



De izquierda a derecha: Fernando José Aguilar Torres, Teresa Cruz, Fabián Varas, José Luis Blanco Claraco, Ismael Fernández y Juan Antonio Báez.

“INTEGRAMOS UN SISTEMA DE SENSORES EN UN DRON PARA AGILIZAR EL ANÁLISIS DE LAS ZONAS VULNERABLES DE LAS COSTAS”



Juan Antonio Báez

Director de I+D+i de la constructora Sando. (JAB)

Ismael Fernández

Investigador principal de la empresa Nadir (IF)

Fernando José Aguilar Torres

Catedrático Grupo de Gestión Integrada del Territorio y Tecnologías de la Información Espacial (FJAT)

José Luis Blanco Claraco

Profesor contratado doctor, grupo de Automática, Robótica y Mecatrónica. (JLBC)

Fabián Varas

Director técnico de Corporación Tecnológica de Andalucía. (FV)

Monitorizar la línea costera a vista de pájaro para evaluar y prever su evolución. Éste es uno de los objetivos del proyecto 3D-Coast que utiliza en esta misión una tecnología propia: un escáner láser embarcado en una plataforma elevadora. Este sistema emite luz para captar información del entorno y perfila una nube de puntos que conforman una imagen. El método aporta inmediatez en la obtención de datos, precisión y posibilidad de trabajar con condiciones adversas. Además, resulta adecuado para

evaluar fenómenos que inciden en el territorio en poco tiempo, como las tormentas. Este sistema de evaluación espacial de zonas costeras vulnerables mediante plataformas aéreas controladas de manera remota surgió de la colaboración entre la investigación y la empresa en un estudio de viabilidad que, tras sus buenos resultados, encara ya su fase de prototipo. Los expertos implicados relatan cómo se ha fraguado el proyecto en ambos lados del equipo. Del lado científico, los grupos de la Universidad de Almería Gestión Integrada del Territorio y Tecnologías de la Información Espacial liderado por Fernando José Aguilar Torres y el de Automática, Robótica y Mecatrónica representado por José Luis Blanco Claraco. Del lado empresarial, el director de I+D+i de la constructora malagueña Sando, Juan Antonio Báez, y el investigador de la tecnológica Nadir, Ismael Fernández. Una alianza científico-empresarial que propicia Corporación Tecnológica de Andalucía, cuyo director técnico, Fabián Varas, desgrana las ventajas de la cultura colaborativa en este tipo de iniciativas.

Fuente: Carolina Moya.

¿Qué objetivos se planteó el proyecto 3D-COAST en su inicio?

Juan Antonio Báez, (JAB). Desde el punto de vista empresarial, nos interesaba un proyecto dedicado a zonas costeras. Por un lado, porque no existen muchos desarrollos en la línea de captura de información. Por otro, porque resulta un ámbito destacado por su importancia turística y en infraestructuras. A esto se sumó que el **Instituto Español de Oceanografía** había publicado un informe que apuntaba que el nivel del mar en el Mediterráneo había subido entre 1990 y 2005, un total de 17 centímetros en Málaga. La previsión es que ascienda un metro en este siglo. Esto afecta a una parte de infraestructuras y viviendas. Todos estos factores despiertan nuestro interés en desarrollos con los que obtener información precisa que mejoren nuestra capacidad de ofertar licitaciones y ejecutar obras.

Fernando José Aguilar Torres, (FJAT). Actualmente, las imágenes más valiosas de la línea de costas corresponden a 1956. No obstante, la mayoría de los procesos erosivos no ocurren de inmediato. Con este proyecto pretendíamos rellenar un hueco existente en la obtención de datos de infraestructura espacial en relación a la actualización de datos geoespaciales. En España, contamos con el **Plan Nacional de Ortofotografía Aérea** (PNOA), pero el obstáculo es que se actualiza cada cinco años. En algunos casos esto es suficiente, pero en los sistemas costeros que además de ser muy dinámicos, suman la presión del cambio climático que conlleva una subida del nivel del mar, necesitamos que la determinación no sea anual, sino semestral o trimestral.

Para aumentar la periodicidad, contemplamos dos alternativas. Por un lado, utilizar imágenes de satélite. Sin embargo, no son apropiadas en casos donde la respuesta tenga que ser muy ágil, por ejemplo, el efecto de una tormenta en una tarde. La respuesta debía llegar de algún sistema móvil tripulado para obtener información casi en tiempo real. Esto se conjuga con la tendencia actual de la utilización de los drones. Pensamos entonces en instalarle a los vehículos aéreos no tripulados una serie de sensores que permitieran obtener imágenes 3D para los entornos costeros.



Plataforma Dron.

PRECISIÓN VERSUS LEGISLACIÓN

¿Qué ventajas aporta embarcar el sistema en un dron?

(JAB). Los vuelos convencionales necesitan condiciones climatológicas precisas y permisos de vuelo. Con este sistema podemos obtener información en el momento preciso, por ejemplo, cuando se está produciendo una tormenta, para evaluar los daños y buscar una solución rápida. En suma, una información real y precisa del escenario.

(IF). Otra ventaja frente a los vuelos convencionales es la disponibilidad y la precisión. Resulta poco viable que un avión salga de un aeródromo para tomar datos para un sólo kilómetro de playa. En cuanto a su precisión, proyectos previos en la provincia de Málaga, vimos que con

un avión convencional podíamos tener imágenes de 10 centímetros de tamaño de píxel. En el caso del dron tenemos imágenes inferiores al centímetro. El sistema aporta una resolución muy elevada, debido a que el dron vuela más bajo.

(FJAT). El escáner láser y la tecnología son relativamente baratos en comparación con otros sistemas convencionales. Sin embargo, como la captura de información no está totalmente conseguida y embarcada en un dron, aún hay tareas en las que no puede desbancar al vuelo tradicional. En realidad se trata de un problema de escala de trabajo y eficiencia operativa.

(JAB). Efectivamente, en cada trabajo es viable un sistema. Para hacernos

una idea, para medir hasta 1 hectárea utilizamos la topografía clásica. A partir de ahí y hasta 1.000 hectáreas es más rentable con un dron. En superficies que superen esa longitud se utiliza el avión convencional.

¿Con qué obstáculos se enfrenta esta tecnología?

(IF). El obstáculo principal al que nos enfrentamos es la legislación. En ciudades como Málaga, con un aeropuerto tan importante, la zona de exclusión aeroportuaria es amplia, con lo que resulta difícil ofrecer una cobertura total de todas las playas. Además, el proceso para pedir los permisos no es eficiente, ya que tardan bastante tiempo para cubrir fenómenos rápidos, como tormentas.

¿Cómo se consigue la monitorización de zonas costeras?

Ismael Fernández, (IF). La toma de datos topográficos directos puede acometerse mediante la vía clásica con técnicas GPS, donde se toman datos puntuales para describir el terreno. La desventaja es su elevado coste y que resulta extremadamente laborioso. Otra aproximación es la cartográfica, donde se adquieren datos por sensores transportados por aeronaves.

Ismael Fernández: "Nuestro proyecto aporta información extra, ya que podemos estudiar nuevos parámetros de interés, como los cambios de volúmenes de arenas".

Este caso tiene la ventaja de una captura masiva de información, pero no resulta ágil. Por eso decidimos incorporar una perspectiva tan interesante como la que proporcionan los drones. Nuestro proyecto aporta información extra, ya que podemos estudiar nuevos parámetros de interés, como los cambios de volúmenes de arenas.

¿Cómo funciona el sistema implementado en el proyecto?

José Luis Blanco Claraco, (JLBC). El sistema combina un **escáner LiDAR** y un GPS, que funcionan en varias fases. Por un lado, este sistema de posicionamiento mide distancia a los satélites y sitúa una ubicación concreta. Para ello, se incorporan modificaciones desde tierra porque la señal tiene que atravesar las capas de la atmósfera cuyas propiedades varían minuto a minuto y es necesario corregir sus parámetros para, en lugar de tener errores de metros, reducirlos a centímetros. Otra variable de análisis es la orientación de la aeronave. Se consigue mediante giróscopos, unos dispositivos sensibles a la rotación del cuerpo de la aeronave.

Fernando José Aguilar Torres: "El dispositivo cabe en la palma de la mano y pesa menos de 400 gramos. Está pensado para montarlo en drones".

La medición en sí se acomete con el LiDAR. Éste incorpora una serie de espejos que van rotando y emite

CORPORACIÓN TECNOLÓGICA DE ANDALUCÍA, NEXO DE UNIÓN

¿Qué aporta Corporación Tecnológica de Andalucía en este tipo de proyectos como agente de conexión?

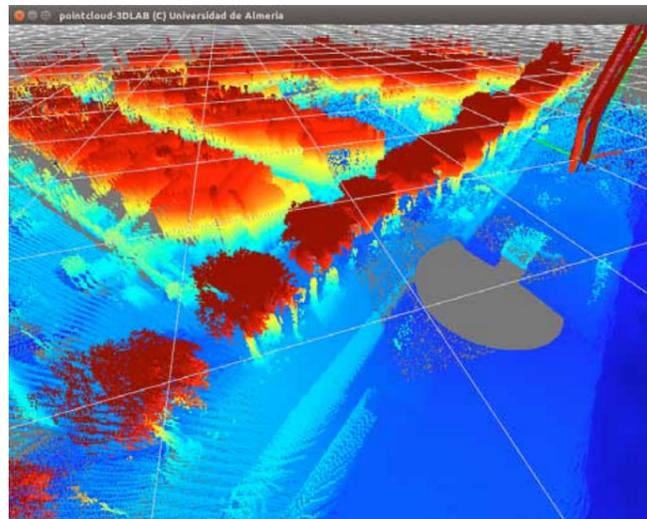
(FV). El objetivo de CTA es incrementar la competitividad de las empresas. Para ello resulta fundamental la ejecución de actividades de I+D+i como factor de diferenciación. Creemos que en la universidad existe un valioso conocimiento científico técnico que hay que transferir a las empresas para que lo puedan poner en valor en el mercado incrementando su competitividad. Así, ésta alcanzará una rentabilidad que permita iniciar de nuevo la cadena invirtiendo en nuevos productos/servicios.

Otra ventaja de este tipo de proyectos es el alineamiento de los intereses. Los grupos centran sus desarrollos en aquello que la empresa necesita, por lo que se produce una orientación en las líneas de investigación. En CTA, conocemos muy bien las necesidades de las empresas y también conocemos las capacidades del tejido científico técnico andaluz, apoyándonos en la red OTRI y el resto de agentes del conocimiento.

¿Cuántos proyectos colaborativos investigación-empresa tiene en desarrollo CTA?

(FV). Actualmente, contamos con 72 proyectos activos, aunque a lo largo de toda la historia de CTA hemos promovido alrededor del millar de proyectos. De ellos, hemos apoyado financiado alrededor de 600. En la mayoría, 571, colaboran grupos de investigación.

En total, los proyectos han movilizado más 450 millones de euros de inversión en i+D+i, que han recibido más de 150 millones de euros en financiación y han supuesto la colaboración con 331 grupos de investigación. Muchos de los cuales suelen repetir en varias iniciativas, lo que indica que su experiencia es satisfactoria.



16 rayos láser. El dispositivo mide el tiempo de vuelo, lo que tarda la luz en volver, en nanosegundos. De esta forma, consigues una captura masiva de información. Además, se pueden detectar múltiples rebotes del láser lo que es muy útil, por ejemplo, en un paisaje arbolado ya que permite detectar el suelo y a qué altura están las copas de los árboles. El dispositivo recibe el primer eco de las hojas y el segundo del suelo.

¿Qué características tiene el sistema?

(JAB). Con la fotogrametría, a partir de fotografías obtienes una nube de puntos. En el caso del LiDAR, es al contrario, a partir de una nube de puntos aparece casi una fotografía. Consigues tanta cantidad de información, de puntos, que el resultado se asemeja a una imagen. De esta forma, el sistema es muy preciso.

Jose Luis Blanco Claraco:
"Estamos preparando algoritmos para que, al visionar objetos, el dispositivo se mueva y autorregule, como ocurre en robótica".

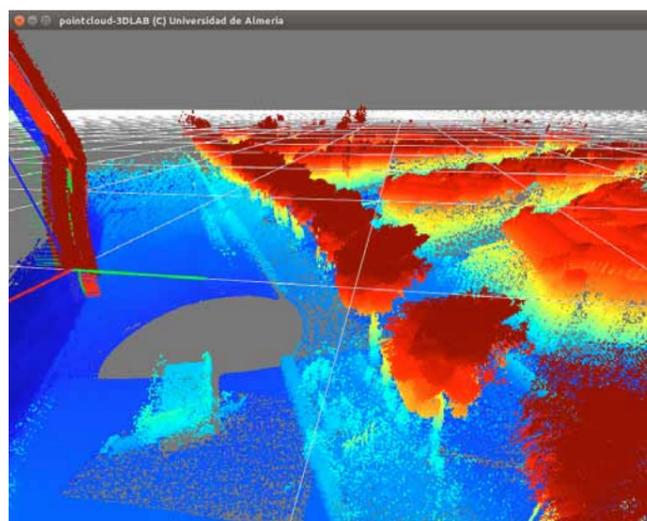
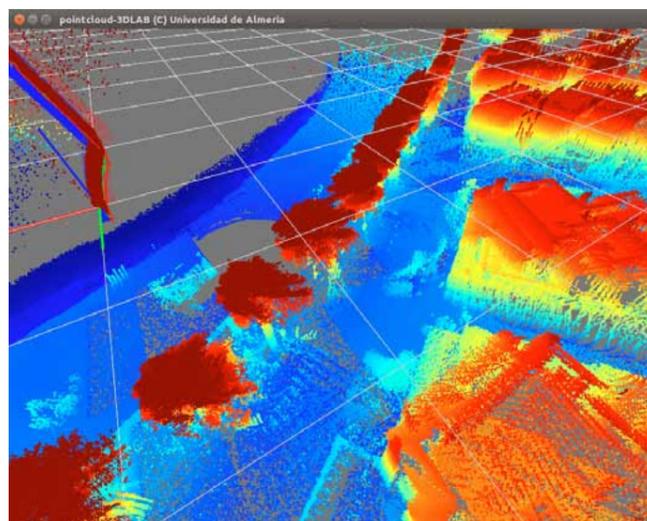
(FJAT). El dispositivo cabe en la palma de la mano y pesa menos de 400 gramos. Estas características están pensadas para montar el sistema en drones, ya que los LiDAR normales resultan muy pesados. Por otra parte, permite trabajar sin luz, fundamental para captar imágenes nocturnas y medir con condiciones atmosféricas adversas.

(JLBC). También se ahorra tiempo de procesado. Con el láser, cuando aterriza la nave, tienes ya la nube de puntos de la reconstrucción topográfica de la costa. Con otros sistemas como los de visión, se requiere dejar trabajando al ordenador durante varias horas para obtener, a partir de la imagen capturada, la reconstrucción. Por tanto, no tienes una respuesta inmediata.

¿Qué novedades aporta el estudio?

(JLBC). La incorporación de un láser LiDAR en un dron, por sus ventajas en el peso, el coste y la energía.

(JAB). Existe el láser estático, el LiDAR aéreo, que se utiliza en vuelos convencionales, pero la combinación de todos esos dispositivos, hasta ahora no se había



Imágenes obtenidas con el escáner LiDAR.



Los expertos explican el proyecto.

INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTO

¿Qué aporta cada socio al proyecto?

(JAB). El consorcio de empresas SANDO-NADIR ha trabajado de manera colaborativa y conjunta. Arrancamos con una fase de aprendizaje y documentación. A continuación se desarrollaron dos ensayos técnicos. El primero de fotogrametría que lo acometimos las empresas y el segundo de LiDAR lo desarrolló la universidad.

(FJAT). En el grupo de Gestión Integrada del Territorio y Tecnologías de la Información Espacial nos centramos en la obtención de cartografía 2D y 3D de alta precisión. Estábamos interesados en la tecnología LiDAR y teníamos un proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía para estudiar la evolución de áreas costeras. Trabajamos tanto con imágenes aéreas y satelitales como con datos LiDAR obtenidos desde avión o helicóptero, pero

necesitábamos algo más ágil para capturar datos de forma eficiente en pequeñas áreas costeras. Aquí es donde nos fijamos en la posibilidad de emplear drones.

Contamos con el grupo de automática y robótica porque son expertos en programación de software y sensores integrados. También por la similitud del sistema con el funcionamiento de un robot cuando se mueve, que utiliza sus sensores para construir un modelo del mundo.

Para las empresas fue muy interesante la mecánica de integración de dispositivos con expertos en explotación de la información.

¿Qué ventajas tiene esta colaboración universidad-empresa en el proyecto?

(JAB). La colaboración con los agentes del conocimiento nos resulta fundamental para que podamos

llegar a tener éxito en nuestros proyectos. En la aplicación de técnicas ya contrastadas somos muy buenos en nuestro sector, pero para mejorarlo necesitamos el conocimiento generado por las universidades. Por otra parte, para el asesoramiento técnico y administrativo en I+D+i es fundamental la colaboración de Corporación Tecnológica de Andalucía.

(CTA). Las ayudas económicas para poder en marcha este tipo de proyectos son necesarias, ya que cuando los empiezas desconoces si vas a tener éxito.

(FV). La aportación más tangible de CTA es la económica, pero lo importante es el apoyo y asesoramiento para ayudar a madurar la actividad de I+D+i. La función de transferir la metodología para hacer las empresas más competitivas.

conseguido. Con este nuevo enfoque, que consigue la integración del escáner y el dron, la obtención de la información y el análisis de las zonas vulnerables se agiliza. De esta forma, por la mañana vuelas y por la mañana tienes los datos. Lo interesante del proyecto es precisamente el concepto de integración de sensores en el dron, porque aporta imágenes y nubes de datos para futuras aplicaciones.

¿Cuáles serían esas aplicaciones? Más allá de la monitorización de zonas costeras...

(JAB). La captura de información con dron ya se está utilizando en el seguimiento de obras. El vehículo aéreo no tripulado consigue más y mejor información con menos coste y menos peligro para el personal. Además puede resultar útil en la ordenación de espacios públicos. Muestra de ello es que, a raíz de este proyecto, la dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar nos ha pedido que capturemos información de todas las playas de la provincia de Málaga. Tareas que hasta ahora se hacían con cartografía existente o vuelo convencional.

Juan Antonio Báez: "Las empresas somos buenas en nuestro sector, pero para mejorarlo necesitamos el conocimiento generado por las universidades".

(IF). Estamos muy interesados en testear el sistema para el control de vegetación porque se puede obtener un dato en la copa del árbol y otro del suelo. Otra aplicación es la inspección y medición de líneas eléctricas. El LiDAR nos aporta información sobre la posición de los cables, permite cartografiar la vegetación que surge alrededor de las líneas eléctricas y facilitar el acceso en zonas que resulten inaccesibles. Otro ámbito que estamos explorando es la de aplicación de sensores térmicos y multispectrales, que ya se están explorando en agricultura de precisión.

¿Cuál es la siguiente fase de la investigación?

(FJAT). Esta primera fase consistía en un proyecto de viabilidad técnica del sistema. Nos hemos sorprendido de los excelentes resultados obtenidos. Pensábamos,

a priori, que íbamos a tener más problemas en los algoritmos basados en *image matching* para generar modelos de superficie fotogramétricos, ya que las playas de arena suelen presentar poca textura o detalles (elementos de referencia) para la orientación de las imágenes. No obstante, ha funcionado muy bien.

Fabián Varas: "En CTA, conocemos muy bien las necesidades de las empresas y tenemos muy buena relación con el tejido científico técnico andaluz, así alineamos sus intereses".

(JAB). Queríamos comprobar que los sensores funcionan en un entorno costero. Hemos simulado su vuelo en un dron subiéndolo a una plataforma para tomar información aérea. Ahora el siguiente paso es integrar los sensores físicamente en la aeronave no tripulada e implementar los sistemas de comunicación y control de datos.

Otro objetivo de una segunda fase es desarrollar un algoritmo que gestione toda la información tomada de las costas en distintos periodos y nos aporte una visión de su comportamiento y evolución para prever un posible escenario de zonas vulnerables.

(JLBC). Otro aspecto que queda pendiente es la autocalibración. El sistema tiene dos sensores: el GPS y el LiDAR. Al montarlo en un dron es muy importante que sepamos exactamente qué posición tiene uno con respecto a otro. El ser humano aprende estas tareas de orientación desde que nace, porque nuestros sentidos nos ayudan a aprender mediante ensayo y error, por ejemplo, a coger un objeto. En el dron estamos preparando algoritmos para que, al visionar objetos, se mueva y autorregule. Se trata de un proceso que está vinculado con las técnicas de robótica necesarias para que las máquinas se muevan automáticamente en un espacio físico.

Hay que tener en cuenta que el dron se transporta en una maleta, así que cada vez que se monta y desmonta puede sufrir desajustes. La idea es que, cuando arranque, se calibre solo. En un año podríamos tenerlo todo integrado en la fase prototipo obteniendo datos con precisión.]