



# Conocimiento y transferencia de tecnología sobre vehículos aéreos y acuáticos para el desarrollo transfronterizo de ciencias marinas y pesqueras

(POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E)

## Informe técnico

**Actividad 2.1. Definición de las características del sensor RGB  
a bordo e identificación de los aspectos técnicos a tener en  
cuenta para contar con un sensor que sea capaz de realizar la  
obtención de imágenes de calidad para el posterior  
levantamiento topográfico**

## Título

**Informe sobre la sensórica a embarcar para obtención de  
datos con RPAS en regiones costeras de gran amplitud**

**Producto final – Acción 2.1 | 21/06/2021**

**Nombre del Proyecto:** KTTSeaDrones - Conocimiento y transferencia de tecnología sobre vehículos aéreos y acuáticos para el desarrollo transfronterizo de ciencias marinas y pesqueras

**Código del proyecto:** POCTEP 0622-KTTSEADRONES-5-E

Datos del proyecto

<b>Localización</b>	España y Portugal		
<b>Fecha de inicio</b>	01/10/2017		
<b>Fecha de finalización</b>	31/12/2021	<b>Prórroga hasta</b>	05/04/2022
<b>Financiación total</b>	€ 1.120.864,43		
<b>Contribución UE</b>	€ 840.648,32		
<b>Cofinanciación UE (%)</b>	75%		

Datos del beneficiario principal (BP)

<b>Beneficiario principal</b>	Universidad de Huelva
<b>Persona de contacto</b>	Vicerrector de Investigación y Transferencia
<b>Dirección</b>	C/ Cantero Cuadrado 6, 21004 Huelva
<b>Teléfono</b>	+34 959 218013
<b>E-mail</b>	kttseadrones@gmail.com
<b>Página WEB (proyecto)</b>	<a href="https://kttseadrones.wixsite.com/kttseadrones">https://kttseadrones.wixsite.com/kttseadrones</a>

Datos del documento

<b>Nombre</b>	Informe sobre la sensórica a embarcar para obtención de datos con RPAS en regiones costeras de gran amplitud
<b>Acción</b>	Acción 2.1 Definición de las características del sensor RGB a bordo e identificación de los aspectos técnicos a tener en cuenta para contar con un sensor que sea capaz de realizar la obtención de imágenes de calidad para el posterior levantamiento topográfico
<b>Autores</b>	Luis Barbero González
<b>Equipo técnico</b>	Juan Antonio López Ramírez Santiago García López Javier Benavente González Laura del Río Rodríguez
<b>Fecha</b>	21/06/2021
<b>Versión (nº)</b>	1.0

Las opiniones presentadas en este informe comprometen únicamente a los beneficiarios del proyecto y, en consecuencia, no representan en ningún caso la opinión oficial de los órganos de gestión del POCTEP.



## RESUMEN

El presente informe resume los principales argumentos a tener en cuenta a la hora de elegir la sensórica a embarcar en un dron para la obtención de datos de gran amplitud. Se contemplan en el mismo varias posibilidades tanto de sensores tradicionales RGB como otro tipo de sensores que son relevantes en los estudios costeros.

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.-** Ejemplos de falta de recubrimiento debido a una velocidad de disparo inadecuada.

**Figura 2.-** Ejemplo de un procesado fotogramétrico con situación de las imágenes y la nube de puntos 3D generada y coloreada con las imágenes RGB.

**Figura 3.-** Esquema representado el uso del GPS-RTK en donde se pueden observar las comunicaciones entre el dron y la constelación de satélites y entre los satélites y la estación de tierra posicionada con precisión.

**Figura 4.-** Posición de las bandas espectrales del sensor Micasense Dual y su comparación con las de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2A.

**Figura 5.-** Sensor MicaSense Dual con el módulo DLS sin el soporte común instalado.

## ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2.- SENsoRES PARA FOTOGRAmETRÍA CON UAV</b>	<b>5</b>
2.1.-ASPECTOS BÁSICOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DE UN SENSOR PARA FOTOGRAmETRÍA DIGITAL	5
2.2.-SENsoRES RGB APROPIADOS PARA DRONES DISPONIBLES EN EL MERCADO	7
2.3.-CONVENIENCIA DEL USO DE SISTEMAS RTK-PPK	8
<b>3.- SENSÓRICA ELEGIDA PARA EL PROYECTO KTTSEADRONES</b>	<b>9</b>
<b>4.- REFERENCIAS</b>	<b>12</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN

El uso conjunto de sistemas aéreos no tripulados (UAS) para obtener imágenes de alta resolución espacial y temporal y de algoritmos de Estructura a partir del movimiento (Structure from Motion, SfM) para la generación de productos fotogramétricos de precisión. El enfoque UAS y SfM ofrece una mayor flexibilidad operativa y versatilidad en áreas más amplias; Además, constituye una forma más fácil, más rápida y de menor costo de obtener fotografías cuya información en 2D permite la generación de modelos digitales de elevación (DEM) y ortomosaicos de alta calidad, con un grado considerable de automatización. Como prueba de su idoneidad, muchos estudios en todo el mundo han aplicado ya con éxito metodologías basadas en UAS y SfM en zonas costeras.

Las principales aplicaciones se han dedicado a la adquisición de topografía de alta resolución de la costa (Mancini et al. 2013; Scarelli et al. 2016) y dunas (Barbero et al. 2017), para el desarrollo de planes de monitorización costera (Pérez-Alberti y Trenhaile 2015; Gonçalves y Henriques 2015; Turner et al., 2016; Casella et al. 2016), y detección de cambios costeros (Harwin y Lucieer 2012; Turner et al., 2016; Matsuba et al., 2017). Precisamente, en regiones costeras en donde es muy frecuente tener grandes acumulaciones de arena, ya sea formando playas como cordones dunares, la calidad de las imágenes RGB para obtener productos fotogramétricos a partir de ellas es clave puesto que la falta de información visual, hace que los algoritmos de SfM en muchas ocasiones no sean capaces de encontrar puntos homólogos (Barbero et al. 2017).

## 2.- SENsoRES PARA FOTOGRAMETRÍA CON UAV

### 2.1.- Aspectos básicos a tener en cuenta en la selección de un sensor para fotogrametría digital

Como se indicó anteriormente, la tecnología drones ha mejorado en gran medida la adquisición de datos de cualquier lugar de interés. La fotogrametría usando drones mediante algoritmos de SfM permite la generación de nubes de puntos 3D detalladas de una escena fotografiada, únicamente a partir de la información bidimensional contenida en las imágenes obtenidas con el de dron. De aquí es fácil deducir, que la calidad de las imágenes obtenidas juega un papel clave a la hora de obtener productos fotogramétricos usando estas técnicas.

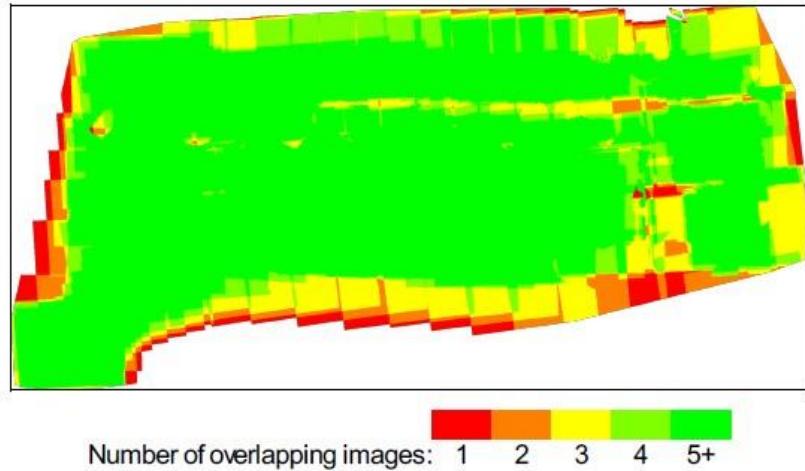
Los algoritmos de SfM analizan el contenido visual de las imágenes y, es por esto que su calidad es clave a la hora de que la búsqueda de características comunes para que coincidan en todos los conjuntos de datos de imágenes. Estos puntos coincidentes, junto con la información de los parámetros externos de la cámara (posición y orientación) adquiridos en cada toma se utilizan para reconstruir las diferentes poses de la cámara y la trayectoria seguida por el UAS durante el vuelo, así como para triangular el 3D aproximado coordenadas

de estos puntos coincidentes en un sistema de coordenadas arbitrario (James y Robson 2014). Posteriormente, la geometría de la cámara obtenida se calibra y optimiza con la ayuda de los parámetros internos de la cámara grabados en cada imagen (**distancia focal, tamaño del sensor y parámetros de distorsión**) en un proceso iterativo, que deriva en el cálculo de una nube de puntos 3D poco densa que representa la escena inicialmente fotografiada, pero que luego puede ser refinada y densificada produciendo Modelos Digitales de Superficie (DSM), Modelos Digitales de Terreno (DTM) y / o ortomosaicos. En el éxito de este calibrado de los parámetros internos de la cámara entran en juego muchos factores intrínsecos a la construcción del sensor.

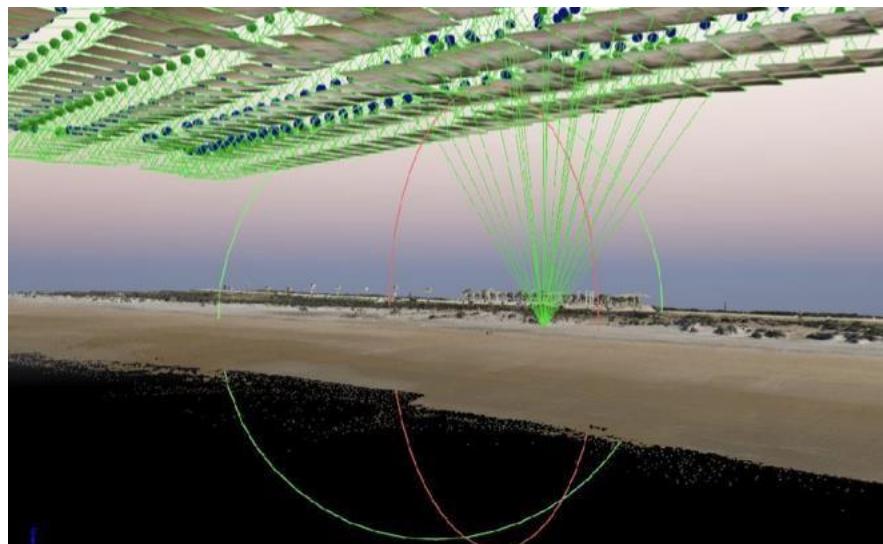
La calidad de la nube de puntos depende de la calidad de las imágenes obtenidas, que a su vez depende de la selección correcta de una serie de parámetros que deben seleccionarse cuidadosamente a priori durante la planificación del vuelo. Como se puede deducir, esto último es crucial para el éxito de cualquier proyecto fotogramétrico. Por un lado, la altitud de vuelo y la **distancia focal de la cámara** influyen en el tamaño de los píxeles en las imágenes resultantes, que determinan la precisión horizontal y vertical de los modelos 3D finales. Por tanto, la elección de la focal a embarcar es otro aspecto a tener muy en cuenta. Para cualquier distancia focal fija determinada, el tamaño de píxel aumenta proporcionalmente con la altura de vuelo. Por otro lado, las imágenes adquiridas deben mantener un adecuado nivel de superposición frontal y lateral de tal manera que cada punto sea visible y coincida con la mayor cantidad posible de imágenes circundantes, por lo que la calibración de la cámara y la triangulación posterior serán más precisas; Para que las imágenes tengan el solapa frontal adecuado, es necesario que la cámara tenga una **velocidad de disparo** suficientemente alta que permita no se produzcan retrasos en los mismos y queden zonas sin el recubrimiento adecuado. Y finalmente se obtiene la reconstrucción de nubes de puntos 3D de mayor calidad y modelos derivados (Figura 2).

El tamaño del sensor es otro aspecto a tener en cuenta pues de este depende también la calidad de los productos fotogramétricos.

Además de la cámara y los parámetros de vuelo, la distribución uniforme de los puntos de control en tierra (GCP) sobre el área a estudiar es altamente deseable para posicionar, orientar y escalar las nubes de puntos y los modelos en un sistema de coordenadas deseado, si es que el equipo no está dotado de un sistema de GPS RTK o PPK como veremos más adelante en el apartado 2.3.



**Figura 1.- Ejemplos de falta de recubrimiento debido a una velocidad de disparo inadecuada.**



**Figura 2. Ejemplo de un procesado fotogramétrico con situación de las imágenes y la nube de puntos 3D generada y coloreada con las imágenes RGB.**

## 2.2.- Sensores RGB apropiados para drones disponibles en el mercado

En la elección del sensor RGB para embarcar en un dron y realizar operaciones sobre regiones costeras, influyen no solo las características internas del sensor en sí, sino que hay que tener en cuenta también la aeronave donde se va a embarcar. Podría darse el caso, de tener un sensor de altísima calidad pero que, por diversas cuestiones técnicas no pueda

embarcarse en el modelo de aeronave: peso, dimensiones, conectividad con el autopiloto son tres de los principales factores a tener en cuenta. La plataforma elegida como más adecuada para este proyecto es un sistema de ala fija que permite vuelo a largas distancias. Esta plataforma puede llevar distintos sensores que deben ser adecuadamente implementados, pues, al contrario que ocurre con los sistemas mutirrotor, la posición del centro de gravedad de la aeronave es crítica en la seguridad de las operaciones. Por otro lado, la arquitectura interna de la aeronave debe ser también tenida en cuenta. Lo ideal sería situar el sensor en el propio centro de gravedad, minimizando de esta forma los problemas de estabilidad de las imágenes ya que, en este tipo de plataformas de pequeño tamaño, no se pueden montar normalmente soportes giroestabilizados. Esto deja abierto un segundo problema que es el de la ubicación de las baterías del dron, mucho más pesadas que el sensor en sí. Por tanto, la solución elegida ha sido situar las baterías en el centro de gravedad y el sensor RGB en la parte frontal de la aeronave, en donde es fácil encontrar una posición que haga posible una localización segura del centro de gravedad.

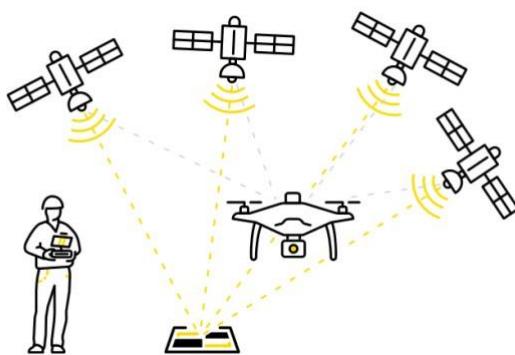
### 2.3- Conveniencia del uso de sistemas RTK-PPK

Como acabamos de mencionar, la correcta y precisa georreferenciación de los productos obtenidos mediante fotogrametría digital usando imágenes de drones y algoritmos de SfM depende en gran medida del correcto y altamente preciso posicionamiento de los puntos de apoyo en tierra (GCP). Esto provoca que, si se quieren realizar estudios a una escala kilométrica de sectores costero, el esfuerzo de situación y georreferenciación de los GCP resulte completamente desproporcionado haciendo incluso inviable el estudio. Para ello se puede recurrir al uso de GPS con corrección cinemática en tiempo real (RTK, Real Time Kinematics) o mediante post-procesado de los datos de GPS (PPK, Post Processing Kinematics).

El sistema de corrección cinemática en tiempo real (RTK) en un dron registra la información del GPS y geoetiqueta las imágenes que se capturan durante el vuelo. La ubicación del GPS se registra para el centro de la imagen. Una estación base activa en tierra envía datos brutos del GPS al dron. Posteriormente, el GPS a bordo del dron combina esa información y sus propias observaciones para determinar con precisión su posición con respecto a la base. Pero para lograr esto, el dron RTK debe permanecer conectado a la estación base mientras recopila datos. Desafortunadamente, durante los giros o en otras circunstancias, probablemente debido a cambios bruscos en la orientación de la antena la señal puede perderse. Cuando esto sucede, mientras intenta volver a bloquear, los datos de geolocalización no son fiables.

Para solventar estos problemas de la georreferenciación precisa mediante GPS-RTK se puede recurrir a procedimientos de post procesado mediante tecnología GPS-PPK. La diferencia con respecto a los sistemas RTK es la forma de procesar los datos de la estación base para su corrección y precisión. Con los sistemas PPK, el dron geoetiquetará las coordenadas X, Y, Z a cada imagen en función de esa unidad GPS incorporada. Mientras esto sucede, una base también registra información sobre las posiciones, pero con una

triangulación mucho más precisa (Figura 4). Una vez finalizado el vuelo, esos dos conjuntos de datos GPS se combinan con la marca de tiempo de la foto. Luego, se corrigen los datos GPS iniciales, poco precisos, lo que proporciona coordenadas geográficas muy precisas para las imágenes. Si bien las tecnologías RTK "en tiempo real" son apropiadas en algunas situaciones, los datos de vuelo posteriores al procesamiento utilizando un flujo de trabajo PPK brindan una capa adicional de fiabilidad a la obtención de datos de geolocalización de alta precisión.



**Figura 3.- Esquema representado el uso del GPS-RTK en donde se pueden observar las comunicaciones entre el dron y la constelación de satélites y entre los satélites y la estación de tierra posicionada con precisión.**

### **3.- SENSÓRICA ELEGIDA PARA EL PROYECTO KTTSeadrones**

Sin duda, la parte más importante de un sistema de vehículo aéreo no tripulado es el sensor o sensores que se lleve a bordo en función del tipo de trabajo y de resultados que se quiere obtener. El dron no será más que la plataforma más adecuada posible para transportar dicho sensor y hacerlo operativo para la misión específica. Por tanto, si la elección de la plataforma es importante en función del tipo de trabajo que se pretende realizar, mucho más lo es la elección del sensor que va a proporcionar los datos (Figura 6).

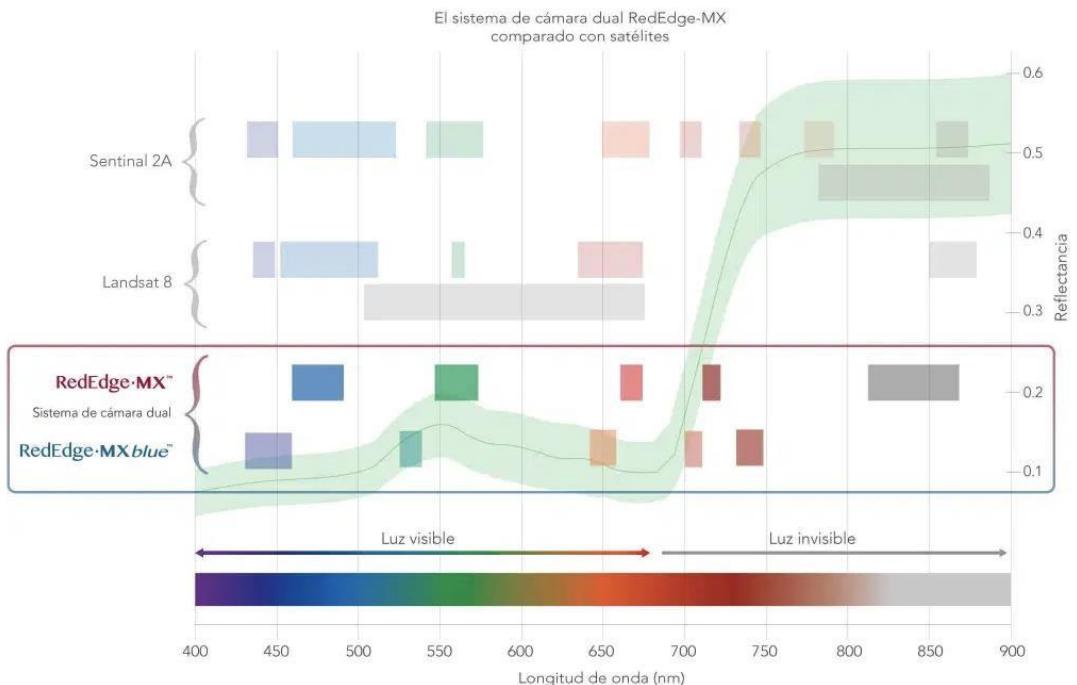
Ya en el entregable 1.1 del proyecto se hizo una descripción general sobre la sensórica embarcable en un dron, por lo que en esta sección se recogerán solo las conclusiones sobre cuál es la sensórica que se ha considerado más adecuada y finalmente elegida para el proyecto.

En cuanto al sensor RGB, son muchas las marcas disponibles en el mercado y que se pueden adaptar a un dron. En base a lo anterior, se eligió una cámara Sony Alfa 6000 que contiene un sensor CMOS Exmor de formato APS-C de 23,5 x 15,6 mm, de 24,4 MP y posibilidad de ópticas intercambiables con montura tipo E que aumenta la versatilidad el sensor. La óptica elegida

es de 16 mm de focal, que se considera la más adecuada para trabajos fotogramétricos desde equipos de ala fija puesto que otorga un gran recubrimiento y maximiza la productividad del sistema. La tasa de disparo es de 1

fotograma por segundo que es suficientemente rápida para las condiciones de iluminación del principal sector de trabajo en el sur de la península. Existe la posibilidad de manejar el balance de blancos con distintas opciones, lo que para alguna de las aplicaciones, como puede ser la fotogrametría en dunas, es interesante. El foco de la cámara es automático con hasta 179 puntos de enfoque lo que asegura la calidad de las imágenes en todas las circunstancias. El rango de sensibilidad ISO es muy amplio, entre 100 y 25600 lo que asegura que se pueden obtener imágenes en cualquier condición de iluminación, habida cuenta que el sensor siempre se va a usar en exterior.

Además del sensor RBG para aplicaciones fotogramétricas, se ha implementado un segundo sensor multiespectral con el objeto de dotar a la plataforma de características adicionales para obtención de datos en regiones costeras. Temas como la detección semiautomática de plásticos u otro tipo de residuos en playas y acantilados, son difícilmente abordables solo con sensores visibles. La posibilidad de detección de este tipo de residuos mediante la extracción de sus signaturas espectrales usando un sensor multiespectral, es sin duda de gran interés en el proyecto. A este respecto, la oferta de sensores multiespectrales no es tan amplia en el mercado, al no tratarse de sensores de consumo, sino específicamente científicos y técnicos. Afortunadamente, en los últimos años, debido sobre todo al auge de la agricultura de precisión, se han diseñado sensores muy fiables y altamente productivos. Sin duda, una de las características de un sensor de este tipo que le hacen especialmente interesante, es la de la comparación de sus espectros con los disponibles para imágenes satélite, pues este hecho nos podría permitir realizar un salto de escala y pasar a estudiar grandes masas de plásticos marinos. A este respecto, el sensor del fabricante MicaSense, ha diseñado un sensor dual que consiste en dos cámaras multiespectrales de cinco bandas alimentadas simultáneamente y controladas desde el mismo software, posicionando sus diez bandas espectrales en las mismas posiciones de las bandas del satélite Sentinel 2 como puede verse en la figura 4.



**Figura 4.- Posición de las bandas espectrales del sensor Micasense Dual y su comparación con las de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2A.**



**Figura 5.- Sensor MicaSense Dual con el módulo DLS sin el soporte común instalado.**

Este sensor cuenta además con un módulo DLS (Downwelling Light Sensor) que es un sensor de luz incidente avanzado que se conecta directamente a la cámara multiespectral. Durante las misiones, el DLS mide la luz ambiental y el ángulo del sol para cada una de las diez bandas de la cámara y registra esta información en los metadatos de las imágenes TIFF capturadas. Esta información se utiliza posteriormente para el procesamiento de modo que es

posible corregir los cambios globales de iluminación que pudieran ocurrir durante el vuelo, como los que pueden ocurrir debido a las nubes que cubren el sol, y nos permiten pues realizar comparación entre vuelos con distinta iluminación realizados en momentos distintos. Además, el DLS proporciona datos de GPS a las imágenes capturadas, lo que permite la precisa georreferenciación de los mapas de reflectancia generados. Por otra parte, el sensor tiene un panel de calibración que junto con el DLS asegura que los datos obtenidos están correctamente corregidos para las condiciones de luz ambientales, aspecto este que es clave a la hora de comparar datos obtenidos en distintas fechas.

#### 4.- REFERENCIAS

- Barbero, L., S. García-López, J. A. López-Ramírez, and J. J. Muñoz. 2017. "RPAS as A New Tool for the Study of Sand Dunes in Coastal Environments: A Case Study in the South Atlantic Area of Spain." Paper presented at the 5th International Conference on Small Aerial Systems for Environmental Research, Vila Real, Portugal, June 28–30.
- Casella, E., A. Rovere, A. Pedroncini, C. P. Stark, M. Casella, M. Ferrari, and M. Firpo. 2016. "Drones as Tools for Monitoring Beach Topography Changes in the Ligurian Sea (NW Mediterranean)." *Geo-Marine Letters* 36 (2): 151–163. doi:10.1007/s00367-0160435-.
- García-López, S., Ruiz-Ortiz, V., Barbero, L. y Sánchez-Bellón, A. 2018. Contribution of the UAS to the determination of the water budget in a coastal wetland: a case study in the natural park of the Bay of Cádiz (SW Spain), *European Journal of Remote Sensing*, 51, 1, 965–977, <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1522602>.
- Gonçalves, J. A., and R. Henriques. 2015. "UAV Photogrammetry for Topographic Monitoring of Coastal Areas." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 104: 101–111. doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.02.009.
- Harwin, S., and A. Lucieer. 2012. "Assesing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery." *Remote Sensing* 4 (6): 1573–1599. doi:10.3390/rs4061573.
- Mancini, F., M. Dubbini, M. Gatelli, F. Stecchi, S. Fabbri, and G. Gabbianelli. 2013. "Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments." *Remote Sensing* 5 (12): 6880–6898. doi:10.3390/rs5126880.
- Matsuba, Y., S. Sato, and K. Hadano 2017. "Rapid Change in Coastal Morphology Due to Sand-Bypassing Captured by UAV-based Monitoring System." Paper presented at the Coastal Dynamics Conference, Helsingør, Denmark, June 12–16.
- Pérez-Alberti, A., and A. S. Trenhaile. 2015. "An Initial Evaluation of Drone-Based Monitoring of Boulder Beaches in Galicia, North-Western Spain." *Earth Surface Processes and Landforms* 40: 105–111. doi:10.1002/esp.3654.

Scarelli, F. M., L. Cantelli, E. G. Barboza, M. L. C. C. Rosa, and G. Gabbianelli. 2016. "Natural and Anthropogenic Coastal System Comparison Using DSM from a Low Cost UAV Survey (Capão Novo, RS/Brazil)." *Journal of Coastal Research Special Issue* 75: 1232–1236. doi:10.2112/SI75-247.1.

Turner, I. L., M. D. Harley, and C. D. Drummond. 2016. "UAVs for Coastal Surveying." *Coastal Engineering* 114: 19–24. doi:10.1016/j.coastaleng.2016.03.011.



# Interreg

## España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA