



Verificación y Validación

Índice

1. Alcance	3
2. Documentación de Referencia	3
3. Descripción General de V&V	3
4. Subsistema de Estructura	3
4.1 Plan de V&V	3
4.1.1 Ensayo de Empuje de Flotación	5
4.1.2 Ensayo de Hermeticidad	5
4.1.3 Ensayo de Adhesión	5
4.1.4 Ensayo de Alineación y Balanceo	5
4.2 Procedimientos de V&V	6
5. Subsistema de Propulsión	6
5.1 Plan de V&V	6
5.1.1 Ensayo de Empuje de Motor R-PRO-010	6
4.1.3 Ensayo de Soporte de Motor P-PRO-020	6
4.1.4 Ensayo Peso P-PRO-030	7
6. Subsistema de Potencia	7
6.1 Plan de V&V	7
6.1.1 Ensayo de BATERÍA1 P-POT-020 / P-POT-021	7
6.1.2 Ensayo de BATERÍA2 P-POT-030	7
6.1.3 Inspección de Consumo Operativo P-POT-010	7
7. Subsistema de Comunicación	8
7.1 Plan de V&V	8
7.1.1 Ensayo de Transmisión	10
7.1.2 Ensayo de Medición de ganancia	10
7.1.3 Ensayo de Vídeo	10
7.1.4 Ensayo de Latencia	10
7.2 Procedimientos de V&V	11
8. Subsistema de C&DH	11
8.1 Plan de V&V	11
7.1.3 Ensayo de Latencia.	11
7.1.3 Inspección de Datos	12
7.1.3 Ensayo de Transmisión.	12
7.1.3 Ensayo de Generación de Tramas	12
8.2 Procedimientos de V&V	12

1. Alcance

El presente documento enumera y describe los ensayos correspondientes al sistema y los subsistemas del modelo de ingeniería a desarrollar para el primer ensayo general del dirigible Tolina.

La información presentada incluye los requerimientos a verificar tanto durante la integración como en el ensayo general por parte del modelo de ingeniería; los criterios de verificación y validación correspondientes a cada requerimiento; y los procedimientos detallados de cada ensayo a realizar.

2. Documentación de Referencia

A lo largo del presente documento, se hace referencia a los requerimientos del sistema y de cada subsistema redactados en el documento Requerimientos. Asimismo, se hace alusión a riesgos y planes de contingencia delineados en el documento Plan de Gestión de Riesgos.

3. Descripción General de V&V

[describir el diseño general del modelo de ingeniería (redireccionar al documento de diseño, no ahondar) y la operación a la que será sujeto durante el ensayo general (funcional) de sistema]

4. Subsistema de Estructura

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de Estructura, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

4.1 Plan de V&V

A través del plan de V&V del Subsistema de Estructura, se corroborarán el cumplimiento y la satisfacción de los requerimientos de este subsistema. Dichos requerimientos figuran junto con sus correspondientes ensayos necesarios en la Tabla 1.

ID	Requerimiento	Ensayos necesarios
F-STR-020	El módulo de flotación deberá proveer al Tolina de flotación neutra (- TBD N) a lo largo de toda la misión.	Empuje de Flotación; Funcional
F-STR-021	El módulo de flotación deberá alojar un volumen de gas helio constante a lo largo de toda la misión.	Hermeticidad; Funcional
F-STR-022	El gas helio en el módulo de flotación deberá tener el volumen y la presión necesarios para el cumplimiento de F-STR-020.	Empuje de Flotación
F-STR-030	El módulo instrumental deberá alojar a la carga útil, y permitir que esta cumpla con todos los requerimientos definidos en [3].	Funcional
F-STR-031	El módulo instrumental deberá alojar a los subsistemas de comunicaciones, C&DH, GN&C, potencia y control térmico, y permitir que estos cumplan con todos los requerimientos definidos en [6], [7], [8], [9] y [11].	Funcional
D-STR-032	El módulo instrumental deberá estar adherido a la parte inferior del módulo de flotación a lo largo de toda la misión.	Adhesión; Funcional
D-STR-040	El centro de masa del Tolina deberá encontrarse alineado con su centro de flotación a través del eje perpendicular al suelo.	Alineación y Balanceo
D-STR-041	El centro de masa del Tolina deberá encontrarse (TBD mm) por debajo de su centro de flotación.	Alineación y Balanceo
D-STR-042	El centro de masa del Tolina y los motores horizontales deberán formar un único plano imaginario paralelo al suelo.	Empuje de Motores (STR)

Tabla 1: Requerimientos del Subsistema de Estructura y ensayos necesarios para su verificación.

4.1.1 Ensayo de Empuje de Flotación

En este ensayo se determinará la fuerza de empuje producida por el helio contenido en el segmento de flotación, y se verificará si esta es suficiente para proporcionar flotación neutra al sistema (dentro de los márgenes establecidos). Esto se llevará a cabo mediante medición directa con el globo inflado a presión operativa y una balanza.

4.1.2 Ensayo de Hermeticidad

En este ensayo se verificará que la superficie del globo se encuentre libre de aperturas, así como que la boca de llenado impida la salida del gas helio una vez inflado el dirigible a presión operativa. Esto se llevará a cabo mediante una inspección visual del material del globo previa a su llenado con helio, seguida de una segunda inspección del material y de la boca de llenado con el globo inflado a presión operativa, y finalizará con el monitoreo del gas dentro del globo durante un tiempo de TBD horas, mediante el que se evaluará la tasa de fuga del gas a través del dirigible.

4.1.3 Ensayo de Adhesión

En este ensayo se verificará que el segmento instrumental no se separe del segmento de flotación durante la operación del dirigible. Para esto se llenará el globo con gas helio hasta presión operativa, se adherirá el segmento instrumental a su parte inferior y se observará si durante un circuito de baja altura ocurre la separación entre segmentos.

4.1.4 Ensayo de Alineación y Balanceo

En este ensayo se verificará que la posición de los componentes del dirigible, así como de sus centros de masa y de flotación, sea la indicada para asegurar el equilibrio mecánico estable en torno a los ejes de roll y pitch del vehículo, así como para minimizar posibles rotaciones en estos sentidos.

Para ello se preparará el dirigible para un escenario de operación de misión (segmento instrumental completo adherido, gas helio a presión operativa), tras lo cual se lo elevará hasta TBD m y se lo dejará descender por su cuenta; por inspección del modo de descenso, se estimará la posición relativa de los centros de masa y de flotación.

Tras esto, se activarán los motores para realizar movimientos en X puro, en Y puro y en combinaciones de estas direcciones, inspeccionando la rotación que pudiera llegar a presentar el dirigible en su avance.

4.2 Procedimientos de V&V

5. Subsistema de Propulsión

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de Estructura, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

5.1 Plan de V&V

A través del plan de V&V del Subsistema de Propulsión, se corroborarán el cumplimiento y la satisfacción de los requerimientos de este subsistema.

5.1.1 Ensayo de Empuje de Motor R-PRO-010

En este ensayo se determinará la fuerza de empuje producida por los motores realizando un banco de ensayo que se pueda colocar encima de una balanza para que por medio de la aceleración del motor el flujo que sube empuja la balanza dándonos una medición de los gramos de fuerza que provee.

5.1.2 Ensayo de Empuje Variable P-PRO-011

Se proveerá un pin de cualquier OBC con una señal de salida PWM en un puente H conectado al motor y se proveerán distintos duty cycles y mediante el sonido del motor se podrá detectar si este responde a esa variabilidad y hasta que rangos de la misma puede requerir. Por ejemplo puede suceder que de 0% a 15% los motores siquiera arranquen debido al torque necesario para mover las aspas.

4.1.3 Ensayo de Soporte de Motor P-PRO-020

Una vez impresos en 3d los soportes diseñados por SS de Estructura los motores se colocarán y retirarán sin comprometer a la pieza de soporte. Hay que realizar el ensayo 5

veces asegurándose de que la sujeción no ceda y que el alojamiento sea suficiente para que el motor quede sujeto pero a la vez que no se salga con la aceleración en ambos sentidos.

4.1.4 Ensayo Peso P-PRO-030

Se pesarán los motores en una balanza para comprobar que pesen menos de 20 gramos.

6. Subsistema de Potencia

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de Potencia, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

6.1 Plan de V&V

A través del plan de V&V del Subsistema de Potencia, se corroborarán el cumplimiento y la satisfacción de los requerimientos de este subsistema.

6.1.1 Ensayo de BATERÍA1 P-POT-020 / P-POT-021

Se cronometra run-test de OBC con todos su periféricos de Payload y Sensores. Con potencia de BATERÍA1. Si el OBC no tiene órdenes de un programa definido; se transmiten constantemente datos de cámara para asumir un estado de procesamiento alto o se generará un rutina que consuma recursos del OBC.

6.1.2 Ensayo de BATERÍA2 P-POT-030

Se simula una actividad cronometrada de operacion de vuelo hasta que se agote la BATERIA2. Para esto se definirá un marco de referencia dado por “5.1.2 Ensayo de Empuje Variable P-PRO-011” que permitirá elegir un porcentaje de duty cylce estimado para la operación. Habrá que elegir para este ensayo un porcentaje de tiempo de encendido de los motores o bien realizar un ensayo al 50% durante 30 minutos como propuesta.

6.1.3 Inspección de Consumo Operativo P-POT-010

Una vez realizados 6.1.2 y 6.1.3 se sumarán esos consumos para concluir en un consumo total de operación.

7. Subsistema de Comunicación

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de Comunicación, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

7.1 Plan de V&V

A través del plan de V&V del Subsistema de Comunicación, se corroboran el cumplimiento y la satisfacción de los requerimientos de este subsistema. Dichos requerimientos figuran junto con sus correspondientes ensayos necesarios en la Tabla 2.

ID	Requerimiento	Ensayos necesarios
F-COM-010	El subsistema de comunicaciones deberá proveer comunicaciones en ambos sentidos para el subsistema GST	Ensayo de Transmisión
F-COM-011	El subsistema de comunicaciones deberá contar con la capacidad de comunicarse con GST a un nivel de mínimo de TBD dB en cualquier configuración de actitud.	Ensayo de Medición de ganancia
F-COM-012	El subsistema de comunicaciones deberá ser capaz de recibir comandos desde GST en cualquier momento de su misión.	Ensayo de Transmisión
F-COM-013	El subsistema de comunicaciones deberá ser capaz de transmitir todos los datos científicos a la GST.	Ensayo de Transmisión
F-COM-014	El subsistema de comunicaciones deberá ser capaz de transmitir todos los datos de ingeniería a la GST.	Ensayo de Transmisión
F-COM-020	El subsistema de comunicaciones deberá proveer comunicaciones en sentido de recepción para el subsistema PRO	Ensayo de Transmisión
F-COM-021	El subsistema de comunicaciones de PRO deberá ser capaz de recibir comandos desde GST en cualquier momento de su misión.	Ensayo de Transmisión
F-COM-030	El subsistema de comunicaciones deberá proveer comunicaciones en sentido de emisión para el subsistema PAY	Ensayo de Transmisión
F-COM-031	El subsistema de comunicaciones de PAY deberá ser capaz de enviar datos hacia GST en todo momento de su misión.	Ensayo de Transmisión
P-COM-032	La comunicación de PAY con GST deberá permitir el flujo de datos correspondiente al envío de imágenes de resolución mínima 320x240px.	Ensayo de video
F-COM-040	El subsistema de comunicaciones deberá proveer comunicaciones en sentido de emisión para el subsistema GN&C.	Ensayo de Transmisión
F-COM-041	El subsistema de comunicaciones de GN&C deberá ser capaz de enviar datos hacia GST en cualquier momento de su misión.	Ensayo de Transmisión

ID	Requerimiento	Ensayos necesarios
P-COM-050	El subsistema de comunicaciones deberá operar con una latencia menor a TBD ms.	Ensayo de Latencia

Tabla2: Requerimientos del Subsistema de Comunicación y ensayos necesarios para su verificación

7.1.1 Ensayo de Transmisión

En este ensayo se corroboran los equipos transceptores a través del envío de tramas de datos conocidas, valores predefinidos, comandos y valores desde sensores dependiendo de la aplicación de este tipo de ensayo. En forma de poder conocer a través de los resultados la tasa de pérdidas de estos sistemas y corroborar su fiabilidad. Esto se llevará a cabo encendiendo los equipos que una vez configurados comenzarán a transmitir códigos generados por software (desarrollado al fin del ensayo), que se encargaran de enviar, recibir y comparar los resultados. Esto se realizará en cada equipo que se utilizara el subsistema.

7.1.2 Ensayo de Medición de ganancia

Este ensayo se lleva adelante evaluando el desempeño del ensayo de transmisión con la diferencia de situar en distintas configuraciones de antenas para evaluar de la misma forma y a distancias preestablecidas los distintos resultados.

7.1.3 Ensayo de Vídeo

Esto se llevará a cabo encendiendo el equipo con su respectiva cámara asociada y disponiendo la transmisión de video, comparando los resultados de las distintas variantes de configuración permitidas por el sistema de transmisión escogido a tal fin, y comprobando por inspección el resultado visual obtenido.

7.1.4 Ensayo de Latencia

Se llevará a cabo enviando mensajes que contienen tramas con información de hora de salida del mensaje que serán almacenados con hora de recepción, para luego del ensayo realizar el análisis de la latencia obtenida en los distintos tipos protocolos de comunicación (SSH/HTTP/MQTT).

7.2 Procedimientos de V&V

8. Subsistema de C&DH

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de C&DH, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

8.1 Plan de V&V

A través del plan de V&V del Subsistema de C&DH, se corroboran el cumplimiento y la satisfacción de los requerimientos de este subsistema. Dichos requerimientos figuran junto con sus correspondientes ensayos necesarios en la Tabla 3.

ID	Requerimiento	Ensayos necesarios
F-CDH-010	El subsistema deberá soportar un sistema operativo en tiempo real.	Ensayo de Latencia
F-CDH-020	El subsistema deberá proveer capacidad de procesamiento de datos.	Inspección de Datos
F-CDH-030	El subsistema deberá asegurar transferencia de datos entre subsistemas.	Ensayo de Transmisión
F-CDH-040	El subsistema deberá asegurar transferencia de comandos entre subsistemas.	Ensayo de Transmisión
F-CDH-050	El subsistema deberá generar las tramas de telemetría.	Ensayo de Generación de Tramas

Tabla3: Requerimientos del Subsistema de C&DH y ensayos necesarios para su verificación

7.1.3 Ensayo de Latencia.

Se llevará a cabo mediante software, el que permitirá calcular la demora en el procesamiento de datos similares a los de la misión, el cual se completa en conjunto con el ensayo de Latencia del subsistema de comunicación.

7.1.3 Inspección de Datos

Se generará el procesamiento de datos crudos de los sensores, con los postprocesados (cálculos y filtrados pertinentes), por las OBC incluidas en el sistema, para luego contrastar las operaciones hayan sido realizadas correctamente.

7.1.3 Ensayo de Transmisión.

En este ensayo se corroboran que las OBC generan y traducen la información a comunicar en los equipos transceptores, mediante valores predefinidos, comandos y valores desde sensores, dependiendo de la aplicación de este tipo de ensayo. En forma de poder conocer a través de los resultados si esto da lugar a pérdidas, establecer los tiempos adecuados de respuesta fiable. Esto se llevará a cabo encendiendo los equipos que una vez configurados comenzarán a transmitir tramas generadas por software (desarrollado al fin del ensayo), que se inspeccionarán mediante puerto serie y a través del sistema de comunicaciones al enviar, recibir información para luego analizar los resultados. Esto se realizará en cada equipo que se utilizara el subsistema.

7.1.3 Ensayo de Generación de Tramas

Se lleva a cabo por el proceso de Debug, la información relevante a ser inspeccionada en el sistema será conjuntamente emitida hacia el puerto UART y desde allí se monitorea el trabajo que realiza el software durante su ejecución en modo de ensayo. Modo latente del software que quedará inactiva para no disminuir recursos durante la operación de misión.

8. Subsistema de Payload

A continuación se detallan el plan de V&V del Subsistema de Payload, así como los procedimientos a seguir durante el mismo.

8.1.1 Inspección de Ángulo P-PAY-011

Se revisará que el alojamiento del módulo de cámara esté paralelo al plano de la góndola según la montura que provea Estructuras. Se puede medir la diferencia en altura con respecto al plano de la góndola a ambos lados del módulo de cámara para verificar el ángulo.

8.1.2 Inspección de Pisada y Densidad de Pixel P-PAY-012 / P-PAY-013

Se inspeccionó en el documento de diseño a nivel teórico, se puede comprobar poniendo la cámara a la distancia de operación y tomando una captura, además utilizando un objeto patrón para ver la densidad de píxel.