

PROYECTO

Proyecto:	Fotobatimetría Mar Menor						
Cliente:	Tragsa						
Código Proyecto	T0029_MGL_2021_R00_TRAGSA_Batimetria						
Revisión	Descripción	Preparado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Aprobado por (cliente)	Fecha
00	Borrador	AP	AP		12/09/21		
Documento							
Número documento				Referencia archivo			
<p>Confidencialidad</p> <p>Este documento es propiedad exclusiva de Portwin Soluciones Marítimas Avanzadas S.L. y del cliente en cuestión. Este documento ha sido entregado con el único propósito de revisión y no está permitida su distribución ni publicación sin autorización específica de Portwin Soluciones Marítimas Avanzadas S.L. La persona o entidad que reciba el presente documento es responsable directo del uso discreto de dicha información.</p>							



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	ZONA DE ESTUDIO.....	3
2	METODOLOGÍA.....	4
2.1	EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	4
2.2	PLANIFICACIÓN DE VUELO.....	5
2.2.1	<i>Calculo de la escala fotográfica y cartográfica</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Planificación de horario óptimo de vuelo y meteorología</i>	<i>7</i>
2.3	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GNSS PPK	8
2.3.1	<i>Puntos de control (GCP) y transectos de control.....</i>	<i>9</i>
2.4	PROCESAMIENTO DE DATOS TOPO-BATIMÉTRICOS.	10
3	RESULTADOS	11
3.1	COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y TRANSECTOS REALIZADOS EN CAMPO	11
4	CONCLUSIONES.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Parámetros de la cámara y planes de vuelos.....	7
Tabla 2 - Tabla de posición solar (http://www.sunearthtools.com/).....	8
Tabla 3 - Detalle de puntos de control	9

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 - Localización de la zona de trabajo.....	3
Imagen 2 - Área procesada	4
Imagen 3 - Phantom 4 RTK.....	4
Imagen 4 - Detalle de los transectos de fase tierra – sumergido realizados en campo	10
Imagen 5 - Principio de refracción utilizado para corregir la batimetría.....	11
Imagen 6 - Vista en planta de Transecto 1.	12
Imagen 7 - Perfil transecto 1.....	12
Imagen 8 - Vista en planta de Transecto 2.	13
Imagen 9 - Perfil transecto 2.....	13
Imagen 10 - Vista en planta de Transecto 3.	14
Imagen 11 - Perfil transecto 3.....	14
Imagen 12 - Vista en planta de Transecto 4.	15
Imagen 13 - Perfil transecto 4.....	15
Imagen 14 - Vista en planta de Transecto 5.	16
Imagen 15 - Perfil transecto 5.....	16
Imagen 16 - Vista en planta de Transecto 6.	17
Imagen 17 - Perfil transecto 6.....	17
Imagen 18 - Resultados finales	18

1 Introducción

La empresa Traga, S.L interesada en el desarrollo de las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Portwin, S.L. en el uso de la fotogrametría para general productos topo-batimétricos de alta precisión, encargó el presente trabajo, en una zona del Mar Menor, situada en el Islote del Ventorrillo para generar un modelo digital del terreno y nube de puntos que incluya la parte aérea y sumergida del área de estudio.

PortWin, S.L. ha desarrollado una metodología exclusiva la cual corrige el error inducido por la refracción en la fase aire – agua, permitiendo producir productos georreferenciados de alta precisión tanto en la horizontal como en la vertical

1.1 Zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el noreste del Mar Menor, en Murcia, (Imágenes abajo). Este área comprende la Isla del Ventorrillo y alrededores, con aguas cristalinas en condiciones de sol y poco viento, condiciones que suelen darse en esta zona. Estas circunstancias hacen que sea un lugar apropiado para nuestro estudio. El área está dentro espacio aéreo controlado (CTR y ATZ) y requiere permiso por parte de la autoridad competente. Dicho permiso fue tramitado por Tragsa y el vuelo así como la adquisición de los datos mediante el uso de un Dron DJI Phantom IV RTK.

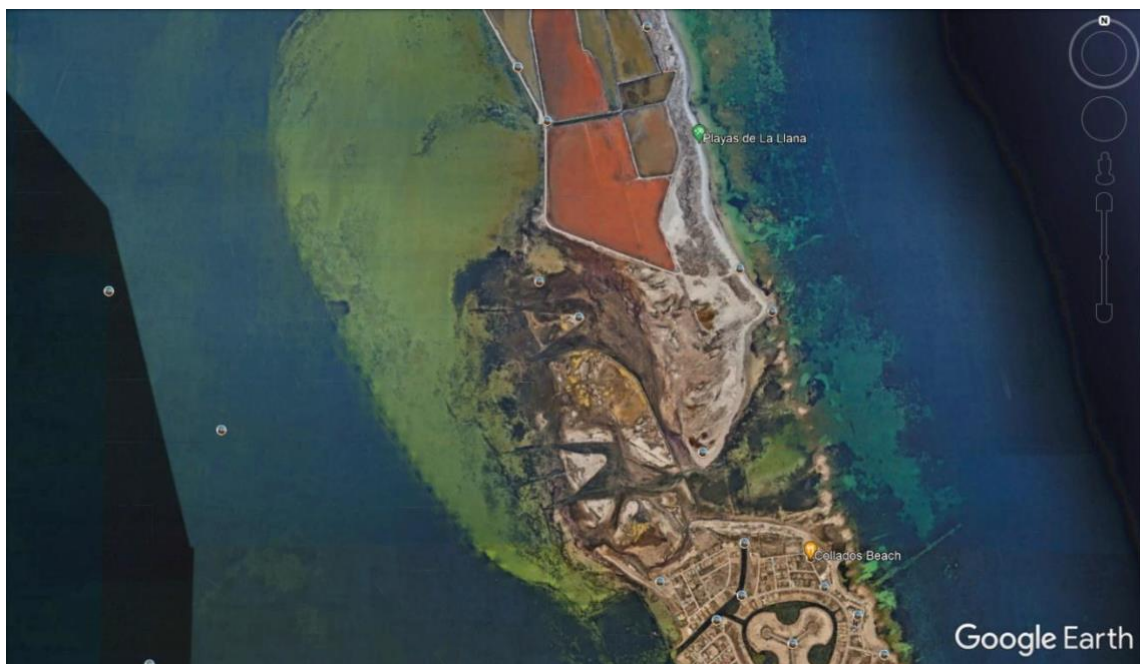


Imagen 1 - Localización de la zona de trabajo.

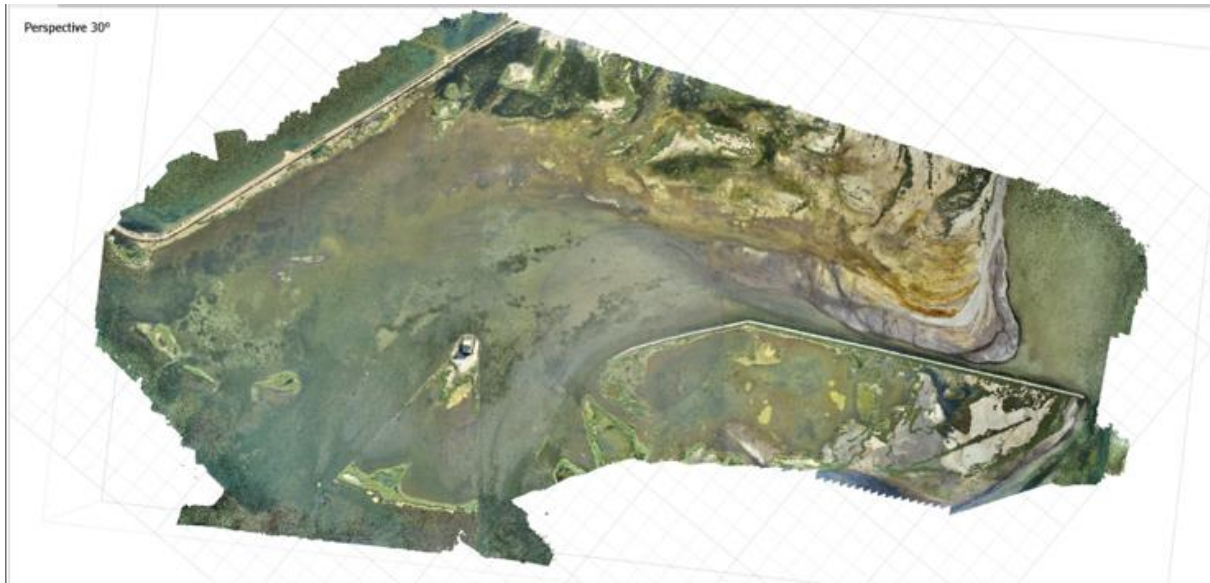


Imagen 2 - Área procesada

Tiene un área aproximada de 620 Ha que cubre una porción de mar interior somera, zonas fangosas, humedales y pequeños islotes con vegetación aislada.

2 Metodología

2.1 Equipo de adquisición de datos

Para la adquisición de datos para este proyecto se han utilizado diferentes equipos:

- **Dron DJI Phantom 4 RTK** tipo multirrotores de rango < 5kg (1391gr)

	<p>Cámara: con sensor CMOS de 1". Videos 4K y fotografías de 20 megapíxeles y lente con apertura ajustable con un rango de F2.8- F11</p> <p>Objetivo: FOV: 84° 8.8 mm / 24 mm. Formato equivalente a 35 mm: 28 mm. Apertura: f/2.8 - f/11. Distancia de enfoque: 1 m a ∞</p> <p>Rango ISO: 100 - 6400 (automático)</p> <p>Tamaño fotograma: 5472x3648</p> <p>Formatos Fotografía: JPEG / DNG (RAW)</p> <p>Formatos vídeo: MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265 Vídeo)</p> <p>GNSS: GPS + GLOSSNAS + DGNSS RTK</p>
<p>Imagen 3 - Phantom 4 RTK</p>	<p>Alcance de transmisión: 8km con visualización de video hasta 1080 p.</p>

	<p>Velocidad máxima 50 km/h y tiempo máximo de vuelo por batería de 31 minutos (en condiciones óptimas de viento y al nivel de mar). Batería inteligente de 15,2V, 5870 mAh.</p>
--	--

- Equipo GPS:

- Equipo GNSS Leica GS15 RTK para la toma de puntos CGP (Control Group Points) y transectos en campo.
 - L1/L2 GNSS RTK/PPK.
 - 120 canales
 - Soporte satélites: GPS, GLONASS, Galileo.

- IT Hardware:

- Tablet NVIDIA Shield K
- Ordenador Portátil Asus
 - Procesador: Intel® Core™ i7- 3630QM CPU @2.40GHz 2.40GHz
 - Memoria RAM: 6,00GB (5,89 GB utilizable).
 - Tarjeta gráfica: Nvidia GeForce 1600 GSX
 - Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
- Tarjeta de almacenamiento microSD UHS-I Speed Grade 3 de 256GB

- Software:

- Agisoft Metashape Profesional 1.5.2 para el procesamiento fotogramétrico y generación de nubes de puntos, modelos digitales del terreno y ortomosaico
- Autoclean de beamworks y cloud compare para filtrado de nubes de puntos
- Global Mapper V20.1 para la generación del entorno y productos SIG

2.2 Planificación de vuelo

Tanto de la ejecución como de la planificación del vuelo se encargó el cliente. En resumen los datos de vuelo son los siguientes:

- un solape frontal y lateral de 80% y 60% respectivamente.
- La altura de vuelo ha sido de 60 m, debido a las restricciones del permiso de vuelo en zona ATZ

2.2.1 Calculo de la escala fotográfica y cartográfica

Para calcular la escala fotográfica se necesitan la distancia focal y la altura de vuelo con las que aplicaremos a la siguiente fórmula:

$$1/Ef = f/H$$

- Ef = Escala fotográfica
- f = Distancia focal= 10,26 mm

- $H =$ Altura de vuelo sobre el terreno = 60
Por lo tanto la escala fotográfica es $\frac{10.26\text{mm}}{78600\text{ mm}} = 0.00017$, o lo que es lo mismo Escala 1/17000

Una vez tenemos calculada la escala fotográfica, podemos calcular la escala cartográfica mediante la siguiente fórmula:

$$E_f = K\sqrt{E_c}$$

- $E_f =$ Escala fotográfica
- $K =$ Constante de valor medio 200 (entre 150-300)
- $E_c =$ Escala cartográfica
Obtenemos una escala cartográfica de $17000 = 200\sqrt{E_c}$, $17000/200 = \sqrt{E_c}$, $E_c = 85^2$, $E_c = 7225$.
Por tanto la escala cartográfica es 1 / 7.225

VARIABLES DE VUELO PROVISIONALES	
Parámetros de la cámara	
Sensor	CMOS de 1"
FOV	84°
Aspecto del fotograma	4:3
Distancia focal	10,26 mm
Resolución de la cámara (megapíxel)	20
Plan de vuelo	
Misión de vuelo	011_2020_PAD
Altura de vuelo AGL (m)	60
GSD (Cm/píxel)	1.6
Superposición longitudinal	80%
Superposición transversal	60%
Número de fotos por vuelo	2472

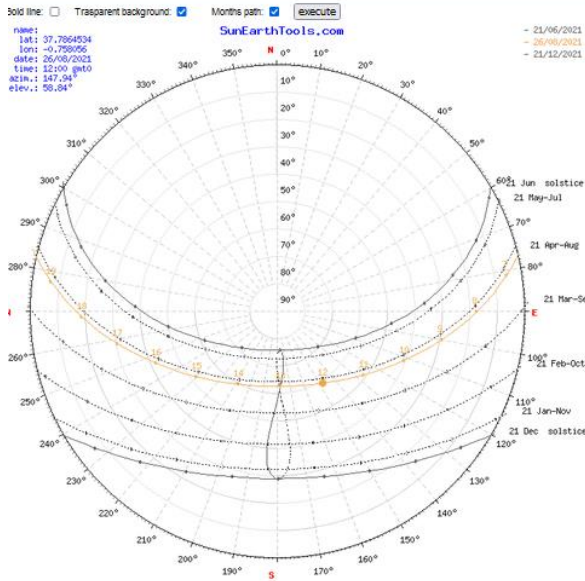
Tabla 1 - Parámetros de la cámara y planes de vuelos.

2.2.2 Planificación de horario óptimo de vuelo y meteorología

En este tipo de trabajos es importante, para la obtención de buenas imágenes, la posición de sol relativa a punto de estudio. Teniendo en cuenta de que la altura mínima recomendada es de 35° en este estudio, realizado el día 26 de Agosto de 2021 sobre 12:00 h (hora local, +2 UTC), el ángulo de altura de sol fue de 58.84° y un azimut de 147.94°, estando dentro de la altura óptima para las toma de imágenes (Tabla 4).



Insert this map tool in your site
[Back to top](#) | [Content](#) | [Data + Map](#) | [Chart Polar](#) | [Chart Cartesian](#) | [Table](#) | [Annual sun path](#) | [shadow](#) | [download PDF](#)



sun position	Elevation	Azimuth	latitude	longitude
26/08/2021 12:00 GMT0	58.84°	147.94°	37.7864534° N	0.7580560° W
twilight	Sunrise	Sunset	Azimuth Sunrise	Azimuth Sunset
twilight -0.833°	06:28:03	19:40:55	76.22°	283.53°
Civil twilight -6°	06:00:50	20:08:01	71.96°	287.76°
Nautical twilight -12°	05:28:20	20:40:23	66.61°	293.07°
Astronomical twilight -18°	04:54:24	21:14:09	60.6°	299.03°
daylight	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Noon
26/08/2021	13:12:52	-00:02:17	00:02:16	13:04:29

Tabla 2 - Tabla de posición solar (<http://www.sunearthtools.com/>).

2.3 Sistema de Posicionamiento GNSS PPK

El sistema de posicionamiento utilizado para el dron en el estudio ha sido un sistema GNSS RTK.

2.3.1 Puntos de control (GCP) y transectos de control

En los dos vuelos realizados se han utilizado GCP (Group Control Points), que hemos utilizado como puntos de georeferenciación en superficie y transectos hasta la zona sumergida permitiendo un control riguroso de la calidad y precisión de nuestros datos.

Para el estudio se colocaron un total de 3 GCP repartidos y un total de 6 transectos desde la zona seca de la carretera hasta la zona sumergida. En la imagen mas abajo se pueden ver los detalles de los GPC y los transectos tomados. Debido a la imposibilidad física de poder realizarlos en otro sitio, todas los puntos de control y transectos fueron realizados en la zona Norte del área de vuelo (este área queda fuera del polígono de trabajo proporcionado por le cliente, pero debido al ser el único acceso, los puntos de control y transectos se limitan solo a esta área).

	<p>GCP 141</p> <p>Coordenadas medidas por GNSS RTK (Leica):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 697393.221 E ● 4185268.232 N <p>Coordenadas después de procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 697393.214 E ● 4185268.239 N <p>Diferencias: $\Delta E = 1.1$ cm, $\Delta N = 0.7$ cm</p>
	<p>GCP 143</p> <p>Coordenadas medidas por GNSS RTK (Leica):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 697151.635 E ● 4185351.039 N <p>Coordenadas después de procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 697151.623 E ● 41852351.054 N <p>Diferencias: $\Delta E = 1.2$ cm, $\Delta N = 1.5$ cm</p>

Tabla 3 - Detalle de puntos de control

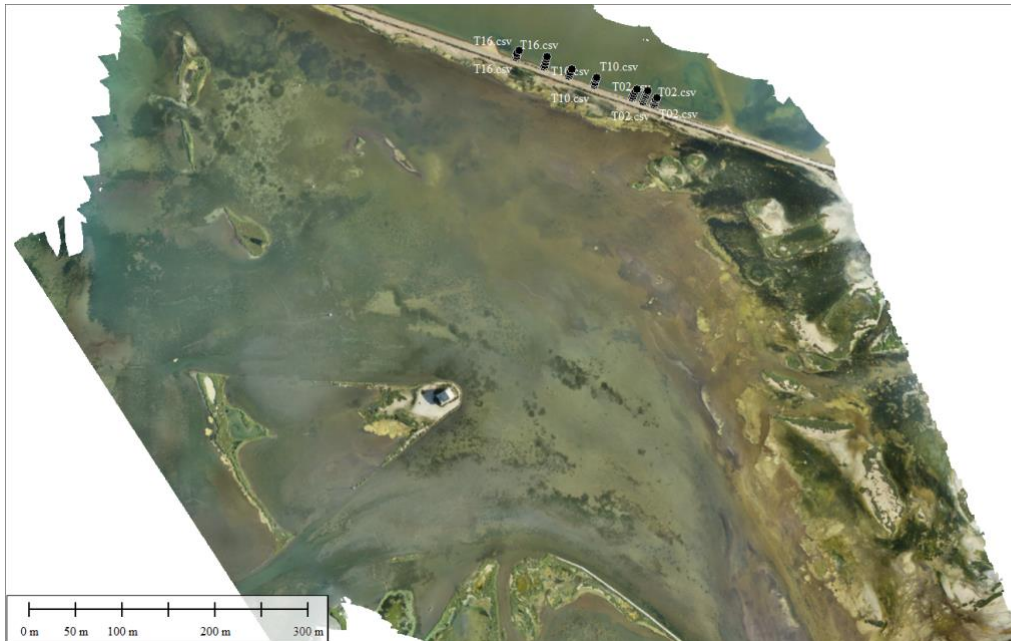


Imagen 4 - Detalle de los transectos de fase tierra – sumergido realizados en campo

2.4 Procesamiento de datos Topo-Batimetricos.

La Geodesia utilizada es la oficial según legislación en España.

- Datum: ETRS89
- Zona: 30 N (6°W - 0°W)
- EPGS: 25830
- Geodie: EGM08

La generación de la nube de puntos mediante el uso de metodología de pares estereoscópicos y (StFm) en zonas acuosas por lo general suele generar bastante ruido en el proceso. Dependiendo del software utilizado podemos llegar a no tener puntos en la nube de puntos en la zona de agua ya que son clasificados como no válidos. Por este motivo, se procedido a hacer un filtrado e interpolación para limpiar estas, así depuramos de datos que pueden interferir de forma errónea en el procesado topobatimétrico.

El filtrado se ha realizado utilizando y comparando los software Beamworks y Cloud Compare, con el que hemos hecho un filtrado automático y manual por secciones y posterior interpolación. Como resultado obtenemos nubes de puntos más depuradas y una disminución sustancial de puntos dispersos.

Generada la nube de puntos densa, esta se ha exportado a archivo LIDAR (.laz) e importado como capa en el software GlobbarMapper v20.0, que hemos usado para el procesado GIS de los productos fotogramétricos.

A partir de aquí se han aplicado los algoritmos de corrección que corrigen el error de la refracción de la luz producida entre la capa de aire y la de agua (factor de corrección de refracción del agua de mar).

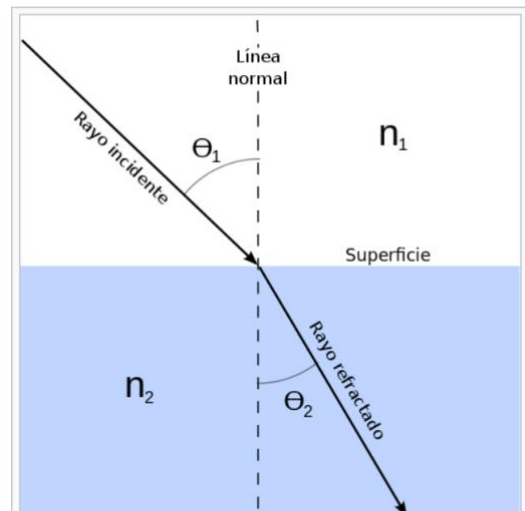
Se denomina **índice de refracción** al cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula como:

c = Velocidad de la luz en el vacío

v = velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (agua, vidrio, etc.).

n = índice de refracción del medio.

Imagen 5 - Principio de refracción utilizado para corregir la batimetría.



Refracción de la luz en la interfaz entre dos medios con diferentes índices de refracción ($n_2 > n_1$). Como la velocidad de fase es menor en el segundo medio ($v_2 < v_1$), el ángulo de refracción θ_2 es menor que el ángulo de incidencia θ_1 ; esto es, el rayo en el medio de índice mayor es cercano al vector normal.

3 Resultados

3.1 Comparación de resultados y transectos realizados en campo

Mas abajo podemos observar los resultados comparativos entre los datos tomados en campo (GNSS Leica RTK) y los productos topo-batimetricos.



Imagen 6 - Vista en planta de Transecto 1.

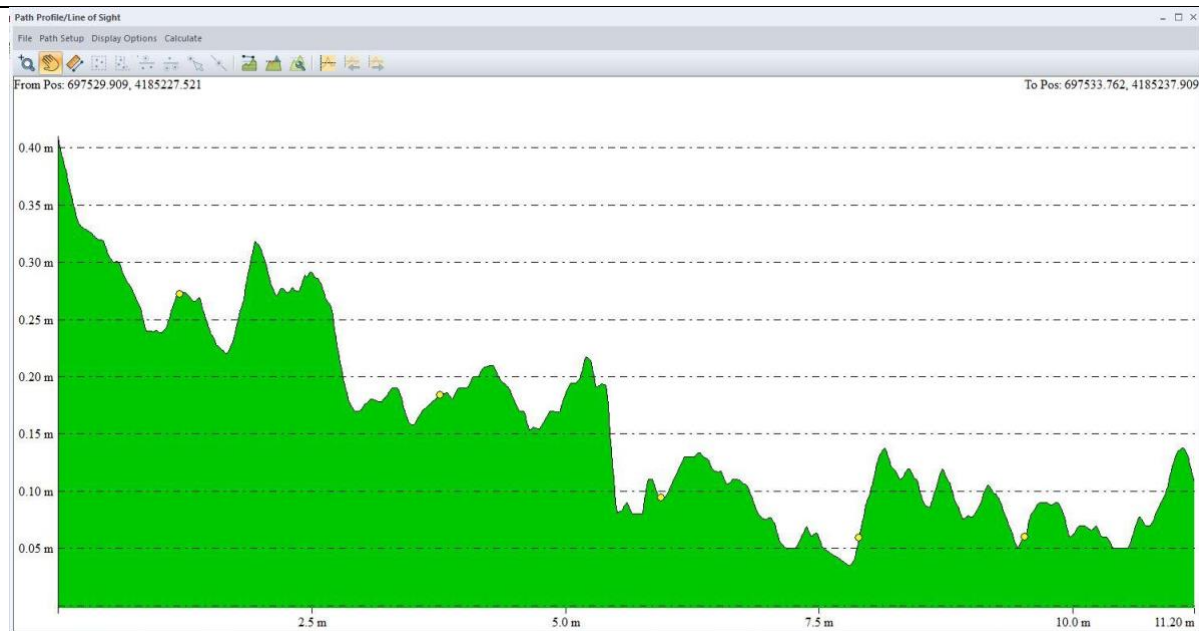


Imagen 7 - Perfil transecto 1

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica



Imagen 8 - Vista en planta de Transecto 2.

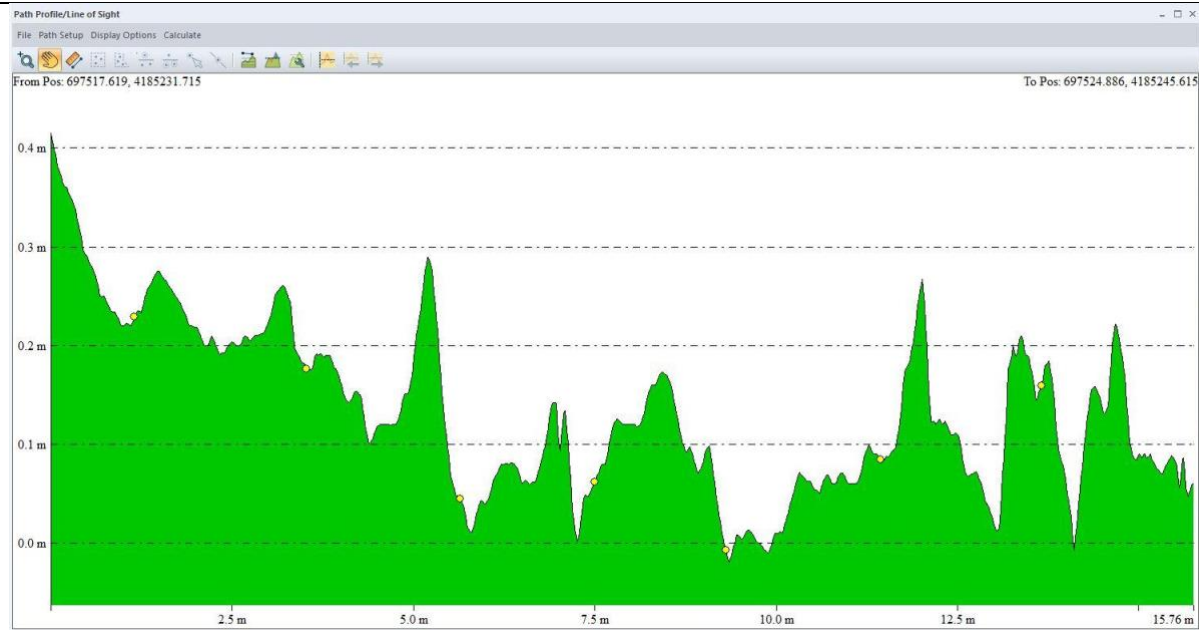


Imagen 9 - Perfil transecto 2.

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica



Imagen 10 - Vista en planta de Transecto 3.

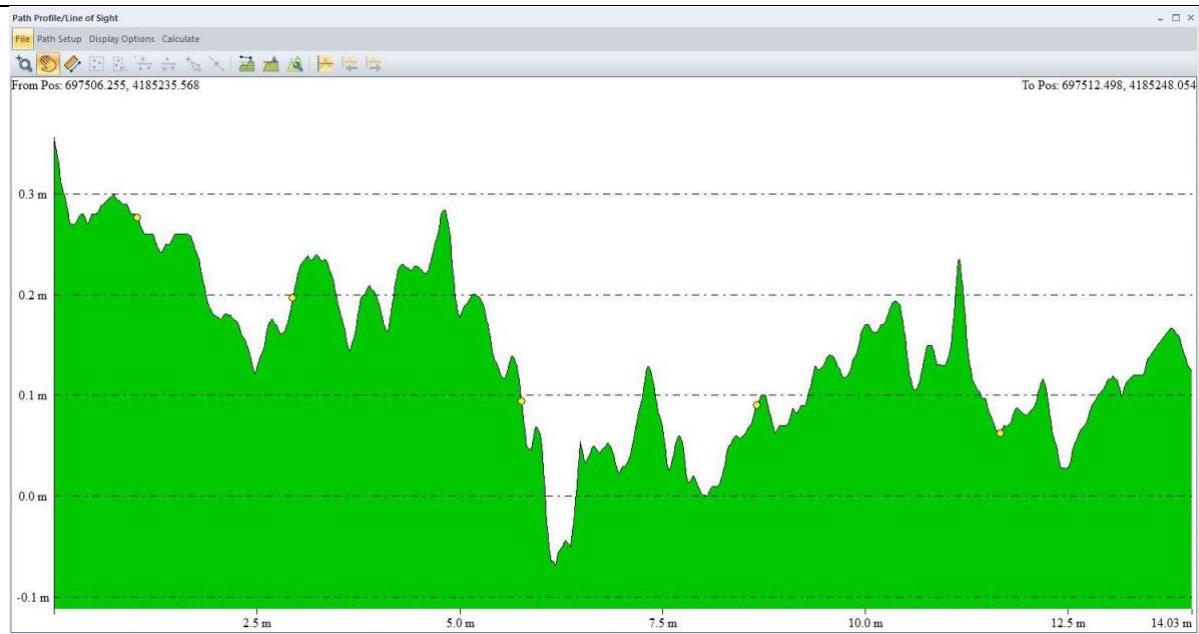


Imagen 11 - Perfil transecto 3.

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica



Imagen 12 - Vista en planta de Transecto 4.

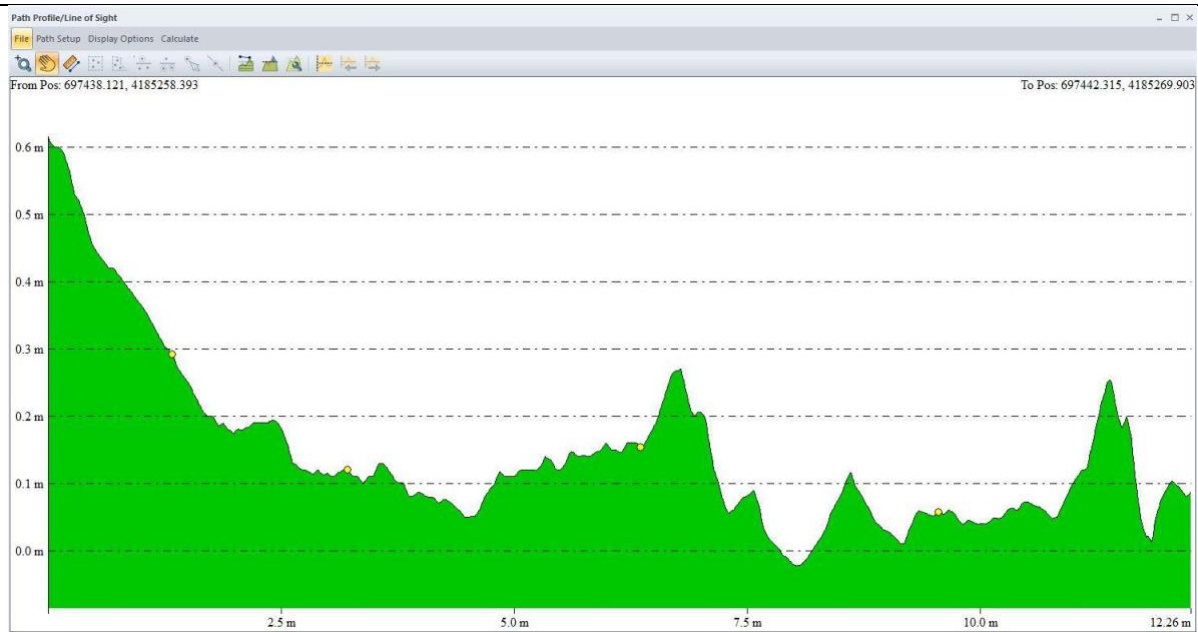


Imagen 13 - Perfil transecto 4.

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica



Imagen 14 - Vista en planta de Transecto 5.

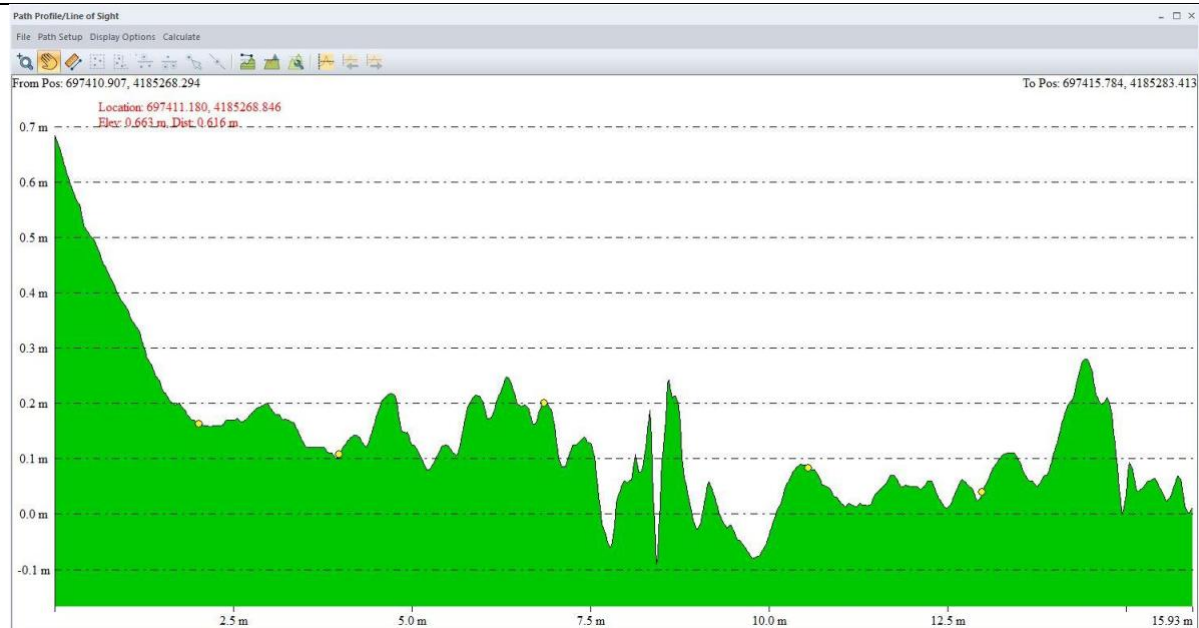


Imagen 15 - Perfil transecto 5

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica



Imagen 16 - Vista en planta de Transecto 6.

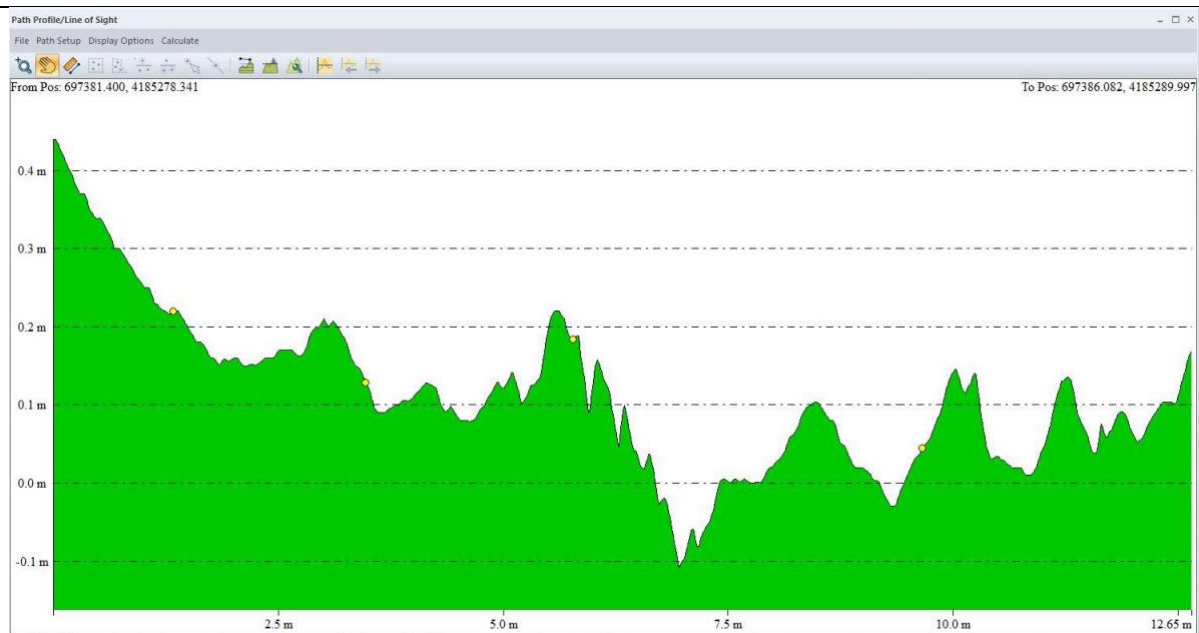


Imagen 17 - Perfil transecto 6.

Terreno en verde, perfil topo-batimétrico con la corrección del error de la refracción ya aplicado. Puntos en amarillo representan las cotas medidas en RTK por el GNSS Leica

Como se puede observar los perfiles de los productos topo-batimétricos y los de transectos tomados en campo en la zona seca – sumergida. Los puntos encajan muy bien y la mayor diferencia entre una medición y otra, no es nunca superior a 5 cm, teniendo en cuenta también que cada método de medición tiene sus propias fuentes de error. También se ha de tener en cuenta que la zona donde se han realizado las comparaciones, es donde peor superposición de imágenes hay y donde los errores se han maximizado. Aun así los resultados están muy por debajo del error permitido para una batimetría del Special Order según IHO S-44.

Los resultados finales se pueden ver más abajo

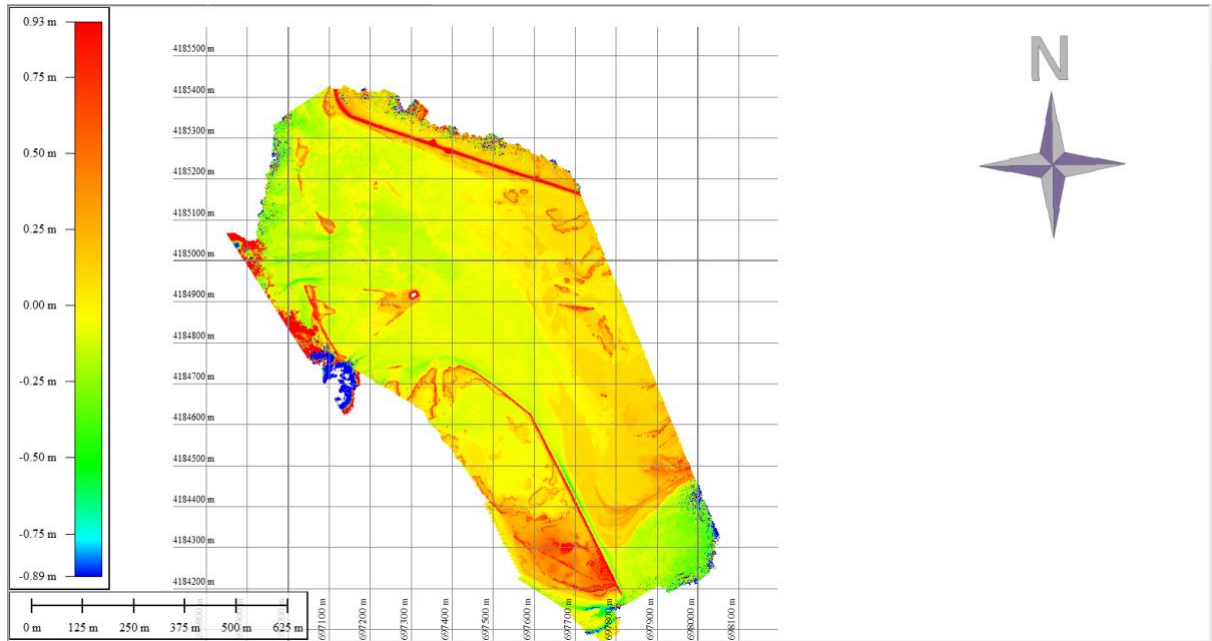
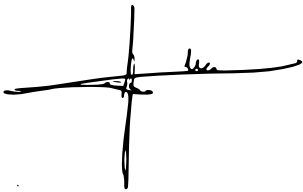


Imagen 18 - Resultados finales

4 Conclusiones

Los resultados son de gran calidad y precisión como han demostrado los resultados. Con una mejor planificación de vuelo y el uso de filtros polarizados se podrían reducir el ruido en zonas más profundas de 1.5 m de profundidad.

En cualquier caso, los resultados están todos muy por debajo de la tolerancia de errores permitidos por la IHO (International Hydrographic Organization), lo que demuestra que esta metodología desarrollada por Portwin Soluciones Marítimas Avanzadas, S.L. funciona y proporciona excelentes resultados y puede tener aplicaciones muy interesantes en la monitorización de alta resolución de ecosistemas costeros con aguas claras.

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Alejandro Polo Santabárbara".

Alejandro Polo Santabárbara
Chief Technology Officer
Portwin Soluciones Maritimas Avanzadas, S.L.