

SEPTIEMBRE, 2024 (VERSIÓN 0.1)

MANUAL DE OPERACIONES
SMAK-3
(SISTEMA DE MEDICIONES ATMOSFÉRICAS EN KYTOON DE 3M3)

LUIS WEN
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
luis.wenzh@gmail.com

Contenido

Contenido.....	1
A-Introducción	3
B-Acerca del sistema	4
B.1-Aplicaciones	4
B.2-Limitaciones	5
C-Diagrama del sistema	6
D-Componentes	7
D.1-Globo aerostático (Kytoon).....	7
D.2-Cabrestante (Wincher).....	7
D.3-Góndola	8
D.4-Paquete de sensores.....	9
D.5-Otros	10
E-Fases normales en una misión.....	11
F-Ensamblado y operación.....	12
F.1-Recomendaciones para el lanzamiento.....	12
F.2-Ensamblado de góndola – Paquete de instrumentos.....	20
F.3-Preparación para el lanzamiento.....	21

F.4-Lanzamiento	26
G-Recuperación y Almacenamiento	28
G.1- ¿Cuándo recuperar el globo?	28
G.2-Instrucciones de recuperación	28
G.3-Almacenamiento sin desinflado	31
G.4-Almacenamiento con desinflado.....	31
H-Listado de equipo mínimo.....	36

A-Introducción

Este manual sirve como guía para el uso correcto del SMAK-3. Dentro de este manual se encuentra:

- Información sobre el funcionamiento, las aplicaciones, y las limitaciones del sistema
- Descripciones de los componentes y subcomponentes
- Recomendaciones para un lanzamiento satisfactorio
- Instrucciones para el lanzamiento y la operación
- Instrucciones para la recuperación y el almacenamiento
- Un listado de equipo mínimo para apoyar el lanzamiento

Si se requiere más información de alguno de los componentes que conforma el sistema recomendamos consultar el manual específico requerido.

También aconsejamos a que consulte el marco legal aplicable al lugar de lanzamiento.

Cualquier consulta escribir al correo de Luis Wen (luis.wenzh@gmail.com).

B-Acerca del sistema

El SMAK-3 (Sistema de Mediciones Atmosféricas en Kytoon de 3m3) se trata de la integración de una aeronave tipo globo-cometa (Kytoon) con varios instrumentos de medición para poder observar diferentes variables ambientales en un amplio rango de altitud.

El Kytoon se trata de una combinación entre globo aerostático y cometa que le permite levantar un cargamento a través de fuerzas de flotación y tener un comportamiento de mayor estabilidad ante los vientos gracias a sus superficies tipo cometa.

La principal ventaja de este sistema es su capacidad de cambiar de altura debido a que se basa en un globo cautivo con una cuerda de longitud ajustable a través de un cabrestante.

B.1-Aplicaciones

El sistema tiene la capacidad de medir a diferentes alturas las siguientes variables:

1. Velocidad del viento
2. Dirección del viento horizontal
3. Presión
4. Humedad
5. Temperatura
6. Altitud barométrica
7. Posición satelital
8. Aceleración en tres ejes
9. Tasa de giro en tres ejes
10. Campo magnético en tres ejes
11. Calidad de aire
12. Gases

B.2-Limitaciones

Algunas de las limitaciones de su operación son:

- Solo debe operar en vientos menores de 35 mph (56 km/h).
- No se puede operar en condiciones climáticas desfavorables (tormentas, lluvias, ...)
- Solo debe operarse en zonas permitidas, consultar el marco legal aplicable.
- El espacio de la zona de lanzamiento debe estar despejado para evitar que la cuerda se enrede con estructuras de los alrededores.

C-Diagrama del sistema

Se presenta un diagrama del sistema y sus componentes principales:

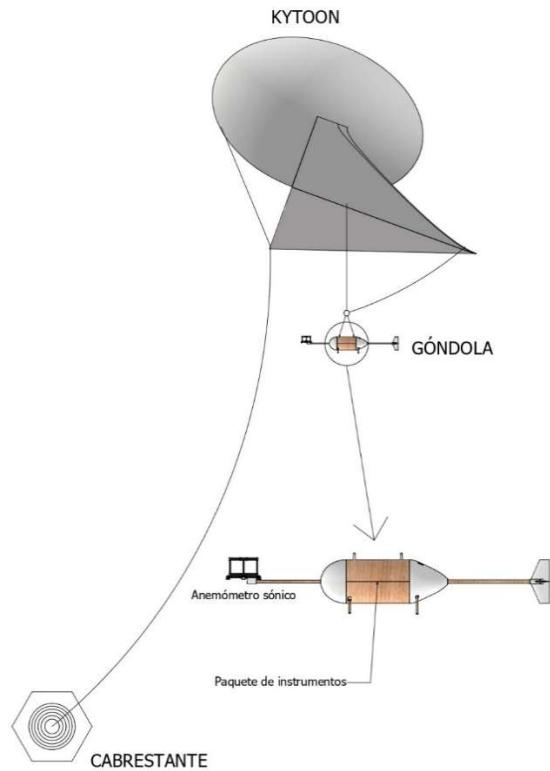


Figura. 1. Diagrama del sistema y sus componentes principales

D-Componentes

D.1-Globo aerostático (Kytoon)

El sistema utiliza un globo **Skyhook Helikite 3m3** del fabricante **Allsopp Helikites**. Este se trata de un globo-cometa con volumen de 3m3 con largo de 9 ft y ancho de 5.5 ft, en condiciones estándar sin viento es capaz de levantar una carga de 1.5 kg. Es capaz de soportar vientos menores a 35 mph (56 km/h).

Las partes que lo componen son:

1. Globo
2. Cometa (unido al globo)
3. Largueros (spars) de fibra de carbono (3 secciones):
 - a. Principal (Main Spar)
 - b. Central (Centre Keel Spar)
 - c. A lo largo de la quilla (Along the Keel Spar)
4. Válvula de entrada (en la parte delantera del globo)
5. Válvula de salida (en la parte trasera del globo)

D.2-Cabrestante (Wincher)

Este componente se encarga de almacenar y alimentar cuerda según requiera el sistema para cambiar o mantener la altitud. El cabrestante que utiliza se alimenta con una fuente de 12-24 V y la cuerda puede soltar o enrollar a una velocidad de 17 m/min, cuando se alimenta de una fuente de 24 V consume una corriente de alrededor de 40 amperios.



Figura. 2. Cabrestante TDS-9.5C. Fuente: <https://www.kingoneworld.com/standard-tds-9-5-c>



Figura. 3. Controlador manual de cabrestante. Fuente: <https://www.kingoneworld.com/standard-tds-9-5-c>

Se requiere además una fuente de poder (ej. Una batería de carro) capaz de suministrar un voltaje de 12-24V y corriente de hasta 60A.

D.3-Góndola

La góndola se trata del paquete o cargamento que se lleva colgado del Kytoon, en el caso de este sistema este paquete contiene los electrónicos (sensores, controladores, batería, radiotransmisor, ...) integrados en un sistema que es capaz de observar y procesar las variables de interés.

La geometría de la góndola en el sistema está diseñada para cargar el anemómetro sónico manteniendo una interferencia mínima a sus mediciones, también prioriza tener bajo peso, proteger el cargamento, y mantener estabilidad ante viento.

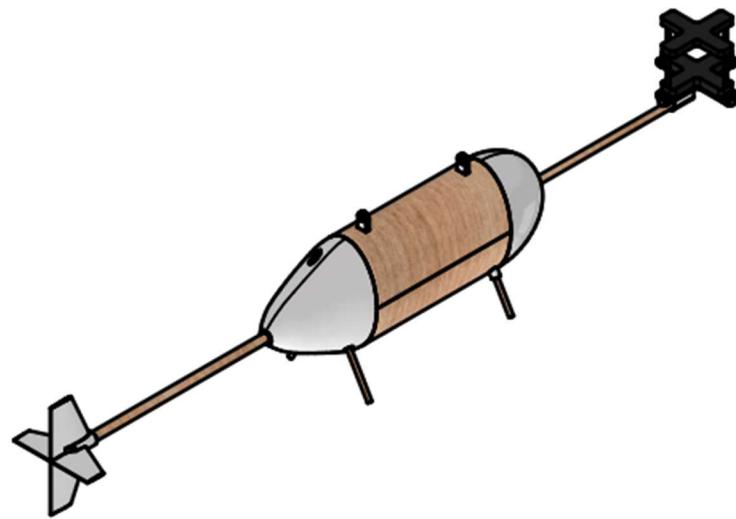


Figura. 4. Modelo de la góndola

D.4-Paquete de sensores

El paquete de sensores se encuentra dentro de la góndola, este incluye todos los elementos básicos para poder observar las variables, y procesar, almacenar y transmitir los datos observados.

Los elementos principales que conforman el paquete de sensores son:

A. Sensores

- a. Anemómetro sónico - TriSonica Mini FB (Viento)
- b. Hiletgo BME688 (Gases, presión, temperatura, humedad y calidad de aire)
- c. Arduino Nano 33 BLE (IMU)
- d. Pixhawk mini (IMU)
- e. Hiletgo GY-NEO6MV2 (GNSS)

- B. Controlador - Arduino Nano 33 BLE
- C. Registrador de datos – Slerj SSR-1
- D. Batería
- E. Telemetría

Este paquete de sensores se distribuye dentro de los pisos que tiene la góndola. El piso superior contiene la batería y el piso central e inferior contiene los otros componentes.

D.5-Otros

Otros componentes que son esenciales para operar correctamente el sistema son:

1. Estación de observación en tierra: este incluye equipos para recibir las transmisiones de datos durante la operación para monitorear el comportamiento en tiempo real y detectar cualquier circunstancia inhabitual.
2. Carretilla de transporte de elementos: se utiliza para transportar componentes pesados como el cabrestante, batería, y los tanques de helio.
3. Protección de terreno: incluye una estructura inflable y carpa para proteger el globo del terreno.
4. Sistema de inflado: se utiliza para inflar el Kytoon incluye tanques de helio y adaptadores para conectar el tanque al globo para controlar el inflado.
5. Anclajes al suelo para mantener fijo el sistema.

E-Fases normales en una misión

En una misión común se tendrán las siguientes fases:

1. Preparación: se prepara el terreno y los diferentes componentes: Kytoon, góndola, cabrestante, y se hacen las revisiones finales antes del lanzamiento.
2. Lanzamiento: inicio del vuelo del globo, se debe asegurar de que el sistema despegue correctamente.
3. Vuelo: en esta fase se realiza la mayoría de la recolección de datos y tiene mayor duración, durante esta fase puede haber cambios de altitudes y se debe monitorear constantemente el comportamiento del sistema.
4. Recuperación: finalización del vuelo, el globo debe ser bajado controladamente y se debe asegurar un aterrizaje suave para evitar daños tanto en el globo como en la góndola y el paquete de instrumentos.
5. Almacenamiento: esta fase depende de lo planeado, se puede presentar los siguientes casos: desinflado y guardado del Kytoon, guardado del Kytoon manteniéndolo inflado, y montaje de nuevo cargamento para una misión adicional.

F-Ensamblado y operación

En esta sección se presenta información sobre la operación del sistema, incluyendo recomendaciones para planear una misión, pasos para ensamblar los componentes, y el manejo adecuado.

F.1-Recomendaciones para el lanzamiento

Antes de operar el sistema recomendamos verificar que la misión planificada cumpla con las recomendaciones presentadas para los aspectos mostrados.

F.1.1-Lugar

1. Los lugares ideales para volar deben ser zonas abiertas libre de árboles, edificios, postes eléctricos, cableado, carreteras, caminos, canales, vehículos y personas.
2. Evitar volar sobre cableado, aeropuertos, zonas de vuelo bajo, árboles, caminos, y ferrocarriles.
3. Si es posible es deseable que el radio de la zona abierta sea tan largo como el largo de cuerda esperado, para que el globo pueda ser bajado al suelo con un vehículo si el cabrestante falla u opera muy lento.
4. Evitar áreas con espinas, púas, y objetos filosos.
5. El terreno debe ser adecuado para colocar anclajes.
6. Asegurar tener el permiso del dueño o administrador del terreno.

F.1.2-Condiciones ambientales

1. Buena visibilidad de la zona de vuelo.
2. Cielo despejado libre de condiciones adversas de vuelo como tormentas y lluvias.
3. Vientos menores de 35 mph o 56 km/h. Tener en cuenta que la velocidad del viento tiende a incrementar con la altitud de vuelo, por lo que, el viento medido a nivel del suelo es menor a lo que se tendrá en vuelo.
4. Para regulaciones panameñas según RACP, libro 11.

- a. En alturas mayores a 45 m (o 150 ft), la cuerda de anclaje requiere se marcada con banderines de colores a intervalos de 15 m.
- b. En operaciones nocturnas debe haber un sistema de iluminación tanto para el globo como en las líneas de amarre que pueda observarse a 1 milla.
- c. Debe tener un dispositivo de desinflado rápido por si el globo se suelta de su amarre.

F.1.3-Anclajes al suelo

1. Instalar el sistema de anclaje siguiendo todas las instrucciones de su uso.
2. Debe ser suficientemente resistente para los esfuerzos que pueda producir el globo.
3. Estar posicionado lo más cerca del suelo posible, incluso mejor si se coloca ligeramente más bajo que el suelo para evitar tropiezos.
4. El anclaje más favorable según UK Health and Safety (Salud y Seguridad del Reino Unido) es un anillo de acero asegurado a un bloque de concreto grande de forma de pirámide enterrado completamente al suelo. Esto es excelente para una instalación permanente en cualquier terreno.
5. Otro sistema puede ser el uso de varias clavijas largas de acero para marquesina martilladas al suelo, estos son buenos para suelos de roca o suelos rocosos. También se pueden utilizar anclajes de tornillo gruesos de acero galvanizado para suelos arcillosos y arenosos, y anclajes de garra para suelo rocoso y arcilloso.
6. Otro anclaje es el “Grabba Anchor” de Allsopp Helikites Ltd que tiene brazos articulados que presionan el suelo.



Figura. 5. Grabba Anchor. Fuente: <https://www.helikites.com/support-products/Ground-Anchors>

F.1.4-Inflado

1. Inflar con la cantidad correcta de helio utilizando la guía de inflado (cuerda que pasa por el medio del globo). Cuando el globo asciende al volumen correcto la cuerda guía se tensa.
2. El mejor horario para inflar el globo es el momento más caluroso del día, ya que el helio se expande cuando se calienta, al inflar el globo en su estado más caliente se evita sobre inflar el globo.
3. Durante el inflado dar vistazos constantemente alrededor del globo (walk around) ajustando ataduras según se requiera.
4. Inflar lentamente el globo para evitar daño a las válvulas

F.1.5-Carga recomendada

El Skyhook de 3m3 puede producir hasta 1.5 kg de fuerza de flotación en condiciones estándar y sin viento. Dependiendo del lugar de lanzamiento y la altura que se quiere lograr alcanzar. Además, se recomienda cargar al máximo esta capacidad sino utilizar un 80% de manera que haya suficiente fuerza de exceso para que el globo acelere arriba. A continuación, se presenta una tabla de la capacidad esperada y las recomendaciones de carga para diferentes alturas corregidas a condiciones climáticas de Panamá.

Tabla 1. Cargas recomendadas a diferentes alturas en Panamá

Altura objetivo (m)	Fuerza de flotación esperada (kg)	Carga recomendada (kg)	Peso recomendado del cargamento* (kg)
50	1.29	1.03	0.79
100	1.28	1.02	0.53
200	1.25	1.00	0.02

*El peso recomendado del cargamento se calcula como la resta entre la carga recomendada y el peso de la cuerda para alcanzar la altura considerando que se utiliza una cuerda tipo Dyneema de 2.5mm con densidad lineal de 4.9 g/m.

Ante viento, la superficie de cometa del Kytoon genera una fuerza de sustentación adicional que permite mayores cargas. Según el fabricante, ante vientos de 15 km/h se puede cargar hasta 6 kg en condiciones estándar.

F.1.6-Interacción con el Kytoon

1. Utilizar guantes
2. Aislar el terreno con carpas y/o piscina
3. Sostener el Kytoon en las zonas de agarre (se encuentran en los lados como correas/cinchas)
4. Evitar tocar directamente la piel del globo

F.1.7-Equipo auxiliar

Equipo de protección personal:

1. Lentes de sol para proteger vista
2. Protector solar
3. Parasol
4. Vestimenta visible que contraste con la zona de lanzamiento y Kytoon
5. Agua para beber en misiones largas
6. Guantes para manipular la cuerda y el globo
7. Calzado adecuado para el terreno
8. Kit de primeros auxilios en caso de ir a zonas aisladas

Equipo de monitoreo:

1. Libreta y bolígrafo para registrar observaciones
2. Reloj para registrar tiempos

3. Binoculares
4. Transceptor de radio (walkie-talkie), en caso de que el equipo se debe separar a distancias largas
5. Detector de tormentas
6. Estación meteorológica en tierra (viento, presión, temperatura, y humedad) o barótermohigrómetro (presión, temperatura, y humedad).
7. Multímetro para monitorear batería
8. Cámara
9. Brújula
10. Polo con bandera, para observar dirección del viento

Equipo de instalación, reparación, y mantenimiento:

1. Martillo
2. Destornilladores
3. Cinta adhesiva
4. Tijeras
5. Parches para el globo

Otros

1. Generador eléctrico (zonas aisladas)
2. Refugio (carpa, tienda de campaña, ...) (zonas aisladas)

F.1.8-Personal requerido y roles

Dependiendo del tipo, lugar, y duración de la misión puede surgir necesidad de personal diferente. Se presenta un listado de personal y roles mínimo para una misión básica:

1. (2) Manipulador de Kytoon: se encargan de controlar el comportamiento del globo durante toda la operación, especialmente en las fases de preparación, lanzamiento y recuperación, deben asegurarse de interactuar con el Kytoon de manera cuidadosa para evitar rupturas, asistir en la fase de inflado, lanzado y recuperación para evitar atascos en las cuerdas, la cometa, y la góndola.

En la fase de vuelo se encuentran libres y quedan en espera para apoyar otros aspectos o para realizar acciones correctivas o preventivas.

2. (1) Manipulador de cuerda: se encarga de ajustar la tensión y la posición de la cuerda para que salga o regrese del cabrestante de manera correcta.
3. (1) Controlador de cabrestante: se encarga de controlar el cabrestante, asegurando que la cuerda salga o regrese de manera correcta dando especial atención a formación de nudos y distribución uniforme de la cuerda en el tambor. También debe monitorear la batería para evitar agotamiento de energía.
4. (1) Observador de datos en tiempo real: debe monitorear la estación en tierra el comportamiento de los datos enviados por el paquete de instrumentos. Debe ser capaz de detectar condiciones anormales en las variables.
5. (1) Observador visual: se encarga de observar visualmente que todo el sistema se encuentre operando normalmente, debe detectar cualquier condición adversa que se presente (tormentas, aves, lluvia, enredos, ...).
6. (1) Administrador de misión: encargado de monitorear todos los aspectos de la misión y generar acciones preventivas o correctivas ante cualquier anomalía.
7. (1) Registrador de datos: se encarga de la toma de datos manuales de diferentes aspectos del sistema: monitorear las condiciones a en el suelo, el comportamiento del vuelo, las anomalías que se presentan, y entre otros. Debe contar con libreta, bolígrafo, y reloj.

Se recomienda tener el personal mostrado en la lista para facilitar la misión o al menos planificar el personal para poder cumplir todos los roles mostrados.

F.1.9-Operación del cabrestante

1. El cabrestante se opera con el controlador manual conectado a él que permite liberar o recoger la cuerda.
2. En condiciones normales de operación el selector en el cabrestante debe estar en posición ENGAGED.

3. Durante los preparativos se puede seleccionar la posición DISENGAGED para poder mover libremente la cuerda, pero al finalizar debe recordar devolverlo a la posición ENGAGED.
4. Mida constantemente el nivel de la batería para evitar falta de carga, asegure tener siempre suficiente carga para bajar el Kytoon.
5. Mantenga una batería de respaldo en caso de que la batería principal falle.
6. Mantenga la cuerda enrollada de forma ordenada en el tambor.
7. No opere el cabrestante cuando está caliente.
8. Evite accionar intermitentemente el cabrestante (repetir ciclos start-stop).

F.1.10-Nudos y anclajes de cuerda

El nudo recomendado por el fabricante del Kytoon para amarrar la cuerda de anclaje con el Kytoon es el que se muestra en la ilustración, se recomienda repetir el nudo como mínimo 6 veces.

Tras completar el nudo hay que asegurar de que se deja al menos 3 pulgadas de cuerda sin amarrar. Esta cuerda restante puede ser pegada a la cuerda principal con cinta adhesiva.

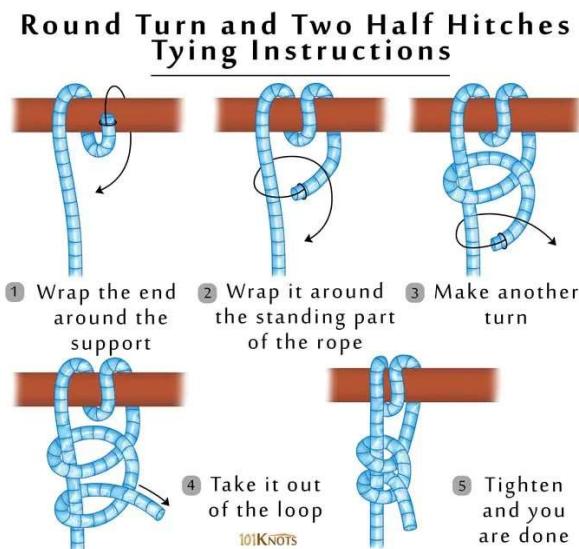


Figura. 6. Nudo round turn and two half-hitches, se recomienda repetir el nudo 6 veces como mínimo (en la imagen se repite dos veces. Fuente: <https://www.101knots.com/round-turn-and-two-half-hitches.html>



Figura. 7. Vista final de la cuerda de anclaje atada al Kytoon. Fuente: Skyhook 0.7-9m3 Instruction Manual

NOTA:

Alternativamente se puede utilizar un nudo “figure 8 on a bight” considerado más seguro y utilizado en deportes de montañismo, o incluso nudos especiales para cuerdas tipo Dyneema ya que estas tienden a deslizarse ante cargas grandes.

Otra alternativa aún mejor es realizar un “long bury splice” en el extremo de la cuerda de anclaje y unir la cuerda con el Kytoon a través de un mosquetón. El “splice” se considera la forma más segura de utilizar una cuerda Dyneema ya que se evita el deslizamiento, y para cuerdas en general, permiten conservar totalmente la resistencia a diferencia de los nudos que reducen en promedio la mitad de la resistencia.

F.2-Ensamblado de góndola – Paquete de instrumentos

En esta sección se presenta las instrucciones para la integración del paquete de instrumentos y la góndola.

F.2.1-Diagrama de conexiones

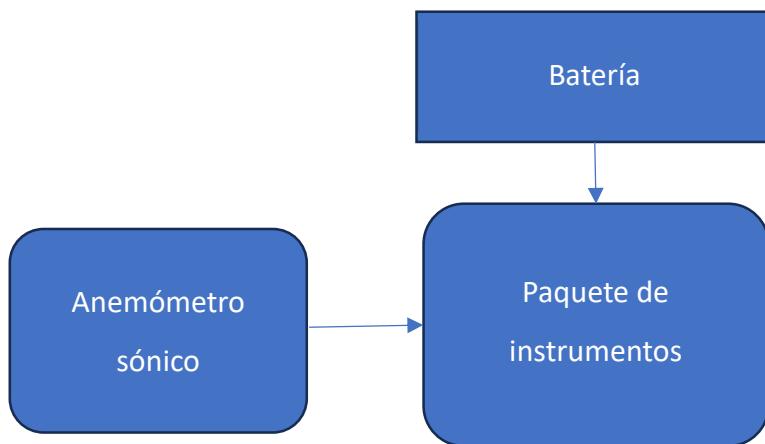


Figura. 8. Diagrama de conexiones general

F.2.2-Posicionamiento de los componentes electrónicos

Los componentes electrónicos se posicionan dentro de los pisos que se encuentran dentro de la góndola, el piso superior se espera colocar la batería, y en los demás pisos empaquetar los demás componentes. Todos los pisos deben prepararse previamente a la misión.

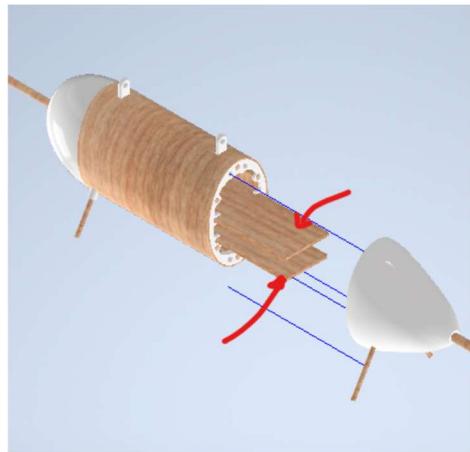


Figura. 9. Pisos de la góndola. En la parte superior se posiciona la batería, en el medio y la parte inferior se posiciona los componentes electrónicos requeridos

F.3-Preparación para el lanzamiento

Antes de realizar el lanzamiento hay que instalar y comprobar el funcionamiento de todos los componentes que intervienen en la misión. Entre los componentes podemos encontrar la estación terrestre, el cabrestante, y el Kytoon.

En las siguientes secciones se presenta el procedimiento recomendado preparar estas partes.

F.3.1-Estación terrestre

La estación terrestre incluye tres subestaciones que deben posicionarse adecuadamente en el área de la misión:

1. Zona de monitoreo por telemetría
2. Zona de preparación, inflado, lanzamiento, y aterrizaje del Kytoon
3. Zona de monitoreo ambiental a nivel superficial

F.3.1.1-Zona de monitoreo por telemetría

La subestación de monitoreo por telemetría consta de una computadora y un transceptor compatible con el incluido en el paquete de instrumentos en vuelo.

El montaje de la estación de monitoreo debe:

1. Permitir línea de vista entre el transceptor y el globo aerostático. Esto permite mayor rango y mejor calidad de comunicación.
2. Estar protegida de luz solar directa que caliente la computadora y el transceptor. Apoyarse con carpas, paraguas, tienda, o cualquier otro medio para bloquear la luz solar.
3. Estar elevada del suelo con una mesa a una altura cómoda para interactuar con la computadora.
4. Tener una fuente de alimentación en caso de misiones con duración más larga que el tiempo de descarga de la batería de la computadora utilizada.

La computadora utilizada debe tener instalada un programa que muestre los datos enviados por el paquete de instrumento.

F.3.1.2-Zona de preparación, inflado, lanzamiento, y aterrizaje del Kytoon

Esta zona es esencial para evitar daños en el Kytoon y mantener el espacio ordenado durante toda la misión. Debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Estar ubicado en una superficie plana libre de objetos filosos.
2. Cubrir el terreno con una lona o con un material de color uniforme que aísle la superficie de lanzamiento del terreno. Debe estar fija al suelo con estacas o algún objeto pesado.
3. Ser lo suficientemente grande para colocar el globo completamente desplegado. Considerando una superficie rectangular, debe tener lados mayores de 3.5 metros.
4. Contar con espacios para anclar el Kytoon al terreno. Puede ser a través de estacas enterradas o algún anclaje alterno.

F.3.1.3-Zona de monitoreo ambiental a nivel superficial

Se debe instalar una estación de monitoreo ambiental que mida las siguientes condiciones en la superficie:

1. Presión
2. Temperatura

3. Humedad
4. Viento

De ser posible, también debe ser capaz de realizar:

1. Detección de tormenta
2. Transmisión o almacenamiento de datos
3. Medición de concentración de gases, índice de calidad de aire, y otras variables.

F.3.2-Cabrestante

El cabrestante también se encuentra a nivel del suelo y debe estar correctamente anclado, una configuración normal para conectar la cuerda entre el cabrestante y el Kytoon se muestra en el diagrama:

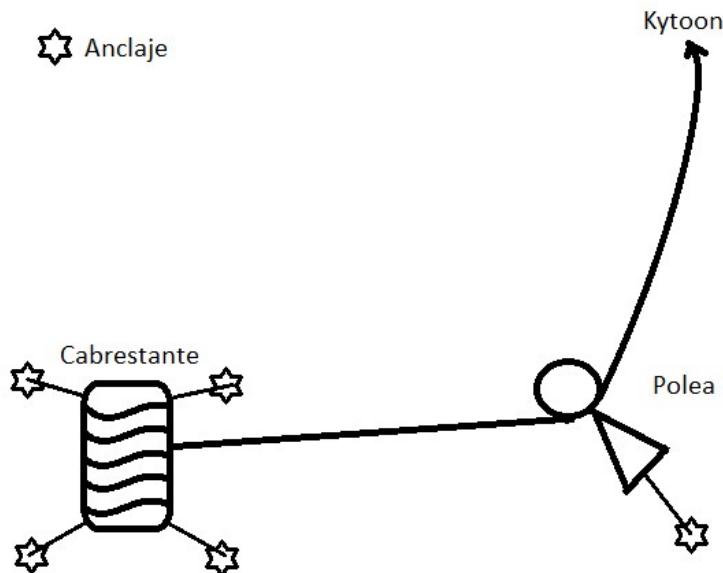


Figura. 10. Diagrama de conexiones de la cuerda

En la configuración mostrada el cabrestante libera la cuerda, pasa por una polea que cambia la dirección hacia el Kytoon o el cielo, y finalmente la cuerda es atada al Kytoon.

Se muestra también que tanto el cabrestante como la polea se encuentran ancladas al suelo, esto puede realizarse con estacas o con el sistema de anclaje Grabba (ver recomendaciones de anclaje al suelo).

F.3.3-Kytoon

La preparación del Kytoon se divide en tres principales tareas:

1. Presentación y desdoblado del globo
2. Inserción de miembros estructurales a la cometa
3. Inflado del globo

Presentación y desdoblado del globo

1. Inicialmente el Kytoon se encontrará doblado y almacenado. Retirarlo de su bolsa y colocarlo sobre la superficie de lanzamiento.
2. Desdoblar con cuidado el globo, posicionando la cometa hacia abajo y el globo arriba.
3. Utilizar los anclajes a los lados del globo y atarlos al suelo con una cuerda.
4. Asegurarse de que las válvulas de inflado (al frente) y las válvulas de vaciado (al trasero) se encuentren cerradas.

Inserción de miembros estructurales a la cometa

1. Arme los largueros de fibra de carbono. Estos se encuentran separados en secciones, cada sección tiene terminales que permiten conectarse a las otras secciones y utilizan velcro para asegurar la unión. Al armarlo se debe contar con tres largueros:
 - a. Principal o superior (el de mayor diámetro)
 - b. Central
 - c. A lo largo de la quilla o inferior
2. Insertar el larguero principal a través del bolso elongado en la parte superior de la cometa hasta quedar completamente enterrado en el bolso, luego sellar el bolso con el velcro y finalmente asegurar con la correa para mayor seguridad.
3. Insertar el larguero central en el bolso central y sellar con el velcro.

4. Insertar el larguero inferior en el bolso inferior y sellar con el velcro.
5. Amarrar cuerda de anclaje al Kytoon (ver recomendaciones de nudos y anclajes de cuerda).
6. Anclar las dos cuerdas de soporte de la góndola. Ambos se amarran a la parte superior de la cometa.
 - a. La cuerda más corta va en la parte media más trasera entre los amarres incluido. Esta cuerda carga con la mayor parte del peso de la góndola.
 - b. La cuerda más larga va en la parte trasera de la cometa. Esta solo se tensa cuando la góndola intenta ir hacia adelante, lo que evita que la góndola vaya más adelante de la cuerda de anclaje y se enrede.

Inflado del globo

1. Posicione en un lugar conveniente el tanque de helio.
2. Conecte el regulador de helio (saltar este paso si ya encuentra conectado).
 - a. Cierre completamente la válvula del tanque
 - b. Preparar una solución de agua con jabón y aplicar sobre las zonas con posibles fugas de helio, observar por un tiempo si existe formación de burbujas (indicativo de fugas). Al finalizar, limpiar y secar. En caso de presentar fugas revisar las conexiones.
 - c. Medir la presión en el manómetro del regulador. Si la presión del tanque es inferior a 1200 psi (considerando un tanque estándar de 40 L), probablemente no cuenta con suficiente helio para llenar el globo, si se da este caso es posible inflar hasta vaciar el tanque y luego conectar otro tanque nuevo e inflar el volumen restante.
3. Conecte la manguera de llenado entre el regulador y la válvula de llenado del Kytoon. La válvula de llenado del Kytoon es el que se encuentra adelante y tiene dentro un mecanismo con resorte.
4. Controle el regulador para liberar el helio:
 - a. Liberar de forma controlada y lenta.
 - b. Utilizar la cuerda guía para indicar el momento en el que el globo se encuentra lleno. No sobre llenar el globo.
 - c. Seguir las recomendaciones de inflado e interacciones con el globo
5. Haga una revisión final de todo el sistema: Kytoon, cabrestante, estación en tierra, ...

6. ¡Una vez lleno ya el sistema se encuentra listo para el lanzamiento!

NOTA:

Se puede dar el caso de que el globo se infla en una zona diferente al de lanzamiento o que ya se encuentre inflado y se lleve a la zona de lanzamiento. Cuando se da esto se debe seguir las instrucciones para preparar el Kytoon modificando algunas secciones como el amarre de cable de anclaje, el cual al otro extremo deberá estar atado a un objeto de suficiente peso para evitar que el globo escape.

F.4-Lanzamiento

Si ya se realizaron todos los preparativos para el lanzamiento y también una inspección final completa del sistema, es posible proceder con el lanzamiento. Si se usó anclajes de seguridad ya se pueden soltar.

En el lanzamiento incluye toda la sección de vuelo de la misión y debe asegurarse constantemente los aspectos de control de altura y monitoreo.

F.4.1-Control de altura

1. Utilizando el controlador del cabrestante, soltar cuerda lentamente para dejar que el Kytoon levante.
2. Cuando el Kytoon y la góndola despeguen del suelo, de vueltas alrededor para comprobar que todo este correctamente anclado o instalado. Si algo no se encuentra bien siga los pasos de recuperación.
3. Ajuste la cuerda con el controlador del cabrestante para posicionar o mantener el Kytoon a la altura de medición deseada.

F.4.2-Monitoreo

Debe realizarse un monitoreo continuo a partir de los recursos que se prepararon en tierra:

1. Por telemetría al paquete de instrumentos
2. Monitoreo visual
3. Condiciones ambientales a nivel del suelo

Si se detecta alguna anomalía, se deben generar acciones de corrección en vuelo o proceder a la recuperación del Kytoon.

G-Recuperación y Almacenamiento

En esta sección se presentan información respecto a la recuperación del globo al suelo desde un estado de vuelo y sobre el almacenamiento correcto del Kytoon.

G.1- ¿Cuándo recuperar el globo?

Se pueden presentar muchas situaciones en el cual se requiere recuperar el Kytoon, en condiciones normales la situación que se presenta es la finalización del segmento de vuelo de la misión en el cual ya se ha cumplido con el objetivo de mediciones planteado. Sin embargo, se pueden dar otros casos en donde se requiere bajar el globo por otro motivo como:

1. Presencia de condiciones de vuelo peligroso
 - a. Presencia de aves
 - b. Vientos fuertes (mayor a 35 mph)
 - c. Tormenta/lluvia
2. Daños en el Kytoon o en la góndola
3. Enredos de las cuerdas
4. Emergencias

G.2-Instrucciones de recuperación

En condiciones normales, la recuperación del Kytoon se debe realizar a partir del cabrestante, recuperando lentamente la cuerda para bajar la altitud de vuelo hasta llegar al suelo.

También pueden darse situaciones como:

1. Agotamiento de energía de la fuente del cabrestante
2. Desconexión del Kytoon de la cuerda de anclaje
3. Descenso del Kytoon con cuerda extendida

Recuperación con el cabrestante

1. Utilizar el control del cabrestante para bajar lentamente el Kytoon.
2. Cuando la góndola está pronto a tocar el suelo un manipulador se acerca, desconecta y recoge la góndola del Kytoon.
3. Mover el Kytoon a la zona de aterrizaje (apoyarse de la cuerda de anclaje y el punto de anclaje de la cometa).
4. Bajar completamente al suelo de forma lenta.
5. Colocar anclajes de emergencia del Kytoon al suelo.

Agotamiento de energía de la fuente del cabrestante

1. No manipule con sus manos la cuerda de anclaje la magnitud de las fuerzas que se generan puede causar lesiones.
2. Mantenga el cabrestante enganchado.
3. Cambie a la batería de emergencia.
4. Proceda a recuperar el globo de la forma mostrada en la sección anterior (Recuperación correcta de la cuerda con el cabrestante)

Si no logra hacer funcionar el cabrestante revise el manual del fabricante del cabrestante para encontrar soluciones y como último recurso recurra a recuperar manualmente el cable. La recuperación manual debe hacerse con mucho cuidado, se debe evitar enrollar la cuerda en su cuerpo, utilizar un objeto cilíndrico y no filoso como tambor para almacenar la cuerda, y de ser posible manipular la cuerda con una herramienta que no sean sus manos.

Desconexión del Kytoon de la cuerda de anclaje

En caso de que el Kytoon se desconecte del anclaje se debe:

1. Accionar el mecanismo de desinflado.
2. Advertir a las personas/autoridades de interés y monitorear el descenso.
3. Una vez el Kytoon desciende:

- a. Ir a la zona de aterrizaje
- b. Tomar fotos/notas de las condiciones del sistema y los alrededores
- c. Evaluar daños en las partes del Kytoon y la góndola

Si el mecanismo de desinflado no funciona:

1. Notificar inmediatamente a las autoridades sobre la situación.
 - a. Según las regulaciones panameñas se debe notificar a la estación ATC más próxima, la ubicación, la hora de escape, y la trayectoria de vuelo estimada del globo.
2. En este caso la recuperación del sistema dependerá del destino final del vuelo.

Descenso del Kytoon con cuerda extendida

En este caso el Kytoon desciende con la cuerda extendida, pudiendo dar el caso de que aterriza lejos de la zona de aterrizaje normal. No intente recuperar el sistema accionando el cabrestante y mantenga la cuerda de anclaje conectada al globo.

Antes de proceder evalúe y documente si existen daños.

En caso de que el Kytoon aterriza en un terreno plano sin obstáculos a la zona de aterrizaje:

1. Desconecte y recoja la góndola del Kytoon.
2. Utilizando las correas laterales, mueva con cuidado el Kytoon hasta la zona de aterrizaje normal.
3. Coloque anclajes de emergencia del Kytoon al suelo.

En caso de que el Kytoon aterriza en un terreno con obstáculos:

1. Desconecte y recoja la góndola del Kytoon.
2. Evalúe si es posible mover el Kytoon a la zona de aterrizaje o a una zona segura. Si es posible, llévelo al lugar.
3. Si no es posible, prepare la zona en el que aterrizó:
 - a. Despeje el área de objetos, especialmente los filosos.
 - b. Si es posible, levante el Kytoon y coloque una lona en el suelo donde descansa.

- c. Coloque anclajes de emergencia del Kytoon al suelo.
- d. Evalúe si es posible movilizar el globo inflado o si se requiere su desinflado.

G.3-Almacenamiento sin desinflado

Es muy probable que desee almacenar el Kytoon inflado para evitar perder el helio utilizado para su inflado y poder hacer otro lanzamiento. En este caso siga las siguientes instrucciones:

1. Mantenga conectado la cuerda de anclaje al Kytoon.
2. En el punto de anclaje del Kyto, amarre un objeto suficientemente pesado para mantener el Kytoon en el suelo.
3. Libere la cuerda de anclaje del Kytoon y los anclajes de emergencia.
4. Movilice el Kytoon a la zona de almacenamiento preparada.
 - a. La zona de almacenamiento debe estar despejado, libre de objetos filosos, y recibir poco viento.

G.4-Almacenamiento con desinflado

En esta sección se presenta el instructivo para un almacenamiento completo del Kytoon.

G.4.1-Instrucciones de desinflado

1. Mantenga los anclajes de emergencia y la cuerda de anclaje en el Kytoon.
2. Abra las válvulas de escape en la parte trasera del Kytoon. Deje que desinflé naturalmente.
3. Una vez desinflado desconecte los anclajes de emergencia y la cuerda de anclaje, y remueva los largueros de la cometa
4. Doble y almacene el Kytoon.

G.4.2-Instrucciones de doblado para almacenamiento

Se presentan imágenes de cada paso del doblaje con una breve descripción:



Figura. 11. Paso 1 – Posicione el Kytoon como se muestra, con la cometa abajo y el globo arriba



Figura. 12. Paso 2 – Doble el globo a la mitad desde la parte delantera hasta atrás



Figura. 13. Paso 3 – Doble en cuartos, empiece primero con un extremo y doble hasta el medio



Figura. 14. Paso 4 – Doble en cuartos, doble el otro extremo hasta el medio



Figura. 15. Paso 5 – Doble a la mitad



Figura. 16. Paso 6 – Doble en tercios, doble el extremo en tercio



Figura. 17. Paso 7 – Doble en tercios, vuelva a doblar como se muestra



Figura. 18. Paso 8 – Doble la cometa que sobresale hacia el globo



Figura. 19. Paso 9 – Doble en tercios, doble desde el lado donde sobresalía la comete



Figura. 20. Paso 10 – Termine de doblaje en tercios

Si se dobló correctamente el Kytoon la parte externa del sistema doblado debe ser totalmente del material de la cometa (no debe sobresalir material del globo). Una vez doblado, almacene el Kytoon en una bolsa.

H-Listado de equipo mínimo

Descripción	Cantidad	(✓)
Kytoon 3m3: globo cometa, main spar, center spar, y ATK spar	1	
Cabrestante y control	1	
Batería para cabrestante	1	
Polea	1	
Sistema Grabba	1	
Estacas de metal	6	
Mazo	1	
Tape de PVC (eléctrico)	1	
Góndola con componentes internos integrados (TSM, electrónicos, y batería)	1	
Anillo de metal para interfaz entre góndola y Kytoon (amarra a los anclajes de la góndola)	1	
Cuerda principal góndola – Kytoon (corto) (incluye mosquetones en extremos)	1	
Cuerda de seguridad góndola – Kytoon (largo) (incluye mosquetones en extremos)	1	
Banderines (cuando h>45 m, 1 cada 15 metros, llevar según la altura esperada**)	**	
Cuerdas para anclaje de emergencia al suelo	3	
Lona	1	
Base de Kytoon (piscina)	1	
Inflador eléctrico	1	
Fuente de electricidad (para alimentar inflador, computadoras, y otros componentes)	1	
Computadora portátil con software de monitoreo	1	
Unidad de telemetría para computadora	1	
Estación meteorológica (presión, temperatura, humedad, viento, ...)	1	
Detector de tormentas	1	
Par de guantes (mínimo dos pares para manipuladores, recomendado un par por persona)	2	
Binoculares	1	
Libreta y marcador	1	
Reloj (o cualquier dispositivo para marcar el tiempo)	1	
Cámara o teléfono inteligente con cámara	1	

Manual de operaciones	1	
Tijeras	1	
Kit de destornilladores	1	
Cinta adhesiva multiuso	1	
Kit de reparación de rupturas del Kytoon	1	
Carretilla	1	
Tanque de helio con regulador	1	
Tuberías del regulador de helio a Kytoon	1	
Cuerda de respaldo	1	
OPCIONALES		
Sombreros	*	
Lentes de sol	*	
Protector solar	1	
Paraguas/Parasol	*	
Kit de primeros auxilios	1	
Brújula	1	
Balanza digital	1	
Walkie-Talkie	*	
Refugio (carpa, tienda de campaña, ...)	1	

*Uno por persona