



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Levantamiento topográfico y
batimétrico en un proyecto de gestión
de zona costera

Trabajo Fin de Grado

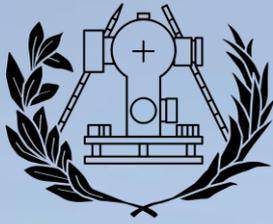
Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Niño Vinuesa, Lucas

Tutor/a: Martínez Llario, José Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Levantamiento topográfico y batimétrico en un proyecto de gestión de zona costera



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Autor: Lucas Niño Vinuesa

Tutor: José Carlos Martínez Llario

Universitat Politècnica de València

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

Curso 2022/2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi compañero de empresa, Luis Carrasco Lucas. Durante mis prácticas en la empresa, Luis me brindó un apoyo invaluable, instruyéndome en las tareas realizadas y compartiendo su experiencia y conocimientos en el campo de la geomática y topografía. Sus consejos y orientación fueron fundamentales para mi aprendizaje y crecimiento profesional. Agradezco su disposición para responder a todas mis preguntas y dudas, así como su amistad y compañerismo en el entorno laboral.

También deseo expresar mi gratitud a los encargados del proyecto de estabilización de la Playa de la Torre. Su generosidad al permitirme publicar los datos del levantamiento realizado fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

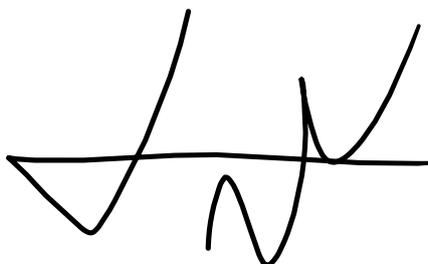
No puedo pasar por alto agradecer a mis padres y a mi pareja, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en mi trayectoria académica y profesional.

Asimismo, quiero agradecer a mis compañeros de carrera, quienes me acompañaron en este camino académico. Aprecio enormemente su amistad y el ambiente de camaradería que hemos compartido a lo largo de estos años.

Por último, quiero agradecer a todos los profesores y personal académico que han contribuido a mi formación en la carrera de Ingeniería en Geomática y Topografía y en especial a José Carlos Martínez por asesorarme en el proyecto. Agradezco su paciencia, su orientación y la calidad de la educación que me han brindado.

COMPROMISO

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

A handwritten signature in black ink, consisting of a horizontal line with several loops and curves above and below it, characteristic of a personal signature.

RESUMEN

El proyecto de Levantamiento topográfico y batimétrico en un proyecto de gestión de zona costera se centra en la obtención, procesamiento e interpolación de datos topográficos y batimétricos para comprender la morfología costera para que posteriormente se puedan planificar medidas de estabilización efectivas en la Playa de la Torre en Almazora.

En la realización del proyecto se han utilizado diversas técnicas, como el sonar monohaz, el dron fotogramétrico, la estación total y el receptor GNSS, para capturar datos y asegurar una cobertura completa del área de estudio.

Es importante destacar que no fui el responsable de la ejecución del vuelo fotogramétrico y del levantamiento batimétrico, por ello no se profundizará en la toma de estos datos, pero sí en su procesamiento del cual sí que me he encargado.

Con este trabajo de fin de grado pretendo mostrar como es el procesamiento e interpolación de los datos topográficos y batimétricos y como desempeñan un papel clave en la generación de modelos digitales de elevación coherentes y superficies continuas. Los softwares especializados, la planificación y la metodología empleada garantizan la precisión y calidad de los datos, que posteriormente facilitaran el análisis crítico de la morfología costera para la implementación de medidas de estabilización.

Participar en este proyecto me brindó la posibilidad de formar parte de un equipo interdisciplinar en el cual la comunicación efectiva desempeñó un papel fundamental para lograr sinergias entre los diferentes departamentos.

En conclusión, este proyecto muestra la planificación, levantamiento y generación de productos topográficos para una gestión más efectiva de la zona costera, en este caso la Playa de la Torre en la población de Almazora.

Palabras Clave:

Estabilización costera, Fotogrametría, Levantamiento Topográfico, Batimetría, Modelos digitales de elevación.

RESUM

El projecte d'Alçament topogràfic i batimètric en un projecte de gestió de zona costanera se centra en l'obtenció, processament i interpolació de dades topogràfiques i batimètriques per a comprendre la morfologia costanera perquè posteriorment es puguin planificar mesures d'estabilització efectives a la Platja de la Torre a Almassora.

En la realització del projecte s'han utilitzat diverses tècniques, com el sonar multifeix, el dron fotogramètric, l'estació total i el receptor GNSS, per a capturar dades i assegurar una cobertura completa de l'àrea d'estudi.

És important destacar que no vaig ser el responsable de l'execució del vol fotogramètric i de l'alçament batimètric, per això no s'aprofundirà en la presa d'aquestes dades, però sí en el seu processament del qual sí que m'he encarregat.

Amb aquest treball de fi de grau pretenc mostrar com és el processament i interpolació de les dades topogràfiques i batimètriques i com exerceixen un paper clau en la generació de models digitals d'elevació coherents i superfícies contínues. Els softwares especialitzats, la planificació i la metodologia emprada garanteixen la precisió i qualitat de les dades, que posteriorment facilitaren l'anàlisi crítica de la morfologia costanera per a la implementació de mesures d'estabilització.

Participar en aquest projecte em va brindar la possibilitat de formar part d'un equip interdisciplinari en el qual la comunicació efectiva va exercir un paper fonamental per a aconseguir sinergies entre els diferents departaments.

En conclusió, aquest projecte mostra la planificació, alçament i generació de productes topogràfics per a una gestió més efectiva de la zona costanera, en aquest cas la Platja de la Torre en la població d'Almassora.

Paraules Clau:

Estabilització costanera, Fotogrametria, Alçament Topogràfic, Batimetries, Models digitals de elevació.

ABSTRACT

The Topographic and bathymetric survey project in a coastal zone management project focuses on obtaining, processing and interpolating topographic and bathymetric data to understand the coastal morphology so that effective stabilisation measures can be planned for Playa de la Torre in Almazora.

Various techniques, such as multibeam sonar, photogrammetric drone, total station and GNSS receiver, have been used in the project to capture data and ensure complete coverage of the study area.

It is important to note that I was not responsible for the execution of the photogrammetric flight and the bathymetric survey, so I will not go into the acquisition of these data, but I have been in charge of processing them.

With this thesis I intend to show how topographic and bathymetric data are processed and interpolated and how they play a key role in the generation of coherent digital elevation models and continuous surfaces. The specialised software, planning and methodology employed ensure the accuracy and quality of the data, which will subsequently facilitate the critical analysis of coastal morphology for the implementation of stabilisation measures.

Participating in this project gave me the possibility to be part of an interdisciplinary team in which effective communication played a key role in achieving synergies between the different departments.

In conclusion, this project shows the planning, survey and generation of topographic products for a more effective management of the coastal zone, in this case Playa de la Torre in the town of Almazora.

Key words:

Coastal stabilisation, Photogrammetry, Topographic survey, Bathymetry, Digital elevation models.

ÍNDICES

ÍNDICE DE FIGURAS

Esquema 1: Flujo de la toma de datos- Fuente: Elaboración propia.....	17
Esquema 2: Procesos y productos del trabajo- Fuente: Elaboración propia.....	29

CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	2
COMPROMISO	3
RESUM.....	5
ABSTRACT.....	6
ÍNDICES.....	7
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS.....	13
ESTUDIO PREVIO Y DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE TRABAJO	14
Recopilación de información cartográfica existente	16
Determinación del sistema de referencia del trabajo.....	16
DATOS.....	17
Levantamiento Fotogramétrico con DRON	17
Especificaciones de la aeronave y la cámara.....	17
Toma de datos con Dron.....	18
Batimetrías con SONAR MULTHAZ	21
Especificaciones.....	21
Toma de datos con Sonar Monohaz.....	21
Levantamiento Topográfico con GNSS.....	22
Selección del instrumental adecuado	22
Planificación del levantamiento GNSS.....	22
Toma de datos con GNSS.....	25
Levantamiento Topográfico con ESTACIÓN TOTAL	26
Selección del equipo adecuado.....	26
Toma de datos con Estación Total	26
METODOLOGÍA.....	29
Flujo de Trabajo	29
Obtención de la nube de puntos fotogramétrica y de los ortomosaicos.....	29
Nube de puntos.....	29
Nube densa	31
Clasificación de la Nube Densa.....	32
Ortomosaico.....	36
Perfiles de la zona de interfase marítimo-terrestre y líneas de ruptura.	37
Modelo Digital del Terreno.....	37
Curvas de Nivel.....	39
Cartografía Temática	40

RESULTADOS	41
Resolución de los productos finales	41
PRESUPUESTO	42
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFIA.....	46
CARTOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	47
Listado de puntos obtenido con GNSS:	48
Datos obtenidos con Estación Total:	54

INTRODUCCIÓN

La conservación de las costas se ha convertido en un desafío crucial en el contexto del cambio climático, donde el aumento del nivel del mar y los fenómenos climáticos extremos amenazan la estabilidad de estos ecosistemas. Numerosos estudios científicos han demostrado la importancia de abordar de manera efectiva los impactos del cambio climático en las zonas costeras, ya que son áreas altamente vulnerables y de gran importancia económica, ambiental y social.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), se estima que el nivel del mar ha aumentado en promedio 3.6 milímetros por año durante los últimos 25 años, y se espera que esta tasa aumente en el futuro. Este aumento del nivel del mar conlleva una serie de consecuencias, como la erosión costera, la intrusión salina en los acuíferos y la pérdida de hábitats costeros.



Ilustración 1y 2: Ubicación de la zona de estudio - Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, el presente trabajo se centra en un proyecto de estabilización de la Playa de la Torre, una zona costera de especial relevancia situada en el término municipal de Almazora en la provincia de Castellón, España al sureste con 3,2 km de longitud. La zona de trabajo se compone de playas, zonas de cultivos, zona urbana y zonas de humedales con vegetación media alta. La Playa de la Torre es un importante destino turístico con una gran afluencia de visitantes cada año. Sin embargo, como muchas playas costeras, está expuesta a la erosión y otros efectos del cambio climático.

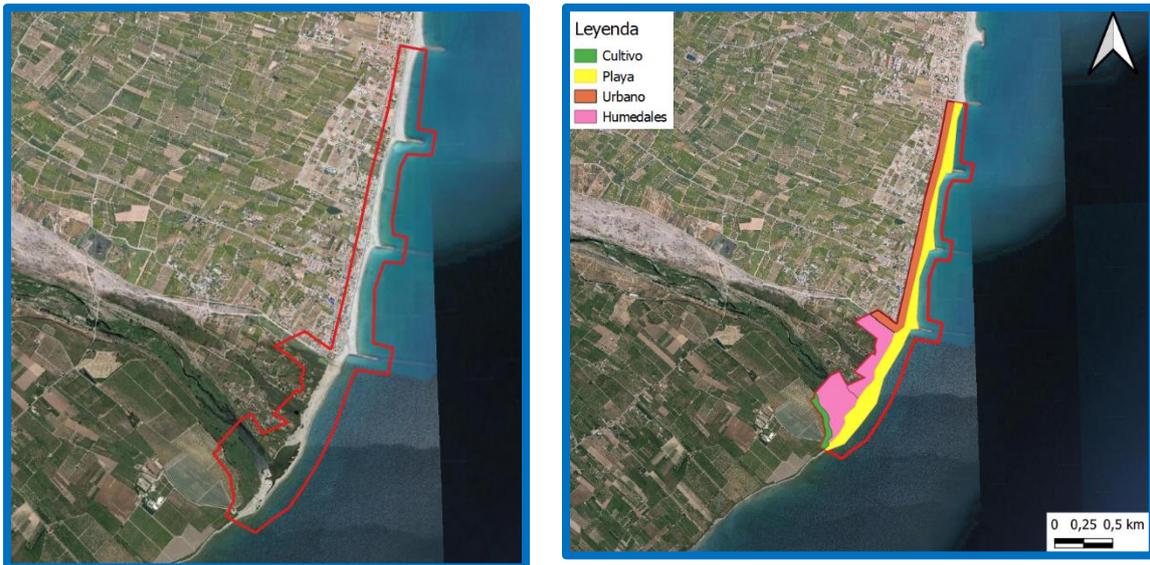


Ilustración 3 y 4: Área de estudio y tipos de suelo- Fuente: Elaboración propia

Para abordar estos desafíos, es fundamental contar con información precisa y actualizada sobre la morfología costera y el lecho marino recopilando la información cartográfica existente. El levantamiento topográfico y la generación de modelos digitales de elevación y cartografía desempeñan un papel clave en estos proyectos de estabilización. Estas técnicas permiten obtener datos detallados sobre la topografía de la playa, incluyendo la variación altimétrica.

En este trabajo, se presentará en detalle la metodología utilizada en el levantamiento topográfico de la Playa de la Torre en Almazora. Se describirán las técnicas que yo he empleado, como el levantamiento topográfico con estación total y GNSS. También explicaré sin profundizar los levantamientos por dron y sonar batimétrico de los cuales no fui el responsable de su ejecución, pero si del procesamiento de los datos. Además, se explicará el tratamiento e interpolación de los datos, incluyendo el uso de software especializado para generar modelos digitales de elevación y cartografía precisa.

OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es el levantamiento topográfico y batimétrico y el posterior procesamiento e interpolación de los datos. Se busca comprender la morfología costera, generar modelos digitales de elevación y cartografía precisa, para que posteriormente, se pueda utilizar esta información para planificar medidas de estabilización efectivas y sostenibles.

Objetivos específicos

Análisis de la metodología para el levantamiento y posibles alternativas.

Uso de GNSS y Estación Total.

Selección del software y metodología para el procesado.

Interpolar los datos para generar superficies continuas y coherentes.

Generar modelos digitales de elevación de alta resolución de la zona costera.

Realizar una cartografía detallada de la Playa de la Torre y sus alrededores.

Analizar críticamente los resultados obtenidos.

Aplicaciones potenciales y beneficios de la realización del proyecto:

Más allá de la aplicación como parte de un proyecto de regeneración de costas, este proyecto busca sentar las bases a la hora de realizar levantamientos topográficos y batimétricos de costas sirviendo como referencia en trabajos de estas características.

ESTUDIO PREVIO Y DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE TRABAJO

En esta sección, se va a discutir los principales desafíos relacionados con la obtención de datos en una zona de costa y el lecho marino y las técnicas con las que se ha realizado el levantamiento.

Para la obtención de datos precisos y detallados de la morfología de la costa se han seleccionado diferentes técnicas y equipos que permiten recolectar información desde distintas perspectivas.

Levantamiento Batimétrico:

En primer lugar, se ha decidido emplear un sonar monohaz montado en un barco para obtener batimetrías detalladas del lecho marino.

Esta tecnología emite haces de sonar que se reflejan en el fondo marino, proporcionando mediciones precisas de la profundidad y el relieve. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la cobertura del sonar puede ser limitada en algunas áreas sobre todo en las zonas de poca profundidad a las que el barco no puede acceder, lo que requiere la implementación de técnicas complementarias para obtener datos topográficos precisos en la costa.

Vuelo fotogramétrico:

En este sentido, se ha realizado un vuelo fotogramétrico con dron para realizar levantamientos topográficos en la costa.

La fotogrametría aérea se basa en la geometría, la óptica y los principios de la trigonometría para obtener mediciones tridimensionales del terreno a partir de imágenes aéreas superpuestas. Este proceso requiere el uso de software especializado y la consideración de parámetros de la cámara y puntos de control conocidos para obtener resultados precisos y georreferenciados.

También podremos generar modelos tridimensionales del terreno. Estos modelos permiten obtener información detallada sobre la variación altimétrica de la costa y complementar las batimetrías obtenidas con el sonar multihaz.

Aún con todo esto, debido a la falta de cobertura del sonar en las áreas poco profundas y la incapacidad de la fotogrametría de dar coordenadas submarinas, necesitaremos más datos para enlazar la topografía con la batimetría en la interfase marítimo terrestre.

Levantamiento topográfico:

Teniendo en cuenta las características del trabajo, se ha decidido utilizar una combinación de estación total y GPS para realizar el levantamiento de la zona sin datos realizando perfiles

longitudinales cada 100 metros para luego poder estimar la interpolación de la superficie terrestre y marítima.

El levantamiento topográfico con estación total y receptor GNSS se basa en los principios de la geometría, la trigonometría y la geodesia. La estación total permite medir ángulos y distancias en el terreno, mientras que el receptor GNSS utiliza señales satelitales para determinar la posición. Estas tecnologías se complementan con técnicas de geodesia para obtener mediciones precisas y georreferenciadas en un sistema de coordenadas específico.

Al combinar estos dos métodos, se obtienen mediciones altimétricas precisas del terreno en la zona costera hasta una cota determinada.

Una vez obtenidos los datos topográficos y batimétricos, es necesario realizar su procesamiento e interpolación para generar modelos digitales de elevación y obtener representaciones completas del terreno y el lecho marino.

Recopilación de información cartográfica existente

Se ha recopilado la información cartográfica existente. Esta información incluye diversos recursos cartográficos, que son utilizados como referencia y apoyo en el levantamiento y el procesado de los datos.

- CV05 ICV: proporciona información detallada sobre la topografía, la hidrografía, la vegetación etc, dentro de la Comunidad Valenciana. Constituye una base cartográfica de referencia para el análisis y la planificación del proyecto en la zona de trabajo.
- LIDAR 2ª Cobertura (2015-Actualidad): Estos datos LIDAR proporcionan información precisa sobre la topografía del terreno en forma de nubes de puntos tridimensionales las cuales pueden complementar a los datos del vuelo fotogramétrico.
- Ortofoto PNOA Máxima Actualidad: Estas ortofotografías son utilizadas para la visualización y la interpretación de la zona de trabajo antes del levantamiento fotogramétrico.

Determinación del sistema de referencia del trabajo

El sistema de referencia seleccionado es el European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) en la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), para la zona UTM 30.

Para la obtención de altitudes ortométricas se ha utilizado el geoide EGM08-REDNAP. Este es un modelo de geoide de alta precisión desarrollado específicamente para la región de España que toma como referencia el nivel medio del mar Mediterráneo en Alicante. Proporciona altitudes ortométricas precisas y consistentes en el área de estudio.

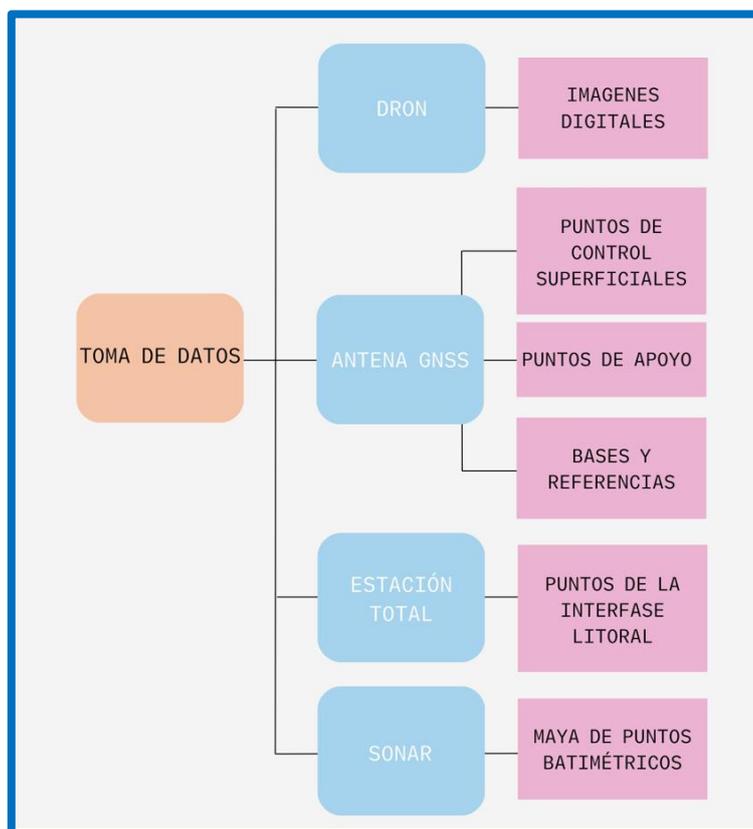
Se puede obtener el modelo de deformaciones de la pagina del centro de descargas del IGN.

DATOS

Una vez hecha una investigación de la metodología, a continuación, se hará una selección del instrumental adecuado para el proyecto. Del levantamiento batimétrico y de la fotogrametría aérea no me encargué yo directamente por lo que solo se profundizará un poco en como se llevó a cabo.

El esquema explica el flujo de toma de datos de los distintos levantamientos.

En los siguientes apartados se explicará en profundidad la planificación y los aspectos de la toma de datos de cada proceso.



Esquema 1: Flujo de la toma de datos- Fuente: Elaboración propia

Levantamiento Fotogramétrico con DRON

Especificaciones de la aeronave y la cámara

PHANTOM 4 RTK es un dron de alta precisión equipado con un receptor GNSS RTK integrado, que permite la captura de datos geoespaciales con una precisión centimétrica en tiempo real.

Este dron es adecuado para este tipo de levantamientos fotogramétricos, ya que tiene un sensor de un píxel por pulgada y una resolución de 20 megapíxeles, superando el estándar de calidad de drones para este tipo de vuelos fotogramétricos de un píxel por pulgada y 12 megapíxeles.

La empresa se encargó de obtener la autorización de vuelo.



Ilustración 5: Phantom 4 RTK- Fuente: DJI

Toma de datos con Dron

El vuelo se realizó mediante un UAS con vuelo horizontal y paralelo a la rasante del terreno y mediante ruta autónoma previamente planificada para cumplir los solapes requeridos. Este tipo de dron, al llevar integrado su GPS rtk a bordo, y referenciarse a una base en tierra, basta con fijar las coordenadas de la base a las suministradas por topografía terrestre para poder realizar la recolección de fotogrametría sin más dudas posicionales, para aumentar la precisión se observaron puntos comunes o dianas como apoyos adicionales o de comprobación. Se han obtenido para el presente trabajo un total de 1631 fotos, para generar el mosaico total, y 7 puntos de apoyo, que han participado en el proceso de ajuste adicional.

Número de imágenes	1631
Altitud media de vuelo	123 m
Resolución	3,07 cm/pix
Superficie volada	1,5 km ²

El vuelo se ha planificado con un solape fotogramétrico suficiente para la obtención de una nube de puntos de alta densidad.

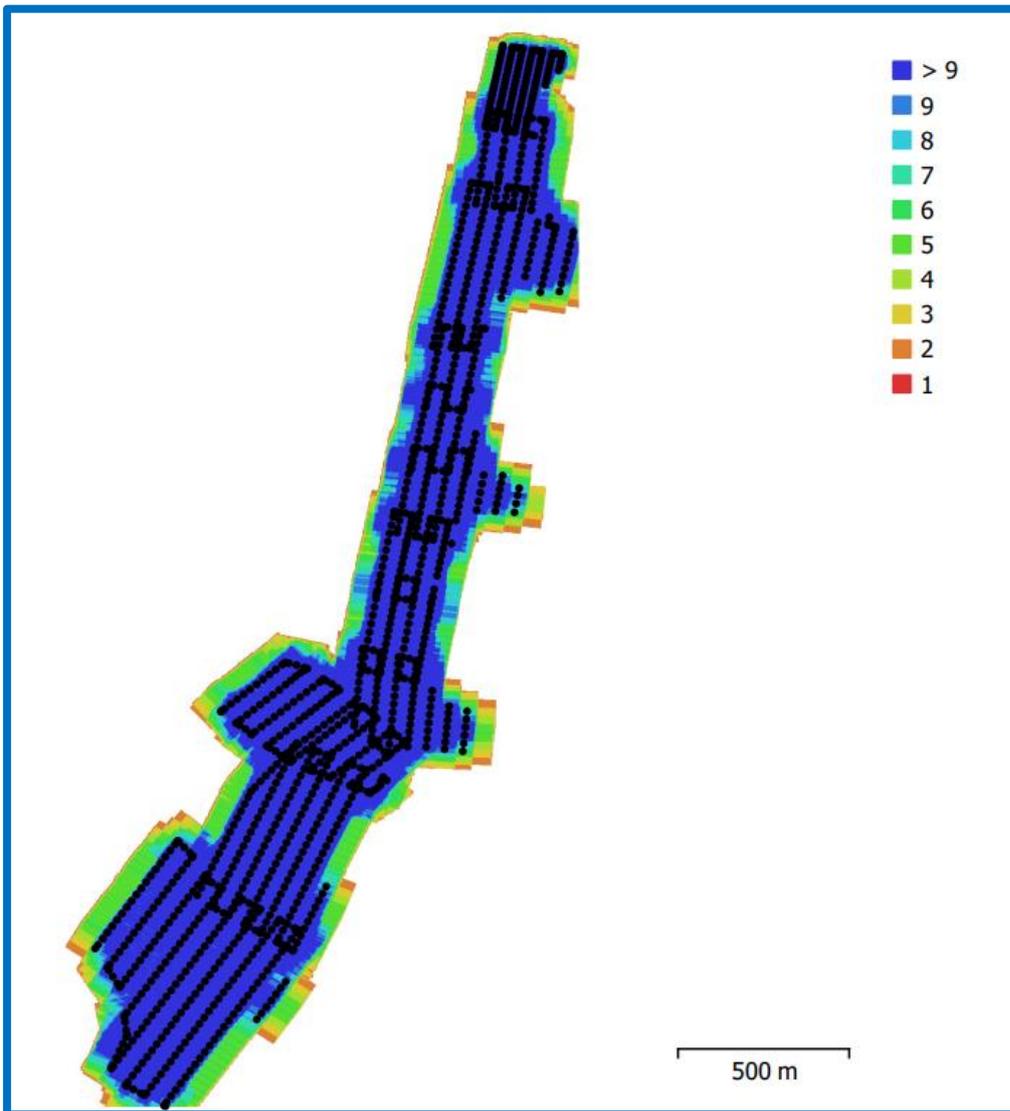


Ilustración 5: Solape entre imágenes- Fuente: Elaboración propia

El solape fotogramétrico es óptimo lo que garantiza una buena redundancia de la información en las imágenes, lo que permite una mayor precisión en la georreferenciación y ortorrectificación de las imágenes. Esto a su vez contribuye a la obtención de una nube de puntos de alta densidad y precisión.

Puntos de control:

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GPS0010	-1.3737	0.793145	0.532016	1.67308	0.757 (16)
GPS0009	-1.57244	0.791328	0.71786	1.90107	0.628 (15)
GPS0008	-1.75538	-0.851529	-1.77762	2.63939	0.483 (38)
GPS0007	-1.67671	-0.352829	-2.35611	2.91326	1.226 (15)
GPS0006	-0.0179427	-0.108148	-1.14595	1.15118	0.564 (19)
GPS0005	-3.27261	2.69136	0.911375	4.33405	0.589 (34)
GPS0004	-0.283687	-0.205009	0.25061	0.430479	0.410 (27)
GPS0003	0.067467	-0.0309914	0.613734	0.618209	0.558 (27)
GPS0002	0.432775	-0.27128	0.958249	1.08588	0.518 (16)
GPS0001	0.35065	-0.239937	0.677467	0.79968	0.543 (21)
Total	1.46143	0.976428	1.1606	2.10623	0.620

Ilustración 6: puntos de control con precisiones - Fuente: Elaboración propia



Ilustración 7: Puntos de control y elipses de error planimétricas, el error altimétrico está representado por color – Fuente: Elaboración propia.

El error medio cuadrático total obtenido en los puntos de control de este levantamiento ha sido de menos de 2,5 cm, lo que indica que los resultados son precisos y cumplen con la precisión esperable de un levantamiento fotogramétrico. Esto garantiza la confiabilidad de los datos obtenidos y la precisión de los productos generados.

Batimetrías con SONAR Monohaz

Especificaciones

El posicionamiento horizontal de la embarcación y el control de la investigación batimétrica se ha realizado utilizando un DGPS con correcciones RTK.



Ilustración 8: DGPS utilizado (Hemisphere VS-131) – Fuente: navtechgps

Toma de datos con Sonar Monohaz

Es un dispositivo digitalizador de las medidas de profundidad, de la marca Knudsen modelo MINI, la cual consiste en un registrador digital, y un transductor emisor-receptor, instalado en el costado de babor del barco.

El sistema, también conocido como “Ecosonda”, funciona mediante el empleo de un transductor que emite ondas acústicas con rango de frecuencia de 210 Khz. Parte de la energía acústica se refleja y regresa en forma de eco al mismo transductor.

De esta manera, se obtiene un registro continuo o ecograma del fondo marino, el cual mide directamente la columna de agua con una precisión operacional en el sitio de ± 10 cm, lo cual dependerá de las condiciones oceanográficas existentes.



Ilustración 9: Knudsen MINI – Fuente: Grafinta

Levantamiento Topográfico con GNSS

Selección del instrumental adecuado

REACH RS2+ es un receptor GNSS de alta precisión con capacidad de posicionamiento en tiempo real y capacidad de post-procesamiento. Este equipo ofrece una precisión de posicionamiento de 14mm en la planimetría y 20mm en la altimetría.



Ilustración 10: Receptor GNSS REACH RS2+ - Fuente: Emlid

Planificación del levantamiento GNSS

Para usar el receptor GNSS con correcciones en tiempo real descargamos la aplicación NTRIP Client que nos permite obtener los datos de las redes disponibles. Para capturar puntos empleamos la versión móvil de QGIS, QFIELD que permite abrir trabajos .qgz propios de QGIS y editarlos de esta forma ahorramos tiempo de extracción y edición de datos ya que estamos añadiendo los elementos y añadiendo su información al mismo tiempo y también nos permite llevar en el mismo proyecto la planificación del trabajo en campo. A continuación, detallo como planifiqué el levantamiento con receptor GNSS.

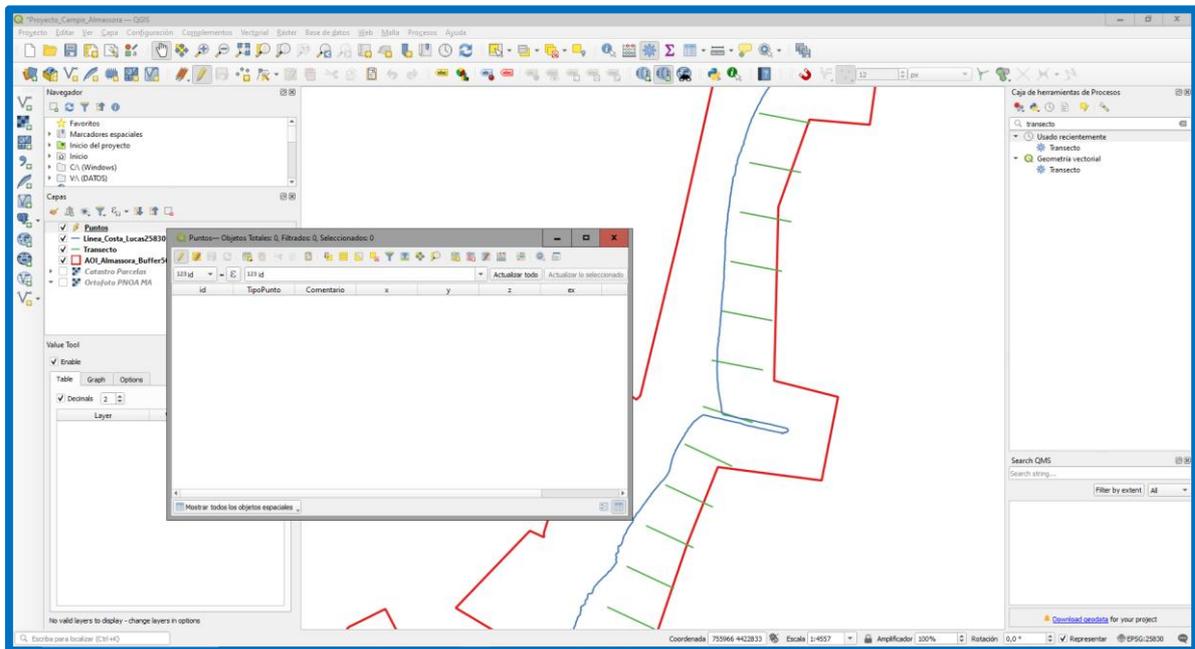


Ilustración 11: Perfiles para el levantamiento con estación total- Fuente: Elaboración propia

En un proyecto de QGIS cargué el área de trabajo y la línea de costa. Generé con las herramientas de QGIS transectos cada 100 metros sobre los que hacer perfiles con la estación así se le podría indicar al operario del jalón.

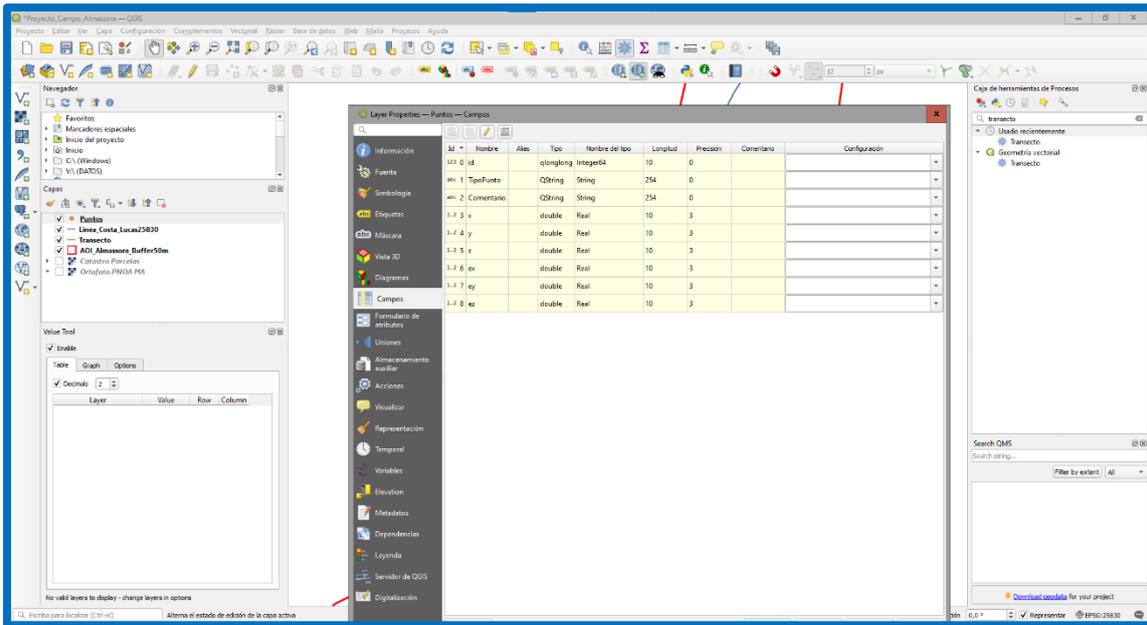


Ilustración 12: Creación de la capa de puntos- Fuente: Elaboración propia.

Después, se hizo una capa de puntos en la que se hará el levantamiento con receptor GNSS. Los campos para esta capa serán: un ID para identificar cada punto, un valor tipo de punto de formato String, Comentarios, Valores X, Y y Z con sus precisiones correspondientes y la fecha y hora de toma.

Configuraremos el formulario que hemos creado de forma que ciertos campos se configuren solos para facilitar el trabajo en campo y ahorrar también trabajo de gabinete posterior.

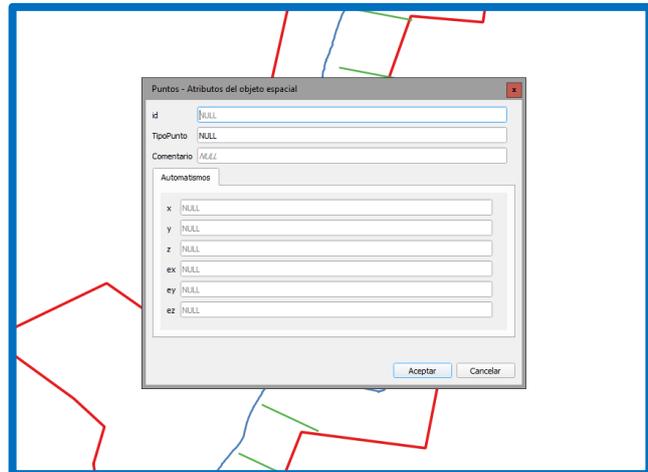


Ilustración 13: Campos de la capa puntos- Fuente: Elaboración propia.

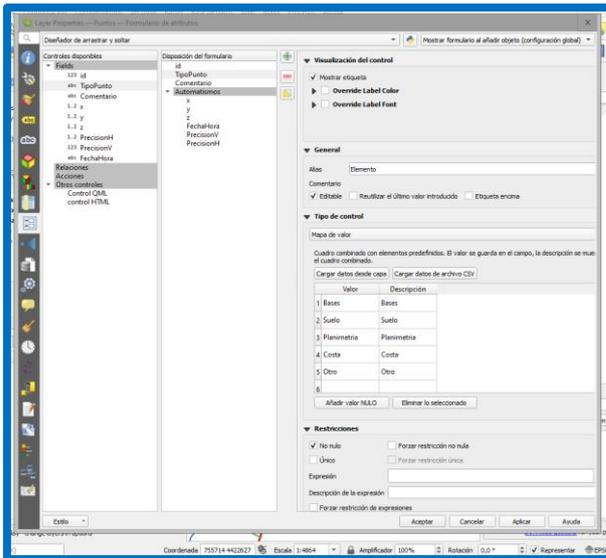


Ilustración 14: Desplegable para el tipo de punto- Fuente: Elaboración propia.

En el campo tipo de punto con la función de facilitar la toma de datos, se ha hecho un desplegable con los posibles puntos que se tomarán que son: Bases para la orientación de la estación, Puntos de suelo para comprobar la elevación de los resultados del vuelo fotogramétrico, Puntos de planimetría que se puedan identificar en las ortofotos para comprobar la exactitud de la planimetría del vuelo fotogramétrico, puntos de la línea de costa y un campo Otro.

Las funciones de QGIS permiten automatizar la obtención de las coordenadas las cuales transformaremos del sistema de la antena EPSG:4326 al del proyecto en nuestro caso EPSG:25830.

Para obtener la cota z para el nivel medio del mar en Alicante le configuramos a la aplicación de QFIELD que utilice el modelo de deformaciones EGM08-REDNAP que debemos tener descargado previamente.

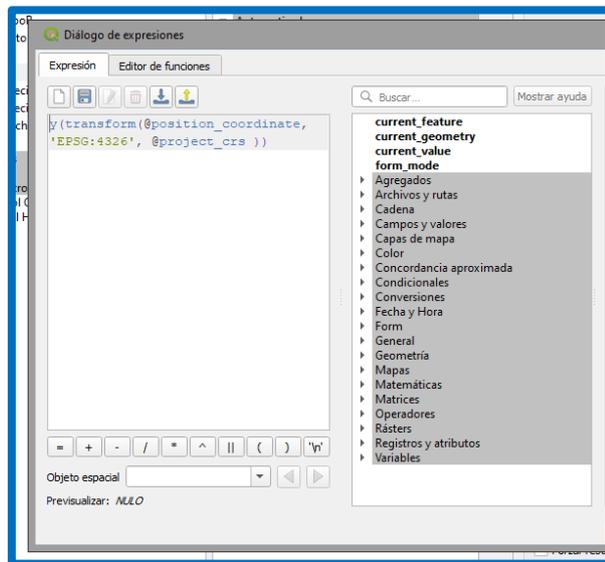


Ilustración 15: Automatización de los campos- Fuente elaboración propia.

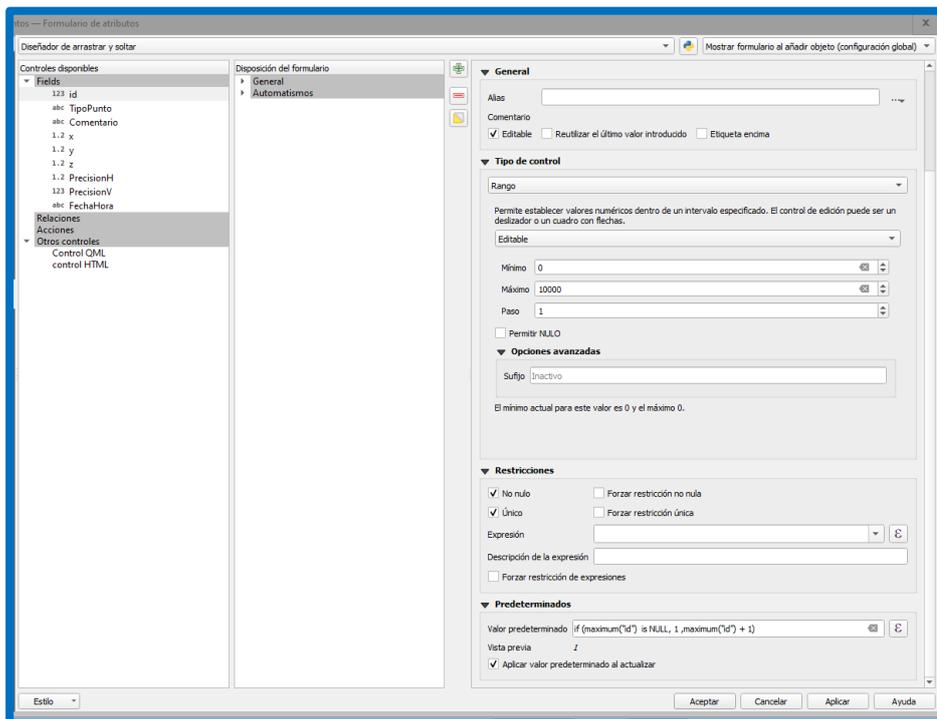


Ilustración 16: Campo ID autoincremental- Fuente elaboración propia.

Configuramos el campo ID para que no sea nulo, se incremente de forma automática y no se pueda duplicar.

Con esto, ya tenemos preparado el proyecto para el levantamiento.

Toma de datos con GNSS

La antena GNSS se ha utilizado en modo RTK (Real Time Kinematic) conectada a la Red de Estaciones Permanentes de Instituto Geográfico Nacional (IGN) para obtener correcciones en tiempo real y asegurar la precisión de los datos obtenidos.

Este levantamiento tiene tres principales usos:

En primer lugar, se tomaron puntos de referencia para poder comparar y asegurar la precisión y exactitud del modelo fotogramétrico que se obtendrá después.

También se capturaron puntos en las cabeceras de los perfiles marinos, con el fin de determinar la línea de costa en el momento de la captura de los perfiles.

Por último, se tomaron los puntos de las bases para la estación total y sus respectivas referencias para su orientación.

Levantamiento Topográfico con ESTACIÓN TOTAL

Selección del equipo adecuado

Para este trabajo se he decidido utilizar una estación Leica FlexLine TS07, una estación total de alta precisión. Ofrece una precisión angular de hasta 0,5 segundos de arco y una precisión de distancia de hasta 1 mm + 1,5 ppm.



*Ilustración 17: Estación Total-
Fuente: leica-geosystems.*

Toma de datos con Estación Total

Con el fin de enlazar la batimetría con la topografía, se han realizado perfiles en la interfase marítimo terrestre hasta una cota de -2m.

Estos perfiles se han realizado mediante estación total siguiendo un plan de muestreo previamente establecido con puntos de control previamente fijados en el terreno.

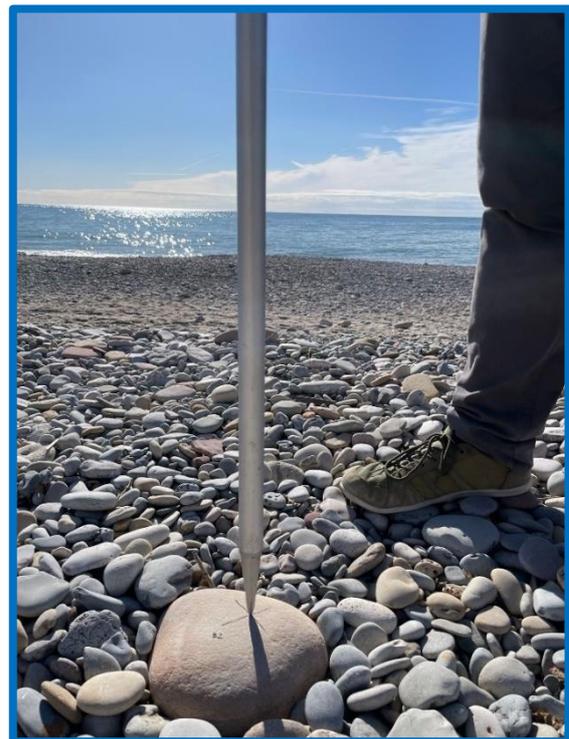
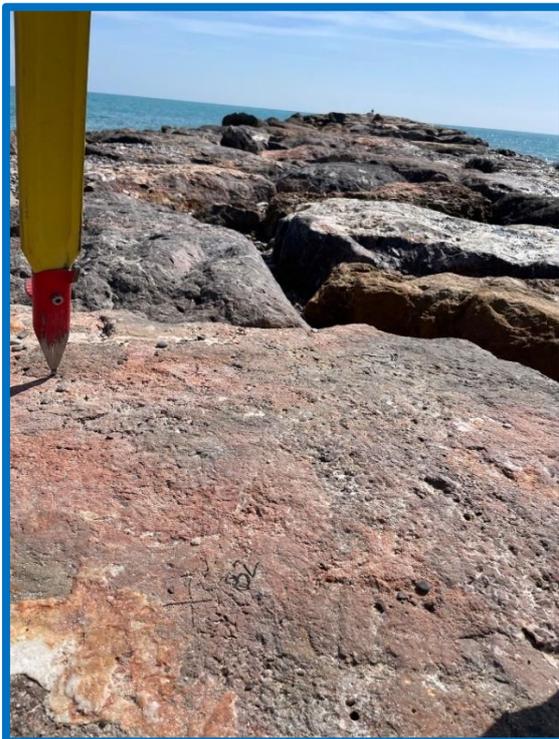


Ilustración 18 Y 19: Base B2 y su referencia R2- Fuente: Elaboración propia.

Estos perfiles topográficos son de vital importancia para la comprensión de la topografía del área de estudio, así como para establecer una conexión precisa entre la batimetría y la topografía terrestre.



Ilustración 20: Ubicación de las bases de estación y puntos de orientación- Fuente: Elaboración propia.

Se han establecido mediante técnicas GNSS 3 puntos base y sendos puntos para orientación, distribuidos por toda la zona de estudio en posiciones estratégicas para poder obtener visuales amplias de la zona costera.

DESCRIPCIÓN	X	Y	Z	PrecisionH	PrecisionV
B1	756277,215	4423993,584	1,544	0,012	0,02
R1	756183,093	4424038,656	3,21	0,012	0,02
B3	755333,039	4421630,781	1,784	0,012	0,02
R3	755272,58	4421606,796	0,914	0,012	0,02
B2	755968,076	4422635,64	1,297	0,012	0,02
R2	755885,961	4422670,797	2,323	0,012	0,02

El levantamiento con estación total fue llevado a cabo mediante una metodología específica. En este caso, un operario especialista del área de medio marino se adentró en el mar con un jalón adecuado para este tipo de trabajo, equipado con un prisma reflectante. El objetivo era obtener perfiles desde la línea de costa hasta una profundidad aproximada de dos metros.



Ilustración 21: Topógrafo indicando al operario donde sumergirse siguiendo la planificación- Fuente: Elaboración propia.

El proceso de levantamiento consistió en que el operario especialista se adentrara en el mar con un jalón adecuado para este tipo de trabajo, equipado con un prisma reflectante, realizara los perfiles mientras yo desde los puntos de base iba midiendo los puntos del fondo marítimo utilizando la estación total. Se seleccionaron cuidadosamente los días con condiciones de marea óptimas. Se buscó realizar las mediciones en momentos en que las condiciones del oleaje fueran mínimas, lo que significa que el mar estuviera en calma y el nivel del agua se mantuviera estable.

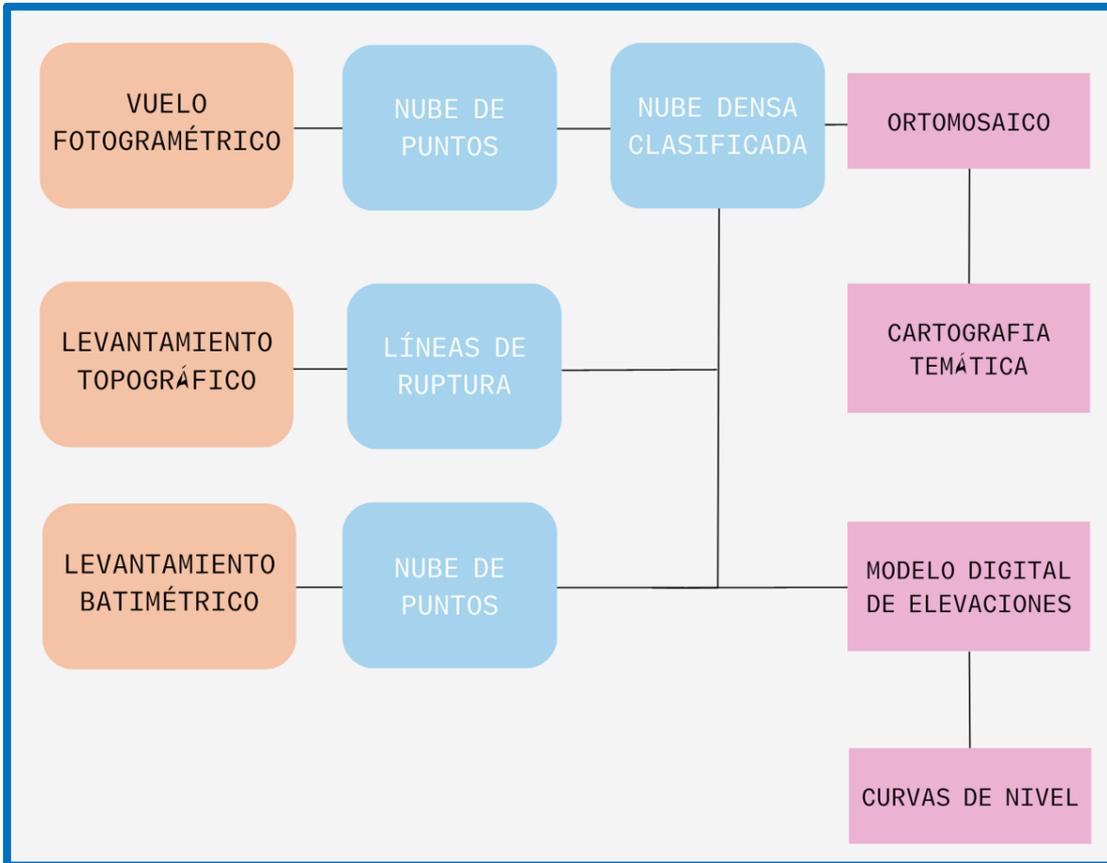
Durante los días 29 y 30 de marzo, el levantamiento se llevó a cabo, con una duración de 8 horas cada día, incluyendo el tiempo de desplazamiento. El operario se movía a lo largo de la zona de interés, siguiendo una trayectoria determinada para cubrir los perfiles necesarios.

Es importante destacar que durante el levantamiento se tomaron todas las precauciones necesarias para garantizar la seguridad del operario de medio marino, así como para asegurar la calidad y precisión de los datos obtenidos.

METODOLOGÍA

Flujo de Trabajo

En el siguiente diagrama se muestran las fuentes de datos, los procesos y los productos que se obtienen de los procesos y que explican en los apartados siguientes.



Esquema 2: Procesos y productos del trabajo- Fuente: Elaboración propia.

Obtención de la nube de puntos fotogramétrica y de los ortomosaicos

Para este proceso se ha empleado el software Agisoft metashape el cual es un software muy avanzado y que permite versatilidad a la hora de procesar vuelos fotogramétricos permitiendo muchas opciones de configuración.

Nube de puntos

Primeramente, hice una revisión manual de las imágenes en busca de errores en la captura los cuales principalmente se dan por turbulencias o aceleraciones durante la captura. También hay que tener en cuenta que cuando se elimine una imagen haya otras que puedan cubrir esa zona.



Ilustración 22 Y 23: Detalle de imagen no válida- Fuente: Elaboración propia.

Una vez hecho esto ya podemos añadir nuestras imágenes al chunk en metashape, Metashape cuenta con una herramienta que descarta imágenes no aptas, pero opté por hacerlo yo mismo para un mejor resultado.

A continuación, alineé las imágenes con las coordenadas que llevan asociadas del dron RTK, es importante prestar atención al sistema de referencia ya que los drones no suelen prestar muchas opciones a la hora de que sistema usar. En mi caso las imágenes se encontraban en el sistema WGS84 EPSG4326 y debido a que las altitudes deben estar referidas al Nivel Medio del Mar en Alicante el elipsoide debe ser el EGM08 REDNAP el cual no se encuentra predefinido en el propio programa y tuve que descargar el modelo de deformación e importarlo a metashape.

Después, se cargan los puntos de control y se les hace las transformaciones de sistema de referencia pertinentes y a continuación se identifican en cada imagen para reforzar la precisión posicional de las imágenes.

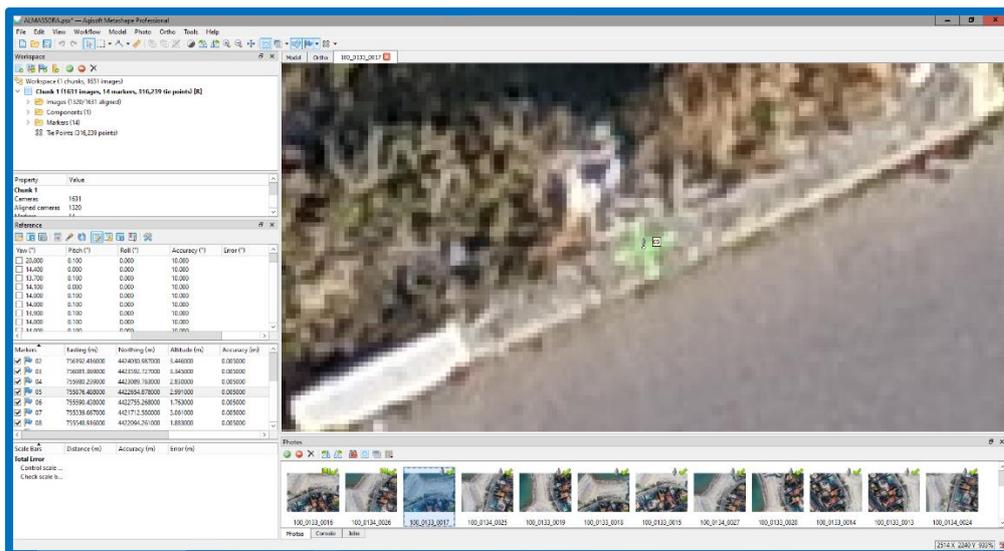


Ilustración 24: Identificación de los Puntos de Control- Fuente: Elaboración propia.

Tras esto se vuelven a calibrar las cámaras y a orientar con precisiones inferiores a 2cm.

Nube densa

En este apartado generé la nube densa a partir de los puntos homólogos en las imágenes para ello se generaron mapas de profundidad.

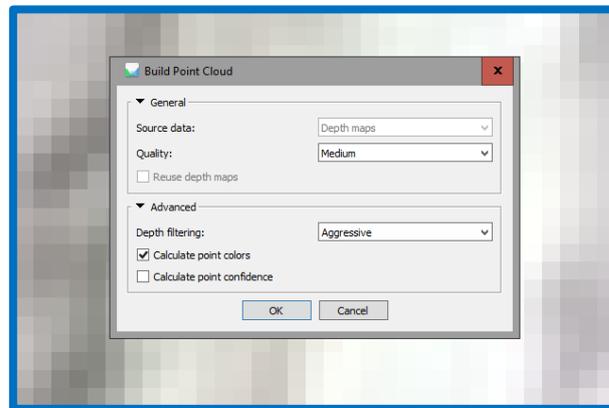


Ilustración 25: Densificación de la nube de puntos por fotogrametría- Fuente: Elaboración propia.

Computacionalmente con los ajustes de calidad media y filtrado agresivo la nube de puntos es suficiente para el levantamiento de este proyecto.

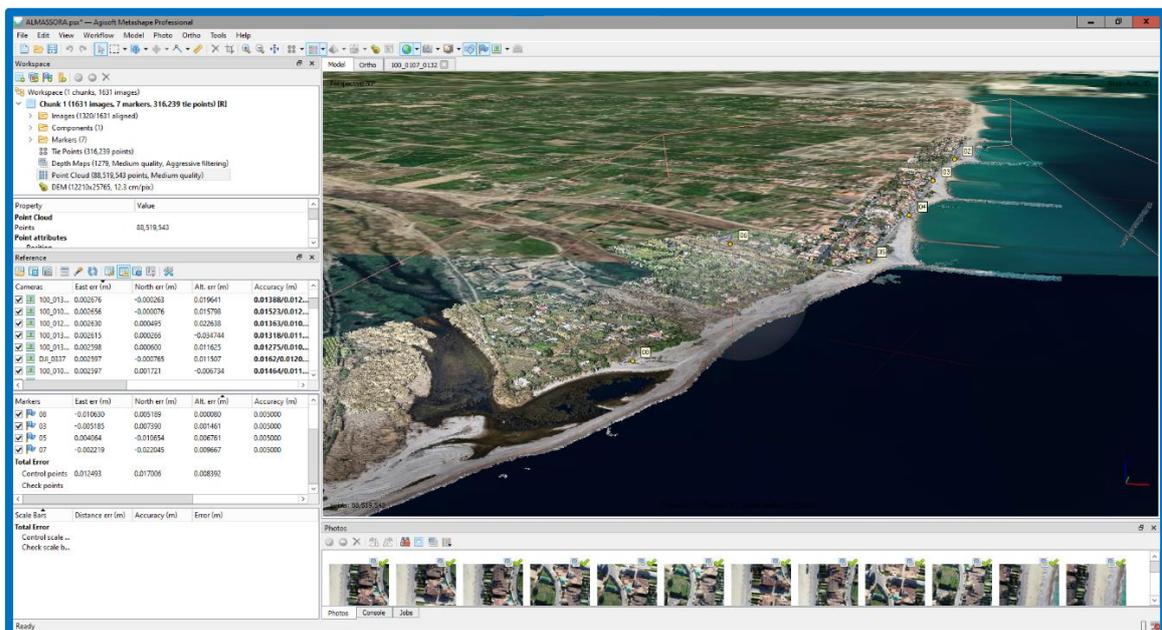


Ilustración 26: Nube densa resultante- Fuente: Elaboración propia.

La nube de puntos resultante es clave para la generación de MDT pero antes la voy a depurar y clasificar los puntos que pertenecen al suelo eliminando otros como ruido, edificios, coches, vegetación y zonas de agua. Estos elementos generan dificultades a la hora de proyectar el ortomosaico provocando distorsiones y además nos proporcionan información falsa cuando generemos las curvas de nivel.

Para ello exporto la nube densa como un archivo.las para trabajar con ella desde el software Global Mapper.

Clasificación de la Nube Densa

Muchos softwares incluyen procesos de identificación de puntos de suelo automáticos incluyendo Metashape, pero para esta ocasión he decidido utilizar Global Mapper en parte por la alta versatilidad y la rapidez de procesamiento en comparación con otros programas lo que permite experimentar con diferentes ajustes y reducir los tiempos de entrega.

Global Mapper es un software de sistemas de información geográfica (SIG) desarrollado por la empresa Blue Marble, que permite visualizar, analizar y procesar datos espaciales. Permite cargar y trabajar con diferentes tipos de datos geoespaciales, realizar análisis topográficos, editar y manipular datos, crear modelos digitales del terreno, exportar e importar datos en varios formatos, y automatizar tareas mediante scripting.

Tras estudiar la zona con los siguientes parámetros de clasificación automática obtuve una clasificación bastante óptima de los edificios y la vegetación, pero para las zonas de agua y los espigones presenta dificultades y los clasifiqué de forma manual.

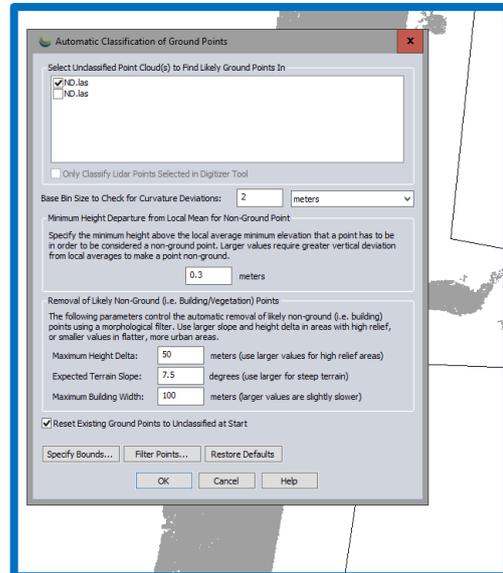


Ilustración 27: Clasificación automática de puntos de suelo- Fuente: Elaboración propia.

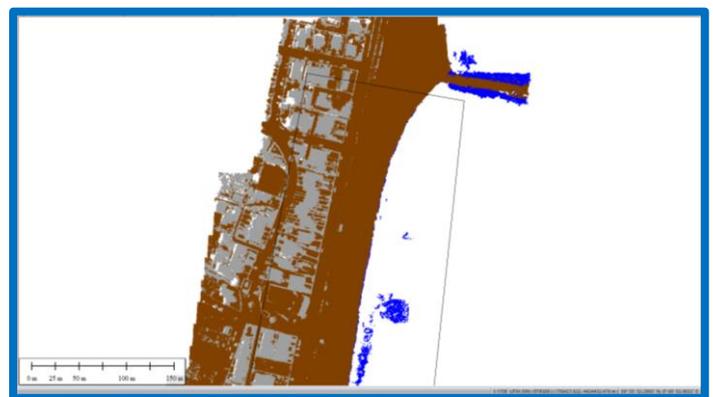


Ilustración 28 Y 29: Detalle de las zonas que no se han clasificado automáticamente- Fuente: Elaboración propia.

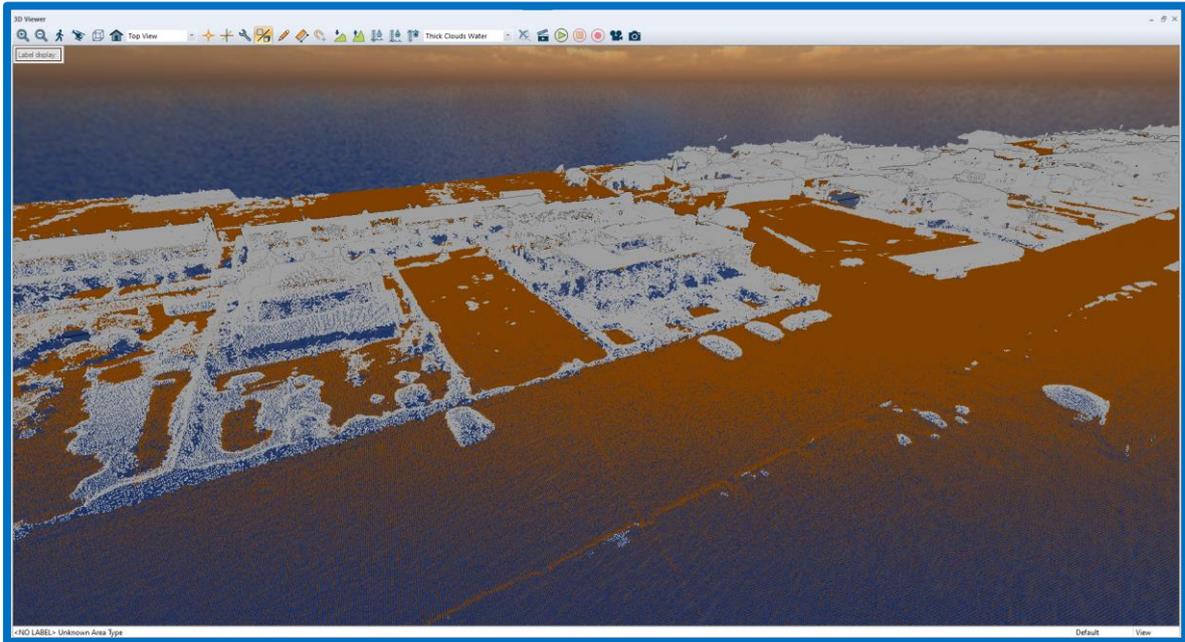


Ilustración 30: Vista 3D de la nube de puntos en marrón los puntos de suelo- Fuente: Elaboración propia.

La línea de costa es un punto clave para este proyecto ya que es donde comienza la interpolación y al comenzar las zonas de tierra húmeda y olas rompiendo con diferente posición en cada imagen la fotogrametría tiene dificultades para reconocer puntos homólogos y hay mayor cantidad de ruido.

Para corregir el ruido que hay en la orilla de la costa hacemos un vector a lo largo de toda la costa y después hacemos un perfil de altitudes a lo largo de la orilla y clasificamos como ruido los valores extremos.

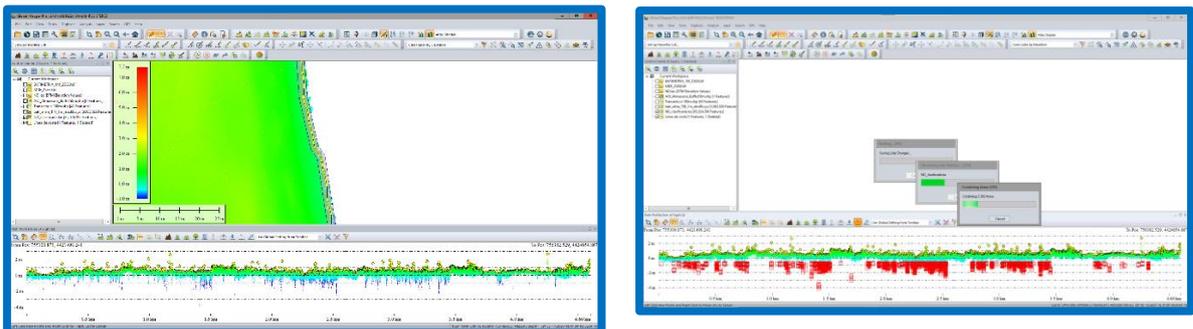


Ilustración 31: Depuración de la línea de costa- Fuente: Elaboración propia.

Para terminar de clasificar la nube de puntos nos vamos a centrar en las zonas de vegetación media las cuales con fotogrametría no podemos obtener datos ya que no tiene penetración en la cobertura vegetal, pero podemos emplear la cobertura lidar del PNOA para sustituir nuestros datos.

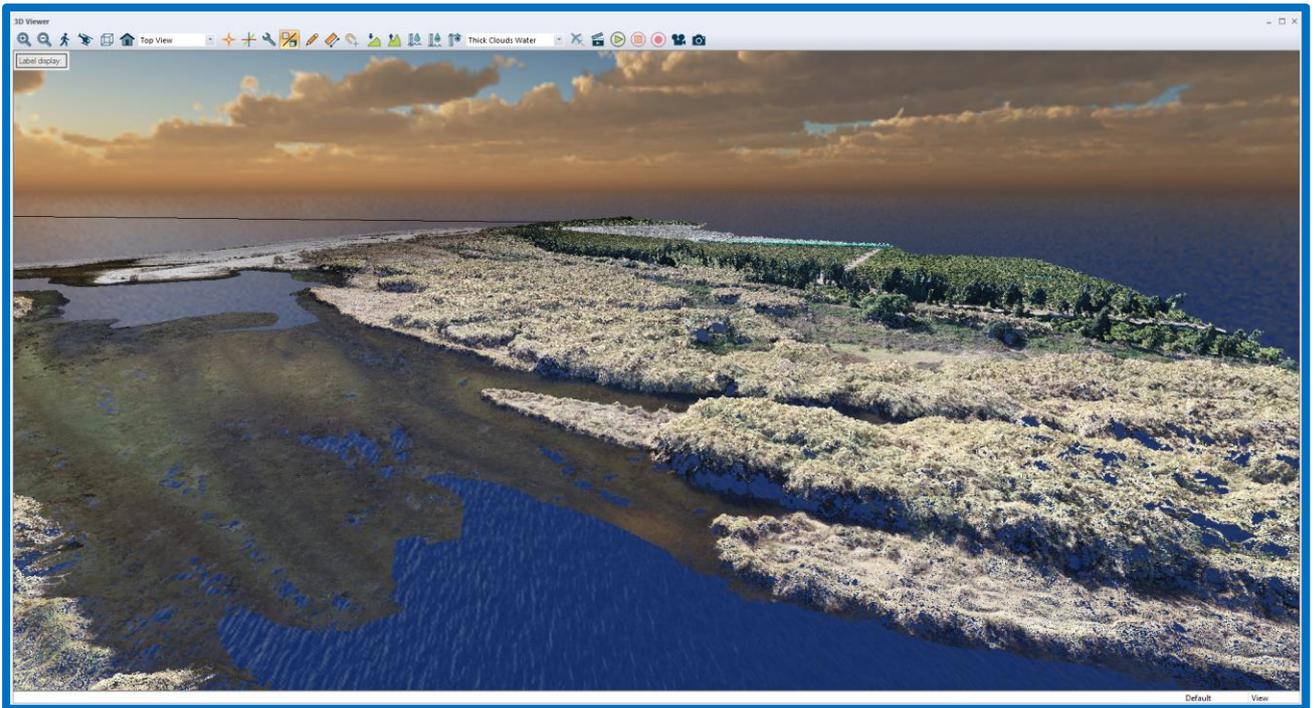
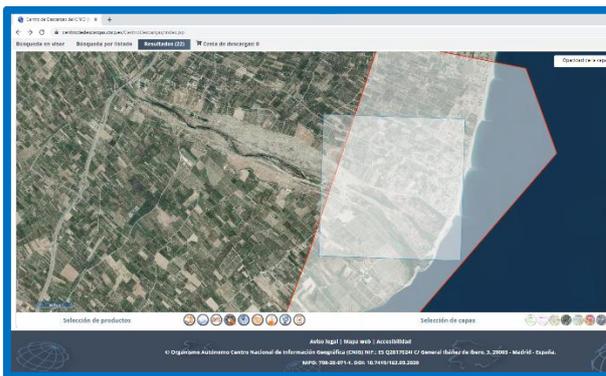


Ilustración 32: Vista 3D de las zonas de vegetación media donde no hay dato del suelo- Fuente: Elaboración propia.



Filtro sobre los resultados

Temática: Todos Tipo fichero: Todos Buscar en resultados: Escribe texto para buscar en los resultados

Eliminar

Nombre	Formato	Fecha	Descripción	Resolución	Área	Estado	Acciones
IGN-2017-QM-CAS-240-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	30.41	58.41	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-240-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	30.80	58.80	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-244-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	18.22	58.22	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-244-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	17.39	58.39	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-752-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	58.73	58.73	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-752-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	57.22	57.22	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-752-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	58.59	58.59	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-752-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	58.14	58.14	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	17.74	57.74	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	17.35	57.35	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	58.08	58.08	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	58.91	58.91	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	62.99	62.99	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	61.24	61.24	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	61.02	61.02	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4422-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	57.76	57.76	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	28.56	28.56	OK	📄 🗑️
IGN-2017-QM-CAS-754-4428-ORT-CL-AR-IGZ-LAZ	LAZ	2017, 2018	Derivado 1 procm2	28.58	28.58	OK	📄 🗑️

Ilustración 33 Y 34: Nube de puntos IRC del PNOA del centro de descargas del IGN- Fuente: Elaboración propia.

Descargamos del CNIG los datos del PNOA IRC lidar como referencia para la zona del proyecto.

Encontré discrepancias del PNOA respecto a la nube de puntos fotogramétrica y los puntos de control por ello hemos ajusté las elevaciones a los puntos de control. Esto se debe a que en ocasiones las precisiones del PNOA no son homogéneas en todas sus partes, de esta forma hacemos que las dos nubes de puntos sean homologas y con ello podamos obtener datos Lidar en las zonas de cobertura vegetal.

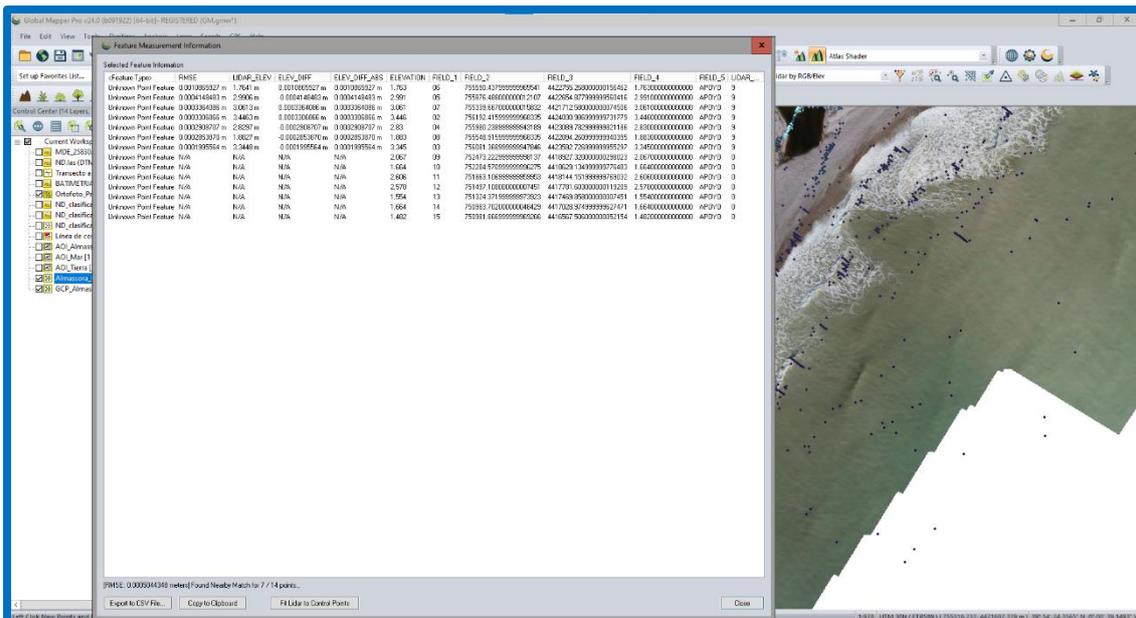


Ilustración 35: Discrepancias entre las nubes de puntos- Fuente: Elaboración propia.

Realicé un ajuste mínimo cuadrático de la nube LIDAR respecto a la nube fotogramétrica para minimizar la diferencia de errores absolutos en altimetría.

En verde 8 polígonos correspondientes a vegetación densa de los que no tenemos dato y añadiremos la información del PNOA.

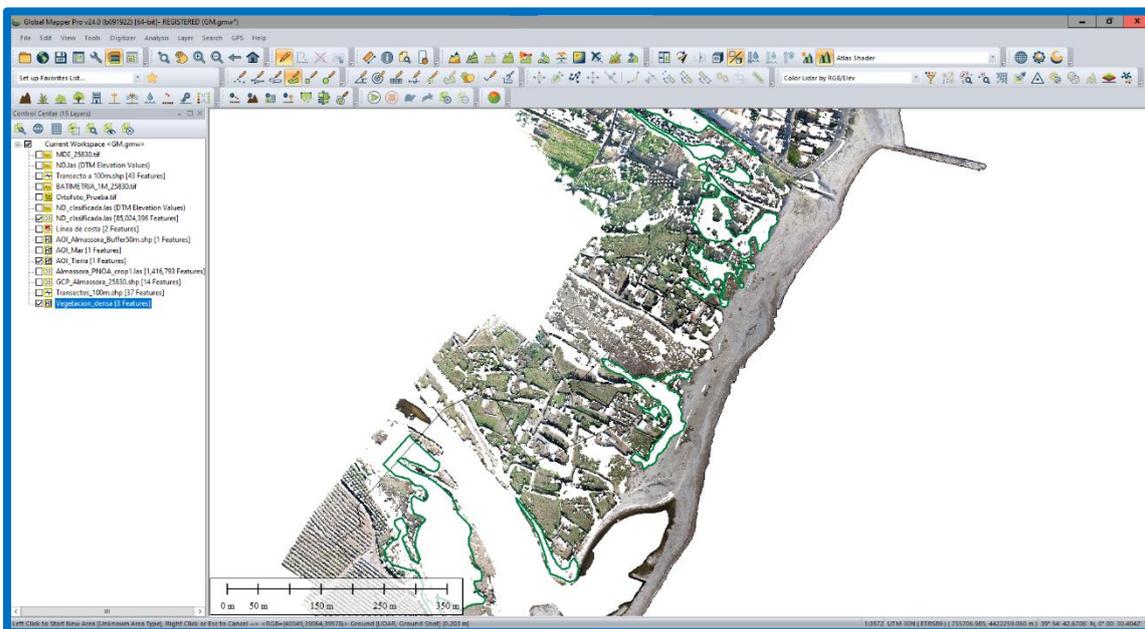


Ilustración 36: Polígonos de vegetación densa donde se añadirá la información del IRC- Fuente: Elaboración propia.

Con todo esto, nuestra nube de puntos terrestre ya está lista para el modelo. A continuación, voy a generar un MDT con los puntos de suelo de la zona terrestre necesaria para el ortomosaico.

Ortomosaico

En este proceso se proyectan las ortoimágenes obtenidas durante el vuelo, sobre el MDT para corregir los errores geométricos por diferencias de altura para obtener un ortomosaico final libre de distorsiones y georreferenciado de toda el área.

Es importante marcar la opción de refinar líneas de cosido ya que esto hará que en vez de usar la imagen mas ortogonal para cada punto intente mantener elementos lineales o superficiales en una misma imagen para evitar distorsiones en los elementos como edificios y carreteras haciendo el ortomosaico resultante más orgánico visualmente.

Para terminar, vamos a corregir aquellas zonas que han quedado distorsionadas al aparecer en las líneas de cosido es decir en diferentes imágenes.

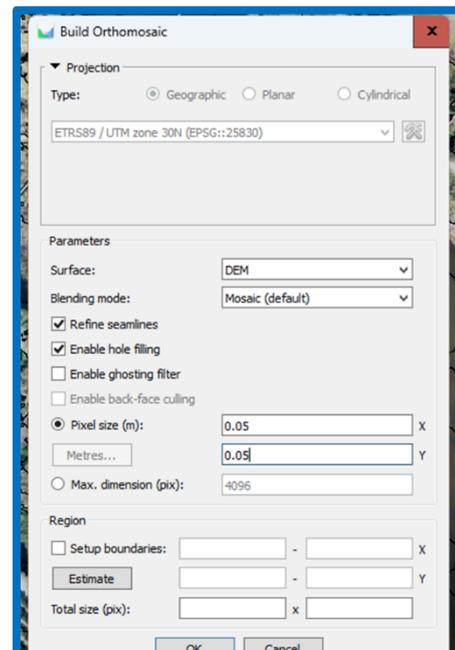


Ilustración 37: Construcción del ortomosaico- Fuente: Elaboración propia.

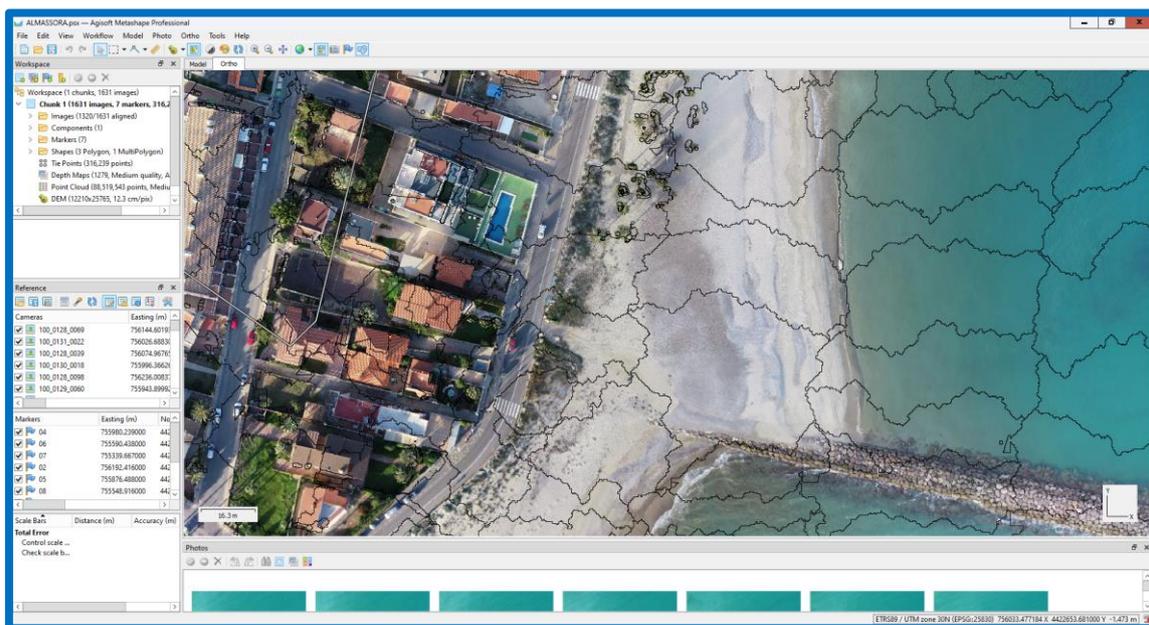


Ilustración 38: Ortomosaico con las líneas de cosido visibles- Fuente: Elaboración propia.

Perfiles de la zona de interfase marítimo-terrestre y líneas de ruptura.

Para este apartado cargaremos en QGIS los puntos que tomamos de los perfiles con estación total, después generamos unas líneas uniendo los puntos equidistantes respecto a la costa. Para trasladar las cotas a los vértices de las líneas de ruptura usé el proceso de QGIS Drapeado el cual define el valor z de cada vértice de la geometría del objeto a partir de otra capa.

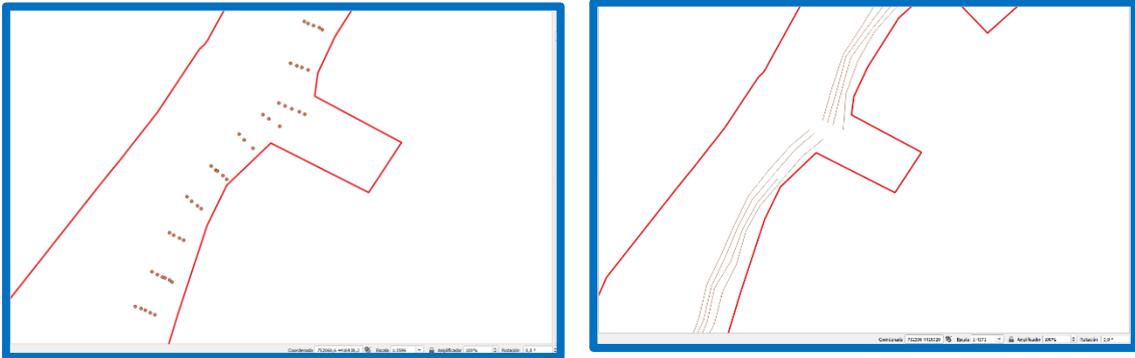


Ilustración 39 Y 40: Proceso de generación de las líneas de ruptura- Fuente: Elaboración propia.

Estas líneas de ruptura son muy importantes ya que sin ellas los vértices se interpolarían con el resto de los puntos resultando en una superficie menos representativa de la zona de interfase marítimo terrestre.

Modelo Digital del Terreno

El resultado del levantamiento batimétrico es un fichero .xyz de malla de puntos con separación de un metro. Este fichero ya está listo para la interpolación.

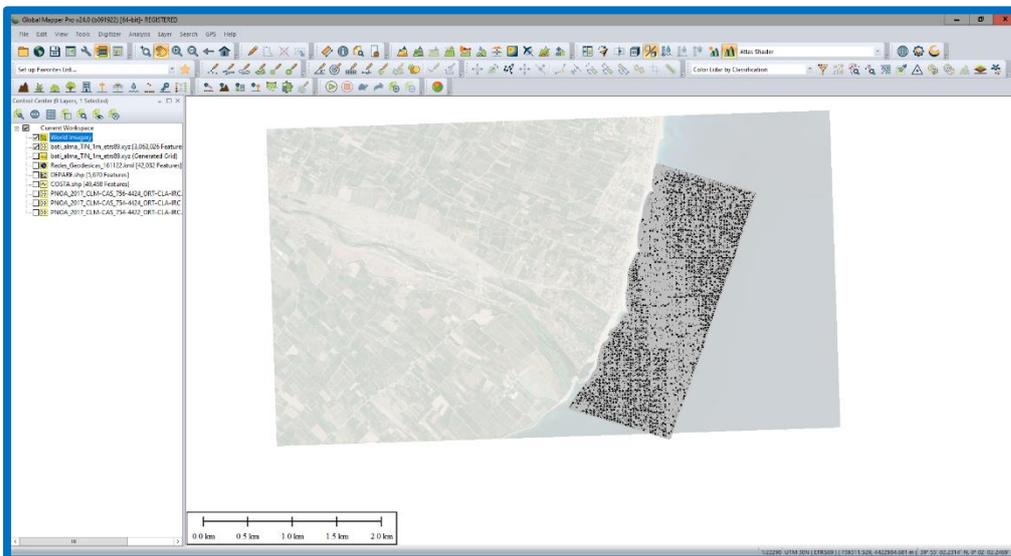


Ilustración 41: Nube de puntos batimétrica- Fuente: Elaboración propia.

Se ha realizado un proceso de integración de todas las fuentes de datos para ofrecer un producto continuo topo batimétrico. El MDT topográfico, se ha unido a la Batimetría mediante los perfiles batimétricos en la costa, asegurando una proximidad suficiente entre ambas fuentes de datos

para evitar errores de interpolación. Para ello he probado diferentes métodos de interpolación como la interpolación BIN que estima los valores desconocidos en una malla utilizando la media ponderada de los valores vecinos más cercanos o la interpolación TIN que calcula una interpolación lineal entre cada punto formando una red de triángulos.

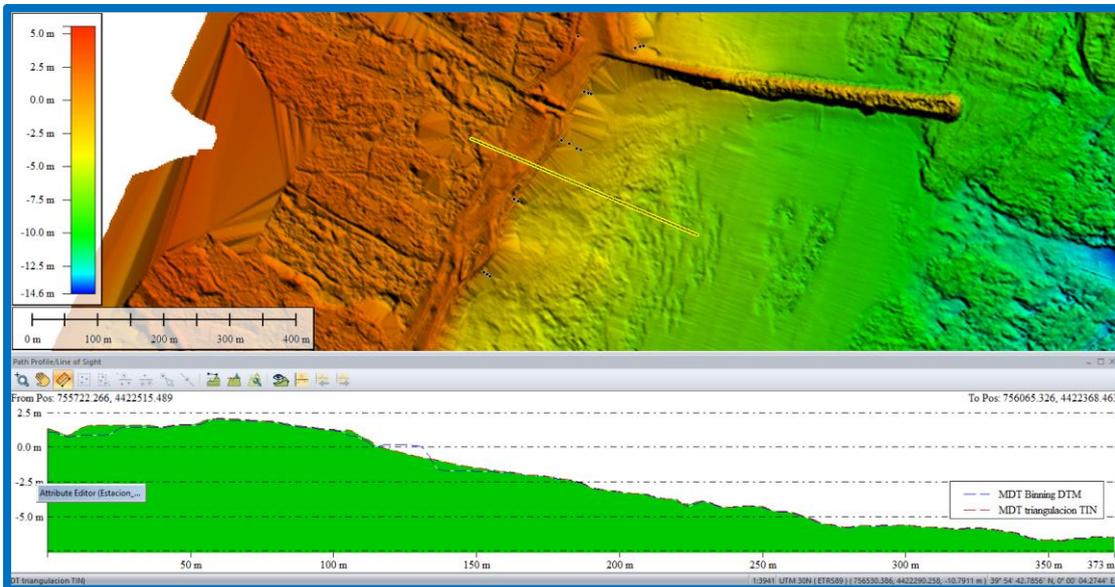


Ilustración 42: Perfil con las distintas superficies- Fuente: Elaboración propia.

Finalmente opté por los resultados de la interpolación TIN ya que los resultados son más suaves y graduales y es más adecuada para la generación de superficies. El resultado final de la unión de los datos topográficos y batimétricos es un archivo ráster georreferenciado con una resolución de 2 metros. Este producto integrado permite tener una representación continua y precisa del terreno tanto en la parte terrestre como en la parte marina.

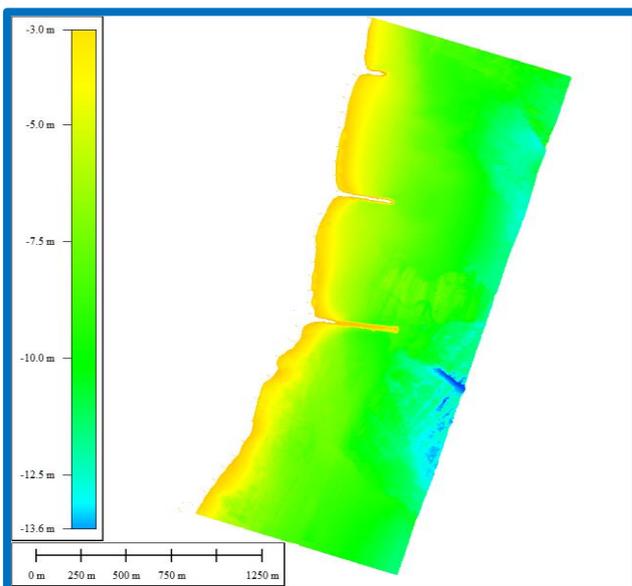


Ilustración 43 y 44: Superficie submarina y terrestre respectivamente- Fuente: Elaboración propia.

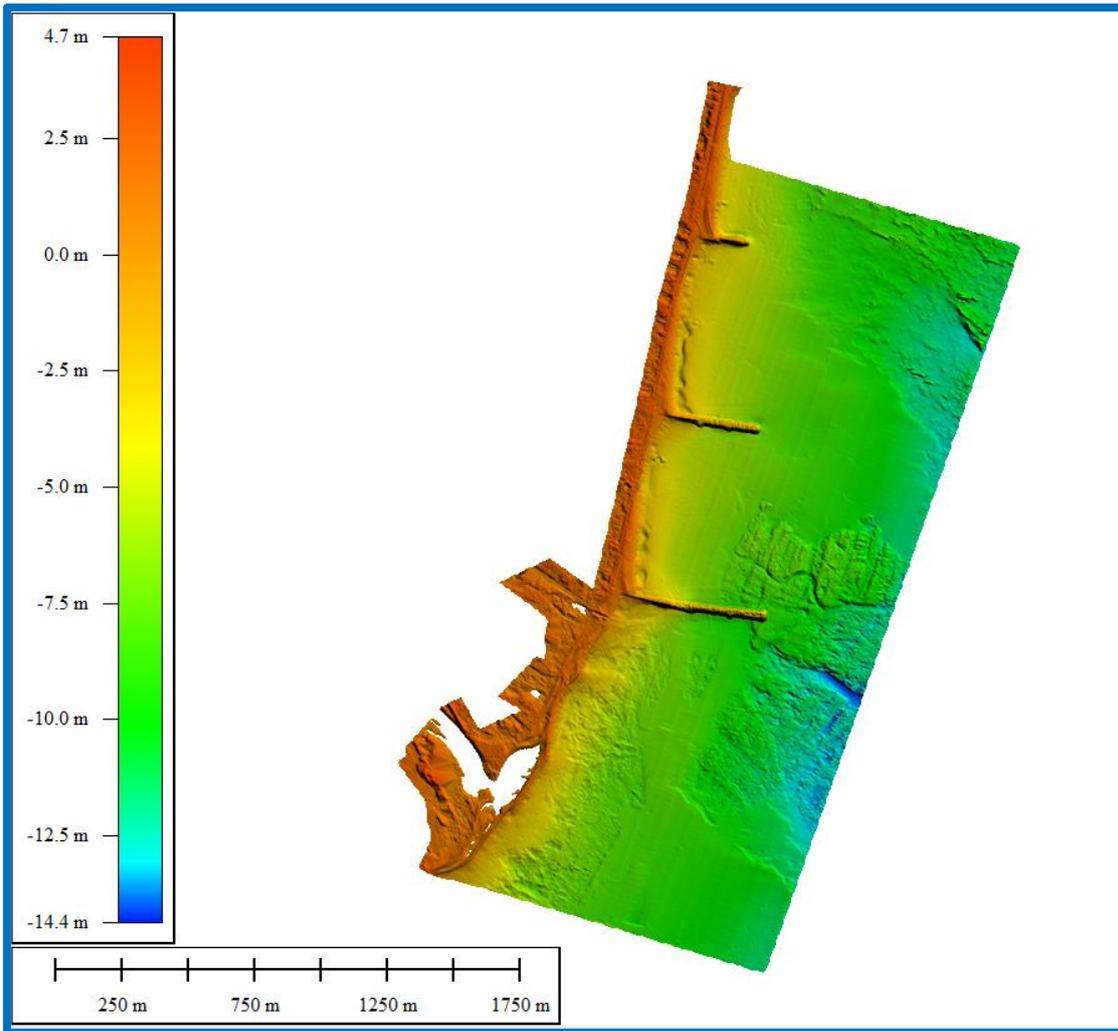


Ilustración 45: Modelo digital de elevaciones resultante- Fuente: Elaboración propia.

Curvas de Nivel

A partir del MDT anterior con el software GlobalMapper, he generado curvas de nivel cada 0,5 metros entre las cotas de 5,3 a los -12,4 metros para reflejar de forma precisa la superficie de toda la costa y la zona marina, estas curvas de nivel se emplearán en fases posteriores del proyecto en programas CAD.

También se han generado curvas de nivel con intervalo de elevación de 1 metro para una representación más sencilla en la cartografía. Los parámetros principales a la hora de generar las curvas han sido las curvas mayores cada 5 metros y descartar aquellas curvas más cortas de 20 metros ya que no son muy significativas y aumentan mucho el volumen de datos.

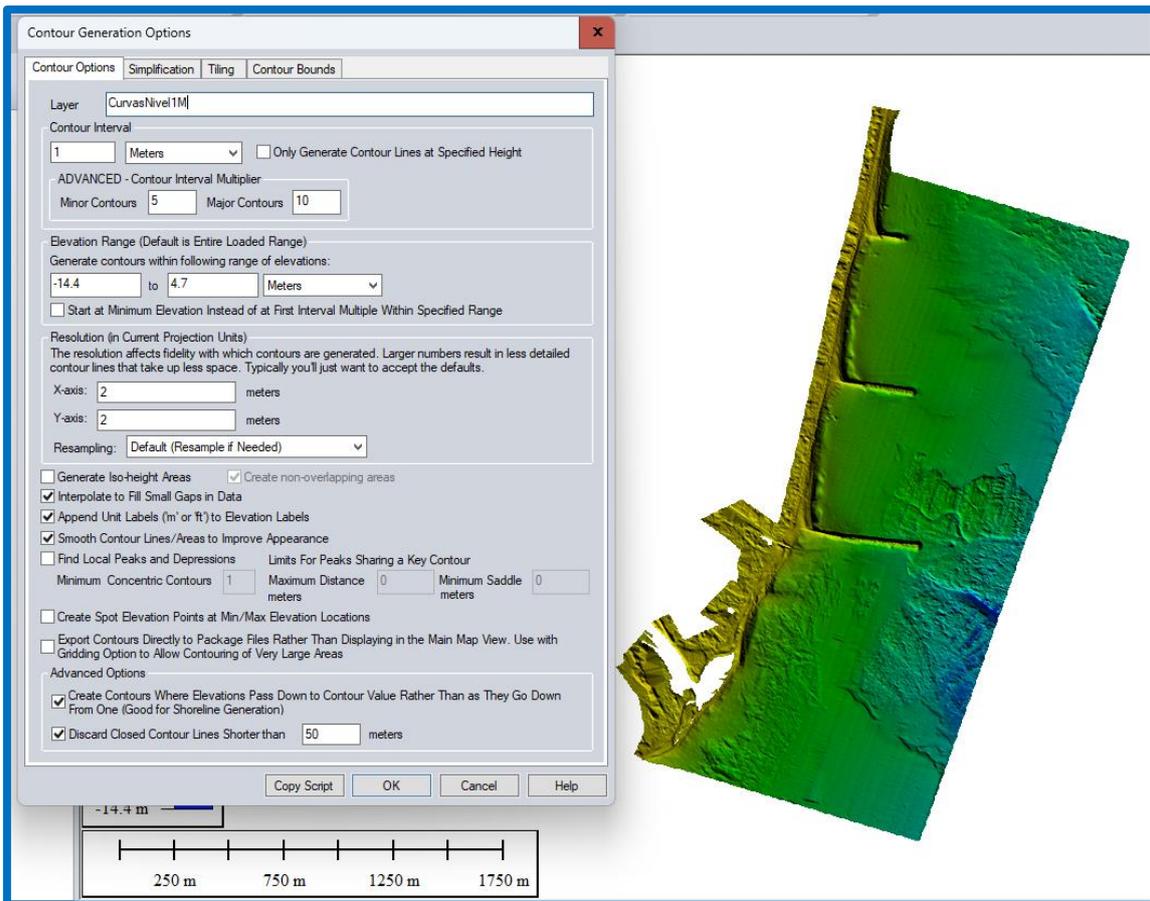


Ilustración 46: Generación de curvas de nivel- Fuente: Elaboración propia.

Cartografía Temática

La cartografía la he realizado a partir de la ortofoto y el Modelo Digital de Superficie (MDS) desde QGIS y posteriormente se ha exportado a DXF. Se han definido las siguientes clases: Edificio, Carretera, Muro, Camino, Acera, Línea de costa, Valla, Dominio público marítimo terrestre y Señal.

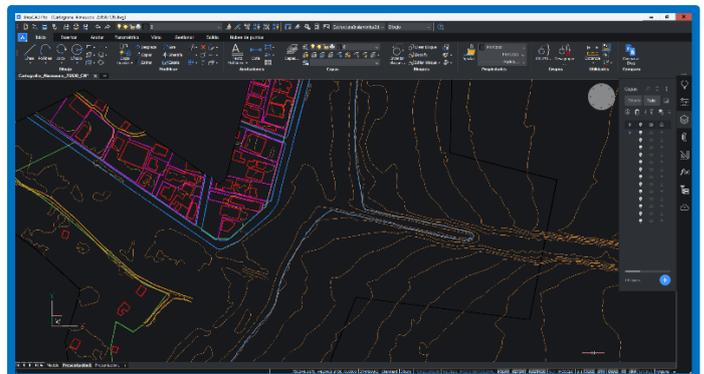
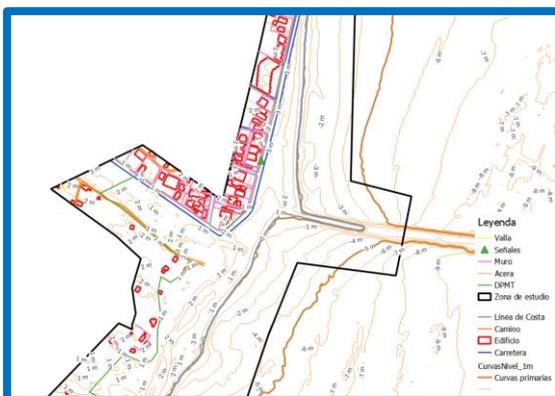


Ilustración 47 y 48: Detalle de la cartografía- Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del levantamiento topo-batimétrico en la playa de la Torre en la población de Almazora incluyen un modelo digital de elevaciones (MDE), una ortofoto de alta resolución y a partir de estos se han obtenido la cartografía y las curvas de nivel.

La calidad de los resultados viene principalmente definida por las precisiones del levantamiento que, teniendo en cuenta el instrumental empleado, son las esperadas a priori y la resolución de los productos finales.

El ortomosaico del vuelo fotogramétrico presenta un error medio cuadrático de $\pm 2,27$ cm.

La precisión con receptor GNSS es de 2cm y con estación total 1mm + 1,5ppm más 2cm por orientar a puntos tomados con RTK.

Resolución de los productos finales

El MDE presenta una resolución de 2 metros cuadrados mientras que la ortofoto tiene un tamaño de píxel de 5cm.

Ambos productos, el MDE y la ortofoto, son de alta calidad y precisión, lo que garantiza su utilidad para la obtención de información topográfica y la generación de cartografía de la playa de la Torre. Estos resultados son de gran importancia para diversos fines, como la planificación urbana y territorial, el estudio de procesos costeros, la gestión del medio ambiente, la seguridad y prevención de riesgos, entre otros.

PRESUPUESTO

El siguiente presupuesto se ha diseñado considerando al empresario y contemplando el alquiler de todos los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Para el levantamiento por dron se necesita un operario de dron ingeniero en geomática y topografía y necesita dos jornadas en campo, calculado 4 horas en desplazamientos, 4 horas para la toma de los puntos de control y su señalización y 8 horas entre vuelos ya que al ser una zona muy extensa se deberán cambiar las baterías para poder cubrir toda la zona.

La obtención de batimetrías se necesita un capitán para llevar la embarcación y un ingeniero en geomática y topografía para realizar las batimetrías. La duración del levantamiento incluyendo desplazamiento desde un puerto relativamente cercano seria de 10 h.

Para el levantamiento con métodos clásicos se necesitan dos ingenieros en geomática y topografía, uno para la estación total y otro que tome puntos con el receptor GNSS y un operario de medio marino que lleve el jalón con el prisma. Se tarda dos jornadas contando 4 horas en desplazamientos, y 12 en realizar el levantamiento a lo largo de toda la zona.

El tiempo de gabinete es de 7 jornadas de 8 horas contando la planificación y el procesado de los productos.

A continuación, se listará el precio por día de cada actividad:

Coste a la empresa por Ingeniero en Geomática y topografía 30.000 € al año.

Coste de capitán de embarcación 26.000 al año.

Coste de técnico de medio marino 26.000 al año.

Alquiler Dron 100€ al día.

Alquiler receptor GNSS Emlid REACH MS+ y jalón 100€ al día.

Alquiler Ecosonda Monohaz Knudsen 150€ por día.

Receptor GNSS Embarcación 100€ por día.

Alquiler estación Total 70€ por día.

Alquiler jalón y prisma 30€ por día.

Licencia de Agisoft Metashape 3000€ por año.

Licencia de Global Mapper 1100€ por año.

Ordenador para el procesado 2000€.

Embarcación y combustible 200€ por día.

Vehículo para desplazamientos y combustible 100 € por jornada.

Alquiler de un despacho 500€ por mes.

El beneficio industrial es del 30%.

Actividad	Año	Mes	Semana	Día	Días	Precio
Salario Ingeniero	30000	2500	625	125	14	1.750,00 €
Salario Capitán	26000	2166,7	541,7	108,3	1	108,33 €
Salario Operario	26000	2166,7	541,7	108,3	2	216,67 €
Dron	-	-	-	100	2	200,00 €
Ecosonda monohaz	-	-	-	150	1	150,00 €
Receptor GNSS	-	-	-	100	1	100,00 €
Receptor GNSS	-	-	-	100	3	300,00 €
Estación Total	-	-	-	70	2	140,00 €
Prisma	-	-	-	30	2	60,00 €
Agisoft Metashape	3000	250	62,5	12,5	7	87,50 €
Global Mapper	900	75	18,75	3,75	7	26,25 €
Ordenador	2000	166,7	41,7	8,3	7	58,33 €
Embarcación	-	-	-	200	1	200,00 €
Vehiculo	-	-	-	100	4	400,00 €
Despacho	-	600	150	30	7	210,00 €
Total						4.007,08 €
Beneficio Industrial 30%						1.202,13 €
IVA 21%						841,49 €
Presupuesto Total						6.050,70 €

CONCLUSIONES

En este trabajo final de grado se ha documentado un levantamiento topográfico y batimétrico orientado a la estabilización de la Playa de la Torre en Almazora, centrándose en la obtención, procesamiento e interpolación de datos topográficos y batimétricos. A partir de los resultados obtenidos y el análisis crítico realizado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En este proyecto, se utilizaron diferentes técnicas y equipos, como el sonar monohaz, el dron fotogramétrico, la estación total y el GPS, para asegurar una cobertura completa del área de estudio lo que me ha permitido conocer la forma de trabajar con estas técnicas y comprobar su eficacia en un proyecto real.

También me ha permitido trabajar con un equipo multidisciplinar trabajando en conjunto con los departamentos de medio marino y consultoría ambiental.

Los resultados de los levantamientos batimétricos y topográficos han cumplido con las precisiones esperadas a priori teniendo en cuenta el instrumental empleado.

En el vuelo fotogramétrico, el uso de una cámara de altas prestaciones, un solape óptimo entre imágenes, el uso de puntos de control y de apoyo tomados con receptor GNSS, y el procesamiento mediante el programa Agisoft Metashape, ha permitido obtener un ortomosaico del vuelo fotogramétrico con una precisión de $\pm 2,27$ centímetros.

La precisión con receptor GNSS es de 2cm y con estación total 1mm + 1,5ppm más 2cm por orientar a puntos tomados con RTK.

El resultado de este proyecto es un conjunto de planos incluyendo el Modelo digital del Terreno, un ortomosaico, curvas de nivel y la cartografía de la costa. Estos planos proporcionan una representación detallada del terreno y el lecho marino permitiendo identificar zonas críticas, variaciones altimétricas significativas y la distribución de sedimentos a lo largo de la playa lo cual será fundamental para planificar medidas de estabilización.

El procesamiento e interpolación de los levantamientos ha desempeñado un papel clave en la generación de modelos digitales de elevación coherentes y superficies continuas. Los softwares especializados utilizados garantizan la precisión y calidad de los datos. Además, han facilitado la generación de representaciones visuales de la morfología costera.

La combinación de diferentes técnicas y tecnologías en la obtención de datos ha demostrado ser efectiva en este proyecto.

Durante el desarrollo de este trabajo he aprendido mucho tanto como de los métodos de captura de datos como de la generación de productos topográficos, abriéndome unas futuras líneas de trabajo e incrementado mi interés por levantamientos que combinan diferentes técnicas.

Este trabajo final de grado ha abordado de manera integral el proyecto de estabilización de la Playa de la Torre en Almazora cumpliendo los objetivos generales y específicos. Este proyecto ha sentado las bases para futuros trabajos y mejoras en el levantamiento topográfico y batimétrico en zonas costeras.

El levantamiento topográfico es fundamental para comprender la morfología costera y planificar adecuadamente las medidas de estabilización.

BIBLIOGRAFIA

LIBRO: Nociones de topografía y fotogrametría aérea [Consulta: 1 de junio de 2023]

[Nociones de topografía y fotogrametría aérea \(Mario Ruiz Morales\)](#)

DJI Topografía con drones [Consulta: 17 de junio de 2023]

<https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/aerofotograf%C3%ADa-vs-fotogrametr%C3%ADa>

MITECO Mantenimiento y conservación de la costa de la provincia de Valencia, fase I [Consulta: 23 de junio de 2023]

<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/actuaciones-proteccion-costa/valencia/460323-mantenimiento-faseI.aspx>

ISM Batimetría y sus aplicaciones [Consulta: 14 de junio de 2023]

<https://www.comunidadism.es/que-es-una-batimetria-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>

IGN EL NUEVO MODELO DE GEOIDE PARA ESPAÑA EGM08 – REDNAP [Consulta: 11 de junio de 2023]

https://datos-geodesia.ign.es/geoide/EGM08-REDNAP_Spain_IGN.pdf

Geoinnova Modelos Digitales de Elevación: lo que el ojo no ve [Consulta: 30 de junio de 2023]

<https://geoinnova.org/blog-territorio/modelos-digitales-de-elevacion-l/>

Wikipedia Almazora [Consulta: 1 de junio de 2023]

<https://es.wikipedia.org/wiki/Almazora>

ANEXOS

Listado de puntos obtenido con GNSS:

id	TipoPunto	Comentario	X	Y	PrecisionH	PrecisionV	Z orto
1	Bases	B1	756277,215	4423993,584	0,012	0,02	1,544
2	Bases	R1	756183,093	4424038,656	0,012	0,02	3,21
3	Suelo		756250,03	4423994,405	0,012	0,02	1,565
4	Otro		756276,195	4424009,744	0,012	0,02	0,606
5	Costa		756276,468	4424010,573	0,012	0,02	0,353
6	Costa		756275,605	4424014,779	0,012	0,02	0,261
7	Costa		756273,853	4424021,12	0,012	0,02	0,168
8	Suelo		756270,537	4424022,243	0,012	0,02	0,812
9	Suelo		756268,152	4424035,464	0,012	0,02	0,944
10	Costa		756268,91	4424043,145	0,012	0,02	0,584
11	Suelo		756267,001	4424052,769	0,012	0,02	1,012
12	Suelo		756266,815	4424063,482	0,012	0,02	0,937
13	Suelo		756262,101	4424068,75	0,012	0,02	1,66
14	Suelo		756258,24	4424071,652	0,012	0,02	1,258
15	Suelo		756266,191	4424078,042	0,012	0,02	1,059
16	Suelo		756266,496	4424094,954	0,012	0,02	1,014
17	Otro		756268,695	4424109,104	0,012	0,02	1,091
18	Suelo		756269,681	4424122,706	0,012	0,02	0,993
19	Suelo		756271,141	4424137,158	0,012	0,02	1,011
20	Suelo		756258,775	4424146,657	0,012	0,02	2,005
21	Suelo		756251,41	4424147,967	0,012	0,02	2,815
22	Suelo		756239,165	4424150,906	0,012	0,02	2,817
23	Suelo		756225,194	4424151,055	0,012	0,02	2,609
24	Planimetria		756225,082	4424149,401	0,012	0,02	2,72
25	Planimetria		756215,642	4424152,32	0,012	0,02	2,933
26	Suelo		756250,342	4424167,17	0,012	0,02	2,783
27	Suelo		756269,868	4424178,418	0,012	0,02	1,696
28	Suelo		756275,997	4424179,013	0,012	0,02	1,037
29	Suelo		756278,902	4424179,51	0,012	0,02	0,573
30	Costa		756279,708	4424179,621	0,012	0,02	0,38
31	Suelo		756278,603	4424198,799	0,012	0,02	0,934
32	Otro		756280,966	4424206,995	0,012	0,02	0,817
33	Suelo		756279,013	4424217,086	0,012	0,02	1,061
34	Suelo		756275,778	4424219,772	0,012	0,02	1,655
35	Suelo		756268,919	4424222,077	0,012	0,02	2,049
36	Suelo		756255,825	4424225,799	0,012	0,02	2,737
37	Suelo		756238,547	4424231,701	0,012	0,02	3,234
38	Planimetria		756238,525	4424239,507	0,012	0,02	3,161
39	Planimetria		756241,309	4424253,233	0,012	0,02	3,191
40	Suelo		756256,628	4424291,13	0,012	0,02	3,323
41	Suelo		756259,25	4424309,554	0,012	0,02	3,257
42	Planimetria		756250,769	4424325,243	0,012	0,02	2,781
43	Planimetria		756247,528	4424320,136	0,012	0,02	2,771
44	Planimetria		756278,644	4424317,723	0,012	0,02	1,816
45	Planimetria		756288,626	4424316,438	0,012	0,02	1,495
46	Suelo		756294,125	4424316,566	0,012	0,02	0,917

47	Otro		756294,036	4424298,159	0,012	0,02	0,777
48	Suelo		756294,965	4424316,284	0,012	0,02	0,87
49	Costa		756299,063	4424320,443	0,012	0,02	0,496
50	Suelo		756287,821	4424325,962	0,012	0,02	1,475
51	Suelo		756279,289	4424332,109	0,012	0,02	1,935
52	Suelo		756272,298	4424350,832	0,012	0,02	2,536
53	Suelo		756266,623	4424355,714	0,012	0,02	2,761
54	Suelo		756260,475	4424357,431	0,012	0,02	2,735
55	Planimetria		756231,004	4424351,658	0,012	0,02	2,538
56	Suelo		756290,329	4424367,227	0,012	0,02	1,409
57	Otro		756302,483	4424382,506	0,012	0,02	0,937
58	Suelo		756305,522	4424386,723	0,012	0,02	0,605
59	Suelo		756306,831	4424401,284	0,012	0,02	0,905
60	Suelo		756310,763	4424417,548	0,012	0,02	0,755
61	Costa		756312,823	4424437,301	0,012	0,02	0,545
62	Suelo		756313,525	4424447,259	0,012	0,02	0,832
63	Suelo		756319,645	4424475,104	0,012	0,02	0,874
64	Suelo		756323,451	4424497,332	0,012	0,02	0,801
65	Suelo		756326,679	4424505,335	0,012	0,02	0,689
66	Otro		756348,366	4424555,191	0,012	0,02	0,709
67	Otro		756349,985	4424569,756	0,012	0,02	0,811
68	Suelo		756349,964	4424569,771	0,012	0,02	0,81
69	Costa		756362,944	4424576,235	0,012	0,02	0,34
70	Costa		756373,31	4424585,223	0,012	0,02	0,399
71	Suelo		756358,377	4424598,702	0,012	0,02	2,014
72	Suelo		756332,268	4424589,818	0,012	0,02	2,511
73	Suelo		756316,97	4424571,908	0,012	0,02	2,921
74	Planimetria		756306,175	4424577,895	0,012	0,02	2,602
75	Planimetria		756305,142	4424574,089	0,012	0,02	2,606
76	Planimetria		756291,991	4424516,921	0,012	0,02	2,765
77	Suelo		756289,644	4424471,133	0,012	0,02	3,357
78	Suelo		756260,633	4424316,862	0,012	0,02	3,237
79	Planimetria		756230,043	4424199,775	0,012	0,02	3,381
80	Planimetria		756206,005	4424146,894	0,012	0,02	3,066
81	Planimetria		756185,608	4424075,415	0,012	0,02	3,273
82	Otro	Gcp	756184,761	4424028,935	0,012	0,02	3,063
83	Otro		756192,438	4424031,006	0,012	0,02	3,497
84	Otro		756207,653	4423987,354	0,012	0,02	0,629
85	Suelo		756199,484	4423986,849	0,012	0,02	0,921
86	Suelo		756195,366	4423989,24	0,012	0,02	1,449
87	Suelo		756209,576	4424008,496	0,012	0,02	1,879
88	Planimetria		756189,078	4424015,106	0,012	0,02	2,877
89	Planimetria		756170,076	4423965,349	0,012	0,02	2,984
90	Planimetria		756167,516	4423953,941	0,012	0,02	2,947
91	Planimetria		756161,766	4423928,852	0,012	0,02	2,878
92	Otro		756169,217	4423930,205	0,012	0,02	2,655
93	Suelo		756122,987	4423883,714	0,012	0,02	1,913
94	Suelo		756121,98	4423881,208	0,012	0,02	1,59
95	Suelo		756117,683	4423873,081	0,012	0,02	1,587
96	Suelo		756124,477	4423873,799	0,012	0,02	1,539

97	Suelo		756132,722	4423875,639	0,012	0,02	2,157
98	Suelo		756143,041	4423873,495	0,012	0,02	2,72
99	Suelo		756149,772	4423870,966	0,012	0,02	2,608
100	Otro		756145,759	4423857,669	0,012	0,02	2,608
101	Otro		756122,413	4423777,543	0,012	0,02	2,755
102	Otro	Clavo br43	756133,267	4423819,123	0,012	0,02	3,395
103	Otro	lcv	756138,328	4423834,299	0,012	0,02	3,376
104	Suelo		756107,45	4423694,079	0,012	0,02	2,359
105	Suelo		756115,843	4423692,548	0,012	0,02	1,61
106	Suelo		756125,381	4423689,868	0,012	0,02	1,113
107	Suelo		756115,546	4423673,926	0,012	0,02	1,349
108	Otro		756122,642	4423689,589	0,012	0,02	1,208
109	Costa		756124,72	4423665,554	0,012	0,02	0,401
110	Costa		756122,612	4423648,377	0,012	0,02	0,48
111	Costa		756119,05	4423630,225	0,012	0,02	0,526
112	Costa		756116,745	4423611,566	0,012	0,02	0,506
113	Costa		756115,345	4423586,25	0,012	0,02	0,35
114	Otro		756113,865	4423579,257	0,012	0,02	0,51
115	Costa		756111,213	4423565,013	0,012	0,02	0,558
116	Costa		756109,412	4423548,203	0,012	0,02	0,365
117	Suelo		756093,761	4423584,032	0,012	0,02	1,989
118	Suelo		756080,809	4423590,344	0,012	0,02	2,694
119	Otro	Gcp	756081,294	4423592,714	0,012	0,02	3,356
120	Costa		756106,79	4423519,505	0,012	0,02	0,531
121	Costa		756106,198	4423505,448	0,012	0,02	0,339
122	Costa		756104,443	4423494,997	0,012	0,02	0,391
123	Costa		756103,258	4423472,717	0,012	0,02	0,318
124	Costa		756103,247	4423463,233	0,012	0,02	0,458
125	Costa		756103,286	4423451,244	0,012	0,02	0,329
126	Costa		756101,83	4423439,906	0,012	0,02	0,399
127	Costa		756100,587	4423426,597	0,012	0,02	0,696
128	Suelo		756095,643	4423408,468	0,012	0,02	1,33
129	Costa		756100,523	4423402,066	0,012	0,02	0,497
130	Costa		756103,875	4423389,886	0,012	0,02	0,264
131	Costa		756103,062	4423374,674	0,012	0,02	0,535
132	Suelo		756101,821	4423361,768	0,012	0,02	0,622
133	Costa		756105,241	4423362,244	0,012	0,02	0,542
134	Costa		756108,038	4423349,245	0,012	0,02	0,461
135	Costa		756112,997	4423338,187	0,012	0,02	0,213
136	Costa		756118,814	4423327,768	0,012	0,02	0,241
137	Suelo		756115,99	4423319,589	0,012	0,02	1,488
138	Suelo		756115,737	4423317,989	0,012	0,02	1,464
139	Suelo		756119,38	4423322,15	0,012	0,02	1,473
140	Suelo		756134,039	4423316,944	0,012	0,02	1,439
141	Suelo		756146,856	4423314,964	0,012	0,02	1,505
142	Suelo		756160,329	4423313,62	0,012	0,02	1,505
143	Suelo		756172,984	4423310,663	0,012	0,02	1,477
144	Suelo		756182,078	4423309,491	0,012	0,02	1,449
145	Suelo		756099,562	4423324,601	0,012	0,02	1,505
146	Planimetria		756024,326	4423359,063	0,012	0,02	2,871

147	Planimetria		756048,201	4423451,273	0,012	0,02	2,708
148	Planimetria		756050,239	4423465,083	0,012	0,02	2,731
149	Planimetria		756084,629	4423641,107	0,012	0,02	2,977
150	Planimetria		756089,153	4423662,727	0,012	0,02	2,988
151	Planimetria		756095,412	4423694,976	0,012	0,02	2,959
152	Planimetria		756101,362	4423693,594	0,012	0,02	2,81
153	Bases	B3	755333,039	4421630,781	0,012	0,02	1,784
154	Bases	R3	755272,58	4421606,796	0,012	0,02	0,914
155	Otro		755245,644	4421578,081	0,012	0,02	0,639
156	Suelo		755245,992	4421585,878	0,012	0,02	0,879
157	Suelo		755244,5	4421591,643	0,012	0,02	1,072
158	Suelo		755241,804	4421602,246	0,012	0,02	0,604
159	Suelo		755240,511	4421605,891	0,012	0,02	1,772
160	Suelo		755237,822	4421611,566	0,012	0,02	2,265
161	Suelo		755231,584	4421619,262	0,012	0,02	2,078
162	Suelo		755253,196	4421639,823	0,012	0,02	1,887
163	Suelo		755260,409	4421636,911	0,012	0,02	1,718
164	Suelo		755263,909	4421631,611	0,012	0,02	1,836
165	Suelo		755267,69	4421627,426	0,012	0,02	2,363
166	Suelo		755270,141	4421624,085	0,012	0,02	1,788
167	Suelo		755272,242	4421620,018	0,012	0,02	1,699
168	Suelo		755275,074	4421616,667	0,012	0,02	1,083
169	Suelo		755277,132	4421614,464	0,012	0,02	0,752
170	Suelo		755279,957	4421607,206	0,012	0,02	0,814
171	Suelo		755282,712	4421603,709	0,012	0,02	1,374
172	Suelo		755290,306	4421600,394	0,012	0,02	1,361
173	Suelo		755299,836	4421605,987	0,012	0,02	1,412
174	Suelo		755308,068	4421610,812	0,012	0,02	1,479
175	Suelo		755310,547	4421609,871	0,012	0,02	1,252
176	Otro		755310,578	4421609,864	0,012	0,02	1,253
177	Suelo		755319,356	4421615,88	0,012	0,02	1,281
178	Suelo		755318,05	4421618,153	0,012	0,02	1,627
179	Suelo		755316,412	4421622,672	0,012	0,02	1,48
180	Suelo		755339,8	4421630,924	0,012	0,02	1,35
181	Suelo		755347,71	4421635,972	0,012	0,02	1,28
182	Suelo		755348,944	4421642,792	0,012	0,02	1,517
183	Suelo		755349,47	4421649,326	0,012	0,02	1,681
184	Suelo		755359,942	4421661,236	0,012	0,02	1,738
185	Suelo		755371,326	4421674,446	0,012	0,02	1,709
186	Otro		755379,348	4421678,018	0,012	0,02	1,325
187	Suelo		755371,008	4421704,823	0,012	0,02	0,476
188	Otro	Gcp	755339,641	4421712,5	0,012	0,02	3,134
189	Suelo		755348,634	4421723,342	0,012	0,02	2,392
190	Suelo		755351,941	4421719,989	0,012	0,02	1,229
191	Suelo		755359,608	4421717,985	0,012	0,02	0,768
192	Suelo		755376,777	4421712,03	0,012	0,02	0,663
193	Suelo		755382,3	4421709,678	0,012	0,02	0,508
194	Suelo		755383,688	4421708,666	0,012	0,02	0,968
195	Suelo		755387,164	4421706,605	0,012	0,02	1,252
196	Suelo		755389,415	4421706,127	0,012	0,02	1,771

197	Suelo		755393,296	4421703,05	0,012	0,02	1,636
198	Suelo		755397,057	4421704,059	0,012	0,02	1,079
199	Suelo		755400,928	4421702,412	0,012	0,02	1,185
200	Otro		755428,782	4421745,268	0,012	0,02	1,249
201	Suelo		755432,835	4421764,101	0,012	0,02	1,944
202	Suelo		755437,971	4421772,761	0,012	0,02	1,756
203	Suelo		755463,5	4421801,199	0,012	0,02	1,815
204	Suelo		755476,12	4421807,056	0,012	0,02	1,667
205	Otro		755483,746	4421811,227	0,012	0,02	2,062
206	Suelo		755480,095	4421817,189	0,012	0,02	2,074
207	Suelo		755476,26	4421822,019	0,012	0,02	1,812
208	Suelo		755471,435	4421832,623	0,012	0,02	1,542
209	Suelo		755466,114	4421838,87	0,012	0,02	0,279
210	Suelo		755493,842	4421829,831	0,012	0,02	1,997
211	Suelo		755509,695	4421846,306	0,012	0,02	1,796
212	Otro		755541,359	4421878,339	0,012	0,02	2,129
213	Suelo		755555,651	4421904,397	0,012	0,02	2,205
214	Suelo		755564,055	4421942,325	0,012	0,02	0,328
215	Suelo		755567,256	4421941,4	0,012	0,02	1,214
216	Suelo		755575,635	4421937,228	0,012	0,02	2,14
217	Suelo		755577,438	4421936,072	0,012	0,02	2,178
218	Suelo		755580,642	4421936,472	0,012	0,02	1,718
219	Otro		755591,391	4421953,717	0,012	0,02	1,783
220	Bases	B2	755968,076	4422635,64	0,012	0,02	1,297
221	Bases	R2	755885,961	4422670,797	0,012	0,02	2,323
222	Otro		755640,216	4422062,715	0,012	0,02	1,961
223	Suelo		755632,255	4422066,414	0,012	0,02	2,142
224	Suelo		755635,087	4422089,2	0,012	0,02	2,313
225	Suelo		755644,393	4422095,716	0,012	0,02	2,74
226	Suelo		755640,999	4422109,468	0,012	0,02	2,198
227	Suelo		755646,963	4422127,116	0,012	0,02	2,159
228	Suelo		755641,513	4422139,514	0,012	0,02	2,524
229	Suelo		755650,623	4422146,262	0,012	0,02	2,297
230	Suelo		755657,755	4422156,137	0,012	0,02	1,472
231	Suelo		755663,305	4422163,779	0,012	0,02	0,846
232	Otro		755671,758	4422184,579	0,012	0,02	0,817
233	Suelo		755674,813	4422202,49	0,012	0,02	0,949
234	Suelo		755661,159	4422211,738	0,012	0,02	2,41
235	Suelo		755647,381	4422220,234	0,012	0,02	1,73
236	Suelo		755685,661	4422238,79	0,012	0,02	1,026
237	Suelo		755696,504	4422254,307	0,012	0,02	0,741
238	Suelo		755707,162	4422278,997	0,012	0,02	0,909
239	Suelo		755720,985	4422302,341	0,012	0,02	1,629
240	Otro		755736,592	4422313,621	0,012	0,02	1,007
241	Suelo		755759,511	4422371,394	0,012	0,02	1,609
242	Suelo		755763,596	4422378,36	0,012	0,02	0,892
243	Suelo		755767,332	4422391,803	0,012	0,02	1,399
244	Suelo		755773,981	4422409,036	0,012	0,02	1,098
245	Otro		755780,892	4422426,76	0,012	0,02	1,703
246	Suelo		755788,733	4422440,392	0,012	0,02	1,72

247	Suelo		755799,156	4422451,386	0,012	0,02	1,434
248	Suelo		755813,045	4422468,531	0,012	0,02	1,042
249	Suelo		755833,527	4422497,903	0,012	0,02	1,376
250	Suelo		755856,066	4422513,373	0,012	0,02	0,682
251	Otro		755856,098	4422513,385	0,012	0,02	0,662
252	Suelo		755868,514	4422556,659	0,012	0,02	1,257
253	Suelo		755858,327	4422558,148	0,012	0,02	1,067
254	Otro		755889,293	4422591,53	0,012	0,02	0,78
255	Suelo		755906,879	4422620,333	0,012	0,02	1,015
256	Suelo		755916,232	4422628,63	0,012	0,02	0,693
257	Costa		755925,587	4422632,621	0,012	0,02	0,596
258	Otro		755965,767	4422651,416	0,012	0,02	0,494
259	Suelo		755961,96	4422657,774	0,012	0,02	1,065
260	Suelo		755959,326	4422678,459	0,012	0,02	0,521
261	Suelo		755957,568	4422688,689	0,012	0,02	0,49
262	Suelo		755954,412	4422714,564	0,012	0,02	0,587
263	Suelo		755955,893	4422733,444	0,012	0,02	0,618
264	Suelo		755956,801	4422756,513	0,012	0,02	0,535
265	Suelo		755957,518	4422763,172	0,012	0,02	0,466
266	Otro		755958,337	4422782,113	0,012	0,02	0,471
267	Suelo		755959,043	4422814,464	0,012	0,02	0,592
268	Suelo		755961,419	4422831,314	0,012	0,02	0,542
269	Suelo		755961,989	4422840,292	0,012	0,02	0,808
270	Suelo		755964,512	4422857,425	0,012	0,02	0,829
271	Suelo		755966,022	4422868,079	0,012	0,02	0,886
272	Suelo		755971,521	4422906,92	0,012	0,02	0,797
273	Suelo		755976,029	4422933,754	0,012	0,02	0,767
274	Otro		755977,243	4422942,461	0,012	0,02	0,714
275	Costa		755982,657	4422965,107	0,012	0,02	0,334
276	Costa		755984,013	4422978,494	0,012	0,02	0,305
277	Costa		755985,182	4422989,854	0,012	0,02	0,243
278	Costa		755985,605	4423002,62	0,012	0,02	0,281
279	Costa		755986,717	4423019,15	0,012	0,02	0,402
280	Costa		755988,877	4423028,694	0,012	0,02	0,209
281	Costa		755989,217	4423039,409	0,012	0,02	0,251
282	Costa		755989,708	4423050,129	0,012	0,02	0,3
283	Costa		755990,695	4423063,738	0,012	0,02	0,294
284	Costa		755991,44	4423071,542	0,012	0,02	0,275
285	Otro		755991,285	4423083,961	0,012	0,02	0,733
286	Suelo		755987,026	4423082,885	0,012	0,02	1,375
287	Otro	Gcp	755980,255	4423089,649	0,012	0,02	2,986
288	Planimetria		755979,662	4423101,502	0,012	0,02	2,525
289	Planimetria		755996,69	4423168,382	0,012	0,02	2,63
290	Otro		756006,775	4423211,397	0,012	0,02	2,574
291	Otro		756060,613	4423304,409	0,012	0,02	0,906

Listado de puntos obtenidos con Estación Total:

id	X	Y	Z
1000	756249,972	4423994.395	1,567
1002	756288,761	4424007.828	-1,466
1003	756284,46	4424107.771	-1,591
1004	756288,31	4424108.764	-2,071
1005	756286,738	4424205.648	-0,16
1006	756293,807	4424205.150	-1,246
1007	756294,923	4424297.485	0,605
1008	756299,543	4424295.504	-0,177
1009	756305,481	4424293.925	-1,185
1010	756309,421	4424294.019	-1,711
1011	756312,596	4424380.946	-0,171
1012	756318,654	4424379.421	-1,373
1013	756328,15	4424476.998	-0,322
1014	756333,422	4424475.885	-1,298
1015	756353,668	4424551.663	-0,258
1016	756359,24	4424548.584	-1,285
1017	756213,15	4423981.744	-0,064
1018	756217,684	4423978.396	-0,769
1019	756223,054	4423975.629	-0,955
1020	756231,407	4423973.465	-1,37
1021	756182,344	4423926.788	-0,112
1022	756188,496	4423924.468	-1,309
1023	756159,159	4423853.327	-0,128
1024	756166,107	4423852.186	-1,365
1025	756163,751	4423853.397	-0,727
1026	756146,403	4423773.393	-0,037
1027	756151,073	4423771.539	-0,573
1028	756155,845	4423770.472	-1,498
1029	756134,068	4423687.487	-0,102
1030	756139,744	4423686.432	-1,004
1031	756144,01	4423685.525	-1,339
1032	756118,574	4423578.067	-0,059
1033	756118,619	4423580.583	-0,027
1034	756126,05	4423579.226	-0,938
1035	756128,937	4423579.725	-1,503
1036	756110,668	4423500.617	-0,158
1037	756116,55	4423498.671	-1,104
1038	756120,121	4423498.299	-1,679
1039	756105,127	4423419.790	-0,081
1040	756114,306	4423419.734	-1,521
1041	756119,339	4423332.378	-0,121
1042	756128,251	4423333.857	-1,039
1043	756135,266	4423334.440	-1,563
2000	755272,571	4421606.789	0,907
2001	755248,998	4421574.802	-0,107
2002	755251,902	4421569.754	-0,715

2003	755259,13	4421560.110	-1,021
2004	755262,461	4421556.516	-1,151
2005	755313,834	4421605.323	-0,129
2006	755328,724	4421592.113	-1,228
2007	755384,455	4421673.170	-0,146
2008	755392,837	4421667.438	-1,07
2009	755398,932	4421662.499	-1,309
2010	755435,632	4421739.970	-0,187
2011	755444,165	4421734.169	-1,288
2012	755448,697	4421731.196	-1,355
2013	755490,662	4421806.649	-0,111
2014	755490,647	4421806.709	-0,157
2015	755496,803	4421802.246	-1,5
2016	755544,831	4421868.557	-0,038
2017	755554,622	4421864.539	-1,276
2018	755557,944	4421863.073	-1,499
2019	755597,636	4421949.715	-0,028
2020	755603,004	4421946.316	-0,955
2021	755605,849	4421943.564	-1,611
3000	755885,968	4422670.823	2,333
3001	755648,182	4422060.669	-0,008
3002	755655,804	4422058.258	-1,18
3003	755657,611	4422054.779	-1,723
3004	755677,333	4422182.510	-0,115
3005	755685,195	4422181.647	-1,137
3006	755687,779	4422181.169	-1,598
3007	755742,537	4422310.910	-0,09
3008	755747,715	4422307.793	-0,975
3009	755752,337	4422304.638	-1,329
3010	755788,513	4422422.035	-0,043
3011	755794,665	4422418.583	-1,356
3013	755860,031	4422511.994	-0,116
3014	755871,675	4422506.878	-0,691
3015	755883,863	4422499.284	-1,17
3016	755889,623	4422496.864	-1,385
3017	755895,017	4422585.691	-0,139
3018	755900,69	4422583.545	-0,998
3019	755905,699	4422582.513	-1,349
3020	755971,526	4422652.909	-0,099
3021	755979,373	4422655.160	-1,176
3022	755984,175	4422655.988	-1,494
3023	755960,984	4422714.587	-0,068
3024	755967,44	4422716.656	-0,99
3025	755962,731	4422781.641	-0,018
3026	755969,932	4422781.605	-1,009
3027	755974,297	4422782.265	-1,563
3028	755972,28	4422867.844	0,083
3029	755983,76	4422940.924	-0,004
3030	755983,724	4422941.015	-0,035
3031	755991,802	4422940.353	-1,255

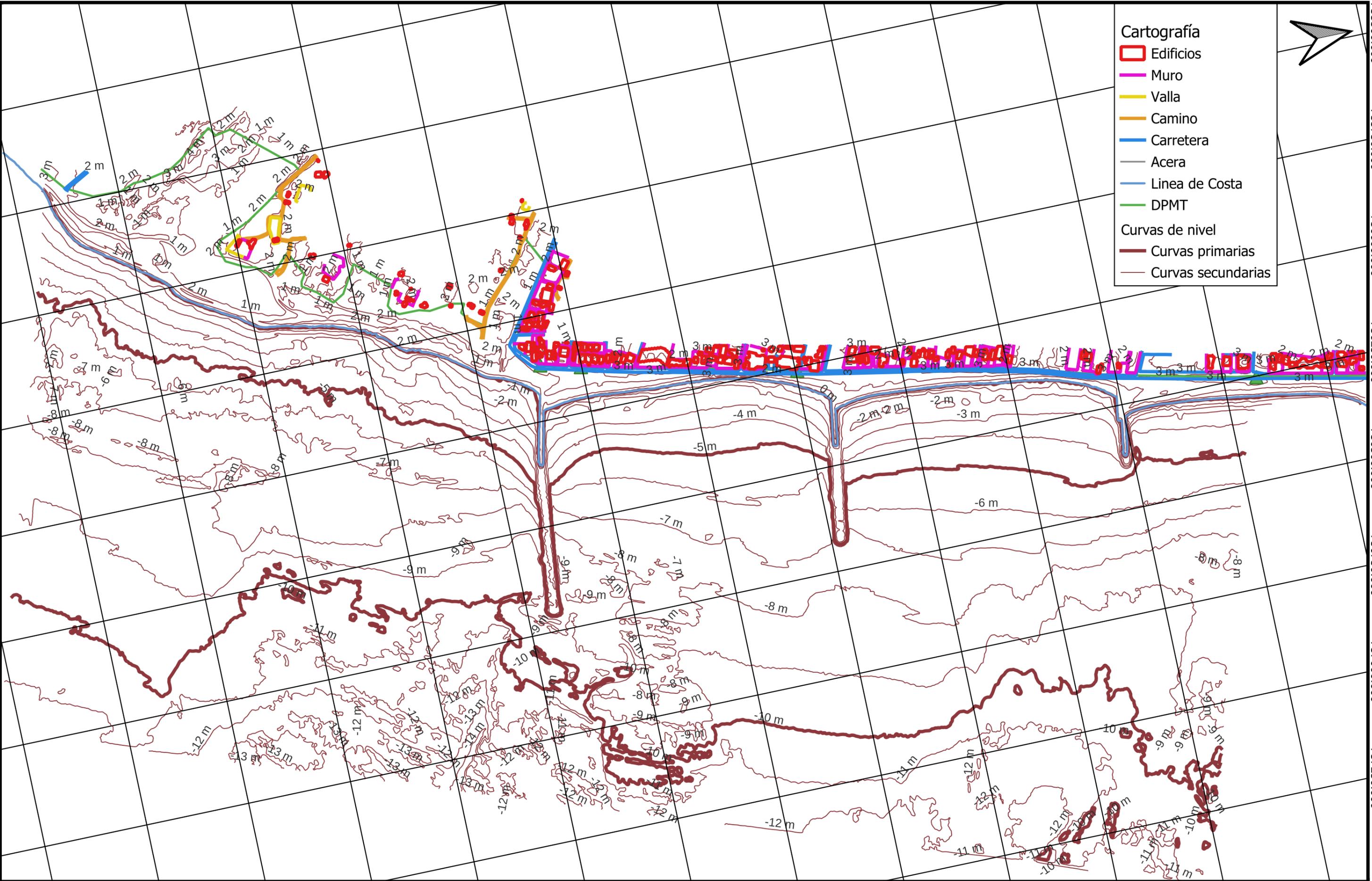
3032	755996,917	4422939.840	-1,576
3033	755994,228	4423083.627	0,002
3034	756002,613	4423084.762	-1,297
3035	756005,441	4423083.483	-1,885
3036	756006,807	4423142.155	-0,141
3037	756024,893	4423208.907	-0,052
3038	756032,212	4423207.812	-1,125
3039	756037,151	4423206.561	-1,51

CARTOGRAFÍA

4421750.000 4422000.000 4422250.000 4422500.000 4422750.000 4423000.000 4423250.000 4423500.000 4423750.000 4424000.000 4424250.000 4424500.000 4424750.000



- Cartografía**
- ▭ Edificios
 - ▬ Muro
 - ▬ Valla
 - ▬ Camino
 - ▬ Carretera
 - ▬ Acera
 - ▬ Línea de Costa
 - ▬ DPMT
- Curvas de nivel**
- ▬ Curvas primarias
 - ▬ Curvas secundarias



Título proyecto:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN UN
PROYECTO DE GESTIÓN DE ZONA COSTERA
Autor: Lucas Niño Vinuesa

Sistema de referencia y
proyección:
ETRS89 / UTM zona 30N
ABRIL de 2023

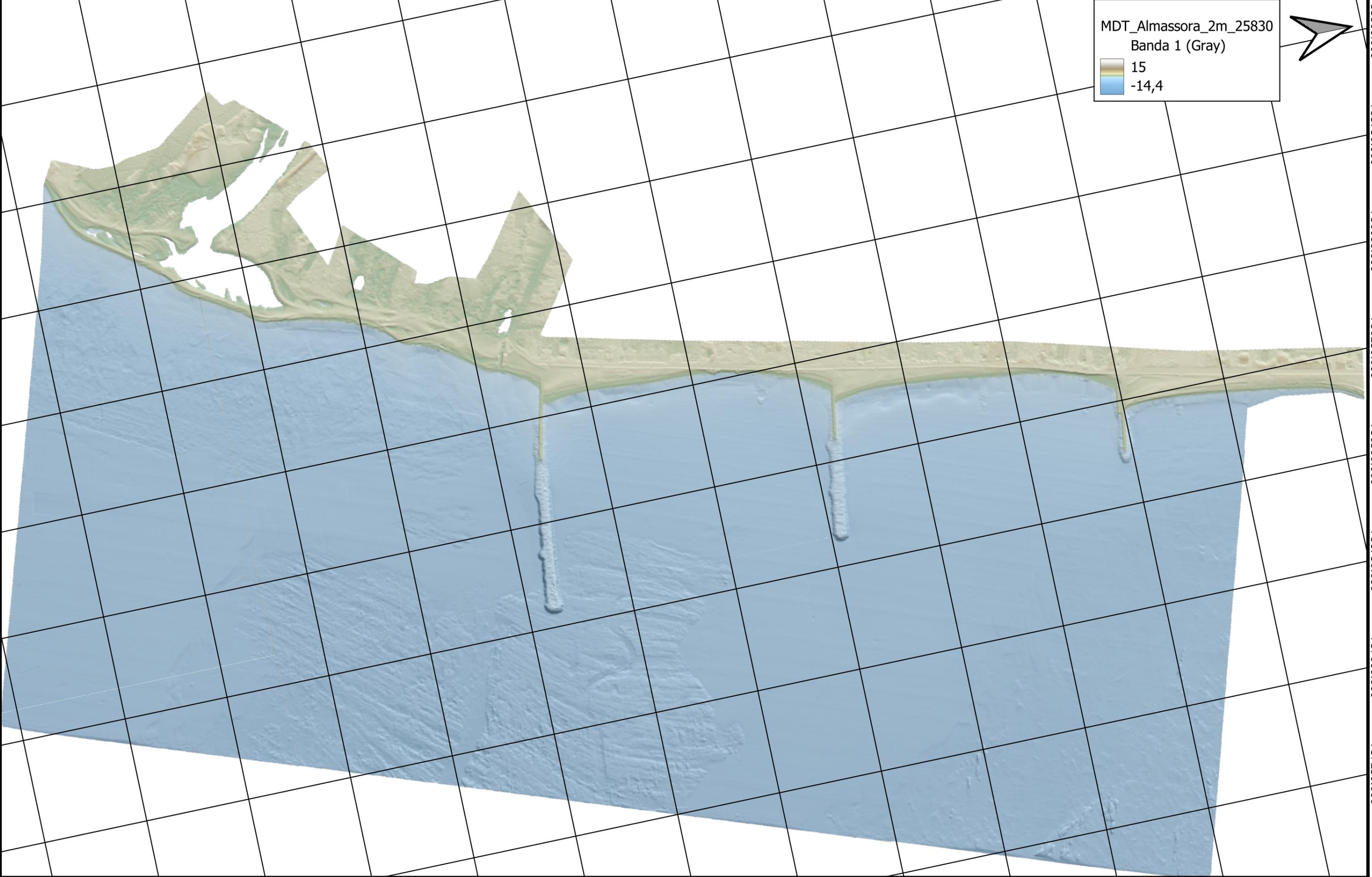
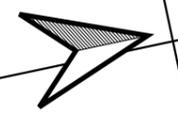
Título plano:
CARTOGRAFIA DE PLAYA DE LA
TORRE, ALMAZORA

ESCALA 1:8000 (A3)
Cota 0 referida al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA)

0 250 500 m

4421750.000 4422000.000 4422250.000 4422500.000 4422750.000 4423000.000 4423250.000 4423500.000 4423750.000 4424000.000 4424250.000 4424500.000 4424750.000

MDT_Almassora_2m_25830
Banda 1 (Gray)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Título proyecto:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN UN
PROYECTO DE GESTIÓN DE ZONA COSTERA
Autor: Lucas Niño Vinuesa

Sistema de referencia y
proyección:
ETRS89 / UTM zona 30N
ABRIL de 2023

Título plano:
MODELO DIGITAL DEL TERRENO DE PLAYA
DE LA TORRE,ALMAZORA

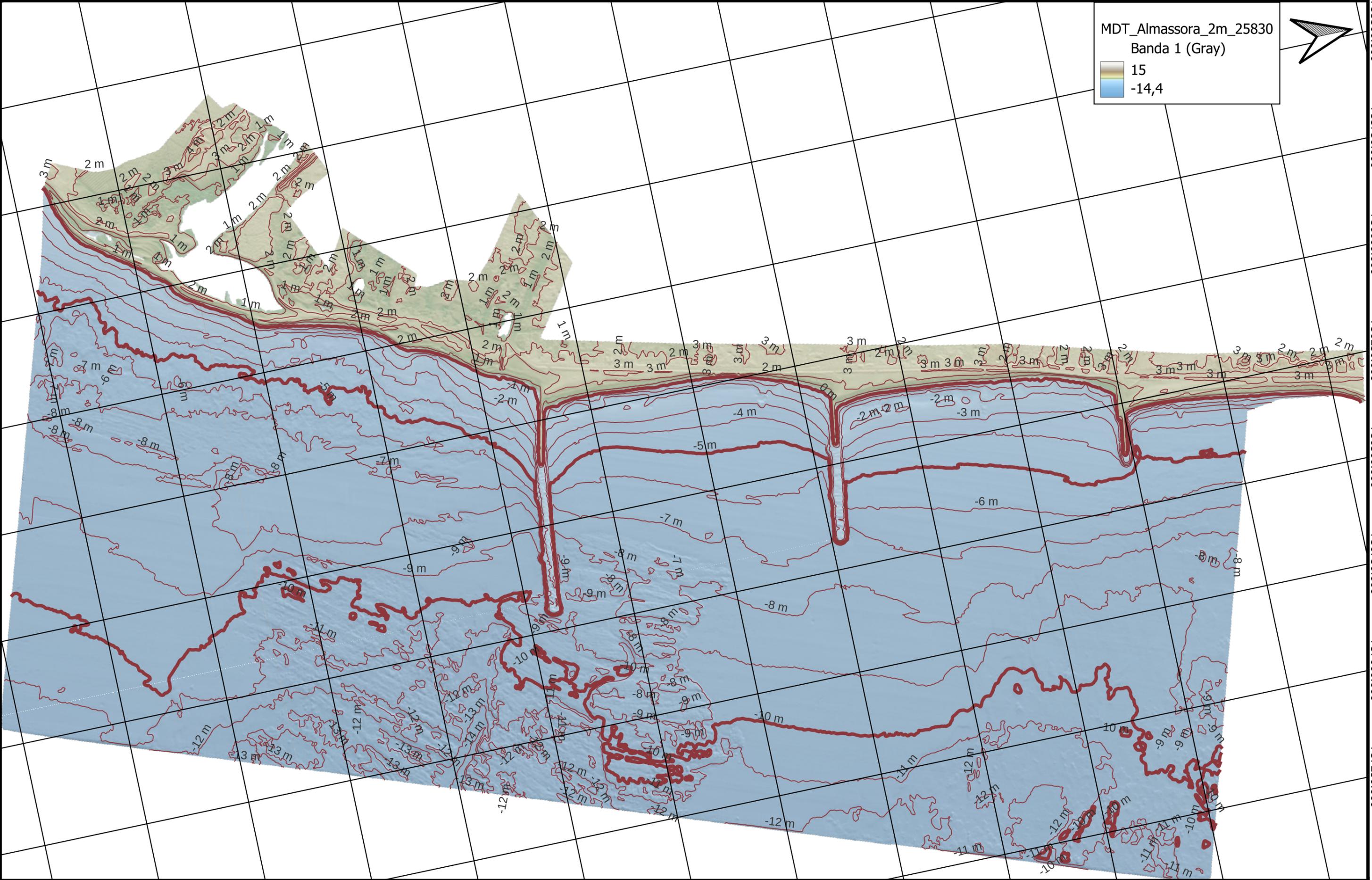
ESCALA 1:8000 (A3)
Cota 0 referida al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA)

0 250 500 m

4421750.000 4422000.000 4422250.000 4422500.000 4422750.000 4423000.000 4423250.000 4423500.000 4423750.000 4424000.000 4424250.000 4424500.000 4424750.000

MDT_Almassora_2m_25830
Banda 1 (Gray)

15
-14,4



75500.000
755750.000
756000.000
756250.000
756500.000
756750.000
757000.000
757250.000



Título proyecto:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN UN
PROYECTO DE GESTIÓN DE ZONA COSTERA
Autor: Lucas Niño Vinuesa

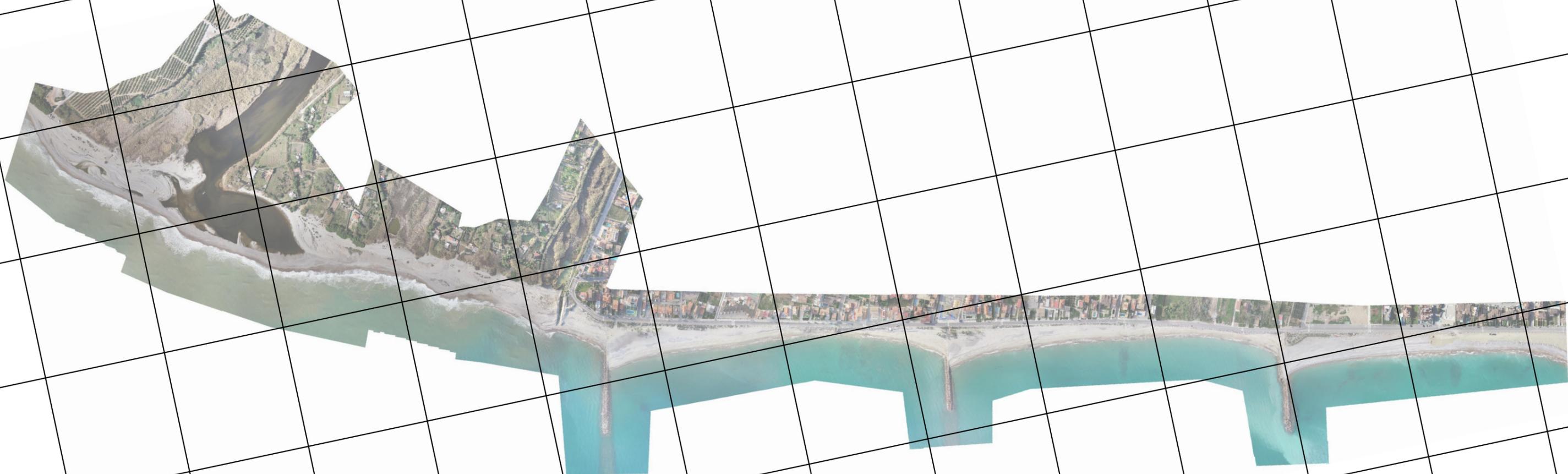
Sistema de referencia y
proyección:
ETRS89 / UTM zona 30N
ABRIL de 2023

Título plano:
MODELO DIGITAL DEL TERRENO Y CURVAS
DE NIVEL DE PLAYA DE LA
TORRE,ALMAZORA

ESCALA 1:8000 (A3)
Cota 0 referida al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA)

0 250 500 m

4421750.000 4422000.000 4422250.000 4422500.000 4422750.000 4423000.000 4423250.000 4423500.000 4423750.000 4424000.000 4424250.000 4424500.000 4424750.000



755500.000
755750.000
756000.000
756250.000
756500.000
756750.000
757000.000
757250.000



Título proyecto:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN UN
PROYECTO DE GESTIÓN DE ZONA COSTERA
Autor: Lucas Niño Vinuesa

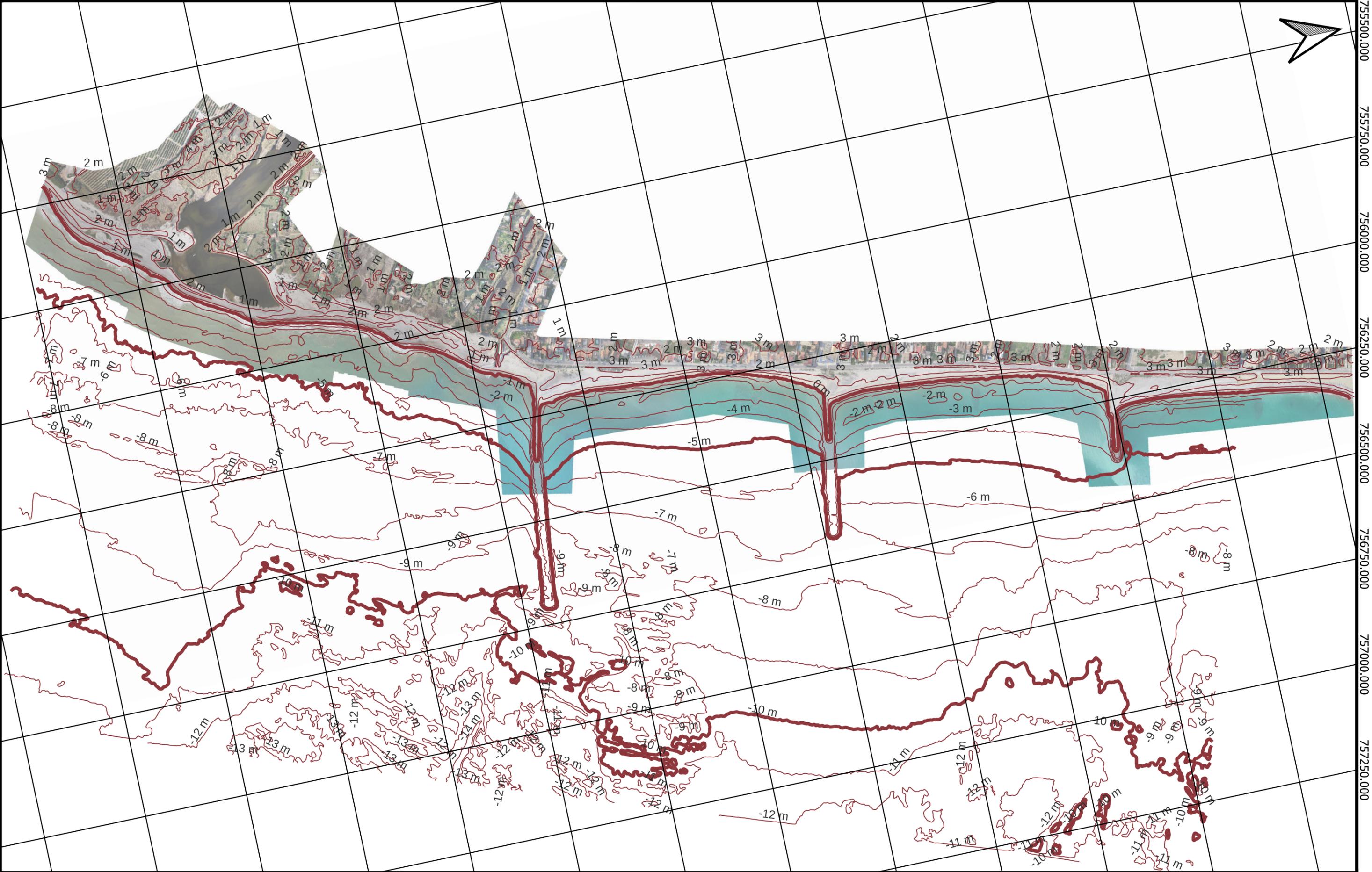
Sistema de referencia y
proyección:
ETRS89 / UTM zona 30N
ABRIL de 2023

Título plano:
ORTOMOSAICO DE PLAYA DE LA
TORRE, ALMAZORA

ESCALA 1:8000 (A3)
Cota 0 referida al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA)
0 250 500 m



4421750.000 4422000.000 4422250.000 4422500.000 4422750.000 4423000.000 4423250.000 4423500.000 4423750.000 4424000.000 4424250.000 4424500.000 4424750.000



Título proyecto:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN UN
PROYECTO DE GESTIÓN DE ZONA COSTERA
Autor: Lucas Niño Vinuesa

Sistema de referencia y
proyección:
ETRS89 / UTM zona 30N
ABRIL de 2023

Título plano:
ORTOMOSAICO Y CURVAS DE NIVEL DE
PLAYA DE LA TORRE, ALMAZORA

ESCALA 1:8000 (A3)
Cota 0 referida al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA)
0 250 500 m

