

**AICEDRONE – SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL
APLICADO A LA MODELIZACION GEOMÉTRICA DE
PRECISIÓN EN INGENIERÍA CIVIL EMPLEANDO CÁMARA Y
LIDAR EN DRONES**

***Entregable 4.1.2. Protocolo de trabajo para la extracción
automática de la geometría de ejes de trazado ferroviario
existente.***



ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2	ALCANCE DEL DOCUMENTO.....	4
3	PROTOCOLO DE PLANIFICACIÓN.....	4
3.1	Recopilación de información previa	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Planificación de la captura de datos	¡Error! Marcador no definido.
3.3	Planificación del procesamiento y control de calidad ..	¡Error! Marcador no definido.
4	PROTOCOLO DE CAPTURA DE DATOS	9
4.1	Realización del vuelo	9
4.2	Descarga y almacenamiento.....	10
5	PROTOCOLO DE PROCESAMIENTO	10
5.1	Procesamiento de imágenes.....	10
5.2	Procesamiento de LiDAR.....	10
6	PROTOCOLO DE MODELIZACIÓN	14
6.1	Creación de productos auxiliares.....	18
6.1.1	Creación del recinto de interés en QGIS	18
6.1.2	Optimización del modelo digital de superficies (MDS)	18
6.1.3	Optimización del modelo digital del terreno (MDT)	20
6.1.4	Optimización del ortomosaico	24
6.1.5	Resultados de la optimización.....	24
6.2	Proyecto del complemento PhotogrammetryTool de QGIS.....	24
6.3	Detección de vías ferroviarias y carriles de vía con técnicas de IA en imágenes del vuelo	33
6.3.1	Creación de imágenes tileadas.....	33
6.3.2	Segmentación de railways y rails en las imágenes tileadas	34
6.4	Proyecto del complemento qLidar de QGIS.....	39
6.5	Proyecto del complemento qAicedrone de QGIS.....	42
6.5.1	Creación del proyecto de qAicedrone de QGIS	43

6.5.2	Importación de los resultados de IA.....	44
6.5.3	Preprocesamiento de los resultados de IA.....	49
6.5.4	Obtención de resultados 3D precisos para segmentos de raíles con técnicas de Visión Computacional y Fotogrametría Multivista.....	53
6.5.5	Unión de segmentos de raíles	64
6.6	Detección de carriles de vía con técnicas de IA en nubes de puntos 3D.....	74
6.6.1	Random Forest	74
6.6.2	Point Transformer	iError! Marcador no definido.
7	PROTOCOLO DE PUBLICACIÓN EN AICEDRONE_SDI	78
8	EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS	89

1 RESUMEN EJECUTIVO

Este entregable forma parte del Paquete de Trabajo 4: “DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE TRABAJO”, y corresponde a parte los resultados de la Tarea 4.1: “DESARROLLO DEL PROTOCOLO PARA CADA UNA DE LAS APLICACIONES”, cuyo objetivo es establecer los protocolos de trabajo para cada una de las aplicaciones contempladas en el proyecto, incluyendo la descripción de los trabajos de planificación, captura, procesamiento, explotación y publicación de los resultados, correspondiéndose este entregable al escenario de vías ferroviarias. Este documento ha sido realizado por Grupo Rover y PAFYC-UCLM.

2 ALCANCE DEL DOCUMENTO

En este documento se recoge el protocolo de trabajo para el escenario de ferrocarril.

El caso de ejemplo empleado en este manual corresponde al canal de acceso a la estación de Joaquín Sorolla de la ciudad de Valencia. El CRS compuesto es el oficial de código EPSG: 25830+5782, planimetría referida ETRS89 en coordenadas UTM Huso 30 y altimetría en altitudes ortométricas.

Todos los datos y resultados incluidos en este documento están disponibles en el siguiente enlace de Google Drive:

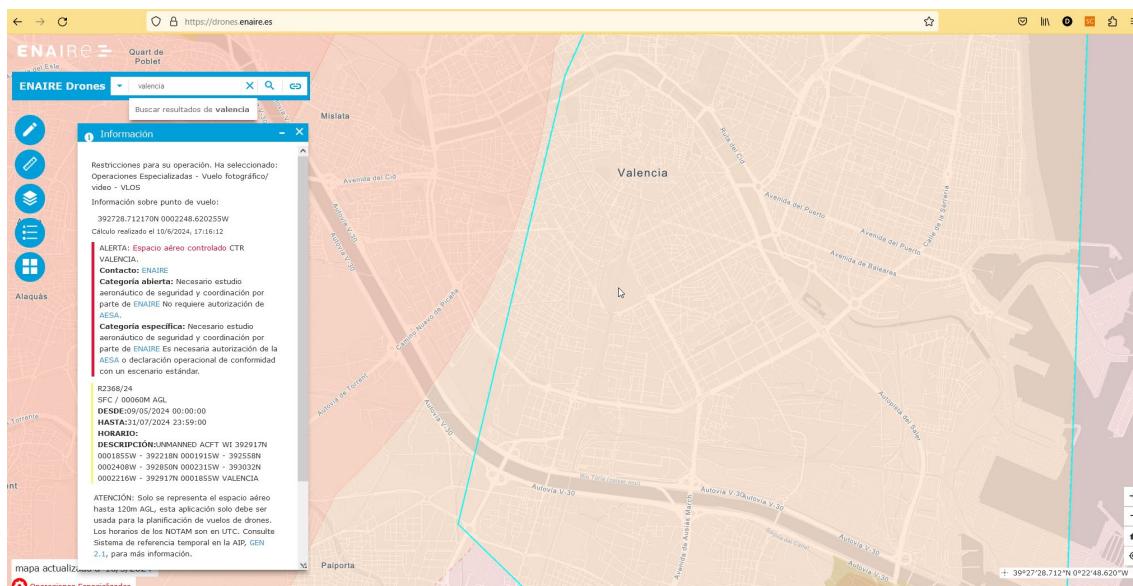
https://drive.google.com/drive/folders/1szqcJemrAgSsg2_nOc2duEVOCq2phKS4?usp=sharing

3 PROTOCOLO DE PLANIFICACIÓN

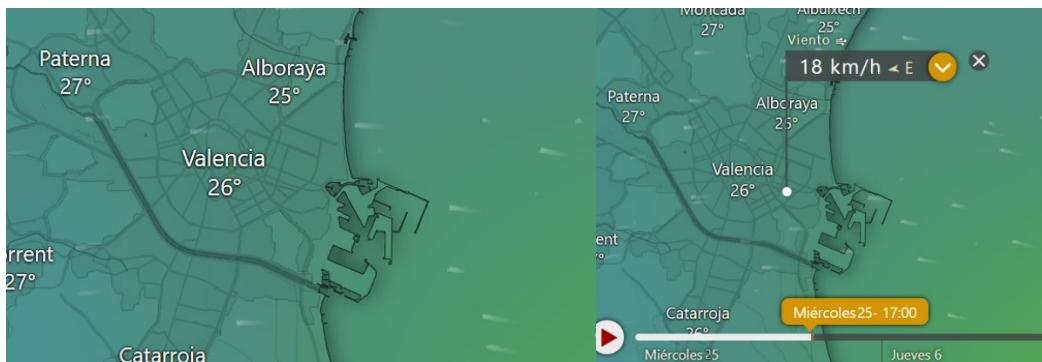
3.1 Recopilación de información previa

El procedimiento seguido en este caso es similar al descrito en el apartado 3.1 del Entregable_4_1_1, recopilándose la información previa referida a normativa y meteorología.

La siguiente captura ilustra el resultado de un ejemplo de la consulta realizada en la web <https://drones.enaire.es/> acerca de la restricción existente en la zona de interés de este caso de uso obtenida para la fecha de la consulta.



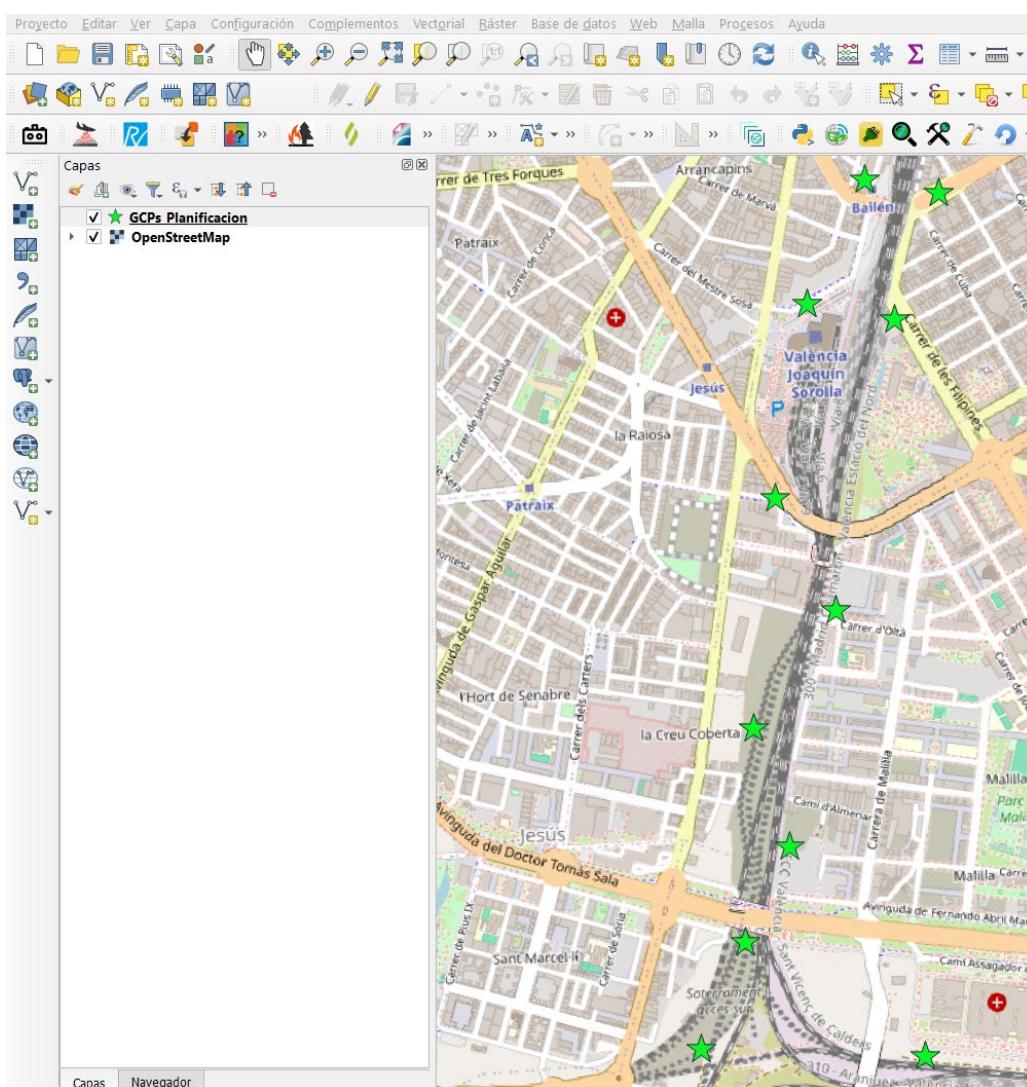
De igual forma, la siguiente captura muestra un ejemplo del resultado de la consulta en la web www.windy.com acerca de la temperatura y viento en la zona de interés para una fecha y hora.



Finalmente, también forma parte de esta fase la especificación los siguientes requisitos:

- La definición de la región de interés (ROI) a través de un polígono editado en alguna herramienta informática que permita generarlo en un CRS y formato contemplado en las herramientas informáticas que se utilizarán en trabajos posteriores. El vuelo se planificará de forma que toda el área incluida en este polígono tendrá recubrimiento estereoscópico, apareciendo en un mínimo de dos imágenes, siendo recomendable que su digitalización implique un sobre dimensionamiento para que toda la zona que es realmente de interés aparezca en no menos de 5 o 6 imágenes e incluya aquellas partes del territorio que puedan no ser objeto de modelización pero que deben ser incluidas por el interés de colocar en ellas algún punto de apoyo. En este caso se ha utilizado Google Earth para digitalizar un polígono que se ha exportado en formato KML el CRS de código EPSG 4326 (coordenadas geográficas en WGS84) y será mostrado en una captura del área de mapa de la controladora en el momento de realización del vuelo.
- La definición de los parámetros técnicos para la planificación del vuelo:
 - La definición del mínimo detalle del terreno que se debe observar, concepto de GSD en fotogrametría, y que se hace corresponder con el tamaño de la huella de un píxel sobre el terreno para las cámaras fotogramétricas profesionales y con la huella de dos píxeles en el caso de cámaras digitales que incorporan patrón o mosaico de Bayer sobre el sensor, como es el caso de las empleadas convencionalmente en vehículos aéreos no tripulados y es el caso de este proyecto. El GSD junto con la focal de la cámara darán lugar a la determinación de la altura de vuelo. En este caso se ha optado por un GSD de 0.01m.
 - La elección del equipamiento de vuelo, del vehículo aéreo no tripulado, el utilizado en este proyecto.
 - La elección de la cámara, con sensor en el rango visible del espectro en este caso, y de la óptica, condicionada a que la elección de la focal permita obtener el GSD necesario en una altura de vuelo legal en la región de interés, siendo también importante que se disponga de la luminosidad necesaria (rango de aperturas de diafragma y sensibilidades) que permita adquirir las imágenes a la velocidad de obturación necesaria para obtener una exposición correcta y evitar la aparición de desplazamiento por el movimiento relativo teniendo en cuenta la iluminación de la escena, función esta última del día del año, de la hora de vuelo y de la presencia de sombras por la geometría de la escena. Teniendo en cuenta las características de la escena, en este caso se ha elegido una hora de vuelo no separada en más de dos horas del mediodía local, la óptica de focal 35 mm, apertura máxima de 3 e ISO determinada automáticamente por el fotómetro de la cámara para una velocidad de obturación establecida a 1:1000.

- La elección de los recubrimientos entre imágenes consecutivas de una pasada, recubrimiento longitudinal, y entre pasadas contiguas, recubrimiento transversal, establecidos en este proyecto a un 80% y 40%, respectivamente.
- La planificación del apoyo fotogramétrico, consistente en la elección de la configuración de los puntos de apoyo (número y distribución), del sistema de preseñalización, para que aparezcan en las imágenes del vuelo, así como la elección del método de medida de sus coordenadas. Este caso es diferente al del caso de ejemplo del puerto debido a que la dimensión de la región de interés es mucho mayor, unos 2500 m en la mayor dimensión frente a 200 m, lo que se traduce en que es posible la aparición de pérdida de precisión en la orientación directa GNSS-INS, resultando aconsejable planificar una configuración de puntos de apoyo, tal y como muestra la siguiente figura para este caso.

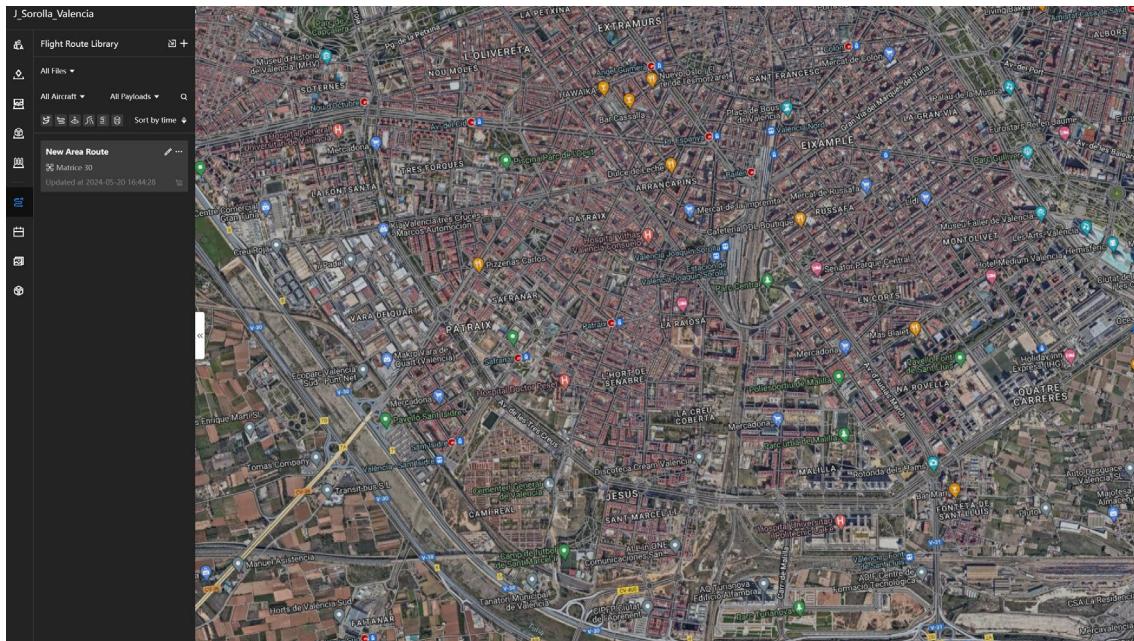


3.2 Planificación de la captura de datos

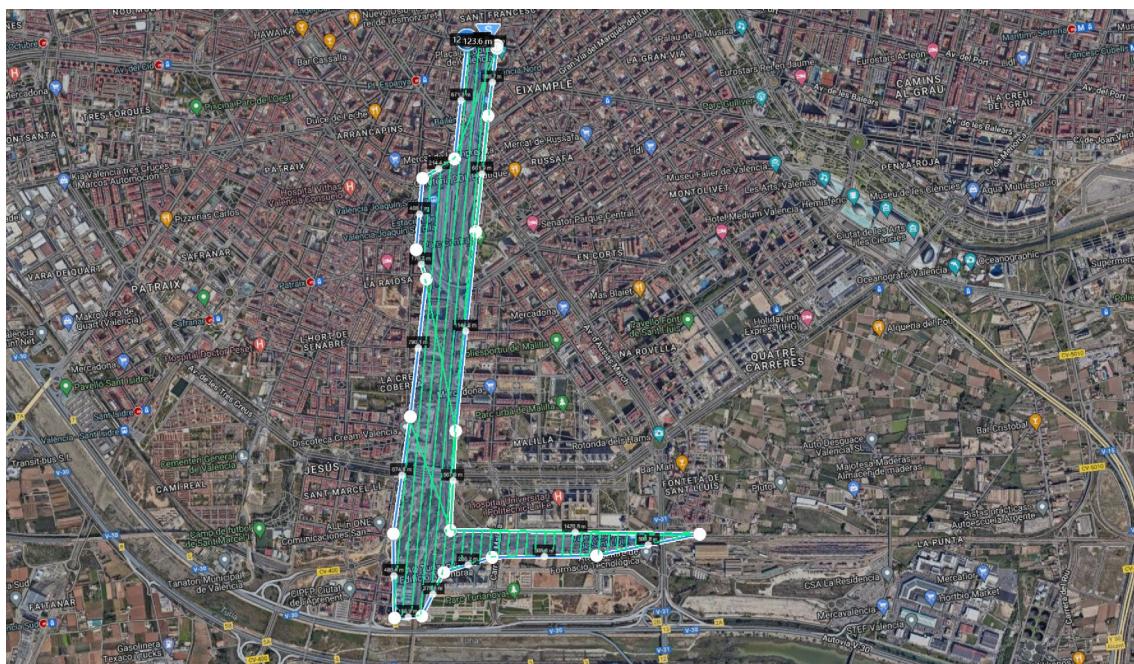
Para este proyecto se ha utilizado la plataforma FlightHub de DJI, por ser esta propietaria del fabricante del equipo, de libre acceso y uso para equipos de la plataforma dados de alta en ella.

Para planificar un vuelo con un dron DJI M300 utilizando DJI FlightHub se deben completar los siguientes pasos:

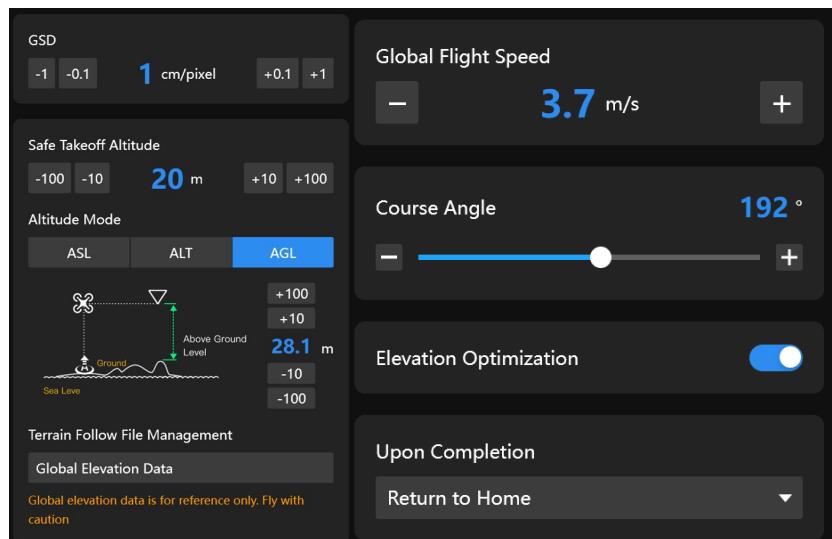
- 1. Acceder a DJI FlightHub:** Se inicia sesión en la cuenta de DJI FlightHub desde un navegador web compatible.
- 2. Crear un nuevo vuelo:** Una vez dentro de la plataforma, se selecciona la opción para crear un nuevo vuelo o misión.



- 3. Seleccionar el área de interés:** Utilizando las herramientas de la plataforma se debe delimitar el área que se desea cubrir con el vuelo del DJI M300. Además de hacerlo manualmente también se puede hacer utilizando coordenadas GPS o cargar un archivo KML con la zona delimitada.



- Configurar los parámetros de vuelo: hay que establecer los parámetros de vuelo necesarios para definir la misión, entre los que se encuentran: la altitud de vuelo, la velocidad, los porcentajes de recubrimiento longitudinal y transversal, el modo de captura y la orientación de la cámara. Estos parámetros se ajustan a los requisitos del proyecto, tal y como se muestra en las siguientes capturas.



- Planificar la ruta de vuelo: Se debe utilizar las herramientas de planificación de ruta de vuelo de DJI FlightHub para crear una ruta óptima que cubra toda el área de interés.
- Revisar las condiciones meteorológicas: Antes de confirmar el vuelo, hay que verificar las condiciones meteorológicas actuales y previstas en el área de vuelo para asegurarse de que sean adecuadas para volar con seguridad y obtener buenos resultados.
- Asignar el dron y pilotos: Para el usuario que ha realizado el login se debe asignar el dron, el DJI M300 específico que realizará la misión, y se deben seleccionar los pilotos responsables del vuelo.
- Revisar y confirmar la planificación del vuelo: Antes de guardar la planificación del vuelo hay que revisar todos los detalles en DJI FlightHub para asegurarse de que se han establecido correctamente. Para finalizar se debe confirmar la planificación y quedará preparado para el día del vuelo.

3.3 Planificación del procesamiento y control de calidad

En este proyecto se ha optado por realizar el procesamiento de los vuelos fotogramétricos con el programa comercial Agisoft Metashape siguiendo los pasos convencionales para este tipo de trabajos que se detallarán en un apartado posterior.

El control de calidad del procesamiento incluirá una componente geométrica y otra radiométrica.

Para analizar la calidad radiométrica se realizará una inspección visual de las imágenes una vez finalizado el vuelo para validar que las imágenes están correctamente enfocadas, que no aparece desplazamiento por la relación entre la velocidad de movimiento del dron y la velocidad de obturación y que la exposición no presenta problemas en las zonas de interés, tanto de subexposición como de sobreexposición. También se contempla la realización de una inspección visual del mosaico de ortoimágenes resultado de la exportación final del procesamiento para

identificar posibles problemas debido a la elección que realiza el programa de las ortoimágenes individuales que emplea para cada zona del mosaico y que podría corregirse mediante la edición en el programa de las líneas de costura (seamlines).

En lo que respecta a la calidad geométrica se analizarán los resultados del procesamiento incluidos en el informe generado por Agisoft Metashape y se validará la georreferenciación de los productos geomáticos exportados: nube de puntos, mosaico de ortoimágenes y modelos digitales de elevación. La nube de puntos 3D será inspeccionada en detalle en CloudCompare para detectar la presencia de puntos de ruido excesivo que pueda dar lugar a problemas en el ajuste geométrico de los planos en los algoritmos de modelización desarrollados, problema que trataría de ser corregido mediante la elección de un filtrado de puntos en base a un criterio de precisión basado el uso del parámetro de confianza que el programa permite calcular para cada punto en función de la geometría multivista.

4 PROTOCOLO DE CAPTURA DE DATOS

En esta sección se detalla el proceso seguido en la captura y descarga de datos.

4.1 Realización del vuelo

Antes de la ejecución del vuelo se pre señalizaron los puntos de apoyo con dianas para que aparecieran en las imágenes adquiridas en el vuelo. Para la medición de cada uno de los puntos de apoyo tras su colocación se utilizó un equipo GNSS-RTK con corrección VRS a partir de la red ERGNSS obteniendo las coordenadas en los CRSs oficiales (EPSG:25830 en planimetría y EPSG:5782 en altimetría) y con precisiones en planimetría y altimetría del orden de 0.01 m y 0.015 m, respectivamente.

A continuación, se resume la serie de pasos de comprobación que se deben llevar a cabo para realizar el vuelo planificado, conforme a lo incluido en el entregable 3, agrupados por temática común:

- Inspección visual del dron:
 - Verificar la integridad del fuselaje y la estructura.
 - Comprobar que no haya grietas, daños o deformaciones en el chasis.
 - Revisar el estado de las hélices (sin grietas ni desgaste excesivo).
 - Verificar que todos los tornillos y piezas estén bien sujetos, sin holguras.
- Baterías:
 - Asegurarse de que las baterías estén completamente cargadas.
 - Comprobar que las baterías estén correctamente instaladas y aseguradas.
- Montaje del sensor (cámara, LiDAR):
 - Verificar que la cámara/gimbal esté correctamente instalada y asegurada.
 - Comprobar los parámetros de configuración de adquisición de imágenes.
 - Comprobar que la tarjeta de almacenamiento tiene espacio suficiente para las imágenes que se van a adquirir en el vuelo.
 - Revisar los cables de conexión, asegurándose de que estén bien conectados y sin daños.
- Control Remoto:
 - Asegurarse de que el control remoto esté completamente cargado.
 - Comprobar que los controles y palancas funcionan correctamente.

- Encendido y Configuración Inicial:
 - Encender el Dron y el Control Remoto:
- Sistemas de navegación y orientación directa:
 - Esperar a que el dron obtenga una señal GPS adecuada.
 - Realizar la calibración de la brújula si es necesario.

Tras despegar el dron se inicializa el vuelo automático y se verifica que se está realizando correctamente la captura de la información conforme a la planificación.

4.2 Descarga y almacenamiento

Para descargar las imágenes directamente desde la tarjeta de memoria del DJI M350, se deben seguir los siguientes pasos:

1. **Apagar el dron.** Si el DJI M350 está encendido, se debe apagar para evitar cualquier problema de seguridad al manipular la tarjeta de memoria.
2. **Retirar la tarjeta de memoria**, cuidadosamente del compartimiento en que se aloja.
3. **Inserta la tarjeta en un lector de tarjetas.** Utilizar un lector de tarjetas SD conectado al ordenador de campo para insertar la tarjeta de memoria. El lector de tarjetas SD se conectará al ordenador de campo a través de un puerto USB o mediante un adaptador, según las especificaciones de los equipos empleados.
4. **Inspección visual de las imágenes**, empleando un programa como XnView, <https://www.xnview.com/en/>, para verificar que las imágenes se han adquirido con el enfoque correcto, con la exposición adecuada, que no se aprecia desenfoque por la presencia de movimiento y que la cabecera incluye los metadatos de orientación directa, el instante de adquisición (fecha/hora), etc.
5. **Copiar las imágenes al ordenador de campo y realizar una copia de seguridad en un sistema de almacenamiento externo.** Es conveniente verificar que en ambos sistemas de almacenamiento coinciden el número de imágenes y el volumen de almacenamiento.
6. **Verifica las imágenes descargadas.** Una vez completada la transferencia de archivos, verifica que las imágenes se hayan descargado correctamente en tu dispositivo. Abre las imágenes con un visor de fotos o un software de edición de imágenes para revisarlas y asegurarte de que se hayan transferido correctamente.
7. **Desconectar la tarjeta de memoria e insertarla de nuevo.** Tras descargar las imágenes se debe expulsar la tarjeta de memoria de forma segura para evitar daños en los archivos. Es recomendable llevar a campo tantas tarjetas de memoria como sea necesario para evitar tener que borrar las imágenes, de forma que se disponga de tres copias de las imágenes. A continuación, se recomienda introducir una tarjeta de memoria con espacio necesario para el siguiente vuelo.

5 PROTOCOLO DE PROCESAMIENTO

5.1 Procesamiento del proyecto fotogramétrico

En este proyecto se ha optado por usar el programa informático comercial Agisoft Metashape para el procesamiento del proyecto fotogramétrico orientado a generar los diferentes productos necesarios para fases posteriores del trabajo:

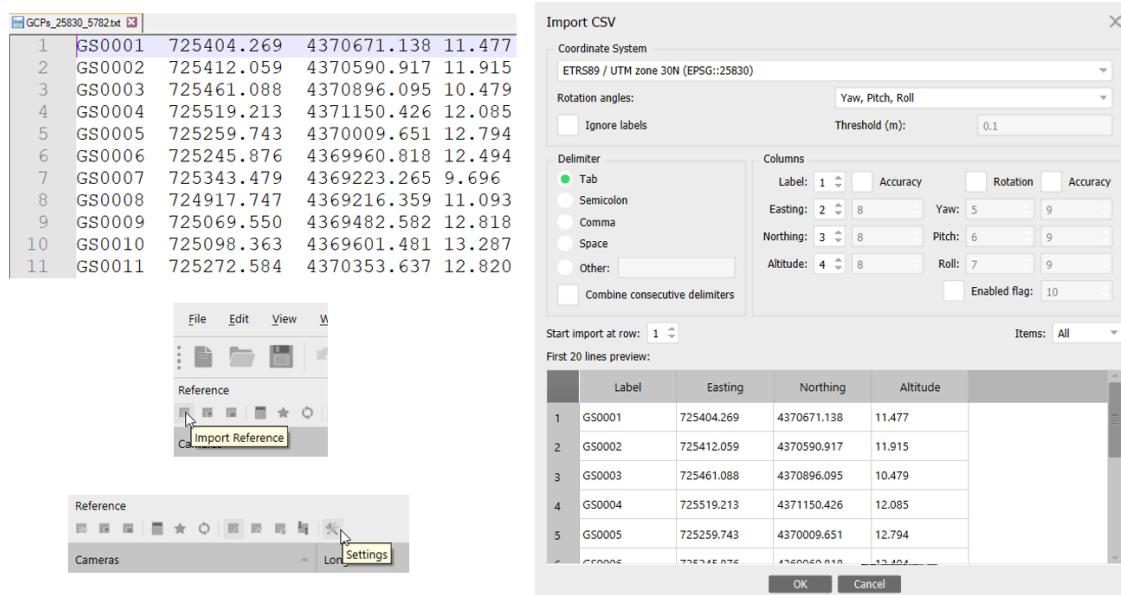
- Nube de puntos 3D en formato LAS/LAZ

- Modelos digitales de elevación, modelo digital de superficie MDS/DSM y modelo digital del terreno MDT/DTM, en formato ráster GeoTIFF
- Mosaico de ortoimágenes en formato ráster GeoTIFF
- Fichero markers.xml con toda la información del resultado de la aerotriangulación con autocalibración para reproducir el modelo matemático fotogramétrico en algoritmos desarrollados en este proyecto.
- Imágenes libres de distorsión.

El procesamiento con Metashape realizado sigue el método convencional para este tipo de trabajos. Los pasos de este proceso han sido similares a los descritos en el documento 4.1.1 dado que se trata del proceso clásico de este tipo de aplicaciones, describiéndose a continuación únicamente aquellos pasos que suponen alguna diferencia.

En este caso se utilizan puntos de apoyo antes de realizar la última aerotriangulación, paso 3 descrito en el documento 4.1.1. El procedimiento convencional para trabajar con puntos de apoyo en este programa consta de dos pasos:

- Definición de los puntos de apoyo mediante la importación de sus coordenadas en el CRS del proyecto incluidas en un fichero ASCII donde cada punto figura en una línea y su identificación y posición figuran en cuatro columnas separadas por un carácter tabulador, u otro que se puede indicar en las opciones de importación. También podrían figurar columnas con las precisiones de las coordenadas si fueran diferentes en algunos puntos, lo que no sucede en este caso en que se estiman en 0.005 m para todos los puntos, valor que se puede establecer en las opciones de *Reference Settings*.



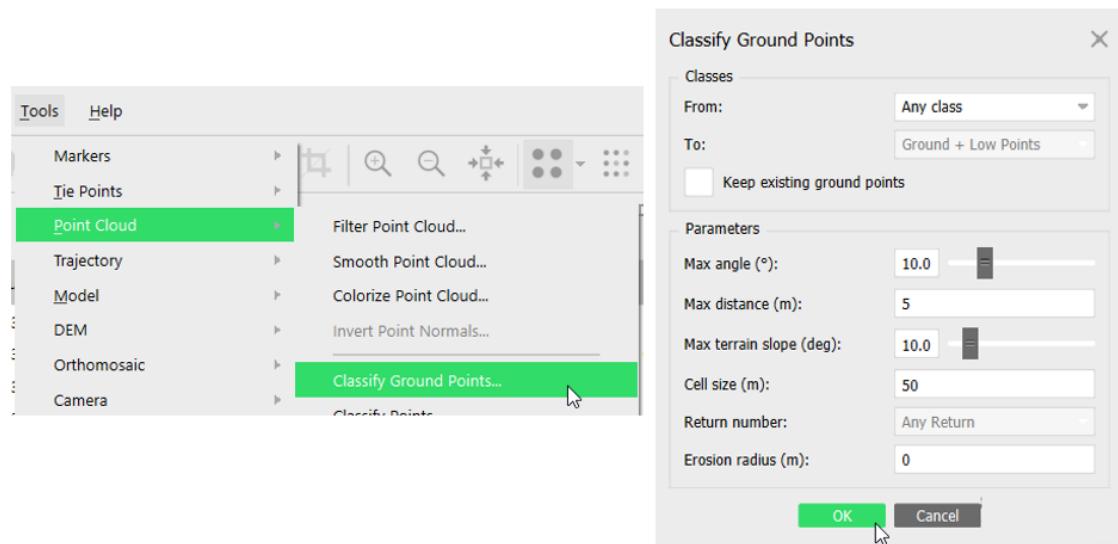
- Para cada punto de apoyo se deben posicionar manualmente en cada una de las imágenes en las que se observa con la suficiente calidad, de forma que se obtendrán sus coordenadas imagen que intervendrán en la aerotriangulación. El procedimiento se puede realizar seleccionando el punto en la tabla del panel *Reference*, filtrar las imágenes en que aparece eligiendo la opción correspondiente tras pulsar en el botón derecho del ratón y colocando

el punto en cada una de las imágenes tras abrirla haciendo doble pulsación sobre la misma en el panel *Photos*, abriéndose un panel con la imagen en el área gráfica que permite posicionar el punto de una forma muy sencilla al contar con las herramientas clásicas de zoom y desplazamiento. Cuando mejor sea el conocimiento de la orientación absoluta del bloque fotogramétrico mejor será la predicción de la posición del punto de apoyo en las imágenes, que además irá mejorando en las imágenes donde resta por medir a medida que se van midiendo en otras. Todo este procedimiento se describe con detalle en el vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=G09r5PXqhBc>.

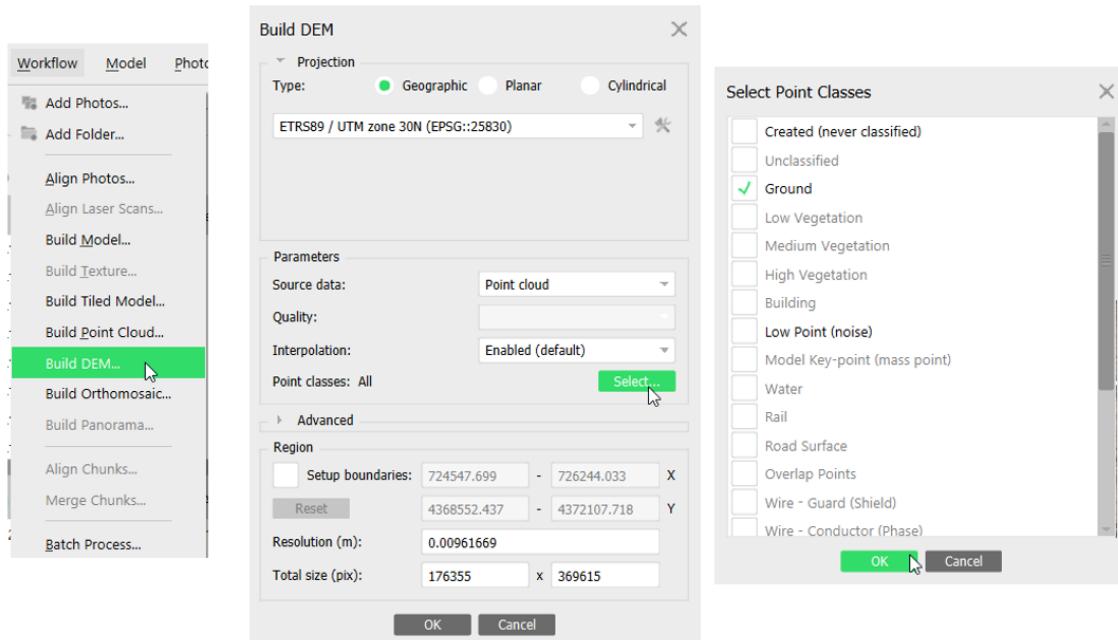
La estimación de la precisión de los GCPs en la posición en el espacio objeto o terreno (CRS del proyecto), expresada en metros, y en el espacio imagen, expresada en unidades píxel, dependerá de la precisión en los parámetros de orientación externa y de la calibración de la cámara, de manera que debe ser evaluada tras resolver la aerotriangulación, proceso denominado en este programa como optimización, paso 3 descrito en el documento 4.1.1. Para este proyecto los resultados de estimación de la precisión se muestran en la siguiente figura, observándose que se optó por no medir uno de los 11 puntos de apoyo debido a su ocultamiento en varias imágenes.

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
✓	GS0001 725404.269000	4370671.138000	11.477000	0.005000	0.019699	20	0.715
✓	GS0002 725412.059000	4370590.917000	11.915000	0.005000	0.018985	9	1.416
✓	GS0003 725461.088000	4370896.095000	10.479000	0.005000	0.003724	7	0.365
✓	GS0004 725519.213000	4371150.426000	12.085000	0.005000	0.005679	7	0.683
✓	GS0005 725259.743000	4370009.651000	12.794000	0.005000	0.003558	10	0.929
✓	GS0006 725245.876000	4369960.818000	12.494000	0.005000	0.002347	10	0.740
✓	GS0007 725343.479000	4369223.265000	9.696000	0.005000	0.003017	14	1.011
	GS0008 724917.747000	4369216.359000	11.093000	0.005000			
✓	GS0009 725069.550000	4369482.582000	12.818000	0.005000	0.007034	15	0.547
✓	GS0010 725098.363000	4369601.481000	13.287000	0.005000	0.003442	15	0.537
✓	GS0011 725272.584000	4370353.637000	12.820000	0.005000	0.009284	14	0.684
Total Error							
Control points						0.009846	0.794
Check points							

En este proyecto se generan dos modelos digitales de elevación, el modelo digital de superficies MDS/DSM, que incluye todos los puntos de superficies por encima del terreno, naturales y artificiales, y el modelo digital del terreno MDT/DTM, que únicamente incluye puntos sobre el terreno. Como paso previo a la generación de los modelos se debe realizar un proceso de clasificación para determinar qué puntos son del terreno, comenzando por una determinación automática incluida en el programa que puede ser mejorada de forma manual si fuera necesario, lo que no ha sucedido en este proyecto.



Una vez que se dispone de una nube de puntos clasificada, para generar un modelo de elevaciones se puede indicar las clases a las que pertenecen los puntos que se quieren utilizar, de manera que para generar el modelo digital del terreno MDE/DEM se elegirá utilizar únicamente los puntos de la clase terreno, y para obtener el modelo digital de superficie se elegirá utilizar los puntos de todas las clases. Dado que el programa asigna por defecto la misma denominación a todos los MDE/DEM generados se debe tener la precaución de renombrar cada MDE/DEM una vez generado de forma que no sea reemplazado en un nuevo procesamiento.



A continuación, se incluye una captura del mosaico de ortoimágenes resultante y de los ficheros exportados.



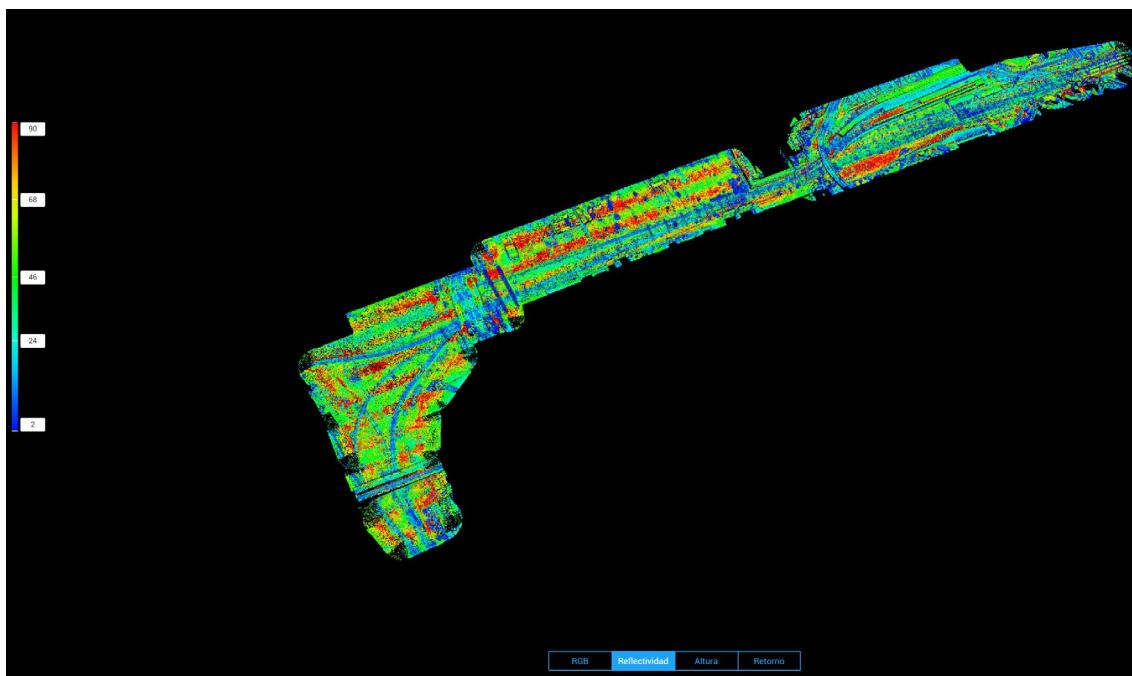
DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > Metashape

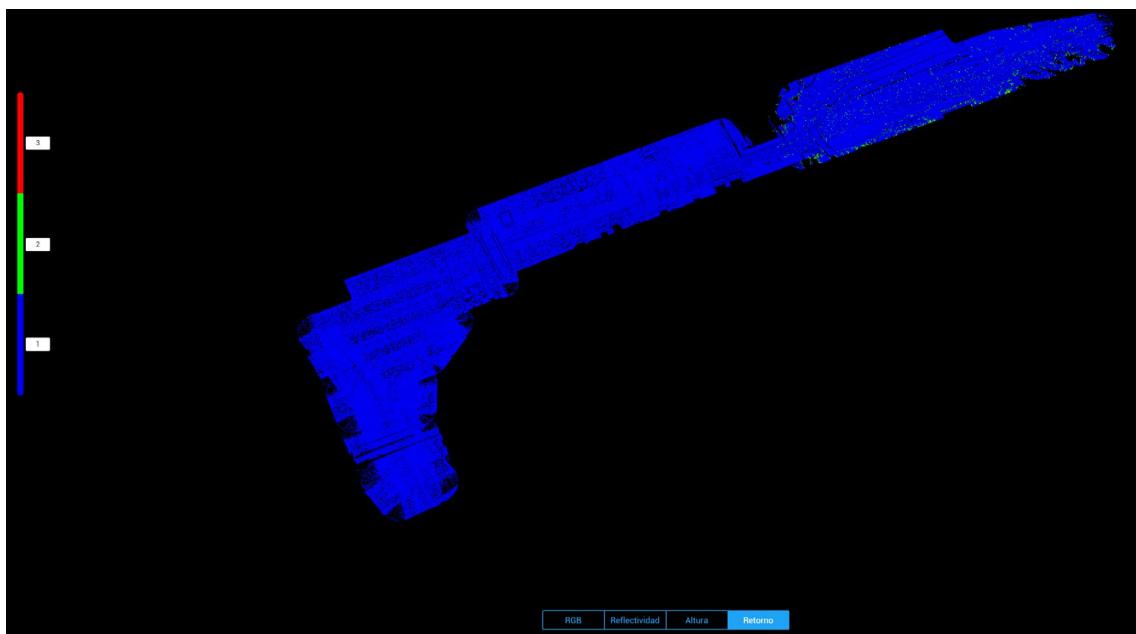
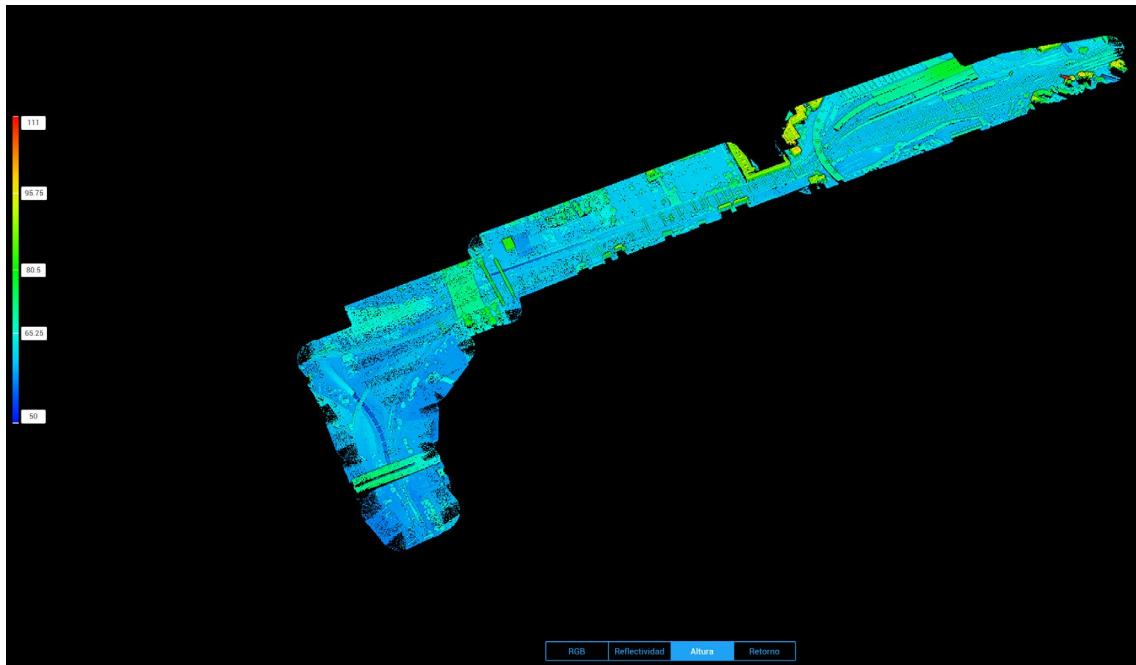
Nombre	Tipo	Tamaño
202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm.tif	Archivo TIF	1,310,434 KB
202301XX_RAIL_5cm_25830_dtm.tif	Archivo TIF	1,084,392 KB
202301XX_RAIL_5cm_25830_ortho.tif	Archivo TIF	1,103,743 KB
202301XX_RAIL_recortada.las	Laser point cloud	115,270,478 KB
markers.xml	Microsoft Edge H...	2,503 KB

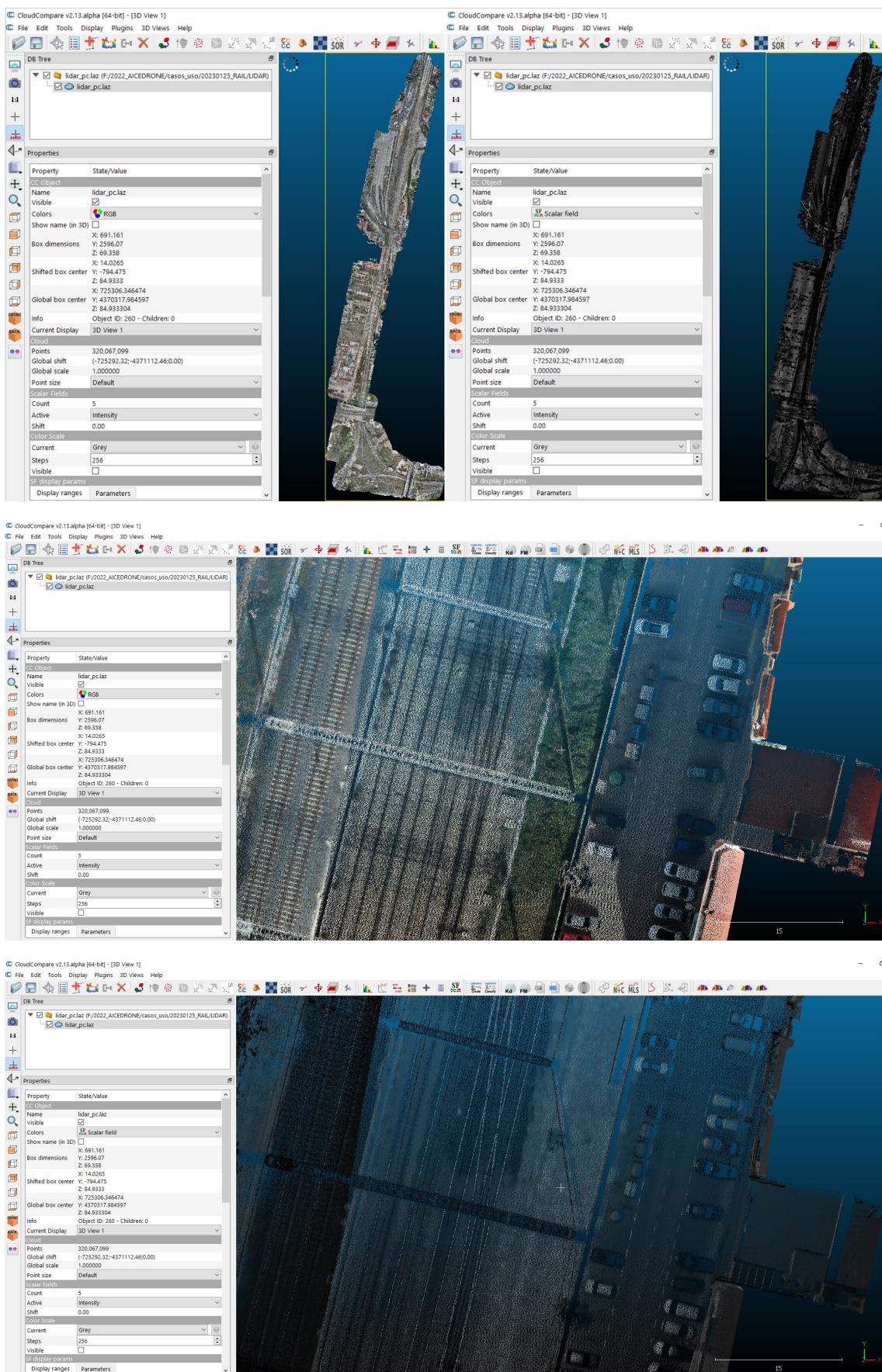
5.2 Procesamiento de LiDAR

El procesamiento del vuelo LiDAR se debe realizar con el software del fabricante del equipo: DJI Terra, <https://enterprise.dji.com/es/dji-terra>.

El procedimiento seguido es el descrito en el documento 4.1.1, mostrándose a continuación algunas capturas de la nube resultante.







6 PROTOCOLO DE MODELIZACIÓN

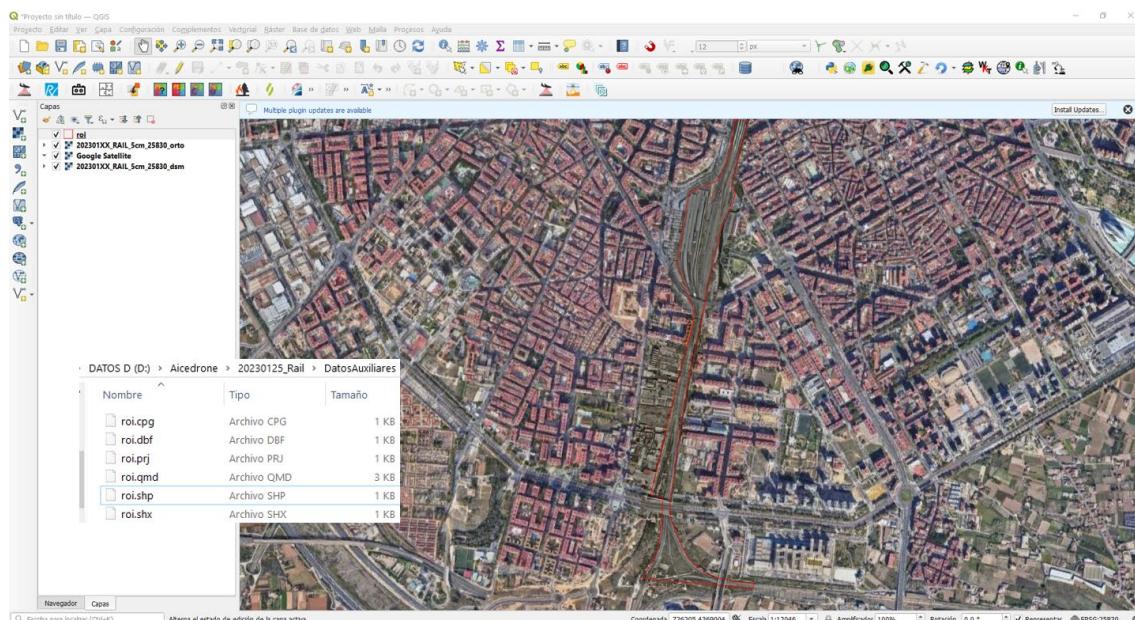
En este apartado se describen todos los pasos a realizar para obtener la información de modelización a partir de los productos geomáticos resultantes del procesamiento de los vuelos.

6.1 Creación de productos auxiliares

6.1.1 Creación del recinto de interés en QGIS

El objetivo de este paso es definir la geometría de la envolvente de la región de interés para recortar aquella parte de la información que forma parte de los resultados del procesamiento fotogramétrico y LiDAR pero que no tiene interés para el procesamiento en este proyecto.

La región de interés se crea como un fichero vectorial en formato shapefile siguiendo en QGIS un procedimiento en similar al empleado para generar la región de interés en el escenario de cubos en puertos, apartado 6.1. del entregable 4_1_1.

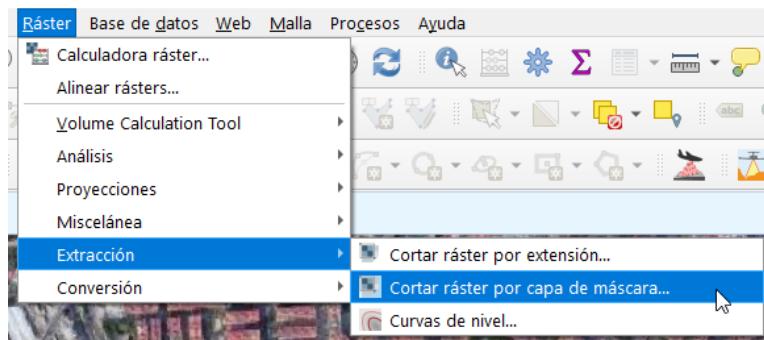


6.1.2 Optimización del modelo digital de superficies (MDS)

Como resultado del procesamiento con Metashape se obtiene un modelo digital de superficies (MDS) que presenta el problema de que cubre zonas que están fuera de la región de interés.

En este paso se utiliza QGIS para obtener una versión del modelo digital de superficies con la misma resolución geométrica, 5 cm, pero limitada a la región de interés.

Para realizar el recorte se usa la herramienta *gdalwarp* desde la interfaz gráfica de QGIS, tal y como ilustran las siguientes figuras.



Cortar ráster por capa de máscara X

Parámetros Registro

Capa de entrada

Capa de máscara

Objetos seleccionados solamente

SRC de origen [opcional]

SRC objetivo [opcional]

Extensión del objetivo [opcional]

Asignar un valor especificado para "sin datos" a las bandas de salida [opcional]

Crear una banda alfa de salida

Ajustar la extensión del ráster cortado a la extensión de la capa de máscara

Mantener resolución del ráster de entrada

Establecer resolución del archivo de salida

Resolución X a las bandas de salida [opcional]

Resolución Y a las bandas de salida [opcional]

Advanced Parameters

Usar implementación de combado multihilo

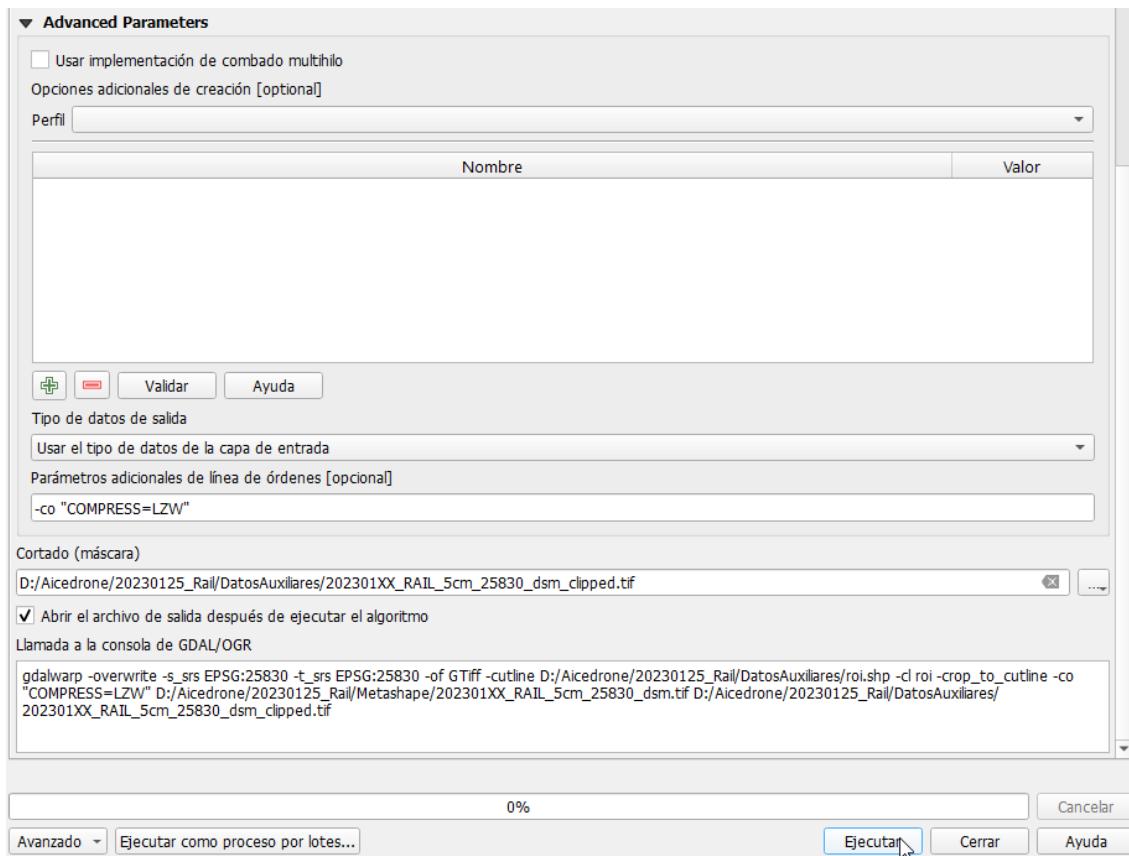
Opciones adicionales de creación [optional]

Perfil

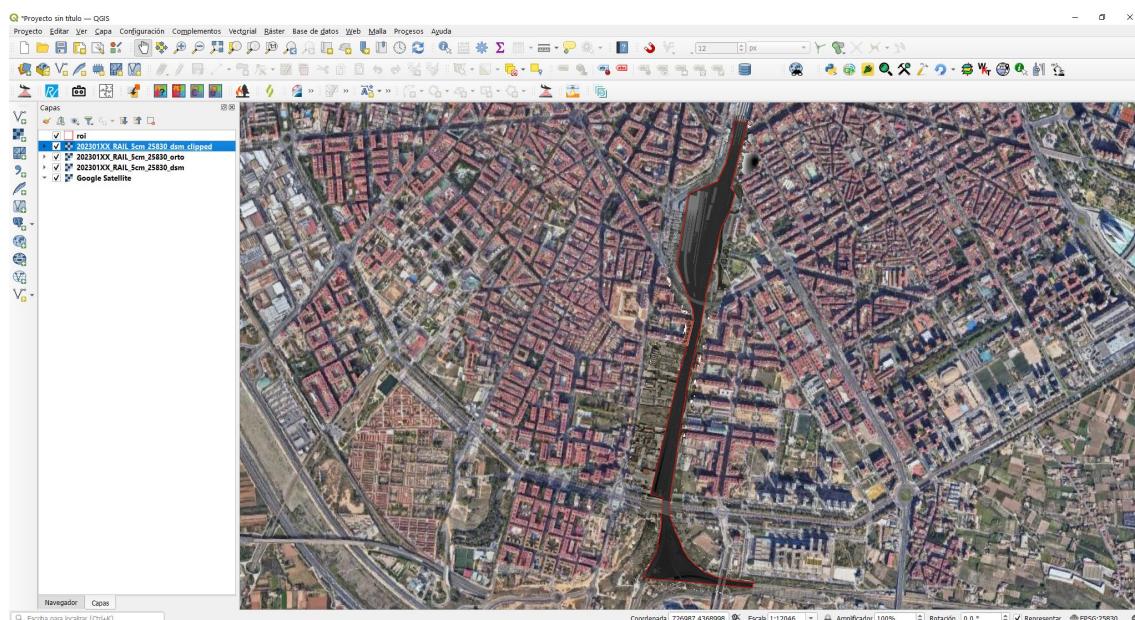
Nombre	Valor

0%

Avanzado Ejecutar como proceso por lotes... Ejecutar Cerrar Ayuda



Transcurridos unos segundos desde que se pulsa en el botón *Ejecutar* se obtiene el resultado y se carga automáticamente al proyecto de QGIS.



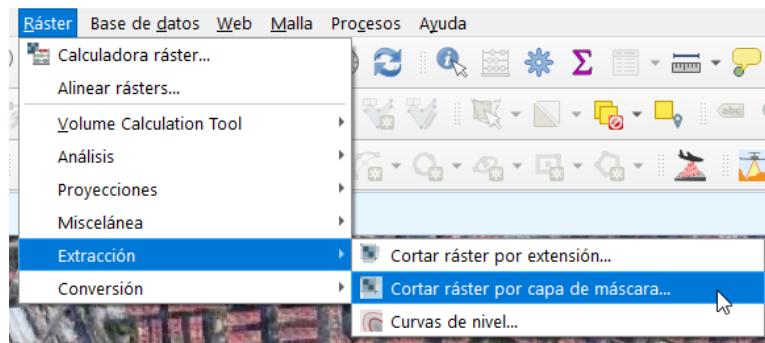
6.1.3 Optimización del modelo digital del terreno (MDT)

Como resultado del procesamiento con Metashape se obtiene un modelo digital del terreno (MDT) que presenta el problema de que cubre zonas que están fuera de la región de interés.

Además, tiene una resolución geométrica de gran detalle, 5 cm, que no es necesaria para algún proceso como la estimación de las huellas de las imágenes.

En este paso se utiliza QGIS para obtener dos versiones del modelo digital del terreno: una primera versión con la misma resolución geométrica, 5 cm, pero limitada a la región de interés, y una segunda versión también limitada a la región de interés y con una resolución geométrica de 20 cm.

Para obtener la primera versión, la recortada a la región de interés, se sigue el mismo procedimiento que el realizado en el apartado anterior para recortar el modelo digital de superficies, usando la herramienta *gdalwarp* desde la interfaz gráfica de QGIS, tal y como ilustran las siguientes figuras.



Cortar ráster por capa de máscara

Parámetros Registro

Capa de entrada
202301XX_RAIL_5cm_25830_dtm []

Capa de máscara
roi [EPSG:25830]

Objetos seleccionados solamente

SRC de origen [opcional]
Project CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N

SRC objetivo [opcional]
Project CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N

Extensión del objetivo [opcional]
No establecido

Asignar un valor especificado para "sin datos" a las bandas de salida [opcional]
No establecido

Crear una banda alfa de salida

Ajustar la extensión del ráster cortado a la extensión de la capa de máscara

Mantener resolución del ráster de entrada

Establecer resolución del archivo de salida

Resolución X a las bandas de salida [opcional]
No establecido

Resolución Y a las bandas de salida [opcional]
No establecido

Advanced Parameters

Usar implementación de combado multihilo

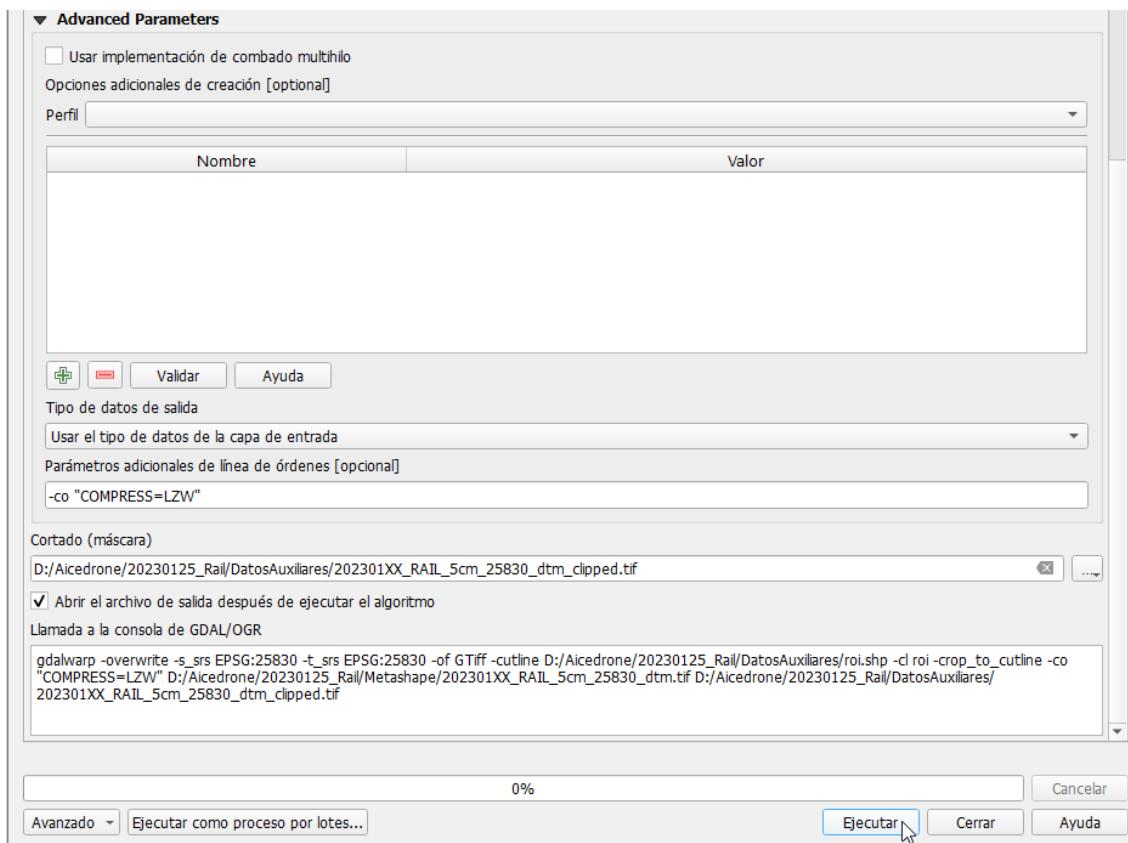
Opciones adicionales de creación [optional]

Perfil

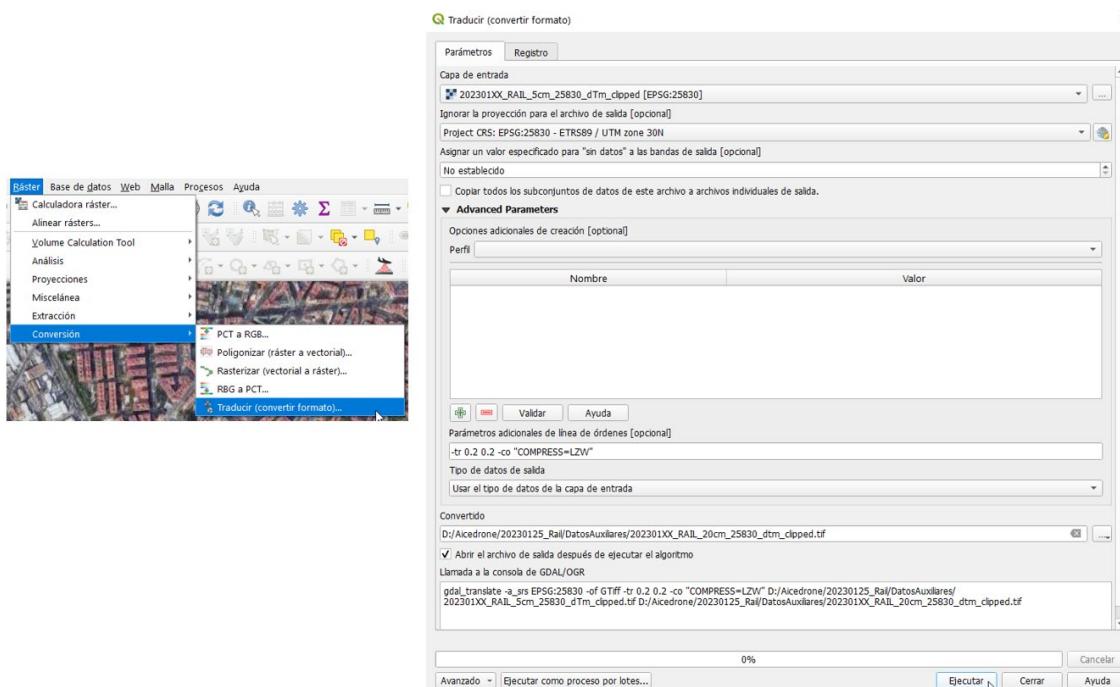
Nombre	Valor

0%

Avanzado Ejecutar como proceso por lotes... Ejecutar Cerrar Ayuda



A partir del fichero resultante se obtiene otra versión del modelo digital del terreno con una resolución espacial de 20 cm siguiendo un procedimiento similar al empleado en el escenario de los cubos, descrito en el apartado 5.1.1 del documento 4.1.1.



6.1.4 Optimización del ortomosaico

A continuación, siguiendo un procedimiento similar al realizado en los dos apartados anteriores para recortar el MDS y el MDT, se procede a recortar la ortoimagen a la región de interés.

6.1.5 Resultados de la optimización

La siguiente figura muestra los ficheros resultantes de la optimización del modelo digital de superficie y del modelo digital del terreno, habiéndose eliminado la primera versión recortada a la región de interés del modelo digital del terreno. Se puede observar la gran reducción en volumen de almacenamiento.

DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > Metashape			DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > DatosAuxiliares		
Nombre	Tamaño	Tipo	Nombre	Tamaño	Tipo
202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm.tif	1,310,434 KB	Archivo TIF	202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif	30,261 KB	Archivo TIF
202301XX_RAIL_5cm_25830_dtm.tif	1,084,392 KB	Archivo TIF	202301XX_RAIL_5cm_25830_ortho_clipped.tif	397,621 KB	Archivo TIF
202301XX_RAIL_5cm_25830_orto.tif	1,103,743 KB	Archivo TIF	202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif	457,095 KB	Archivo TIF
202301XX_RAIL_recortada.tif	115,270,478 KB	Laser point cloud			
markers.xml	2,503 KB	Microsoft Edge H...			

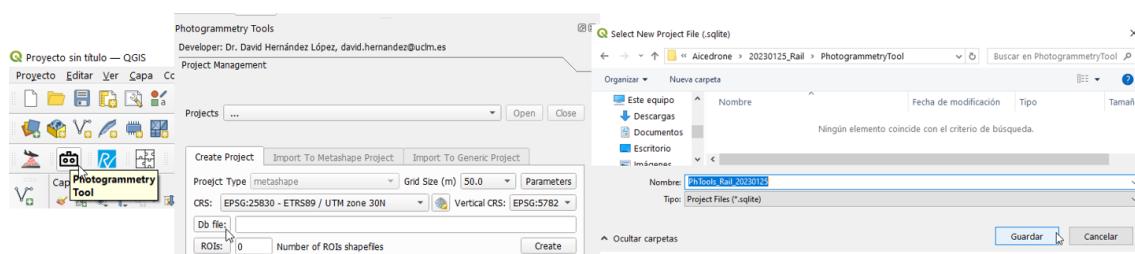
6.2 Proyecto del complemento PhotogrammetryTool de QGIS

El objetivo del complemento PhotogrammetryTool, disponible en:

https://github.com/UCLM-PAFyC/photogrammetry_tools

es la gestión y uso de un proyecto fotogramétrico generado con Metashape para resolver multitud de tareas necesarias en este proyecto.

A continuación, se incluye una relación de capturas de pantalla con los pasos seguidos hasta la finalización de la creación completa del proyecto de este complemento para este escenario, y que se resumen en: la creación de proyecto, la apertura del proyecto, la importación del fichero del proyecto de Metashape (exportación de *markers* en formato XML), la vinculación de las imágenes, con y sin distorsión, y la generación de las huellas de las imágenes sobre el modelo digital del terreno (MDT). Las siguientes capturas de pantalla ilustran el proceso.





Photogrammetry Tools
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es

Project Management

Projects: ... Open Close

Create Project Import To Metashape Project Import To Generic Project

Project Type: metashape Grid Size (m): ... Parameters

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

Db file: D:/Aicedrone/20230125_Rail/PhotogrammetryTool/PhTools_Rail_20230125.sqlite

ROIs: 0 Number of ROIs shapesfiles Create

Select ROIs Shapefiles

File types: Select files Select directory Select directories Remove from the list the selected files Selected files: shp File Accept

Select ROIs Shapefiles

File types: Select files Select directory Select directories Remove from the list the selected files Selected files: shp File 1 D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/roi.shp Accept

Photogrammetry Tools
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es

Project Management

Projects: ... AicedroneRail.sqlite Open Close

Create PhTools_20210729_TarazonaCebolla_MicasenseRedEdge.sqlite

Project PhTools_2020426_Tarazona_Vid_A6000.sqlite

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N

Db file: D:/Aicedrone/20230125_Rail/PhotogrammetryTool/PhTools_Rail_20230125.sqlite

ROIs: 1 Number of ROIs shapesfiles Create

Photogrammetry Tools: Process completed successfully Aceptar

Photogrammetry Tools
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es

Project Management

Projects: PhTools_Rail_20230125.sqlite Open Close

Create Import To Metashape Project Import To Generic Project

Import calibrations and orientations from Metashape project markers XML file

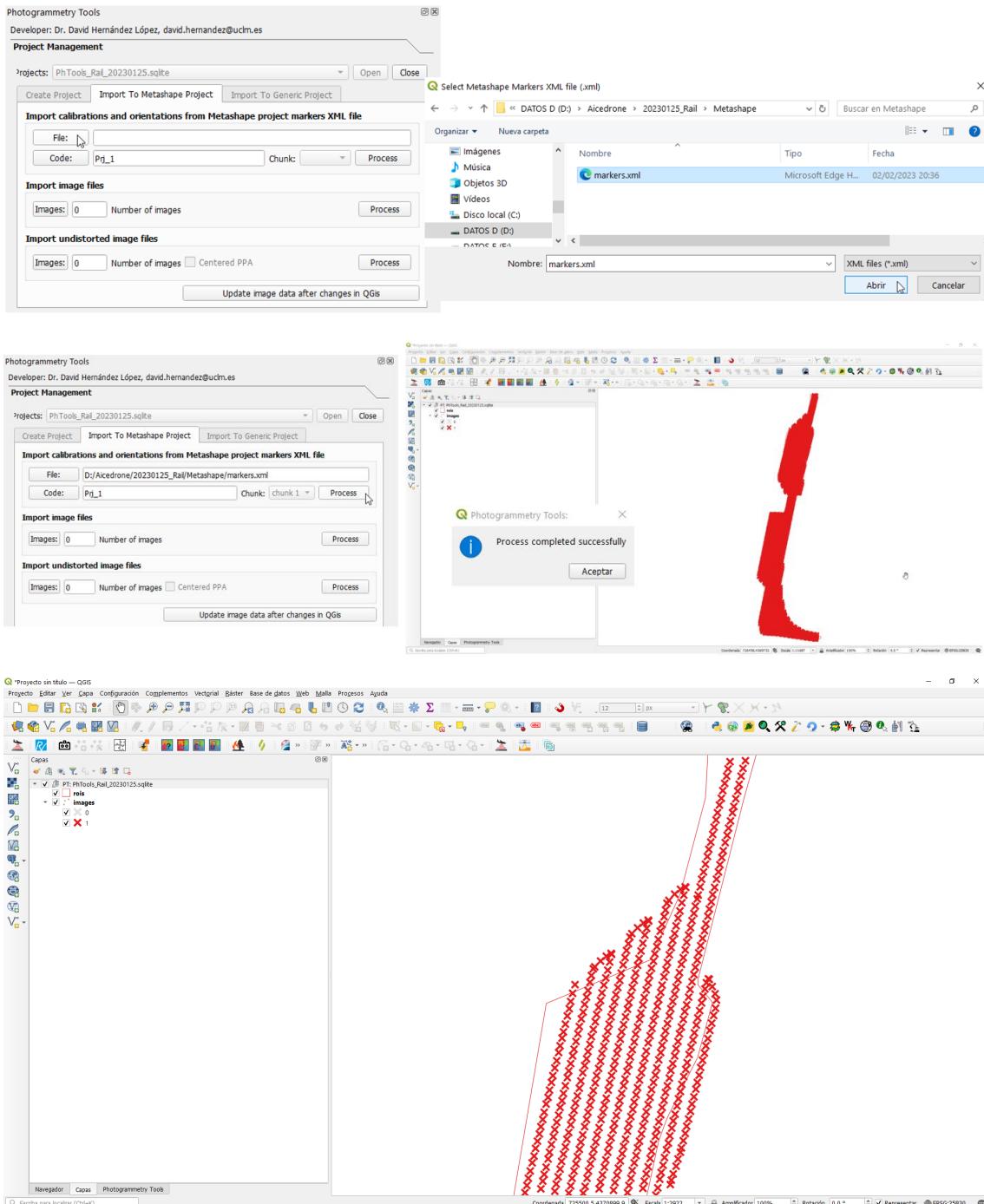
File:

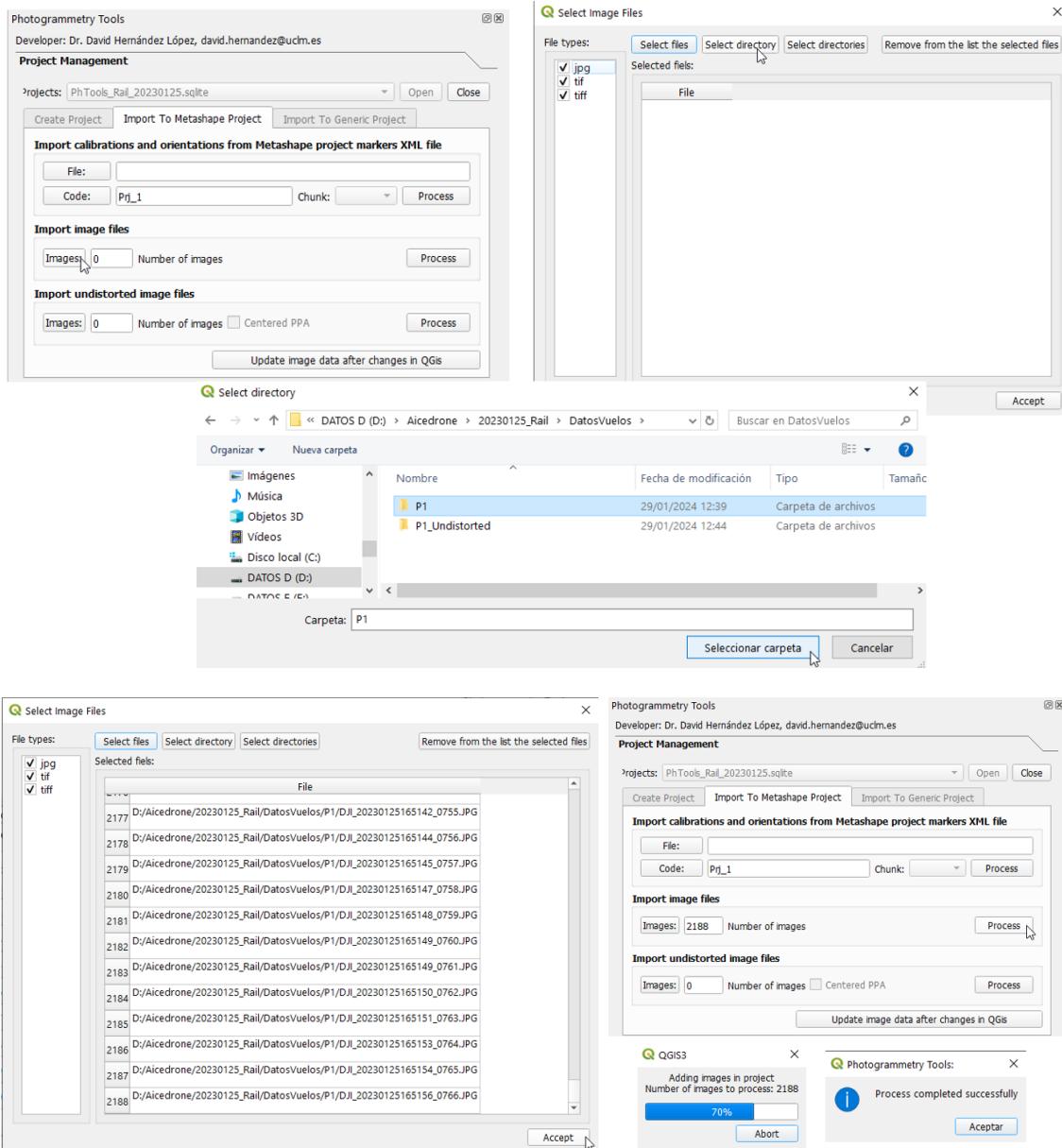
Project Type: metashape Grid Size (m): 50.0 Parameters

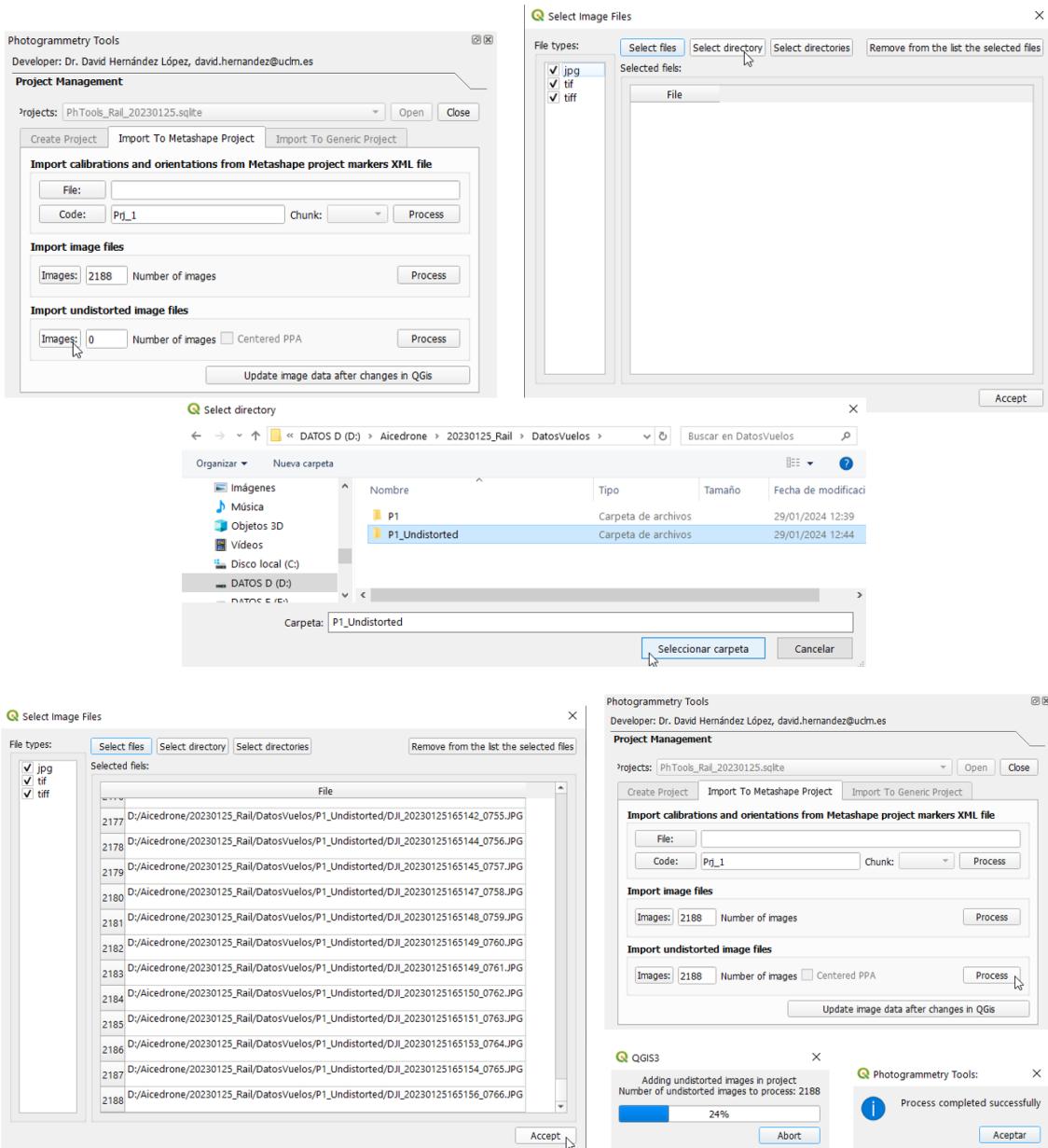
CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

Db file: D:/Aicedrone/20230125_Rail/PhotogrammetryTool/PhTools_Rail_20230125.sqlite

ROIs: 1 Number of ROIs shapesfiles Create







Todos los resultados se van almacenando en la base de datos del proyecto, fichero:

`D:\Aicedrone\20230125_Rail\PhotogrammetryTool\ PhTools_Rail_20230125.sqlite`

La siguiente figura corresponde a una captura del explorador de base de datos de QGIS consultado el contenido de la tabla images.

Administrador de BBDD

Base de datos: Iberia

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

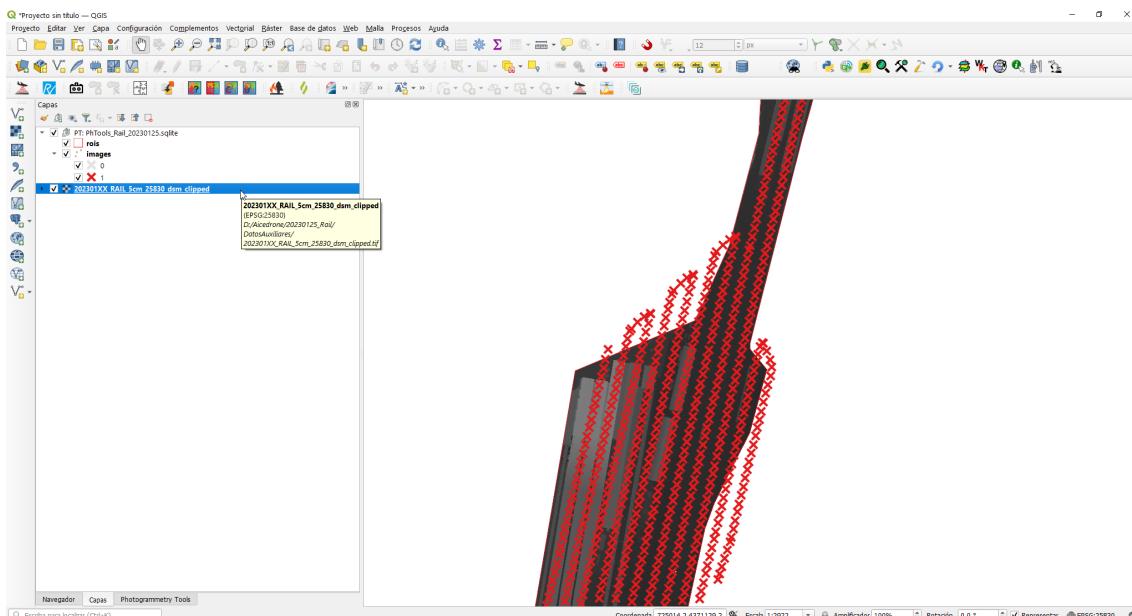
Proveedores:

- ✓ Pg4Tools_Fotogrametria.sqlite
- ✓ Pg4Tools_Juventudismo_NW_MAMH.sqlite
- ✓ Pg4Tools_20210605.sqlite
- ✓ Pg4Tools_20210723_TarazonaCebolla_MicasenseRedEdgeS...
- ✓ Pg4Tools_20210428_Tarazona_Vid_A6000.sqlite
- ✓ Pg4Tools_AccesoAlAvionsqlite
- ✓ Pg4Tools_Candidato.sqlite
- ✓ Pg4Tools_EnergieCanariaMar2023.sqlite
- ✓ Pg4Tools_FlyCameras.sqlite
- ✓ Pg4Tools_FlyCorsees.sqlite
- ✓ Pg4Tools_FlyRozCanadas.sqlite
- ✓ Pg4Tools_FuerzaAereaMalta20180114.sqlite
- ✓ Pg4Tools_GeoTiff20200104_P5.sqlite
- ✓ Pg4Tools_PozoCanada.sqlite
- ✓ Pg4Tools_Rail_20230125.sqlite
- ✓ Pg4Tools_Rail_20230125_sqfite
- ✓ Pg4Tools_Villayoya20231218.sqlite
- ✓ acedrone_carrereta_swords.sqlite
- ✓ acedrone_fernandez_sorolla.sqlite
- ✓ lat_sg_piloto.sqlite
- ✓ lat_sg_piloto_sqfite
- ✓ pc_apoca_primerasqlite
- ✓ pc_apoca_ridas_sqfite
- ✓ pc_old_cuquera_sqfite_lidar_q3_sqfite
- ✓ pc_pneu_lider_g50_sqfite
- ✓ pc_pneu_lider_g50_sqfite
- ✓ pc_pneu_lider_g50_new_sqfite
- ✓ pc_pneu_lider_g50_sqfite
- ✓ pc_pneu_lidar_g50_sqfite
- ✓ pc_sg_piloto_sqfite
- ✓ pc_sg_piloto_sqfite_73766637_sqfite
- ✓ pc_sg_piloto_sqfite_73766643_sqfite
- ✓ pc_sg_piloto_sqfite_73766643_sqfite
- ✓ pc_sg_pneu_lidar_g50_sqfite
- ✓ pc_tendidos_pcica_primerasqfite
- ✓ pc_tendidos_pcica_primerasqfite
- ✓ pw_cuquera_sqfite_lidar_sqfite
- ✓ pw_cuquera_sqfite_lidar_sqfite
- ✓ pw_pneu_lidar_sqfite
- ✓ pw_sg_piloto_sqfite
- ✓ pw_sg_piloto_sqfite
- ✓ pw_sg_pneu_lidar_sqfite
- ✓ pw_tendidos_sqfite
- ✓ q4acedrone_villayoya20231218_sqfite

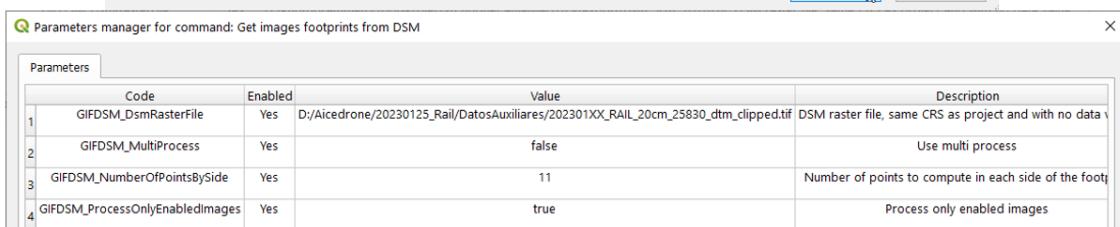
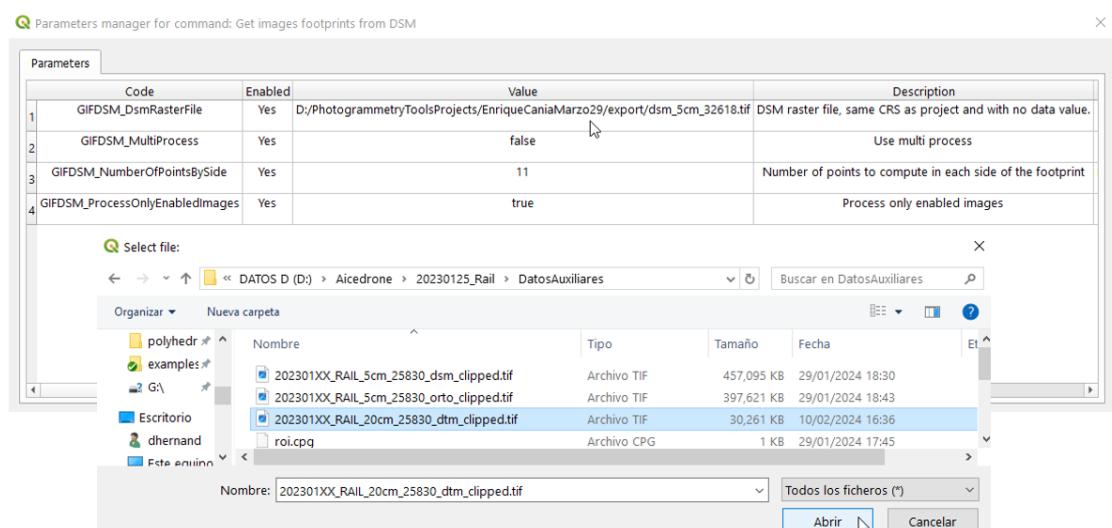
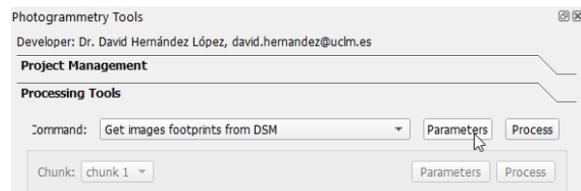
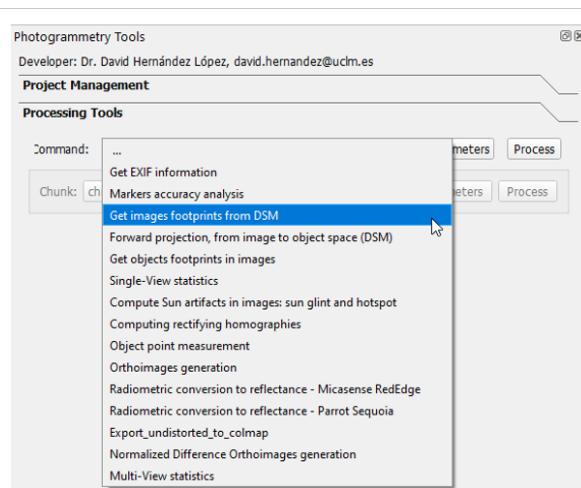
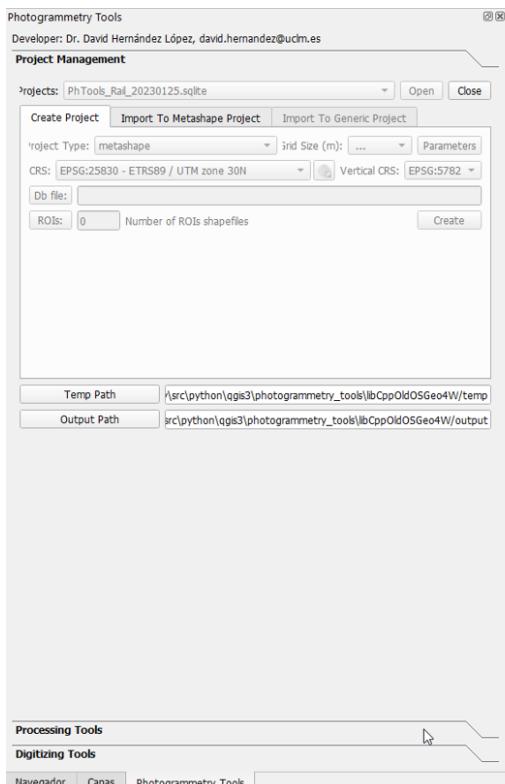
Capa virtual

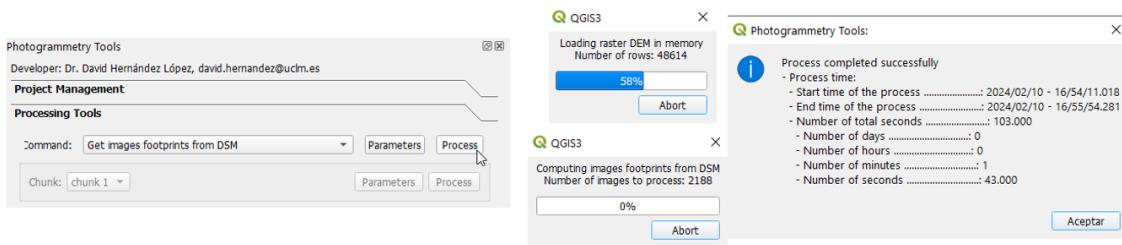
Info Tabla Vista previa

id	label	file	xml_file_id	chunk_label	camera_id	undistorted_file	enabled	string_id	the_geom
1	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	0	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
2	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	1	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
3	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	2	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
4	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	3	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
5	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	4	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
6	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	5	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
7	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	6	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
8	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	7	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
9	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	8	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
10	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	9	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
11	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	10	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
12	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	11	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
13	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	12	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
14	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	13	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
15	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	14	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
16	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	15	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
17	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	16	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
18	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	17	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
19	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	18	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
20	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	19	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
21	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	20	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
22	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	21	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
23	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	22	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
24	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	23	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
25	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	24	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
26	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	25	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
27	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	26	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT
28	dj_202301251...	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\...	1	chunk 1	27	D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\PI\Undistorted\...	1	1#chunk...	POINT

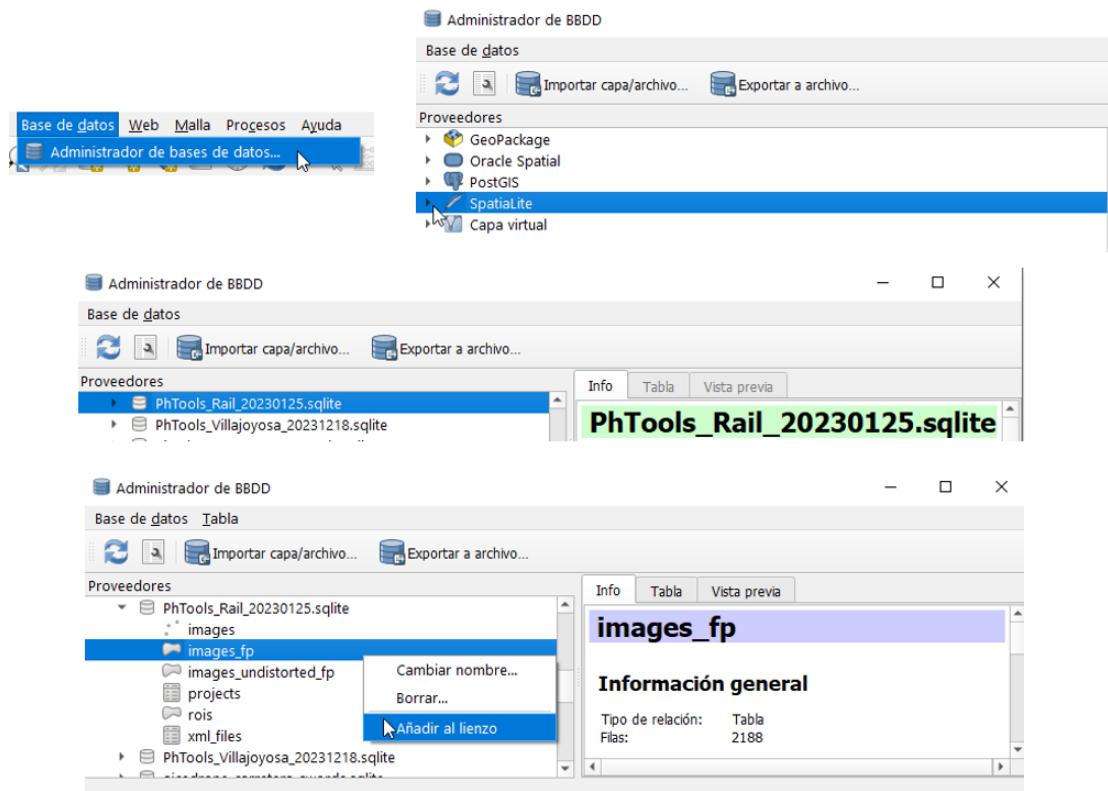


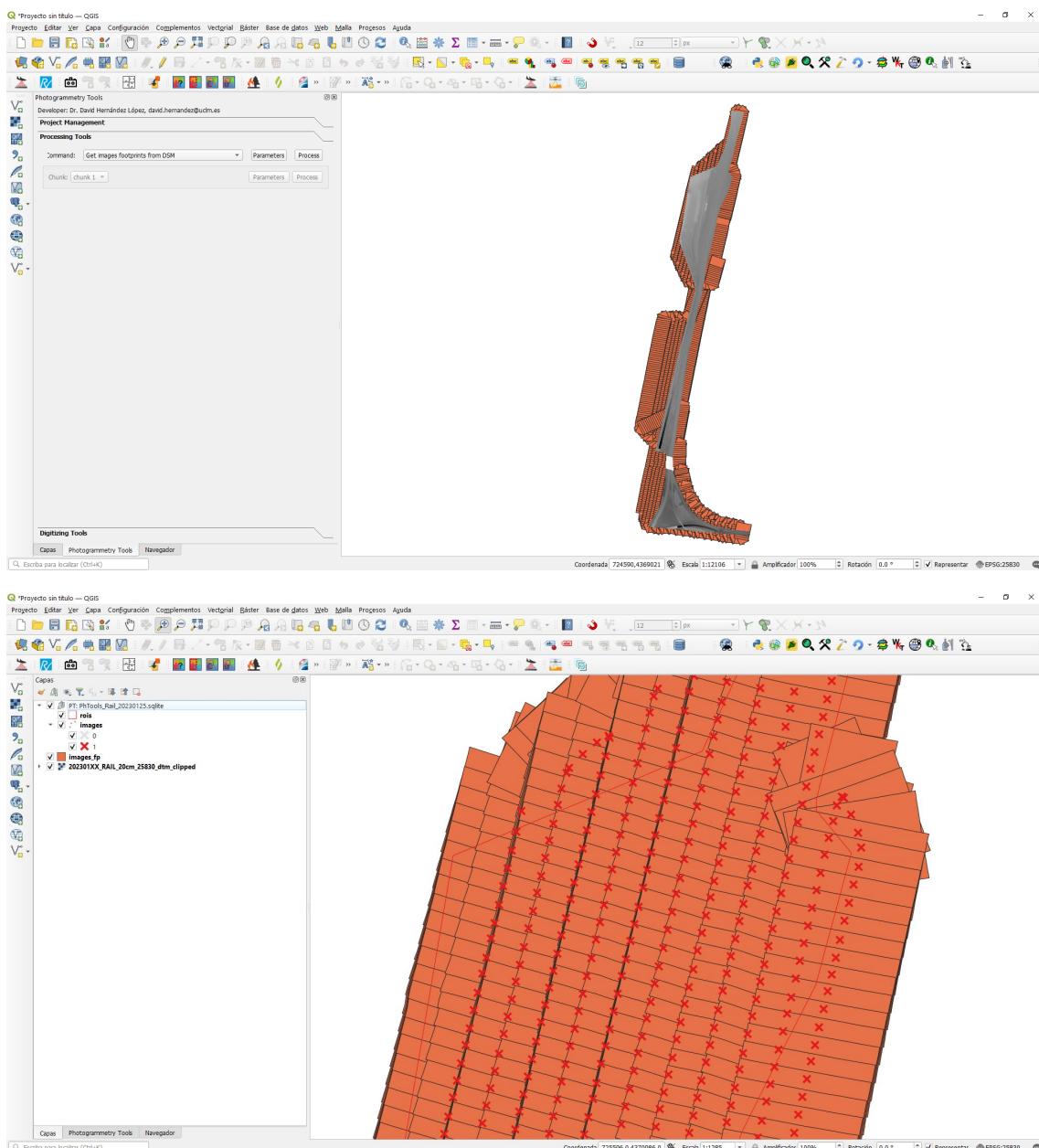
A continuación, se procede a lanzar un proceso para obtener la huella de las imágenes sobre el modelo digital del terreno (MDT). Las huellas obtenidas de las imágenes, con y sin distorsión, se almacenan en la base de datos como polígonos y serán empleadas por cualquier algoritmo que precise consultar las imágenes en las que aparece cualquier parte de la superficie. La duración del proceso depende de la resolución espacial del MDT empleado, resultando de menos de 2 minutos con el MDT obtenido tras el proceso de optimización con el recorte a la región de interés y la reducción de la resolución espacial a 20 cm.

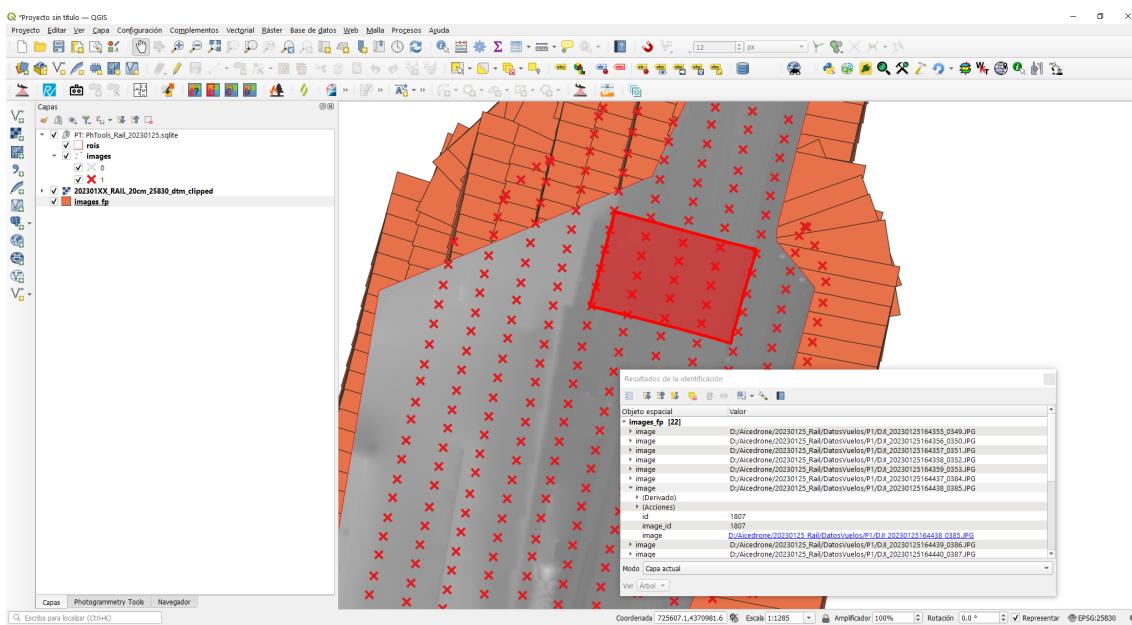




Las huellas no se cargan automáticamente, pero se puede hacer empleando las propias herramientas de QGIS, tal y como muestra las siguientes capturas.







6.3 Detección de vías ferroviarias y carriles de vía con técnicas de IA en imágenes del vuelo

En esta sección se describen los pasos a realizar para generar los ficheros con la segmentación de railways y rails en las imágenes del vuelo.

La descripción de las herramientas de IA se encuentra en el documento 5_1_0.

6.3.1 Creación de imágenes tileadas

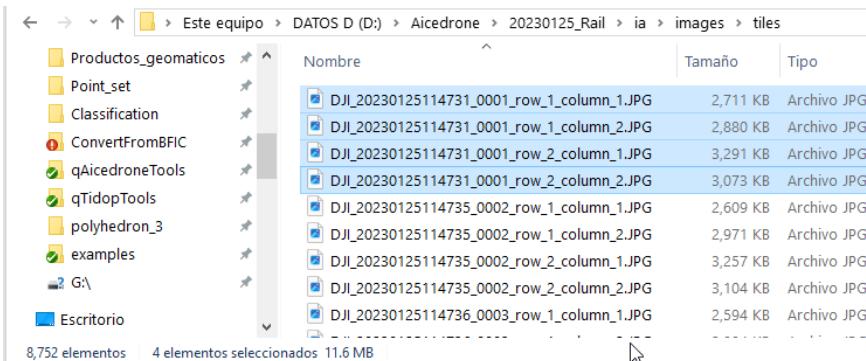
El programa de IA realizado para entrenar y predecir los railways y los rails en imágenes, tal y como se describe en el documento 5_1_0, requiere que las imágenes sean divididas, o tileadas, en imágenes más pequeñas debido a que su tamaño es excesivo para obtener resultados precisos. Concretamente, cada imagen debe ser dividida en cuatro partes o tiles, correspondiendo cada una a un cuarto de la imagen original, pasando de un tamaño original de 8192x5460 a cuatro imágenes con un tamaño de 4096x2730. Para realizar esta tarea se ha implementado el programa en Python *CreateImageTiles.py* que forma parte del repositorio de GitHub:

<https://github.com/UCLM-PAFyC/UCLM-PAFyC-AicedronePythonTools>

La ejecución del programa, en la consola de anaconda del entorno *conda yolo8* para este ejemplo se realiza con los siguientes argumentos desde la ruta donde se encuentra el programa:

```
python CreateImageTiles.py --images_path "D:\Aicedrone\20230125_Rail\DatosVuelos\P1" --
    images_file_extension JPG --tile_columns 0.5 --tile_rows 0.5 --output_path
        "D:\Aicedrone\20230125_Rail\ia\images\tiles"
```

El resultado es que se crean un total de 8752 imágenes, 4 tiles para cada una de las 2188 imágenes originales, tal y como ilustra la siguiente figura.



6.3.2 Segmentación de railways y rails en las imágenes tileadas

En esta sección se describe el procedimiento de segmentación realizado con dos herramientas.

En primer lugar, tal y como se explica en el documento 5.1.0, consiste en usar un comando en un contenedor Docker en el que se ha instalado YOLOv8, utilizando el modelo resultante del entrenamiento descrito en este apartado. El procedimiento a seguir consta de los siguientes pasos:

1. Abrir Docker Desktop
2. Abrir una consola de PowerShell en modo administrador

3. Ejecutar el comando:

```
docker run -it --rm --gpus all -v D:\aicedrone:/yolov8 yolov8 segment predict save=True
save_txt=True
model=/yolov8/ia/railway/railway.pt
source=/yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles
```

En este comando se está indicando que el fichero del modelo es:

D:\Aicedrone\ia\railway\railway.pt

y que la ruta de las imágenes de entrada es:

D:\Aicedrone\20230125_Rail\ia\images\tiles

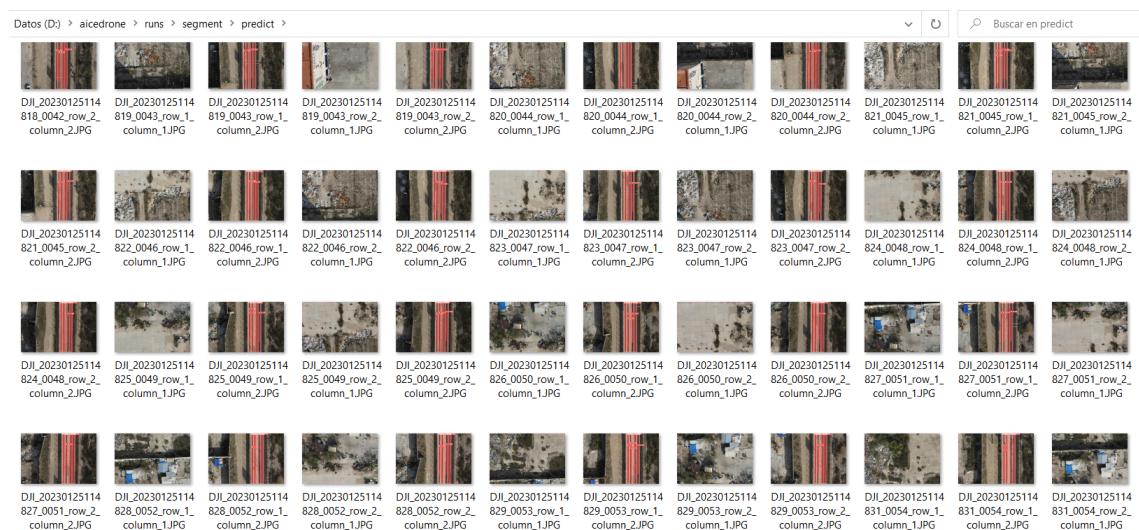
```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6

PS C:\Users\DHL> docker run -it --rm --gpus all -v D:\aicedrone:/yolov8 yolov8 segment predict save=True save_txt=True model=/yolov8/ia/railway/railway.pt source=/yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles
Ultralytics YOLOv8.0.215 Python-3.10.12 torch-2.1.1+cu121 CUDA:0 (NVIDIA GeForce GTX 1080, 8192MiB)
```

```
Windows PowerShell
image 8747/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165154_0765_row_2_column_1.JPG: 448x640 (no detections), 56.6ms
image 8748/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165154_0765_row_2_column_2.JPG: 448x640 (no detections), 56.3ms
image 8749/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165156_0766_row_1_column_1.JPG: 448x640 (no detections), 57.0ms
image 8750/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165156_0766_row_1_column_2.JPG: 448x640 (no detections), 56.3ms
image 8751/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165156_0766_row_2_column_1.JPG: 448x640 (no detections), 56.5ms
image 8752/8752 /yolov8/20230125_Rail/ia/images/tiles/DJI_20230125165156_0766_row_2_column_2.JPG: 448x640 (no detections), 56.6ms
Speed: 3.8ms preprocess, 56.0ms inference, 4.0ms postprocess per image at shape (1, 3, 448, 640)
Results saved to runs/segment/predict
4889 labels saved to runs/segment/predict/labels
Learn more at https://docs.ultralytics.com/modes/predict
PS C:\Users\DHL>
```

El resultado se crea en la ruta:



Los ficheros realmente de interés no son las imágenes anteriores, que sólo tienen interés de inspección en este proyecto, sino los ficheros ASCII con la geometría de segmentación, que sólo se crean para aquellas imágenes en las que se encuentran objetos, railways/rails, y la ruta es:

Nombre	Tamaño
DJI_20230125114807_0032_row_1_column_2.txt	2 KB
DJI_20230125114808_0033_row_1_column_2.txt	7 KB
DJI_20230125114809_0034_row_1_column_2.txt	3 KB
DJI_20230125114809_0034_row_2_column_2.txt	1 KB
DJI_20230125114810_0035_row_1_column_2.txt	3 KB
DJI_20230125114810_0035_row_2_column_2.txt	3 KB
DJI_20230125114811_0036_row_1_column_2.txt	2 KB
DJI_20230125114811_0036_row_2_column_2.txt	3 KB
DJI_20230125114813_0037_row_1_column_2.txt	3 KB
DJI_20230125114813_0037_row_2_column_2.txt	4 KB
DJI_20230125114814_0038_row_1_column_2.txt	2 KB
DJI_20230125114814_0038_row_2_column_2.txt	2 KB
DJI_20230125114815_0039_row_1_column_2.txt	2 KB

Los resultados se han cambiado a otra ruta para organizar mejor la información, de forma que los ficheros ASCII con la geometría de segmentación se encuentran en:

D:\Aicedrone\20230125_Rail\ia\images\runs\segment\predict\labels

Sin embargo, el problema de proceder de esta forma es que en aquellos objetos cuya segmentación incluya más de una geometría, lo que sucede en muchos de los railways, el resultado en los ficheros ASCII anteriores sólo incluye la geometría mayor.

Para salvar el problema anterior, se ha implementado el programa en Python *PredictWktFormat.py* que forma parte del repositorio de GitHub:

<https://github.com/UCLM-PAFyC/UCLM-PAFyC-AicedronePythonTools>

File	Status	Last Commit
.idea	new	1 hour ago
ArgumentosCasos.txt	new	1 hour ago
CreateCenterlinesForRailway.py	first	last week
CreateelAPolygonsForRailway.py	first	last week
CreateelImageTiles.py	first	last week
CreateSegmentedObjectsWktForOriginalImage...	..	yesterday
CreateSplitPointCloudPolygonsForRail.py	first	last week
CreateSplitPointCloudPolygonsForRailway.py	first	last week
PredictWktFormat.py	new	1 hour ago

La ejecución del programa, en la consola de anaconda del entorno *conda yolo8* para este ejemplo se realiza con los siguientes argumentos desde la ruta donde se encuentra el programa:

```
python PredictWktFormat.py --model_file "D:\aicedrone\ia\railway\railway.pt" --images_path  
"D:\aicedrone\20230125_Rail\ia\images\tiles" --images_file_extension JPG --output_path  
"D:\Aicedrone\20230125_Rail\ia\images\results"
```

El resultado es que en el directorio indicado para guardar los resultados:

D:\aicedrone\20230125_Rail\ia\images\results

se crea un fichero ASCII por cada una de las imágenes originales, un total de 2188 ficheros, sin contenido para aquellas imágenes en las que no se produce ninguna detección.

results

Archivo Inicio Compartir Vista

Datos (D:) < Datos (D:) > aicedrone > 20230125_Rail > ia > images > results

Nombre	Tamaño	Tipo
DJI_20230125165126_0745.txt	32 KB	Documento de texto
DJI_20230125165127_0746.txt	35 KB	Documento de texto
DJI_20230125165128_0747.txt	27 KB	Documento de texto
DJI_20230125165129_0748.txt	25 KB	Documento de texto
DJI_20230125165130_0749.txt	20 KB	Documento de texto
DJI_20230125165132_0750.txt	17 KB	Documento de texto
DJI_20230125165133_0751.txt	11 KB	Documento de texto
<input checked="" type="checkbox"/> DJI_20230125165135_0752.txt	95 KB	Documento de texto
DJI_20230125165138_0753.txt	0 KB	Documento de texto
DJI_20230125165140_0754.txt	0 KB	Documento de texto
DJI_20230125165142_0755.txt	0 KB	Documento de texto
DJI_20230125165144_0756.txt	0 KB	Documento de texto
DJI_20230125165145_0757.txt	0 KB	Documento de texto

2,188 elementos 1 elemento seleccionado 94.2 KB

D:\aicedrone\20230125_Rail\ia\image\results\DJ\20230125165135_0752.txt - Notepad++

Archivo Editar Buscar Configuración Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

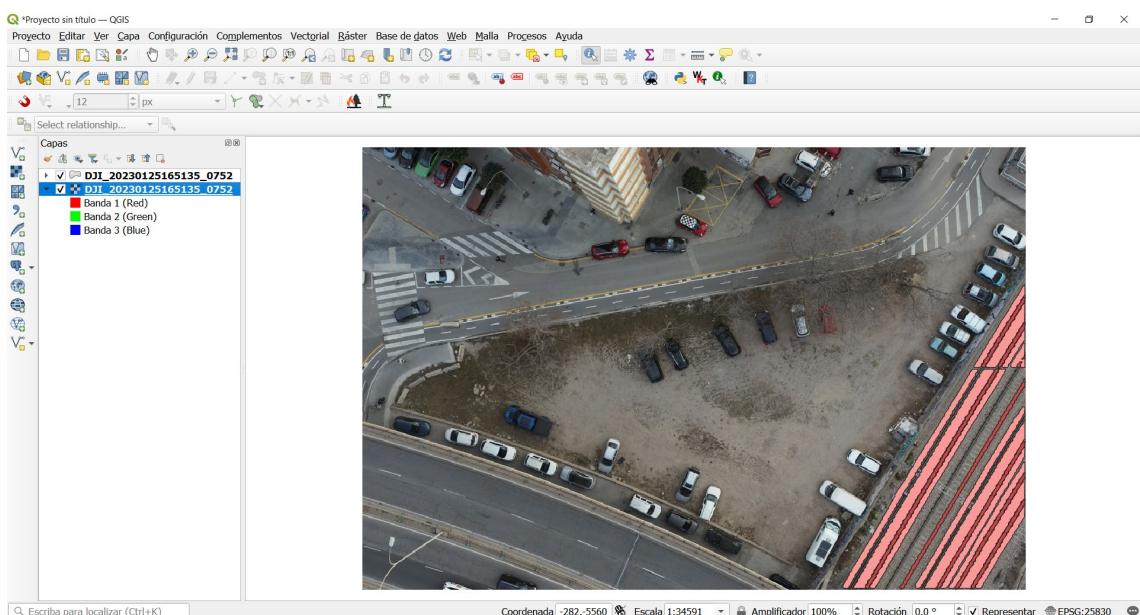
DJ\20230125165135_0752.txt

```

1 0;POLYGON((8172.80 -1851.40,8166.40 -1857.80,8166.40 -1864.20,8153.60 -1877.00,8147.20 -1877.00,8140.80 -1883.40,8140.80 -1896.20,8134.40
-1902.60,8134.40 -1915.40,8128.00 -1921.80,8121.60 -1928.20,8115.20 -1934.60,8115.20 -1941.00,8102.40 -1953.80,8096.00
-1953.80,8095.60 -1960.20,8089.60 -1985.80,8064.00 -2011.40,8064.00 -2024.20,8044.80 -2043.40,8044.80 -2049.80,8038.40 -2056.20,8038.40
-2069.00,8025.60 -2081.80,8019.20 -2081.80,8012.80 -2088.20,8012.80 -2107.40,8006.40 -2113.80,7984.20 -2120.20,7987.20 -2139.40,7987.20
-2145.80,7974.40 -2158.60,7969.00 -2158.60,7961.60 -2165.00,7961.60 -2190.60,7936.00 -2216.20,7936.00 -2229.00,7929.60 -2235.40,7929.60
-2241.80,7910.40 -2261.60,7910.40 -2273.80,7884.80 -2299.40,7884.80 -2325.00,7872.00 -2337.80,7859.20 -2344.20,7859.20
-2350.60,7840.00 -2369.80,7840.00 -2376.20,7833.60 -2382.60,7833.60 -2401.80,7820.80 -2414.60,7814.40 -2414.60,7808.00 -2421.00,7808.00
-2446.60,7782.40 -2472.20,7782.40 -2478.60,7763.20 -2497.80,7763.20 -2504.20,7756.80 -2510.60,7756.80 -2529.80,7744.00 -2542.60,7737.60
-2542.60,7731.20 -2549.00,7731.20 -2574.60,7705.60 -2600.20,7705.60 -2606.60,7680.00 -2632.20,7680.00 -2657.80,7667.20 -2670.60,7660.80
-2670.60,7654.40 -2677.00,7654.40 -2709.00,7699.20 -2715.40,7692.80 -2715.40,7699.20 -2683.40,7705.60 -2677.00,7705.60
-2670.60,7712.00 -2664.20,7718.40 -2664.20,7724.80 -2657.80,7724.80 -2651.40,7731.20 -2645.00,7731.20 -2638.60,7737.60 -2632.20,7744.00
-2632.20,7744.00 -2619.40,7750.40 -2613.00,7750.40 -2600.20,7763.20 -2587.40,7769.60 -2587.40,7776.00 -2581.00,7776.00 -2555.40,7801.60
-2529.80,7801.60 -2517.00,7808.00 -2510.60,7808.00 -2504.20,7827.20 -2485.00,7827.20 -2472.20,7840.00 -2459.40,7846.40 -2459.40,7852.80
-2453.00,7852.80 -2421.60,7865.60 -2420.80,7872.00 -2408.20,7878.40 -2401.80,7878.40 -2395.40,7884.80 -2389.00,7884.80 -2382.60,7897.60
-2369.80,7897.60 -2363.40,7904.00 -2357.00,7904.00 -2344.20,7916.80 -2331.40,7923.60 -2331.40,7929.60 -2325.00,7929.60 -2305.80,7936.00
-2299.40,7936.00 -2293.00,7955.20 -2273.80,7955.20 -2267.40,7974.40 -2248.20,7974.40 -2241.80,7980.80 -2235.40,7980.80 -2216.20,7993.60
-2203.40,8000.00 -2203.40,8006.40 -2197.00,8006.40 -2171.40,8032.00 -2139.40,8044.80 -2126.60,8051.20 -2126.60,8057.60
-2120.60,8057.60 -2094.60,8083.20 -2069.00,8083.20 -2056.20,8102.40 -2037.00,8102.40 -2030.60,8108.80 -2024.20,8108.80 -2011.40,8121.60
-1998.60,8128.00 -1998.60,8134.40 -1992.20,8134.40 -1966.60,8160.00 -1941.00,8160.00 -1934.60,8179.20 -1915.40,8185.60 -1915.40,8185.60
-1851.40,8172.80 -1851.40,8172.80)
```

2 0;POLYGON((8172.80 -2158.60,8166.40 -2165.00,8166.40 -2177.80,8160.00 -2184.20,8160.00 -2197.00,8153.60 -2203.40,8147.20 -2203.40,8147.20
-2209.80,8140.80 -2216.20,8140.80 -2222.60,8115.20 -2248.20,8115.20 -2286.60,8096.00 -2286.60,8096.00 -2293.00,8089.60

La siguiente figura ilustra el resultado de cargar en QGIS una imagen y el fichero obtenido en este paso con la geometría almacenada en formato WKT.



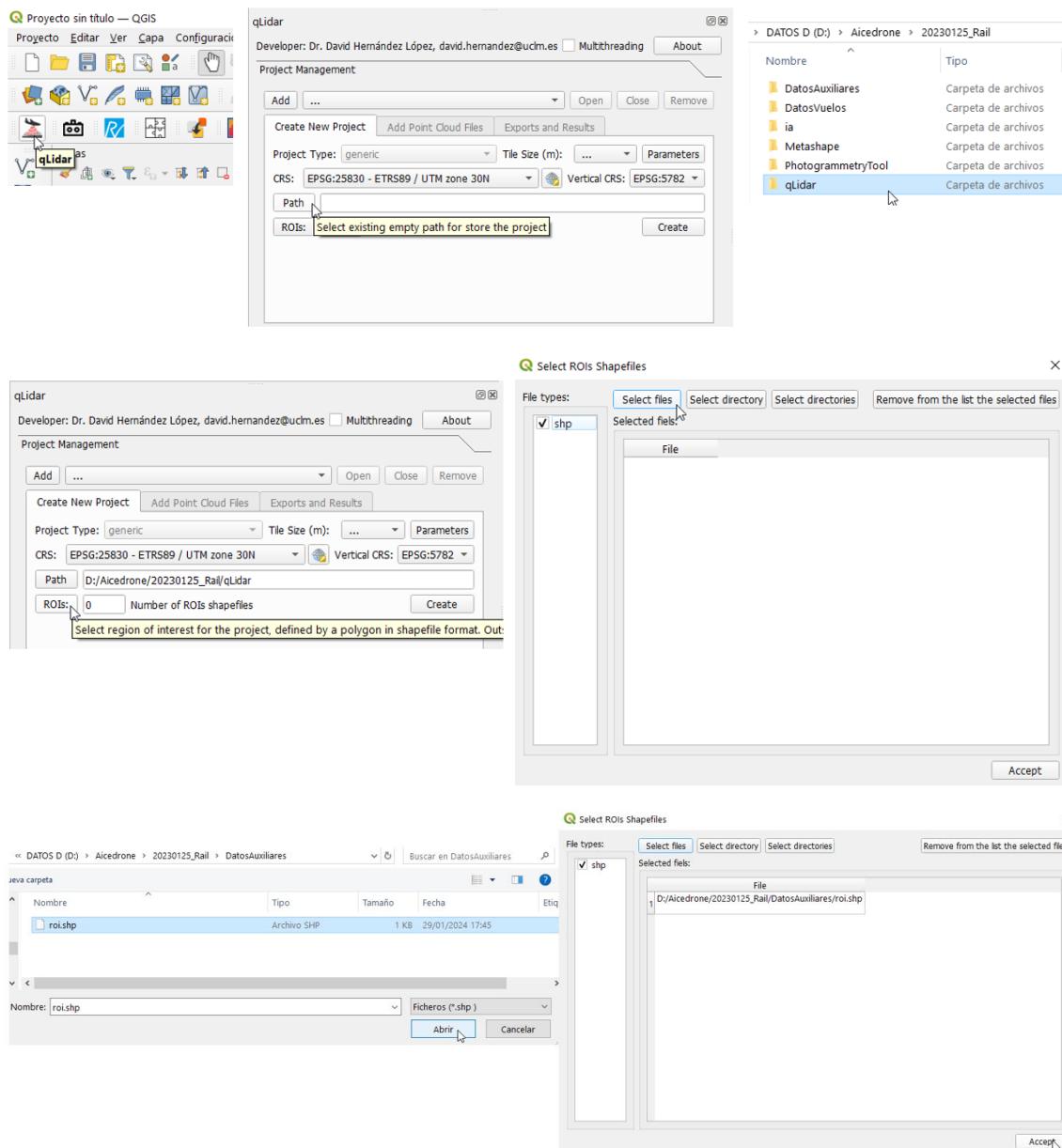
6.4 Proyecto del complemento qLidar de QGIS

El objetivo del complemento qLidar, disponible en:

<https://github.com/UCLM-PAFyC/qLidar>

es optimizar el uso de la nube de puntos 3D que se empleará en la modelización.

A continuación, se incluye una relación de capturas de pantalla con los pasos seguidos hasta la finalización de la creación completa del proyecto de este complemento para este escenario, y que se resumen en: la creación de proyecto, la apertura del proyecto, la carga de la nube de puntos 3D y la posible inspección visual. Las siguientes capturas de pantalla ilustran el proceso.





qLidar

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es Multithreading [About](#)

Project Management

Add ... Open Close Remove

Create New Project Add Point Cloud Files Exports and Results

Project Type: generic Tile Size (m): 5 Parameters

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

Path: D:/Aicedrone/20231218_Villajoyosa/qLidar

ROIs: 1 Number of ROIs shapefiles Create

Temp Path: E:\dev\src\python\qgis3\qLidar\lbCppOld\OSGeo4W\temp

Output Path: E:\dev\src\python\qgis3\qLidar\lbCppOld\OSGeo4W\output

Parameters manager for command: ProjectParameters

Code	Enabled	Value	Description	Type	Unit	Minimum value	Maximum value
1 Author	Yes	David Hernandez	Author	Text			
2 Color	Yes	true	Store color	Value list			
3 ColorBytes	Yes	1	Number of bytes to store color, RGB and nir	Value list			
4 Company	Yes	UCLM	Company	Text			
5 GpsTime	Yes	false	Store gps time	Value list			
6 Intensity	Yes	true	Store intensity	Value list			
7 Nir	Yes	false	Store nir	Value list			
8 Return	Yes	false	Store return	Value list			
9 Returns	Yes	false	Store returns	Value list			
10 SourceId	Yes	false	Store source id	Value list			
11 UserData	Yes	false	Store user data	Value list			

qLidar

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es Multithreading [About](#)

Project Management

Add ... Open Close Remove

Create New Project Add Point Cloud Files Exports and Results

Project Type: generic Tile Size (m): 5 Parameters

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

Path: D:/Aicedrone/20231215_Rail/qLidar

ROIs: 1 Number of ROIs shapefiles Create Create the project

qLidar

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es Multithreading [About](#)

Project Management

Add ... Open Close Remove

Create New Project Add Point Cloud Files Exports and Results

Project Type: generic Tile Size (m): 5 Parameters

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

Path: D:/Aicedrone/20231215_Rail/qLidar

PCFs: 0 Number of Point Cloud Files Process

qLidar:

Process completed successfully

Aceptar

qLidar

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es Multithreading [About](#)

Project Management

Add ... Open Close Remove

Create New Project Add Point Cloud Files Exports and Results Open selected project

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

PCFs: 0 Number of Point Cloud Files Process

QGIS

Proyecto sin título — QGIS

Archivo Edición Ver Capa Configuración Complementos Vectorial Raster Base de datos Web Herramientas Ayuda

Capas

- Point Cloud 3D
 - reila

Navegador Capas

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@uclm.es Multithreading [About](#)

Project Management

Add ... Open Close Remove

Create New Project Add Point Cloud Files Exports and Results

CRS: EPSG:25830 - ETRS89 / UTM zone 30N Vertical CRS: EPSG:5782

PCFs: 0 Number of Point Cloud Files Process

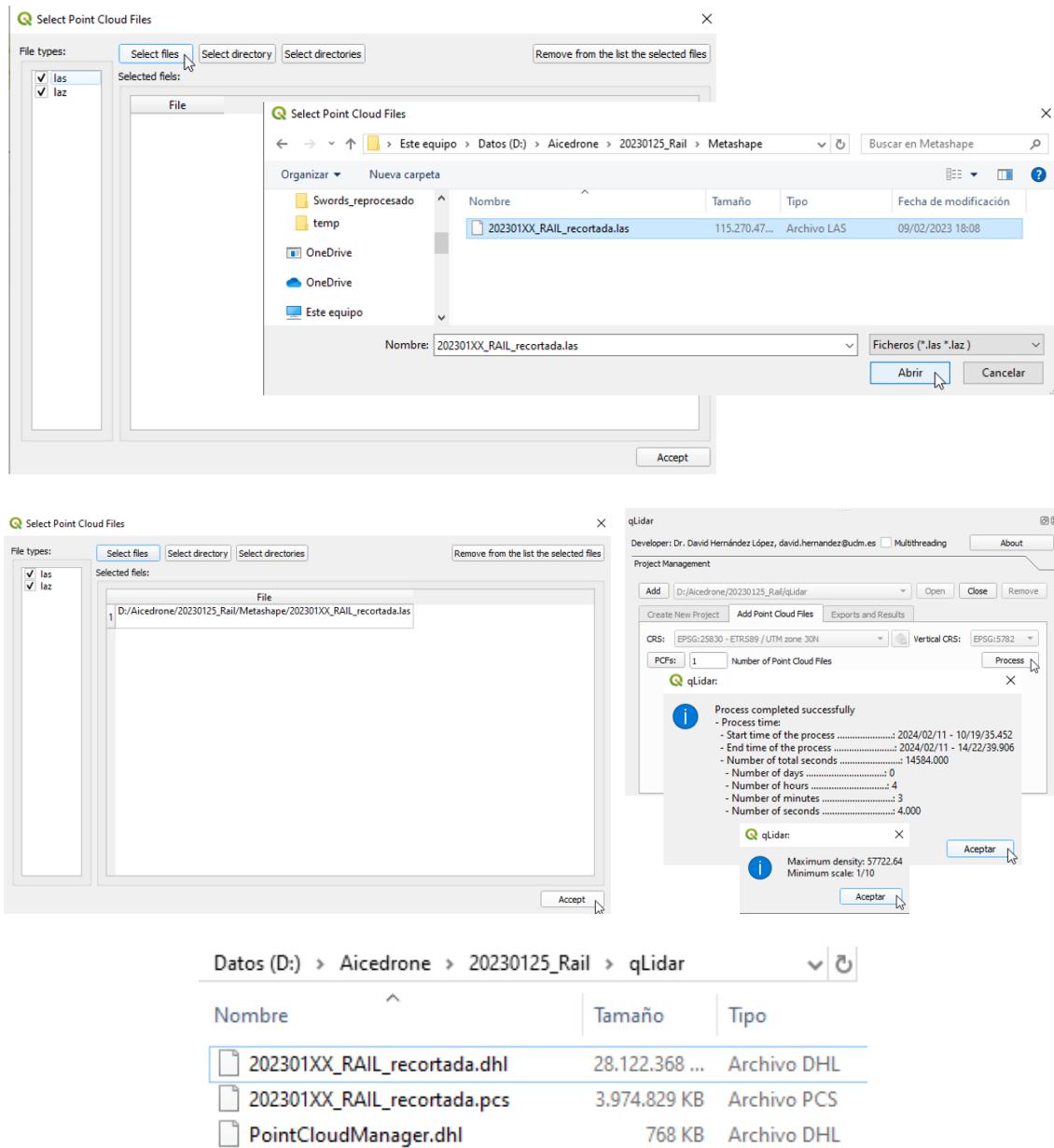
Temp Path: E:\dev\src\python\qgis3\qLidar\lbCppOld\OSGeo4W\temp

Output Path: E:\dev\src\python\qgis3\qLidar\lbCppOld\OSGeo4W\output

Manual Editing Processes Processing Tools

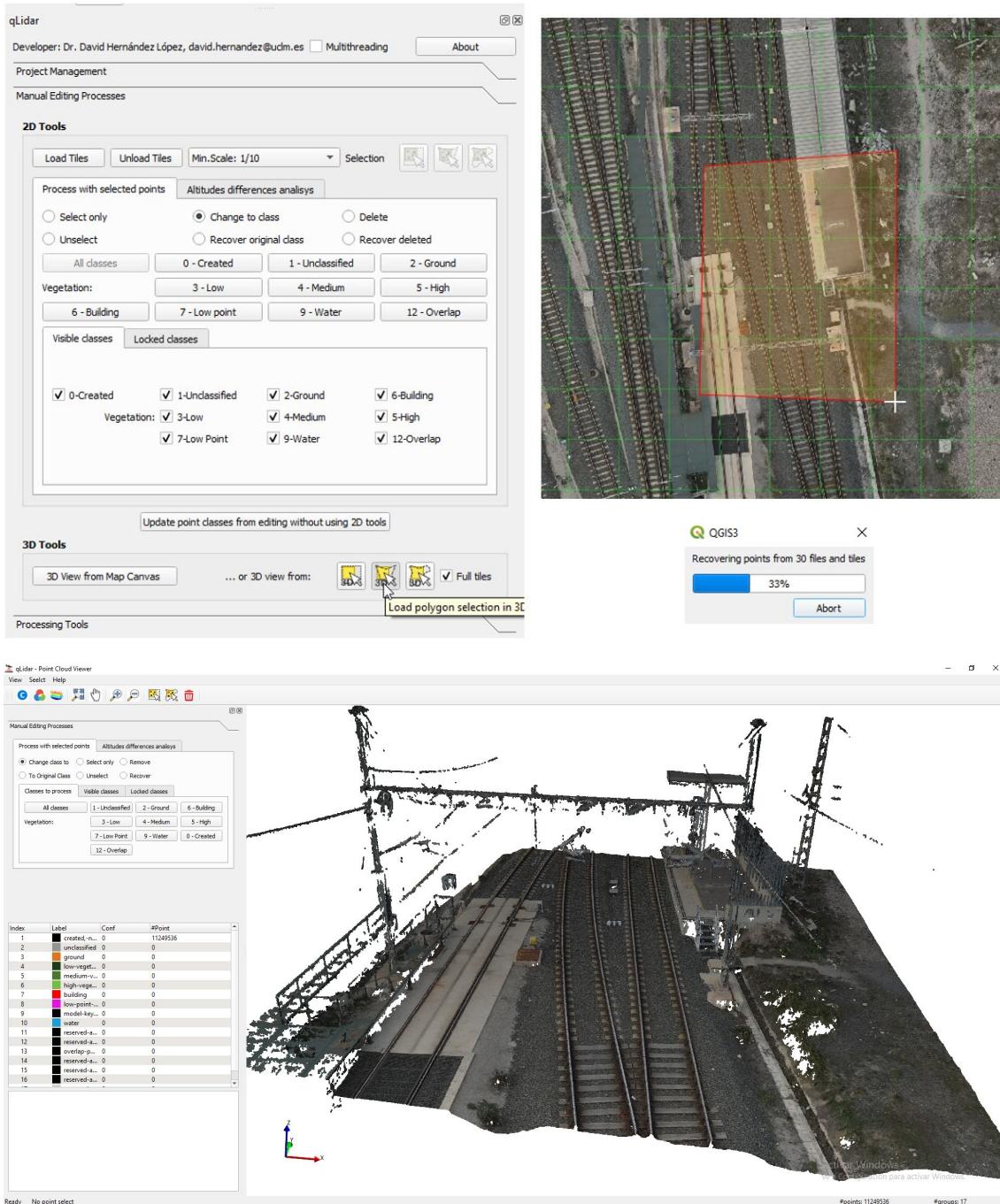
Escriba para localizar (Ctrl+K): Lstado

Coordenada: 723394,4369254 Escala: 1:11653 Amplificador: 100% Rotación: 0.0° Representar: EPSG:25830



El resultado del proceso persiste en la ruta elegida, con un tamaño que se ha reducido de los 109 GBytes del fichero original a 30.6 GBytes.

El complemento qLidar contempla opciones para la visualización en 3D de la nube de puntos, resultando un proceso lento debido al enorme tamaño de esta nube de puntos, dado que la densidad media obtenida es de más de 50000 ptos/m², es decir, por encima de 5 ptos/cm².



6.5 Proyecto del complemento qAicedrone de QGIS

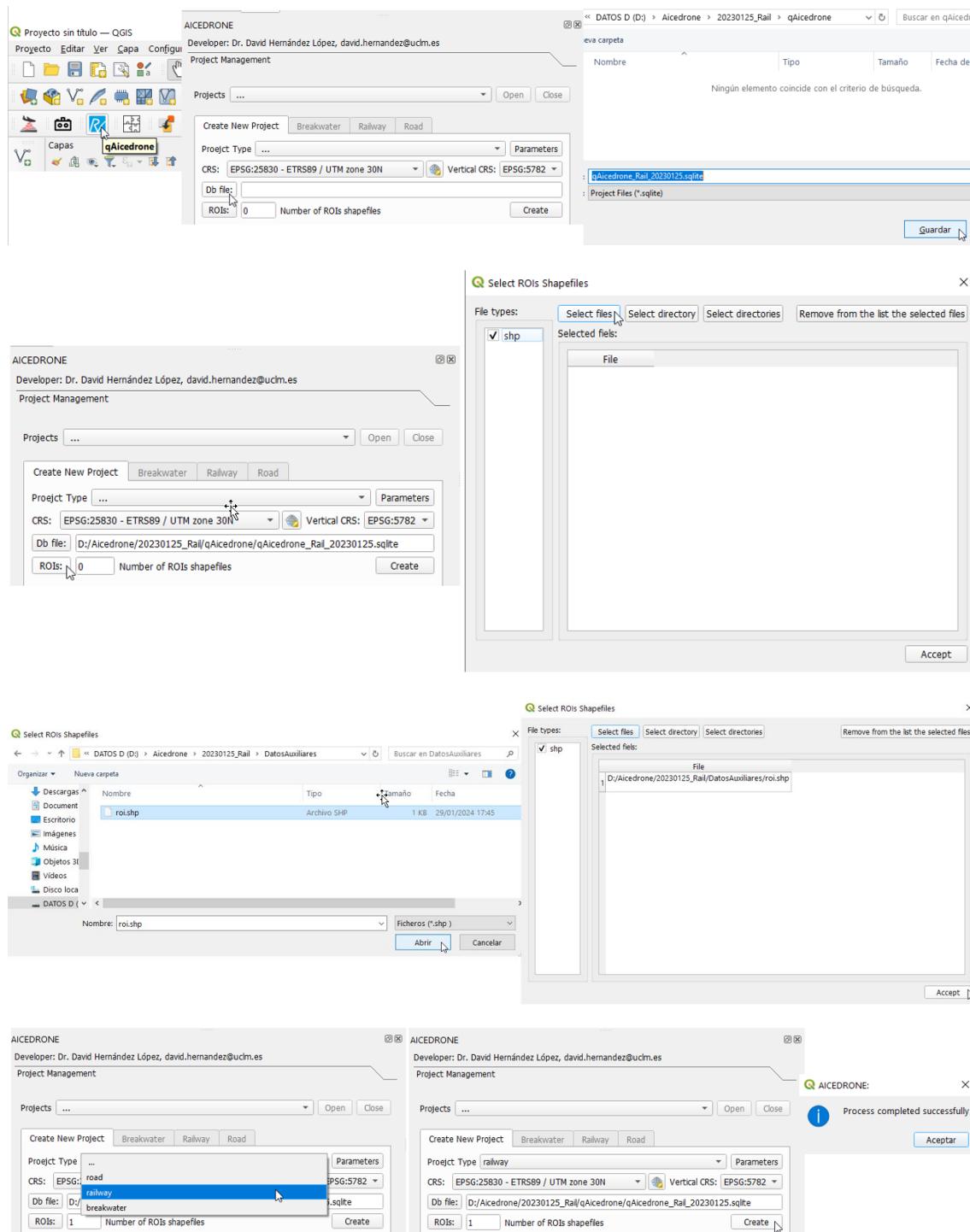
El objetivo del complemento qAicedrone de QGIS es disponibile en:

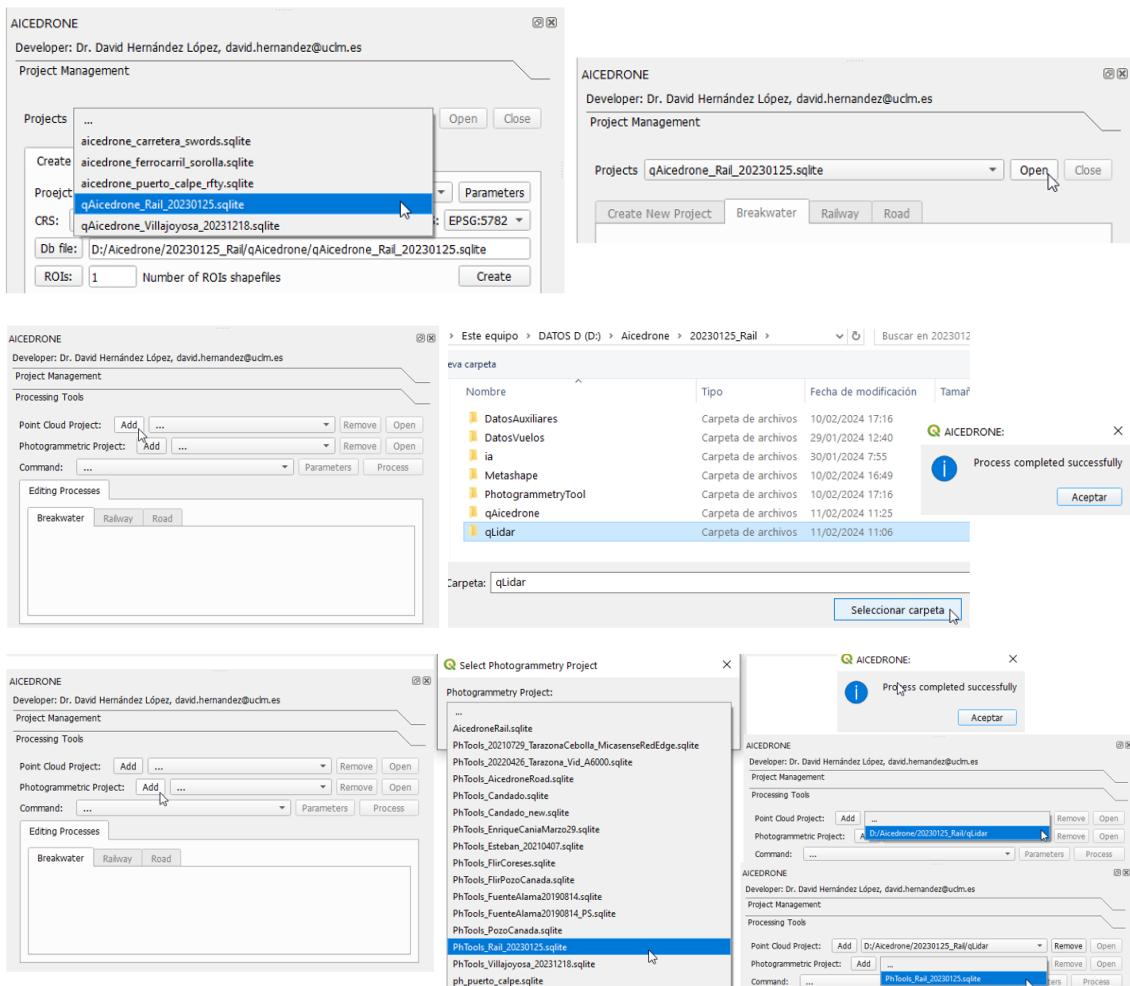
<https://github.com/UCLM-PAFyC/qAicedrone>

es la gestión y uso de un proyecto para resolver las tareas de modelización en este proyecto. En este apartado se describen brevemente los pasos a realizar para conseguir los resultados de la modelización.

6.5.1 Creación del proyecto de qAicedrone de QGIS

A continuación, se incluye una relación de capturas de pantalla con los pasos seguidos hasta la finalización de la creación completa del proyecto de este complemento para este escenario, y que se resumen en: la creación del fichero del proyecto, la apertura del proyecto y la vinculación de los proyectos de los complementos previamente creados: qLidar y PhotogrammetryTool. Las siguientes capturas de pantalla ilustran el proceso.





6.5.2 Importación de los resultados de IA

Tras crear el proyecto, el primer proceso que se ha de realizar es la importación de los resultados de IA, para lo que se debe abrir el proyecto, activar el apartado de *Processing Tools*, seleccionar el proyecto fotogramétrico que se ha vinculado al proyecto, seleccionar el comando “1. Import AI results”, establecer los parámetros del comando y lanzar el proceso, a cuya finalización se despliega un diálogo informando de la duración (cuatro minutos y medio en este ejemplo) y, una vez cerrado, se cargan automáticamente las tres capas resultantes, descritas posteriormente, tal y como ilustra las siguientes capturas de pantalla.



AICEDRONE
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Projects: qAicedrone_Rail_20230125.sqlite [Open] Close

Create New Project Breakwater Railway Road

AICEDRONE
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add ... Remove Open

Command: ... PhTools_Rail_20230125.sqlite [Process]

AICEDRONE
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add ... Remove Open

Command: ...

Editing Processes

Breakwater Rail axis rail

1. Import AI results
2. Preprocess AI results
3.1 CV and Photogrammetry solution from AI results
3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails
4. Merge rails

AICEDRONE
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add ... Remove Open

Command: 1. Import AI results [Parameters] Process

Editing Processes

Parameters manager for command: 1. Import AI results

Parameters

Code	Enabled	Value	Description
IAIR_DtmRasterFile	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif	Dtm raster file, same CRS as project and with no data value.
IAIR_FormatFileFeaturesInImages	Yes	1:ClassNumber WKT	Format of files of features in images
IAIR_IgnoredSensorPercentage	Yes	1.000	Exterior percentage of sensor format ignored.
IAIR_PathFilesFeaturesInImages	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/ia/images/results	Path to files of features in images
IAIR_ProcessOnlyEnabledImages	Yes	true	Process only enabled images
IAIR_RailClassNumber	Yes	0	Rail class number in result files
IAIR_RailMaximumWidth	Yes	1.300	Maximum with for rail, more than rail head (0.07), in meters
IAIR_RailMinimumLength	Yes	1.000	Minimum length, in meters
IAIR_RailMinimumWidth	Yes	0.040	Minimum with for rail, more than half rail head (0.07), in meters
IAIR_RailWidth	Yes	0.500	With for rail, more than rail head (0.07), in meters
IAIR_RailwayClassNumber	Yes	1	Railway class number in result files
IAIR_RailwayMaximumWidth	Yes	4.500	Maximum with for railways, more than track gauge (1.668), in meters
IAIR_RailwayMinimumLength	Yes	1.000	Minimum length, in meters
IAIR_RailwayMinimumWidth	Yes	1.800	Minimum with for railways, more than track gauge (1.668), in meters
IAIR_RailwayWidth	Yes	3.600	With for railway, more than track gauge (1.668), in meters
IAIR_RemoveObjectsByMinimumArea	Yes	false	Remove objects by minimum area
IAIR_SectionLength	Yes	5.000	Section length, in meters
IAIR_TileSize	Yes	5.000	Tile size, in meters. Recommended equal to section length

AICEDRONE
Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add ... Remove Open

Command: 1. Import AI results [Parameters] Process

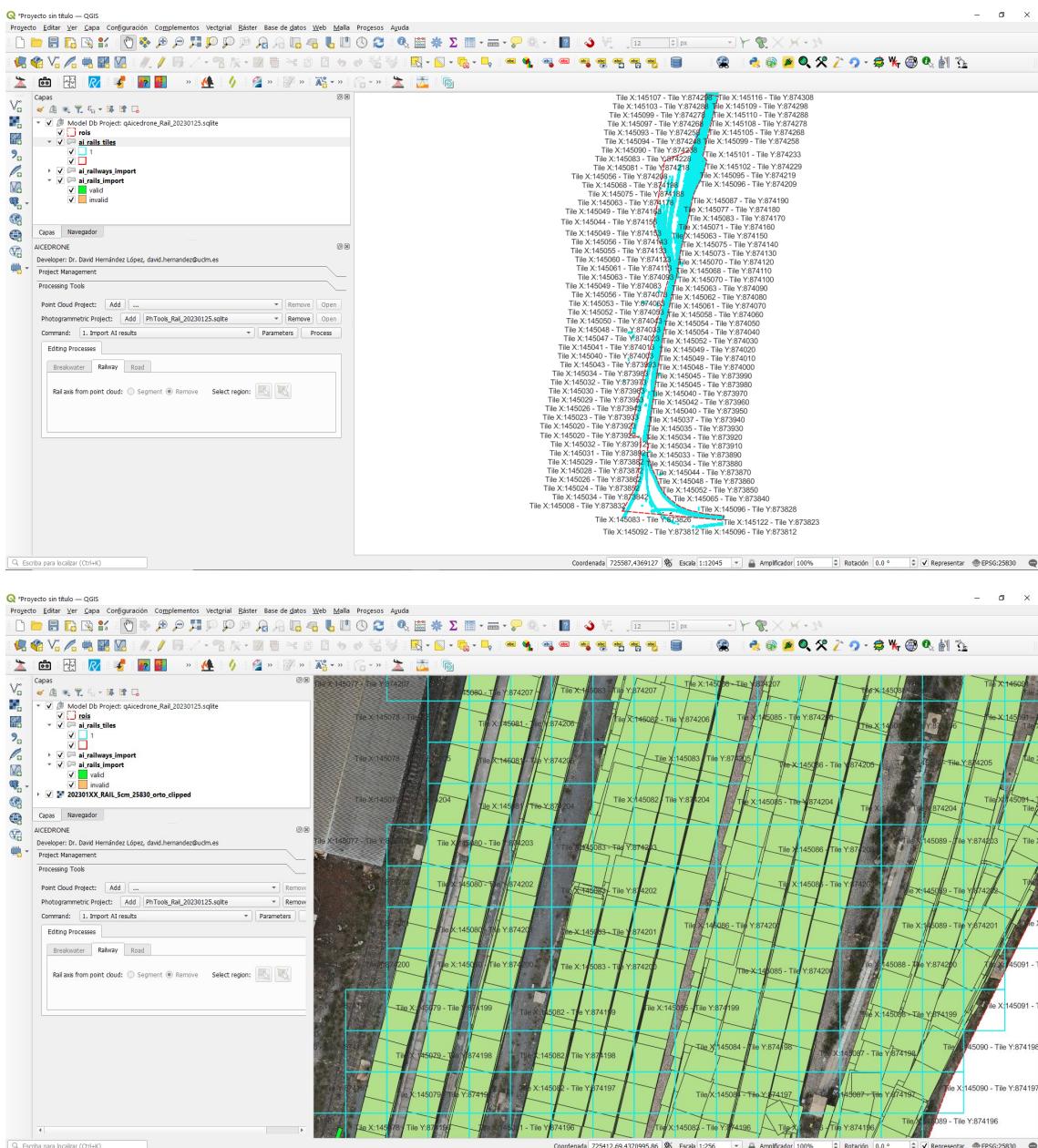
QGIS3
Projecting features from images to DTM
Number of features in images files to process: 2188
4% Abort

AICEDRONE:

Process completed successfully

- Process time:
 - Start time of the process: 2024/03/26 - 09/00/15.315
 - End time of the process: 2024/03/26 - 09/04/42.644
 - Number of total seconds: 267.000
 - Number of days: 0
 - Number of hours: 0
 - Number of minutes: 4
 - Number of seconds: 27.000

Aceptar

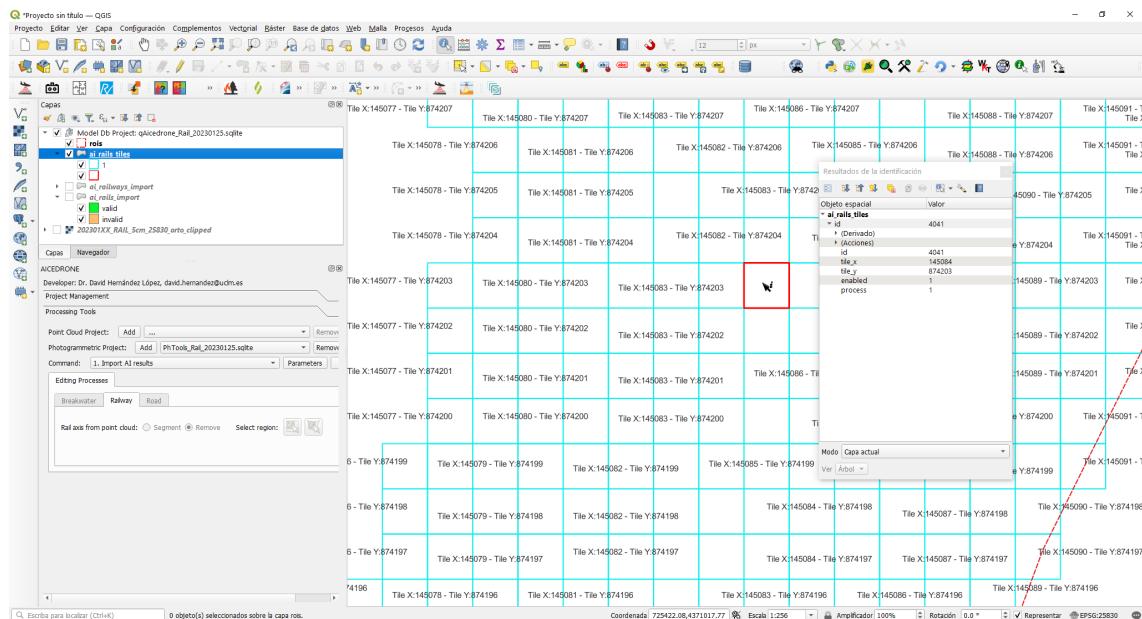


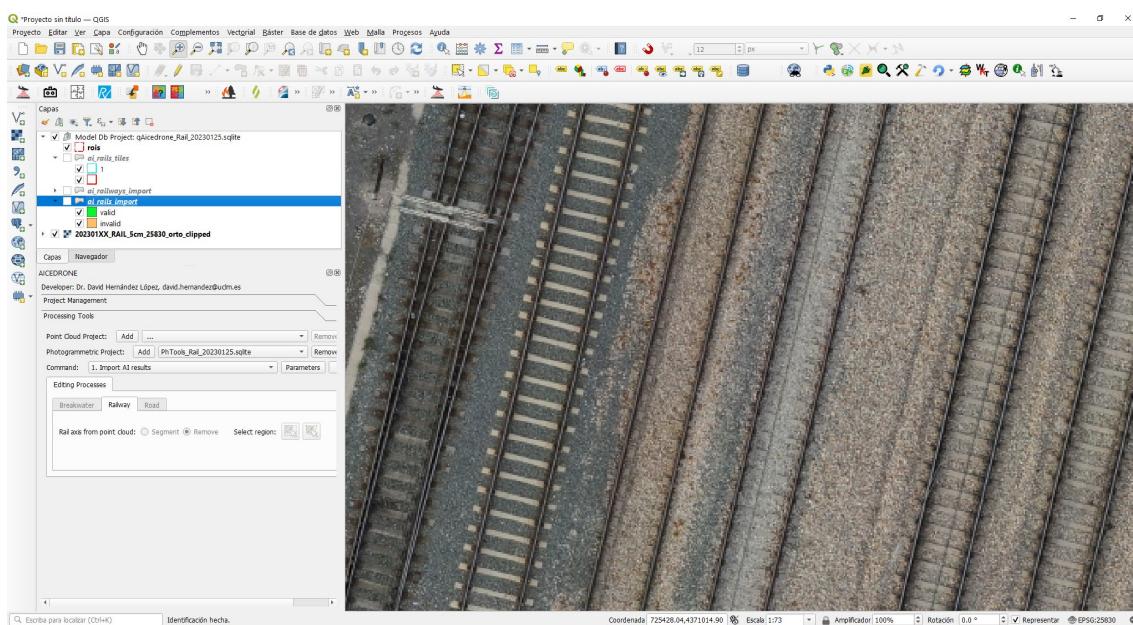
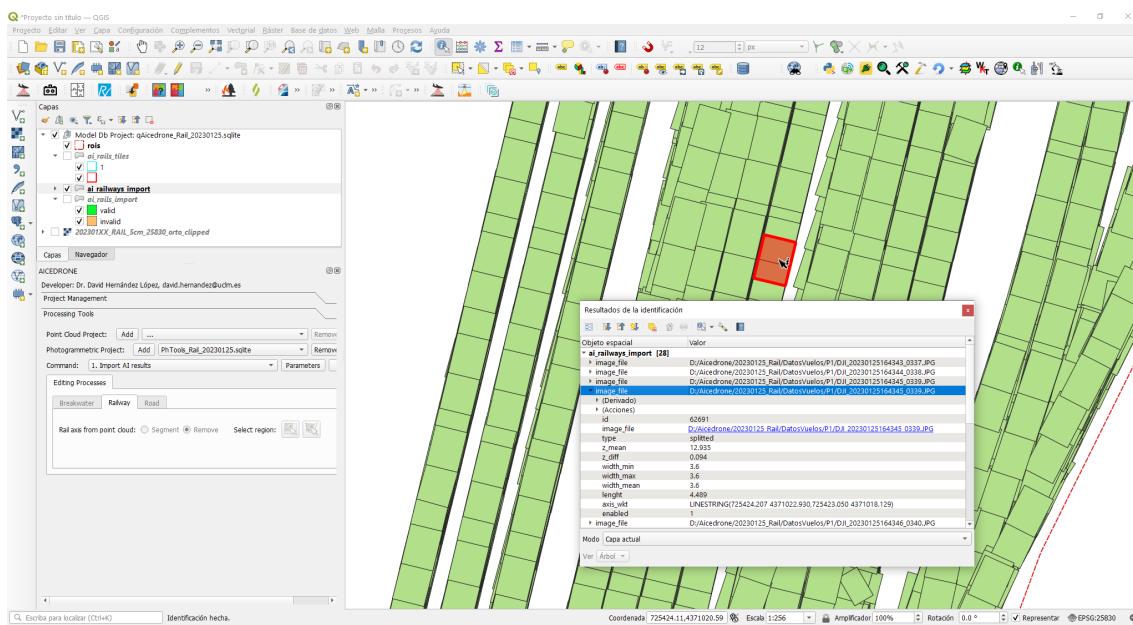
El resultado de este proceso se concreta en tres capas creadas en la base de datos Spatialite del proyecto, cuya explicación se acompaña, a continuación, de unas capturas de pantalla:

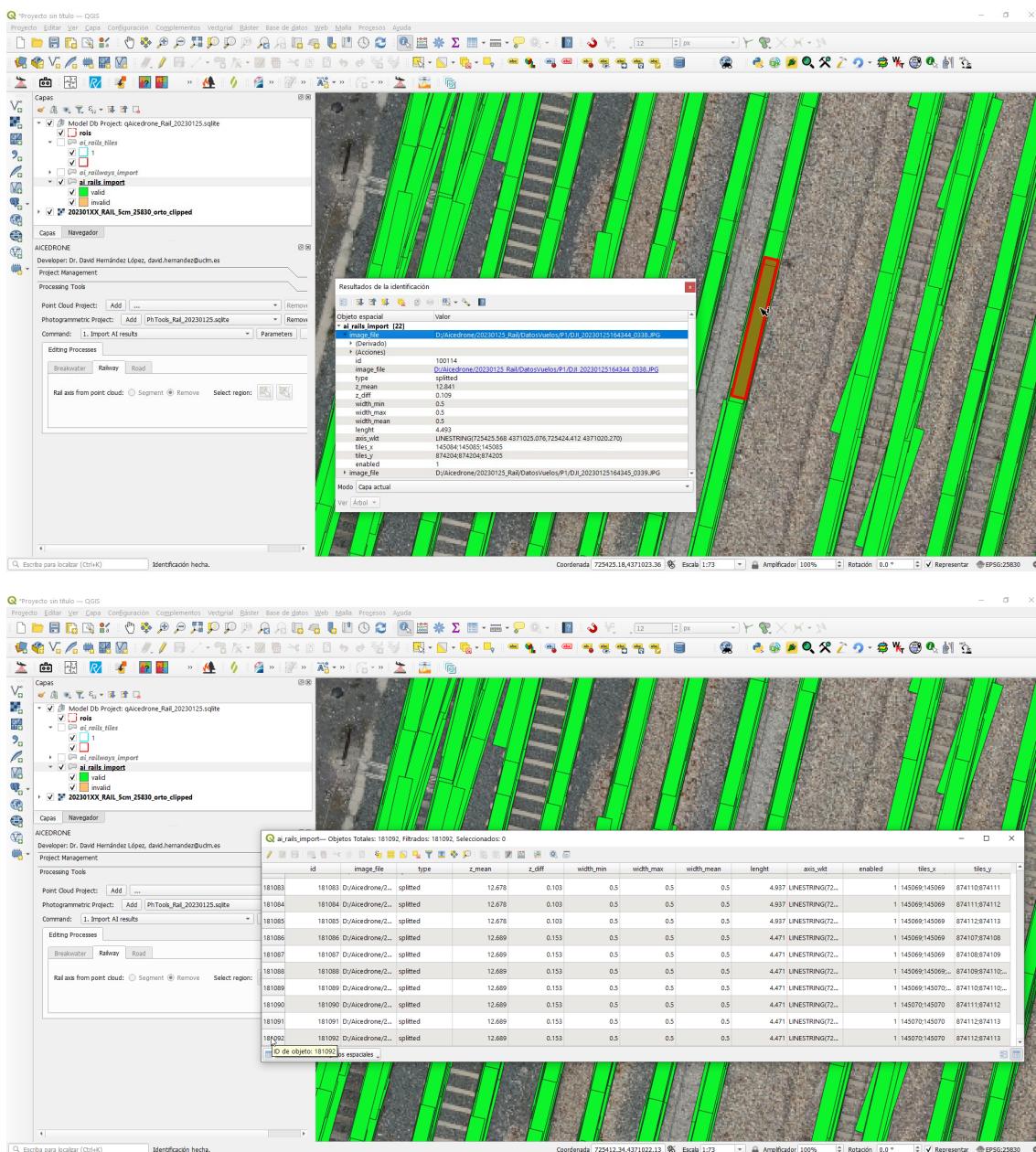
- *ai_rails_tiles*, división del espacio en cuadrados del tamaño elegido como parámetro, 5 m, donde los raíles pueden ser considerados rectos y que servirá para gestionar el posterior procesamiento de forma iterativa para aquellos tiles en los que el atributo *enabled* y *process* esté activado a 1, valor asignado por defecto, de forma que se puedan desactivar manualmente aquellos tiles que no se deseé procesar, pasando a 0 el valor de estos atributos.
- *ai_railways_import*, segmentos de objetos del tipo *railways* del tamaño elegido como parámetro, longitud y anchura (5 m y 3.6 m, respectivamente), correspondientes a la división del resultado de proyectar al terreno todos los railways detectados en las imágenes por IA empleando un algoritmo que hace uso del MDS para detectar errores

groseros, estableciendo el atributo enabled a 0. Esta capa se usa en el algoritmo como información para la validación de la importación de los rails detectados en las imágenes.

- *ai_rails_import*, segmentos de objetos del tipo *rails* del tamaño elegido como parámetro, longitud y anchura (5 m y 0.5 m, respectivamente), correspondientes a la división del resultado de proyectar al terreno todos los rails detectados en las imágenes por IA empleando un algoritmo que hace uso del MDS y de los *railways* para detectar errores groseros, estableciendo el atributo enabled a 0. Esta capa constituye la definición inicial de la geometría de los raíles, expresada a partir del eje medio de cada uno de los recintos obtenidos, y será la empleada en el proceso siguiente para obtener una única estimación para cada segmento de raíl a partir de la solución múltiple correspondiente a todas las imágenes. El usuario podría hacer una fotointerpretación para deshabilitar, estableciendo el atributo enabled a 0, aquellos elementos de esta capa que hayan resultado erróneos y hayan pasado los filtros del algoritmo, de forma que no sean considerados en pasos posteriores del proceso. No obstante, debido a que esta inspección supondría un trabajo importante debido al enorme número de segmentos obtenidos, 181092 elementos en este caso, los algoritmos implementados en los siguientes procesos incluyen estrategias robustas para intentar obtener resultados correctos incluso con la presencia de errores groseros en esta fase del procesamiento.





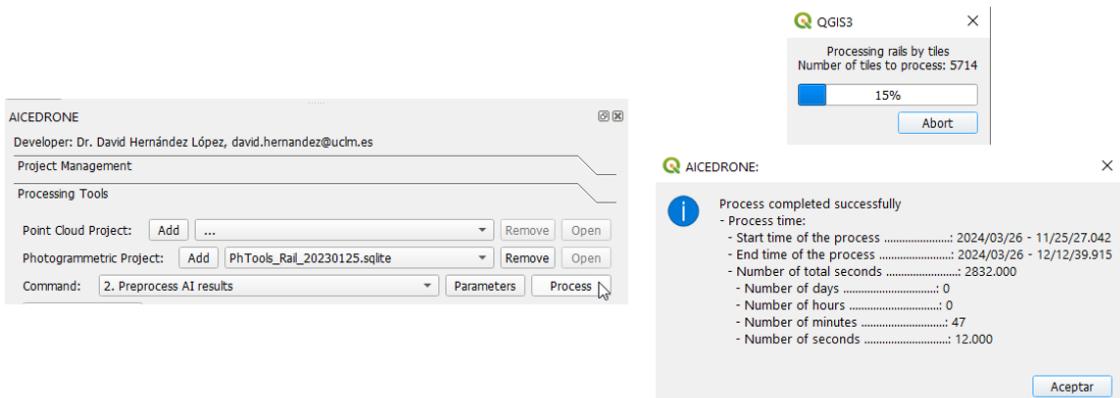
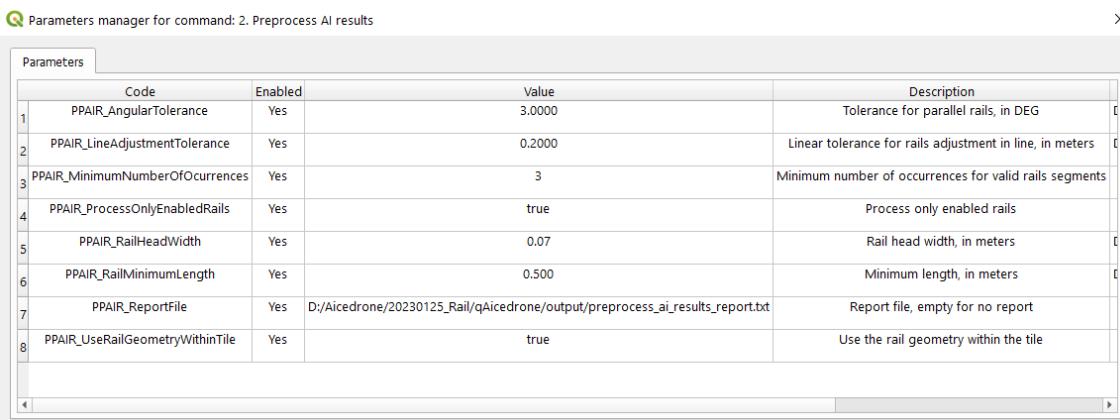
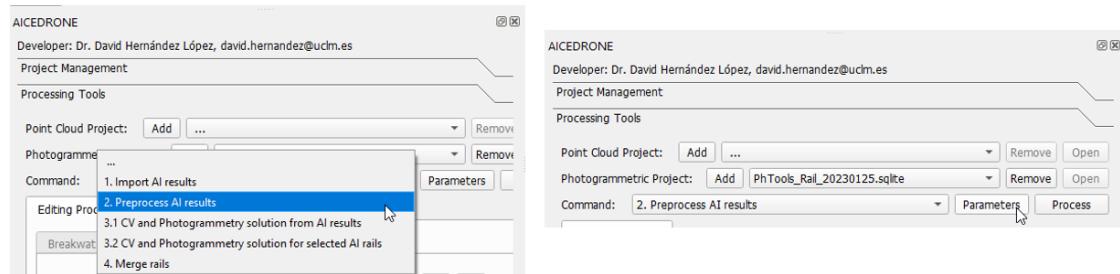


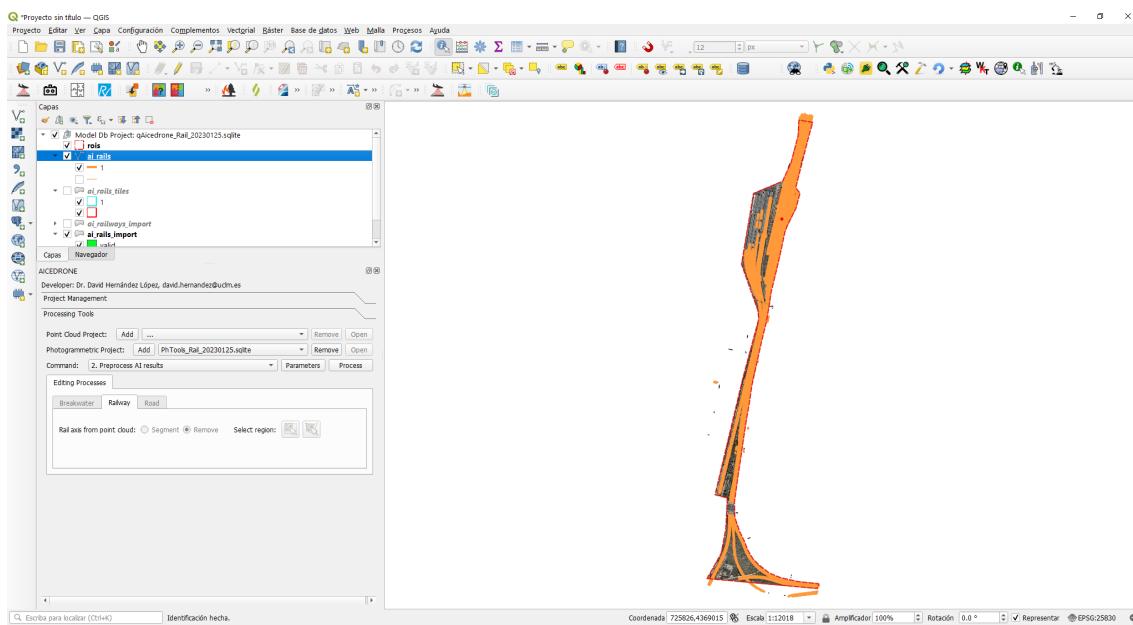
6.5.3 Preprocesamiento de los resultados de IA

En este proceso se tratan los resultados de la importación realizada en el proceso anterior con dos objetivos:

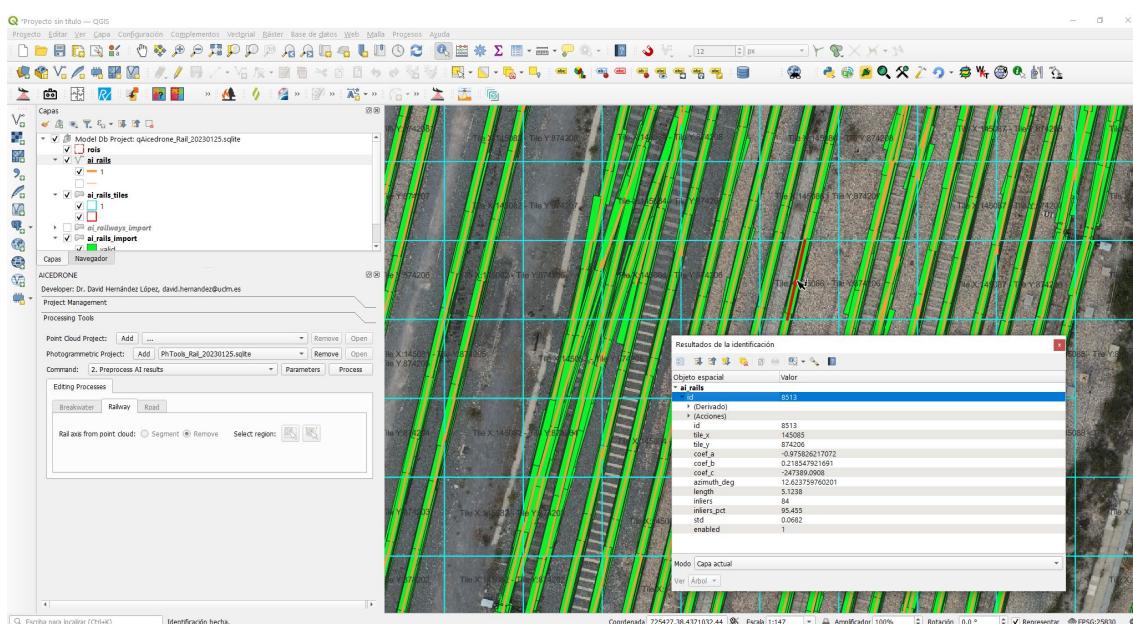
- Obtener un único eje que represente la mejor aproximación 2D al eje de los segmentos de objetos del tipo rail a partir de los obtenidos a partir de todas las imágenes en que ha sido detectado
- Obtener los segmentos resultantes recortados al contenido de los tiles creados anteriormente para optimizar los procesos posteriores

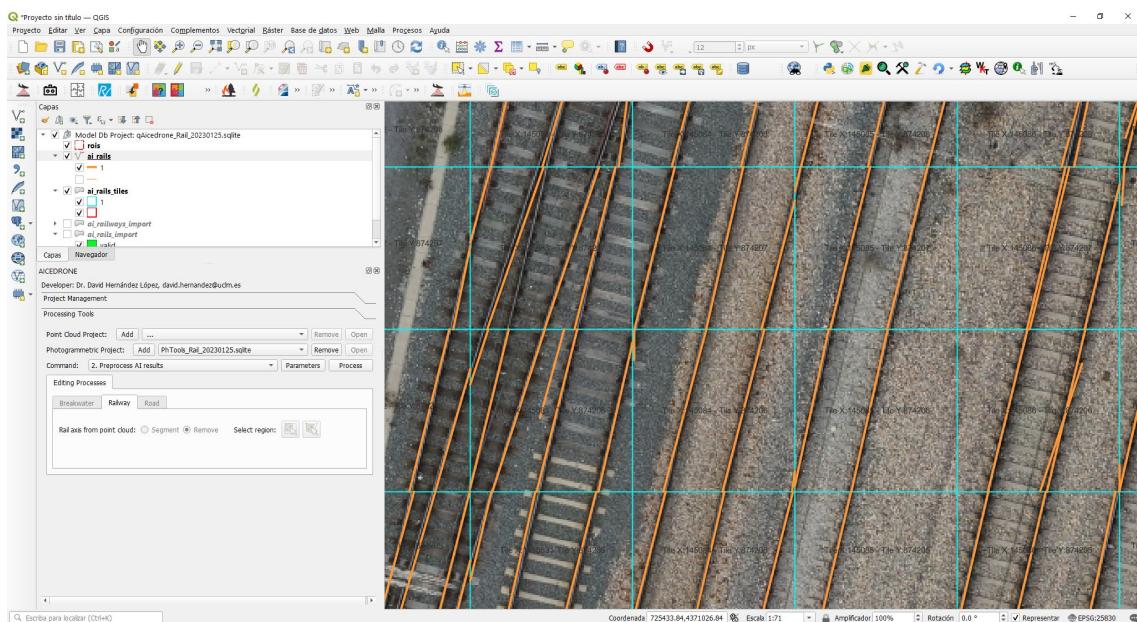
A continuación, se incluyen capturas de pantalla que ilustran el proceso a realizar, que se resume en seleccionar el comando “Preprocess AI results”, elegir los parámetros y lanzar el proceso.





El resultado de este proceso se concreta en la capa *ai_results* creada en la base de datos Spatialite del proyecto. Se trata de una capa con geometría de tipo LINESTRING en la que se almacena la geometría 2D del segmento y datos adicionales como atributos que serán utilizados en el proceso posterior: coeficientes de la ecuación implícita de la recta, azimut, etc. Esta capa representa el mejor resultado que se deriva de la aplicación de técnicas de AI pero ha de ser mejorado al no tener la precisión necesaria y contener algunos errores groseros, tal y como ilustran las siguientes capturas de pantalla, en el proceso posterior aplicando técnicas de visión computacional (CV) y fotogrametría multivista. El atributo *enabled* está pensado para que el usuario pudiera realizar una fotointerpretación y poner a 0 aquellos segmentos que se aprecien como errores groseros, pero el algoritmo del siguiente proceso se ha diseñado para intentar aportar resultados correctos en presencia de este tipo de errores.





En este proceso se ha generado un fichero de resultados con información que puede resultar útil para la depuración de errores:

```
D:\Aicedrone\20230125\Rail\qAicedrone\output\preprocess_ai_results_report.txt - Notepad+
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
preprocess_ai_results_report.txt D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\qAicedrone_Rail_20230125.sqlite
1 PREPROCESS AI RESULTS
2 - Input spatial .....: D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\qAicedrone_Rail_20230125.sqlite
3 - Angular tolerance (DEG) .....: 3.0000
4 - Linear tolerance lines adjustment (m) .....: 0.200
5 - Rail head width (m) .....: 0.070
6 - Use rail geometry within tile .....: yes
7 - Minimum number of occurrences .....: 3
8 - Minimum length (m) .....: 0.500
9 - Tile .....: 145008-873825
10 - Wkt geometry .....: POLYGON((725040 4369125, 725040 4369130, 725045 4369130, 725045 4369125, 725040 4369125))
11 - Number of rails .....: 3
12 - Number of rails groups .....: 1
13 - Rail group .....: 1
14 - Number of rails in group .....: 2, number of points: 4
15 - Line equation .....: -0.891686633*x+0.452653233*y-1331186.863=0
16 - Line adjustment standard deviation .....: 0.001
17 - Number of inliers points .....: 2
18 - Number of outliers points .....: 2
19 - Line length (m) .....: 1.86629
20 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725045.000 4369127.741,725044.155 4369126.077)
21 - Tile .....: 145008-873833
22 - Wkt geometry .....: POLYGON((725040 4369165, 725040 4369170, 725045 4369170, 725045 4369165, 725040 4369165))
23 - Number of rails .....: 4
24 - Number of rails groups .....: 2
25 - Rails group .....: 1
26 - Number of rails in group .....: 2, number of points: 4
27 - Line equation .....: -0.967527129*x+0.252767194*y-402881.851=0
28 - Line adjustment standard deviation .....: 0.000
29 - Number of inliers points .....: 2
30 - Number of outliers points .....: 2
31 - Line length (m) .....: 0.874137
32 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725045.000 4369168.883,725044.780 4369168.037)
33 - Rails group .....: 2
34 - Number of rails in group .....: 2, number of points: 4
35 - Line equation .....: -0.978762420*x+0.204997868*y-186024.678=0
36 - Line adjustment standard deviation .....: 0.001
```

Normal text file length: 8,769,477 lines: 125,887 Ln: 1 Col: 1 Pos: 1 Windows (CR LF) UTF-8 INS

```

D:\Almacenamiento\0335112_Rail glaciéron\output\preprocess_ai_results_report.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Temporal Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
D:\Almacenamiento\0335112_Rail glaciéron\output\preprocess_ai_rails_report.txt [1] [preprocess_ai_rails_report.txt]
preprocess_ai_rails_report.txt
125852 - Number of rails in group .....: 6, number of points: 12
125853 - Line equation .....: -0.094021431*x-0.995570174*y+4417991.261=0
125854 - Line adjustment standard deviation .....: 0.044
125855 - Number of inliers points .....: 10
125856 - Number of outliers points .....: 2
125857 - Line length (m) .....: 1.06368
125858 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725615.000 4369122.354,725616.059 4369122.254)
125859 - Rails group .....: 2
125860 - Number of rails in group .....: 3, number of points: 6
125861 - Line equation .....: -0.031573251*x+0.999501441*y-4344032.269=0
125862 - Line adjustment standard deviation .....: 0.064
125863 - Number of inliers points .....: 4
125864 - Number of outliers points .....: 2
125865 - Line length (m) .....: 0.856426
125866 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725615.858 4369120.587,725615.002 4369120.560)
125867 - Rails group .....: 3
125868 - Number of rails in group .....: 2, number of points: 4
125869 - Line equation .....: -0.091880695*x-0.995770023*y+4417313.243=0
125870 - Line adjustment standard deviation .....: 0.000
125871 - Number of inliers points .....: 2
125872 - Number of outliers points .....: 2
125873 - Line length (m) .....: 1.07647
125874 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725615.000 4369124.530,725616.072 4369124.432)
125875 - Tile .....: 145123-873825
125876 - Wkt geometry .....: POLYGON((725615 4369125, 725615 4369130, 725620 4369130, 725620 4369125, 725615 4369125
125877 - Number of rails .....: 4
125878 - Number of rails groups .....: 1
125879 - Rails group .....: 1
125880 - Number of rails in group .....: 3, number of points: 6
125881 - Line equation .....: -0.085708097*x-0.996320291*y+4415240.206=0
125882 - Line adjustment standard deviation .....: 0.012
125883 - Number of inliers points .....: 4
125884 - Number of outliers points .....: 2
125885 - Line length (m) .....: 1.70325
125886 - Line wkt geometry .....: LINESTRING(725615.000 4369126.239,725616.697 4369126.093)
125887

```

6.5.4 Obtención de resultados 3D precisos para segmentos de raíles con técnicas de Visión Computacional y Fotogrametría Multivista

Como resultado del proceso anterior se dispone de la mejor aproximación a la geometría 2D de segmentos de raíles derivados de los resultados de la aplicación de técnicas de AI. En este proceso se pretende obtener el mejor resultado 3D preciso para cada uno de los segmentos 2D anteriores, descartándose aquellos para los que no se obtengan resultados satisfactorios. En este proceso se utiliza una combinación de técnicas de visión computacional (CV) y fotogrametría multivista. Aunque casi todos los algoritmos implementados en este proyecto están sujetos a la correcta elección de diferentes parámetros, los implementados en este proceso lo están especialmente, por lo que es difícil elegir unos parámetros que correctos para todos los casos, si bien hay unos valores que deben funcionar para un gran porcentaje de casos. Este problema ha llevado a implementar este proceso en dos comandos que se lanzarán secuencialmente:

- “*3.1 CV and Photogrammetry solution from AI results*”, implementado para ser lanzado en primer lugar con todos los *tiles* y *ai_rails* en estado enabled, siendo esperable que se obtengan resultados correctos para un alto porcentaje de los segmentos de raíles.
- “*3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails*”, implementado para ser lanzado para un conjunto de segmentos de raíles seleccionados, eligiendo valores más apropiados para algunos parámetros del comando, con el objetivo de encontrar mejores soluciones para algunas soluciones alcanzadas que se consideren erróneas o para aquellos casos en que todavía no se ha encontrado solución.

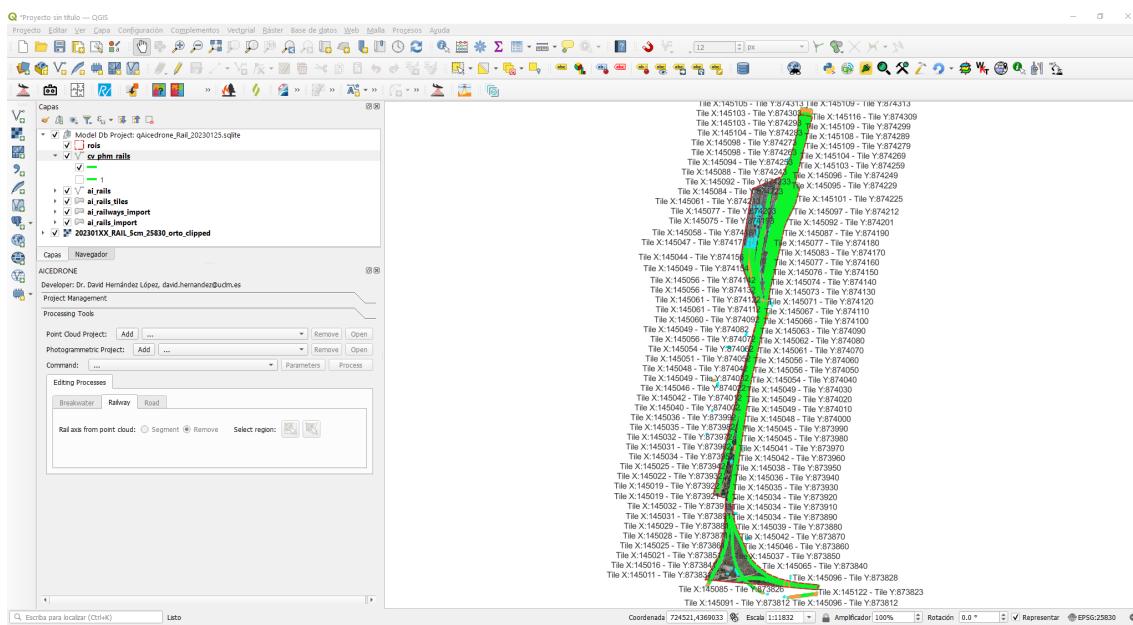
A continuación, se incluyen capturas de pantalla que ilustran el proceso a realizar, que se resume en seleccionar el comando “*3.1 CV and Photogrammetry solution from AI results*”, elegir los parámetros y lanzar el proceso. En tres parámetros que permiten seleccionar la opción de generar ficheros e imágenes de resultados se opta por no hacerlo para el caso de este comando debido a que se generaría un gran volumen de datos, del orden de 24 GBytes en este ejemplo, y además se elimina el tiempo que suponen estas operaciones. La captura incluida del proceso

de ejecución corresponde a la duración del proceso en el caso de dejar activos los tres parámetros de impresión.

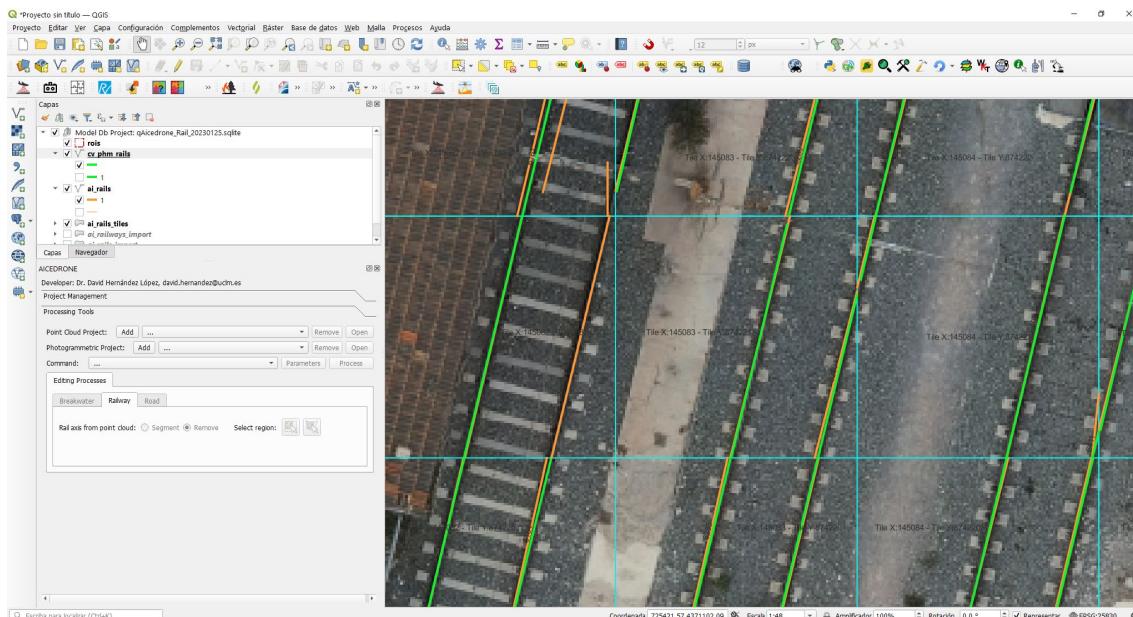
Code	Enabled	Value	Description
CVPHOFAIR_AngularToleranceParallelLinesInImageSpace	Yes	2.0000	Tolerance for parallel lines detected in images, in DEG
CVPHOFAIR_BackwardPixelDistanceTolerance	Yes	3.000	Maximum distance between lines detected in images and photogrammetric backward calculation for candidate object points, in pixels
CVPHOFAIR_DsmRasterFile	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif	DSM raster file, same CRS as project and with no data value.
CVPHOFAIR_IgnoreHiddenObjectsInImages	Yes	false	Ignore hidden objects in images
CVPHOFAIR_ImagesFootprintBufferDistance	Yes	0.500	Images footprint buffer distance to check geometries within images
CVPHOFAIR_LinearToleranceImageSpace	Yes	0.040	Tolerance for adjust lines in images, in meters
CVPHOFAIR_LinearToleranceObjectSpace	Yes	0.020	Tolerance for 2d line adjust tolerance and constant height for final segment solution in object space, in meters
CVPHOFAIR_MaxRowDistanceFromCenterOfTransformedImages	Yes	0.200	Maximum distance in rows from center to railway detected lines in cropped and transformed images, in meters
CVPHOFAIR_MaximumNumberOfBackwardImageOutliers	Yes	3	Maximum number of outliers in photogrammetry backward for candidate object points
CVPHOFAIR_MinimumLengthInTransformedImages	Yes	1.000	Minimum length for railway detected lines in cropped and transformed images, in meters
CVPHOFAIR_MinimumObjectLengthPercentage	Yes	0.80	Minimum percentage of the segment distance for the final valid solution, per unit
CVPHOFAIR_OutputPath	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/qAicedrone/output	Output path for reports and images
CVPHOFAIR_ProcessOnlyEnabledImages	Yes	true	Process only enabled images
CVPHOFAIR_ProcessOnlyEnabledRails	Yes	true	Process only enabled rails
CVPHOFAIR_RailHeadWidth	Yes	0.07	Rail head width, in meters
CVPHOFAIR_RailLineBufferDistance	Yes	0.300	Rail line buffer distance
CVPHOFAIR_UseUndistortedImageIfExists	Yes	true	Use undistorted image if exists
CVPHOFAIR_WriteCroppedImages	Yes	false	Write cropped images
CVPHOFAIR_WritePhotogrammetryBackwardReportFiles	Yes	false	Write report files
CVPHOFAIR_WriteReportFiles	Yes	false	Write report files
CVPHOFAIR_maximumBackwardImageMse	Yes	2.00	Maximum mean squared error in photogrammetry backward for candidate objects points, in pixels

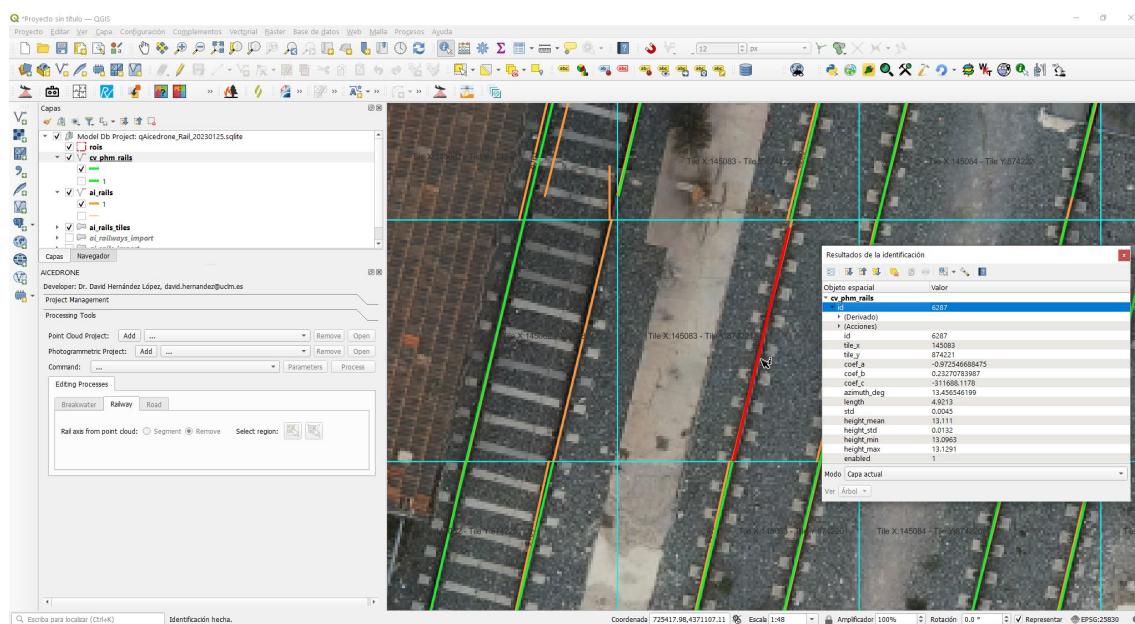
QGIS3
Computing footprints of railway id: 10138
Number of images to process: 21
23%
Abort

AICEDRONE
Process completed successfully
- Process time:
- Start time of the process: 2024/03/27 - 13/35/17.865
- End time of the process: 2024/03/28 - 23/06/26.644
- Number of total seconds: 120669.000
- Number of days: 1
- Number of hours: 9
- Number of minutes: 31
- Number of seconds: 9.000
Aceptar



El resultado de este proceso se concreta en la capa `cv_phm_rails` creada en la base de datos Spatialite del proyecto. Se trata de una capa con geometría de tipo `LINESTRING` en la que se almacena la geometría precisa del segmento y datos adicionales como atributos que serán utilizados en el proceso posterior: coeficientes de la ecuación implícita de la recta, azimut, estadísticas de altitudes, etc. Esta capa representa el mejor resultado que se deriva de la aplicación de técnicas de visión computacional y de fotogrametría multivista. Las capturas de pantalla que se incluye a continuación ayudan a explicar los resultados de este proceso y cómo mejorarlos.





De las imágenes anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En general, se aprecia mejora en la solución 2D de los segmentos de los raíles. Esto se observa muy bien en el caso del segmento de raíl situado en la parte más superior izquierda.
- Se consiguen eliminar algunos segmentos que correspondían a errores groseros de los resultados de técnicas de IA, como por ejemplo dos segmentos de raíles situados en el tile que se encuentra en la parte más superior izquierda.
- En estos resultados se dispone de información 3D de precisión, expresada en un parámetro de desviación estándar de la solución 2D y de la solución de altitudes.
- En algunos casos las geometrías obtenidas pueden tener longitud inferior a los segmentos de IA de los que proceden, como se observa en el caso del segmento de raíl situado en la parte más superior derecha.
- En algunos casos no se obtiene solución, como en el caso del segmento a la derecha del tile situado en la parte central más a la izquierda.

Tanto para el caso de resultados que se consideren erróneos como para aquellos no resueltos se puede optar por intentar mejorar los resultados eligiendo otros parámetros para su procesamiento, en un proceso que consiste en seleccionar los segmentos que se deseé procesar en la capa *ai_rails*, utilizando las herramientas de selección de elementos de QGIS que puede ser múltiple, seleccionar el comando “*3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails*”, elegir los parámetros adecuados, optando ahora por activar la escritura de archivos e imágenes ya que ayudarán a explicar el algoritmo, y lanzar el proceso, tal y como ilustran las siguientes capturas de pantalla.



AICEDRONE

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add PhTools_Rail_20230125.sqlite Remove Open

Command: 3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails Parameters Process

Editing Processes

Rail axis from point cloud: Segment Remove Select region:

AICEDRONE

Developer: Dr. David Hernández López, david.hernandez@ucm.es

Project Management

Processing Tools

Point Cloud Project: Add ... Remove Open

Photogrammetric Project: Add PhTools_Rail_20230125.sqlite Remove Open

Command: 3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails Parameters Process

Editing Processes

Rail axis from point cloud: Segment Remove Select region:

Parameters manager for command: 3.2 CV and Photogrammetry solution for selected AI rails

Code	Enabled	Value	Description
CVPHOFSAIR_AngularToleranceParallelLinesInImageSpace	Yes	2.0000	Tolerance for parallel lines detected in images, in DEG
CVPHOFSAIR_BackwardPixelDistanceTolerance	Yes	3.000	Maximum distance between lines detected in images and photogrammetric backward calculation for candidate object points, in pixels
CVPHOFSAIR_DtmRasterFile	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif	DSM raster file, same CRS as project and with no data value.
CVPHOFSAIR_IgnoreHiddenObjectsInImages	Yes	true	Ignore hidden objects in images
CVPHOFSAIR_ImageFootprintInBufferDistance	Yes	0.500	Images footprint buffer distance to check geometries within images
CVPHOFSAIR_LinearToleranceImageSpace	Yes	0.040	Tolerance for 2d line adjust tolerance and constant height for final segment solution in object space, in meters
CVPHOFSAIR_LinearToleranceObjectSpace	Yes	0.020	Tolerance for 2d line adjust tolerance and constant height for final segment solution in object space, in meters
CVPHOFSAIR_MaxRowDistanceFromCenterInTransformedImages	Yes	0.200	Maximum distance in rows from center to railway detected lines in cropped and transformed images, in meters
CVPHOFSAIR_MaximumNumberOfBackwardImageOutliers	Yes	3	Maximum number of outliers in photogrammetry backward for candidate object points
CVPHOFSAIR_MinimumLengthInTransformedImages	Yes	1.000	Minimum length for railway detected lines in cropped and transformed images, in meters
CVPHOFSAIR_MinimumObjectLengthPercentage	Yes	0.80	Minimum percentage of the segment distance for the final valid solution, per unit
CVPHOFSAIR_OutputPath	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/qAicedrone/output	Output path for reports and images
CVPHOFSAIR_ProcessOnlyEnabledImages	Yes	true	Process only enabled images
CVPHOFSAIR_ProcessOnlyEnabledRails	Yes	true	Process only enabled rails
CVPHOFSAIR_RailHeadWidth	Yes	0.07	Rail head width, in meters
CVPHOFSAIR_RailLineBufferDistance	Yes	0.300	Rail line buffer distance
CVPHOFSAIR_SelectedRailsId	Yes		Selected rails ids separated by ';' and setted by QGIS interface
CVPHOFSAIR_UseUndistortedImageIfExists	Yes	true	Use undistorted image if exists
CVPHOFSAIR_WriteCroppedImages	Yes	true	Write cropped images
CVPHOFSAIR_WritePhotogrammetryBackwardReportFiles	Yes	true	Write report files
CVPHOFSAIR_WriteReportFiles	Yes	true	Write report files
CVPHOFSAIR_maximumBackwardimageMse	Yes	2.00	Maximum mean squared error in photogrammetry backward for candidate object points, in pixels

Q QGIS3

Loading raster DEM in memory
Number of rows: 48614

35% Abort

Q QGIS3

Computing footprints of railway id: 7977
Number of images to process: 21

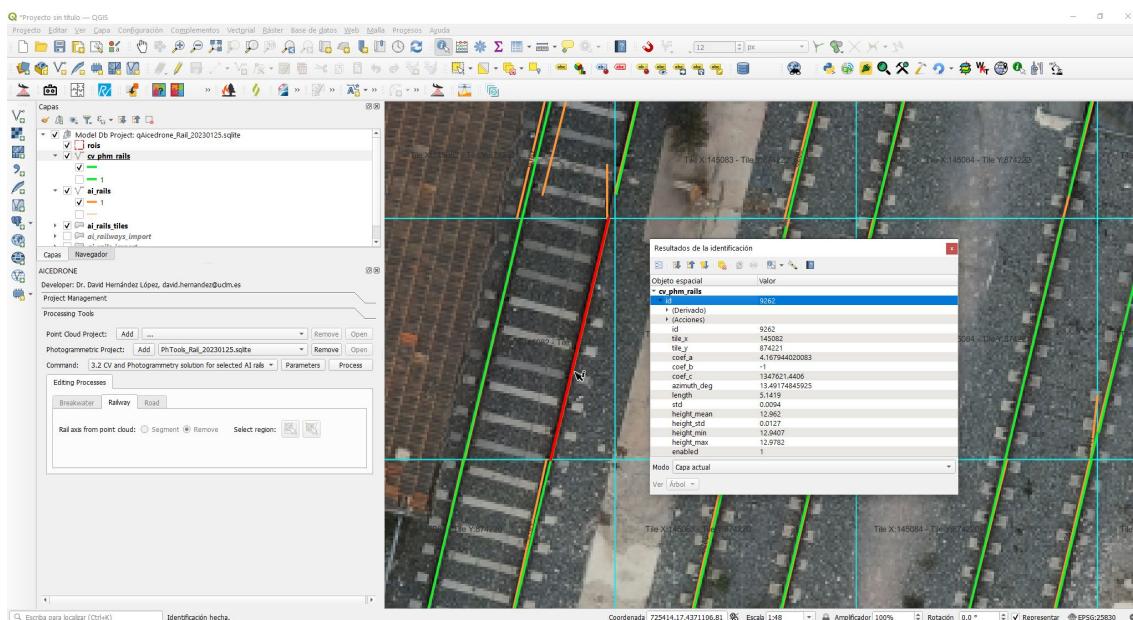
42% Abort

AICEDRONE:

Process completed successfully

- Process time: 2024/03/27 - 09/40/54.696
- Start time of the process 2024/03/27 - 09/40/54.696
- End time of the process 2024/03/27 - 09/41/21.135
- Number of total seconds : 27.000
 - Number of days : 0
 - Number of hours : 0
 - Number of minutes : 0
 - Number of seconds : 27.000

Aceptar



Como se aprecia en la figura anterior se ha alcanzado la solución correcta. En la carpeta elegida para los resultados se han creado los siguientes ficheros:

DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > qAicedrone > output	
Nombre	Tamaño
feature_7977_2024_03_27_09_41_10	
preprocess_ai_results_report.txt	8,564 KB
qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_2024_03_27_09_41_10.txt	2 KB
qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_874221_2024_03_27_09_41_10.txt	918 KB

El fichero qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_2024_03_27_09_41_10.txt es un resumen de resultados para todos los tiles procesados, uno en este caso dado que sólo se ha elegido un segmento:

```
qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
CV AND PHOTGRAMMETRY RAILS COMPUTATION FROM AI RESULTS
- Input spatialite .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/qAicedrone/qAicedrone_Rail_20230125.sqlite
- Process only enabled rails .....: yes
- Process only enabled images .....: yes
- Use undistorted images .....: yes
- Images footprint buffer distance (m) .....: 0.500
- Rail line buffer distance (m) .....: 0.300
- Backward pixel distance tolerance (pix) .....: 3.0
- Minimum object length percentage .....: 80.0
- Maximum backward image mean square error (pix) .....: 2.0
- Linear tolerance in object space (m) .....: 0.020
- Linear tolerance in image space (m) .....: 4.000
- Maximum row distance in transformed image (pix) .....: 20.0
- Angular tolerance (DEG) .....: 2.0000
- Rail head (m) .....: 0.0700
- Minimum length in transformed images (m) .....: 1.0000
- Maximum number of backwar image outliers .....: 3
- Selected rails .....: 7977
- Tile .....: 145082-874221
- Wkt geometry .....: POLYGON((725410 4371105, 725410 4371110, 725415 4371110, 725415 4371105, 725410 4371105))
- Number of rails .....: 1
- Line id .....: 7977
- Object Space Wkt Geometry .....: LINESTRING(725414.871 4371110.016,725413.661 4371104.973)
- Object Space Wkt Geometry in Tile .....: LINESTRING(725414.867 4371110.000,725413.667 4371105.000)
```

El fichero:

qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_874221_2024_03_27_09_41_10.txt

incluye un resumen de resultados para el tile:

```
qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_874221_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda
CV AND PHOTGRAMMETRY RAILS COMPUTATION FROM AI RESULTS
- Input spatialite .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/qAicedrone_Rail_20230125.sqlite
- Process only enabled rails .....: yes
- Process only enabled images .....: yes
- Use undistorted images .....: yes
- Images footprint buffer distance (m) .....: 0.500
- Rail line buffer distance (m) .....: 0.300
- Backward pixel distance tolerance (pix) .....: 3.0
- Minimum object length percentage .....: 80.0
- Maximum backward image mean square error (pix) .....: 2.0
- Linear tolerance in object space (m) .....: 0.020
- Linear tolerance in image space (m) .....: 4.000
- Maximum row distance in transformed image (pix) .....: 20.0
- Angular tolerance (DEG) .....: 2.0000
- Rail head (m) .....: 0.0700
- Minimum length in transformed images (m) .....: 1.0000
- Maximum number of backwar image outliers .....: 3
- Number of lines results from IA in tile .....: 1
- Processing IA line id .....: 7977
- Line input object space wkt geometry .....: LINestring(725414.877 4371110.000 12.906,725413.675 4371105.000 12.907)
- Line input region object space wkt geometry .....: POLYGON((725414.583 4371110.070 12.857,725415.169 4371109.930 12.964,725413.967 4371104.930 12.900,725414.583 4371110.070 12.857))
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164158_0240.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid image
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164159_0241.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(1115.2 -1739.4,1098.1 -1406.3)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164200_0242.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(1131.3 -2865.1,1131.3 -2865.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164201_0243.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(1214.1 -3924.2,1194.1 -3414.6)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164202_0244.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(1278.7 -5091.1,1258.5 -4644.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164351_0345.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(4685.3 -221.7,4717.5 -750.0)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164352_0346.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(4759.1 -1385.4,4788.0 -1912.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164353_0347.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINestring(4828.4 -2569.1,4860.3 -3094.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164354_0348.JPG
```

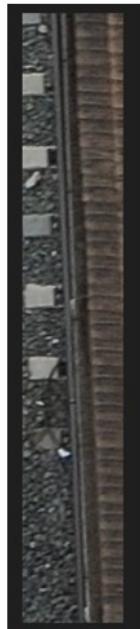
Para cada segmento procesado, uno en este caso, se genera una carpeta con una denominación que incluye el identificador del segmento en la capa *ai_rails* y el instante de lanzamiento de su procesamiento, por si se lanzara varias veces el mismo segmento con diferentes parámetros y se quisieran poder comparar los resultados.

DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > qAicedrone > output > feature_7977_2024_03_27_09_41_10

Nombre	Tamaño	Tipo
7977_DJI_20230125164159_0241_cropped_and_transformed_final_valid_lines_detection.png	48 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164159_0241_cropped_and_transformed_initial_valid_lines_detection.png	48 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164159_0241_cropped_no_transformed.png	83 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164159_0241_lines_detection.txt	1 KB	Documento de texto
7977_DJI_20230125164200_0242_cropped_and_transformed_final_valid_lines_detection.png	52 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164200_0242_cropped_and_transformed_initial_valid_lines_detection.png	52 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164200_0242_cropped_no_transformed.png	81 KB	Archivo PNG
7977_DJI_20230125164200_0242_lines_detection.txt	2 KB	Documento de texto
7977_DJI_20230125164201_0243_cropped_and_transformed_final_valid_lines_detection.png	54 KB	Archivo PNG

En esta carpeta se crean cuatro ficheros para la aparición del segmento en cada imagen, incluyendo en el nombre de los ficheros el identificador del segmento en la capa *ai_rails*, el nombre del fichero de la imagen y un texto que explica el contenido.

7977_DJI_20230125164201_0243_cropped_no_transformed.png



7977_DJI_20230125164201_0243_cropped_and_transformed_initial_valid_lines_detection.png



7977_DJI_20230125164201_0243_cropped_and_transformed_final_valid_lines_detection.png



7977_DJI_20230125164201_0243_lines_detection.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

COMPUTE LINES FROM IMAGE

- Image file for lines detection ...: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164201_0243.JPG
- Object id: 7977
- Maximum distance from center: 20.0 pixels, eq cm
- Minimum length for Lines: 100.0 pixels, eq cm
- Ransac lines tolerance: 4.0 pixels, eq cm
- Lines angle tolerance: 2.000 DEG
- Parallel lines distance: 7.0 pixels, eq cm
- Number of points: 14
- Line: 0
- Number of inliers: 6
- Length: 511.0 pixels, eq cm
- Azimuth: 90.715845 DEG
- WKT geometry: LINESTRING(0.999 -30.344,511.990 -36.729)
- Line: 1
- Number of inliers: 6
- Length: 500.0 pixels, eq cm
- Azimuth: 90.001804 DEG
- WKT geometry: LINESTRING(12.000 -27.976,512.001 -27.992)
- Line: 2
- Number of inliers: 2
- Length: 101.0 pixels, eq cm
- Azimuth: 90.344833 DEG
- WKT geometry: LINESTRING(201.004 -43.295,302.001 -43.903)
- Lines connections by azimuth to group:

0:	1	2
1:	0	2
2:	0	1
- Lines groups by azimuth:
 - Line 1: 0 (0,1,2)
- Lines pairs (and distance difference to rail head width):

First	Second	MinDiff	MaxDiff	Lenght.1	Lenght.2	Azimuth.1	Azimuth.2	Max.DiffTol
0	1	1.7	4.6	511.0	500.0	90.715845	90.001804	10.0
0	2	1.4	4.7	511.0	101.0	90.715845	90.344833	10.0
1	2	7.2	10.2	500.0	101.0	90.001804	90.344833	10.0
- Candidates from lines pairs:
 - Line from pair: 0 - 1
 - Length: 500.0 pixels, eq cm
 - Azimuth: 90.358331 DEG
 - WKT geometry: LINESTRING(12.0 -29.2,512.0 -32.4)
 - Line from pair: 0 - 2
 - Length: 101.0 pixels, eq cm
 - Azimuth: 90.530372 DEG
 - WKT geometry: LINESTRING(201.1 -38.1,302.1 -39.0)
 - Line from pair: 1 - 2
 - Length: 101.0 pixels, eq cm
 - Azimuth: 90.173359 DEG
 - WKT geometry: LINESTRING(201.0 -35.6,302.0 -35.9)
 - Solution wkt geometry: LINESTRING(1214.1 -3924.2,1194.6 -3414.6)

El fichero con la imagen no transformada es un recorte según la geometría poligonal 2D resultado de aplicar un buffer, elegido como parámetro del algoritmo, 0.5 m en este caso, a la geometría 2D del segmento de la capa ai_rails, la asignación de altitudes a las cuatro esquinas a partir del DSM y la proyección al espacio imagen aplicando el backward fotogramétrico. A continuación, esa imagen se transforma de manera que el eje teórico del segmento original sea la fila central de la imagen y el tamaño de píxel se reescalara para que el GSD sea 1 cm, cada píxel mide 1 cm, de manera que se optimiza el algoritmo de detección de líneas con visión computacional. Sobre esta imagen transformada se aplica la detección de líneas y se crea una imagen con esos resultados iniciales. A continuación, se aplica un algoritmo para obtener el eje central único del rail, creando una imagen en caso de éxito, y se crea un fichero informe de resultados donde figura la geometría final en el sistema de coordenadas de la imagen original. En este proceso se utilizan las imágenes libres de distorsión para evitar los problemas que podrían derivarse de la curvatura de los raíles por la distorsión, con mayor presencia en zonas próximas a los bordes de la imagen.

En este caso se han creado un total de 64 ficheros en este caso ya que el segmento se incluye en la huella de 16 imágenes. Tres de estos ficheros corresponden a imágenes, con una denominación.

Para este caso el proceso ha intentado obtener resultado en 21 imágenes, pero sólo se ha alcanzado en 16 imágenes, tal y como muestra la siguiente captura de uno de los ficheros de resultados:

```
qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_874221_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
- Processing IA line id .....: 7977
- Line input object space wkt geometry .....: LINESTRING(725414.877 4371110.000 12.906,725413.675 4371105.000 12.907)
- Line input region object space wkt geometry .....: POLYGON(725414.585 4371110.070 12.857,725415.169 4371109.930 12.964,725413.967 4371105.000 12.907)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164158_0240.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid image
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164159_0241.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(1115.2 -1739.4,1098.1 -1406.3)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164200_0242.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(1131.0 -2865.1,1131.0 -2865.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164201_0243.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(1214.1 -3924.2,1194.6 -3414.6)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164202_0244.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(1278.7 -5091.1,1258.5 -4644.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164351_0345.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(4685.3 -221.7,4717.5 -750.0)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164352_0346.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(4759.1 -1385.4,4788.0 -1912.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164353_0347.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(4828.4 -2569.1,4860.3 -3094.1)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164354_0348.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(4897.0 -3703.9,4923.8 -4201.2)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164355_0349.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(4972.4 -5033.1,4990.2 -5360.2)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164441_0388.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid image
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164442_0389.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(5379.9 -1116.0,5373.4 -861.2)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164443_0390.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(5407.3 -2359.9,5396.3 -1832.8)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164444_0391.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(5427.2 -3498.0,5419.3 -2973.2)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164445_0392.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(5451.8 -4471.4,5446.5 -4177.7)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164446_0393.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid image
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164634_0493.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid image
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164635_0494.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid number of detected lines
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164636_0495.JPG
Pixel WKT Geometry .....: Invalid number of detected lines
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164637_0496.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(638.0 -3565.3,650.1 -3716.8)
- Image file name .....: D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosVuelos/P1_Undistorted/DJI_20230125164638_0497.JPG
Pixel WKT Geometry .....: LINESTRING(734.8 -4664.6,757.9 -4955.6)
```

Con los 16 segmentos resultantes en las imágenes libres de distorsión se lanza un complejo algoritmo para obtener el segmento común proyectado al espacio terreno con estrategias de detección de errores groseros, obteniéndose la solución tanto para la planimetría como para la altimetría por mínimos cuadrados con la estimación del valor más probable y su precisión. A continuación, se incluyen algunas capturas del informe de resultados donde se incluye toda la información que puede ayudar a validar la solución y a depurar errores. En estas capturas se puede apreciar como para alcanzar la solución correcta es necesario detectar errores groseros empleando el gran número de redundancias derivados del elevado número de imágenes en que se ha detectado el segmento.



qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_074221_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

- Planes Interaction in object space geometry:
 - Local ENU definition:
 Origin image dji_20230125164353_0347
 Geodetic coordinates (-0.388013571,39.46008938,95.846)
 ECEF coordinates (4930989.341,-32705.207,4031943.611)

Image Line Detection	Detected Position	Image Plane	Image Backward	Backward Position	Line Distance	Output CRS - WKT
dji_20230125164159_0241	POINT(1115.2 -1739.4)	dji_20230125164201_0243	dji_20230125164200_0242	POINT(1193.8 -3348.1)	24.9	POINT(725422.991 4371105.102 -14.585)
			dji_20230125164202_0244	POINT(1234.0 -4267.7)	7.5	
			dji_20230125164203_0245	POINT(5254.9 -1018.2)	520.1	
			dji_20230125164352_0346	POINT(5307.7 -1891.6)	520.0	
			dji_20230125164353_0347	POINT(5362.2 -2780.0)	520.0	
			dji_20230125164354_0348	POINT(5362.2 -2780.0)	519.7	
			dji_20230125164355_0349	POINT(5461.2 -4486.2)	517.8	
			dji_20230125164442_0389	POINT(4336.9 -1398.6)	1049.8	
			dji_20230125164443_0390	POINT(4352.2 -2222.6)	1052.1	
			dji_20230125164444_0391	POINT(4369.7 -3078.2)	1051.0	
			dji_20230125164445_0392	POINT(4393.7 -3983.3)	1049.1	
			dji_20230125164457_0496	POINT(2199.9 -3314.0)	1576.8	
			dji_20230125164538_0497	POINT(2273.2 -4162.4)	1573.4	
dji_20230125164159_0241	POINT(1115.2 -1739.4)	dji_20230125164202_0244	dji_20230125164203_0243	POINT(1169.4 -3343.0)	62.2	POINT(725407.369 4371114.471 38.069)
			dji_20230125164201_0243	POINT(1266.5 -4875.6)	15.9	
			dji_20230125164202_0245	POINT(1283.1 -584.0)	926.2	
			dji_20230125164352_0347	POINT(3808.3 -3794.5)	915.5	
			dji_20230125164354_0348	POINT(3983.5 -3797.3)	917.2	
			dji_20230125164355_0349	POINT(4081.3 -5461.1)	913.0	
			dji_20230125164442_0389	POINT(7235.7 -1023.5)	1857.5	
			dji_20230125164443_0390	POINT(7256.4 -2599.4)	1843.6	
			dji_20230125164444_0391	POINT(7280.6 -4229.3)	1842.3	POINT(725414.862 4371109.978 12.814)
dji_20230125164159_0241	POINT(1115.2 -1739.4)	dji_20230125164351_0345	dji_20230125164352_0347	POINT(1169.4 -2859.8)	38.4	
			dji_20230125164353_0348	POINT(1220.3 -3933.6)	5.8	
			dji_20230125164352_0244	POINT(1273.8 -5087.6)	4.8	
			dji_20230125164352_0346	POINT(4755.8 -1389.5)	3.5	
			dji_20230125164353_0347	POINT(4773.3 -2571.0)	0.2	
			dji_20230125164354_0348	POINT(4894.4 -3499.8)	1.6	
			dji_20230125164355_0349	POINT(4968.7 -4839.8)	1.2	
			dji_20230125164442_0389	POINT(5386.5 -1262.8)	2.8	
			dji_20230125164443_0390	POINT(5484.7 -2359.2)	2.6	
			dji_20230125164444_0391	POINT(5425.9 -3495.9)	1.3	
			dji_20230125164445_0392	POINT(5455.0 -4696.9)	0.9	
			dji_20230125164446_0496	POINT(621.4 -3386.0)	4.0	
			dji_20230125164538_0497	POINT(721.0 -4434.3)	4.5	
POINT(725414.902 4371109.953 12.676)						

qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails_TileX_145082_TileY_074221_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Image Line Detection

Image Plane	Local ENU	Inliers	MSE	Outliers	Output CRS - WKT
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164201_0243	(6.326,-3.270,-82.905)	10	1.07	3 POINT(725414.336 4371107.814 12.941)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164201_0243	(6.329,-3.281,-82.924)	10	1.11	3 POINT(725414.340 4371107.803 12.922)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164201_0243	(6.249,-3.554,-82.913)	10	1.12	3 POINT(725414.268 4371107.528 12.932)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164443_0390	(5.862,-4.977,-82.892)	10	1.44	3 POINT(725413.922 4371106.094 12.953)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164638_0497	(6.427,-2.917,-82.898)	9	0.57	4 POINT(725414.427 4371108.170 12.948)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164637_0496	(6.427,-2.920,-82.908)	9	0.57	4 POINT(725414.427 4371108.167 12.937)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164634_0348	(6.333,-3.269,-82.889)	9	0.64	4 POINT(725414.344 4371107.816 12.957)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164351_0345	(6.334,-3.269,-82.888)	9	0.64	4 POINT(725414.344 4371107.816 12.957)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164201_0243	(6.427,-2.922,-82.916)	9	0.66	4 POINT(725414.428 4371108.165 12.938)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164353_0347	(6.331,-3.269,-82.893)	9	0.67	4 POINT(725414.341 4371107.815 12.952)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164353_0347	(6.334,-3.269,-82.887)	9	0.67	4 POINT(725414.344 4371107.816 12.959)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164444_0390	(6.427,-2.914,-82.886)	9	0.70	4 POINT(725414.427 4371108.174 12.959)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164354_0346	(6.256,-3.555,-82.896)	9	0.72	4 POINT(725414.275 4371107.528 12.949)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164355_0349	(6.254,-3.555,-82.900)	9	0.75	4 POINT(725414.273 4371107.528 12.945)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164351_0345	(6.258,-3.555,-82.891)	9	0.75	4 POINT(725414.277 4371107.528 12.954)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164351_0345	(6.331,-3.285,-82.908)	9	0.75	4 POINT(725414.342 4371107.799 12.938)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164354_0348	(6.331,-3.285,-82.909)	9	0.76	4 POINT(725414.341 4371107.800 12.937)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164353_0347	(6.331,-3.286,-82.905)	9	0.76	4 POINT(725414.342 4371107.799 12.941)
dji_20230125164357_0496	dji_20230125164353_0347	(6.259,-3.555,-82.890)	9	0.77	4 POINT(725414.277 4371107.528 12.955)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164354_0346	(6.427,-2.925,-82.924)	9	0.79	4 POINT(725414.275 4371107.528 12.922)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164443_0390	(6.427,-2.912,-82.879)	9	0.82	4 POINT(725414.427 4371108.176 12.966)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164355_0349	(6.330,-3.282,-82.918)	9	0.84	4 POINT(725414.348 4371107.802 12.927)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164445_0392	(6.260,-3.555,-82.886)	9	0.88	4 POINT(725414.279 4371107.527 12.959)
dji_20230125164445_0392	dji_20230125164357_0496	(6.333,-3.290,-82.889)	9	0.90	4 POINT(725414.344 4371107.795 12.956)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164444_0391	(6.861,-1.339,-82.915)	9	0.92	4 POINT(725414.815 4371109.760 12.931)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164638_0497	(6.861,-1.338,-82.909)	9	0.92	4 POINT(725414.815 4371109.761 12.937)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164444_0391	(6.324,-3.271,-82.908)	9	0.94	4 POINT(725414.335 4371107.814 12.937)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164638_0497	(6.862,-1.340,-82.920)	9	0.95	4 POINT(725414.816 4371109.760 12.925)
dji_20230125164638_0497	dji_20230125164444_0391	(6.324,-3.271,-82.910)	9	0.99	4 POINT(725414.334 4371107.814 12.935)
dji_20230125164444_0391	dji_20230125164354_0348	(6.922,-1.117,-82.920)	9	1.00	4 POINT(725414.870 4371109.985 12.925)
dji_20230125164444_0391	dji_20230125164637_0496	(6.922,-1.116,-82.925)	9	1.01	4 POINT(725414.869 4371109.985 12.921)
dji_20230125164444_0391	dji_20230125164638_0497	(6.925,-1.119,-82.902)	9	1.05	4 POINT(725414.872 4371109.982 12.943)
dji_20230125164201_0243	dji_20230125164638_0497	(6.894,-1.237,-82.897)	9	1.07	4 POINT(725414.845 4371109.863 12.949)
dji_20230125164201_0243	dji_20230125164444_0391	(6.893,-1.237,-82.894)	9	1.07	4 POINT(725414.844 4371109.863 12.952)
dji_20230125164444_0391	dji_20230125164355_0349	(6.920,-1.114,-82.937)	9	1.11	4 POINT(725414.868 4371109.987 12.908)
dji_20230125164444_0391	dji_20230125164201_0243	(6.926,-1.121,-82.893)	9	1.13	4 POINT(725414.874 4371109.981 12.957)

*qAicedrone_Rail_20230125_CvAndPhotogrammetryRails.TileX_145082_Tiley_874221_2024_03_27_09_41_10.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

dji_20230125164354_0348	dji_20230125164202_0244	(5.598, -6.099, -83.298)	4	1.60	9	POINT(725413.691 4371104.965 12.548)
dji_20230125164202_0244	dji_20230125164442_0389	(6.937, -1.048, -83.181)	4	1.78	9	POINT(725414.883 4371110.054 12.664)
dji_20230125164352_0346	dji_20230125164443_0390	(6.928, -1.124, -82.795)	4	1.80	9	POINT(725414.876 4371109.977 13.050)
dji_20230125164443_0390	dji_20230125164352_0346	(6.931, -1.113, -82.795)	4	1.81	9	POINT(725414.879 4371109.988 13.050)
dji_20230125164352_0346	dji_20230125164355_0349	(7.779, -4.755, -103.988)	3	0.25	10	POINT(725415.832 4371106.372 8.143)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164352_0346	(7.955, -4.545, -105.299)	3	0.26	10	POINT(725416.061 4371106.607 9.454)
dji_20230125164352_0346	dji_20230125164354_0348	(7.925, -4.668, -105.407)	3	0.26	10	POINT(725415.976 4371106.463 9.562)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164351_0345	(7.829, -4.158, -102.717)	3	0.27	10	POINT(725415.864 4371106.971 6.872)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164355_0349	(7.694, -3.766, -99.964)	3	0.40	10	POINT(725415.718 4371107.358 -4.119)
dji_20230125164351_0348	dji_20230125164354_0348	(7.226, -3.786, -94.696)	3	0.41	10	POINT(725415.252 4371107.325 1.155)
dji_20230125164351_0348	dji_20230125164351_0349	(7.271, -3.724, -95.015)	3	0.42	10	POINT(725415.291 4371107.388 0.831)
dji_20230125164200_0242	dji_20230125164353_0347	(6.795, -1.094, -81.542)	3	0.83	10	POINT(725414.742 4371110.004 14.304)
dji_20230125164200_0242	dji_20230125164352_0347	(6.795, -1.094, -81.542)	3	0.83	10	POINT(725414.742 4371110.004 14.304)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164351_0345	(6.426, -2.869, -82.734)	3	0.90	10	POINT(725414.425 4371108.218 13.112)
dji_20230125164201_0243	dji_20230125164351_0345	(6.863, -1.242, -82.809)	3	0.95	10	POINT(725414.814 4371109.857 13.036)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164353_0347	(6.416, -2.507, -81.503)	3	1.00	10	POINT(725414.404 4371108.580 14.343)
dji_20230125164354_0345	dji_20230125164351_0345	(6.891, -1.134, -82.803)	3	1.00	10	POINT(725414.839 4371109.966 13.043)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164354_0348	(6.482, -4.946, -89.806)	3	1.02	10	POINT(725414.541 4371106.143 6.048)
dji_20230125164200_0242	dji_20230125164351_0345	(6.791, -1.093, -81.530)	3	1.02	10	POINT(725414.738 4371110.004 14.315)
dji_20230125164200_0242	dji_20230125164351_0345	(6.791, -1.093, -81.530)	3	1.02	10	POINT(725414.738 4371110.004 14.315)
dji_20230125164354_0348	dji_20230125164353_0347	(9.157, -8.304, -129.924)	3	1.03	10	POINT(725417.306 4371103.137 -34.079)
dji_20230125164352_0348	dji_20230125164351_0345	(6.046, -5.781, -87.217)	3	1.20	10	POINT(725414.130 4371105.296 8.628)
dji_20230125164351_0345	dji_20230125164354_0348	(5.807, -2.999, -75.758)	3	1.24	10	POINT(725413.806 4371108.160 20.087)
dji_20230125164353_0347	dji_20230125164352_0346	(5.804, -6.258, -85.912)	3	1.31	10	POINT(725413.901 4371104.811 9.933)
dji_20230125164353_0347	dji_20230125164355_0349	(8.964, -9.667, -132.697)	3	1.31	10	POINT(725417.160 4371101.496 -36.852)
dji_20230125164355_0349	dji_20230125164352_0346	(6.588, -8.831, -103.031)	3	1.49	10	POINT(725414.760 4371102.262 -7.186)
dji_20230125164202_0244	dji_20230125164444_0391	(6.906, -1.063, -83.102)	3	1.56	10	POINT(725414.852 4371100.038 12.743)
dji_20230125164351_0345	dji_20230125164352_0346	(5.480, -6.218, -82.051)	3	1.58	10	POINT(725413.576 4371104.842 13.794)
dji_20230125164353_0347	dji_20230125164351_0345	(5.394, -5.817, -79.856)	3	1.59	10	POINT(725413.479 4371105.240 15.989)
dji_20230125164202_0242	dji_20230125164445_0392	(6.909, -1.062, -83.109)	3	1.61	10	POINT(725414.854 4371110.039 12.737)
dji_20230125164443_0390	dji_20230125164202_0244	(6.885, -1.189, -83.076)	3	1.83	10	POINT(725414.832 4371109.992 12.770)
dji_20230125164202_0244	dji_20230125164443_0390	(6.896, -1.068, -83.076)	3	1.84	10	POINT(725414.842 4371110.032 12.770)
dji_20230125164637_0496	dji_20230125164202_0244	(6.202, -3.549, -83.026)	3	1.85	10	POINT(725414.220 4371107.531 12.819)
dji_20230125164353_0347	dji_20230125164354_0348	(11.857, -12.787, -175.532)	3	1.85	10	POINT(725420.144 4371098.460 -79.687)
dji_20230125164352_0346	dji_20230125164442_0389	(6.953, -1.099, -83.006)	3	1.94	10	POINT(725414.900 4371100.003 12.840)
dji_20230125164353_0347	dji_20230125164351_0345	(7.438, -1.183, -89.214)	3	1.95	10	POINT(725415.387 4371109.933 6.632)

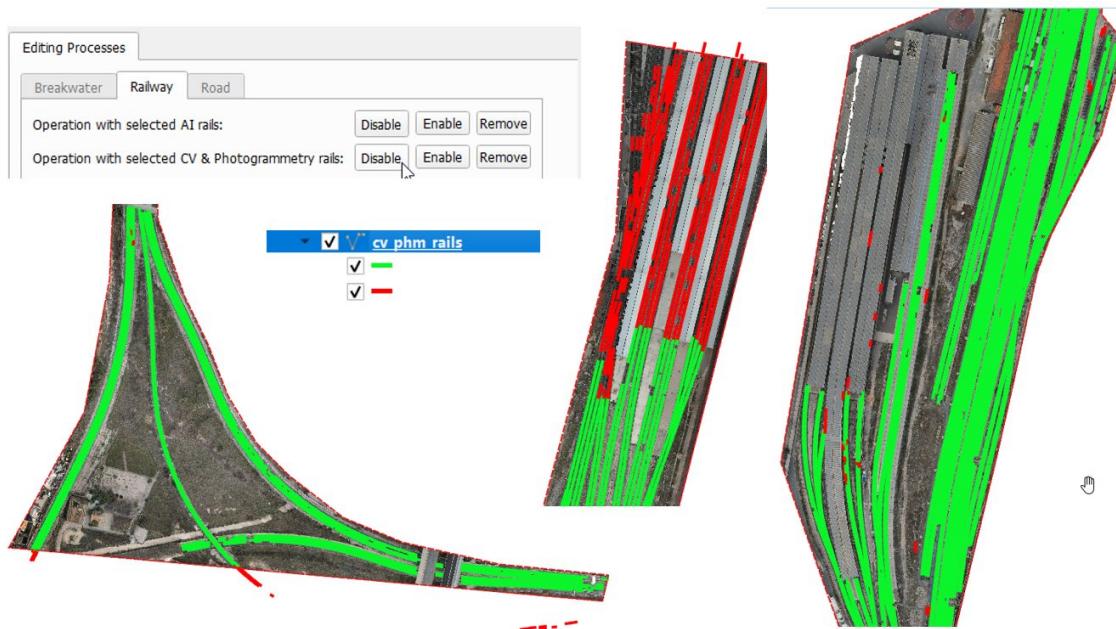
- Object Space Wkt Geometry: LINESTRING(725414.871 4371110.016, 725413.661 4371104.973)
- Object Space Wkt Geometry in Tile: LINESTRING(725414.867 4371110.000, 725413.667 4371105.000)

En el proceso no se eliminan las soluciones previas del mismo segmento, lo que debe hacer manualmente el usuario cuando alcance la solución correcta. No obstante, en el siguiente proceso se ha implementado un algoritmo que puede eliminar ciertos errores groseros en la capa *cv_phm_rails*.

6.5.5 Unión de segmentos de raíles

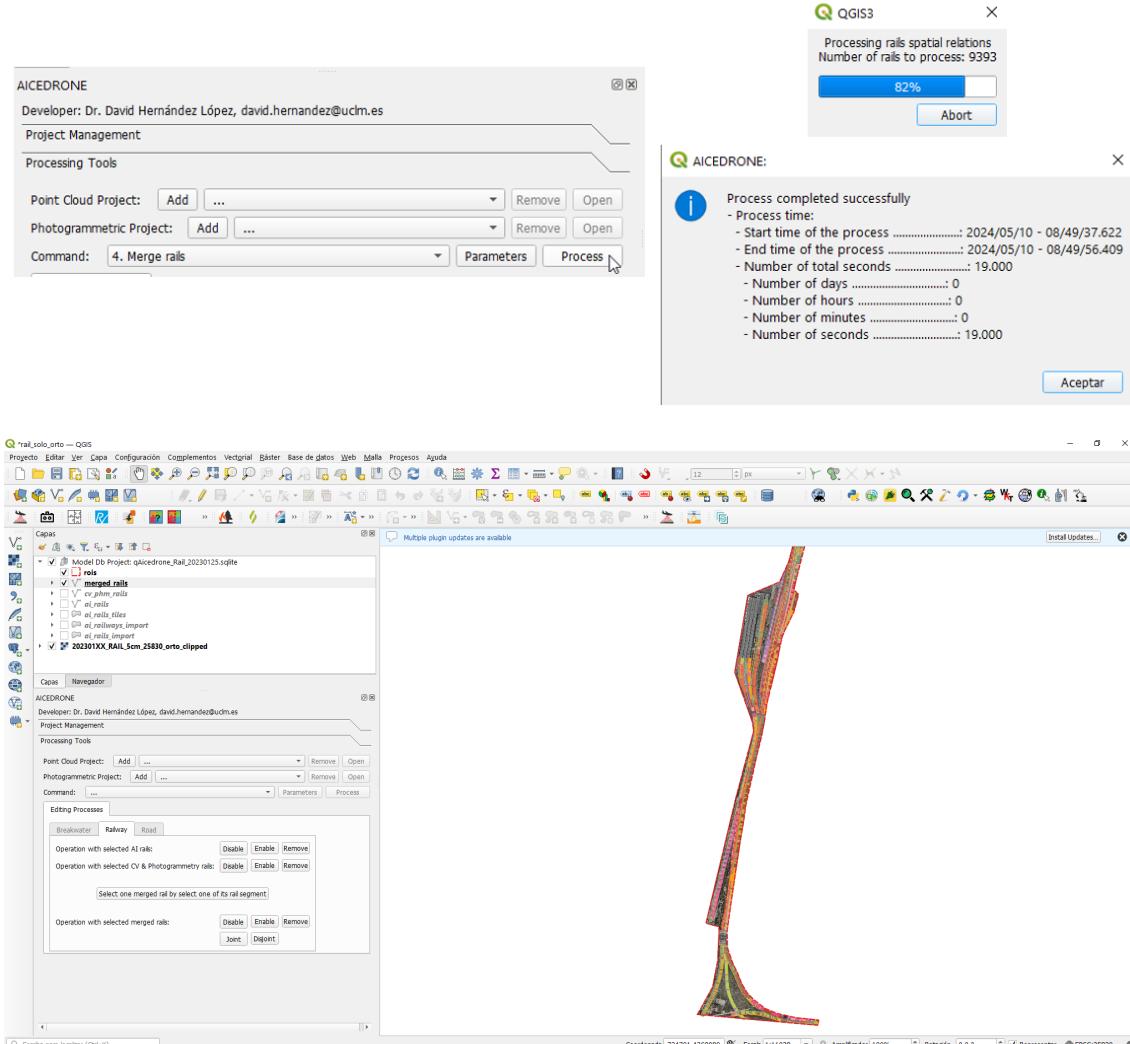
Como resultado del proceso anterior se han obtenido las mejores aproximaciones a segmentos de raíles con geometría 3D. En este proceso se pretende generar uniones de raíles que serán aquellos objetos constituidos por los segmentos de raíles que puedan pertenecer a un mismo raíl en base a criterios geométricos tales como proximidad espacial y alineamiento. En un escenario tan complejo como el de este caso de uso en el que se producen los cruces de multitud de líneas ferroviarias es previsible que un algoritmo automático de lugar a la aparición de errores de comisión y de omisión, resultando necesario incluir la funcionalidad de análisis y corrección manual de los mismos.

Antes de proceder a lanzar el comando de este proceso es conveniente realizar una inspección de los resultados del paso anterior para deshabilitar aquellos segmentos de raíles de la capa *cv_phm_rails* que hayan resultado erróneos o que se encuentren en una zona donde el número de errores de omisión, falta de segmentos, pueda dar lugar a errores evidentes en el proceso de unión. Para facilitar este paso manual se han incorporado unas herramientas en el complemento que permite habilitar, deshabilitar y eliminar aquellos segmentos seleccionados con las herramientas de QGIS en la capa *cv_phm_rails*, siendo preferible optar por deshabilitar en lugar de eliminar para poder recuperarlos posteriormente y para tener constancia de la calidad de los resultados. El uso de estas herramientas ha permitido deshabilitar algunos segmentos que han sido errores aislados y los segmentos de aquellas zonas conflictivas por la presencia de ocultamientos por la presencia de andenes o por encontrarse en zona extremos donde se ha contado con un menor número de imágenes con solape, tal y como muestra la siguiente figura, donde se observan aquellos segmentos deshabilitados con una simbología de color rojo establecida de forma automática.



A continuación, se incluyen capturas de pantalla que ilustran el proceso a realizar, que se resume en seleccionar el comando “4. Merge rails”, elegir los parámetros y lanzar el proceso, que en este caso es muy rápido gracias a la optimización que se ha conseguido en la estructuración de la información y en el algoritmo implementado.

Code	Enabled	Value	Description
MERGERAILS_AngularTolerance	Yes	2.0000	Angular tolerance for segments of a rail within adjacent tiles, in DEG
MERGERAILS_DsmRasterFile	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif	DSM raster file, same CRS as project and with no data value.
MERGERAILS_DtmRasterFile	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif	DTM raster file, same CRS as project and with no data value.
MERGERAILS_OutputPath	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/qAicedrone/output_4	Output path for reports
MERGERAILS_ProcessOnlyEnabledRails	Yes	true	Process only enabled rails
MERGERAILS_RailHeadWidth	Yes	0.07	Rail head width, in meters
MERGERAILS_RailwayRadius	Yes	500.00	Railway curve radius, in meters
MERGERAILS_TrackGauge	Yes	1.668	Track gauge, in meters
MERGERAILS_WriteReportFiles	Yes	true	Write report files



El resultado de este proceso se concreta en la capa *merged_rails* creada en la base de datos Spatialite del proyecto. Se trata de una capa con geometría de tipo LINESTRING en la que se almacenan todos los segmentos de raíles de la capa *cv_phm_rails* que retiene la información de geometría de dicha capa y añade dos nuevos atributos: *m_rail_id* y *mf_rail_id*, donde se almacena el valor secuencial de la unión de raíles detectado. El motivo de duplicar este atributo es poder retener el valor inicialmente asignado para permitir la edición manual para corregir posibles errores, tal y como será descrito posteriormente. En este caso se han obtenido automáticamente un total de 189 uniones de raíles a los que se asigna automáticamente una simbología aleatoria de color para facilitar su fotointerpretación. Las capturas de pantalla que se incluye a continuación ayudan a explicar los resultados de este proceso y la necesidad de mejorarlos.



En este proceso también se ha generado un fichero con un informe de resultados donde se detallan los diferentes pasos que realiza el algoritmo.

DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > qAicedrone > output_4

Nombre	Tamaño	Tipo
qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt	1,993 KB	Documento de texto

```
D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt

1 MERGE RAILS RESULTS
2 - Input spatialite .....: D:/Aicedrone/2023012
3 - Process only enabled rails .....: yes
4 - DSM raster file .....: D:/Aicedrone/2023012
5 - Angular tolerance (DEG) .....: 2.0000
6 - Rail head width (m) .....: 0.070
7 - Railway radius (m) .....: 500.000
8 - Railway track gauge (m) .....: 1.668
9
10 Removing closely overlapping rails:
11 - Tolerance 1.5 rail head width .....: 0.105
12   Rail_1   Rail_2   OrtDis  Length_1  Length_2  Removed
13     11       12      0.011    3.434     3.084      12
14     95       96      0.008    2.832     2.847      95
15     97       98      0.010    1.677     1.655      98
16    105      106     0.025    2.742     2.397     106
17    139      142     0.032    5.148     4.067     142

Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 1 Col : 1 Pos : 1 Windows (CR LF) UTF-8 INS .
```

```
D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt

147   9882   9884   0.007   5.018   3.146   9884
148
149 Closest rails detection under orthogonal distance threshold:
150 - Elongation distance .....: 31.279
151 - Number of neighbor tiles to process .....: 4
152 - Maximum orthogonal distance (75% track gauge) .....: 1.251
153 - Orthogonal distances thresholds by tile distance ...
154   - Tile distance 0 .....: 0.130
155   - Tile distance 1 .....: 0.130 0.311
156   - Tile distance 2 .....: 0.130 0.311 0.613
157   - Tile distance 3 .....: 0.130 0.311 0.613 1.
158 Closest rails by rail:
159   RailId           Forward(Id-OrD-MinD)           Backward(Id-OrD-MinD)
160     3                   11        0.037        0.030
161     9                   14        0.002        0.048
162    10                   18        0.004        0.006
163    11       3        0.037        0.030       13        0.055        0.031

Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 163 Col : 2 Pos : 9,220 Windows (CR LF) UTF-8 INS .
```

D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++

Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt

```

9552    10018    60    0.010    0.010    68    0.023    0.001
9553
9554 Lines candidates selected for several lines:
9555 (Direction from line to line candidate)
9556   RailId   Direction   Rails in wh it has been selected: RailId(minDist,maxOrthDis)
9557     269   Backward   296( 4.397,0.015)   10010( 0.056,0.144)   *** Selected: 296
9558     296   Forward   269( 4.397,0.015)   10010( 0.444,0.136)   *** Selected: 269
9559     398   Backward   403( 0.040,0.202)   440( 1.137,0.090)   *** Selected: 440
9560     414   Backward   450( 0.203,0.134)   453( 0.901,0.066)   *** Selected: 453
9561     453   Forward   414( 0.901,0.066)   450( 0.006,0.188)   *** Selected: 414
9562     534   Backward   537( 0.026,0.066)   538( 5.001,0.460)   *** Selected: 538
9563     540   Forward   537( 5.034,0.129)   538( 0.081,0.275)   *** Selected: 538
9564     597   Backward   656( 0.114,0.039)   658( 2.060,0.061)   *** Selected: 656
9565     764   Backward   767( 0.010,0.012)   768( 5.039,0.413)   *** Selected: 768
9566     776   Forward   771( 5.149,0.435)   774( 0.050,0.021)   *** Selected: 774
9567     885   Forward   765(10.175,0.520)   767( 5.104,0.151)   *** Selected: 767
9568     889   Forward   768(12.673,1.005)   887( 0.002,0.028)   *** Selected: 887

```

Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 2,080 Col : 2 Pos : 151,078 Windows (CR LF) UTF-8 INS

D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++

Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt

```

9777    9710   Backward   9714( 0.006,0.169)   9757( 1.545,0.108)   *** Selected: 9757
9778    9757   Forward   9710( 1.545,0.108)   9714( 0.031,0.135)   *** Selected: 9710
9779
9780 Lines candidates selected for several lines after remove no candidates:
9781 (Direction from line to line candidate)
9782   RailId   Direction   Rails in wh it has been selected: RailId(minDist,maxOrthDis)
9783
9784 Closest rails detection under orthogonal distance threshold after remove no candidates:
9785   RailId   Forward   Backward
9786     3        11
9787     9        14
9788    10        18
9789    11        3        13
9790    13        11        15
9791    14        9        21
9792    15        13        23
9793    16        16        17

```

Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 2,080 Col : 2 Pos : 151,078 Windows (CR LF) UTF-8 INS

D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++

Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt

```

19161    10011    482    487
19162    10014    1478   1482
19163    10015    6087   5707
19164    10016    26      33
19165    10017    43      51
19166    10018    60      68
19167
19168 Initial merged lines:
19169 3;MULTILINESTRING((725060.000 4369156.968,725059.035 4369155.035),(725061.555 4369160.00
19170 9;MULTILINESTRING((725063.471 4369160.000,725060.985 4369155.075),(725064.932 4369162.89
19171 10;MULTILINESTRING((725065.000 4369157.924,725063.562 4369155.065),(725066.047 4369160.0
19172 16;MULTILINESTRING((725065.467 4369155.000,725065.000 4369154.089),(725067.983 4369160.0
19173 99;MULTILINESTRING((725100.000 4369608.380,725099.218 4369605.082),(725100.371 4369609.9
19174 113;MULTILINESTRING((725101.934 4369609.997,725100.743 4369605.039),(725103.131 4369614.
19175 136;MULTILINESTRING((725109.337 4369630.000,725108.135 4369625.029),(725110.000 4369632.
19176 138;MULTILINESTRING((725110.000 4369626.368,725109.644 4369625.000),(725110.864 4369630.
19177 546;MULTILINESTRING((725158.337 4369565.000,725157.708 4369560.000),(725159.018 4369570.
```

Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 2,080 Col : 2 Pos : 151,078 Windows (CR LF) UTF-8 INS

```
D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
File Open Save Save As Print Preview Exit
19392 9580;MULTILINESTRING ((725533.686 4371370.000,725532.125 4371365.000), (725534.939 4371374 ^
19393 9583;MULTILINESTRING ((725533.284 4371375.000,725531.861 4371370.003), (725534.619 4371380
19394 9657;MULTILINESTRING ((725539.882 4371386.524,725539.398 4371385.028), (725539.364 4371385
19395
19396 Final merged lines:
19397 0;MULTILINESTRING ((725060.000 4369156.968,725059.035 4369155.035), (725061.555 4369160.00
19398 1;MULTILINESTRING ((725063.471 4369160.000,725060.985 4369155.075), (725064.932 4369162.89
19399 2;MULTILINESTRING ((725065.000 4369157.924,725063.562 4369155.065), (725066.047 4369160.00
19400 3;MULTILINESTRING ((725065.467 4369155.000,725065.000 4369154.089), (725067.983 4369160.00
19401 4;MULTILINESTRING ((725100.000 4369608.380,725099.218 4369605.082), (725100.371 4369609.98
19402 5;MULTILINESTRING ((725101.934 4369609.997,725100.743 4369605.039), (725103.131 4369614.98
19403 6;MULTILINESTRING ((725109.337 4369630.000,725108.135 4369625.029), (725110.000 4369632.73
19404 7;MULTILINESTRING ((725110.000 4369626.368,725109.644 4369625.000), (725110.864 4369630.00
19405 8;MULTILINESTRING ((725158.337 4369565.000,725157.708 4369560.000), (725159.018 4369570.00
19406 9;MULTILINESTRING ((725156.593 4369565.000,725155.962 4369560.019), (725157.287 4369569.99
19407 10;MULTILINESTRING ((725160.000 4369560.173,725159.978 4369560.000), (725160.611 4369565.0
19408 11;MULTILINESTRING ((725164.441 4369470.000,725164.982 4369465.981), (725163.790 4369475.0
< >
Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 2,080 Col : 2 Pos : 151,078 Windows (CR LF) UTF-8 INS .
```



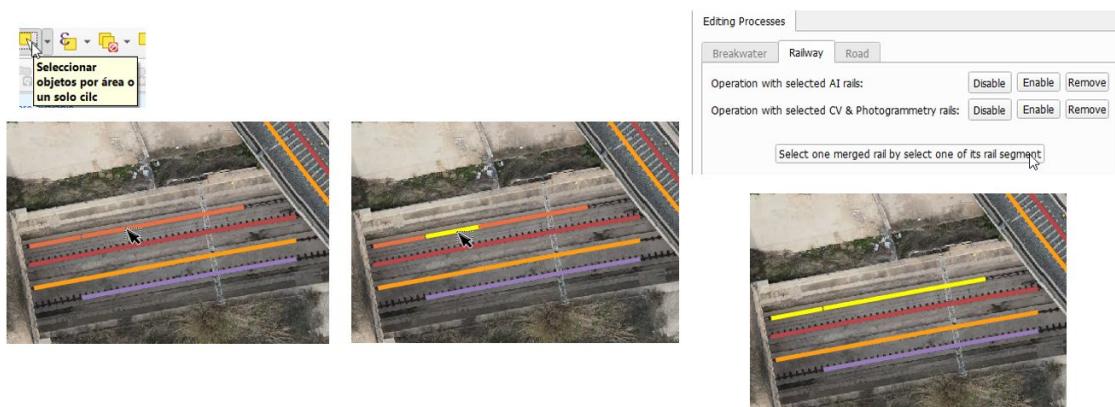
```
D:\Aicedrone\20230125_Rail\qAicedrone\output_4\qAicedrone_Rail_20230125_MergeRails.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
File Open Save Save As Print Preview Exit
19571 174;MULTILINESTRING ((725482.505 4371245.000,725481.347 4371240.000), (725483.694 4371250.^
19572 175;MULTILINESTRING ((725482.140 4371245.000,725481.190 4371240.000), (725483.040 4371250.
19573 176;MULTILINESTRING ((725485.458 4371235.000,725485.000 4371233.337), (725486.884 4371240.
19574 177;MULTILINESTRING ((725492.585 4371254.203,725491.109 4371250.046), (725494.685 4371260.
19575 178;MULTILINESTRING ((725495.000 4371266.668,725494.465 4371265.000), (725496.002 4371269.
19576 179;MULTILINESTRING ((725496.496 4371094.572,725495.162 4371090.003), (725499.159 4371104.
19577 180;MULTILINESTRING ((725498.679 4371110.000,725497.436 4371105.010), (725499.860 4371114.
19578 181;MULTILINESTRING ((725499.875 4371274.093,725498.586 4371270.048), (725501.872 4371280.
19579 182;MULTILINESTRING ((725504.224 4371240.000,725503.625 4371237.050), (725506.044 4371249.
19580 183;MULTILINESTRING ((725504.693 4371305.000,725503.539 4371300.000), (725505.909 4371310.
19581 184;MULTILINESTRING ((725506.006 4371240.000,725505.267 4371236.370), (725506.875 4371244.
19582 185;MULTILINESTRING ((725509.184 4371304.899,725507.723 4371300.024), (725509.932 4371307.
19583 186;MULTILINESTRING ((725509.886 4371301.079,725509.533 4371300.020), (725510.834 4371304.
19584 187;MULTILINESTRING ((725505.260 4371380.000,725505.010 4371377.836), (725505.953 4371384.
19585 188;MULTILINESTRING ((725533.686 4371370.000,725532.125 4371365.000), (725534.939 4371374.
19586 189;MULTILINESTRING ((725533.284 4371375.000,725531.861 4371370.003), (725534.619 4371380.
19587
< >
Normal text file length : 2,040,221 lines : 19,587 Ln : 2,080 Col : 2 Pos : 151,078 Windows (CR LF) UTF-8 INS .
```

Aunque los resultados del proceso automático son muy buenos, hay algunos errores que se deben tratar de resolver. La siguiente figura ilustra uno de los tipos de errores más frecuentes, la asignación a dos uniones de raíles diferentes de segmentos de raíles que deberían formar parte de este. En la parte inferior izquierda de la figura se observa como tres de las cuatro uniones de raíles creadas deberían haberse asignado como continuación a las que se encuentran a la derecha, lo que ha funcionado en el cuarto caso. Se puede intuir que el problema se debe a la interrupción en la presencia de segmentos de raíles motivada por el paso superior de otra vía, y el motivo de que haya funcionado en uno de los casos es que la distancia entre los segmentos a ambos lados es claramente inferior a la distancia por la interrupción en los otros tres casos. Además de la distancia influye el hecho de la geometría en planta, que en este caso está en curva. El algoritmo implementado trata de resolver un problema complejo dado que si no se limita la distancia en función de la curvatura se identificarían como el mismo raíl raíles que son paralelos.



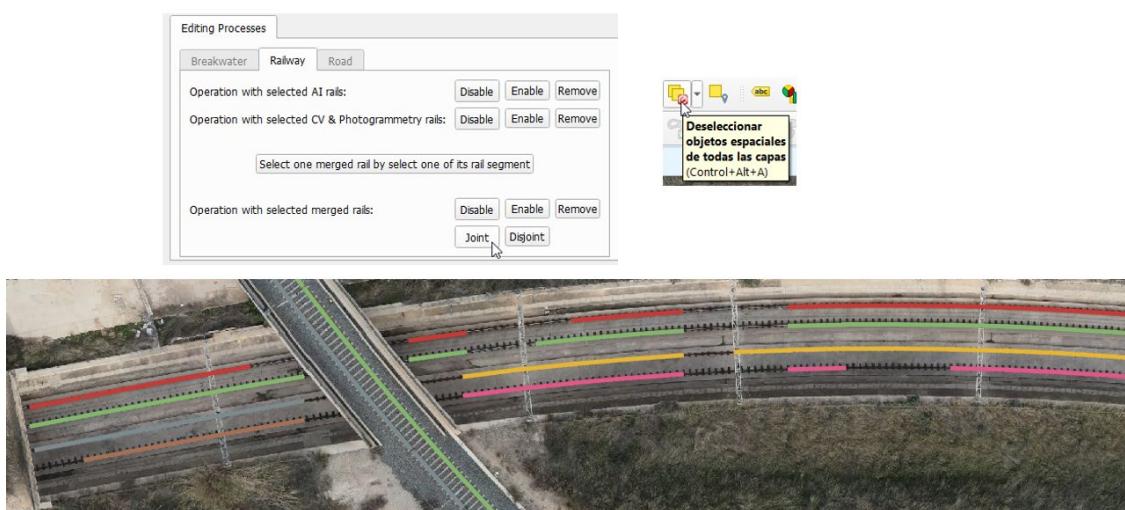
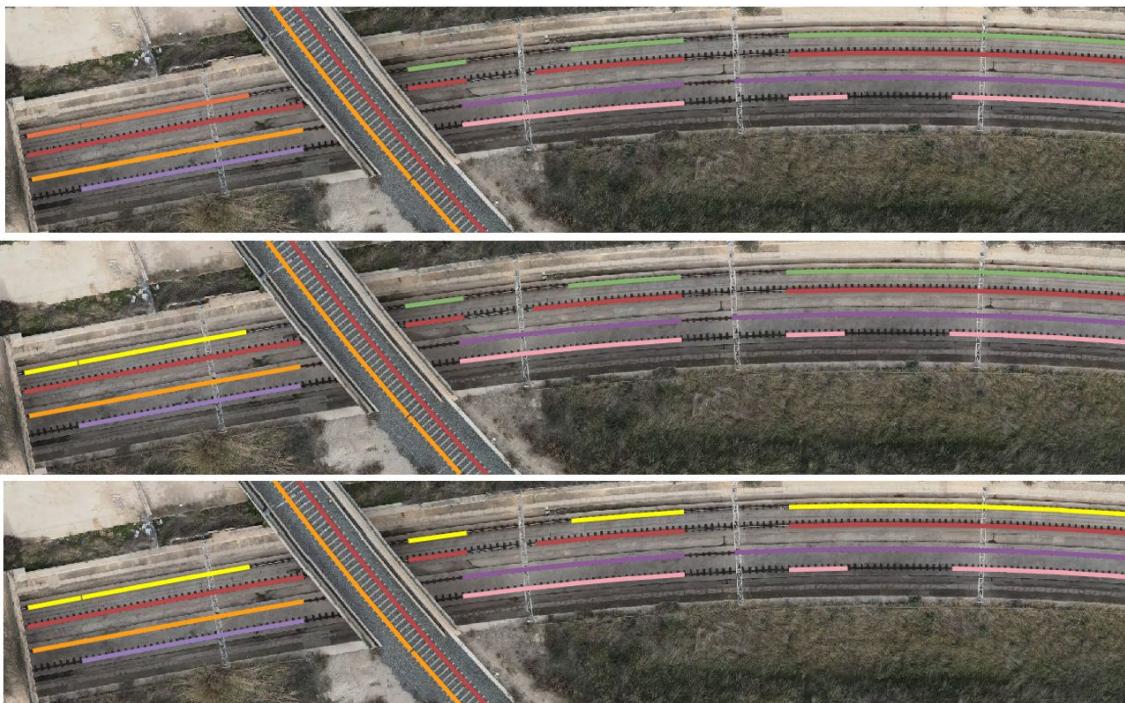
Para resolver los errores puntuales de este tipo se ha implementado un proceso basado en la fusión manual de las uniones de segmentos de raíles seleccionadas. El primer problema que ha tenido que ser resuelto es facilitar al usuario la selección de todos segmentos de la misma unión de raíles, dado que en la capa *merged_rails* son fenómenos distintos cada uno de los segmentos de raíles procedentes de la capa *cv_phm_rails*, y la herramienta de selección rápida de QGIS permite seleccionar elementos individuales. La siguiente figura muestra un conjunto de botones integrado en la interfaz gráfica para ayudar en esta tarea de corrección manual de errores.

Para seleccionar todos los segmentos de una unión de segmentos de raíles basta con activar la herramienta de selección gráfica de QGIS, seleccionar cualquiera de los segmentos de la unión de segmentos de raíles que se desea seleccionar y pulsar en el botón *Select one merged rail by select one of its rail segment*, tal y como muestra la siguiente figura.



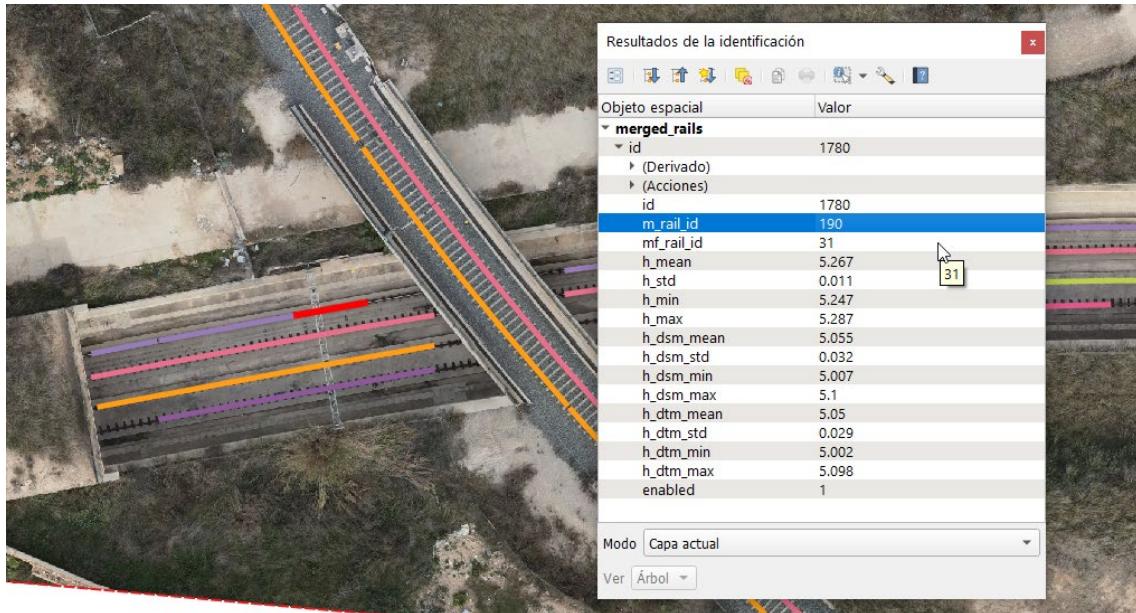
Para seleccionar además otra unión de segmentos será necesario proceder igual, pero manteniendo presionada la tecla *Ctrl* para añadir a la selección anterior. En cualquier momento se puede eliminar la selección sin más que utilizar la herramienta correspondiente de QGIS.

Para fusionar en una única unión de segmentos de raíles dos segmentos habrá que seleccionarlos, tal y como se acaba de explicar, y pulsar en el botón *Joint*, tal y como ilustra la siguiente figura. Al finalizar la fusión se generará una nueva simbología en toda la capa, lo que no afecta a los valores de los atributos, sólo afecta a su visualización.

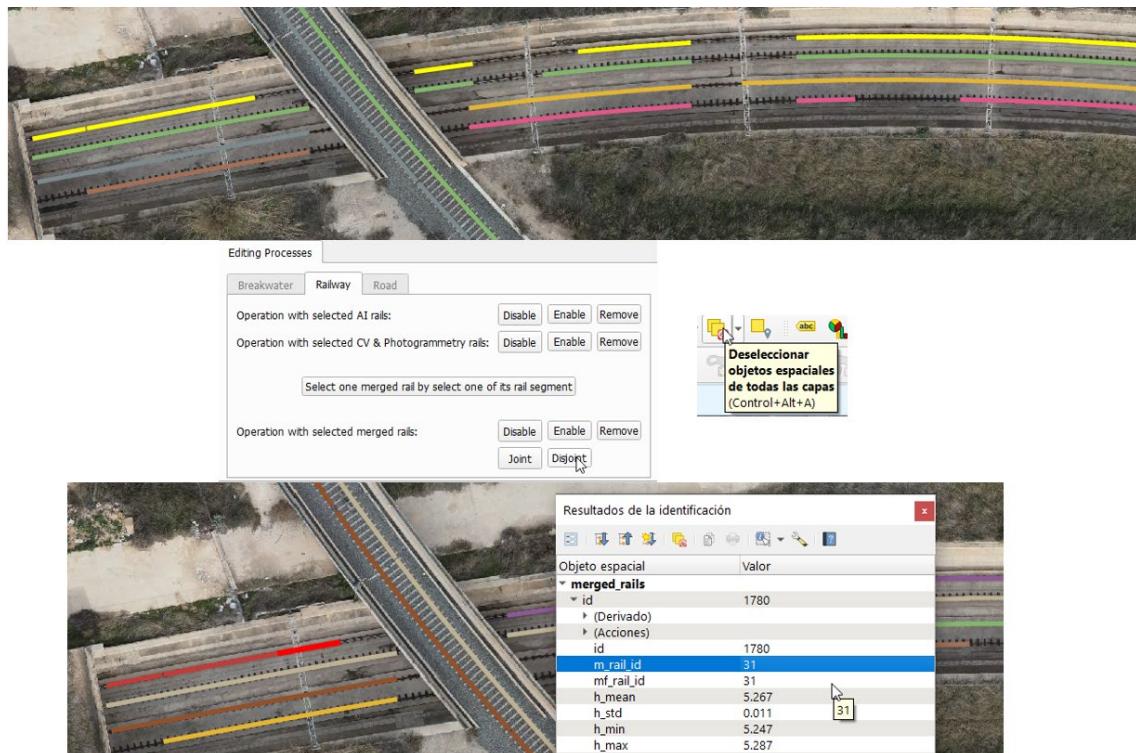


Consultando los atributos de cualquier segmento de la nueva unión de segmentos creada se puede comprobar que en el atributo *m_rail_id* se ha asignado un valor entero incrementando en uno el último valor mayor, tal y como muestra la siguiente figura, apreciándose que no coincidirá con el valor del atributo *mf_rail_id* ya que en este se continua manteniendo el valor

inicialmente asignado, lo que permitirá deshacer la fusión si se ha cometido un error, tal y como se explicará a continuación.



Para deshacer una fusión que se considere se ha realizado erróneamente, se debe proceder a seleccionar la unión de segmentos de raíles fusionada, de forma similar al caso anterior, y pulsar en el botón *Disjoint*, recuperándose los valores iniciales en el atributo *m_rail_id*, tal y como muestra la siguiente figura.



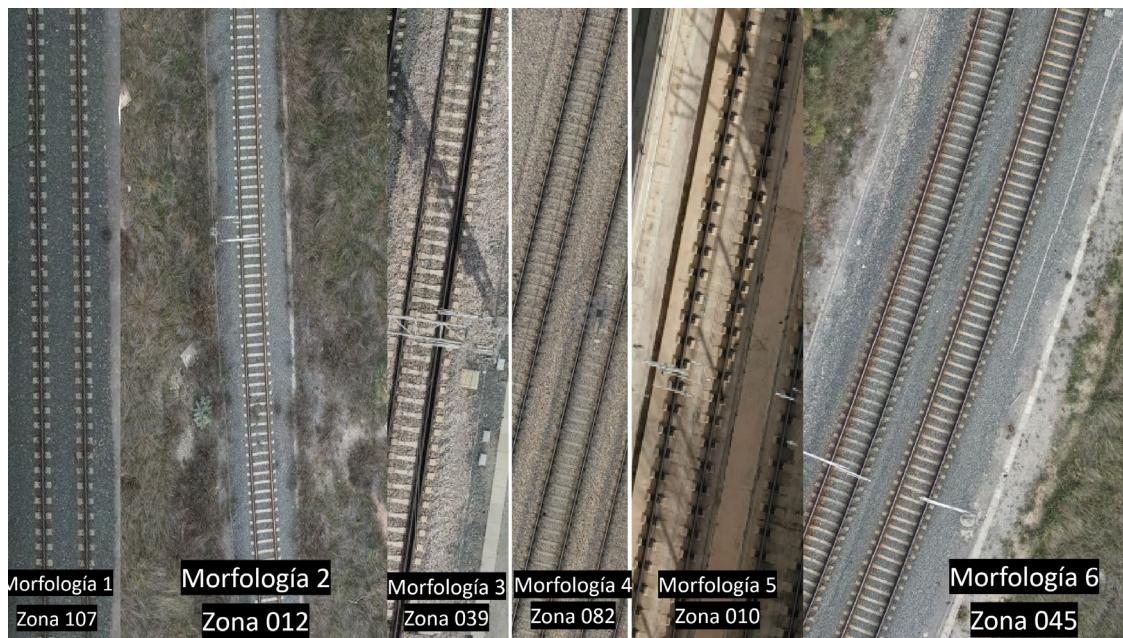
Una vez que se haya completado el trabajo de fusión de uniones de raíles se tendrá la base de datos en el estado adecuado para ser explotada con todas las herramientas de QGIS.

6.6 Detección de carriles de vía con técnicas de IA en nubes de puntos 3D

A continuación, se describe los dos procedimientos realizados para obtener la segmentación de carriles de vía en ferrocarril empleando dos técnicas diferentes de IA con nubes de puntos: random forest y redes neuronales artificiales. La segmentación de carriles de vía en una nube de puntos se corresponde con la asignación del código de esta clase en un campo añadido a cada punto.

La descripción de las herramientas y su proceso de instalación se puede consultar en el documento 5.1.0, incluyendo en esta sección la explicación de su aplicación en este caso de estudio.

Tras un primer intento en el que no se obtuvieron resultados lo suficientemente precisos en la aplicación de un único entrenamiento obtenidos con una zona concreta, se decidió dividir en zonas con características diferentes que pudieran afectar a las características geométricas de los puntos empleadas como atributos de entrada para el entrenamiento y clasificación, siendo las principales causas el tipo de firme sobre el que se asientan los raíles y la propia configuración de los raíles. Para cada tipo de zona se ha realizado un entrenamiento diferente, y éste ha sido después aplicado en otras zonas de características similares. Concretamente, se establecieron seis tipos de zonas que se incluyen en la siguiente figura en la que se indica la zona que se ha utilizado para su entrenamiento.



6.6.1 Random Forest

Siguiendo lo descrito en el documento 5.1.0, se han entrenado un total de 6 zonas y se ha aplicado la clasificación en un total de otras 6 zonas.

Los resultados de los seis entrenamientos se encuentran en:

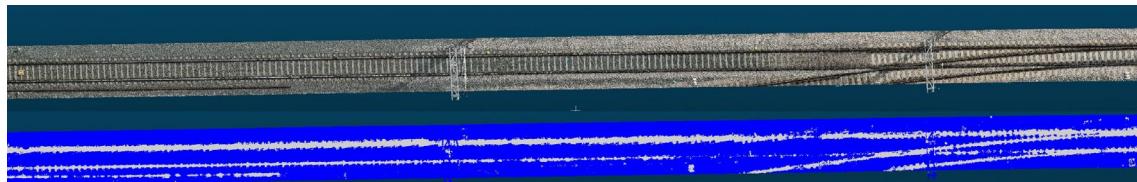
<https://drive.google.com/drive/folders/1YRLNuNMQg2hnH-QUaxqiWH4SJwYytU4s>

Los resultados de la clasificación en las seis zonas se encuentran en:

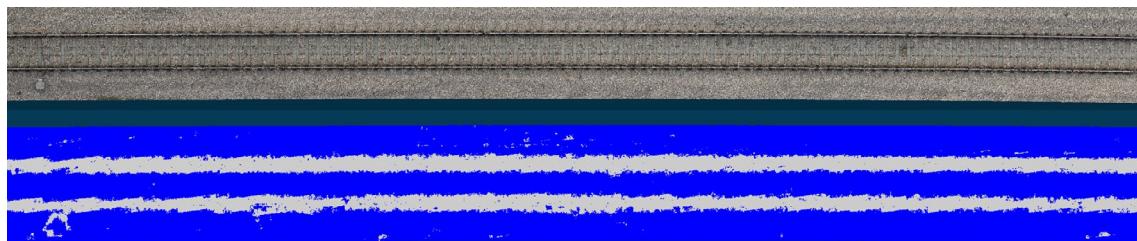
https://drive.google.com/drive/folders/1TexwcJZPnR6skzklpH37K-pjqX0_RSP

A continuación, se incluyen algunas figuras que ilustran los resultados.

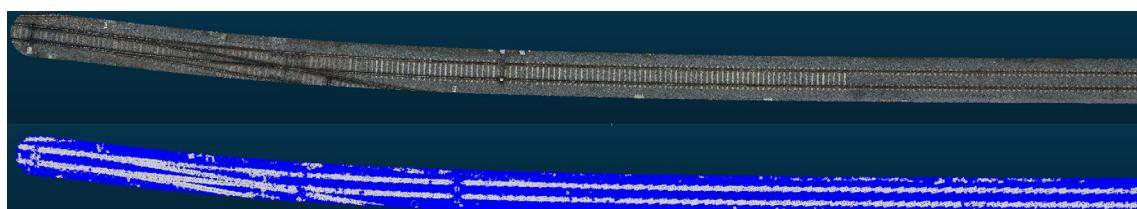
Aprendizaje	Aplicado a	Atiende a morfología #
012_A	012_B	2
045	046	6
010	011	5
107	108	1
082	092	4
039	043	3



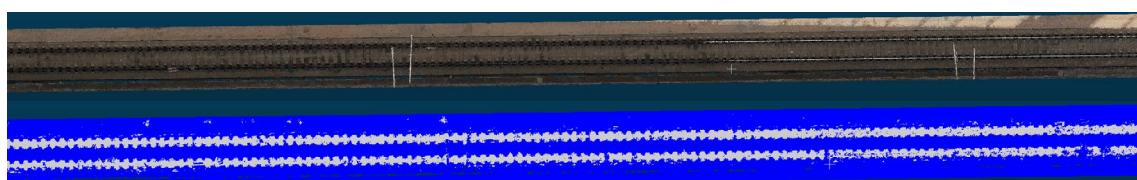
Set 043 etiquetada con entrenamiento procedente de 039



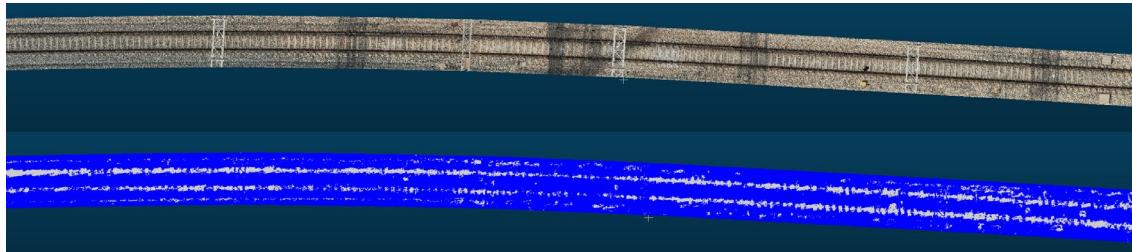
Set 092 etiquetada con entrenamiento procedente de 082



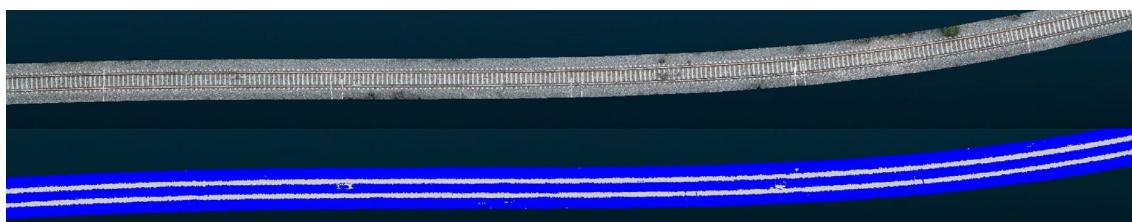
Set 108 etiquetada con entrenamiento procedente de 107



Set 011 etiquetada con entrenamiento procedente de 010



Set 046 etiquetada con entrenamiento procedente de 045



Set 012_b etiquetada con entrenamiento procedente de 12_a

6.6.2 Redes neuronales artificiales, AicedronePointClassifierANN

Siguiendo lo descrito en el documento 5.1.0, se han entrenado un total de 6 zonas y se ha aplicado la clasificación en un total de otras 6 zonas.

Los resultados de los seis entrenamientos se encuentran en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1kG-OYtjY-Eq9tNT9tNleFL7wAeDwgSFY>

Los resultados de la clasificación en las seis zonas se encuentran en:

https://drive.google.com/drive/folders/1uSJ2YrZ6Y_DLfvxY0UKtyCoykvwbKokN

A continuación, se incluyen algunas figuras que ilustran los resultados.

Aprendizaje	Aplicado a	Atiende a morfología #
012_A	012_B	2
045	046	6
010	011	5
107	108	1
082	092	4
039	043	3

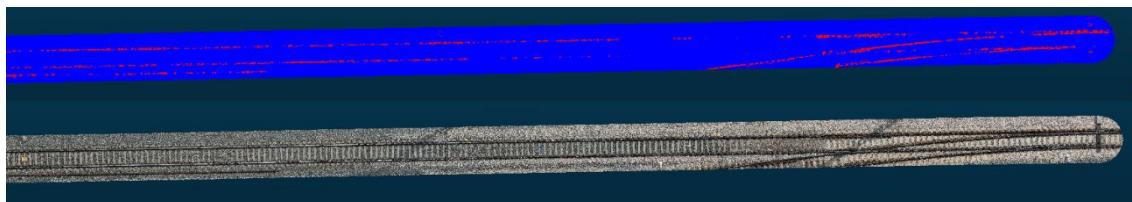


Figura 20. Set 043 etiquetada con entrenamiento procedente de 039

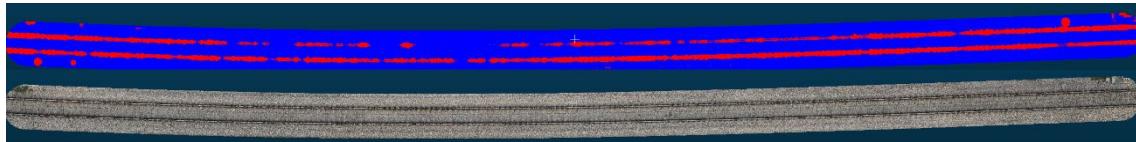


Figura 21. Set 092 etiquetada con entrenamiento procedente de 082

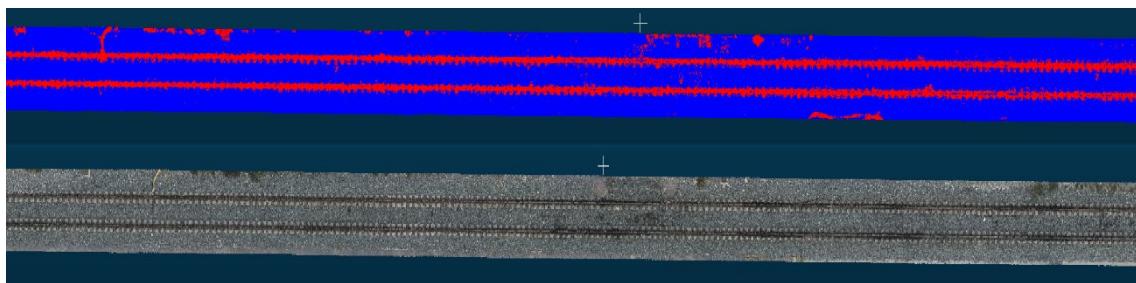


Figura 22. Set 108 etiquetada con entrenamiento procedente de 107

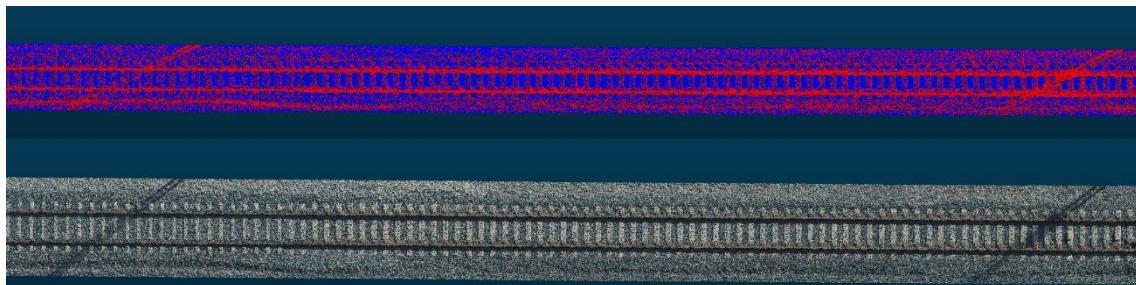


Figura 23. Set 011 etiquetada con entrenamiento procedente de 010

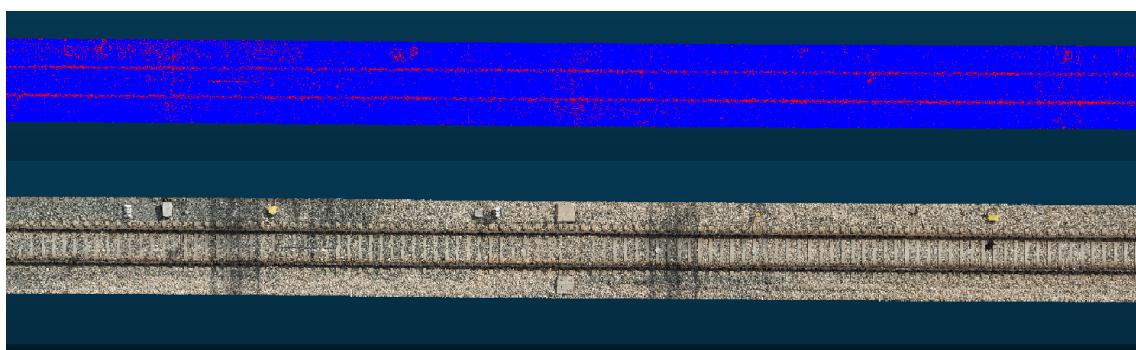


Figura 24. Set 046 etiquetada con entrenamiento procedente de 045

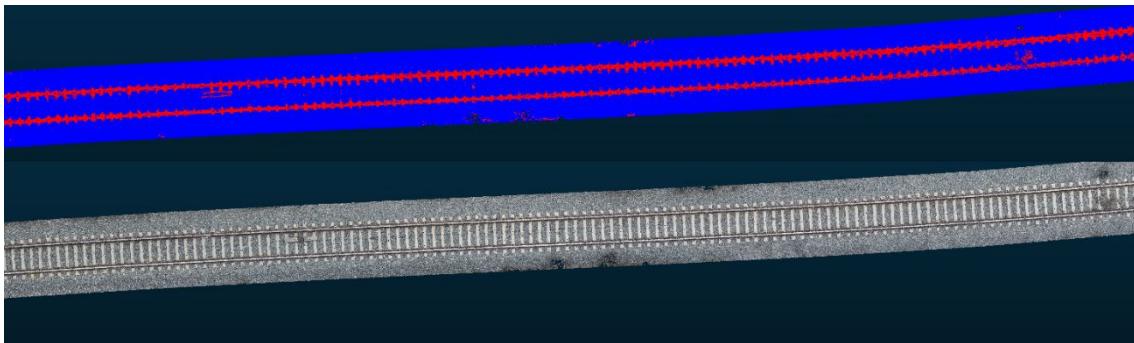


Figura 25. Set 012_b etiquetada con entrenamiento procedente de 12_a

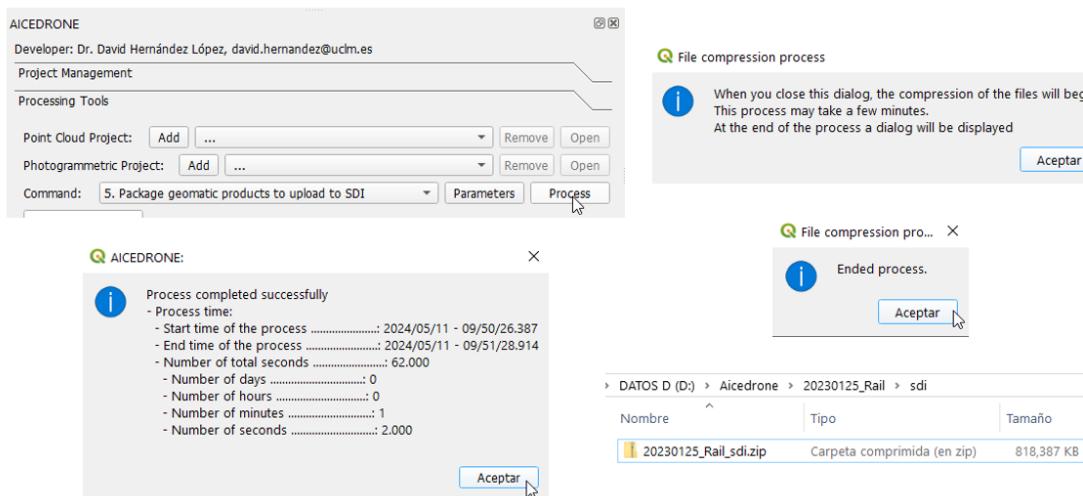
7 PROTOCOLO DE PUBLICACIÓN EN AICEDRONE_SDI

En esta sección se describen los pasos a realizar para utilizar la herramienta AICEDRONE_SDI para la creación de un proyecto de infraestructura de datos espaciales (SDI) para el caso de uso de ferrocarriles.

El primer paso es comprimir en uno o varios ficheros ZIP las capas de información que se desea publicar, para lo que se empleará un comando implementado en el complemento qAicedrone de QGIS. En este caso, las capas que se desea publicar son el mosaico de ortoimágenes, el modelo digital del terreno y la capa resultado de la modelización, *merged_rails*. Se debe comenzar por abrir el proyecto en QGIS, seleccionar el comando 5. *Package geomatic products to upload to SDI*, elegir los parámetros, creando la carpeta donde se desea obtener el fichero ZIP y lanzar el proceso.

The screenshot shows two windows of the AICEDRONE processing tools. The left window displays a list of commands under 'Command' (e.g., Import AI results, Preprocess AI results, CV and Photogrammetry solution from AI results, CV and Photogrammetry solution for selected AI rails, Merge rails, Package geomatic products to upload to SDI). The right window is a 'Parameters manager' for the selected command (5. Package geomatic products to upload to SDI). It shows a table of parameters:

Code	Enabled	Value	Description
PGPTUTSDI_CZF	Yes	true	Create zip file
PGPTUTSDI_DSM	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif	Digital Surface Model (DSM) file (GeoTIFF)
PGPTUTSDI_DTM	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif	Digital Terrain Model (DTM) file (GeoTIFF)
PGPTUTSDI_Orthomosaic	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/DatosAuxiliares/202301XX_RAIL_5cm_25830_ortho_clipped.tif	Orthomosaic file (GeoTIFF)
PGPTUTSDI_PCF	Yes		Point Cloud File (LAS/LAZ)
PGPTUTSDI_POL	Yes	true	Package project output layers
PGPTUTSDI_ZIP	Yes	D:/Aicedrone/20230125_Rail/sdi/20230125_Rail_sdi.zip	Output ZIP file, rewrite if exists



Si el valor del primer parámetro, con descripción *Create zip file* se ha elegido a *true* el proceso habrá constado de los siguientes pasos: creación en la ruta de salida elegida de una carpeta con el nombre del nombre base del fichero zip elegido, copia de todos los ficheros a comprimir a esa carpeta, creación del fichero JSON con la descripción de los productos, creación del fichero comprimido en la ruta de salida elegida y eliminación de la carpeta creada con los ficheros. Este proceso podría tener una larga duración si se eligen ficheros de gran tamaño, como por ejemplo de nubes de puntos.

En el fichero JSON se incluyen campos que definen parámetros de interés de cada una de las capas que serán creadas por importación del fichero ZIP en la SDI. Para modificar estos valores habría que editar este fichero y modificar los valores. Con el propósito de facilitar esta tarea y además permitir reemplazar los ficheros por defecto de simbología que se incluyen automáticamente, el usuario podría elegir establecer a *false* el primer parámetro, con descripción *Create zip file*, de forma que el proceso se detendría tras preparar todos los ficheros en la carpeta creada en la ruta de salida elegida, teniendo que ser el usuario el que creara el fichero ZIP después de modificar lo que considerara conveniente y, finalmente, procediera a eliminar manualmente la carpeta creada. Este tipo de ejecución será más rápida ya que los únicos procesos lentos corresponderían al proceso de copia de los ficheros de productos geomáticos de sus rutas originales a la carpeta creada en la ruta de salida elegida. Las siguientes capturas muestran los ficheros del fichero ZIP y el contenido del fichero JSON.

```

DATOS D (D:) > Aicedrone > 20230125_Rail > sdi > 20230125_Rail_sdi
Nombre           Tipo      Tamaño
202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.sld Archivo SLD   2 KB
202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif Archivo TIF  457,095 KB
202301XX_RAIL_5cm_25830_ortho_clipped.tif Archivo TIF  397,621 KB
202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif Archivo SLD   2 KB
202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif Archivo TIF  30,261 KB
merged_rails.dbf Archivo DBF  2,884 KB
merged_rails.prj Archivo PRJ  1 KB
merged_rails.shp Archivo SHP  803 KB
merged_rails.shx Archivo SHX  74 KB
merged_rails.sld Archivo SLD  157 KB
product_descriptor.json JSON File  3 KB
  Tipo: JSON File
  Tamaño: 2.17 KB
  Fecha de modificación: 11/05/2024 9:50
  Archivo SHX
  Archivo SLD
  rois.sld
  
```

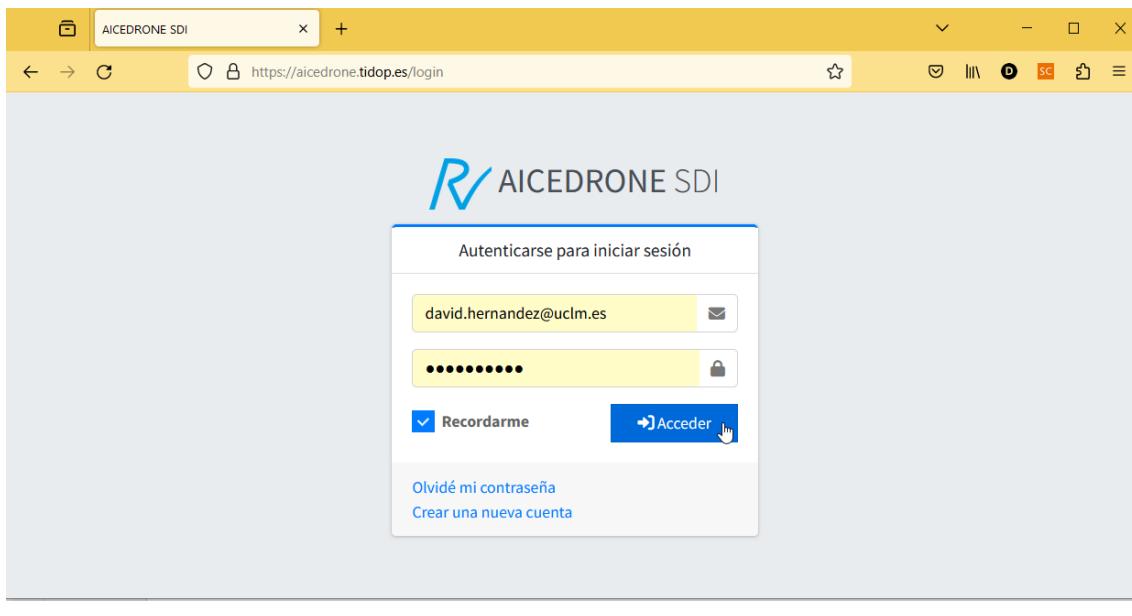
```

product_descriptor.json | 1
  "layer1": {
    "position": "1",
    "name": "Zona del proyecto",
    "filepath": "rois.shp",
    "sld_path": "rois.sld",
    "crs": "25830",
    "visible": "true",
    "attributes": [],
    "links": [],
    "product_date": "2024-05-11",
    "init_date": "2024-05-11",
    "end_date": "2024-05-11",
    "type": "vector_layer",
    "uav": "",
    "sensors": "",
    "description": "Zona del proyecto"
  },
  "layer2": {
    "position": "2",
    "name": "Railes",
    "filepath": "merged_rails.shp",
    "sld_path": "merged_rails.sld",
    "crs": "25830",
    "visible": "true",
    "attributes": ["m_rail_id", "h_mean", "h_std"],
    "links": [],
    "product_date": "2024-05-11",
    "init_date": "2024-05-11",
    "end_date": "2024-05-11",
    "type": "vector_layer",
    "uav": "",
    "sensors": "",
    "description": "Railes"
  },
  "layer3": {
    "position": "3",
    "name": "Ortomosaico",
    "filepath": "202301XX_RAIL_5cm_25830_ortho_clipped.tif",
    "sld_path": "",
    "crs": "25830",
    "visible": "true",
    "attributes": [],
    "links": [],
    "product_date": "2024-05-11",
    "init_date": "2024-05-11",
    "end_date": "2024-05-11",
    "type": "orthomosaic",
    "uav": "DJI Matrice 300",
    "sensors": "P1",
    "description": "Ortomosaico"
  },
  "layer4": {
    "position": "4",
    "name": "Modelo Digital del Terreno (DTM)",
    "filepath": "202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.tif",
    "sld_path": "202301XX_RAIL_20cm_25830_dtm_clipped.sld",
    "crs": "25830",
    "visible": "true",
    "attributes": [],
    "links": [],
    "product_date": "2024-05-11",
    "init_date": "2024-05-11",
    "end_date": "2024-05-11",
    "type": "dtm",
    "uav": "DJI Matrice 300",
    "sensors": "P1",
    "description": "Modelo Digital del Terreno (DTM)"
  },
  "layer5": {
    "position": "5",
    "name": "Modelo Digital de Superficie (DSM)",
    "filepath": "202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.tif",
    "sld_path": "202301XX_RAIL_5cm_25830_dsm_clipped.sld",
    "crs": "25830",
    "visible": "true",
    "attributes": [],
    "links": [],
    "product_date": "2024-05-11",
    "init_date": "2024-05-11",
    "end_date": "2024-05-11",
    "type": "dsm",
    "uav": "DJI Matrice 300",
    "sensors": "P1",
    "description": "Modelo Digital de Superficie (DSM)"
  }
}

```

Se podría optar por no incluir todas las capas en un único fichero ZIP, creando tantos ficheros como sea conveniente siguiendo el mismo procedimiento y eligiendo en cada caso los ficheros oportunos. Esta opción está contemplada ya que se pueden subir e importar a un proyecto de SDI de la herramienta AICEDRONE_SDI tantos ficheros ZIP como sea necesario.

Una vez que ya se dispone de los ficheros ZIP los siguientes pasos consisten en abrir la aplicación web de AICEDRONE_SDI, logarse con un usuario con los permisos adecuados previamente añadido por el usuario administrador de la herramienta, y crear el proyecto, definiendo sobre el mapa de situación el perímetro de la región de interés de forma aproximada, tal y como se ilustra con las siguientes capturas de pantalla.



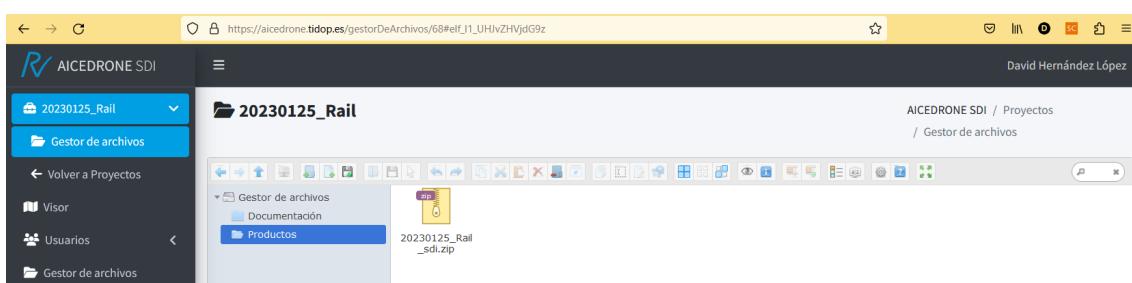
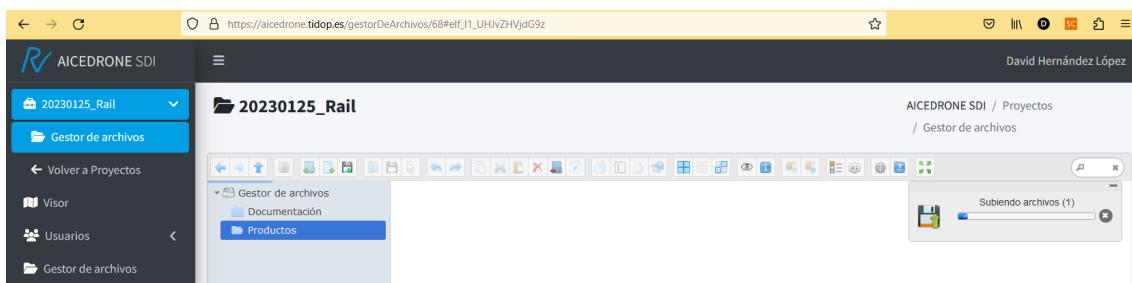
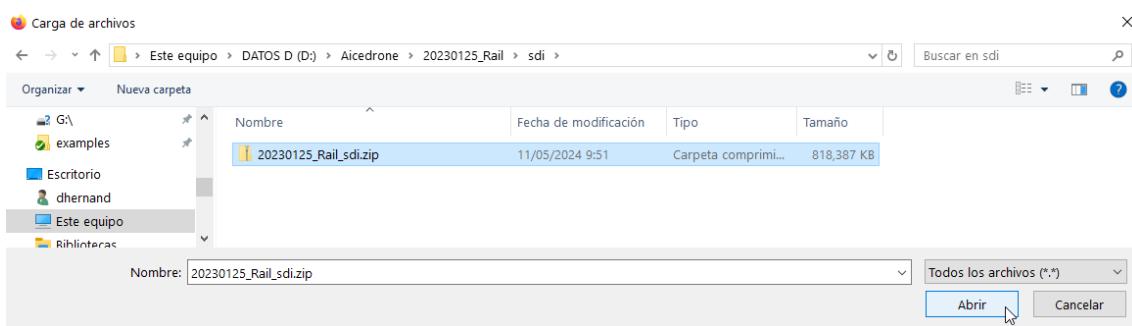
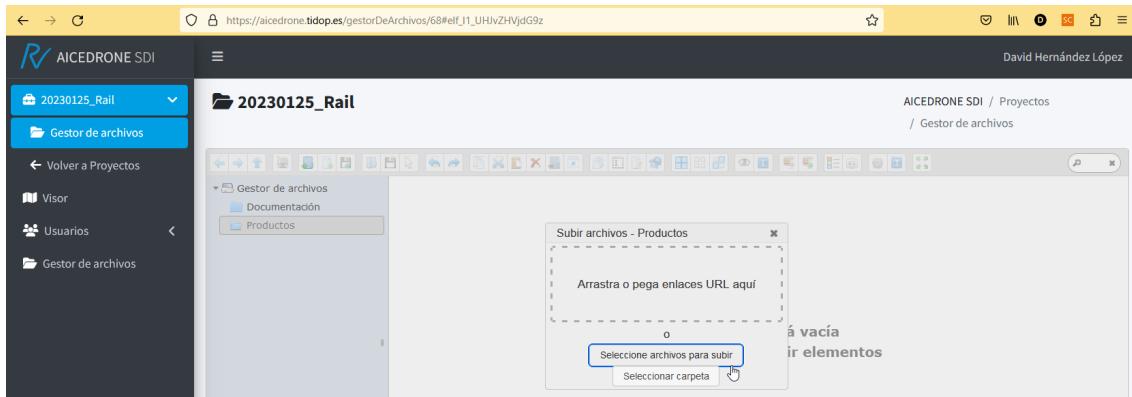
En este tipo de proyecto la duración no es de interés ya que no tiene una duración determinada en el tiempo.

A continuación, se puede acceder al *Gestor de archivos* del proyecto creado, abrir la carpeta *Productos*, pulsar con el botón derecho del ratón eligiendo la opción *subir archivos*, y subir los ficheros ZIP creados anteriormente, desde los botones de subida que propone el diálogo,

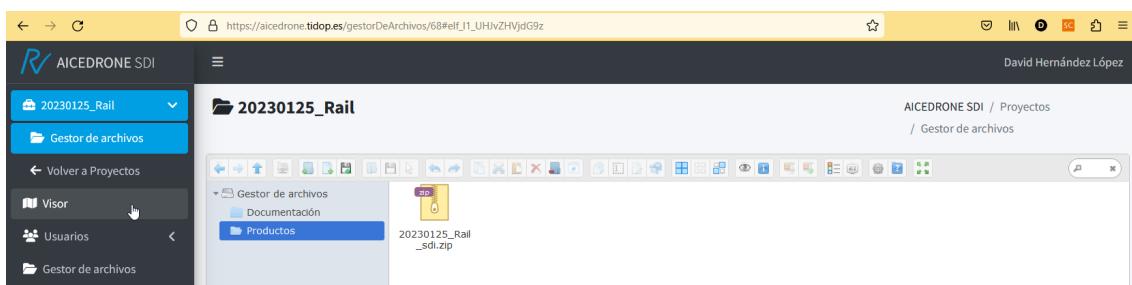
iniciándose un proceso cuya duración dependerá del tamaño de los ficheros y de las velocidades de internet en el servidor y en la conexión del usuario.

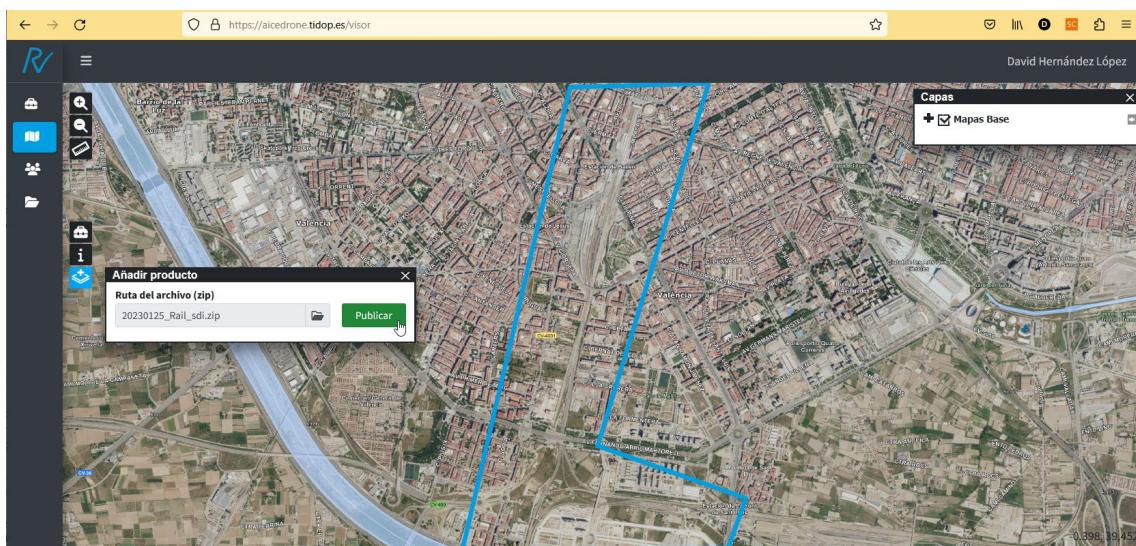
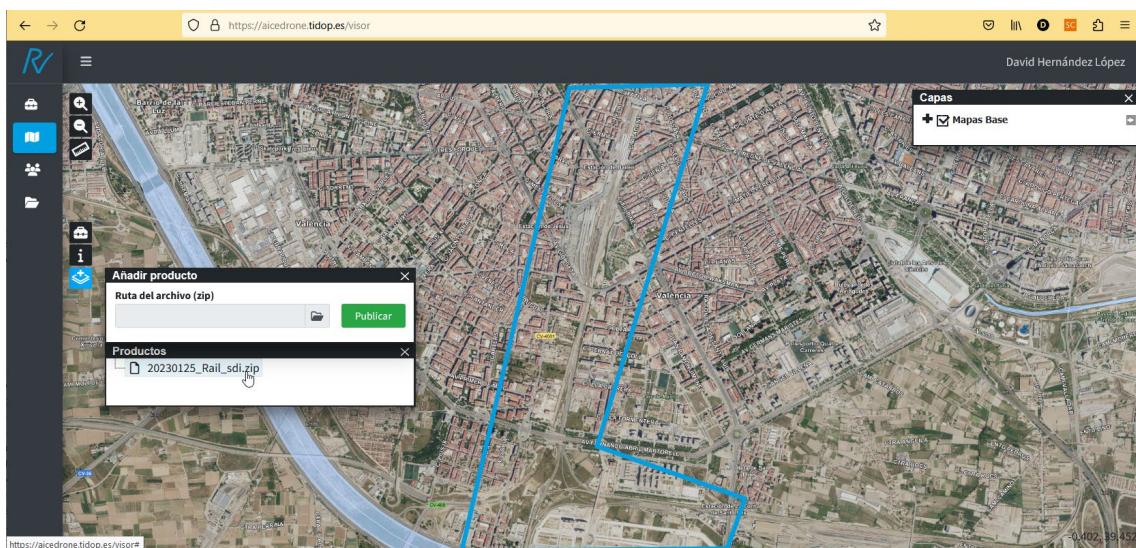
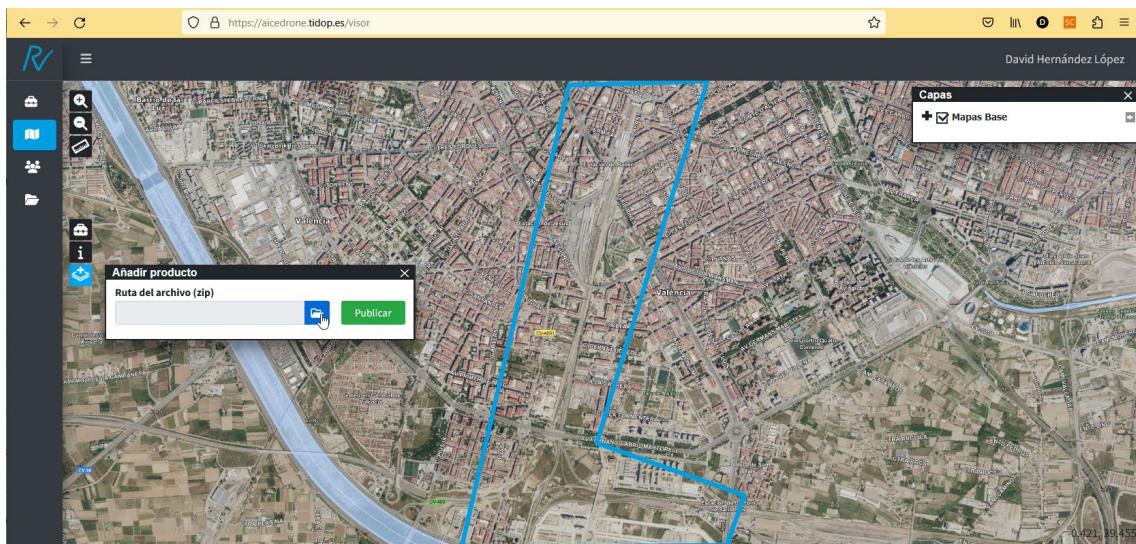
The screenshots illustrate the AICEDRONE SDI software interface:

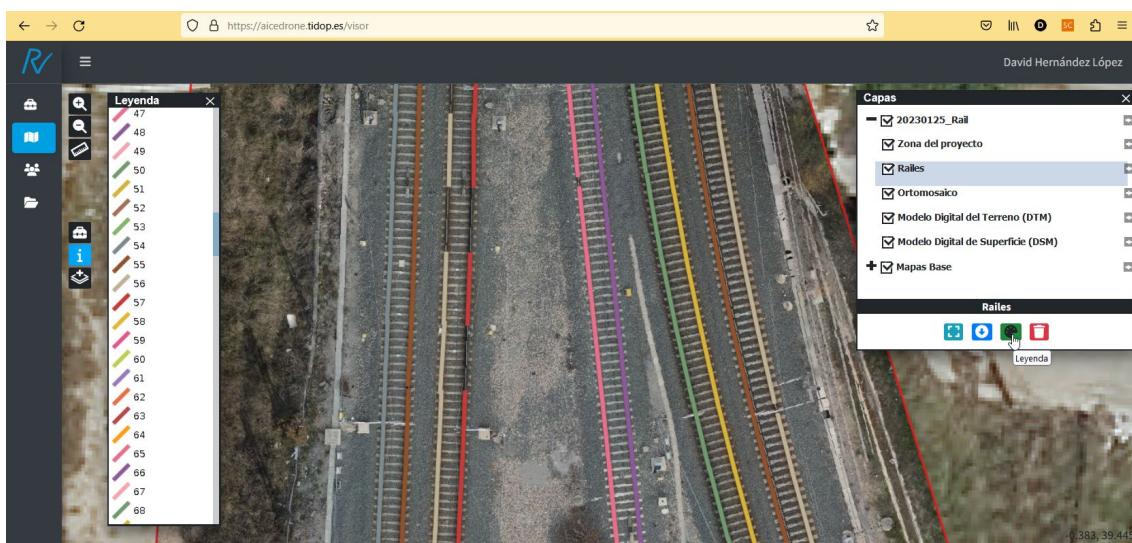
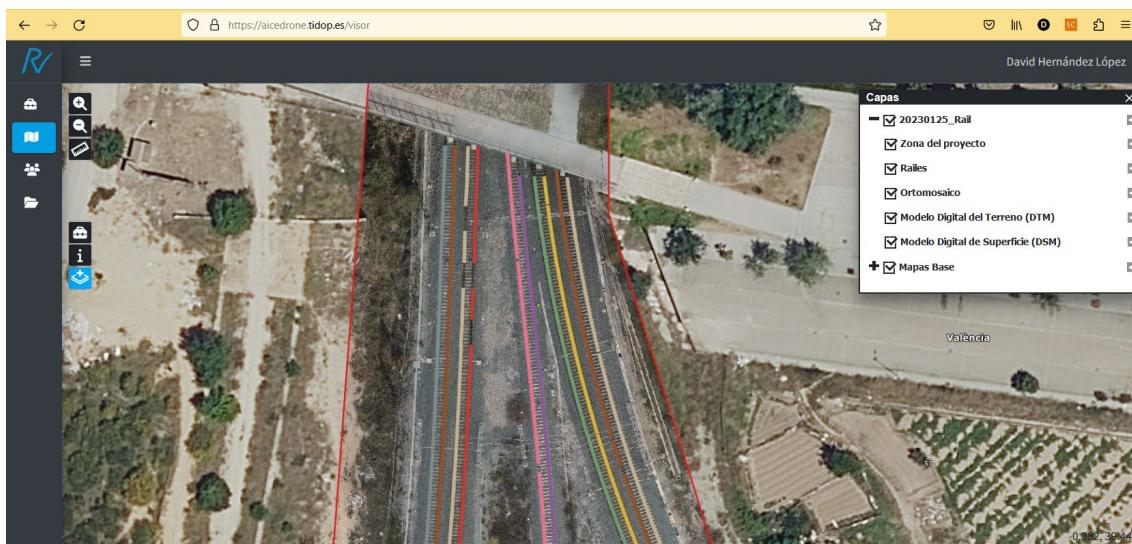
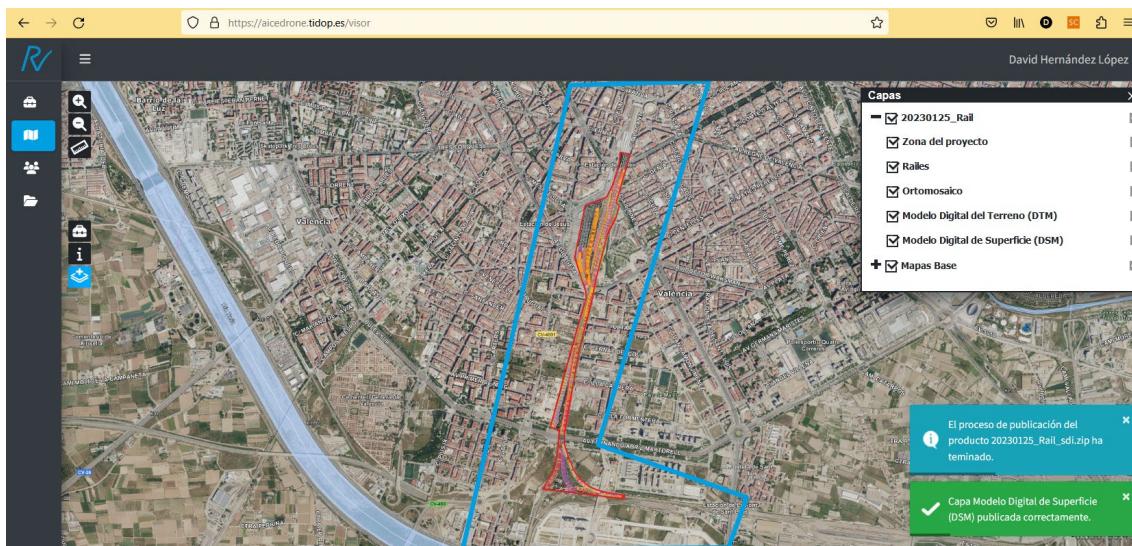
- Screenshot 1: Project Management**
Shows the "Proyectos" (Projects) screen. A table lists three projects: "Villajoyosa" (Id: 56, Inicio: 2024-03-20, Fin: 2025-03-21), "20230807_Roads" (Id: 67, Inicio: 2024-05-04, Fin: 2025-05-05), and "20230125_Rail" (Id: 68, Inicio: 2024-05-10, Fin: 2025-05-11). Each project has a "Gestor de archivos" (File Manager) button in the "Configuración" column. Buttons for "Editar" (Edit) and "Eliminar" (Delete) are also present.
- Screenshot 2: File Manager Overview**
Shows the "20230125_Rail" project's file manager. The left sidebar shows "Gestor de archivos" selected. The main area displays a tree view with "Documentación" and "Productos" nodes. The "Productos" node is currently selected.
- Screenshot 3: Empty Product Folder**
Shows the "20230125_Rail" project's file manager. The left sidebar shows "Gestor de archivos" selected. The main area displays a tree view with "Documentación" and "Productos" nodes. A message at the bottom states: "La carpeta está vacía" (The folder is empty) and "Arrastrar para añadir elementos" (Drag to add elements).
- Screenshot 4: Submenu in File Manager**
Shows the "20230125_Rail" project's file manager. The left sidebar shows "Gestor de archivos" selected. The main area displays a tree view with "Documentación" and "Productos" nodes. A context menu is open over the "Productos" node, with "Subir archivos" (Upload files) highlighted.



A continuación, se debe abrir el visor, abrir el proyecto en el visor y elegir la opción de *Añadir productos*,

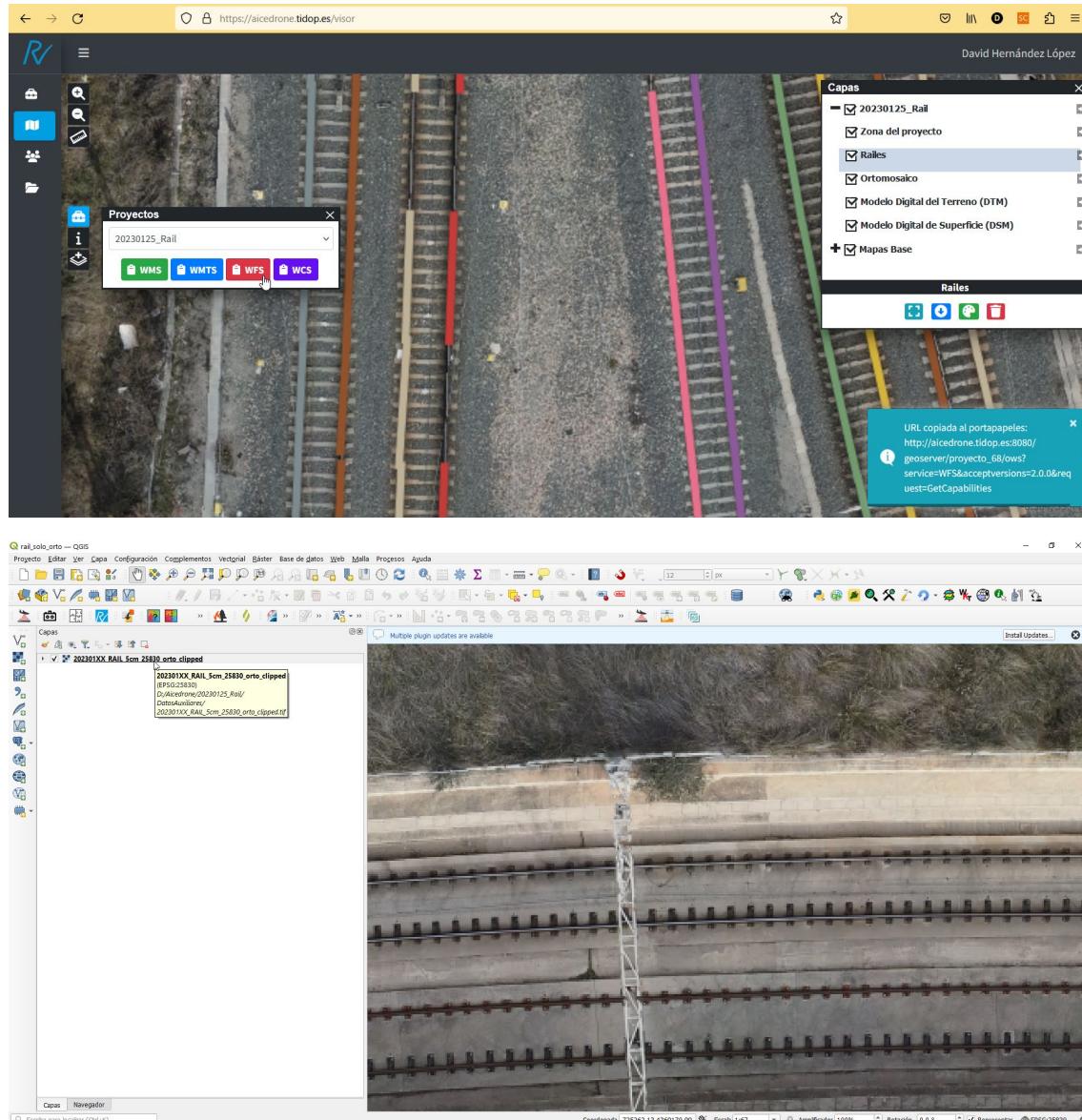






Una vez importados los productos geomáticos se puede usar AICEDRONE_SDI para inspeccionar los resultados. Además, al tratarse de una SDI, se están publicando los GeoServicios estándar,

de forma que se puede acceder a la url del GeoServicio (WMTS/WMS, WFS, WCS) desde la propia SDI y cargarlo en cualquier herramienta que soporte estos estándares, tal y como ilustran las siguientes capturas en el caso de usar QGIS, de manera que se puede acceder a la información de forma deslocalizada con clientes ligeros (aplicación web), aplicación AICEDRONE_SDI, o clientes pesados (aplicación de escritorio), QGIS.



Administrador de fuentes de datos | WFS / OGC API - Funcionalidades

Conexiones de servidor

Catástro Parcelas

Crear una nueva conexión WFS

Detalles de la conexión

Nombre: aicedrone_sdi_20230125_Rail
URL: http://aicedrone.tidop.es:8080/geoserver/proyecto_68/ows?service=WFS&acceptVersions=2.0.0&request=GetCapabilities

Autenticación

Configuraciones Básica
Seleccionar o crear una configuración de autenticación
Sin Autenticación

La configuración guarda las credenciales encriptadas en la base de datos de autenticación de QGIS.

Opciones de WFS

Versión: Máximo Detectar
Máximo número de objetos
Activar paginación de objetos
Tamaño de página
Ignorar orientación de eje (WFS 1.1/WFS 2.0)
Invertir orientación de los ejes
Use GML2 encoding for transactions

Aceptar Cerrar Ayuda Construir consulta Cargar Guardar Cambiar... Añadir Ayuda

Administrador de fuentes de datos | WFS / OGC API - Funcionalidades

Conexiones de servidor

aicedrone_sdi_20230125_Rail

Conectar Nuevo Editar Eliminar Cargar Guardar

Conectar con el servicio seleccionado

Título Nombre Resumen Sql

Administrador de fuentes de datos | WFS / OGC API - Funcionalidades

Conexiones de servidor

aicedrone_sdi_20230125_Rail

Conectar Nuevo Editar Eliminar Cargar Guardar

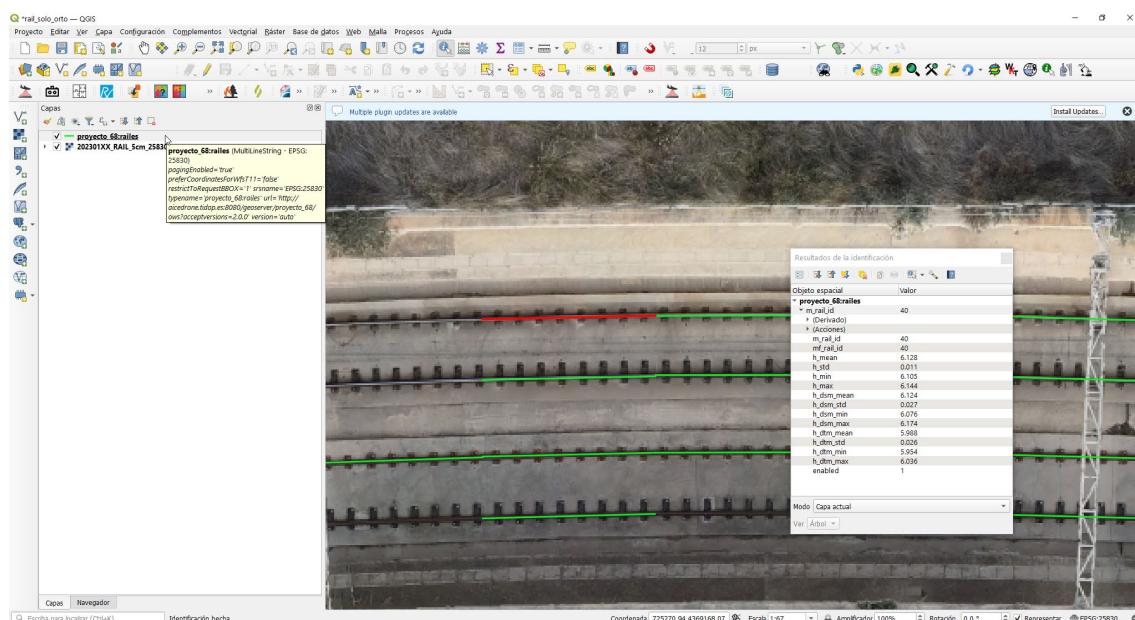
Título Nombre Resumen Sql

zona_del_proyecto proyecto_68:zona_del_proy...
railes proyecto_68:railes

Usar título para nombre de capa
Solicitar solo objetos que solapen con la extensión de la vista

Sistema de referencia de coordenadas
EPSG:25830 Cambiar... Construir consulta Cerrar Añadir Ayuda

Añadir capas seleccionadas al mapa



8 EXPLORACIÓN DE RESULTADOS

La explotación de los resultados se concreta en las operaciones que se pueden realizar con los dos tipos de despliegue: de escritorio y web.

Por una parte, en lo que se refiere a las posibilidades de uso de los resultados en programas informáticos de escritorio, se debe tener en cuenta que el resultado final de la modelización persiste en una base de datos espacial en formato estándar Spatialite, de manera que puede ser cargada en la mayoría de los sistemas de información geográfica de escritorio, tanto comerciales como de código abierto, gracias a que integran como librería de manejo de información geográfica a la librería GDAL que es un estándar de facto ya que integra drivers para la gran mayoría de los formatos de información geográfica vectorial y ráster. Además, si fuera necesario utilizar la totalidad o parte de la información en una herramienta que no soportara el formato Spatialite la solución sería sencilla siempre que permitiera cargar cualquier otro formato al que se pudiera exportar a ese formato desde QGIS, usando GDAL. Se recomienda el uso de QGIS porque es de código abierto, es el software SIG con mayor comunidad de usuarios e integra funcionalidad integrada en su núcleo y en librerías o complementos de terceros, como los propios complementos desarrollados en este proyecto. QGIS ofrece grandes posibilidades de explotación de consulta, edición y análisis tanto de los propios resultados de la modelización como de su integración con cualesquier otras fuentes de información geográfica pública o generada exprofeso.

Por otra parte, la infraestructura de datos espaciales desarrollada, AICEDRONE_SDI, permite explotación desde dos puntos de vista: en operaciones de fotointerpretación y consulta utilizando el visor cartográfico, en operaciones SIG convencionales utilizando los GeoServicios estándar publicados en la mayoría de los programas informático SIG, comerciales y de código abierto, tal y como se ha mostrado en el caso de QGIS.

A continuación, a modo de ejemplo muy básico se incluyen dos ejemplos muy sencillos para obtener los metros cuadrados de marcas de tipo no lineal y de tipo lineal utilizando consultas SQL muy simples en el gestor de bases de datos integrado en QGIS.