudes and speeds. An excellent option for building high-density point clouds, the SCOUT ULTRA also features options for photogrammetry, hyperspectral, thermal imaging, and more. Flexibility in sensing and mounting options is a key benefit of this Phoenix system.

[Request Information](#)

55mm
RMSE @ 50m Range

220m
@ 60% Reflectivity

100m
Res. Max. AGL



600k
Points per Second


2.2kg
Weight

[View Spec Sheet](#)

AEROMEDIA UAV S.L. 981 901 768 aeromedia@aeromedia.es /aeromedia1

www.aeromedia.es - AEROMEDIA UAV S.L. Pol. Industrial de Pías, Vivero de Empresas nave B, 15171 Oleiros, A Coruña




Flexible Mounting Options

Flexibility in sensing and mounting options is a key benefit of this Phoenix system. The SCOUT Ultra is designed to fly on UAVs, including the DJI M600 Pro, and can also be adapted for vehicle and backpack configurations. Roof rack and suction cup accessories also available.

LiDAR Sensor Specs

32x Lasers	600k points Scan Rate
905nm Laser Properties: Class 1 (eye safe)	2x Rotations/Sec
55mm Absolute Accuracy: RMSE @ 50m Range	40°v/360°h degrees Field of View
1/220m Range Min/Max	



AEROMEDIA UAV S.L. 981 901 768 aeromedia@aeromedia.es /aeromedia1

www.aeromedia.es - AEROMEDIA UAV S.L. Pol. Industrial de Pías, Vivero de Empresas nave B, 15171 Oleiros, A Coruña






Custom LiDAR Solutions

Phoenix LiDAR systems

Build the system you need to meet the growing demands of your clients in varying industries, from mining to agriculture and construction to forestry.

- Free basic online training included. (Full complete Acquisition/Post-Processing/Plan/Visualization training also available (fees may apply))
- Free Phoenix Software Suite w/ unlimited Scanner plus Novitas & TerraSAR-X options also available (fees may apply)
- Optional upgrades: carrier systems, dual antenna GPS, RTK upgrade options, integrated UHF radio modem, optional ground vehicle & other mounts, accessories, service plans and much more.
- Unifarmate Data Feed: View and analyze data in real time or transmit live data to remote viewers via 4G connection.

Primary Applications

- Agriculture
- Power Utilities
- Open Pit Mining
- Forestry
- Coastal Mapping

Navigation System

- Integrated NovAtel
- Constitution Support: GPS, GLONASS
- Support alignment: Kinematic, Dual-Antenna
- Operation Modes: Real-time, Post-processing, optional
- Accuracy Position: less than 10cm RMS horizontal
- PP Accuracy Heading RMS Error: 0.08 / 0.07°

Platform Specs

- Overall Dimensions: Scanner 165 x 88 x 73 cm
- Operating Voltage: 12-26 V
- Power Consumption: ~50 W
- Weight: 2.2 kg / 4.9 lbs
- Operating Temperature: -30° - 45° C

AEROMEDIA UAV S.L. 981 901 768 aeromedia@aeromedia.es /aeromedia1

www.aeromedia.es - AEROMEDIA UAV S.L. Pol. Industrial de Pías, Vivero de Empresas nave B, 15171 Oleiros, A Coruña



Certificate of Calibration

Customer Name:	AeroMedia			
System Type:	Scout Ultra			
System Serial #:	22634			
License Key:	09feb-f8bfa-efb6a-bf28f			
IMU Type:	IMU-27			
IMU Serial #:	N25581817664537			
IMU Installation:	Phoenix LiDAR Rotation	0.000° X	180.000° Y	-180.000° Z
	NovAtel Rotation OEM 7	90.000° X	0.000° Y	0.000° Z
	Inertial Explorer Rotation	-90.000° X	0.000° Y	0.000° Z

CACt

Date _____

1.1 Data Acquisition

1.2 Boresighting

Phoenix LIDAR Systems utilizes a custom proprietary software to calibrate the alignment of system sensors. Observations between all overlapping flightlines are automatically collected and included in an iterative optimization routine. This process minimizes the distance between flightline observations by solving for systematic transformation parameters: translation (x,y,z) and rotation (pitch, yaw, roll).

6. APOYO COMPLEMENTARIO EN CAMPO.

Para alcanzar las precisiones finales del proyecto, es recomendable contar con puntos de control en el terreno.

A continuación, se muestra la tabla resumen de las coordenadas de las bases que integran la poligonal GPS del trabajo.

COORDENADAS ETRS89.UTM HUSO 30N

BASE	COORD. X	COORD. Y	H. ORTO
E4	708605.843	4320413.496	162.723
E5	709469.502	4319981.972	154.268
E6	708824.538	4319787.991	171.749

Los puntos de control en tierra (GCP) se usarán como puntos conocidos, que podrán estar conectados con una estación GNSS de referencia. Si no existieran puntos de control, no se podrá comprobar la precisión absoluta (vertical) del proyecto, solo será fiable la precisión relativa de cada línea escaneada con el LiDAR.

Del mismo modo, no se podría ajustar, de una forma precisa, a cualquier levantamiento realizado por otras técnicas (GPS, Estación Total o LiDAR).

6.1. PUNTOS DE CONTROL

COORDENADAS ETRS 89. UTM. HUSO 30N				COORDENADAS ETRS 89. UTM. HUSO 30N			
PUNTO	X	Y	Z	PUNTO	X	Y	Z
d5	708456.658	4319592.738	185.225	a20	708583.765	4319717.466	181.018
d4	708464.297	4319872.545	169.251	a16	708368.013	4320334.469	180.023
d26	708204.914	4320275.886	181.872	a14	708359.761	4320617.964	160.218
d22	708700.897	4320808.338	165.781	a13	708710.946	4320377.606	161.016
d21	708251.085	4320711.447	159.655	a17	709336.694	4319833.410	157.639
d20	708550.294	4320505.744	162.344	a18	709068.951	4319676.681	176.793
d17	708864.564	4320315.226	159.254	a19	708699.284	4319917.493	166.700
d18	709560.789	4319954.332	149.393	a15	708617.182	4320300.061	162.918
d19	709355.876	4319633.721	157.959				

d24	708825.933	4319771.301	171.371				
-----	------------	-------------	---------	--	--	--	--

6.2. RED DE BASES DE REPLANTEO PARA PROYECTO EN

LLANERA DE RANES

Red de Bases Llanera de Ranes - Valencia	
RED DE BASES	
Base nº	E6
Fotografía General Base	Coordenadas ETRS89-H30N X = 709469.502 Y = 4319981.972 H. Orto. = 154.268
Fotografía Detalle Base	Coordenadas Geográficas Longitud: W0°34'51.50939" Latitud: N39°00'13.67224"
	Tipo de señal Geopunto
	Reseña Base situada al lado derecho del camino agrícola cerca a un muro.

Red de Bases Llanera de Ranes - Valencia	
RED DE BASES	
Base nº	E7
Fotografía General Base	Coordenadas ETRS89-H30N X = 708824.538 Y = 4319787.991 H. Orto. = 171.749
Fotografía Detalle Base	Coordenadas Geográficas Longitud: W0°35'18.51453" Latitud: N39°00'07.93987"
	Tipo de señal Geopunto
	Reseña Base situada en el bordillo izquierdo del camino entrando de la CV-590

7. CONTROL DE CALIDAD

7.1. DURANTE LA TOMA DE DATOS

El vuelo LiDAR se controla desde su planificación. Las pasadas se dibujan de acuerdo con el MDT existente, de forma que se controlan los puntos de cota máxima y mínima y los solapes a estas alturas.

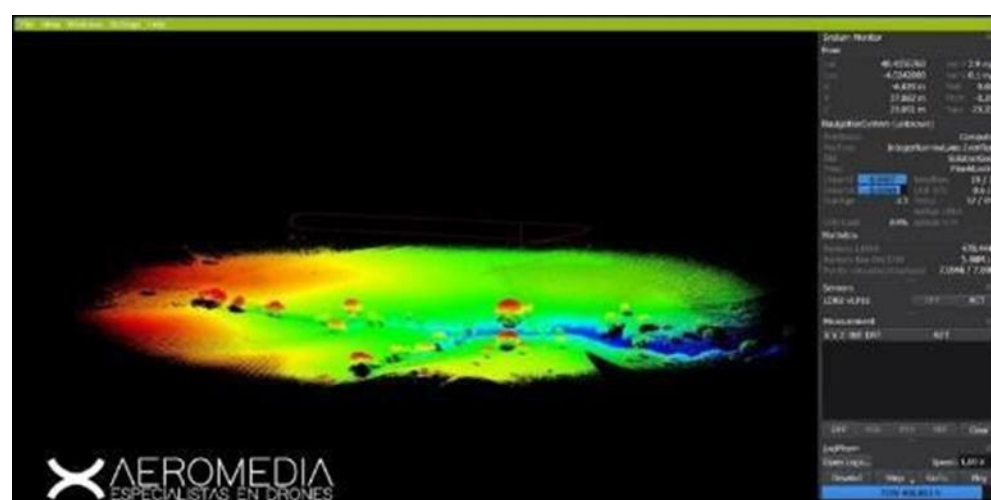


Ilustración 6 Captura de datos LiDAR obtenidos en tiempo real.

En tiempo real se lleva a cabo la comprobación del cálculo inercial y de la cobertura del vuelo. Se detectan así posibles huecos que pudieran haber ocurrido por falta de solape o fallo de alguno de los sensores.

7.2. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE CONTROL

- Los levantamientos topográficos tendrán por finalidad comprobar la precisión altimétrica de los datos y dar más consistencia a los trabajos.
- Se dispusieron de diversos puntos de control en tierra homogéneamente distribuidos a lo largo de la zona de estudio.
- Estos puntos están posicionados mediante DGPS con una precisión de 1 cm.



8. CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL VUELO

Una vez comunicadas las zonas a volar, se solicitan, de ser el caso, los permisos de vuelo correspondientes.

La gestión de permisos será realizada por el cliente, ya que es la responsable de los trabajos a realizar como operadora aérea.

El vuelo se prepara detalladamente en gabinete, estableciendo las líneas de vuelo de forma adecuada para que quede totalmente cubierta la zona. Se hará especial hincapié en las diferencias de cota entre puntos de la misma pasada y de las pasadas laterales, de forma que se aseguren los recubrimientos longitudinales y transversales.

NO se realizarán los vuelos en condiciones climatológicas adversas y en circunstancias en las cuales se ponga el riesgo la integridad tanto del piloto como del equipo.

El plan de vuelo se ejecutará con los parámetros pertinentes, adoptando las modificaciones oportunas en función de la orografía de cada línea.

9. INFORMES TÉCNICOS DE VUELO

A continuación, se muestra el reporte obtenido del procesado de trayectorias y nubes de puntos ajustadas a los GCP tomados en campo.

9.1. PSFV LLANERA

24/4/24, 16:35

Project Report

PHOENIX

LIDAR SYSTEMS

Project Report

LIDAR Mill

This report was autogenerated on 2024-04-18 12:36 (UTC) using SpatialExplorerCore #96d502c9 from 2024-Mar-15, and is documented [here](#).

18/04/2024 20240414 - LLANERA

Processing pipeline: https://app2.lidarmill.com/job_runs/e1d8e37c-cca4-4c58-9151-bc405764b65b

Overview

Time

	Local (Europe/Madrid in Spain)	UTC
Data Acquisition	2024-Apr-14 15:52 to 2024-Apr-14 18:32	2024-Apr-14 13:52 to 2024-Apr-14 16:32
Processing	2024-Apr-18 14:36	2024-Apr-18 12:36

Coordinate Reference System

Project datum	European Terrestrial Reference System 1989(EPSG:6258)
Project datum epoch	1989
LAS output CRS	Horizontal: ETRS89 / UTM zone 30N (EPSG:25830) (metre), Vertical: Alicante height

24/4/24, 16:35

Project Report

(EPSG:5782) (metre), Geoid egm08-REDNAParcGis.tif (EPSG:4937) (EPOCH 1989)

Deliverable Products

LIDAR

Average Point Density	> 415.57 pulses/metre²
Format	LAZ 1.4
Output Files	LLANERA.laz
Specifications	Ground, Non Ground, Noise Classified

Acquisition

System

Rover Serial	22854
--------------	-------

LIDAR

Manufacturer	Velodyne LiDAR
Serial Number	13570200504693
Model	VLP-32C-A

Camera 0

Model	Sony A6000 Lite
Trigger Interval	Interval, 2.00s

IMU

Type	IMU-27
------	--------

GNSS

Manufacturer	NovAtel
Hardware Version	OEM7720-1.01
Antenna	NOV850 (NONE)

Platform

	Average	Minimum	Maximum
Survey Altitude (AGL)	82 m	71 m	91 m
Approximate Survey Flight Speed	6.95 m/s	1.94 m/s	7.58 m/s

Reference Station 0

24/4/24, 16:35	Project Report
Antenna model	LEIAR10 (NONE)
Height reference	Antenna Reference Point
Cooridnate Reference System	European Terrestrial Reference System 1989
Latitude	38.69798471
Longitude	-0.47354615
Ellipsoidal Height	640.1440 m

Data Processing



Trajectory Post-Processing

The trajectory data was processed using PhoenixLiDAR System's Navlab. Navlab was used to refine the system's position and attitude. A highly accurate post processed trajectory was generated from the coupled integration of GNSS and IMU data collected by the LiDAR System during the scanning mission.

Post Processed Trajectory

File	20240414-133444_GTGVAMP_cts_LS4_20240418_103736_pof_GCPAligned_20240418_113026.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-140659_GTGVAMP_cts_LS4_20240418_103736_pof_GCPAligned_20240418_113027.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-142552_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113028.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-145504_GTA0AMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113029.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-151519_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113030.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-154013_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113031.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

24/4/24, 16:35	Project Report
File	20240414-155923_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113032.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

File	20240414-161809_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113033.pof
Datum	European Terrestrial Reference System 1989
Epoch	1989

LiDAR Calibration

Scanner Calibration Orientation	On
---------------------------------	----

Systematic attitude (roll, pitch, heading) misalignments between the system's IMU and LiDAR sensor were computed and minimized by comparing overlapping swaths of Lidar.

Trajectory Optimization	On
-------------------------	----

Fluctuating trajectory accuracy statistics from NavLab were used in conjunction with offsets in overlapping swaths of LiDAR to determine necessary trajectory optimizations along flightlines, in order to further refine the alignment of LiDAR swaths.

Accuracy



There are two ways to differentiate high accuracy survey control points - Ground Control Points (CONTROL) and Survey Checkpoints (CHECK). CONTROL are surveyed points used for data adjustments, and CHECK are surveyed points used for accuracy reporting. CONTROL utilized for data adjustments should never be used to validate the accuracy of the data product.

CONTROL and CHECK are generally collected at the same time, using the same methodology. Survey checkpoints are points with known coordinates that are used to validate the accuracy of the survey. CONTROL points leverage GNSS data to adjust survey models and improve their overall accuracy. Unlike CONTROL, CHECK points do not affect how the LiDAR survey is processed in any way.

LiDAR Relative Accuracy

Relative accuracy, the measure of how well overlapping flightlines match each other, is determined for the mission(s). Surface models are developed for each flightline. Relative accuracy is calculated from these surfaces using two metrics, magnitude and dZ. Magnitude is the average of the absolute values of the vertical offsets between a single flightline surface and points from overlapping flightlines. dZ is the average value of the vertical offsets between a single flightline surface and the points from overlapping flightlines. An average magnitude for all flightlines represents the project's overall relative accuracy.

Average Magnitude	0.0437 m
Average Δz	+0.0120 m
Average RMSΔz	0.0585 m

Flightline	Magnitude	Δz	RMSΔz
1	0.0439 m	+0.0173 m	0.0591 m

24/4/24, 16:35	Project Report		
2	0.0447 m	+0.0175 m	0.0602 m
3	0.0443 m	+0.0141 m	0.0602 m
4	0.0459 m	+0.0188 m	0.0624 m
5	0.0450 m	+0.0149 m	0.0607 m
6	0.0441 m	+0.0128 m	0.0579 m
7	0.0420 m	+0.0080 m	0.0567 m
8	0.0420 m	+0.0086 m	0.0569 m
9	0.0435 m	+0.0141 m	0.0583 m
10	0.0449 m	+0.0185 m	0.0612 m
11	0.0433 m	+0.0157 m	0.0590 m
12	0.0440 m	+0.0118 m	0.0608 m
13	0.0451 m	+0.0154 m	0.0619 m
14	0.0451 m	+0.0144 m	0.0611 m
15	0.0440 m	+0.0153 m	0.0598 m
16	0.0459 m	-0.0008 m	0.0595 m
17	0.0465 m	+0.0111 m	0.0609 m
18	0.0512 m	+0.0230 m	0.0662 m
19	0.0497 m	+0.0116 m	0.0669 m
20	0.0486 m	+0.0170 m	0.0658 m
21	0.0468 m	+0.0120 m	0.0635 m
22	0.0467 m	+0.0132 m	0.0623 m
23	0.0454 m	+0.0096 m	0.0597 m
24	0.0446 m	+0.0178 m	0.0582 m
25	0.0396 m	+0.0084 m	0.0543 m
26	0.0386 m	+0.0080 m	0.0522 m
27	0.0393 m	+0.0062 m	0.0532 m
28	0.0419 m	+0.0081 m	0.0555 m
29	0.0425 m	+0.0101 m	0.0563 m
30	0.0419 m	+0.0102 m	0.0560 m
31	0.0429 m	+0.0039 m	0.0565 m
32	0.0424 m	+0.0093 m	0.0560 m
33	0.0453 m	+0.0110 m	0.0595 m
34	0.0449 m	+0.0158 m	0.0581 m
35	0.0429 m	+0.0106 m	0.0562 m
36	0.0465 m	+0.0171 m	0.0633 m
37	0.0419 m	+0.0105 m	0.0572 m
38	0.0416 m	+0.0109 m	0.0561 m
39	0.0413 m	+0.0106 m	0.0547 m
40	0.0419 m	+0.0065 m	0.0548 m
41	0.0416 m	+0.0067 m	0.0542 m
42	0.0455 m	+0.0098 m	0.0611 m

24/4/24, 16:35	Project Report		
43	0.0461 m	+0.0142 m	0.0631 m
44	0.0455 m	+0.0126 m	0.0622 m
45	0.0461 m	+0.0133 m	0.0625 m

Vertical Adjustment (CONTROL)

A single vertical offset was determined and applied in order to optimize the fit of LiDAR with existing ground control.

Trajectory	Translation
20240414-133444_GTGVAMP_cts_LS4_20240418_103736_pof_GCPAligned_20240418_113026.pof	-0.160 m DOWN
20240414-140659_GTGVAMP_cts_LS4_20240418_103736_pof_GCPAligned_20240418_113027.pof	-0.160 m DOWN
20240414-142552_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113028.pof	-0.160 m DOWN
20240414-145504_GTA0AMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113029.pof	-0.160 m DOWN
20240414-151519_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113030.pof	-0.160 m DOWN
20240414-154013_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113031.pof	-0.160 m DOWN
20240414-155923_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113032.pof	-0.160 m DOWN
20240414-161809_GTAVAMP_cts_LS4_20240418_103737_pof_GCPAligned_20240418_113033.pof	-0.160 m DOWN

LiDAR Absolute Accuracy (CHECK)

Independent survey checkpoints were utilized to assess absolute accuracy of the LiDAR pointcloud. The absolute accuracy of LiDAR data was determined from measured vertical offsets between surveyed checkpoints and the LiDAR point cloud. A TIN (Triangulated Irregular Network) surface was created from LiDAR points, and used to measure the vertical offsets to SCPs.

Note: Although CONTROL points and corresponding Δz offsets (indicating distance below ground) are included in the table below, only CHECK points were utilized for absolute accuracy calculation.

Check Point Count	10
RMSEz	0.015 m
Non-Vegetated Vertical Accuracy (NVA) at 95% Confidence Level (RMSEz * 1.96)	0.029 m
Minimum Δz	-0.031 m
Maximum Δz	0.020 m
Range	0.052 m
Average Magnitude	0.011 m
Mean	0.002 m

Survey Control Point Report - LiDAR

24/4/24, 16:35

Project Report						
Type	ID	X (metre)	Y (metre)	Z (metre)	Laser Z (metre)	Δz (m)
Check	d10	733210.275	4335165.933	8.579	N/A	N/A
Check	d14	733209.207	4335296.200	6.158	N/A	N/A
Check	d16	732926.532	4335269.707	12.113	N/A	N/A
Check	d15	732691.715	4335416.414	15.891	N/A	N/A
Check	d9	732811.762	4335689.394	10.041	N/A	N/A
Check	d12a	732429.679	4335769.160	15.284	N/A	N/A
Check	d12	732357.630	4336223.080	6.642	N/A	N/A
Check	d1	732113.104	4335887.743	14.067	N/A	N/A
Check	d2	732158.727	4336031.694	9.352	N/A	N/A
Check	d3	732500.485	4335976.684	11.728	N/A	N/A
Check	d11a	732285.717	4336072.306	8.740	N/A	N/A
Check	d13	732000.827	4336251.356	5.509	N/A	N/A
Check	d11	732661.397	4336196.192	5.760	N/A	N/A
Check	d6	732937.517	4336089.573	4.991	N/A	N/A
Check	d7a	732843.821	4336011.805	6.896	N/A	N/A
Check	d8	733208.936	4335420.810	5.480	N/A	N/A
Check	d7	733023.856	4335703.600	6.573	N/A	N/A
Check	d5	732884.989	4335827.929	6.513	N/A	N/A
Check	d4	732733.427	4335921.922	9.691	N/A	N/A
Check	d26	708456.658	4319592.738	185.225	185.224	-0.001
Check	d22	708464.297	4319872.545	169.251	169.270	0.019
Check	d21	708204.914	4320275.886	181.872	181.872	0.000
Check	d20	708700.897	4320808.338	165.781	165.778	-0.003
Check	d17	708251.085	4320711.447	159.655	159.624	-0.031
Check	d18	708550.294	4320505.744	162.344	162.346	0.002
Check	d19	708864.564	4320315.226	159.254	159.268	0.014
Check	d24	709560.789	4319954.332	149.393	149.405	0.012
Check	d25	709355.876	4319633.721	157.959	157.949	-0.010
Check	d23	708825.933	4319771.301	171.371	171.391	0.020
Check	d28	687896.454	4301095.470	475.698	N/A	N/A
Check	d27	687668.830	4301531.987	423.976	N/A	N/A
Check	d29	688785.622	4301737.356	450.655	N/A	N/A
Check	d30	688629.429	4302088.098	421.939	N/A	N/A
Check	d32	688335.058	4301476.829	466.993	N/A	N/A
Check	d31	688045.036	4301925.901	422.896	N/A	N/A
Control	a12	733263.030	4335192.695	5.487	N/A	N/A
Control	a11	732949.047	4335553.482	8.790	N/A	N/A
Control	a3	732510.665	4335876.604	12.770	N/A	N/A
Control	a1	732136.894	4335963.102	11.317	N/A	N/A
Control	a2	732337.507	4336020.035	10.189	N/A	N/A

24/4/24, 16:35

Project Report						
Control	a4	732375.328	4336108.610	8.700	N/A	N/A
Control	a6	732157.980	4336219.027	5.543	N/A	N/A
Control	a5	732512.551	4336233.323	7.462	N/A	N/A
Control	a8	732808.942	4336202.803	6.436	N/A	N/A
Control	a10	733121.866	4335571.952	5.921	N/A	N/A
Control	a9	732981.183	4335746.535	6.412	N/A	N/A
Control	a7	732800.529	4335840.757	7.852	N/A	N/A
Control	a20	708583.765	4319717.466	181.018	181.031	0.013
Control	a16	708368.013	4320334.469	180.023	180.025	0.002
Control	a14	708359.761	4320617.964	160.218	160.215	-0.003
Control	a13	708710.946	4320377.606	161.016	161.033	0.017
Control	a17	709336.694	4319833.410	157.639	157.631	-0.008
Control	a18	709068.951	4319676.681	176.793	176.834	0.041
Control	a19	708699.284	4319917.493	166.700	166.726	0.026
Control	a15	708617.182	4320300.061	162.918	162.992	0.074
Control	a21	687821.405	4301302.514	450.590	N/A	N/A
Control	a22	688731.818	4301839.550	441.772	N/A	N/A
Control	a23	688367.048	4302009.564	420.188	N/A	N/A
Control	a24	688137.061	4301737.868	449.019	N/A	N/A

Maps

RGB

24/4/24, 16:35

Project Report



Intensity

24/4/24, 16:35

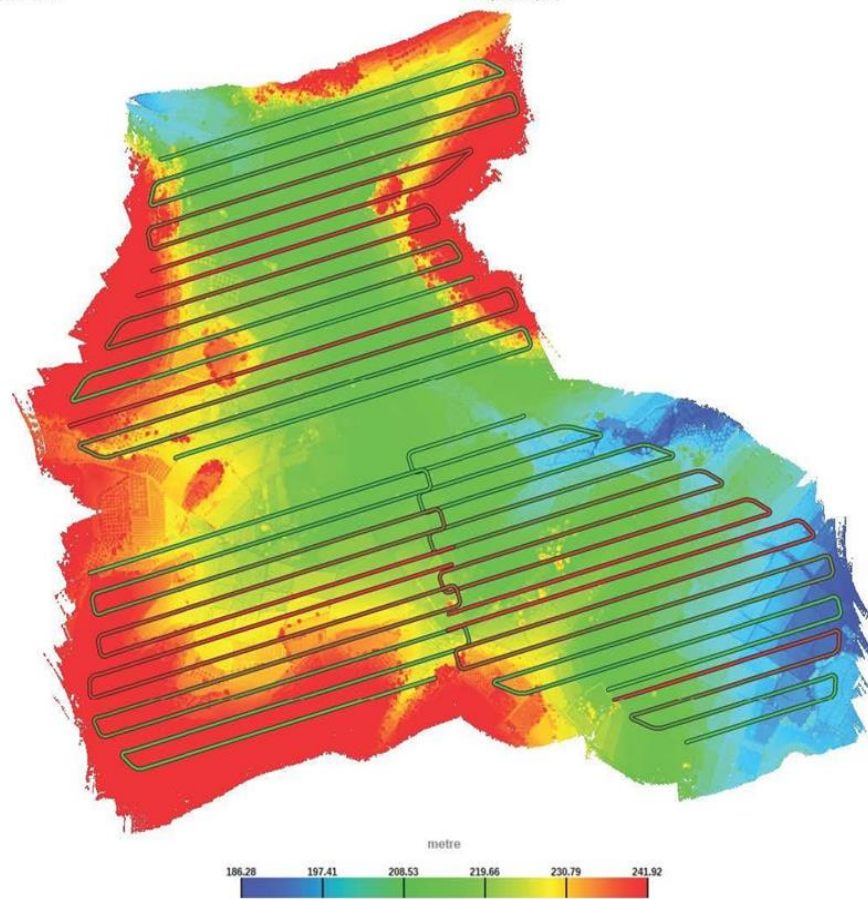
Project Report



Ellipsoidal Altitude

24/4/24, 16:35

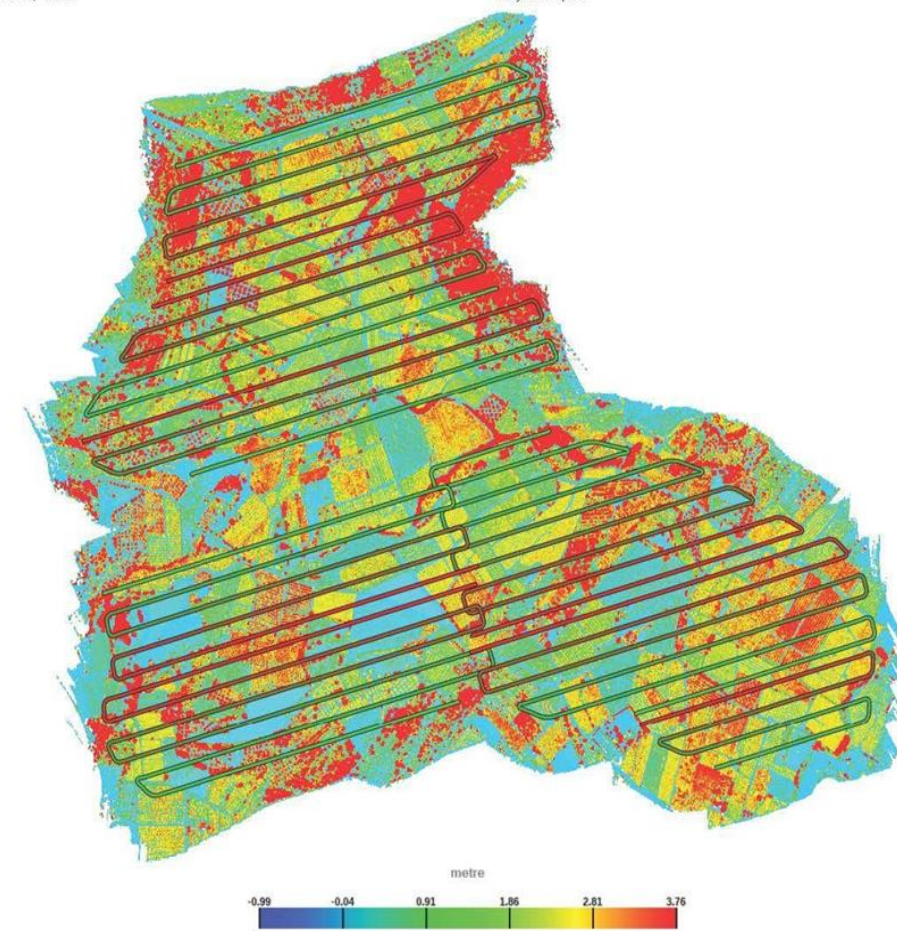
Project Report



Height Above Ground

24/4/24, 16:35

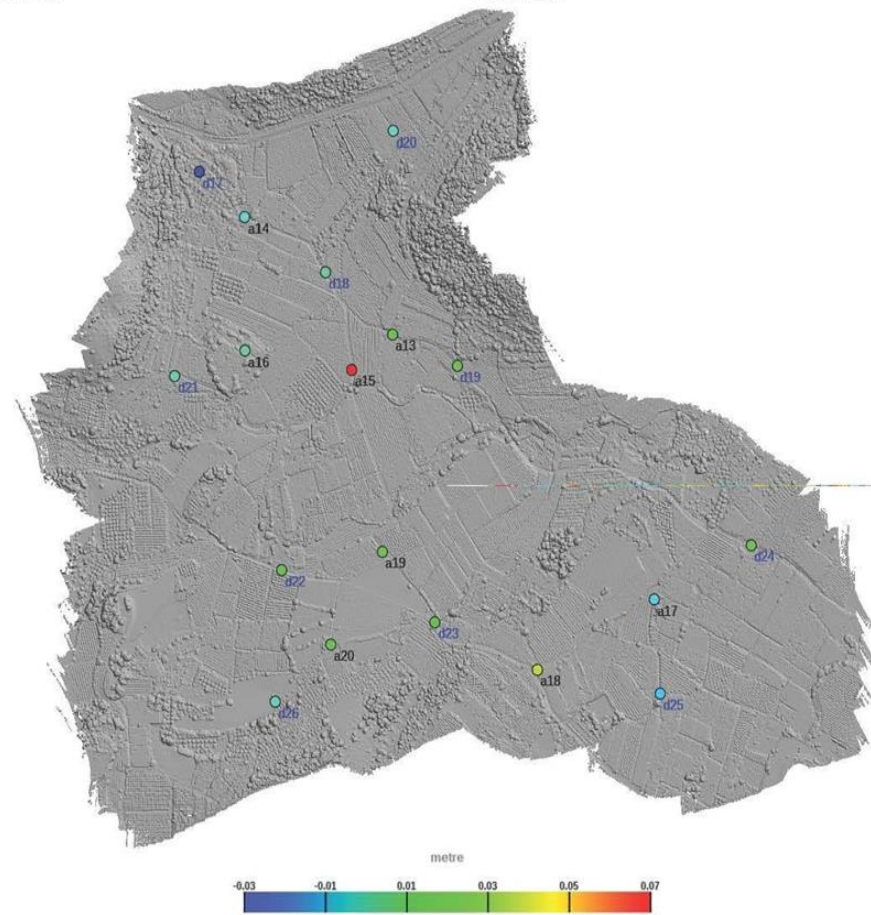
Project Report



GCP Separation

24/4/24, 16:35

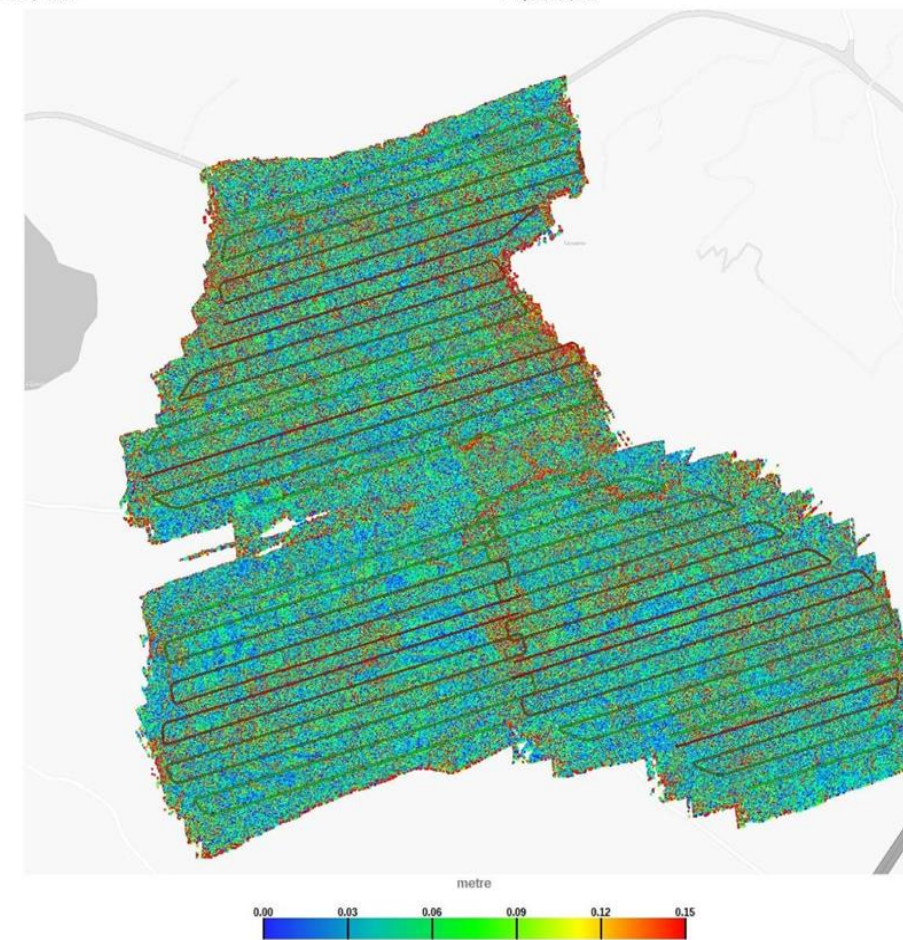
Project Report



Relative Accuracy (Correspondences Dz)

24/4/24, 16:35

Project Report



10.RESULTADOS DESPUÉS DEL MDT

En este apartado se dará una muestra de cómo quedaría la topografía una vez realizada el análisis previamente expuesto y posteriormente al movimiento de tierras.

En el plano de la PSFV LLANERA SV3822-UIH-GEN-003-PLA-REN-021-Pendientes se visualiza el estado final del terreno donde se posicionarán las mesas con seguidor solar.

A continuación, se muestra una serie de imágenes del estado final.

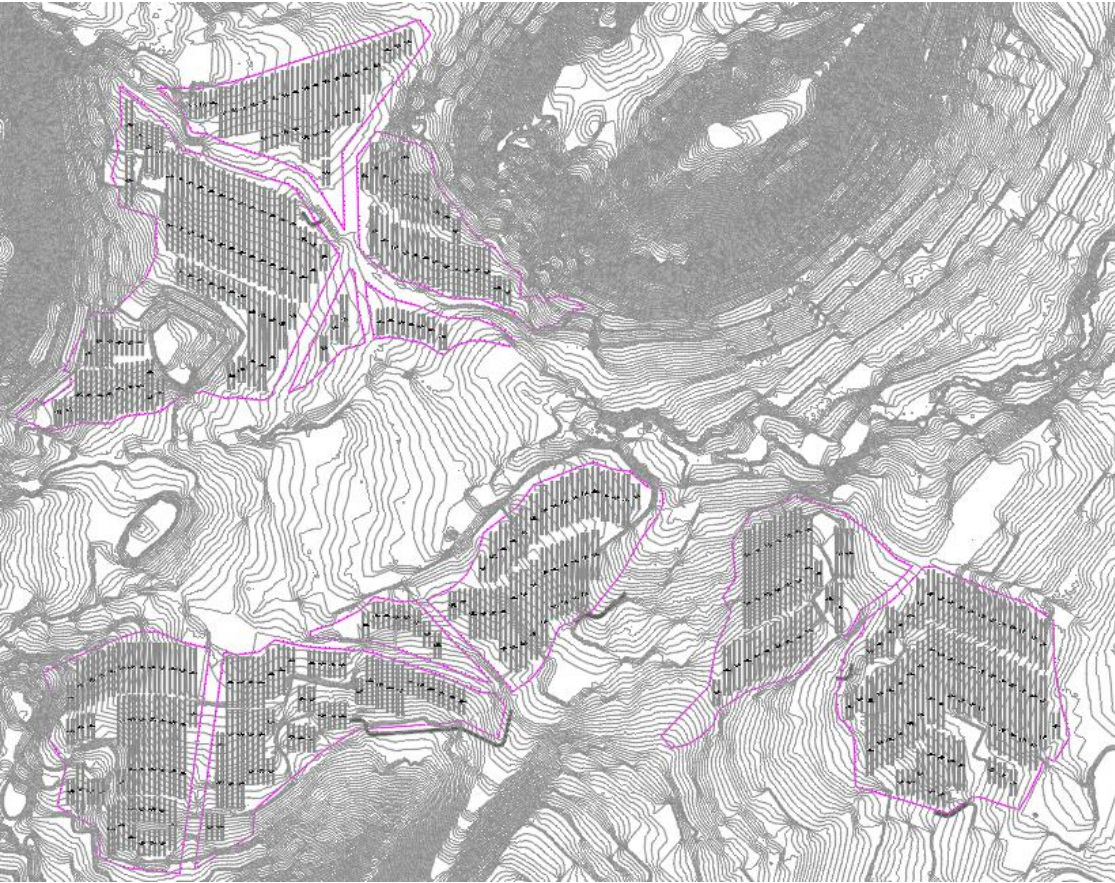


Ilustración 7 Topografía posterior al MDT

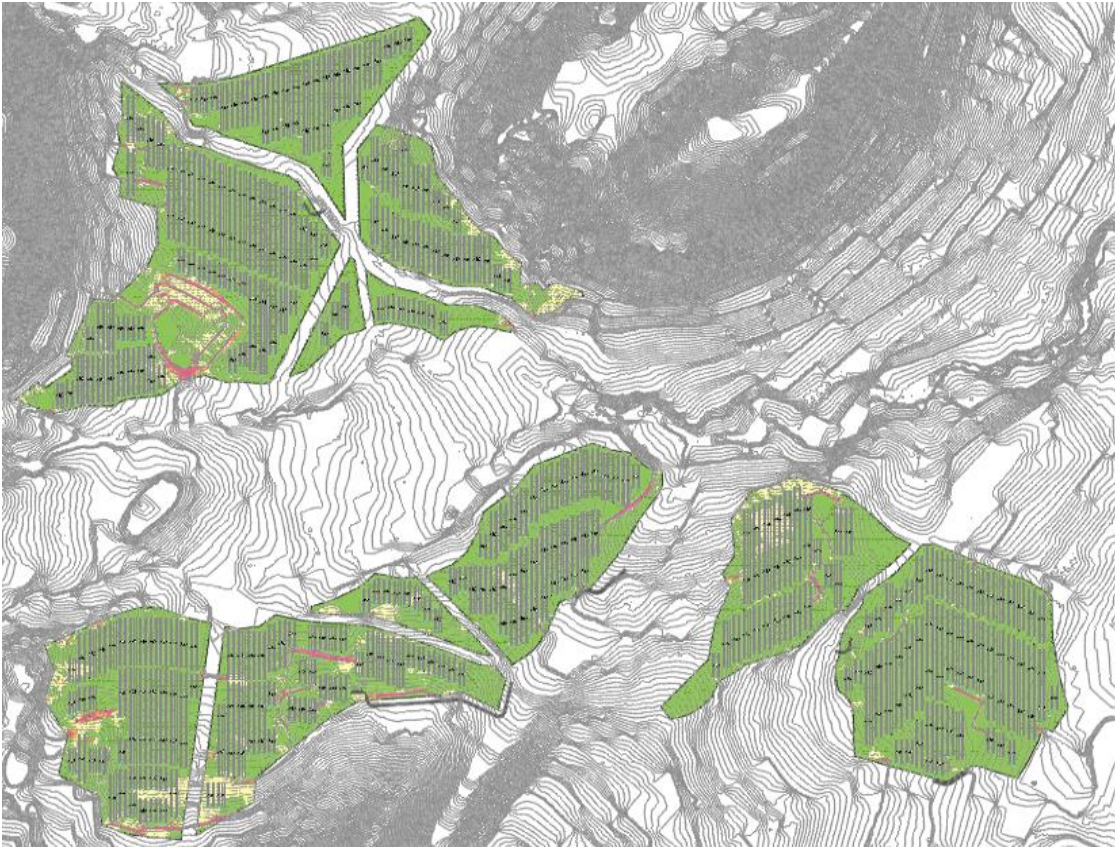


Ilustración 8 Resultado final de pendientes PSFV LLANERA después MDT.

Angle min., °	Angle max., °	Distribution, %	Color
0.00	0.00	3.33	
0.00	5.00	87.38	
5.00	10.00	6.95	
10.00	15.00	0.96	
15.00	55.00	1.39	

Ilustración 9 Resultado pendientes después MDT PSFV LLANERA.

ANEJO 004. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

APÉNDICE 001. PLANOS

