

# TRIMBLE UX5 AERIAL IMAGING SOLUTION

UN NUEVO ESTÁNDAR EN PRECISIÓN, ROBUSTEZ Y RENDIMIENTO PARA  
CARTOGRAFÍA POR FOTOGRAMETRÍA AÉREA

## HOJA DE INFORMACIÓN TÉCNICA

**DR P COSYN Y ROB MILLER**

**TRIMBLE SURVEY, WESTMINSTER, CO, EE.UU.**

### RESUMEN

El uso de sistemas aéreos no tripulados (UAS por sus siglas en inglés) para el cartografía por fotogrametría aérea, proporciona a topógrafos y demás profesionales de la geo información una herramienta revolucionaria para la adquisición de datos, tarea que era antaño exclusiva de los grandes especialistas en fotogrametría. Trimble ha creado el estándar con “Aerial Imaging Solutions”, simplificando un proceso que era antes complejo y muy largo. “Aerial Imaging Solutions” permite a topógrafos y especialistas de la geo información, obtener grandes cantidades de datos (varios kilómetros cuadrados) en muy poco tiempo (menos de una hora) desde un lugar seguro para su uso en diversas aplicaciones - rápido, seguro y flexible.

El sistema “UX5 Aerial Imaging Solution” de Trimble es una herramienta ideal e innovadora que puede ser utilizada para la topografía, minería, industria de petróleo y gas, así como en aplicaciones ambientales (tales como monitorización de catástrofes naturales), mediciones topográficas, monitorización de progreso, cálculo de volúmenes, análisis de desastres y construcciones y muchas otras aplicaciones.

Survey Division, 10368 Westmoor Drive, Suite #100, Westminster, CO 80021, Estados Unidos

© 2013, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos Trimble y el logo del globo terráqueo y el triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Access es una marca comercial de Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas comerciales son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-578-ESP (06/13)

## INTRODUCCIÓN

La imagen digital es una tecnología en rápida expansión y de gran valor para los profesionales de la geo información. Las imágenes a menudo se utilizan para visualizar las condiciones del sitio de trabajo, revisar mediciones y observaciones, medir puntos y características del terreno y crear los productos finales bidimensionales y tridimensionales. En algunos casos, las propias imágenes pueden ser el producto final deseado. Las imágenes se pueden realizar tanto desde una perspectiva terrestre como aérea. Ambas tienen ventajas para determinadas aplicaciones. La perspectiva aérea es óptima para documentar y medir grandes áreas, mientras que la perspectiva terrestre es ideal para documentar y medir estructuras verticales, tales como edificios y puentes. Debido a que muchos sitios tienen una combinación de objetos horizontales y verticales que deben ser medidos, existe una gran ventaja en poder medir y fusionar las dos perspectivas.

Trimble se enorgullece de ser líder en innovación. Estableciendo siempre nuevos estándares para mejorar la eficiencia y las prestaciones de nuestros usuarios, estamos orgullosos de poder añadir más variedad y calidad a nuestro abanico de productos ofreciendo la primera y única "Aerial Imaging Solution", diseñada específicamente para topógrafos y profesionales de la geo información. El sistema está compuesto por el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover (Vehículo de Fotogrametría Aérea) para la adquisición de imágenes aéreas; Trimble Access™ Aerial Imaging para la planificación de la misión, ejecución de los controles previos y supervisión del vuelo, y por último Trimble Business Center Photogrammetry module para el procesamiento de imágenes aéreas y la creación de los productos finales. Este documento analiza la solución de Trimble para cartografía por fotogrametría aérea mediante UAS y cómo esta simplifica la generación de productos finales, siendo así la mejor solución para cualquier proyecto que requiera de topografía o mapeo.

## METODOLOGÍA PARA LA ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

El éxito de la cartografía por fotogrametría aérea se basa sobre todo en la planificación de los vuelos y las prestaciones deseadas. Las fases típicas para la adquisición de imágenes son:

- **Planificación de la Misión:** En la oficina (y en el campo) los usuarios pueden definir la zona de la misión, añadir mapas de fondo y, si fuera necesario, definir zonas a evitar. El software calcula el tiempo total de vuelo necesario para cubrir la zona de la misión y permite al usuario dividir la zona en varios vuelos cuando sea necesario debido al tamaño de la zona.
- **Planificación del vuelo:** Para cada vuelo, el piloto identifica la dirección del viento, la ubicación del

lanzamiento y el lugar de aterrizaje, por lo que la duración del vuelo se re-calcula en base a las condiciones de campo en el momento del vuelo. A continuación, se monta el lanzador y se completa la lista de comprobaciones previas al vuelo para asegurarse de que el sistema está listo para volar.

- **Operación de vuelo:** Después de lanzar el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover, el vuelo se controla con la estación de control en tierra. No hay intervenciones manuales requeridas a menos que el usuario desee (o necesite) cancelar el vuelo. Después de que el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover aterrice, se completa la lista de verificación posterior al vuelo para transferir los datos al ordenador.
- **Análisis:** Este proceso permite una comprobación de la integridad de los datos. Se asegura que el usuario se dirige confiado a casa con datos que puedan generar su producto final.



Figura 1: Planificación de una misión con Trimble Access



Figura 2: Operación de una misión con Trimble Access

## PRODUCTOS

Ortofotos, curvas de nivel, modelos tridimensionales (3D), nubes de puntos, modelos digitales de superficie (DSM por sus siglas en inglés) y mapas de características pueden ser fácilmente creados en Trimble Business Center a partir de imágenes aéreas. Trimble ha creado un nuevo estándar para el procesamiento de imágenes aéreas mediante la incorporación de más de 30 años de experiencia en fotogrametría de Inpho, una solución de software de Trimble, con flujos de trabajo optimizados en el módulo de Fotogrametría de Trimble Business Center recientemente lanzado.

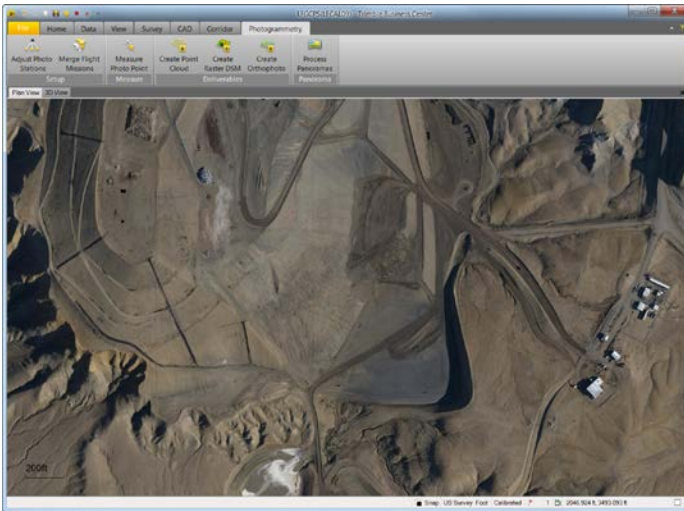


Figura 3: Ortofoto generada con el módulo de Fotogrametría de Trimble Business Center

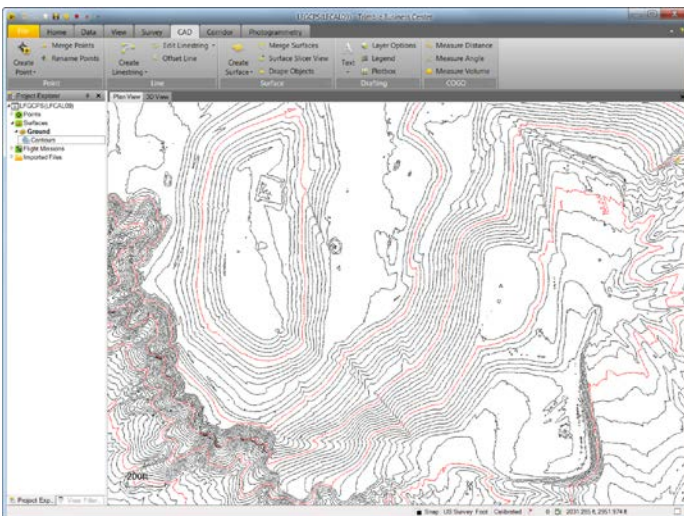


Figura 4: Mapa de Curvas de Nivel generado con el módulo de Fotogrametría de Trimble Business Center

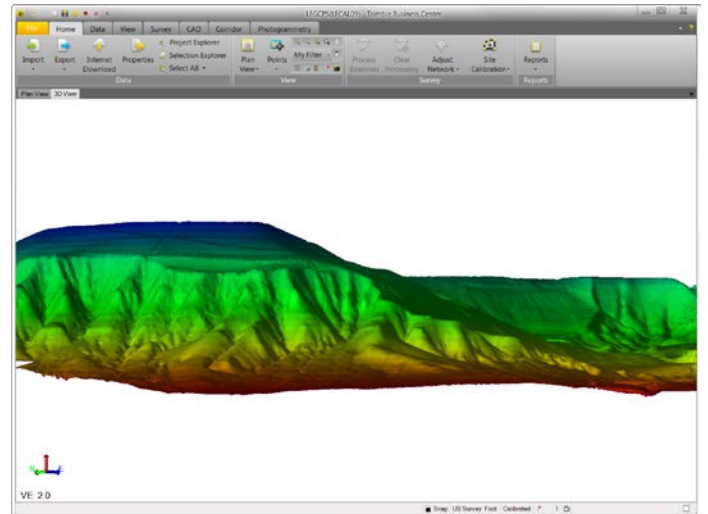


Figura 5: Imagen de elevaciones en 3D generada con el módulo de Fotogrametría de Trimble Business Center

Además de producir los productos fotogramétricos típicos de Trimble Business Center, los datos de “Aerial Imaging” se pueden combinar con los productos de “Trimble Spatial Imaging”, como las estaciones totales de Trimble y láser escáneres 3D de Trimble, para una solución única en el mercado. Las ortofotos se utilizan principalmente para crear imágenes a escala de un sitio y poder realizar mediciones sobre estas, pero este tipo de datos no se puede utilizar para medir las estructuras verticales, tales como edificios o puentes.

Sin embargo, mediante la combinación de datos obtenidos con la tecnología de vanguardia de visualización de Trimble, tal como el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover, Trimble VX Spatial Station y Trimble TX5 3D Laser Scanner, el usuario puede visualizar su proyecto desde múltiples perspectivas, medir puntos de las imágenes y crear modelos 3D de la infraestructura y el terreno.

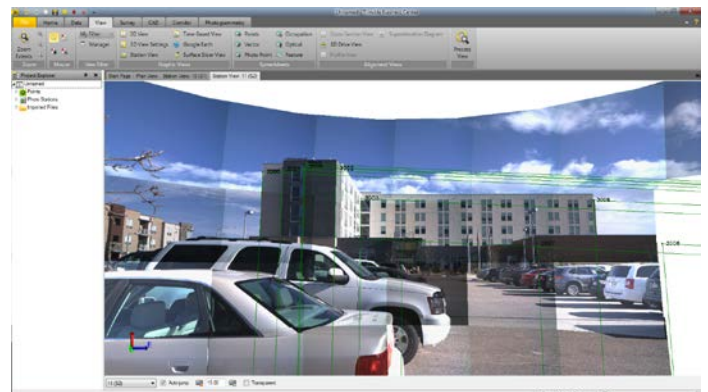


Figura 6: Imagen Panorama en Trimble Business Center, tomada con el Trimble VX Spatial Station

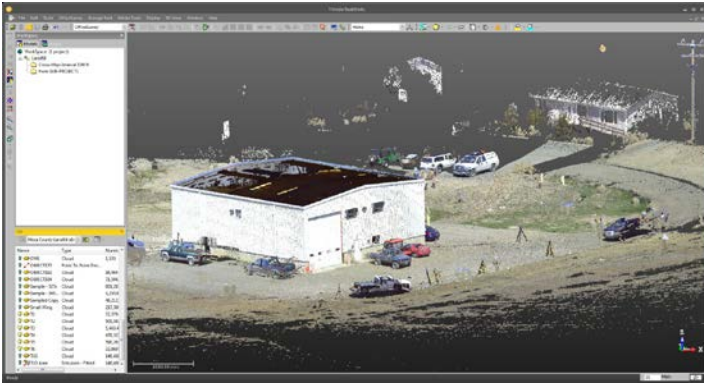


Figura 7: Nube de puntos coloreada en Trimble RealWorks, tomada con el Trimble TX5 3D Laser Scanner

## CALIDAD DE IMAGEN Y RENDIMIENTO

La calidad de los productos finales depende de la calidad del equipo fotogramétrico utilizado. El innovador Trimble UX5 Aerial Imaging Rover ha sido diseñado para seguir las últimas novedades en el mercado de las cámaras digitales, lo que garantiza una calidad de imagen óptima con la máxima precisión fotogramétrica.

Trimble ha seleccionado la cámara sin espejo de Sony NEX-5R debido a su sensor de gran tamaño APS-C (CMOS) que cuenta con 16,1 megapíxeles. Mientras que el sensor de 1/1.7" de la cámara Ricoh IV GRD utilizada en el Gatewing X100 ya era 1,5 veces mayor que otras cámaras compactas disponibles en el mercado, el área de superficie del sensor Sony NEX-5R es casi 9 veces mayor que la Ricoh GRD IV. Además del aumento significativo en el número de píxeles, el tamaño de cada píxel individual con la Sony NEX-5R es más de 5 veces mayor que con la Ricoh GRD IV.

Este tamaño de píxel, líder en su clase, es importante ya que permite un fuerte aumento de la sensibilidad a la luz, rango dinámico y relación señal-ruido lo que reduce drásticamente el ruido incluso en valores altos del ISO. Combinado con la determinación del ISO mucho más corto que el de una cámara compacta, permite al usuario utilizar una velocidad de obturación fija y una ISO ajustada automáticamente que oscila entre 100 y 3200, produciendo imágenes nítidas y ricas en contraste con un brillo constante, incluso en condiciones de luz adversas y cambiantes, así como en zonas de sombra. Esto elimina la necesidad de los usuarios de juzgar el brillo y tener que ajustar manualmente la velocidad de obturación y el ISO a un valor fijo durante el vuelo.

Desde un punto de vista fotogramétrico, la mayor ventaja de la cámara usada en el UX5 Trimble en comparación con el uso de las cámaras compactas usadas en Aerial Imaging Rovers es la lente exterior. Un objetivo externo inherente ofrece una

geometría interna más estable que resulta en una calibración de la cámara más fiable que la de un objetivo retráctil. Para el UX5, ha sido elegido un objetivo ligero Voigtlander de 15 mm de longitud focal fija con enfoque mecánico y anillo de apertura. Para aumentar aún más la estabilidad de la geometría interna, un adaptador personalizado ha sido diseñado por Trimble para reemplazar la cámara estándar y montajes del objetivo, que permiten movimientos de rotación del punto principal, por un adaptador montado con un tornillo de dos partes.

Además, el objetivo está equipado con un tornillo de bloqueo que fija el enfoque en la posición recomendada por el fabricante. Esta posición se fija mediante un colimador durante la producción, garantizando no sólo imágenes nítidas a cualquier altura de vuelo dentro del rango recomendado (75 a 5000 m), sino también una longitud focal más estable a lo largo de todos los proyectos. La mejora de la estabilidad de la cámara se traduce directamente en una mayor precisión de los productos finales.

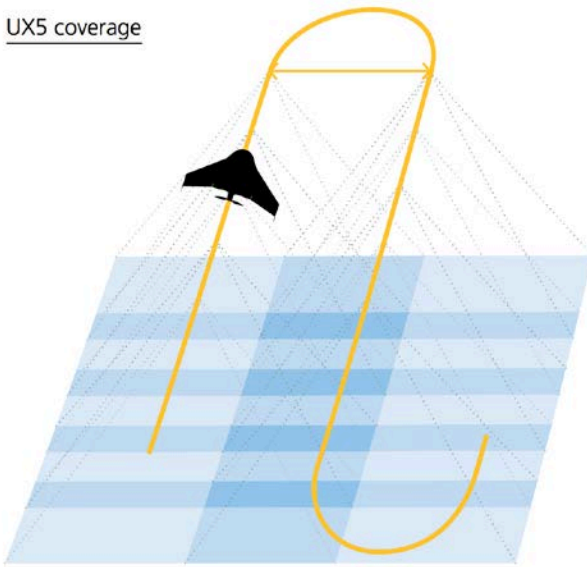
Montado en la parte frontal del sensor APS-C, la longitud focal expresada como 35 mm, que equivale a 22.5 mm en la cámara del UX5 lo que genera un amplio campo de visión. Esto significa que, a una altura de vuelo de 150 m, el Trimble UX5 produce una huella de imagen de 235 m por 157 m, que es un 40% más grande que otros UAS. La combinación de este campo de visión con el aumento de la velocidad de obturación genera un mayor tamaño de superposición de las imágenes que otros sistemas, lo que resulta en una mayor precisión del DSM que se genera a partir de las fotos. La combinación de estos avances fotogramétricos significa que el Trimble UX5 puede cubrir 50-75% más de área por hora de vuelo de la X100 y la mayoría de otros productos UAS a la misma altura de vuelo. Esto se traduce en una mayor eficiencia en el trabajo, así como en una reducción de los costes operativos.



Figura 8: Sony NEX-5R camera y Voigtlander lens

A una altura de vuelo de 150 m, el Trimble UX5 produce un a Distancia Equivalente Terrestre (GSD por sus siglas en inglés) de 4.8 cm. Además, el Trimble UX5 es capaz de volar a una altura mínima de 75 m sobre el nivel del suelo alcanzando el valor de 2.4 cm de GSD. Volando a una altura tan baja se requiere de mayor velocidad del obturador de la cámara para prevenir el desenfoco de movimiento hacia adelante. No obstante, la cámara Sony NEX-5R utilizada en el Trimble UX5 es capaz de usar los valores ISO más altos necesarios para compensar la oscuridad resultante de las velocidades de obturación más rápidas, manteniendo el ruido a niveles aceptables para aplicaciones fotogramétricas

UX5 coverage



X100 coverage

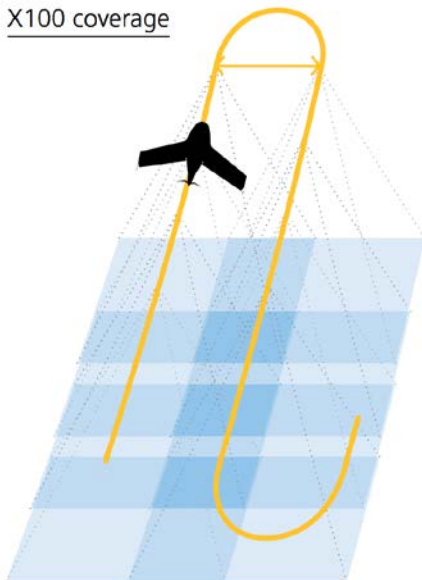


Figura 9: Comparación entre la cobertura del X100 y la del UX5

## DISEÑO FIABLE Y ROBUSTO

El nuevo Trimble UX5 Aerial Imaging Rover se basa en estándares establecidos por su predecesor, el primer vehículo de fotogrametría aérea en el mercado, el Gatewing X100. Las principales características del Gatewing X100 también están disponibles en el Trimble UX5, como la capacidad de vuelo en cualquier condición climática. Superando el diseño de la estructura del avión, el Trimble UX5 se convierte en un dispositivo de gran uso, todo terreno, con la máxima precisión y calidad de imagen disponible.

El Trimble UX5 Aerial Imaging Rover se basa en un método de producción patentado por Trimble. La estructura base consiste en un esqueleto de carbón situado en el interior del cuerpo de polipropileno expandido. El esqueleto garantiza firmeza y rigidez, mientras que el cuerpo-espuma tiene una excepcional resistencia a la presión y sin "efecto memoria", lo que significa que recupera su forma original después del impacto. El foam exterior protege la electrónica interna sobre el impacto y reduce la probabilidad de cualquier daño (físico) en caso de un incidente.

El Trimble UX5 tiene una esperanza de vida más larga que la de muchos otros aviones similares y se considera muy adecuado para un uso intensivo. El nuevo diseño del cuerpo produce un avión más rígido sin comprometer la eficiencia del vuelo. Las piezas utilizadas en el montaje del motor, la caja que para la electrónica de vuelo (también llamada 'eBox') y los servos, están todos ellos hechos de plástico resistente al impacto. Las piezas de fibra compuesta parte de los alerones y las partes móviles y fijas para el borde de las alas, son ligeras y tienen una estructura interna matriz que absorbe la energía. Las aletas verticales están hechas de un material compuesto que permite su flexión en una dirección para absorber la energía durante los aterrizajes más duros. Además, la placa de vientre del Trimble UX5 está especialmente diseñada para absorber la energía del impacto durante el aterrizaje, así como para reducir la abrasión que pueda causar el aterrizaje en un terreno áspero como rocas o asfalto.



Figura 10: Vista completa del UX5



Figura 11: Placa de vientre del Trimble UX5 con cámara

Debido a su resistente estructura y a la absorción de energía, el mantenimiento del Trimble UX5 es muy sencillo. El Trimble UX5 ofrece a sus operarios un diseño fácil de usar, con piezas reemplazables como servos, alerones verticales y hélices. El material usado para el cuerpo es muy duradero e ideal para terrenos difíciles. Algunos usuarios serán capaces de trabajar con tan sólo un cuerpo durante años. Este alto nivel de resultados de durabilidad con tan bajo nivel de costos y operaciones de mantenimiento del Trimble UX5 lo convierten en un sistema muy favorable para el uso frecuente (diario o semanal).

## ATERORIZAJES PRECISOS

El Trimble UX5 comienza su fase final de aterrizaje a una altura de 75 metros sobre el nivel del suelo (AGL por sus siglas en inglés) a tan solo 200 metros de la ubicación de destino designado. El aterrizaje se realiza, de media, dentro de un círculo de 10 m de radio desde la ubicación designada. Casos que duplican este valor son extremadamente raros.

Un aterrizaje tradicional para un vehículo de fotogrametría aérea tiene limitaciones que deben ser considerados y abordados: la pendiente de planeo y la velocidad de aterrizaje. Un avión eficiente con buen alcance y cobertura tiene una desventaja sobre un avión que consume una gran cantidad de energía para mantenerse en el aire: el ángulo de planeo es bastante pequeño. Una pendiente más pronunciada sería bastante para reducir este desplazamiento, pero daría lugar a una velocidad de aproximación más alta.

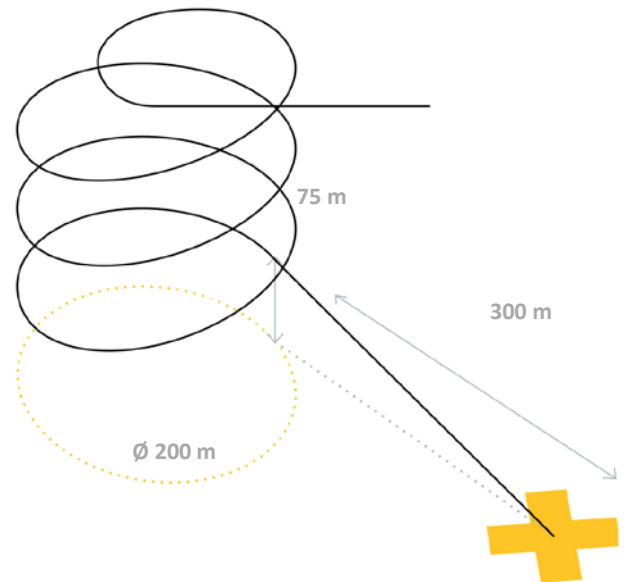


Figura 12: Imagen del patrón de aterrizaje UX5

El Trimble UX5 ha sido diseñado para superar las limitaciones de un aterrizaje tradicional añadiendo un método de control avanzado y mejorando la medición de la altura que resulta en aterrizajes precisos y predecibles. El método de control avanzado incluido en el Trimble UX5 es una inversión del avance o empuje durante el aterrizaje. Durante la inversión del empuje, la dirección del motor y las hélices se invierten. Esto tiene el mismo efecto que el uso de una hélice en dirección opuesta. Al invertir el empuje, la hélice comienza a estirar aire en lugar de empujarlo. Esto le permite al avión contrarrestar el aumento de velocidad que adquiere debido a la alta pendiente que lleva durante el aterrizaje.

Inversión de empuje (o también llamado “empuje invertido”) permite un método de control avanzado que se basa en el cambio de la hélice de avance a velocidad inversa. Esto desafía la aerodinámica, la electrónica y algoritmos de control. Desafía a la aerodinámica porque la aplicación de un pulso de empuje inverso puede resultar en efectos de parada en alas y alerones. Desafía a la electrónica porque tener un control suave de avance a retroceso es difícil para el regulador electrónico de velocidad (ESC por sus siglas en inglés). Y por último, desafía algoritmos de control porque tiene que hacer frente a los límites establecidos por la aerodinámica, el controlador electrónico de velocidad y el comportamiento no lineal debido a la asimetría en el modo inverso y hacia adelante. Una hélice que gira en el modo invertido no solo proporciona empuje sino que también fuerzas y efectos aerodinámicos que deben ser monitorizados y controlados.

## CONTROLES AUTOMÁTICOS Y FLUJOS DE TRABAJO MEJORADOS

El nuevo módulo de imágenes aéreas de Trimble Access es un software para la planificación de las misiones de Trimble, la realización de controles previos al vuelo y vuelos de monitoreo - todo con flujos de trabajo intuitivos que garantizan resultados fiables así como la seguridad de las personas involucradas.

Módulo de imágenes aéreas de Trimble Access ofrece planificar la misión tanto en la oficina como en la Estación de Control de Tierra (GCS por sus siglas en inglés). El área del proyecto y zonas a evitar se dibujan sobre una interfaz de mapa estándar. La altura de vuelo sobre el nivel del suelo (AGL por sus siglas en inglés), la Ground Sample Distance (GSD por sus siglas en inglés) y la superposición de fotos se definen y, automáticamente, Trimble Access calcula el número de vuelos, el patrón de vuelo y la duración del vuelo (s). Asimismo el programa propone los lugares de despegue y aterrizaje y entonces el proyecto es llevado al campo para el vuelo.



Figura 13: Aplicación Trimble Access

En el campo, el operador es guiado paso a paso a través de las secuencias pre y post-vuelo con listas de verificación digitales. Muchos de los controles requeridos para el Trimble UX5 son verificados automáticamente por el software y, a veces, se procesan en segundo plano (rutinas de auto-verificación) y no requieren ninguna interacción por parte del operador. Esto hace que el proceso de preparación (antes del lanzamiento) y la recuperación de datos (después del aterrizaje) sea fácil, rápida y fiable.

Con estas listas de verificación digitales asistidas, es imposible para el operador olvidarse o pasar por alto un paso crítico, asegurando así vuelos fiables y seguros. El software también requiere que el operador siga un procedimiento fijo posterior al vuelo para la descarga de los datos y la verificación de los datos. Esto garantiza que el usuario no salga del campo con un conjunto de datos que es incompleto o inconsistente.

Algunos ejemplos de las comprobaciones automatizadas previas al vuelo son:

- Conexión Batería y estado
- Conexión Estación de Control de Tierra y estado
- Auto-Comprobación Avión (cuando se arma el sistema)
- Comprobación Disparo Cámara
- Comprobación Respuesta de Elevons
- Comprobación Sensor y GPS

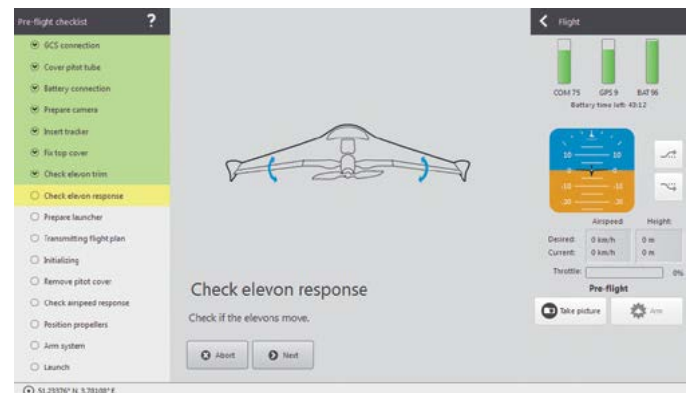


Figura 14: Control previo al vuelo

## CONCLUSION

El Trimble UX5 Aerial Imaging Solution establece un nuevo estándar en la precisión, robustez y rendimiento para la cartografía fotogramétrica aérea. El rendimiento de imagen del Trimble UX5 Aerial Imaging Rover y los flujos de trabajo optimizados de Trimble Business Center Photogrammetry permite la creación de entregables profesionales con una precisión y calidad sin precedentes. Los costes de adquisición de datos se reducen drásticamente en comparación con la recogida del mismo nivel de detalle utilizando los métodos y tecnologías tradicionales.

Lo que antes estaba reservado para los grandes especialistas en fotogrametría ahora ya está disponible para una gran variedad de aplicaciones geoespaciales. La innovación de Trimble en fotografía aérea ahora se puede utilizar para generar entregables muy detallados y útiles por sí, sin embargo, mediante el acoplamiento de la tecnología UAS con otras de nuestras tecnologías, tales como GNSS, estaciones totales de formación de imágenes y escáneres láser 3D, Trimble ofrece una manera sin precedentes para visualizar y medir el mundo.

Para más información visite [trimble.com/uas](https://www.trimble.com/uas)