



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



Alianza  
**México REDD+**  
Con la gente por sus bosques

CARTODATA SA DE CV

Mayo 2015

**Reporte de apoyo terrestre.**

**Comunidad forestal Oaxaca 3**

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE  
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN

Comunidad forestal Oaxaca 3.

[www.alianza-mredd.org](http://www.alianza-mredd.org)

Este informe ha sido posible gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal TheNatureConservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods HoleResearch Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable).

Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad de sus autores y no reflejan los puntos de vista del Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, el Gobierno de los Estados Unidos.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	4
Adquisición de datos LiDAR .....	5
Estaciones de control GPS.....	7
Trayectoria de la aeronave .....	8
Procesamiento del LiDAR.....	16
Procesamiento y Control de Calidad.....	18
Validación de cobertura y precisión de la información. (QC) .....	19
Clasificación de los datos LiDAR.....	25
Entregables .....	29
Modelo Digital de Superficie.....	33
Imágenes y ortofoto.....	38
Fotoíndice.....	38
Generación de ortofotos.....	39
Anexos.....	41
Anexo 1 Especificaciones técnicas .....	41
Anexo 2. Resultados de la trayectoria .....	42

Comunidad forestal Oaxaca 3.

# INTRODUCCIÓN

En 2013 The Nature Conservancy, contrató a CartoData para la adquisición de datos LiDAR y fotografía aérea en 8 sitios de interés en diferentes estados de la República Mexicana, entre ellos Jalisco, Chihuahua, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Campeche.

El alcance del proyecto esta descrito en el contrato CNOMEX-072213.

Este informe corresponde a las actividades aéreas y de post-procesamiento ejecutadas en la Comunidad forestal Oaxaca 3, Estado de Oaxaca, como se muestra en la figura 1 de este informe, esta zona comprende un total de 2 transectos (91.6 km) y 1 cuadrante (95.47 km<sup>2</sup>)



Figure 1 Comunidad forestal Oaxaca 3.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

Todas las fases del proyecto, fueron ejecutadas de acuerdo a las especificaciones técnicas contenidas en el Anexo 1

## ADQUISICIÓN DE DATOS LIDAR

Los vuelos se realizaron utilizando un sensor Riegl LMS Q780, equipado con un GPS/IMU de NovAtel y una cámara de 80mpx , todos estos montados sobre un Cessna T206.

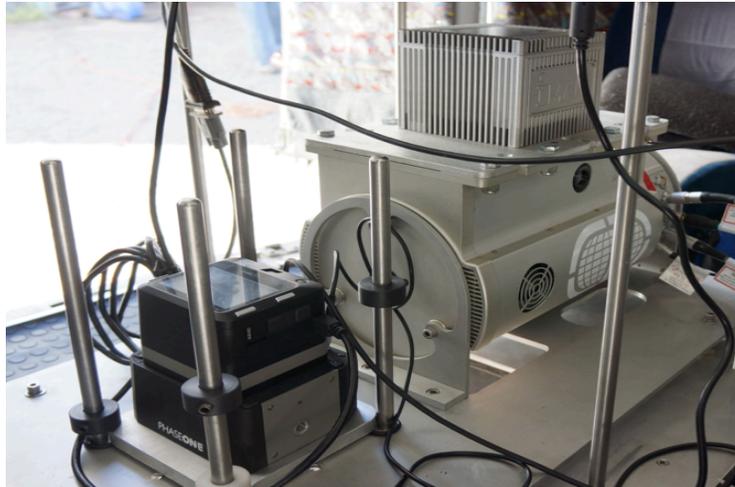


Figure 2 LiDAR y camara



Figure 3 Aeronave

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Se generaron los planes de vuelo, mismos que fueron elaborados bajo los siguientes parámetros:

- 400kHz de frecuencia
- Campo de visión (FOV) de 30° equivalente a un angulo de +/-15° .
- Altura de vuelo 3,500 pies
- Velocidad de la aeronave 100 nudos
- Sobreposición en las líneas de vuelo con 50%



Figure 4 Planes de vuelo

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## ESTACIONES DE CONTROL GPS

De manera simultánea, durante los vuelos se posicionaron GPS de doble frecuencia, mismos que son instalados 15 minutos antes de despegar, y se apagan 15 minutos después de finalizado el vuelo.

Estos GPS junto con la información del GPS/IMU aerotransportado, nos ayudan a obtener la trayectoria del avión y su posición en todo momento.

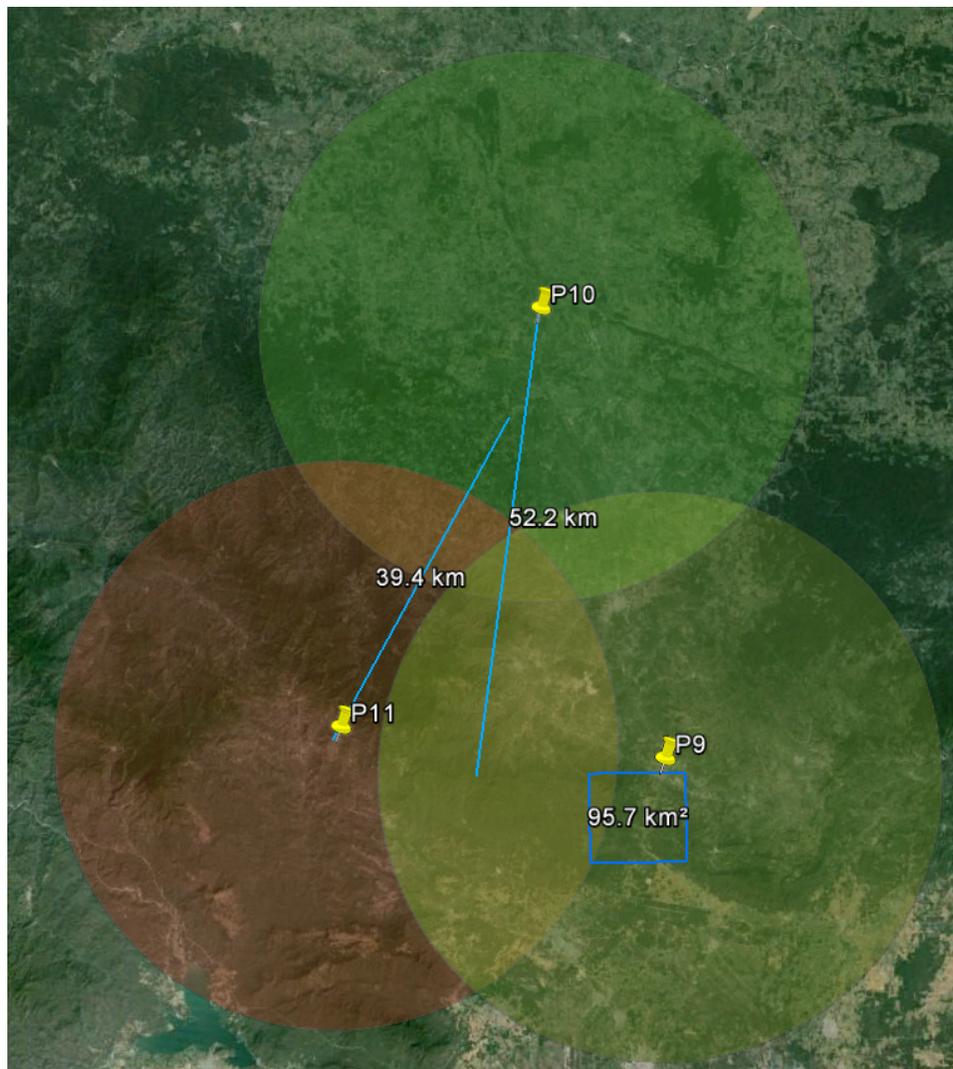


Figure 5 Planeación de ubicación para puntos de control

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## TRAYECTORIA DE LA AERONAVE

La trayectoria de la aeronave durante la misión es esencial para garantizar la precisión requerida en proyectos con tecnología LiDAR, el proceso de la trayectoria consta de lo siguiente:

- Descargar los datos GPS de las dos estaciones activas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI. <ftp://geodesia.inegi.org.mx/> para este proyecto se utilizaron las estaciones ubicadas en Tuxtla Gutiérrez (ITUX), Oaxaca (OAX2) y Villahermosa (UQRO).
- Se comienzan los cálculos de coordenadas para los puntos base en conjunto con la información descargada anteriormente. Todo esto se realiza usando el software GrafNet 8.2. La precisión hasta este paso puede ser comprobada al examinar los residuales de la triangulación de la red como se muestra a continuación.

Para más detalles de los resultados, por favor revisar el archivo .txt incluidos en esta entrega.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 04 de Mayo 2015.

***** CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE) *****			
STA. NAME	-- RE -- (m)	-- RN -- (m)	-- RH -- (m)
ITUX	0.0182	0.0107	-0.0126
OAX2	-0.0225	-0.0193	0.0382
VIL2	0.0070	0.0085	-0.0241
-----			
RMS	0.0172	0.0137	0.0270

Comunidad forestal Oaxaca 3.

```

*****
      OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)
*****
STA_ID      -- LATITUDE --  -- LONGITUDE --  - ELLHGT -
T6408      16 42 40.30226  -94 59 31.31749  204.9356
G6003      15 46 21.15844  -96 15 27.60534  128.5553
G8057      16 37 07.60956  -94 58 46.53844   54.8633
ITUX       16 44 57.93394  -93 07 18.33783  551.7615
OAX2       17 04 42.02418  -96 43 00.25677 1607.2963
VIL2       17 59 25.47865  -92 55 51.94804   27.7160
    
```

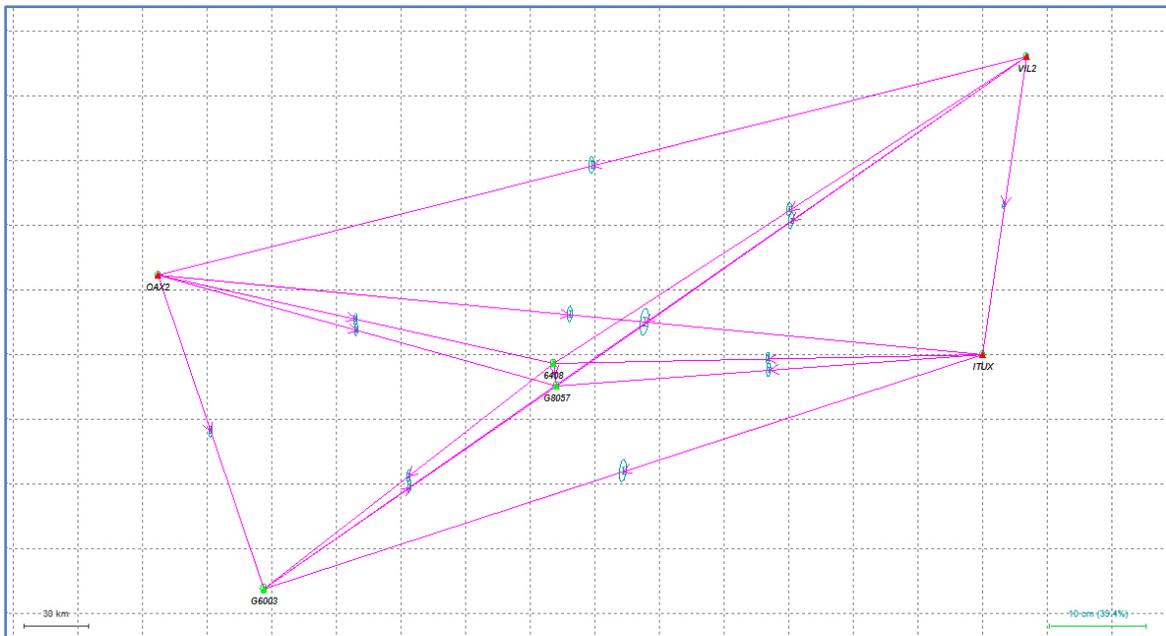


Figure 6 Ajuste de la base y estaciones activas

Calculo de trayectoria usando las coordenadas de la estación base, y la información del GPS/IMU aerotransportado usando el software Inertial Explorer 8.2

Comunidad forestal Oaxaca 3.

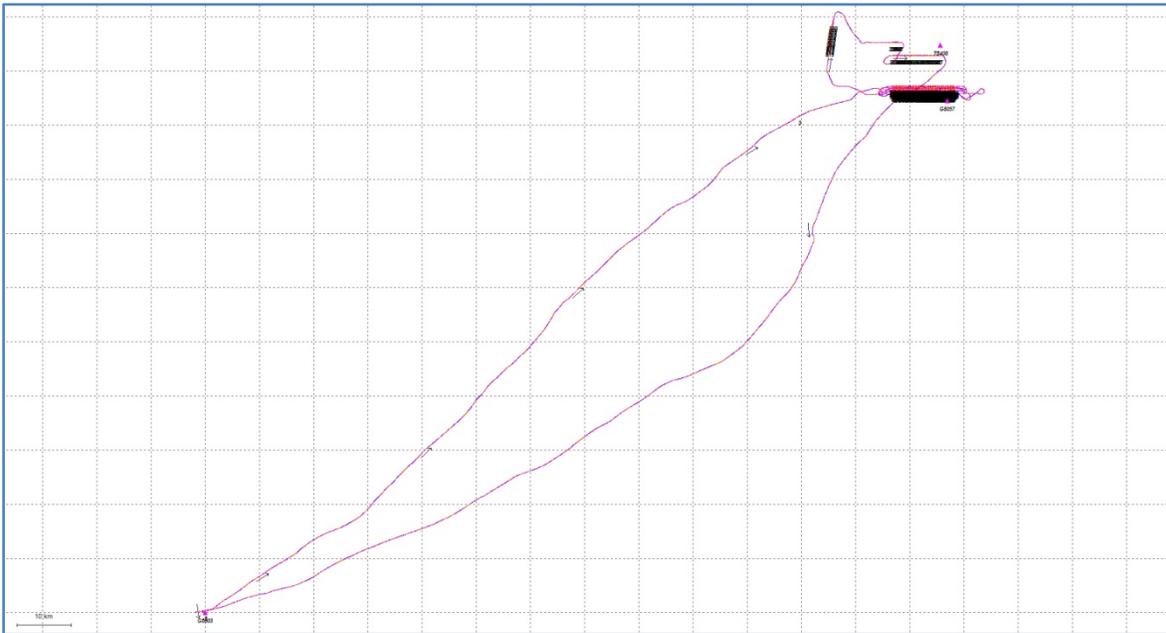


Figure 7 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 09 de Mayo 2015.

```

*****
CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)
*****

```

STA. NAME	-- RE -- (m)	-- RN -- (m)	-- RH -- (m)
ITUX	0.0113	0.0121	0.0592
OAX2	-0.0150	-0.0220	-0.0776
VIL2	-0.0007	0.0097	0.0192
RMS	0.0109	0.0155	0.0574

```

*****
OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)
*****

```

STA_ID	-- LATITUDE --	-- LONGITUDE --	- ELLHGT -
G6042	15 46 21.15879	-96 15 27.60538	128.5795
G8057	16 37 07.60932	-94 58 46.53780	54.9679
ITUX	16 44 57.93399	-93 07 18.33807	551.8333
OAX2	17 04 42.02409	-96 43 00.25652	1607.1805
T6408	16 42 40.30252	-94 59 31.31714	205.0430
VIL2	17 59 25.47868	-92 55 51.94830	27.7593

Comunidad forestal Oaxaca 3.

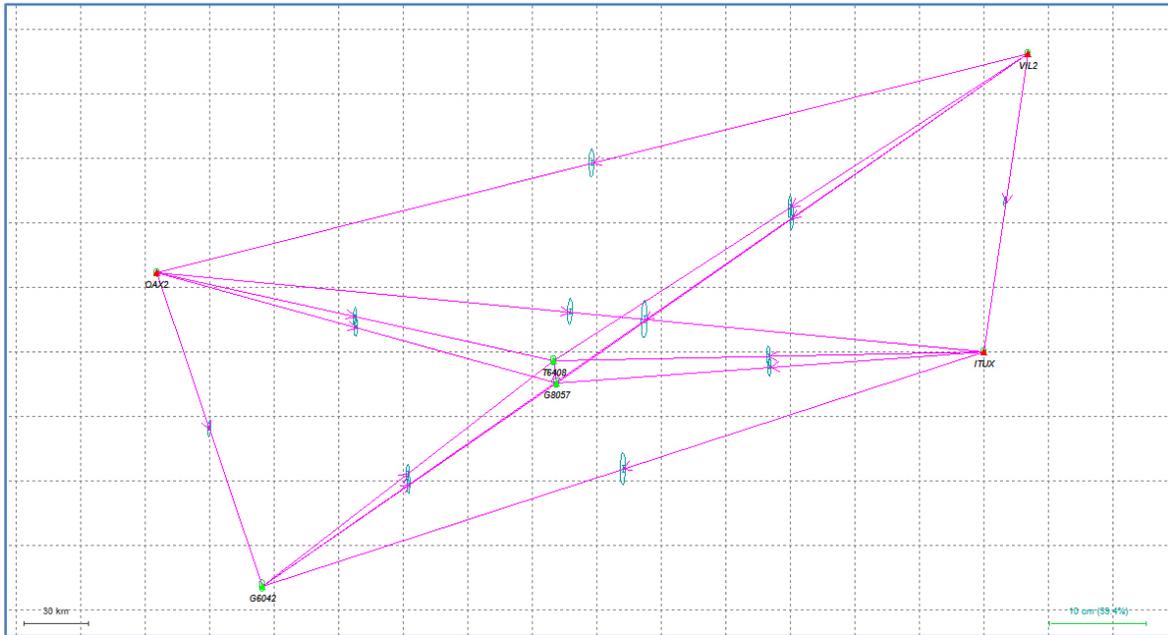


Figure 8 Ajuste de la base y estaciones activas

Calculo de trayectoria usando las coordenadas de la estación base, y la información del GPS/IMU aerotransportado usando el software Inertial Explorer 8.2

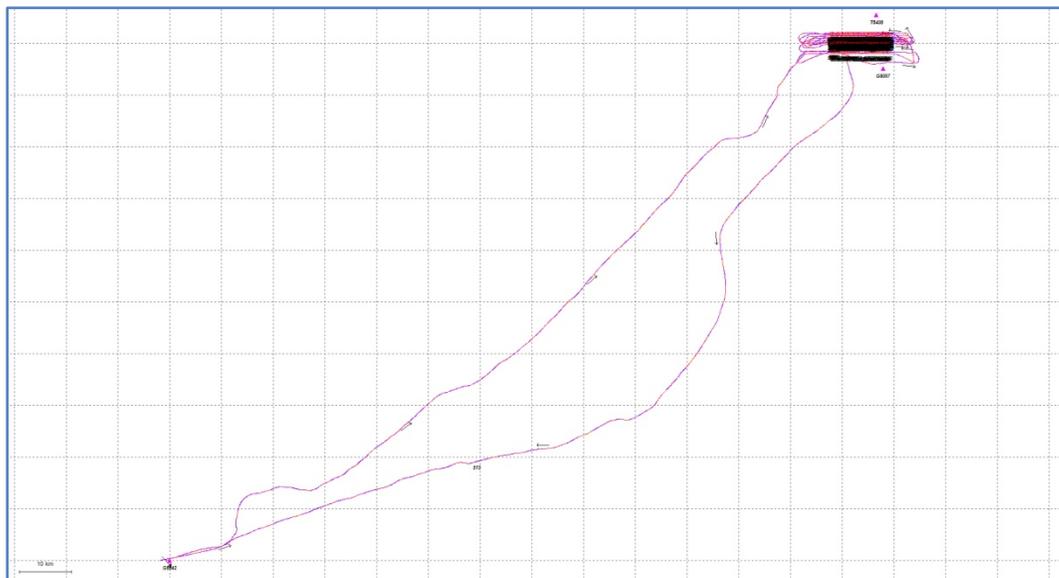


Figure 9 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

Comunidad forestal Oaxaca 3.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 13 de Mayo 2015.

```

*****
CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)
*****
STA. NAME    -- RE --    -- RN --    -- RH --
              (m)      (m)      (m)
ITUX         0.0054   -0.0024   0.0602
VIL2        -0.0052    0.0038  -0.0602
-----
RMS          0.0053    0.0032    0.0602
    
```

```

*****
OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)
*****
STA_ID      -- LATITUDE -- -- LONGITUDE -- -- ELLHGT --
G6042      15 46 21.15758 -96 15 27.60468 128.4726
G8057      16 37 07.60885 -94 58 46.53955  54.8689
ITUX       16 44 57.93352 -93 07 18.33827 551.8343
OAX2       17 04 42.02385 -96 43 00.25848 1606.9611
T6408      16 42 40.30180 -94 59 31.31827 204.9763
VIL2       17 59 25.47849 -92 55 51.94846  27.6799
    
```

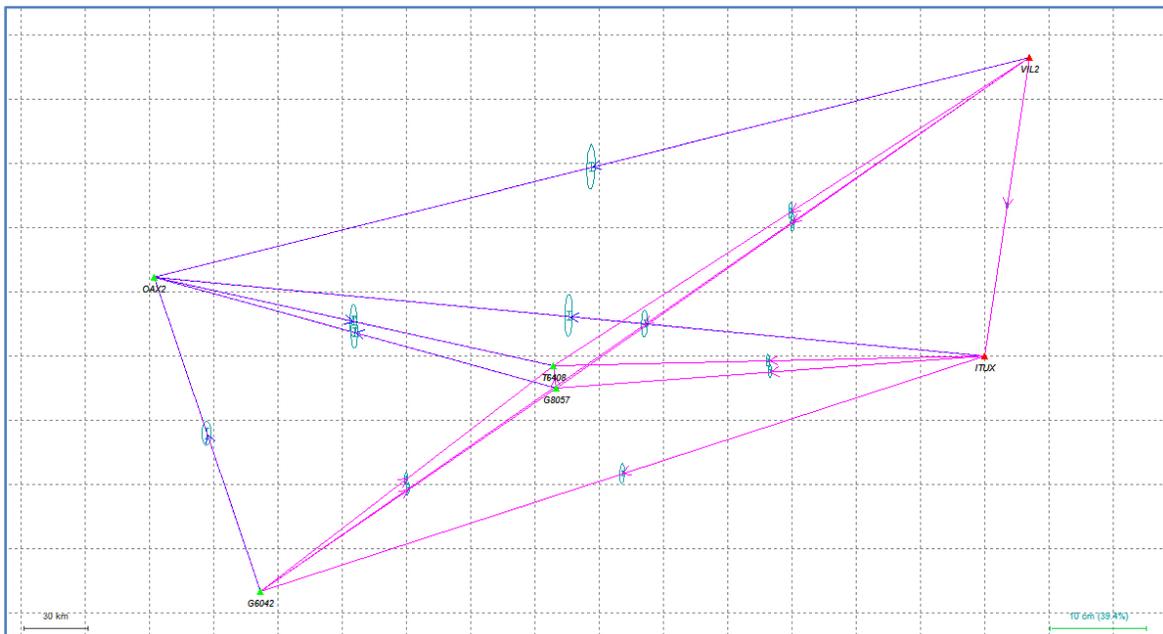


Figure 10 Ajuste de la base y estaciones activas

Comunidad forestal Oaxaca 3.

Calculo de trayectoria usando las coordenadas de la estación base, y la información del GPS/IMU aerotransportado usando el software Inertial Explorer 8.2

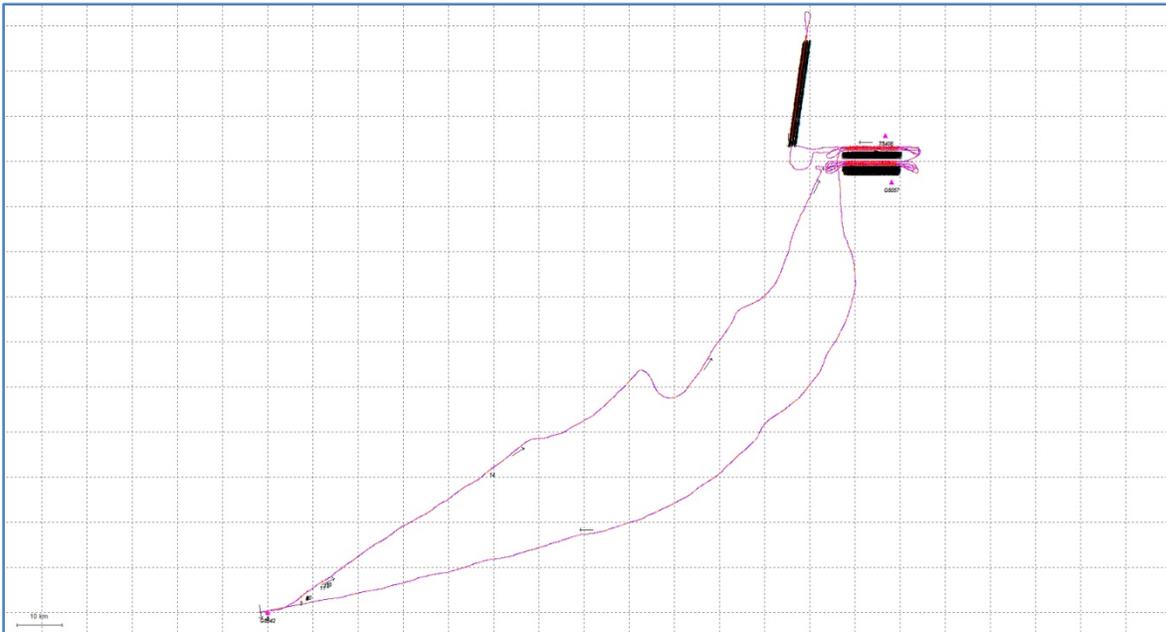


Figure 11 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 18 de Mayo 2015.

CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)			
STA. NAME	-- RE -- (m)	-- RN -- (m)	-- RH -- (m)
ITUX	0.0250	0.0134	0.0479
OAX2	-0.0143	-0.0155	0.0423
VIL2	-0.0077	0.0035	-0.0893
RMS	0.0172	0.0120	0.0634

Comunidad forestal Oaxaca 3.

```

*****
      OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)
*****
STA_ID      -- LATITUDE --  -- LONGITUDE --  - ELLHGT -
G6042      15 46 21.16145  -96 15 27.61241  128.5359
G8057      16 37 07.61009  -94 58 46.53623   55.0319
ITUX       16 44 57.93403  -93 07 18.33761   551.8219
OAX2       17 04 42.02430  -96 43 00.25649  1607.3004
T6408      16 42 40.30262  -94 59 31.31610   205.0749
VIL2       17 59 25.47848  -92 55 51.94854    27.6508
    
```

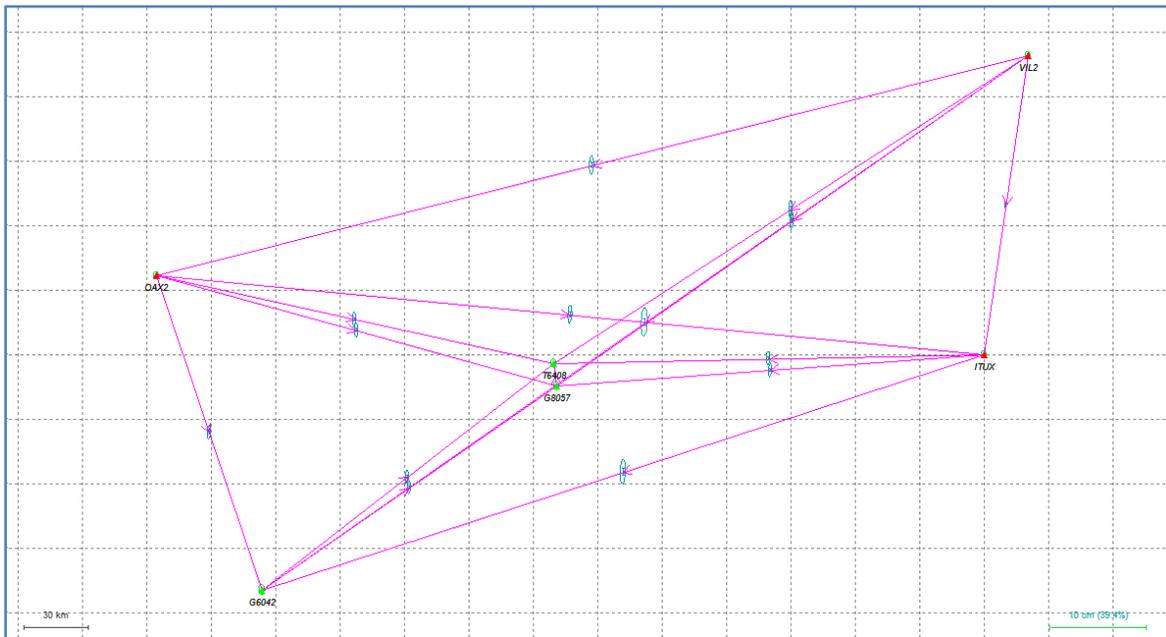


Figure 12 Ajuste de la base y estaciones activas

Calculo de trayectoria usando las coordenadas de la estación base, y la información del GPS/IMU aerotransportado usando el software Inertial Explorer 8.2

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

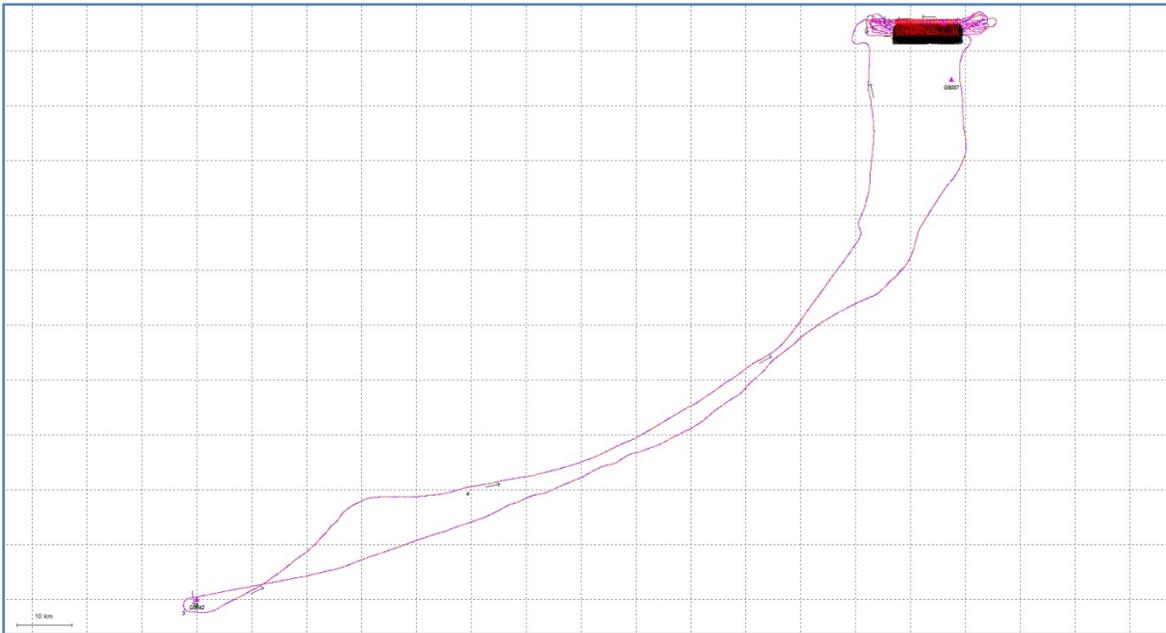


Figure 13 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La precisión de la trayectoria se puede analizar viendo el valor Q (Quality) y PDOP, parámetros que son reportados a cada segundo por el software. El valor Q va desde 1 para muy bueno hasta 6 para malo. El valor Q es el indicador de la exactitud posicional que el software determina considerando el número y ubicación de los satélites GPS junto con la información de la Unidad de Medición Inercial (IMU).

En el Anexo 2 se muestra una impresión de pantalla parcial de los resultados del cálculo de las trayectorias. Información relevante para ver en esos reportes es el numero de satélites “S”, la calidad de la observación, expresada como “Q” y el PDOP que va del 1 al 4, siendo uno la geometría ideal para la constelación de los satélites.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## PROCESAMIENTO DEL LIDAR

Una vez que se ha calculado la trayectoria del vuelo LiDAR, se post procesan los datos utilizando el software RiProcess, este software realiza un ajuste a la nube de puntos de líneas sobrepuestas para alinearlas vertical y horizontalmente.

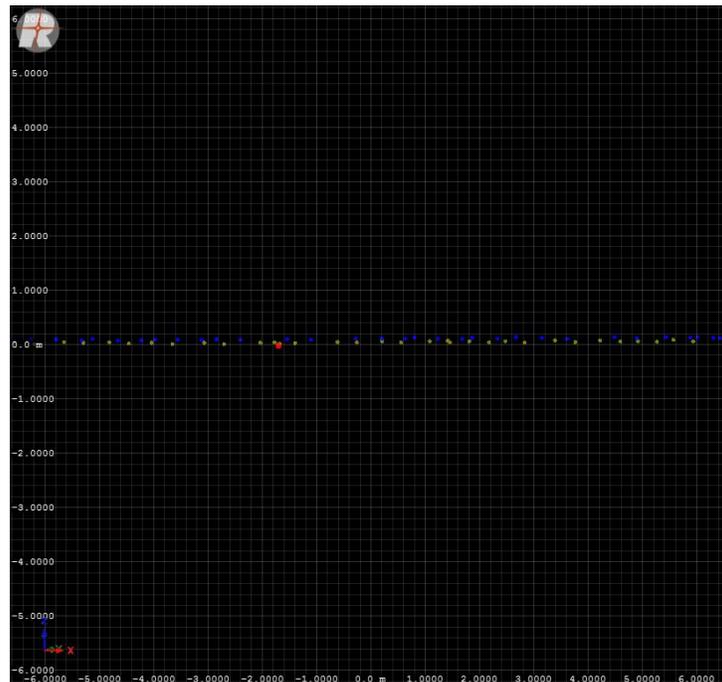


Figure 14 Ajuste de nube de puntos LiDAR

Los parámetros del procesamiento son esenciales para obtener los resultados deseados y acordes a las especificaciones del proyecto.



Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Procesamiento y Control de Calidad

Para garantizar la buena calidad de la información y el cumplimiento de las especificaciones se realizaron diversos controles de calidad durante el procesamiento y generación de los entregables.

Para el proyecto se adquirieron un total de 56 líneas de vuelo en cuatro sesiones los días 04, 09, 13 y 18 de Mayo del 2015.

Cada una de las líneas cuenta con un campo de visión de 30° ( -15° a 15° sobre el nadir) tal como se requiere contractualmente.

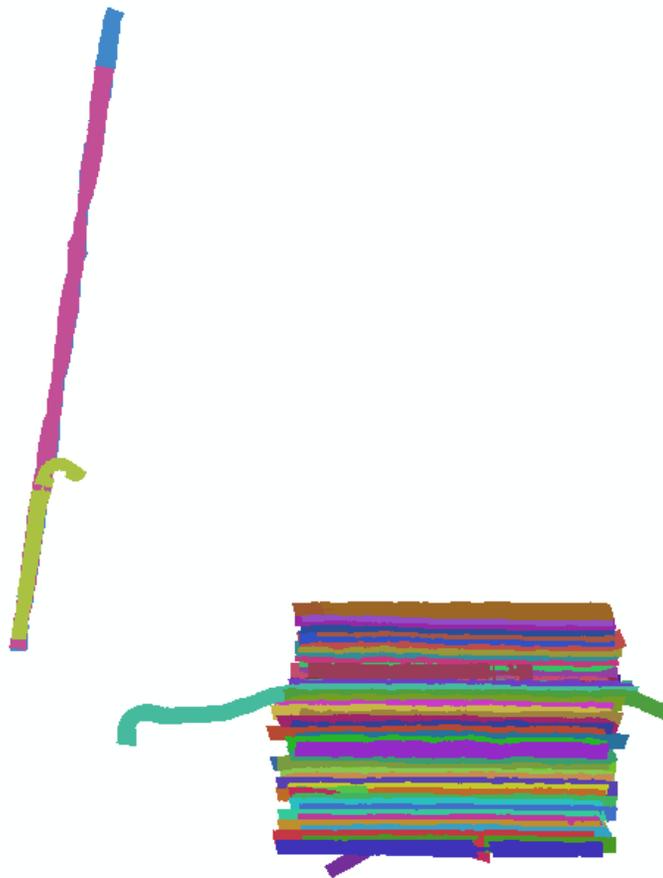


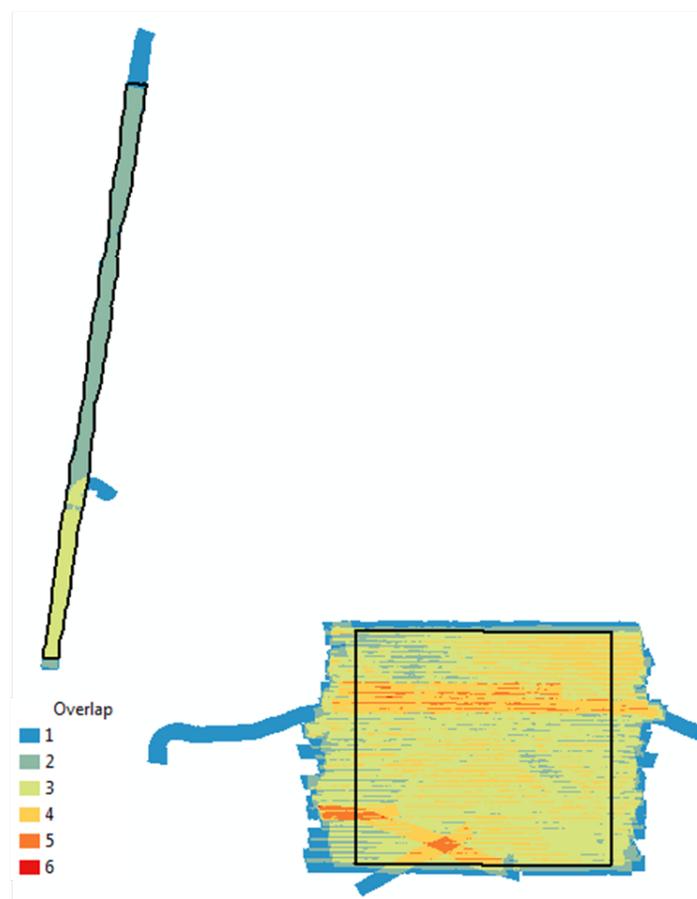
Figure 16 Vista de las 56 líneas de vuelo

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

#### Validación de cobertura y precisión de la información. (QC)

Utilizando las 56 líneas efectivas dentro del proyecto, se validó que el traslape entre éstas fuera al menos 50% para cada una de las zonas antes definidas, procurando que toda la zona estuviera cubierta al menos por dos líneas de vuelo diferentes.

Los resultados siempre fueron superiores, ya que obtuvimos zonas donde se cruzaban hasta 6 líneas.



*Figure 17 Cantidad de traslape entre líneas de vuelo para cada una de las zonas, el color azul muestra las únicas zonas donde el traslape no es mayor al 50%.*

El procesamiento de los datos LiDAR cuenta con una precisión relativa de +/- 15 cm en vertical para áreas planas, esto significa que la variación de elevación entre las líneas traslapadas específicamente en zonas planas y libres de vegetación debe encontrarse en ese rango.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Con el fin de validar esta precisión se realizó un muestreo en diferentes puntos, buscando zonas planas y comprobando que la separación entre los puntos de diferentes líneas no tuvieran mayor separación a 15cm.

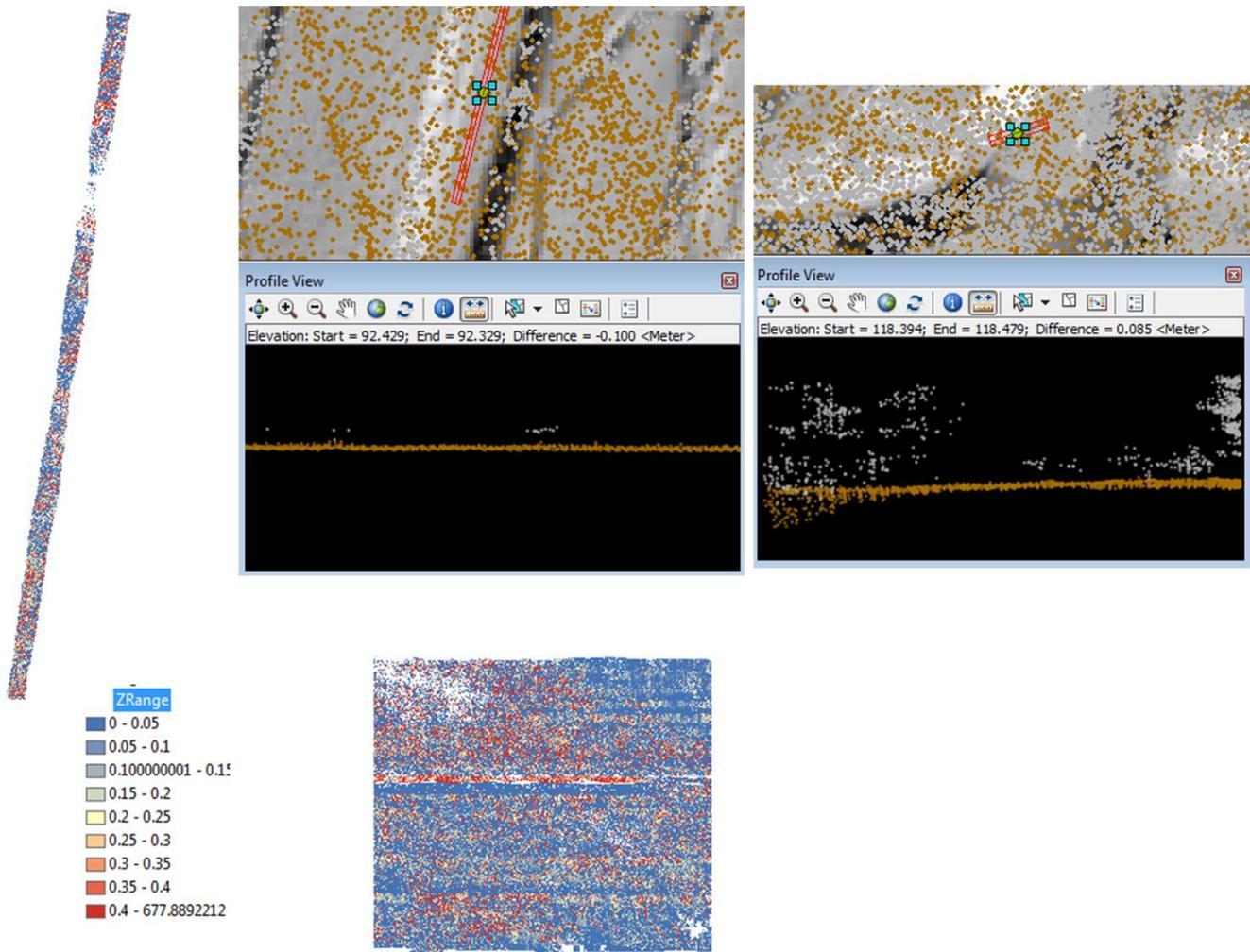
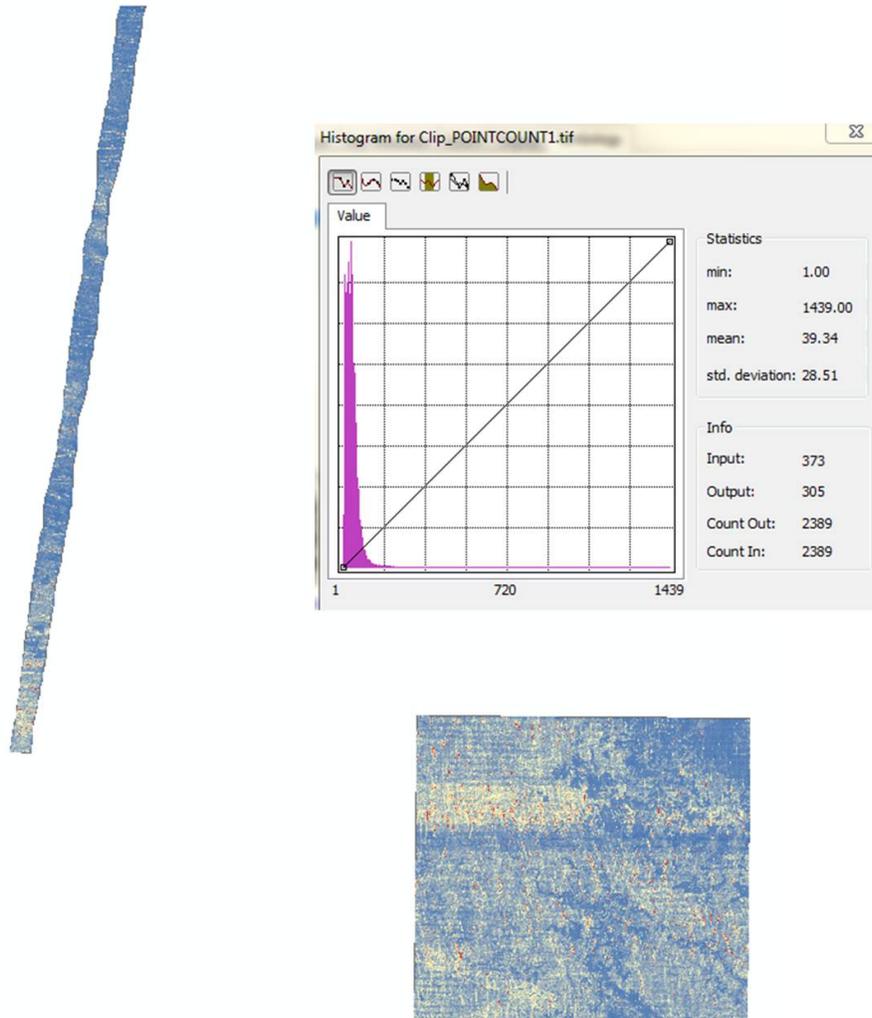


Figure 18 Distribución de los muestreos en el proyecto. Se muestran dos ejemplos donde la diferencia de elevación oscila entre los límites.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Delimitando los límites del proyecto (un cuadrante y un transecto), se calculó la densidad de puntos para la zona de interés obteniendo los siguientes resultados:



*Figure 19 Densidad de puntos por metro cuadrado para cada una de las zonas en el proyecto.*

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Debido a diversos factores como pueden ser; vegetación, reflectancia, topografía, cuerpos de agua, entre otros, la densidad de puntos puede ser menor a la estimada, por lo cual se revisó y analizó las zonas con menos de los puntos esperados.

Identificamos el porcentaje con menos de 8 pts/m<sup>2</sup> para cada una de las zonas, y observamos que la distribución de estos es dispersa o se debe principalmente a la presencia de nubes, sin embargo no tuvo un efecto directo en la calidad de los productos generados.

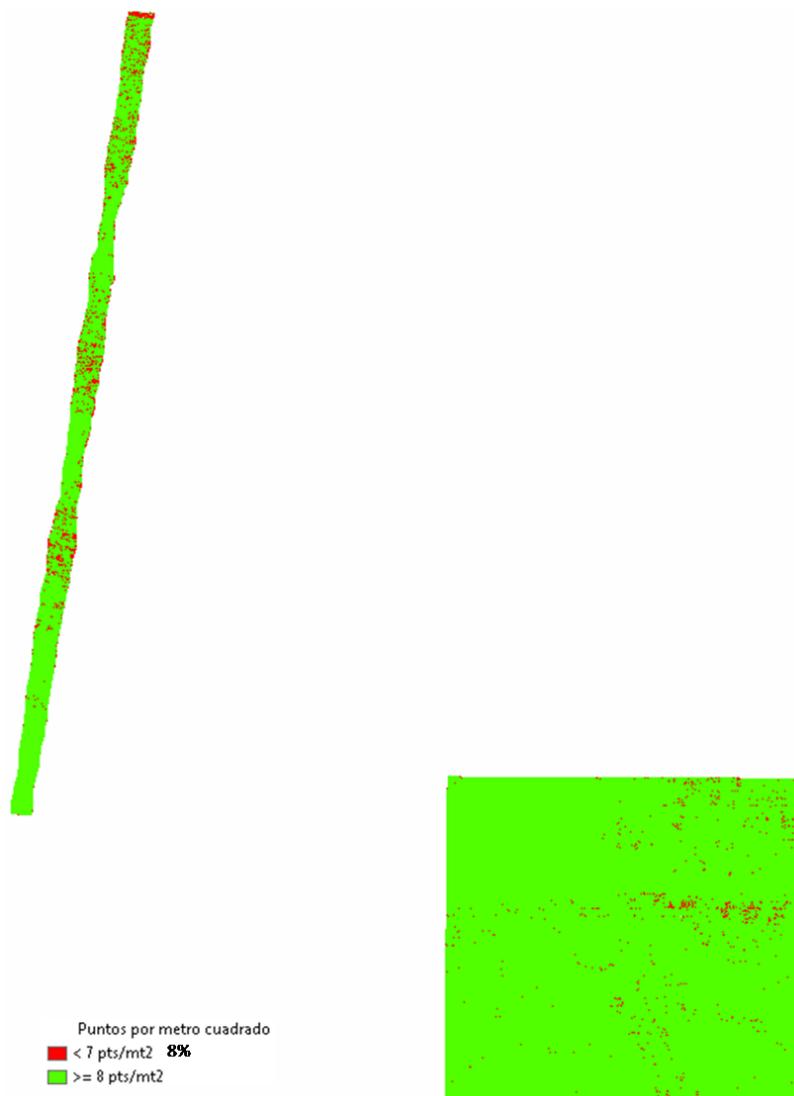


Figure 20 Distribución y porcentaje de coberturas del proyecto basado en la densidad de puntos por metro cuadrado.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Con el fin de validar la precisión absoluta de los datos LiDAR se realizó una comprobación con los puntos de apoyo levantados para el proceso de aerotriangulación.

Se utilizaron 11 puntos distribuidos sobre el área volada para realizar la comprobación de la precisión, analizando visualmente las diferencias de elevación entre el punto levantado y los datos LiDAR, obteniendo un RMSE = 0.02 m

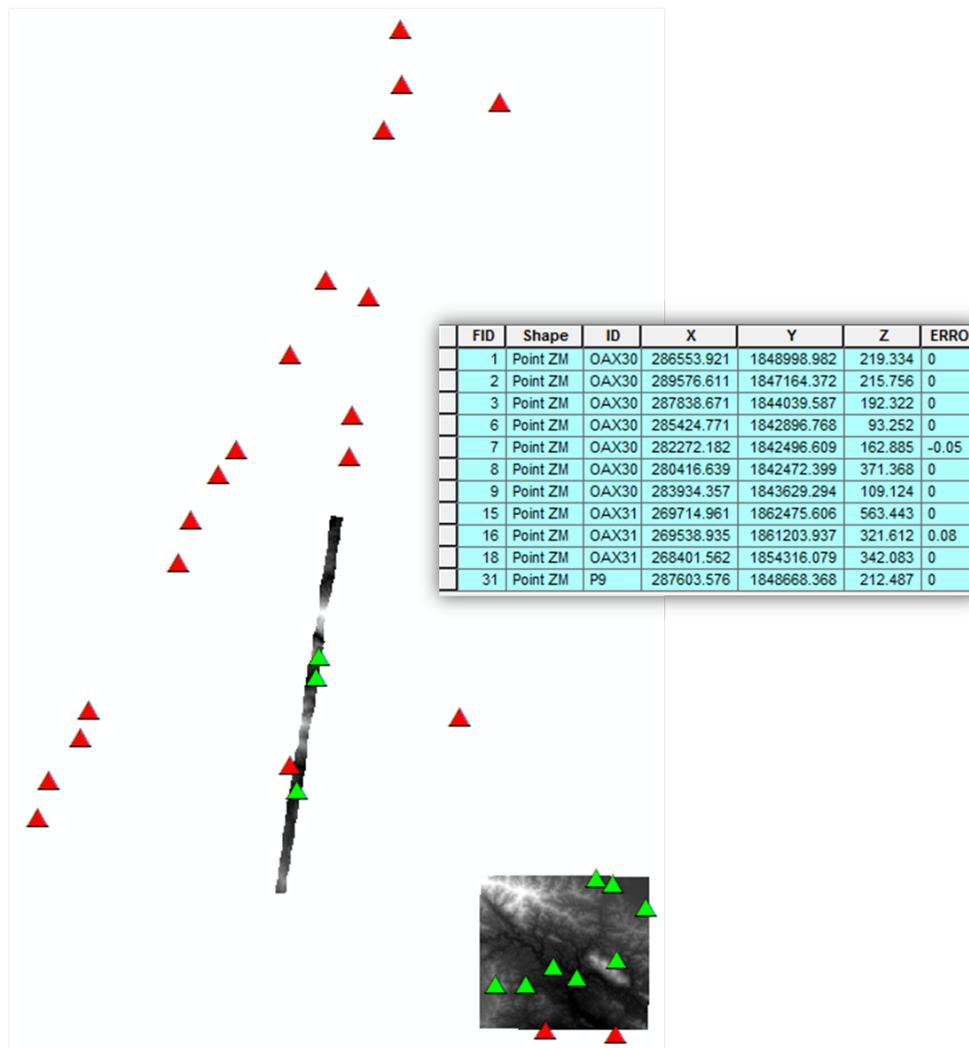


Figure 21 Distribución y cálculo de las diferencias de elevación, los 5 puntos verdes fueron los utilizados para el cálculo del RMSE.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

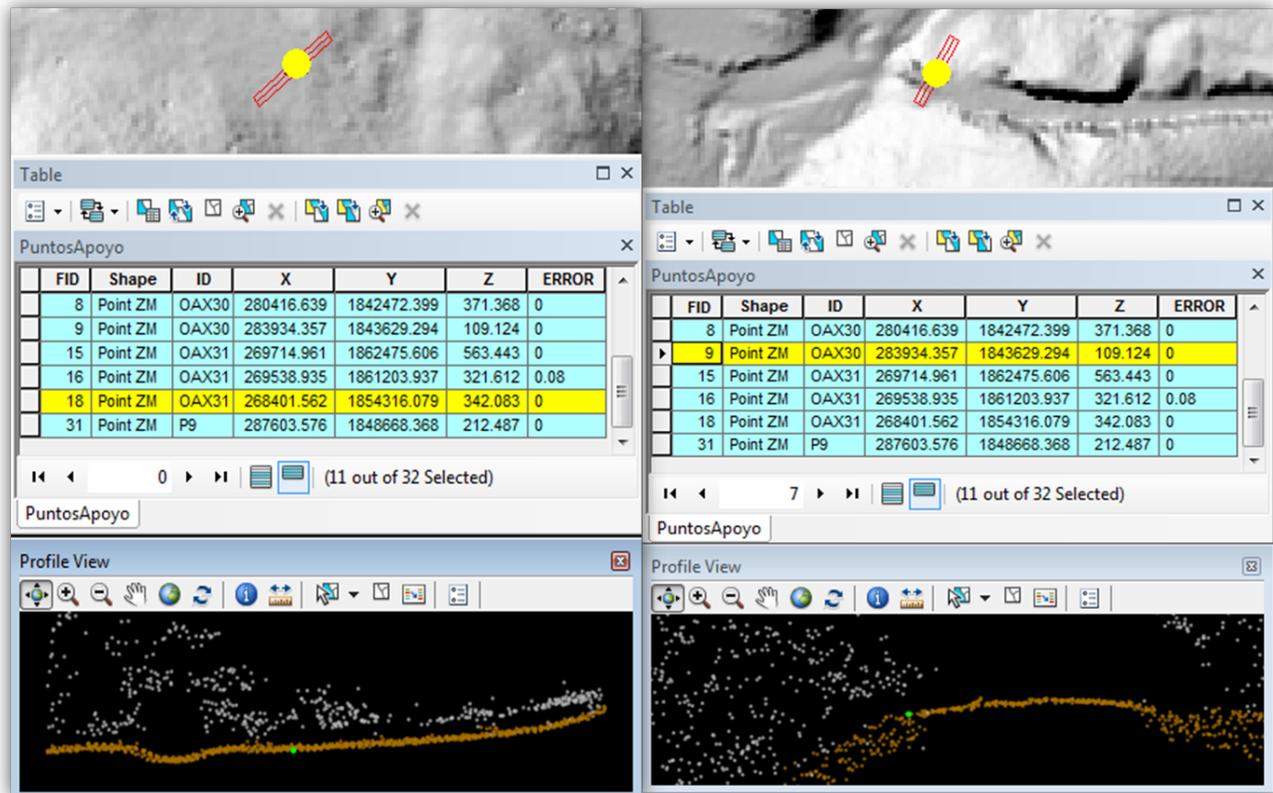


Figure 22 Ejemplos de la cuantificación visual del error entre los puntos de apoyo y LiDAR. Los puntos verdes corresponden al punto de apoyo comparado con LiDAR, apreciado desde una vista transversal.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Clasificación de los datos LiDAR

Tras validar la cobertura y que la misma cuente con las características técnicas necesarias, se realizó una clasificación de los puntos de acuerdo a las especificaciones del formato LAS v1.2. Clasificando los puntos que corresponden al terreno como Class = 2

Con el fin de hacer más eficiente el proceso de clasificación se dividió el total de datos en hojas de 800 por 800 metros cada una, más 10 metros de traslape entre sí, asegurando que la clasificación sea optima. Este formato de hojas fue únicamente temporal.

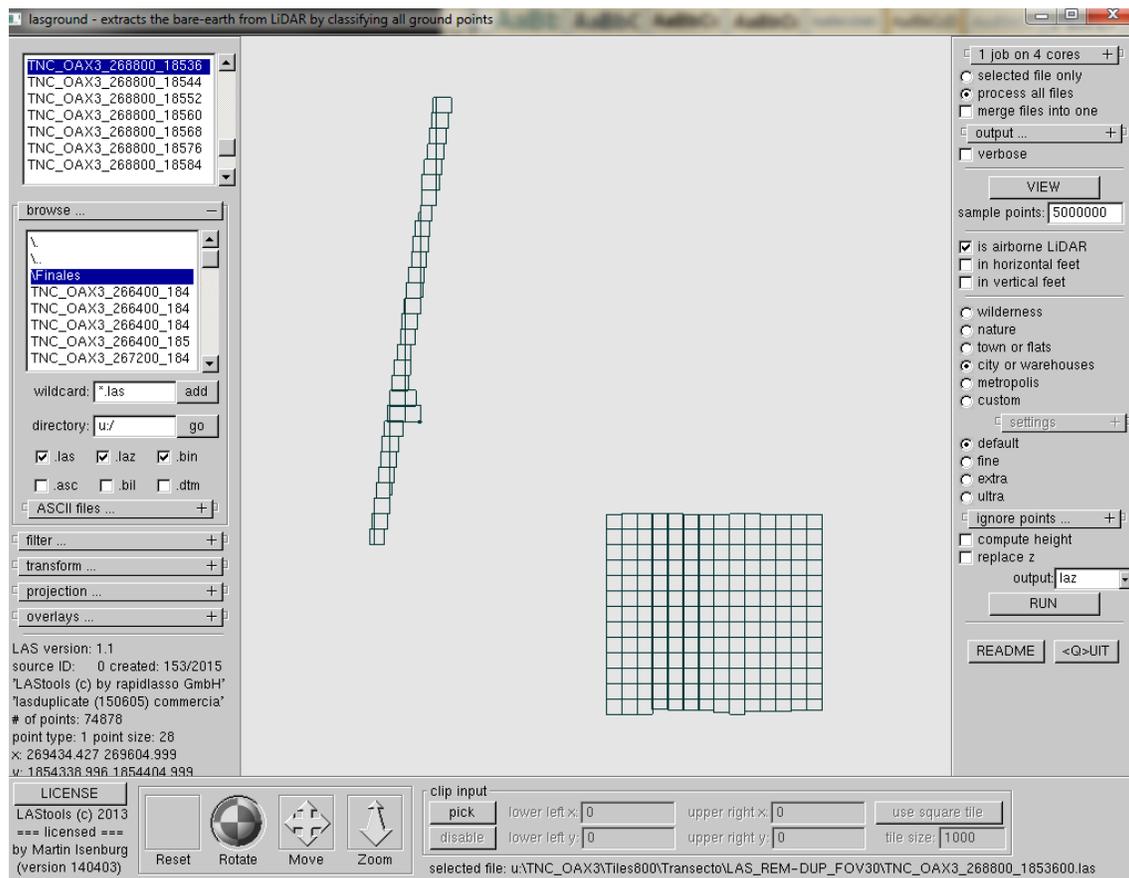


Figure 23 Clasificación de la nube de puntos usando el software LASTools (c) 2013

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

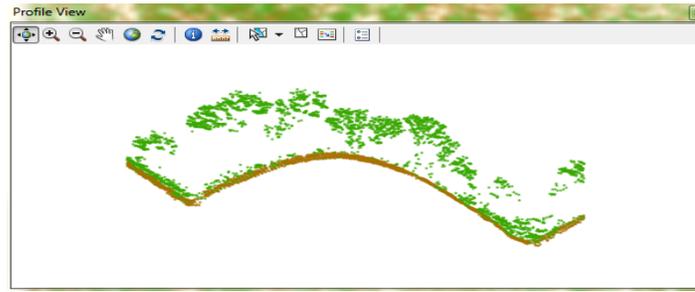


Figure 24 Cortes transversales sobre la nube de puntos clasificada, los puntos en café están clasificados como bare-earth los puntos en verde como unclassified

Tras la clasificación se realiza un control de calidad buscando errores en el terreno debido a puntos mal clasificados. Este procedimiento consiste en identificar los errores y reclasificar los puntos manualmente.

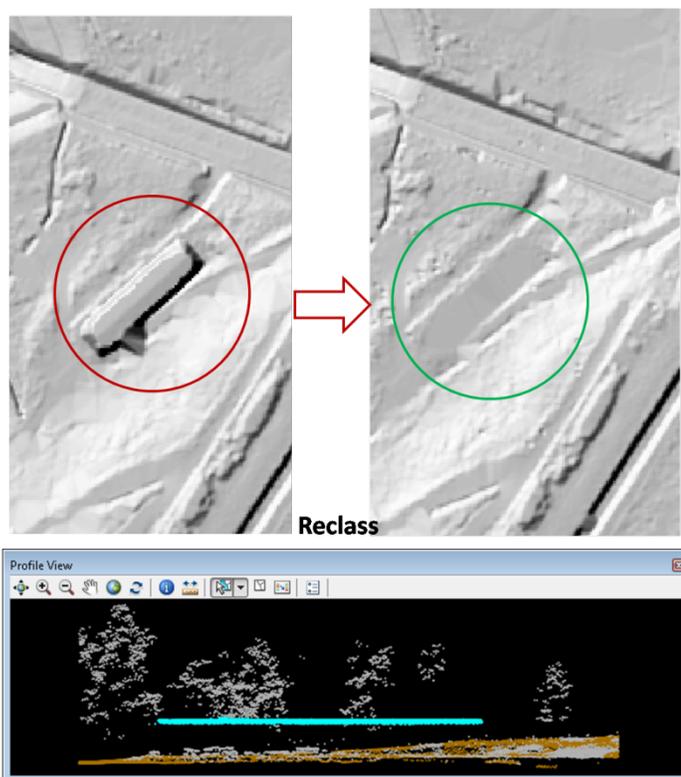
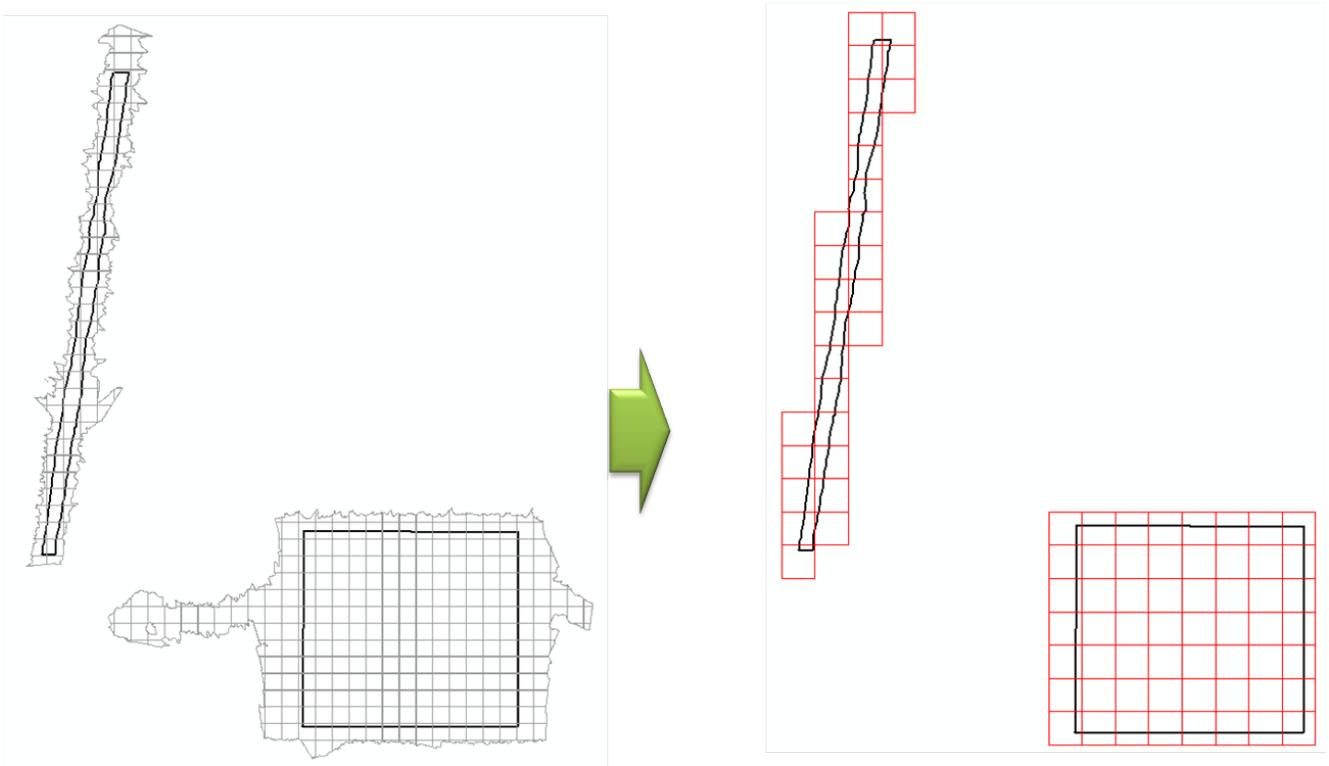


Figure 25 Ejemplo de los errores detectados en el terreno debido a puntos mal clasificados, corrección mediante la reclasificación manual y el resultado tras la misma.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

Una vez completado el control de calidad, se reconstruyeron las hojas temporales, se cortó la información de acuerdo al formato de entrega y se limitó a los polígonos definidos previamente como límites del proyecto.



*Figure 26 Generación de entregables LiDAR en hojas de 1,500 x 1500 metros.*

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Reporte estadístico del entregable LiDAR (84 archivos LAS v1.2)

Distribución de puntos según su clasificación:

ClassCodes	Points	Percent	Z Min	Z Max
1_Unclassified	3,233,429,823	74.21	50	1644.41
2_Ground	1,123,901,767	25.79	50	1155.83

Distribución del total de puntos según su número de retorno:

Returns	Points	Percent	Z Min	Z Max
First	1,445,298,990	33.17	50.01	1644.41
Second	1,133,538,953	26.01	50	1642.17
Third	879,595,208	20.19	50	1635.73
Fourth	540,997,334	12.42	50	1632.86
Fifth	247,980,341	5.69	50.01	1620.94
Sixth	84,133,135	1.93	50	1591.47
Seventh	25,787,629	0.59	50	1169.06
<b>All</b>	<b>4,357,331,590</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>1644.41</b>

Rangos según principales atributos de los datos:

Attributes	Range_Min	Range_Max
Return_No	1	7
Intensity	72	65535
Class_Code	1	2
Scan_Angle	-15	15
User_Data	0	255
Point_Source	1	56

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Entregables

Para un manejo más adecuado de la información se realizó una malla ortogonal y cartesiana con dimensiones de 1.5 km por 1.5 km para la extensión del proyecto. Donde R#### corresponde a la Fila y C#### a la columna, obteniendo un total de 84 hojas.

El origen de cada malla se calculó a partir de un par de coordenadas en UTM en valores cerrados y múltiplos de 500 (ej. 253,000 : 2,973,500) mismo que está ubicado en el extremo superior izquierdo del polígono de cobertura para cada zona. De esta forma las filas aumentan hacia el Sur y las columnas hacia el Este.

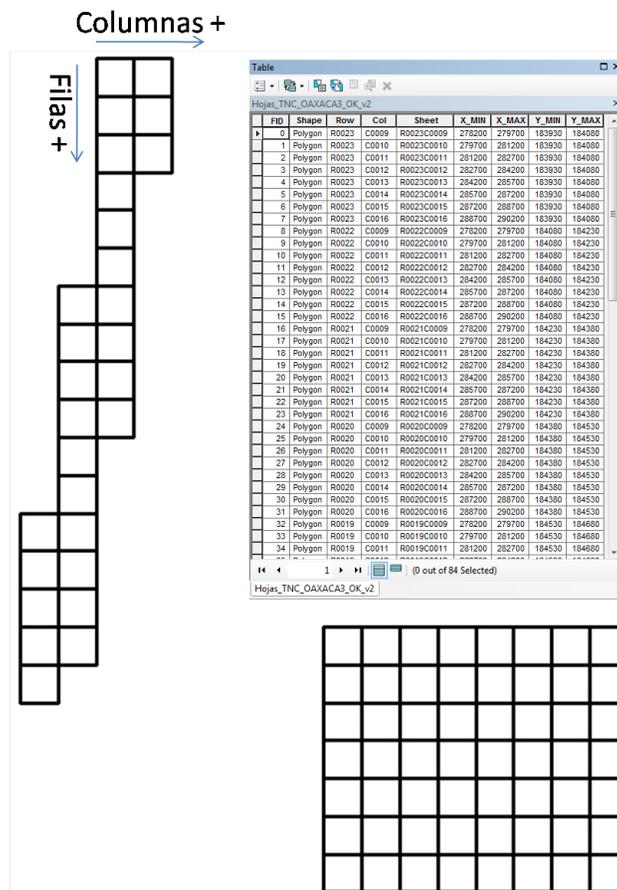


Figure 27 Formato de hojas.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

#### Archivos ASCII

Terminados los controles de calidad sobre los datos LiDAR, se genero en primer instancia el listado de las coordenadas para cada punto clasificado como Terreno, mismos que serán usados para la generación de los Modelos Digitales de Terreno.

La estructura de los archivos entregados corresponde con el formato de hojas previamente definido e incluye X, Y, Z, Intensidad, Retorno y Numero de Retornos para cada punto usado en el MDT.

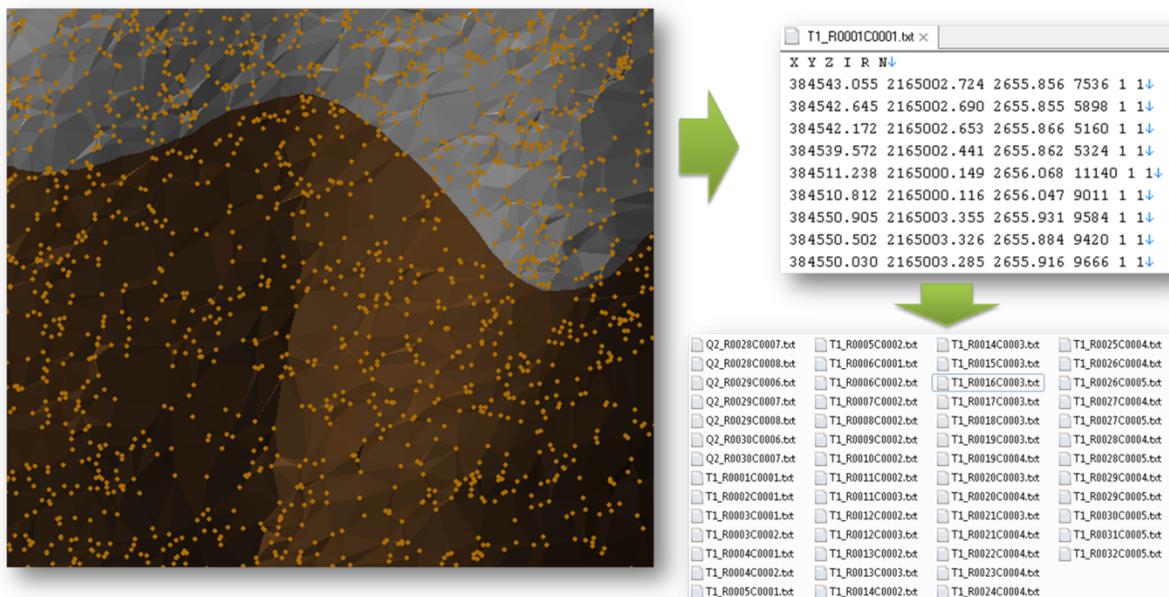


Figure 28 Ejemplo de la extracción de coordenadas para cada punto usado en el MDT para cada una de las zonas.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Modelo Digital de Terreno

A la par se generaron los Modelos Digitales de Elevación para cada una de las zonas, mediante un proceso de interpolación basado en una Red de Triángulos Irregulares (TIN) para los puntos clasificados como terreno (class = 2). Posteriormente se rasterizó con una resolución de 1m por pixel.

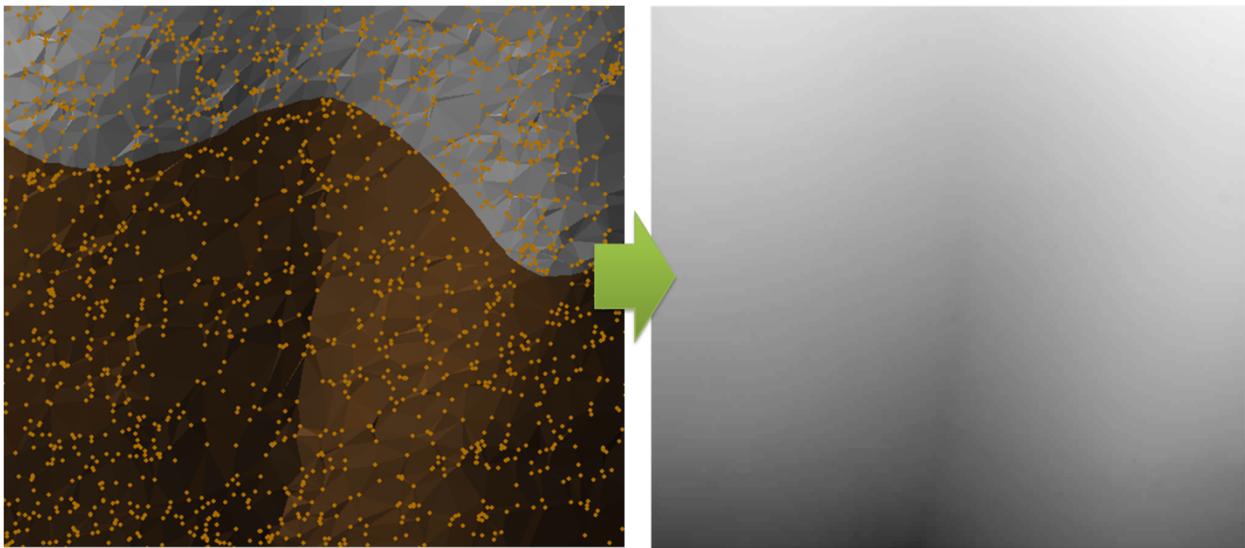


Figure 29 Proceso de interpolación y rasterización del MDT.

El entregable final se dividió en 84 archivos TIF apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo valores de elevación continuos en todo el proyecto.

Comunidad forestal Oaxaca 3.

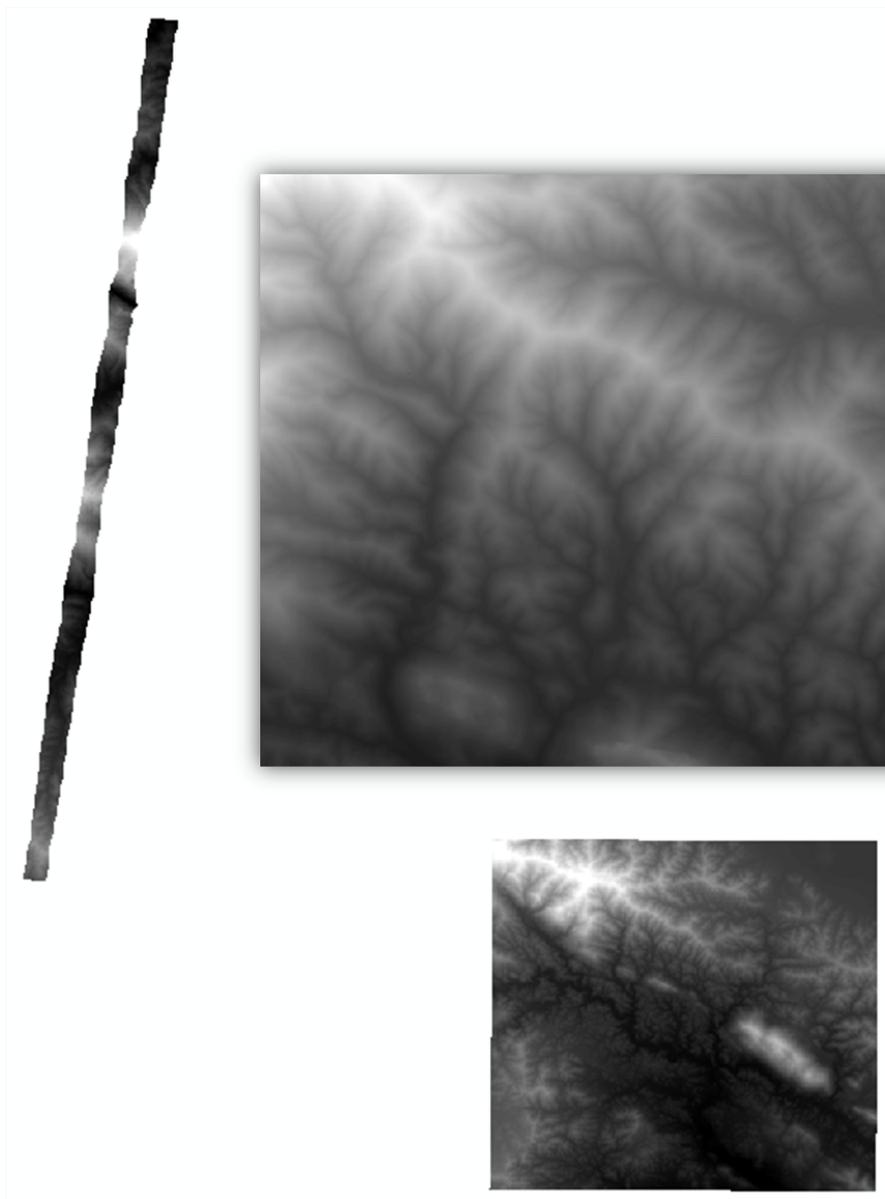
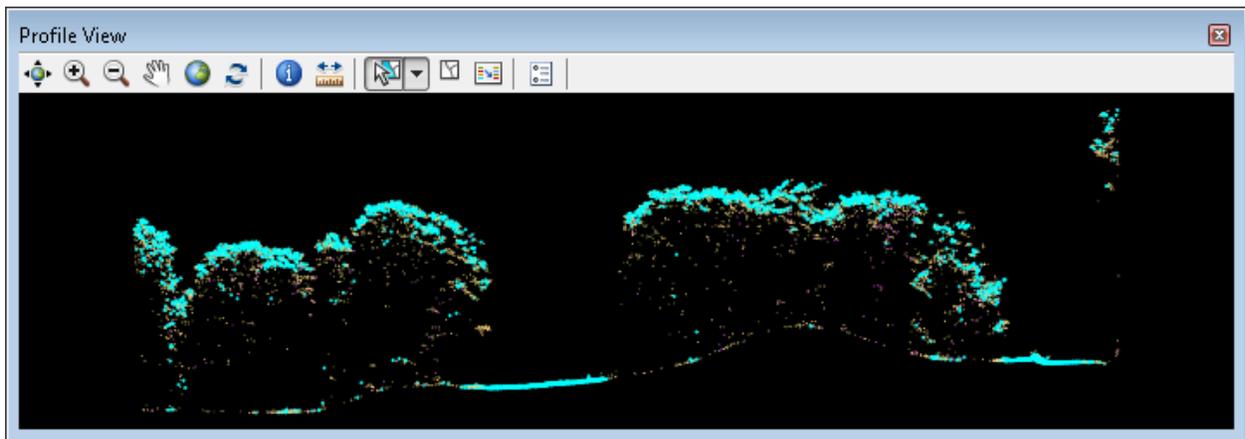


Figure 30 Modelo Digital de Terreno, con resolución de 1m por pixel.

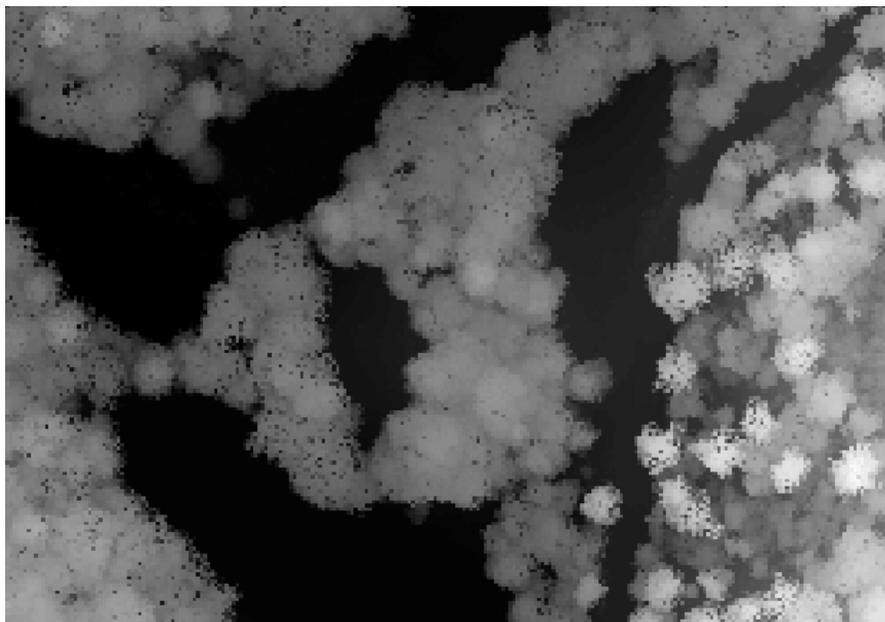
Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Modelo Digital de Superficie

El Modelo Digital de Superficie, representa la superficie escaneada incluyendo la vegetación y los elementos antrópicos existentes. A diferencia del MDT, para su generación se utilizaron los puntos identificados como primer retorno para obtener el valor máximo de elevación en cada píxel.



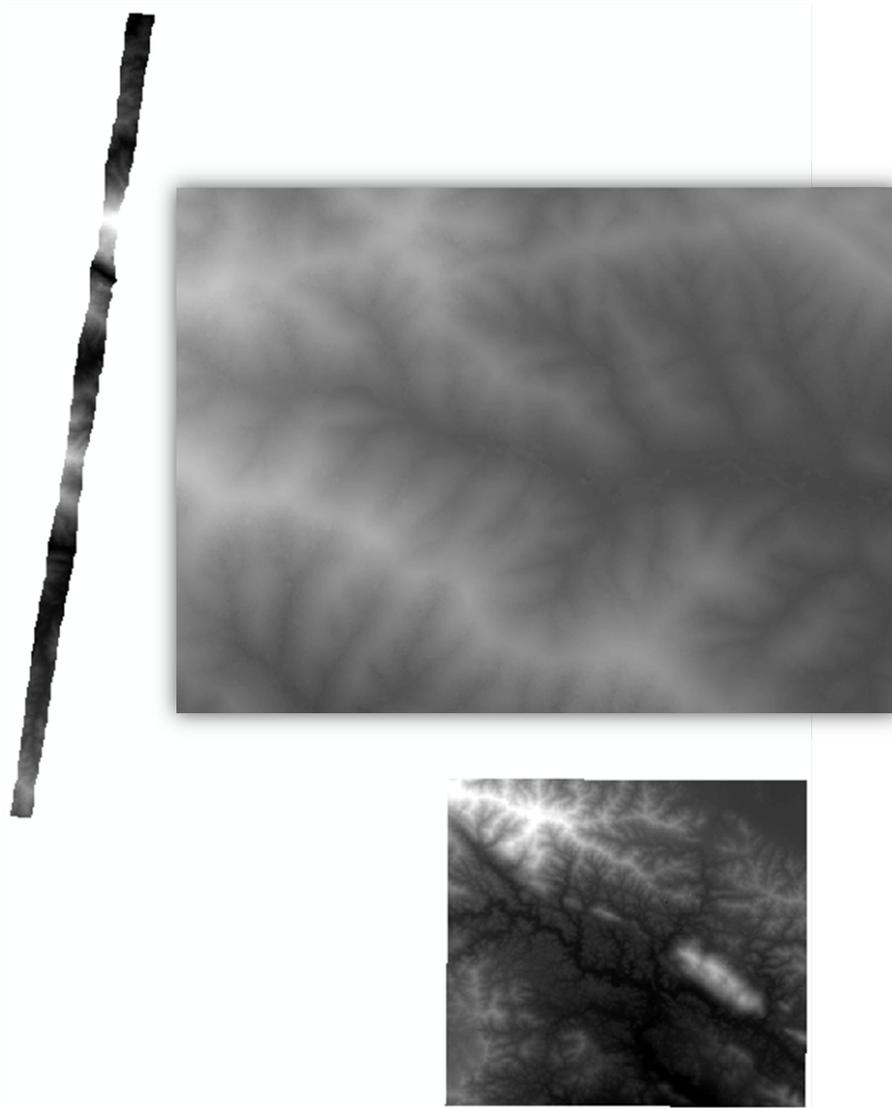
*Vista transversal mostrando los puntos del primer retorno en color cian.*



*Figure 31 Rasterización del Modelo Digital de Superficie.*

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

El entregable final se dividió en 84 archivos TIF apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo valores de elevación continuos en todo el proyecto.



*Figure 32 Modelo Digital de Superficie, con resolución de 1m por pixel.*

Comunidad forestal Oaxaca 3.

### Imágenes de simulación de sombreado del relieve.

Partiendo de ambos Modelos Digitales de Elevación (Terreno y Superficie) se generaron imágenes que simulan sombras, mediante una representación 3D en escala de grises de la superficie, tomando los Modelos Digitales de Elevación como fuente del relieve y determinando una posición relativa del sol para proyectar la sombra.

El entregable final se dividió en 84 archivos TIF apeándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo valores de elevación continuos en todo el proyecto.

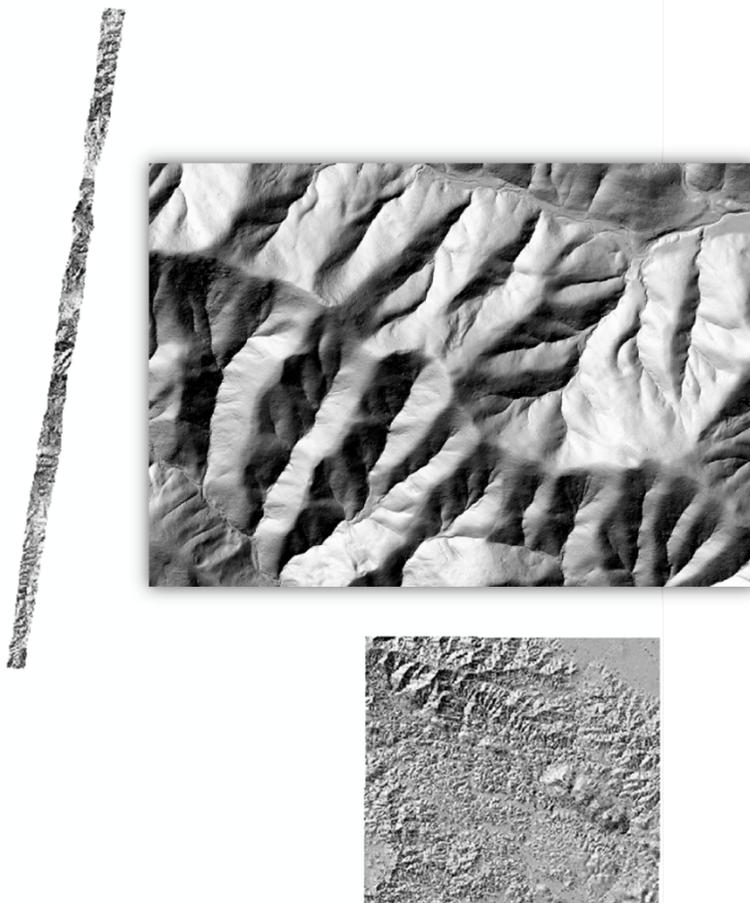


Figure 33 *Imágenes de simulación de sombreado para el Modelo Digital de Terreno*

Comunidad forestal Oaxaca 3.

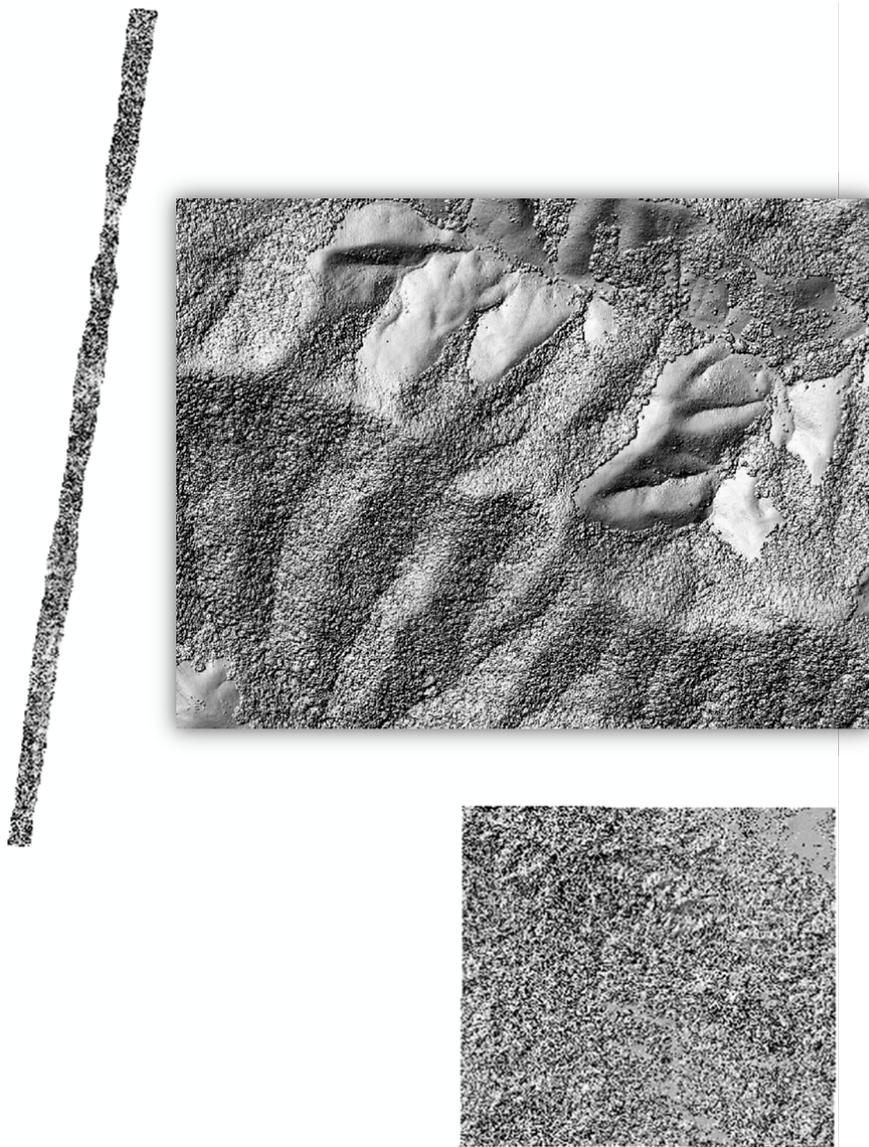


Figure 34 *Imágenes de simulación de sombreado para el Modelo Digital de Superficie.*

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Imágenes de intensidad.

Las Imágenes de intensidad se generan en base al valor de intensidad de los puntos LiDAR, esta medida representa la fuerza de retorno del pulso láser que genera el punto, basada en la reflectividad del objeto alcanzado por el pulso láser.

El valor de para cada pixel se determina con el promedio de la intensidad del total de puntos contenidos en ese pixel y se convierte a 8 bits, para obtener una imagen en escala de grises visualmente balanceada.

El entregable final se dividió en 84 archivos TIF apejándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, imágenes continuas en todo el proyecto.



Figure 35 *Imágenes de intensidad.*

Comunidad forestal Oaxaca 3.

## IMÁGENES Y ORTOFOTO

Las imágenes son procesadas una vez que se ha volado, es el departamento de procesamiento de imágenes el que se encarga de revisar el histograma de cada imagen, buscando una distribución homogénea, y validando que no exista nubosidad en las imágenes. Dependiendo del tipo de terreno y la complejidad del mismo, podría haber imágenes en donde exista nubosidad parcial, en esos casos nos aseguramos de que el porcentaje que contenga nubes no sea mayor al 7% de la imagen.

### Fotoíndice

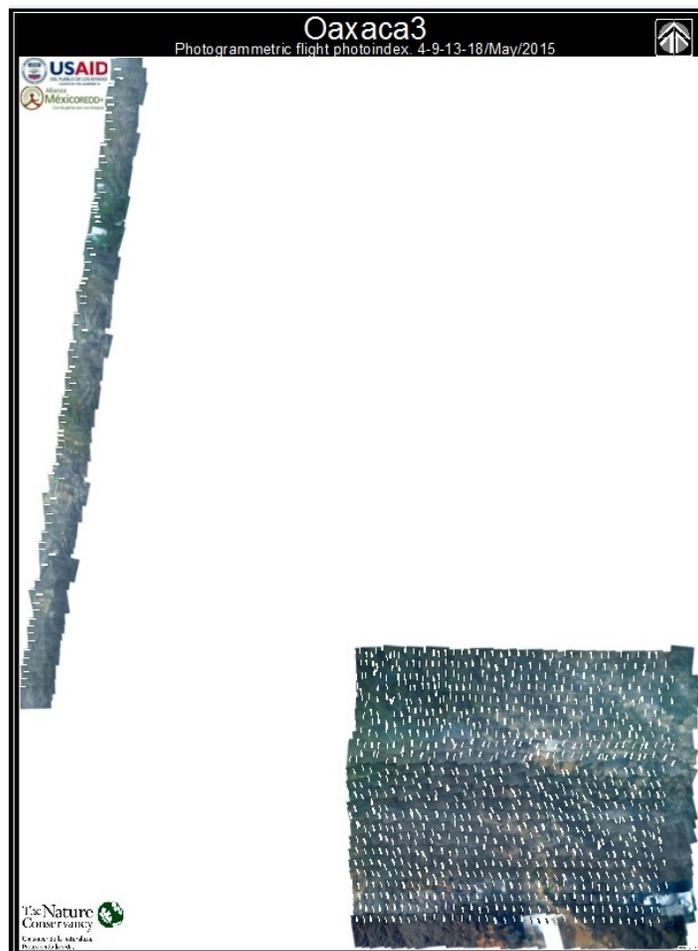


Figure 36 Fotoíndice

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Generación de ortofotos

El primer paso para la generación de ortofotos, es hacer la rectificación de las imágenes para eliminar las distorsiones horizontales y verticales principalmente debidas al relieve. Esto se realiza en el software ApplicationMaster de Inpho. Ya que las imágenes están rectificadas, el siguiente proceso es el Mosaqueo de las hojas, aquí es donde se unen las imágenes para formar hojas de Ortofoto de un determinado tamaño. Esto se hace en el software OrthoVista también software desarrollado por Inpho.

Al generar las hojas de Ortofoto, el software genera un archivo de cortes, desde el que se unen las fotografías.

Como uno de nuestros controles de calidad, hay un grupo de operadores, que revisan cada corte, asegurando continuidad en la imagen, corrigiendo posibles deformaciones en construcciones y/o vialidades.

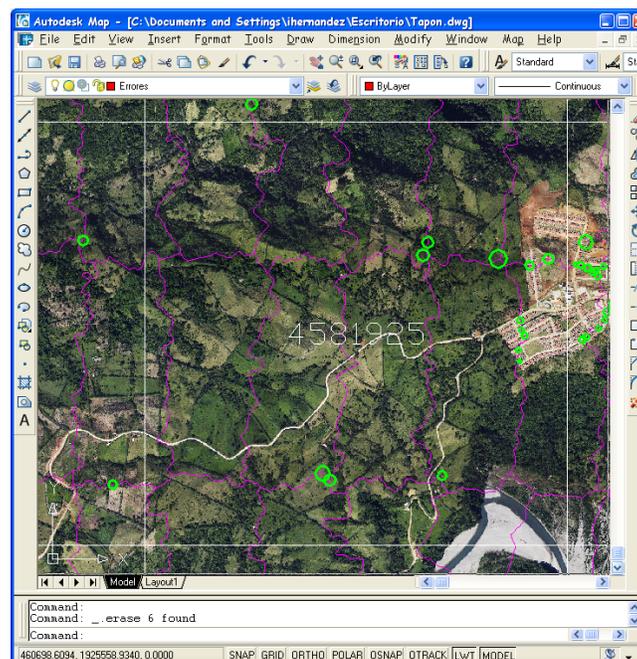


Figure 37 Identificación de errores en base a archivo de corte

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

El formato de hojas de la ortofoto fue el mismo que los entregables del LiDAR con el fin de facilitar el manejo de los datos tanto con imágenes como con los puntos LiDAR.

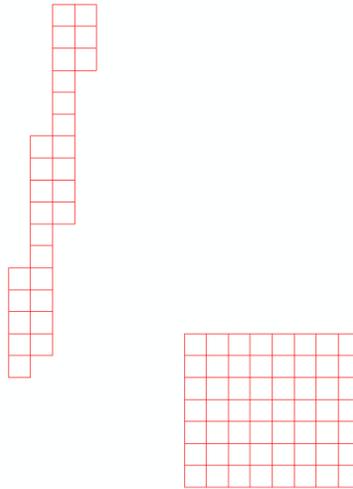


Figure 38 Formato de hojas

A continuación se presenta un ejemplo de la ortofoto generada.

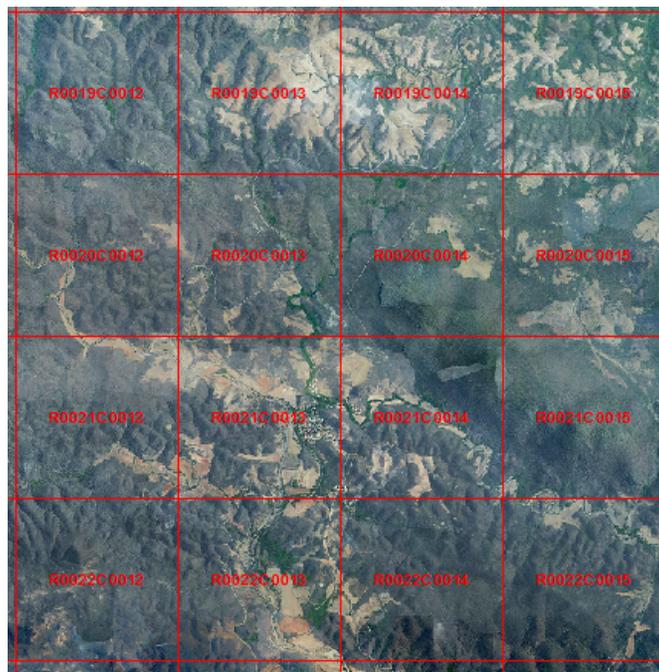


Figure 39 Hojas de ortofoto correspondientes al cuadrante

Comunidad forestal Oaxaca 3.

# ANEXOS

## Anexo 1 Especificaciones técnicas

### Lidar Technical specifications

Technical specifications	
8 Pulse density per sq. meter	5 pulses per sq. meter for individual tree canopy measurements and high-resolution ground models (1-m grid). Excluding water and low reflectance surfaces. Required.
8 Returns per Pulse	Minimum 5 possible returns per pulse for improved mid- and lower-canopy structure measurements. Desired. If 4 returns not possible, indicate in the proposal the expected number of returns/pulse
Maximum pulse width = 30cm	Required. Normally between 0.1 to 0.3 mrad.
Maximum scan angle = +/- 15 deg	Required.
Coverage completeness	No voids because of cloud cover or instrument failure.
Absolute LIDAR measurement accuracy	Horizontal: +/-0.5 m in flat areas and 0.75 m in slope areas Vertically: +/-0.15 m in open flat areas and 0.5 m in wooded or slopes over 20%
Swath-to-swath LIDAR relative accuracy	Horizontal: +/-0.30 m Vertically: +/-0.15 m Flightline to flightline adjustment of bias is required prior to ground point filtering.

### Comunidad forestal Oaxaca 3.

## Anexo 2. Resultados de la trayectoria

Project: SesionGPS\_IMU2015\_05\_04  
Program: Inertial Explorer Version 8.20.0522  
Profile: LiDAR Resultados  
Source: GPS Epochs(Smoothed Combined)

Datum: ITRF92, (processing datum)  
Master 1: Name G6003, Status ENABLED  
Antenna height 1.622 m, to L1-PC (MAG990596, MeasDist 1.520 m to mark/ARP)  
Position 15 46 21.15844, -96 15 27.60534, 128.555 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)  
Master 2: Name G8057, Status ENABLED  
Antenna height 2.307 m, to L1-PC (MAG990596, MeasDist 2.205 m to mark/ARP)  
Position 16 37 07.60956, -94 58 46.53844, 54.863 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)  
Master 3: Name T6408, Status ENABLED  
Antenna height 1.915 m, to L1-PC (TRMR8\_GNSS3, MeasDist 1.811 m to mark/ARP)  
Position 16 42 40.30226, -94 59 31.31749, 204.936 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)  
Remote: Antenna height 0.000 m, to L1-PC (Generic)  
UTC Offset: 16 s  
Geoid: EGM96-World.wpg (Absolute correction)

#### Map projection Info:

Defined grid: UTM, Zone 15

UTM Zone: 15

#### W-P-K Settings:

System: Map (UTM, Zone 15)

Order: W primary, P secondary, K-tertiary

Axes: x-forward, y-left, z-up (conventional frame)

Boresight: Off

UTCDate (YMD)	UTCTime (HMS)	GPSTime (sec)	Station	Easting (m)	Northing (m)	H-MSL (m)	Latitude (Deg)	Longitude (Deg)	H-ELL (m)	Omega (Deg)	Phi (Deg)	Kappa (Deg)	HzSpeed (m/s)	NS	Q	PDOP (dop)
2015/05/04	13:37:35.00	49071	3688-K	190579.409	1774346.941	1759.15	16.0294210514	-95.8913850542	1754.870	0.7683	-1.4410	45.1397	56.387	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:36.00	49072	3690-K	190620.228	1774385.883	1759.67	16.0297777931	-95.8910090361	1755.391	0.8226	-1.4412	45.5684	56.370	9	1	1.15
2015/05/04	13:37:37.00	49073	3692-K	190660.818	1774425.028	1760.23	16.0301363389	-95.8906351833	1755.953	0.7818	-1.4789	46.1090	56.350	9	1	1.15
2015/05/04	13:37:38.00	49074	3694-K	190701.146	1774464.411	1760.80	16.0304969972	-95.8902638111	1756.517	0.6555	-1.5389	46.3667	56.337	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:39.00	49075	3696-K	190741.208	1774504.042	1761.35	16.0308598639	-95.8898949500	1757.064	0.6587	-1.4999	46.6188	56.327	9	3	1.15
2015/05/04	13:37:40.00	49076	3698-K	190781.023	1774543.909	1761.90	16.0312248222	-95.8895284250	1757.610	1.0292	-1.1452	47.0312	56.319	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:41.00	49077	3700-K	190820.640	1774583.963	1762.44	16.0315914500	-95.8891637764	1758.152	1.7775	-0.3549	47.5133	56.308	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:42.00	49078	3702-K	190860.131	1774624.136	1762.92	16.0319591375	-95.8888003097	1758.633	1.7077	-0.3333	47.5689	56.304	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:43.00	49079	3704-K	190899.527	1774664.412	1763.33	16.0323277361	-95.8884377444	1759.035	1.7400	-0.2965	47.3419	56.309	9	3	1.15
2015/05/04	13:37:44.00	49080	3706-K	190938.881	1774704.740	1763.70	16.0326968069	-95.8880755750	1759.402	1.9368	-0.1220	47.4686	56.316	9	2	1.15
2015/05/04	13:37:45.00	49081	3708-K	190978.210	1774745.105	1764.07	16.0330661986	-95.8877136514	1759.771	1.9349	-0.1209	47.7051	56.324	9	2	1.15



[www.alianza-mredd.org](http://www.alianza-mredd.org)

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE  
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN

