

UC San Diego

Technical Reports

Title

Manual de vuelo de drones

Permalink

<https://escholarship.org/uc/item/5s73q0hj>

Authors

Hsu, Astrid

Lo, Eric

Dorian, John

et al.

Publication Date

2019-07-01

Copyright Information

This work is made available under the terms of a Creative Commons Attribution-NonCommercial License, available at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Manual de vuelo de drones

Procedimiento de UCSD para el escaneo de manglares (Versión 1.2)

7 de julio de 2019

Esta versión del manual cubre la preparación para el vuelo usando DJI Phantom 4 Pro (P4P) y las operaciones para capturar imágenes en Rojo-Verde-Azul (RVA).

Para preguntas, contactar a Astrid Hsu en ajhsu@ucsd.edu.

Hsu, A. J.; Lo, E. K.; Dorian, J. B., and Guerrero Martinez, B. 2019. Manual de vuelo de drones: Procedimiento de UCSD para el escaneo de manglares (Versión 1.2). University of California, San Diego, Centro para la Biodiversidad Marina y Conservación, and the Gulf of California Marine Program. San Diego, California, USA.

Índice

Índice	1
Acrónimos	2
Panorama general	3
Planificación de viajes	3
Selección de la tripulación	3
Área de interés (ADI)	4
Selección de la aeronave y el software	4
Paquete de documentación	4
Condiciones meteorológicas	4
Preparación antes del vuelo	5
Empacar	5
Baterías	5
Memoria digital	6
Plan de vuelo	6
Área de vuelo	6
Vuelo de gran altitud	6
Vuelo de baja altitud	7
Manejo del tiempo	7
Plan de vuelo	8
Preparación de la bitácora	8
Prevuelo	8
Revisión final de restricciones temporarias de vuelo	8
Condiciones meteorológicas	8
Seguridad de la zona de despegue y aterrizaje	9
Revisión visual	9
Verificación del campo visual	9
Identificación de peligros	9
Programación del software de vuelo	9
Revisión de baterías	9
Revisión de la memoria digital	10
Activación del dron	10
Revisión de la salud del dron	10
Configuración de la cámara	10
Calibración del escaneo	11
Comienzo del llenado de la bitácora	12
Despegue	12
Revisiones de activación y control del dron	12
Durante el vuelo	12
Observación	12
Peligros de colisión	12

Monitoreo de la aeronave	13
Cambio de baterías	14
Manejo y verificación de datos	14
Aterrizaje	15
Posvuelo	15
Escanear y apagar	15
Completar el llenado de la bitácora	15
Descarga de datos	15
Entrega de datos	16
Organización	16
Copia	16
Envío de los medios de memoria	16
Apéndice A--Programación de Ground Station Pro	17
Programas	17
Prevuelo	17
Copiar y editar una misión anterior	20
Revisar el desenfoco de movimiento	20
Apéndice B--Formato de bitácora de vuelo	21
Apéndice C--Lista de referencia	23
Apéndice D--Glosario de GS Pro	25

Acrónimos

ADI	Área de interés
MDE	Modelo digital de elevaciones
GPS	Sistema de posicionamiento global
GSP	DJI Ground Station Pro
P4P	DJI Phantom 4 Pro
RVA	Rojo-Verde-Azul
RPO	Regreso al punto de origen
SIO	Scripps Institution of Oceanography
UCSD	University of California, San Diego

Panorama general

The University of California, San Diego (UCSD) Engineers for Exploration y Aburto Laboratory en Scripps Institution of Oceanography (SIO) (de aquí en adelante el equipo de UC San Diego), con Centro para la Biodiversidad Marina y Conservación y Programa Marino del Golfo de California, han colaborado para desarrollar metodología para la obtención y el procesamiento de imágenes aéreas capturadas por drones con una alta calidad y nitidez. Las imágenes resultantes tienen la intención de ser usadas en el aprendizaje automático para cuantificar la cobertura y para la identificación de especies manglares. A este procedimiento de procesar imágenes por aprendizaje automático será llamado de ahora en adelante el Método de Procesar Imágenes. Cuando se termine, el *Método de Procesar Imágenes* crea los siguientes productos:

- Un ortomosaico de espectro visible y balance de blancos de gran altitud y área amplia
- Un ortomosaico de espectro visible y balance de blancos de baja altitud y área pequeña
- Un modelo digital de elevaciones (MDE)

Este manual delinea los procedimientos prácticos para tomar imágenes aéreas de rojo-verde-azul (RVA) de bosques de manglares para el Método de Procesar Imágenes subsiguiente. Incluye instrucciones para una operación segura del dron, un manejo eficaz del tiempo y una organización funcional de los datos.

El equipo de UCSD también ha establecido procedimientos para adquirir datos semejantes al agregar imágenes multispectrales y puntos de control desde tierra con GPS. Contactar al profesor Ryan Kastner en kastner@ucsd.edu para más información.

Planificación de viajes



Selección de la tripulación

La operación de drones requiere un mínimo de dos miembros de la tripulación, aunque tres miembros mejoran la eficacia. A continuación se presentan las funciones y responsabilidades fundamentales de la tripulación:

1. Piloto

- Tener la certificación regional apropiada y al menos 10 horas de entrenamiento
- Supervisar la operación del dron, conforme a las regulaciones aplicables
- Planificar y programar los planes de vuelo en el software de autopiloto
- Dirigir y coordinar el trabajo del equipo

2. Observador Visual

- Monitorear el cielo para posibles peligros
- Llenar responsablemente las bitácoras de vuelo
- Ayudar al piloto con el uso del hardware de vuelo y los blancos de calibración.

3. Gestor de Datos (opcional)

- Asegurar que el dron tenga suficiente espacio para guardar datos
- Transmitir y organizar los datos entre vuelos
- Revisar los datos para asegurar la calidad de imágenes



Área de interés (ADI)

Elijan un ADI basados en el nivel de interés y la accesibilidad. Los factores que pueden favorecer un área de interés incluyen la composición de una especie, cambios en la cobertura de manglares a lo largo del tiempo y medidas de la cobertura de los manglares. El ADI debe seleccionarse bajo la consideración de accesibilidad a la zona de estudio; por caminos o por embarcaciones y siempre contar con un vehículo o transporte adecuadamente capaz de completar el viaje.

Si llegar al ADI incluye cruzar fronteras internacionales o requiere transporte comercial como por avión o tren, cuidadosamente estudien los requisitos o restricciones internacionales de carga del Departamento de Transporte, la Agencia Federal de Aviación u organizaciones parecidas de tanto el país de origen y el país de destino. Las baterías de los drones contienen litio, que se considera un material peligroso y generalmente es restringido del transporte de carga aérea.

Determinen el propietario del ADI para que la organización rectora pueda ser contactada para conseguir permiso. Sigán los requisitos delineados por el propietario.

El equipo de UCSD ha trabajado exclusivamente con el P4P. Fue seleccionada por su mantenibilidad, duración de baterías, estabilizador, resolución de cámara y precio. La cámara de 20 MPs suspendida de un estabilizador que proporciona la resolución y estabilidad necesarias para producir imágenes de alta calidad para la creación de un ortomosaico y modelo 3D cuando se siguen estos procedimientos. Por favor tenga en cuenta que este dron actualmente tiene el surtido agotado.

El equipo de UCSD usó el software de DJI Ground Station Pro (GSP) para programar vuelos. Este programa permite registrar las áreas y los parámetros de vuelo para los vuelos auto pilotados con supervisión humana.

Asegúrense de llevar toda la información de vuelo y licencias a la región respectiva. También lleven la información de contacto de cualquier enlace relevante, propietario o autoridad. Esta lista se llamará de ahora en adelante como: *paquete de documentación para drones*.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Licencia del piloto | <input type="checkbox"/> Permisos de vuelo por escrito |
| <input type="checkbox"/> Matrícula del dron | <input type="checkbox"/> Información de contacto del enlace local |
| <input type="checkbox"/> Plan de vuelo | <input type="checkbox"/> Información de contacto de las autoridades locales |
| <input type="checkbox"/> Permisos | <input type="checkbox"/> Recibos de venta del equipo |

La operación segura de drones requiere un clima bastante templado. La precipitación, vientos fuertes y poca visibilidad resultan en que la operación de drones no sea segura. El clima significativamente nublado también puede esconder la luz del sol y resultar en imágenes de baja



Selección de la aeronave y el software



Paquete de documentación



Condiciones meteorológicas

calidad. Monitoreen los pronósticos del tiempo y la estacionalidad antes de la fecha del vuelo y vuelvan a programarlo si las condiciones son desfavorables.

Preparación antes del vuelo



Empacar

Esta es una lista de referencia sugerida para artículos esenciales que se deben llevar al campo para los drones:

Esenciales para el dron

- Dron
- Estuche del dron
- Baterías para el dron
- Cargadores de baterías
- Inversor y batería, o generador
- Control remoto del dron
- Paquete de documentación para drones
- iPad con software de vuelo

Calibración

- Blancos de calibración

Accesorios para el dron

- Correa de cuello para el control remoto
- Tarjetas SD
- Hélices de repuesto
- Cables USB
- Pista de aterrizaje

Equipo para procesar

- Lector de tarjetas SD
- Computadora laptop
- Cargador del laptop

Equipo para el personal

- Binoculares
- Cámara para las fotos de los medios/RP
- Mapas físicos del ADI
- Plumas/lápices
- Portapapeles
- Sillas de camping
- Agua
- Suministros de primeros auxilios



Memoria digital

Lleven al menos dos tarjetas SD de alta capacidad (ej., 32 GB) compatibles con el dron para usar durante el viaje. Esto permite que el dron vuele continuamente, cambiando las tarjetas SD en cada vuelo. La tripulación entonces puede trabajar concurrentemente en transmitir los datos a la laptop u otro aparato de memoria digital, organizar las imágenes y verificar que la cantidad y calidad de las imágenes sea lo esperado.



Plan de vuelo

El Método de Procesar Imágenes requiere dos grupos de imágenes de vuelos de distintas altitudes: 120 metros, y aproximadamente 15 metros, aunque las altitudes exactas pueden variar, dependiendo de las condiciones locales. Un plan de vuelo facilita la comunicación entre los miembros de la tripulación y las autoridades.

Área de vuelo

Primero asegúrense que el ADI no sea un espacio aéreo clasificado. Si lo es, obtengan permiso de las autoridades relevantes. Identifiquen un lugar de despegue viable en cual el piloto pueda mantener contacto visual con el dron y también mantener radio conexión entre el dron y el control remoto. El lugar de despegue--también conocido como casa--debe ser un área relativamente plana con un amortiguador de al menos dos metros alrededor de la pista de aterrizaje lejos de objetos en cuales la pista de aterrizaje se pueda estacar.

Vuelo de gran altitud

Volar el dron en o cerca de 120 metros proporciona un buen equilibrio entre el tiempo de vuelo y la resolución y es la altitud estándar para la mayoría de los vuelos. Averigüen la altitud máxima de vuelo del ADI y bajen la altitud cuando sea necesario para el cumplimiento.

Para programar el software de vuelo, creen un plan de vuelo usando una fotomapa si es posible, y usen la interfaz gráfica para dibujar un perímetro de vuelo. Ajusten el perímetro para que el dron vuele directamente por encima del bosque completo de manglares y excluyan cualquier área poblada. Usen las imágenes de satélite disponibles para identificar y evitar cualquier peligro posible tales como montañas o líneas eléctricas. Las instrucciones de paso a paso se encuentran en el *Apéndice A*.

Anoten las estadísticas de vuelo estimadas por el software de vuelo. Un vuelo típico rendirá unas 150 a 200 fotos, dependiendo del tamaño del bosque de manglares, pero un estimado significativamente más alto o bajo (como 20 o 500) pueden indicar configuraciones incorrectas. El ángulo de derrota también se puede ajustar para minimizar el tiempo de vuelo y cambiar dónde comenzará y terminará el vuelo. Comiencen con el dron lo más lejos de casa y terminen más cerca de casa.

Debido a que el proceso de imágenes resulta en alguna pérdida de resolución, es útil mantener una resolución objetiva para que las imágenes procesadas finales tengan la resolución suficiente para trabajar con los algoritmos del aprendizaje automático. Los vuelos deben tener una



Baterías

Las baterías se pueden tardar hasta una hora y media para estar completamente cargadas, por lo tanto, traigan baterías recién cargadas al campo. Si usan el P4P, preparan al menos tres baterías completamente cargadas para escanear un solo bosque de manglares de aproximadamente un cuarto de un kilómetro cuadrado. Preparen más baterías o un mecanismo para cargar las baterías si van a escanear más área. Un generador eléctrico pequeño o un inversor AC conectado a una batería de automóvil adicional pueden proporcionar energía para cargar las baterías del dron, los controles remotos y las laptops.

Usen la documentación del fabricante de su dron con su experiencia para estimar el número y la duración de los vuelos, y cuántas baterías necesitan para volar.



resolución de 2-3 cm como se delinea en Ground Station Pro, que se refiere a la distancia de muestra de suelo.

El tiempo de vuelo debe caer cómodamente dentro del tiempo de vuelo seguro típico con una sola batería para este fuselaje. Algún software de vuelo puede dividir automáticamente a los vuelos largos para permitir el reemplazo de baterías, pero supervisen el uso de baterías de todas formas.

Vuelo de baja altitud

Las imágenes del vuelo de baja altitud se usan para comprobar la producción de algoritmos por máquina al identificar características fisiológicas de manglares. Los vuelos de baja altitud no intentan escanear el ADI completo. En vez de eso, escanean un área pequeña de transecto de manglares sobre la línea de costa o línea de franja de manglar del canal de agua.

La altitud objetiva es 10 metros sobre la altura del dosel. Más alta que esto, oculta algunas características fisiológicas útiles, mientras que más baja que esto es difícil de procesar y puede ser inseguro para volar. Cuando programen el vuelo con anticipo, usen 15 metros como un parámetro de sustitución.

La altura del dosel se puede determinar con el dron o con un telémetro. Para usar un dron, tomen control manual del vehículo, apunten el estabilizador de la cámara horizontalmente y activen la cuadrícula diagonal en el software de vuelo. Lentamente vuelen el dron hacia arriba, hacia la característica más alta del ADI. Cuando esta característica esté centrada en el campo de visión, la altitud del dron se puede usar para aproximar la altura del dosel. Giren el dron 360 grados para buscar obstáculos más altos. Agreguen 10 metros a la altura del dosel para recibir la altitud que se debe introducir al software de vuelo.

Igual que en el vuelo anterior, dibujen un perímetro de vuelo en el software de vuelo alrededor del ADI seleccionado para el vuelo. Este vuelo se debe hacer en el modo de vuelo estacionario y capturar con un índice de superposición de 85% tanto en el frente como en los lados. Examinen las estadísticas de vuelo estimadas. Intenten alcanzar 250 a 350 fotos para este vuelo, y si resultan significativamente más, reduzcan el ADI. Si el ADI no se puede reducir cuando completan un transecto con al menos dos pasadas, la superposición se puede disminuir a 80%. Mantengan la resolución a menos de un centímetro.

Las operaciones de vuelo estacionario y capturar proceden más lentamente y pueden usar más energía de la batería, a pesar de cubrir un área más pequeña. Monitoreen el uso de la batería durante el vuelo y planifiquen múltiples vuelos si son necesarios.

Manejo del tiempo

Prepárense para visitar a no más de dos lugares el mismo día, a no ser que los lugares estén muy próximos. El sol en una posición alta también



Preparación de la bitácora

puede resultar en unos reflejos objetables, por lo tanto, es mejor planificar los vuelos para antes de las 11:00 am y después de la 1:00 pm. and after 1:00 pm.

Plan de vuelo

Para buscar aprobación y si se les acercan agentes policiales, tengan un plan de vuelo claramente documentado y también sus permisos relacionados. Esto puede ser un documento de una página describiendo y mapeando el ADI, y también el lugar exacto, la altitud, la duración y el propósito de cada vuelo.

Antes de salir, imprimen varias páginas de las hojas para las bitácoras de vuelo (Apéndice B). En el campo, una persona debe ser responsable de llenar la bitácora mientras realizan los vuelos. El resto de la tripulación debe asegurarse periódicamente que esté llenado. Las bitácoras de vuelo incompletas no cumplen con las regulaciones y pueden dificultar procesar las imágenes apropiadamente.

Prevuelo



Revisión final de restricciones

Busquen cualquier aviso de la agencia federal de vuelos del país respectivo a los aviadores relacionados con las restricciones temporarias o permanentes de vuelo con drones y que la región no tenga alguna interferencia de GPS.



Condiciones meteorológicas

Cuando estén en el lugar e inmediatamente antes de despegar, asesoren el clima visualmente. Busquen señas de precipitación o actividad eléctrica al identificar cualquier nube oscura en los alrededores. Si hay tales nubes visibles en la distancia, consideren la velocidad y la dirección del viento. Asegúrense de tener todo el equipo guardado antes de llegar las nubes. Cualquier relámpago visible o sonido de trueno debe ser causa para abortar la misión inmediatamente para ese día de trabajo. Aunque no haya lluvia, debe haber la luz adecuada para escanear y los cielos suficientemente claros para mantener contacto visual con el dron. Aquí pueden acceder e imprimir una gráfica útil para las nubes de Sky Guide: <https://bit.ly/2UtiRc2>

Los vientos mayores de 10 metros por segundo pueden causar que el dron aterrice inapropiadamente y puede causar una disminución significativa en la duración de la batería mientras vuela contra el viento. Una buena regla de oro es que la velocidad del viento no debe sobrepasar el 75% de la velocidad máxima del dron para asegurar que su aeronave pueda volar contra el viento. Las temperaturas de operación deben estar dentro de la gama provista por el manual de usuario del dron y el iPad. Las

temperaturas altas pueden causar que el equipo se sobrecaliente y falle o se apague completamente. Planifiquen como corresponda. En el caso del P4P, la temperatura máxima es 40° C.

Por último, debido a los reflejos cuando el sol está en una posición alta en el cielo, es mejor volar antes de las 11:00 am y después de la 1:00 pm, tiempo local.



Seguridad de la zona de despegue

Visualmente revisen si hay obstáculos o personas en el área que rodea la pista de aterrizaje. Debe haber un mínimo de dos metros de terreno claro y plano alrededor de la pista, y las personas deben estar al menos tres metros de distancia.



Revisión visual

Inspeccionen visualmente al dron. Cuidadosamente examinen las hélices para asegurarse que estén libres de grietas o astillas. Una vez instaladas, jalen las hélices delicadamente hacia arriba para confirmar que estén aseguradas; gírenlas manualmente para asegurarse que estén libres de residuos. Revisen el dron completo por cualquier daño o anomalía. Finalmente, asegúrense que la batería este apropiadamente instalada y fijada adecuadamente en los broches de seguridad.

La cerradura del estabilizador y la tapa de la cámara se deben quitar. Asegúrense que el estabilizador tenga un control positivo y que no se esté moviendo incontrolablemente--reinicien el dron si lo hace. **NOTA:** No vuelen el dron a menos que estén seguros que el dron, las hélices, la batería y el estabilizador estén todos en buenas condiciones.



Verificación del campo visual

Realicen una revisión visual final del área de vuelo y confirmen que el campo visual al dron será posible durante todo el vuelo. Tomen en cuenta las características del terreno, los edificios y las condiciones meteorológicas.



Identificación de peligros

Los posibles peligros para el vuelo pueden venir en muchas formas. Las posibilidades incluyen aviones y helicópteros volando a baja altitud, las líneas eléctricas, las aves y las características altas, como los árboles. Identifiquen cualquier cosa que pudiera acercarse al dron durante el vuelo.



Programación del software de vuelo

Si todavía no han programado un plan de vuelo, introdúzcanlo a GSP. Si ya lo han programado, revisen el área y las características de vuelo. Asegúrense que el área de vuelo planificada encaja con las expectativas en lo que se refiere a las características de interés que se van a escanear y los peligros que se deben evitar. Sigán las pautas en la sección de Plan de vuelo.



Revisión de baterías

Siempre revisen que la batería del dron esté físicamente asegurada y tenga suficiente carga antes de despegar. Usen esto junto con el porcentaje reportado en el software de vuelo para asegurar que haya suficiente energía en la batería para completar el vuelo.



Revisión de la memoria digital

Planifiquen aterrizar con una carga de al menos 30% para lidiar con cualquier uso inesperado de la batería que pueda surgir de eventos inesperados. Entre más distancia tenga que viajar el dron para regresar al punto de origen (RPO), más carga se debe mantener en reserva. Estén conscientes que las baterías a base de litio en los drones pueden descargarse más rápidamente cuando se están acercando a estar vacías. Anoten el uso de las baterías con cada vuelo para ayudarlos a planificar los vuelos futuros más eficazmente.

Cambien las tarjetas SD entre vuelos, y a la tarjeta que no está en vuelo actualmente se debe conectar a otro aparato, como una laptop, para el vaciado de los datos a la laptop y tener asegurado el espacio en la memoria. Si esto no es posible, revisen la memoria disponible en la tarjeta SD usando el software de vuelo o una laptop antes de cada vuelo para asegurarse que tenga suficiente espacio para capturar todas las imágenes del vuelo.

La cantidad de espacio de memoria requerido dependerá de la duración del vuelo. El software de vuelo proporcionará una cantidad exacta de fotos que se capturarán. 100 imágenes ocuparan aproximadamente 1.1 GB de espacio. Una tarjeta SD de 3 GB será suficiente para guardar vuelos más cortos, sin embargo no es así para guardar vuelos más largos.



Activación del dron

Una vez hayan completado las revisiones de arriba, enciendan el control remoto de vuelo y el dron. Conecten el iPad al control remoto. Asegúrense que el software de vuelo esté apropiadamente conectado al aparato. Consulten la documentación del fabricante para el diagnóstico de problemas.



Revisión de la salud del dron

En la pantalla del iPad, asegúrense que el dron esté conectado con al menos 6 satélites de GPS. Este es el umbral para asegurar que estemos recopilando suficientes datos de GPS para construir un modelo 3D. Asegúrense que la posición de casa se fije en un lugar razonable. Si usan la función automática de RPO, asegúrense que la altitud de RPO sea lo suficiente alta para evitar obstáculos. Aborden cualquier y todo aviso que pueda surgir, como la falta de radioenlace o un sensor obstruido. Consulten el manual de usuario respectivo cuando sea necesario. Por último, asegúrense que la batería del iPad y el control remoto estén a más del 30%, y que la batería del dron esté a más del 90%.

Para diagnosticar cualquier problema, consulten el manual de usuario respectivo.



Configuración de la cámara

Una vez el dron esté encendido, preparen la cámara para que tenga el formato de archivos JPEG con la resolución más alta disponible. Fijen el balance de blancos a soleado. Las configuraciones de exposición

se tendrán que considerar antes de cada vuelo. La configuración de la cámara puede requerir el uso de otra app en el iPad. El software proporcionado por DJI, por ejemplo, proporciona mejor control de las configuraciones de la cámara, en comparación a GSP.

Usen el modo de prioridad de apertura (A) fijando la apertura cerca de un f/6.3 y el ISO a 100. Antes del vuelo, una persona debe sujetar el dron encima de una tarjeta de calibración gris o encima de vegetación, y observen la velocidad de obturación. Usando la altitud y la velocidad planeada de su misión, verifiquen la velocidad de obturación mínima para evitar desenfoque de movimiento. Aumenten el ISO hasta que la velocidad de obturación sea mayor que el valor determinado en la tabla, o hasta que el ISO llegue a 800. Si un ISO de 800 es necesario, la luz puede ser inadecuada para capturar imágenes, y el vuelo se debe de reconsiderar. En caso de un día de condiciones parcialmente nubladas o en donde la luz esta variable, el ISO se debe de programar con más conservación para evitar desenfoque de movimiento cuando el sol este ocluido. En caso de vientos fuertes, la vegetación y otros elementos no rígidos también pueden moverse lo suficiente para causar desenfoque de movimiento. Deben de chequear la velocidad de obturación regularmente durante el vuelo, para asegurar que la velocidad de obturación no éste debajo del mínimo valor de velocidad; para evitar desenfoque por movimiento.

Altitud (m)	1 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s	16 m/s
10	1/400	1/800	1/1600	1/2500	1/3200	1/4000	--	--	--
20	1/200	1/400	1/800	1/1250	1/1600	1/2000	1/2500	1/3200	1/3200
40	1/100	1/200	1/400	1/800	1/800	1/1000	1/1250	1/1600	1/1600
80	1/60	1/125	1/250	1/400	1/500	1/640	1/800	1/1000	1/1000
100	1/40	1/80	1/160	1/250	1/320	1/400	1/500	1/640	1/640
120	1/30	1/60	1/125	1/200	1/250	1/320	1/400	1/500	1/500

Finalmente, asegúrense que el estabilizador todavía se esté estabilizando correctamente y esté apuntado directamente hacia abajo.

Como parte del proceso de imágenes, se realizará una corrección de colores para mejorar la consistencia de colores del producto final de imágenes. Esto requiere fotos de una tarjeta de calibración antes de cada vuelo.

Asegúrense que la tarjeta de calibración gris esté posicionada en una superficie de tono neutral, idealmente un gris medio. Fijen la exposición a automática y asegúrense que la tarjeta esté nivelada y libre de sombras. Una persona debe sujetar el dron encima de la tarjeta gris para que la porción gris de la tarjeta llene la mayor área posible del campo de visión de la cámara. Tomen tres fotos de la tarjeta. Repitan esto antes y después de cada vuelo.



Comienzo del llenado de la bitácora

Antes de despegar, comiencen a llenar una fila de la bitácora de vuelo. Asegúrense de anotar qué batería está en uso y la hora de despegue del dron.

Todas estas revisiones están disponibles en la lista de referencia de prevuelo en el *Apéndice C*.

Despegue



Revisiones de activación y control del dron

Cuando hayan completado los procedimientos de prevuelo, enciendan los motores de hélices, y estén preparados para apagar los motores de hélices rápidamente si ocurre algo inesperado al despegar.

Para el primer vuelo, y para cualquier vuelo después de un aterrizaje fuerte u otro contratiempo, deben despegar bajo control manual. Lentamente alcen el dron a varios pies del suelo y permitan un vuelo estacionario de unos 15 segundos. Asegúrense que pueda mantener su posición. Si no puede, esto puede indicar un problema con sus sensores o software de control de vuelo. Si la prueba de vuelo estacionario es exitosa, delicadamente muevan cada palanca en todas las cuatro direcciones y verifiquen que el dron responda como debe.

Si las pruebas anteriores fueron exitosas, el dron está preparado para volar y pueden indicarle al autopiloto que comience el plan de vuelo.

Durante el vuelo



Observación

Mientras el dron esté en el aire, tanto el piloto como el observador visual deben mantener contacto visual con el dron. Los binoculares pueden ayudar si el dron está volando más lejos. Tanto el piloto como el observador visual deben monitorear las condiciones meteorológicas y abortar el vuelo si las condiciones se ponen desfavorables.

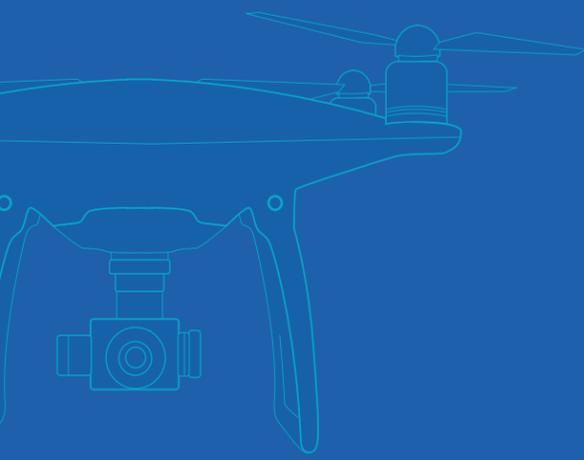
Peligros de colisión

Es esencial que los miembros de la tripulación estén pendiente a peligros en el cielo. Los peligros móviles, como las aves o las aeronaves volando en altitudes bajas, pueden aparecer en cualquier momento y con poco aviso. Aunque todos los miembros de la tripulación deben estar pendiente al dron y también a los peligros, el operador de vuelo priorizará el contacto visual con el dron y el observador visual priorizará el monitoreo de peligros.

Si se identifican peligros en proximidad del dron, el operador de vuelo debe tomar control manual del dron. Las aves pueden suponer un reto significativo, debido a que su vuelo puede ser impredecible y pueden decidir seguir o atacar al dron. Si aparecen peligros, puede requerir que



Calibración del escaneo



aborten el vuelo y que realicen RPO hasta que se alejen los peligros. Cuando se hayan alejado los peligros, se puede volver a activar el autopiloto para continuar el vuelo. Anoten la energía de la batería usada para evitar obstáculos.

Monitoreo de la aeronave

Monitoreen la estabilidad de su aeronave usando el nivel de burbuja en la esquina inferior a la izquierda. Noten que la estabilidad de la aeronave está muy influenciada por el viento, y una inclinación fuerte de la aeronave no producirá imágenes buenas. El piloto también debe monitorear la señal de video en vivo del dron en caso de que se desestabilice el control del estabilizador. Si el dron o el estabilizador se desestabilizan, aterricen el dron. En caso de vientos fuertes, vuelen cuando las condiciones sean más favorables. En el caso de un fallo del control del estabilizador, reinicien al dron. Si el problema persiste, consulte el manual de usuario.

Es esencial monitorear el uso de las baterías. Rastreen cuanta batería se usa para que el dron llegue al comienzo de su patrón de vuelo, y para completar el primer transecto. Esta información los ayudará a anticipar cuántos transectos más se pueden volar mientras todavía tengan suficiente energía para el vuelo de regreso y una reserva de 30% para las maniobras inesperadas.

También asegúrense que el dron esté consistentemente conectado a al menos seis satélites de GPS y que tenga radioenlace con el control remoto en todo momento. Si el dron no está conectado con suficientes satélites de GPS o si comienza a fallar el radioenlace, aborten el vuelo y realicen RPO manualmente. Sin una señal buena de GPS, el dron tendrá dificultades regresando a casa automáticamente y la falta de GPS también empeorará el problema de un radioenlace perdido. El vuelo se puede volver a intentar después cuando haya más satélites dentro del alcance. Si no se puede mantener el radioenlace, posiblemente tengan que volar parte de o todo el vuelo de un área de operación más cercana.

Piloto

- Estabilidad del dron.
- Exposición de imágenes (velocidad de obturación por encima del mínimo)
- Peligros

Observador visual

- Registros de vuelo
- Calibración de imagen

Administrador de datos

- Calidad de la imagen
- Copias de seguridad de tarjetas SD
- Suficiente espacio en tarjetas SD



Cambio de baterías

Si no hay suficiente energía en la batería para completar un vuelo cómodamente, deben reemplazar la batería. Después que el dron haya completado el transecto actual, tomen control manual del dron para volar de regreso y aterrizar. Apaguen el dron y reemplacen la batería con una que esté completamente cargada. Enciendan el dron y manualmente vuelenlo de regreso a dónde lo interrumpieron. En GSP, toquen “Resume Mission” (reiniciar misión) para continuar el vuelo.



Manejo y verificación de datos

Si hay una tercera persona disponible, pueden manejar los datos capturados hasta el momento. La tarjeta SD se debe cambiar entre vuelos, permitiendo que los datos del último vuelo estén disponibles para ser revisados. Los archivos con las imágenes estarán todos juntos bajo un solo archivo, con frecuencia dentro de un archivo llamado “DCIM”. Los archivos DJI se enumeran automáticamente de 001 a 999 y comenzarán a guardarse en un archivo nuevo cuando el número se reinicie.

Una revisión inicial demostrará rápidamente si el vuelo falló en producir alguna imagen. También puede verificar que haya una cantidad razonable de archivos de imágenes en caso que el dron dejara de tomar imágenes durante parte del vuelo. Si ocurre esto, la tripulación debe trabajar junta para diagnosticar la causa del problema y repetir el vuelo.

Cuando encuentren las imágenes, usen una laptop u otro aparato de memoria, y preparen un archivo único para el vuelo. Se recomienda el siguiente esquema para nombramiento de los archivos, separados por el símbolo “>”.

país_región > lugar_fecha > sitio > vuelo

Este esquema fluye de la información más general a la más específica, comenzando con el país y la región. La región puede ser un estado o una provincia. El lugar indica una ciudad o un área específica y puede abreviarse con tres letras. La fecha se escribe en un formato de “AAAA-MM-DD”. El sitio indica el orden en cuál un área específico de vuelo se visitó durante el viaje. El vuelo indica el orden en cuál ocurrió un vuelo en un sitio específico. A continuación, está el ejemplo de los nombres de los archivos para un vuelo realizado en Puerto San Carlos, México:

mexico_baja_california_sur > psc_2018-07-10 > sitio01 > vuelo03

Cuando existan estos archivos y estén apropiadamente nombrados, identifiquen y copien las imágenes de la tarjeta SD. Si no queda claro cuáles imágenes pertenecen a cuál vuelo, consulten los tiempos en la bitácora de vuelo para seleccionar las imágenes correctas. Noten que el tiempo del dron puede ser incorrecto, especialmente al viajar a través de zonas de tiempo, y puede cambiar en un intento de autocorregirse.

Revisen las imágenes copiadas y verifiquen que las imágenes encajen con el vuelo esperado. Reorganicen según sea necesario. Entonces escudriñen la calidad de las imágenes para los detalles en las regiones

claras y oscuras, el desenfoco o los reflejos de sol excesivos. Las imágenes de baja calidad requieren volver a volar, según lo permita el tiempo y las baterías.

Realicen una revisión final de las imágenes y que hayan sido copiadas sin errores. Cuando las hayan verificado, las pueden borrar de la tarjeta SD.

Aterrizaje



Aterrizaje

Si aterrizan automáticamente, estén pendiente al comportamiento errante durante el descenso del dron, como intentar aterrizar en el lugar incorrecto o descender en un ángulo. También es posible que un fallo cause que el dron se desplome al suelo a alta velocidad. Estén preparados para encargarse manualmente y corregir cualquiera de estos comportamientos.

Para un aterrizaje manual, muevan al dron lentamente y cuidadosamente aterrícenlo en la meta. Si el dron se acerca mucho al suelo, el aire movido por las hélices se refleja de vuelta hacia arriba y causa inestabilidad, por lo tanto, eviten ajustes finos directamente encima de la pista de aterrizaje.

Posvuelo



Escanear y apagar

Cuando el dron se detenga en la pista de aterrizaje, pare las hélices. Tome un grupo adicional de imágenes de calibración. Consulte la sección anterior, Calibración del escaneo, para las instrucciones.

El vuelo ahora está completo y el dron se puede apagar.



Completar el llenado de la bitácora

Completen toda la información sobre el vuelo en la bitácora de vuelo. Anoten cualquier ocurrencia inusual durante el vuelo, como incidentes de vuelo, cambios inesperados en el clima que puedan afectar la calidad de las imágenes y comportamientos anómalos del dron.



Descarga de datos

Si un tercer miembro de la tripulación no ha estado copiando y organizando las imágenes, ahora sería un buen momento para hacerlo. Quiten la tarjeta SD y conéctenla a una laptop. Consulten la sección de arriba sobre el manejo y la verificación de datos para las instrucciones.

Entrega de datos



Organización

Después de regresar del campo, tomen la oportunidad de revisar la organización de los archivos una vez más. Asegúrense que todos los archivos estén claramente organizados con los métodos delineados en la sección de arriba sobre el manejo y la verificación de datos. Verifiquen una vez más la calidad adecuada de las imágenes y tomen nota de cualquier dato faltante.



Copia

Copien los datos del viaje a su propio aparato de memoria. Si es posible, hagan una segunda copia a un aparato aparte para protegerlo contra el fallo del disco y tener un respaldo. Noten el espacio de memoria requerido para guardar todos los datos.



Envío de los medios de memoria

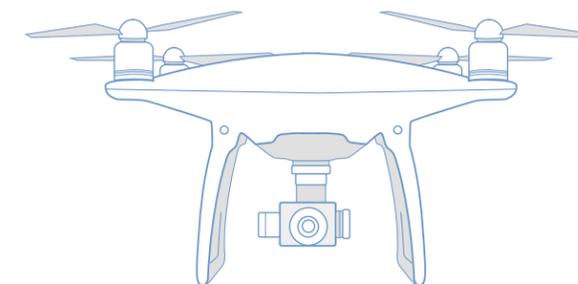
Procuren un aparato de memoria como un disco duro externo o una tarjeta SD grande que pueda guardar todos los datos del viaje. Copien todos los datos, incluyendo los archivos apropiadamente nombrados, al aparato de memoria. Verifiquen que la transmisión fue exitosa al abrir algunos de los archivos.

Cuidadosamente empaquen el aparato de memoria con el embalaje adecuado o en un sobre acolchado para protegerlo. Elijan un método de envío con un número de rastreo. Los aparatos de memoria se deben enviar a:

The Aburto Lab

Scripps Institution of Oceanography
UC San Diego
9500 Gilman Drive #0202
La Jolla CA, 92093-0202

Cuando lo hayan enviado, comuníquense con Astrid Hsu en UCSD Aburto Lab en ajhsu@ucsd.edu para proporcionar la información de rastreo y el tiempo de entrega estimado. Asegúrense que el paquete fue entregado después de la fecha de entrega estimada.



Apéndice A

Programación de Ground Station Pro

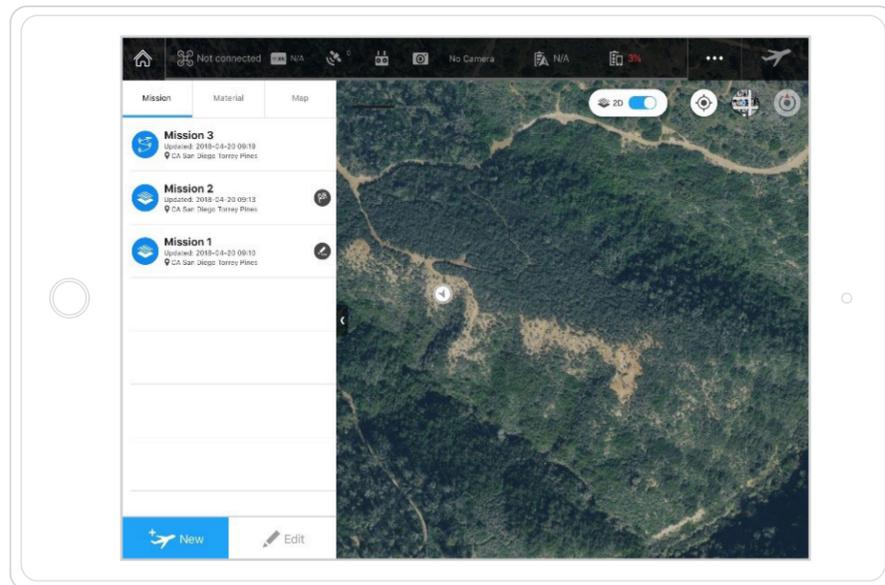
Sigan estas instrucciones para programar un plan de vuelo en el software de vuelo DJI Ground Station Pro (GSP) que le proporcionará al dron la información necesaria para capturar todas las imágenes deseadas en autopiloto.

Programas

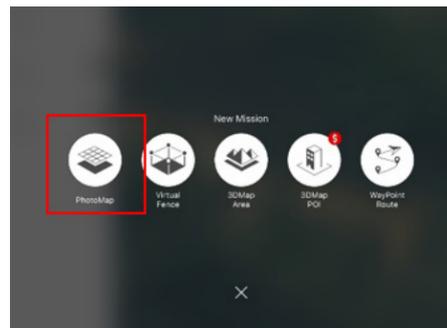
- DJI Go/DJI Go 4.0, dependen de su dron
- DJI Ground Station Pro

Prevuelo

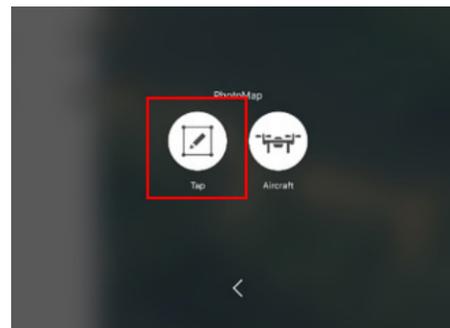
1. Definan el área de interés (ADI) con el equipo de manglares e identifiquen lugares de despegue.
2. En DJI GS Pro, creen una misión nueva en la esquina inferior a la izquierda.



3. Elijan PhotoMap (fotomapa).

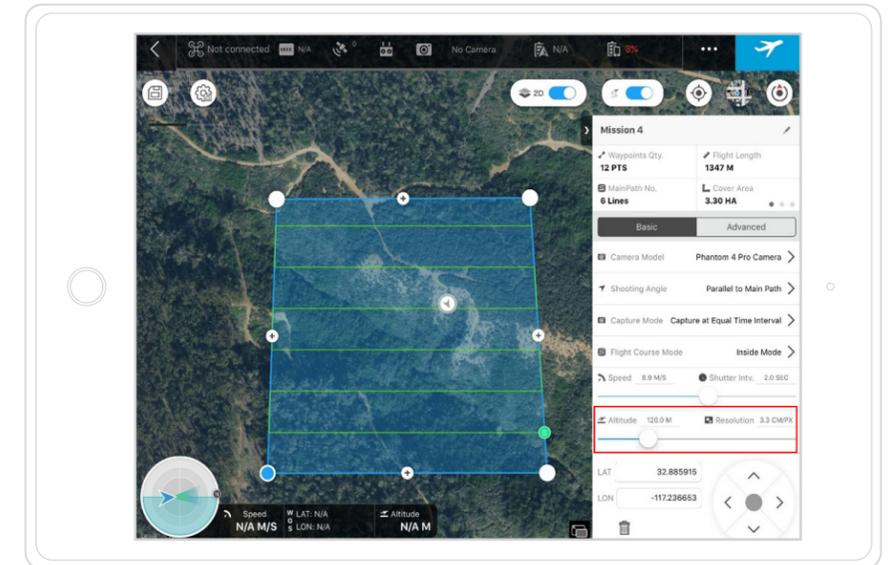


4. Elijan Tap (tocar).

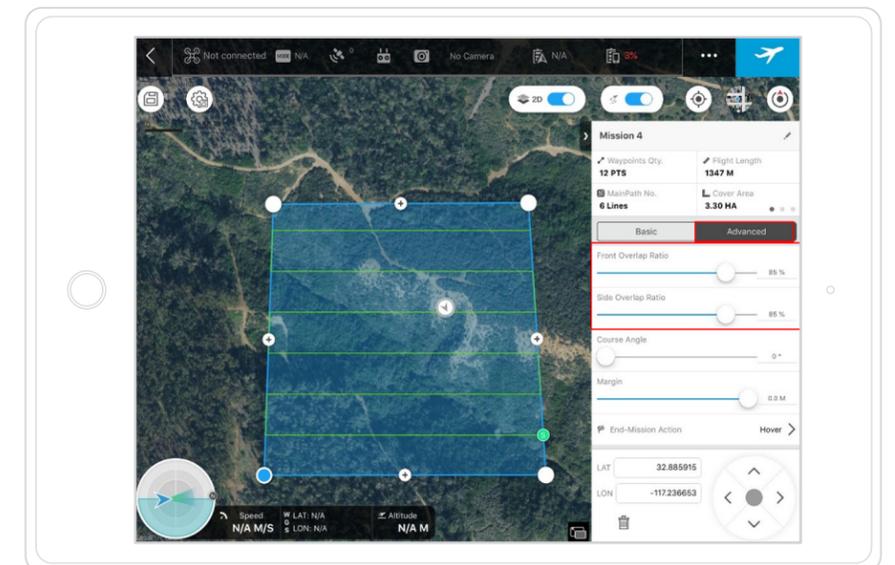


5. Creen el polígono del ADI.
6. Si las imágenes de su sitio están cubiertas de nubes, suban un archivo de imágenes kmz libres de nubes al software. Alternativamente, si ya están en el campo, seleccionen “Aircraft” (aeronave) en vez de “Tap”. Esta característica permitirá que el piloto vuele el dron a lo largo del perímetro de su ADI para crear su polígono.

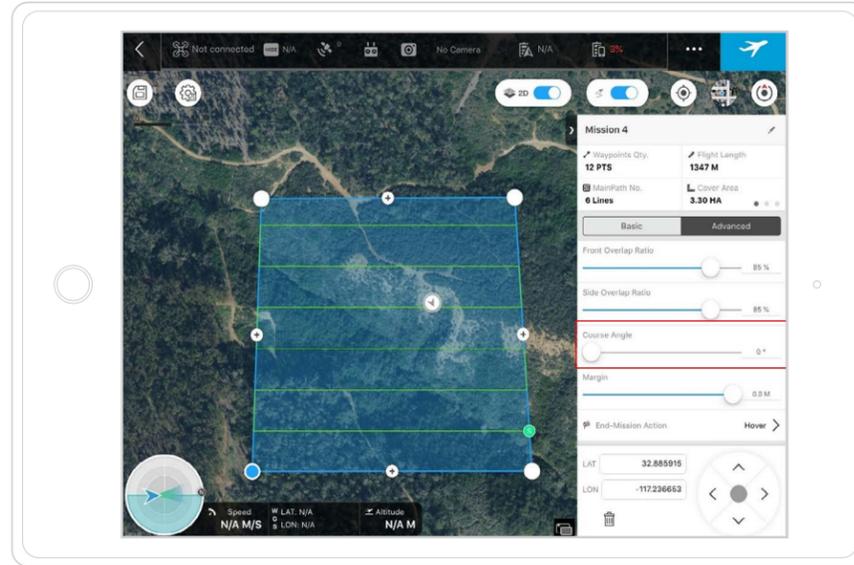
7. Al lado derecho de la pantalla hay una barra de navegación. Bajo “basic”, definan una altitud tentativa. Esto será 120 o 15 metros para los vuelos de gran y baja altitud respectivamente. Éstas se deben volver a visitar antes del vuelo para asegurar una operación segura.



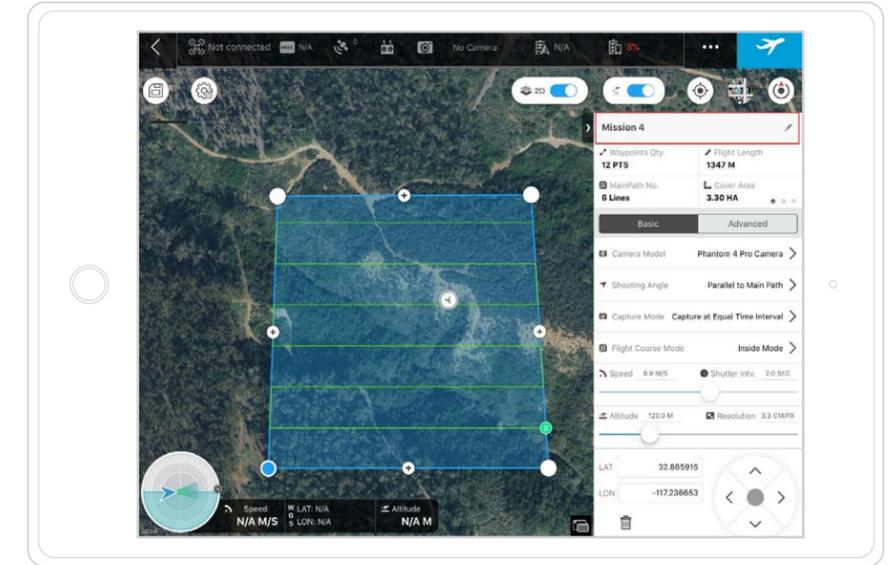
8. Naveguen a “Advanced”, y seleccionen “overlap” (superposición) para la superposición del frente y los lados. Esto es 80% para los vuelos de gran altitud y 85% para los vuelos de baja altitud.



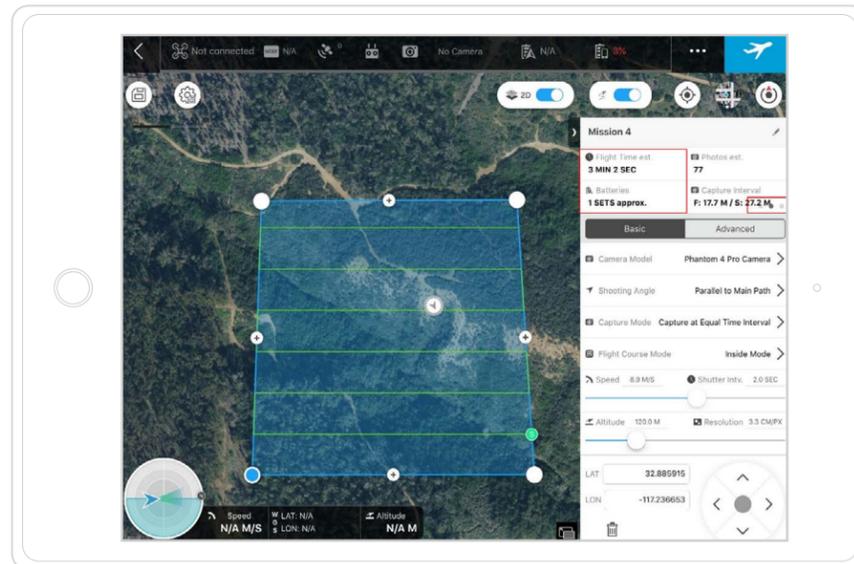
- Ajusten el ángulo de derrota para reducir el tiempo de vuelo y para volar hasta el punto más lejano primero.



- Renombren la misión a Sitio [número]-120m.



- Naveguen de regreso a "Basic" y deslicen hacia la izquierda en la sección superior de la barra de navegación para ver el tiempo de vuelo y el número aproximado de baterías necesarias.

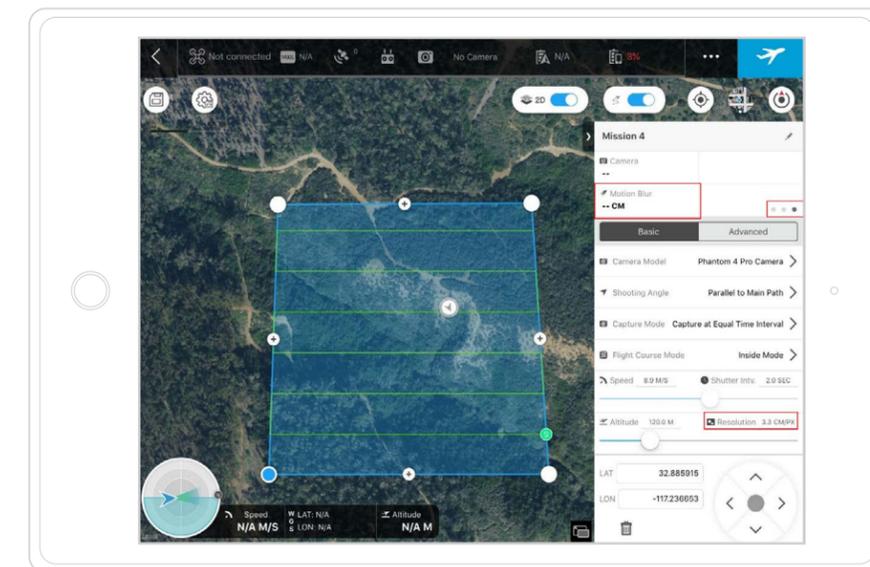


Copiar y editar una misión anterior

Deslicen hacia la izquierda en la misión actual y seleccionen "copy" (copiar). Pueden renombrar y cambiar los parámetros como sea relevante.

Revisar el desenfoque de movimiento

- Para mantener imágenes de alta resolución, deslicen hacia la izquierda en la sección superior de la barra de navegación hasta que vean "Motion Blur" (desenfoque de movimiento). Mientras tengan el dron al menos un metro arriba del suelo (con la cámara apuntada directamente hacia abajo), asegúrense que el desenfoque de movimiento sea menos que la resolución.



Apéndice B

Formato de bitácora de vuelo

Usen el siguiente formato de bitácora de vuelo para registrar la información de vuelo en el campo. Asegúrense de imprimir copias adicionales.

# vuelo	Lugar (sitio/punto de vuelo)	Operadores	Datos de vuelo		Alt.	# baterías	# de misión (nombre)	Observaciones
			Inicio	Fin				

Fecha _____

PIC/Licencia _____

Sitio _____

Fuselaje _____

Coordinador _____

Proyecto _____

Apéndice C

Lista de referencia

Impriman la siguiente lista de referencia para una referencia de campo rápida para recordar todas las revisiones y tareas necesarias para un vuelo exitoso.

Prevuelo	Vuelo	Posvuelo
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar el clima <input type="checkbox"/> Revisar la visibilidad del espacio aéreo <input type="checkbox"/> Revisar las RTVs Programar a. pilotear <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Altitud <input type="checkbox"/> Superposición <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Revisar el espacio SD <input type="checkbox"/> Revisar la pila <input type="checkbox"/> Revisar las hélices <input type="checkbox"/> Quitar el cierre del cardán <input type="checkbox"/> Prender el control remoto <input type="checkbox"/> Prender la aeronave <input type="checkbox"/> Revisar el nivel de la señal del sensor <input type="checkbox"/> Fijar la exposición de la cámara <input type="checkbox"/> Tomar imágenes de calibración 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Activar motores de hélices Primer vuelo: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vuelo estacionario 15 segundos <input type="checkbox"/> Probar los controles <input type="checkbox"/> Iniciar a. pilotear Estad pendientes a: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obstáculos <input type="checkbox"/> Aviones <input type="checkbox"/> Aves <input type="checkbox"/> Cubrir los blancos de calibración <input type="checkbox"/> Organizar los archivos del vuelo anterior <input type="checkbox"/> Verificar la calidad de los datos del vuelo anterior 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apagar los motores de hélices <input type="checkbox"/> Apagar los sensores <input type="checkbox"/> Apagar la aeronave <input type="checkbox"/> Apagar el control remoto <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Quitar la tarjeta SD <input type="checkbox"/> Descargar los datos del sensor

Prevuelo	Vuelo	Posvuelo
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar el clima <input type="checkbox"/> Revisar la visibilidad del espacio aéreo <input type="checkbox"/> Revisar las RTVs Programar a. pilotear <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Altitud <input type="checkbox"/> Superposición <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Revisar el espacio SD <input type="checkbox"/> Revisar la pila <input type="checkbox"/> Revisar las hélices <input type="checkbox"/> Quitar el cierre del cardán <input type="checkbox"/> Prender el control remoto <input type="checkbox"/> Prender la aeronave <input type="checkbox"/> Revisar el nivel de la señal del sensor <input type="checkbox"/> Fijar la exposición de la cámara <input type="checkbox"/> Tomar imágenes de calibración 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Activar motores de hélices Primer vuelo: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vuelo estacionario 15 segundos <input type="checkbox"/> Probar los controles <input type="checkbox"/> Iniciar a. pilotear Estad pendientes a: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obstáculos <input type="checkbox"/> Aviones <input type="checkbox"/> Aves <input type="checkbox"/> Cubrir los blancos de calibración <input type="checkbox"/> Organizar los archivos del vuelo anterior <input type="checkbox"/> Verificar la calidad de los datos del vuelo anterior 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apagar los motores de hélices <input type="checkbox"/> Apagar los sensores <input type="checkbox"/> Apagar la aeronave <input type="checkbox"/> Apagar el control remoto <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Quitar la tarjeta SD <input type="checkbox"/> Descargar los datos del sensor

Prevuelo	Vuelo	Posvuelo
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar el clima <input type="checkbox"/> Revisar la visibilidad del espacio aéreo <input type="checkbox"/> Revisar las RTVs Programar a. pilotear <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Altitud <input type="checkbox"/> Superposición <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Revisar el espacio SD <input type="checkbox"/> Revisar la pila <input type="checkbox"/> Revisar las hélices <input type="checkbox"/> Quitar el cierre del cardán <input type="checkbox"/> Prender el control remoto <input type="checkbox"/> Prender la aeronave <input type="checkbox"/> Revisar el nivel de la señal del sensor <input type="checkbox"/> Fijar la exposición de la cámara <input type="checkbox"/> Tomar imágenes de calibración 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Activar motores de hélices Primer vuelo: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vuelo estacionario 15 segundos <input type="checkbox"/> Probar los controles <input type="checkbox"/> Iniciar a. pilotear Estad pendientes a: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obstáculos <input type="checkbox"/> Aviones <input type="checkbox"/> Aves <input type="checkbox"/> Cubrir los blancos de calibración <input type="checkbox"/> Organizar los archivos del vuelo anterior <input type="checkbox"/> Verificar la calidad de los datos del vuelo anterior 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apagar los motores de hélices <input type="checkbox"/> Apagar los sensores <input type="checkbox"/> Apagar la aeronave <input type="checkbox"/> Apagar el control remoto <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Quitar la tarjeta SD <input type="checkbox"/> Descargar los datos del sensor

Prevuelo	Vuelo	Posvuelo
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisar el clima <input type="checkbox"/> Revisar la visibilidad del espacio aéreo <input type="checkbox"/> Revisar las RTVs Programar a. pilotear <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Altitud <input type="checkbox"/> Superposición <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Revisar el espacio SD <input type="checkbox"/> Revisar la pila <input type="checkbox"/> Revisar las hélices <input type="checkbox"/> Quitar el cierre del cardán <input type="checkbox"/> Prender el control remoto <input type="checkbox"/> Prender la aeronave <input type="checkbox"/> Revisar el nivel de la señal del sensor <input type="checkbox"/> Fijar la exposición de la cámara <input type="checkbox"/> Tomar imágenes de calibración 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Activar motores de hélices Primer vuelo: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vuelo estacionario 15 segundos <input type="checkbox"/> Probar los controles <input type="checkbox"/> Iniciar a. pilotear Estad pendientes a: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obstáculos <input type="checkbox"/> Aviones <input type="checkbox"/> Aves <input type="checkbox"/> Cubrir los blancos de calibración <input type="checkbox"/> Organizar los archivos del vuelo anterior <input type="checkbox"/> Verificar la calidad de los datos del vuelo anterior 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apagar los motores de hélices <input type="checkbox"/> Apagar los sensores <input type="checkbox"/> Apagar la aeronave <input type="checkbox"/> Apagar el control remoto <input type="checkbox"/> Llenado de bitácora <input type="checkbox"/> Quitar la tarjeta SD <input type="checkbox"/> Descargar los datos del sensor

Apéndice D

Glosario de GS Pro

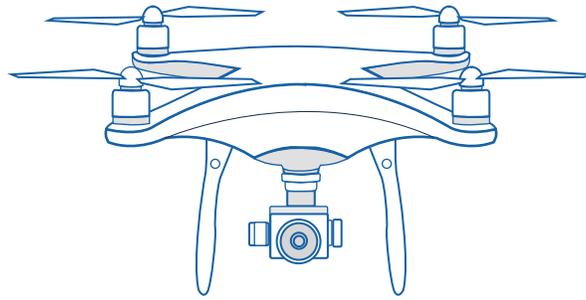
Planning A Mission

Ground Station Pro Term	Traducción al español
Fly	Volar
Edit	Editar
Waypoints Qty	Cantidad de puntos de referencia
Flight Length	Longitud de Vuelo
Main Path No.	Numero de líneas de vuelo
Cover Area	Área de cobertura
Flight Time est.	Tiempo de vuelo
Photos est.	Número de fotos
Batteries	Baterías
Capture interval	Intervalo de captura
Camera	Cámara
Motion Blur	Desenfoque de movimiento
Basic	Básico
Camera Model	Modelo de cámara
Shooting Angle	Ángulo de disparo
Parallel to Main Path	Paralelo a la línea de vuelo
Perpendicular to Main Path	Perpendicular a la línea de vuelo
Capture Mode	Modo de captura
Hover & Capture at Point	Estacionar y tomar fotografía al punto
Capture at Equal Time Interval	Captura en el intervalo de igual frecuencia
Capture at Equal Dist. Interval	Captura en el intervalo de distancia igual
Flight Course Mode	Modo de curso de vuelo
Scan Mode	Modo de escaneo

Inside Mode	Modo interno
Speed	Velocidad
Shutter intv.	Intervalo de obturador
Height	Altitud
Resolution	Resolución
Advanced	Avanzada
Front Overlap Rate	Tasa de superposición frontal
Side Overlap Rate	Tasa de superposición de lado
Course Angle	Dirección de la línea de vuelo
Margin	Margen
End-Mission Action	Actividad al terminar la misión
Return to home	Regreso al punto de origen
Hover	Vuelo estacionario
Land	Aterrizar

Ready to Fly

Ground Station Pro Term	Traducción al español
Connection	Conexión
Dist. from flight area	distancia del área de vuelo
GPS	GPS
Compass & IMU	Brújula y unidad de medida inercial
Battery	Batería
Camera	Cámara
SD Card	Tarjeta SD
End-Mission Action	Actividad al terminar la misión
Waypoint	Punto de referencia
Cancel	Cancelar
Start to fly	Despegue del dron



Manual de vuelo de drones

Procedimiento de UCSD para el escaneo de manglares
(Versión 1.2) 7 de julio de 2019

