CONVOCATORIA OFICIAL

DUAS-AERONAV 2026

Competencia de Aplicación de Aeronaves y Navegación Autónoma

International Symposium on Drones and Unmanned Aircraft Systems (DUAS) · UANL-FIME



Aeronave de referencia con Caja Negra y carga útil (modelo 3D del Anexo D).

Mar 10 nov 2026	**100 pts**	**2 a 8**	**50 × 100 m**
Día de la competencia	3 fases de evaluación	estudiantes por escudería	terreno máximo · techo 10 m

Registro: `https://duas.com.mx/2026/registration`
Competencia: `https://duas.com.mx/2026/competition`
Dudas y entregables: edgar.rojordrg@uanl.edu.mx

FIME
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Índice

1. **Datos clave y calendario** 3
2. **Objetivos del desafío** 4
3. **Escuderías: elegibilidad, registro y entregables** 4
4. **Reglamento técnico** 5
5. **Campo de vuelo y límites de operación** 11
6. **Fase 1: Memoria Técnica, rigidez y Slalom (45 pts)** 12
7. **Fase 2: Misión de carga útil (25 pts)** 13
8. **Fase 3: Navegación autónoma por GNSS y aterrizaje RTL (30 pts)** 16
9. **Puntuación global y premiación** 17
10. **Seguridad e inspección técnica** 18
11. **Penalizaciones y reparaciones** 18
12. **Desarrollo de la jornada y roles** 19
13. **Cláusulas generales** 20

A. **Parámetros de referencia por firmware** 20
B. **Ficha de Inspección Técnica** 21
C. **Estructura de la Memoria Técnica y del presupuesto** 22
D. **Recursos CAD descargables** 22
E. **Glosario** 23

¡Pon a prueba tu ingenio, diseña tu propia aeronave y conquista los cielos!

El Comité Organizador del Congreso DUAS de la FIME, en conjunto con el Comité de Arbitraje Técnico, invita a estudiantes de licenciatura y posgrado (Ingeniería Aeronáutica, Mecatrónica, Electrónica, Mecánica, Computación y afines) a participar en el reto **DUAS-AERONAV 2026**: diseñar, construir y volar un cuadricóptero que supere tres fases de evaluación, desde la memoria técnica hasta un vuelo totalmente autónomo. ¡Es tu oportunidad de llevar lo aprendido en el aula a un proyecto físico y funcional!

1. Datos clave y calendario

Fecha de la competencia	Martes 10 de noviembre de 2026, en el marco del DUAS 2026 (9 y 10 de noviembre).
Participantes	Escuderías de 2 a 8 estudiantes de licenciatura o posgrado, con asesor académico opcional.
Aeronave	Cuadricóptero de diseño libre: wheelbase $\leq$ 450 mm, MTOW $\leq$ 2.0 kg, grupo motopropulsor estandarizado (sección 4).
Controladora	Hardware libre (comercial, clon o diseño propio) con firmware aprobado: ArduPilot, PX4 o INAV.
Evaluación	100 puntos en 3 fases: Memoria Técnica + Slalom (45), Carga útil (25), Navegación autónoma (30).
Campo	Terreno máximo de 50 $\times$ 100 m con área de vuelo (geofence) de 30 $\times$ 70 m. Altura de operación $\leq$ 5 m, techo absoluto 10 m.
Registro	`https://duas.com.mx/2026/registration` (opción “Competencia de drones”).
Contacto	edgar.rojordrg@uanl.edu.mx · asunto: `AERONAV2026 - <Escudería>- <tema>`.

Tabla 1: Resumen de la convocatoria.



Figura 1: Calendario 2026. Las fechas límite cierran a las 23:59 h (hora del centro de México).

Fecha	Hito	Qué se entrega o publica
Octubre 2026	Publicación	Convocatoria, planos y archivos CAD de referencia. Registro abierto.
Vie 30 oct	Cierre de registro	Escudería, integrantes, nombre de la aeronave y logo del equipo.
Mar 3 nov	Precalificación	Video de precalificación (sección 3.3).
Jue 5 nov	Admisión	Lista de escuderías admitidas (video aprobado).
Sáb 7 nov	Memoria Técnica	PDF de la Memoria Técnica con su presupuesto (BOM), según el Anexo C.
Lun 9 nov	Orden de vuelo	Orden de vuelo y horario detallado de la jornada.
Mar 10 nov	Competencia	Inspección técnica, Fases 1–3, calificación de la Memoria, resultados y premiación.

Tabla 2: Hitos del calendario.

2. Objetivos del desafío

- **Promover la ingeniería aplicada:** integrar en un proyecto físico real el modelado 3D (CAD), el análisis estructural (FEA), la simulación de fluidos (CFD), la manufactura aditiva o de compuestos y los sistemas de control automático.
- **Garantizar la equidad técnica:** fijar un grupo motopropulsor estandarizado de bajo costo para que la evaluación se centre en el talento de ingeniería, la optimización de peso y rigidez y la precisión de la navegación.
- **Evaluar el desempeño integral:** medir el rigor académico del diseño previo y la respuesta dinámica del vehículo en un entorno real al aire libre.
- **Fomentar la participación:** hardware de control libre y software abierto, para que cualquier equipo con los conocimientos pueda competir sin depender de componentes costosos.

3. Escuderías: elegibilidad, registro y entregables

3.1 Elegibilidad

- **Integrantes:** de 2 a 8 estudiantes inscritos en licenciatura o posgrado, preferentemente de varias disciplinas. Cada estudiante participa en una sola escudería.
- **Asesor académico:** opcional. Puede asesorar a más de una escudería, pero no opera la aeronave en pista.
- **Aeronave:** una por escudería. Se permiten refacciones del mismo modelo (motores, hélices, brazos, baterías) que vuelvan a pasar la inspección.
- **Identidad:** nombre de escudería, nombre de la aeronave y logo propio. El chasis debe llevar visible el logotipo de la institución; se permiten patrocinadores.

3.2 Registro y entregables

Entregable	Fecha límite	Formato y canal
Registro	Vie 30 oct	Formulario en `https://duas.com.mx/2026/registration`, opción “Competencia de drones”.
Video de precalificación	Mar 3 nov	Enlace (YouTube no listado, Drive o similar) a edgar.rojordrg@uanl.edu.mx.
Memoria Técnica + BOM	Sáb 7 nov	PDF $\leq$ 15 MB, máximo 20 páginas sin anexos, estructura del Anexo C. Archivo `AERONAV2026_<Escuderia>_Memoria.pdf` a edgar.rojordrg@uanl.edu.mx.

Tabla 3: Entregables previos al evento.

3.3 Video de precalificación

Un video de máximo 4 minutos, sin cortes dentro de cada prueba, que muestre la aeronave con la que competirán:

1. Vuelo estacionario estable de al menos 30 s en modo asistido (AltHold, Loiter o PosHold).
2. Prueba del **kill switch** en banco, **sin hélices**: el interruptor desarma los motores en cualquier modo.
3. Prueba del **failsafe de radio** en banco, sin hélices: al apagar el transmisor, la controladora entra en RTL o aterrizaje en menos de 1 s.

4. Misión autónoma de al menos 3 waypoints con RTL, en vuelo real o en simulación (SITL). Si es en SITL, agreguen un vuelo real con posicionamiento GNSS (Loiter o PosHold).
5. Accionamiento del mecanismo de liberación con una carga de 250 g.

El Comité puede pedir aclaraciones. Una escudería sin video aprobado no es admitida a pista.

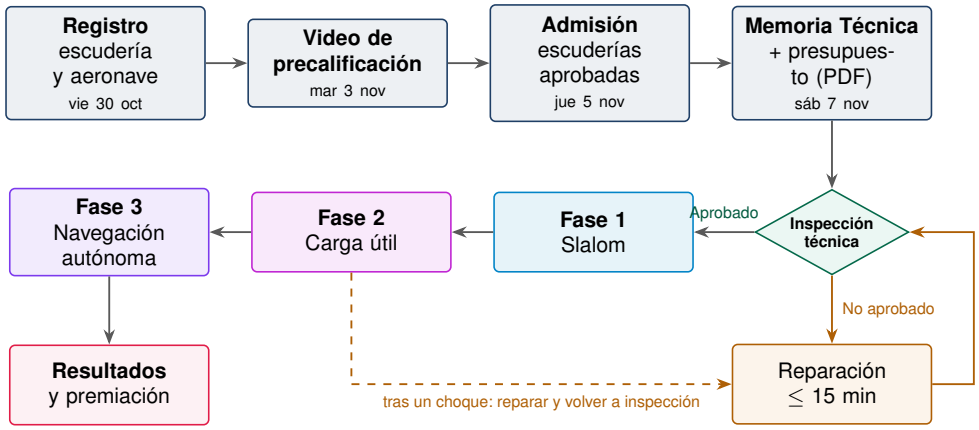


Figura 2: Flujo de participación, del registro a la premiación.

4. Reglamento técnico

Todas las aeronaves deben cumplir estrictamente las siguientes especificaciones. Se verifican en la Inspección Técnica (Anexo B).

Componente	Especificación	Condición
Estructura y brazos	Marco comercial o de diseño propio (ver multiplicadores, sección 4.6).	Libre
Wheelbase	Distancia diagonal entre ejes de motores $\leq$ 450 mm (plano AN-01).	Límite máximo
Masa de despegue (MTOW)	$\leq$ 2.0 kg con Caja Negra y carga útil instaladas.	Límite máximo
Motores	4 motores brushless clase 2212 o 2213, de 920 a 1000 KV.	Estandarizado
Variadores (ESC)	4 ESC comerciales de 20 A a 30 A.	Estandarizado
Hélices	Bipala, diámetro $\leq$ 10” (p. ej. 10×4.5, 9×4.5, 8×4.5), de plástico o nylon. Separación $\geq$ 10 mm entre puntas y entre punta y estructura. Prohibidas las metálicas y de fibra de carbono.	Libre hasta 10”
Controladora de vuelo	Hardware libre (comercial, clon o diseño propio) con **firmware aprobado**: ArduPilot, PX4 o INAV (sección 4.1).	Firmware aprobado
GNSS	Módulo GNSS con brújula (M8N, M9N, M10 o superior).	Obligatorio
Radio control	Transmisor de 2.4 GHz con al menos 6 canales y un interruptor dedicado al kill switch.	Obligatorio
Alimentación	Batería LiPo 3S (11.1 V) de 2200 mAh, $\geq$ 25C, conector XT60. Sin baterías adicionales para propulsión. Se recomiendan al menos 3 baterías por escudería.	Homologado
Computadora de apoyo	Raspberry Pi, Jetson, ESP32 o similar. Cuenta en la masa y en el presupuesto.	Opcional

Tabla 4: Especificaciones técnicas de la aeronave.

4.1 Controladora de vuelo y software aprobado

Para fomentar la participación, **el hardware de la controladora es libre**: puede ser comercial (familia Pixhawk, Cube, Matek, SpeedyBee, Kakute, Omnibus, etc.), un clon o una placa de diseño propio. Lo que se exige es que ejecute uno de los firmwares aprobados, porque son los que garantizan las funciones de seguridad y de navegación autónoma.

Firmware	Versión mínima	Estaciones terrestres (GCS) habituales
ArduPilot (ArduCopter)	4.4	Mission Planner, QGroundControl, MAVProxy
PX4	1.14	QGroundControl
INAV	8.0	INAV Configurator, aplicaciones compatibles con MAVLink

No aprobados: Betaflight, KISS, EmuFlight y similares (no ejecutan misiones por waypoints ni geofence poligonal).

Tabla 5: Firmware aprobado. El Comité puede aprobar otro firmware si se solicita por correo antes del cierre de registro.

La configuración, sin importar el firmware, debe incluir como mínimo:

- **Geofence poligonal** igual al área de vuelo, con **techo de 10 m** y acción RTL o aterrizaje.
- **Altura de RTL de 5 m** y aterrizaje automático en el punto de despegue.
- **Failsafe de radio** (RTL o aterrizaje en ≤ 1 s) y **failsafe de batería baja**.
- **Kill switch** en un interruptor dedicado, efectivo en cualquier modo, incluido el automático.
- Verificaciones previas al armado activas, y registro de vuelo (logs) habilitado.

El Anexo A trae los parámetros de referencia para ArduPilot, PX4 e INAV. Si usan una **computadora de apoyo**, la controladora conserva la autoridad sobre los failsafes y el kill switch prevalece sobre cualquier comando.

4.2 Aeronave de referencia

El diseño es libre. La aeronave de referencia ilustra las cotas y zonas obligatorias, y sirve de base para los modelos CAD del Anexo D.

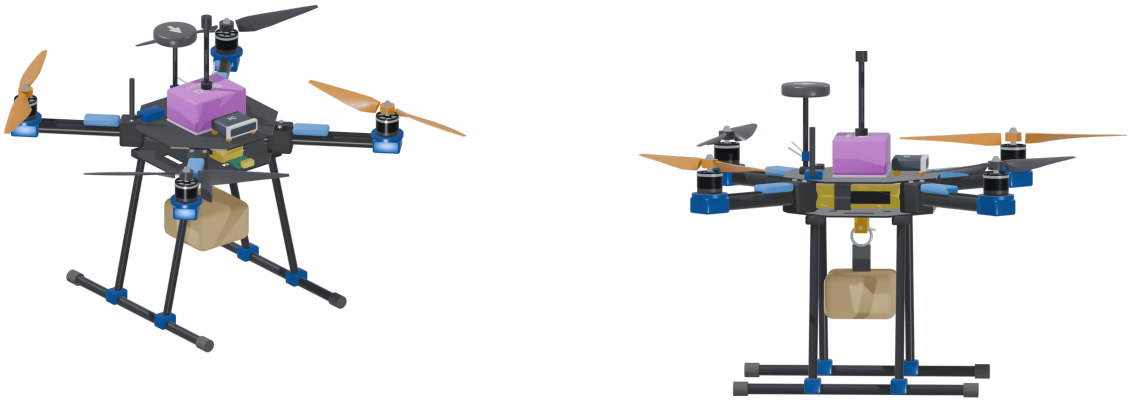


Figura 3: Modelo 3D de la aeronave de referencia (tipo X500 ajustado a 450 mm): brazos de tubo de carbono, motores 2212 con hélices 10×4.5 CW/CCW, controladora sobre amortiguadores al frente, GNSS en mástil atrás, batería entre placas, Caja Negra sobre el CG y mecanismo de liberación con la carga bajo el CG.

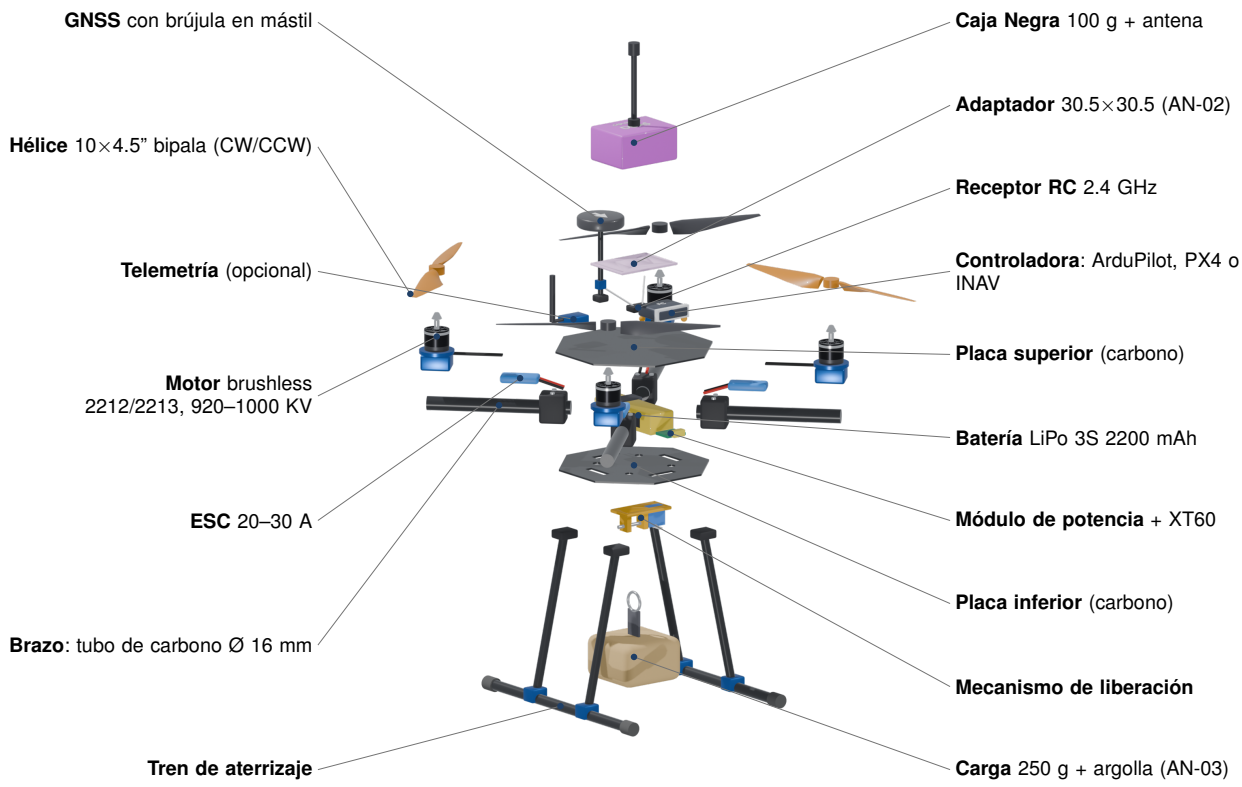


Figura 4: Vista explosionada: componentes que integra la aeronave. Los obligatorios están en la Tabla 4; la telemetría es opcional.

4.3 Presupuesto de masa y empuje

Con el grupo motopropulsor estandarizado, la aeronave de referencia queda holgada respecto al MTOW. Usen este cálculo como punto de partida para el de su Memoria Técnica.

Concepto (aeronave de referencia)	Valor estimado
Masa total con Caja Negra y carga	$\approx$ 1363 g
Empuje máximo (4 $\times$ 2212 de 1000 KV con hélice 10×4.5 a 3S)	$\approx$ 4 $\times$ 850 g = 3400 g
Relación empuje/peso (T/W)	$\approx$ 2.5 (mínimo recomendado: 2.0)
Corriente en vuelo estacionario	$\approx$ 14 A
Autonomía con 80 % de la batería ($2.2\,\text{Ah} \times 0.8/14\,\text{A}$)	$\approx$ 7.5 min

Tabla 6: Cifras de referencia. Cada escudería debe justificar las suyas.

4.4 Caja Negra oficial

Para el arbitraje y la auditoría de ruta, el jurado instala en cada aeronave un dispositivo de verificación (módulo RTK/GNSS/RF) antes de despegar:

- **Masa:** reserven 100 g en su presupuesto de masa.
- **Montaje:** patrón de 4 barrenos M3 de 30.5 $\times$ 30.5 mm en una zona libre de 80 $\times$ 60 mm de la cara superior, centrada sobre el CG. El jurado lo fija con tornillos M3 y tuercas de seguridad (proporcionados).
- **Volumen libre:** envolvente del dispositivo de 80 $\times$ 60 $\times$ 40 mm y, sobre él, un cilindro de Ø 40 $\times$ 100 mm para la antena, sin hélices, cables ni el GNSS del equipo dentro.

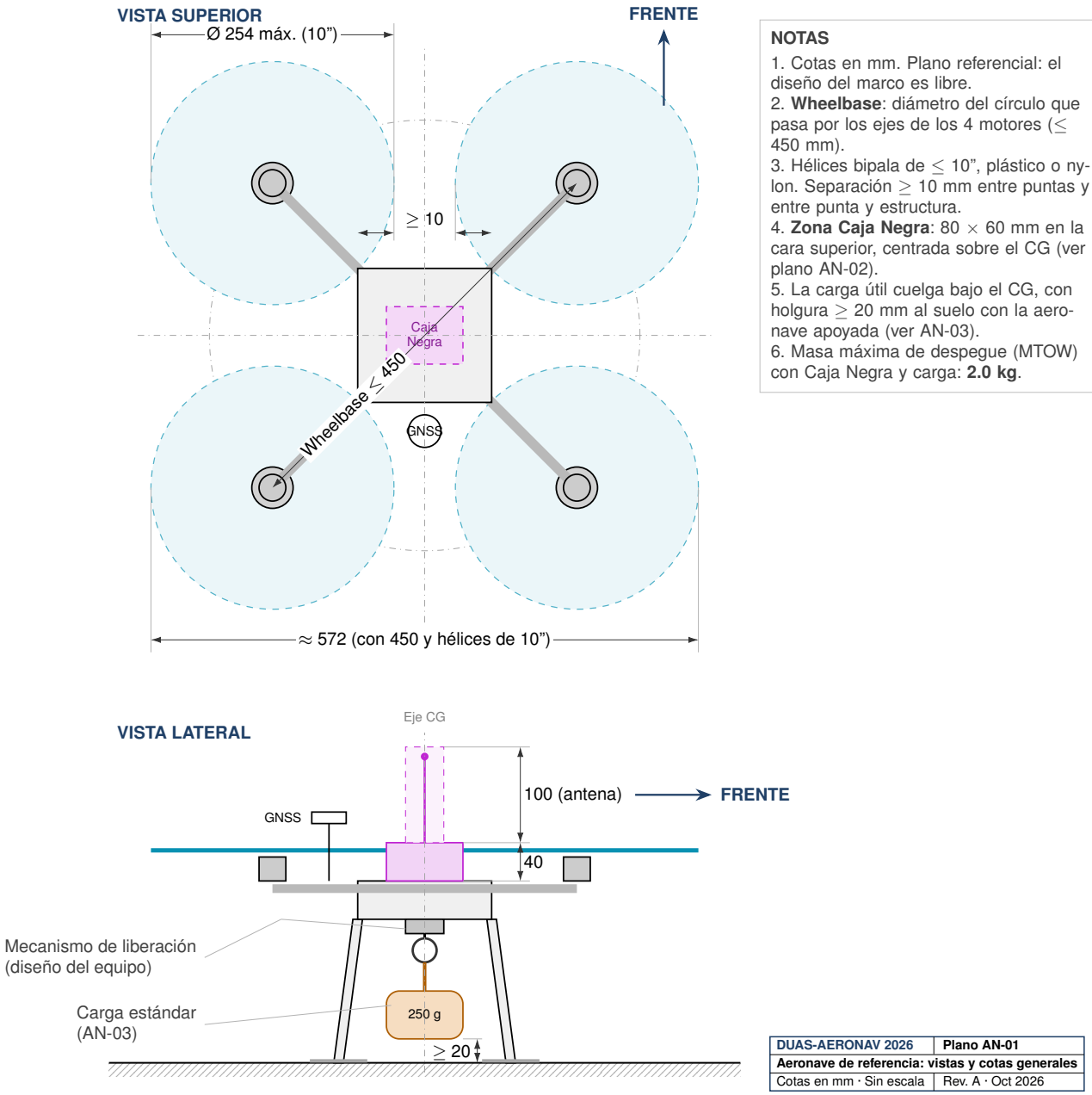


Figura 5: Plano AN-01: vistas superior y lateral con las cotas que se verifican en la inspección.

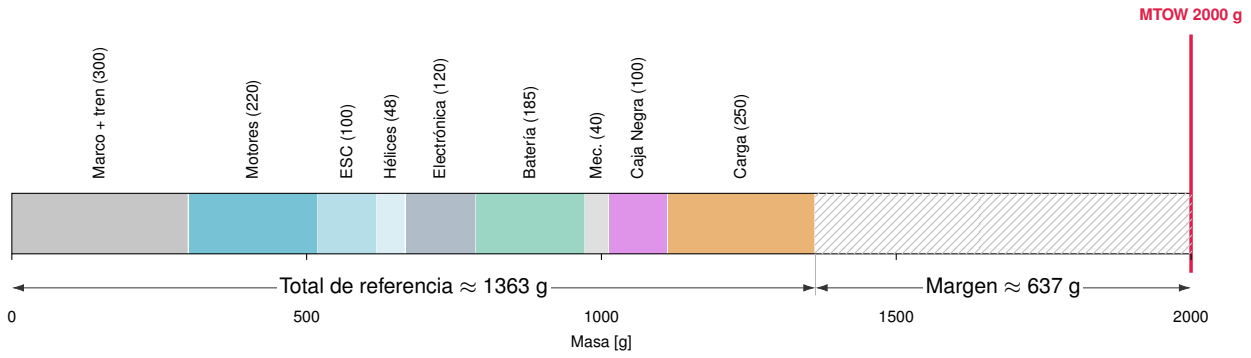


Figura 6: Presupuesto de masa de la aeronave de referencia (valores típicos, en gramos).

- **Compatibilidad electromagnética:** a 50 mm o más de los cables de batería, ESC y distribución de potencia.
- **Energía:** el dispositivo tiene batería propia; el equipo no le suministra energía ni datos.

Para practicar, el Anexo D incluye un adaptador y un simulador imprimibles de la Caja Negra (completen el simulador a 100 g con lastre).

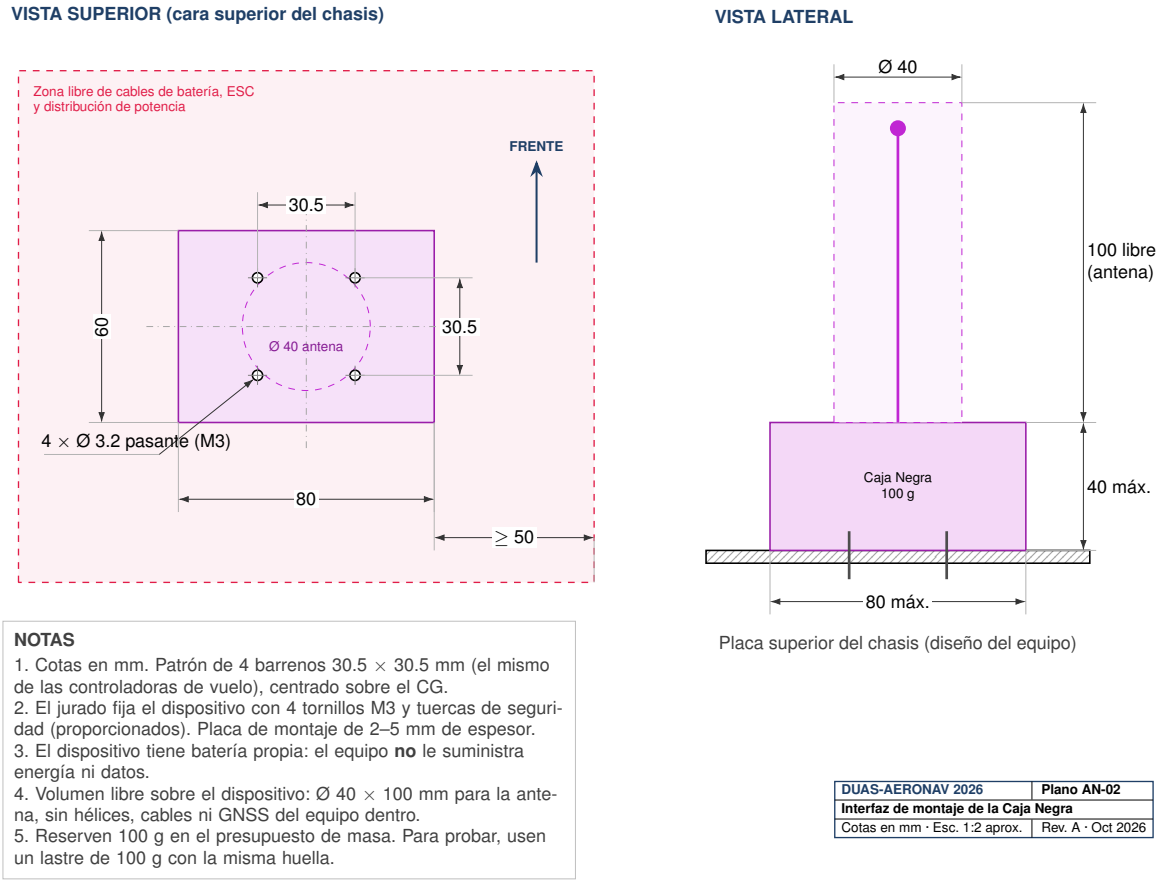


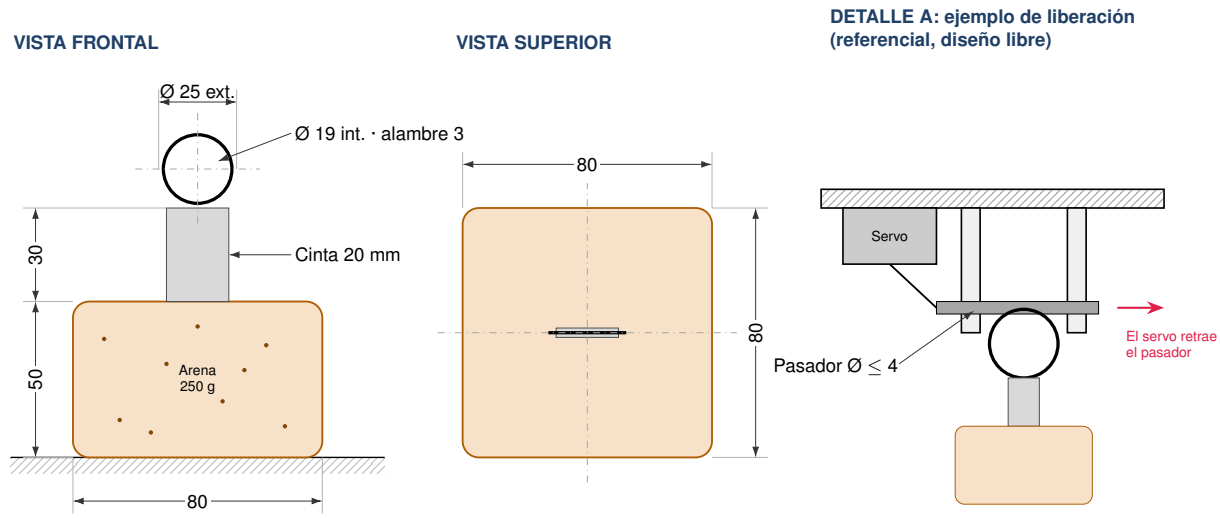
Figura 7: Plano AN-02: interfaz de montaje de la Caja Negra.

4.5 Carga útil estándar e interfaz de liberación

El jurado entrega una carga de **250 ± 5 g**: una bolsa de lona con arena de 80 × 80 × 50 mm, con una cinta y una **argolla de acero de Ø 25 mm exterior / Ø 19 mm interior**. El mecanismo de cada escudería debe sujetar la argolla y soltarla por mando del piloto o de la controladora. El diseño es libre: pasador retráctil, gancho giratorio, garra, electroimán, etc.

4.6 Multiplicadores de puntaje

Para premiar la ingeniería propia, se aplican los siguientes multiplicadores a la prueba indicada. **El puntaje de una prueba con multiplicador nunca supera su máximo**, por lo que el total sigue siendo de 100 puntos.



NOTAS

1. Cotas en mm, tolerancia ± 5 mm. Masa total **250 ± 5 g** (bolsa de lona con arena, cinta y argolla).
2. La argolla es de acero, Ø 25 mm exterior / Ø 19 mm interior: el mecanismo del equipo debe sujetarla y soltarla.
3. El jurado entrega y monta la carga en la zona de despegue. Pueden fabricar réplicas con estas medidas para practicar.
4. La bolsa no rueda: se mide el **primer punto de impacto**.

DUAS-AERONAV 2026	Plano AN-03
Carga útil estándar e interfaz de enganche	
Cotas en mm · Esc. 1:2 aprox.	Rev. A · Oct 2026

Figura 8: Plano AN-03: carga útil estándar e interfaz de enganche.

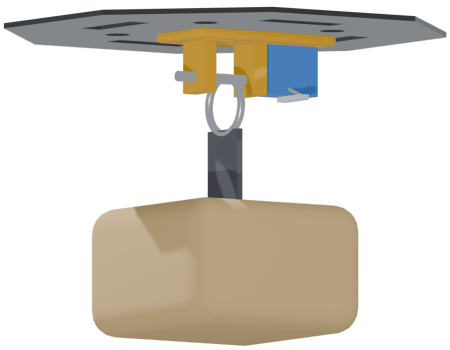


Figura 9: Diseño conceptual del Anexo D: un servo de 9 g retrae un pasador de Ø 4 mm que atraviesa la argolla entre dos guías impresas. Al retraerse, la carga cae por gravedad.

Factor	Aplica a	Criterio
×**1.2**	Memoria Técnica (25)	**Chasis propio:** diseñado, simulado y fabricado por el equipo (impresión 3D, compuestos, madera, etc.), sin marcos comerciales como el DJI F450. Los modelos CAD descargados (Thingiverse, GrabCAD) se permiten y se evalúan como un marco comercial; sólo califican con modificaciones de ingeniería sustanciales y justificadas.
×**1.1**	Carga útil (25)	**Mecanismo de liberación propio impreso en 3D.** El diseño conceptual del Anexo D puede usarse, pero sólo califica si el equipo lo rediseña de forma sustancial y lo justifica en la Memoria.
×**1.2**	Navegación autónoma (30)	**Controladora de bajo costo:** placa con costo comprobable $\leq$ \$1,500 MXN (IVA incluido; en placas de diseño propio, el costo de sus componentes), y Fase 3 completada sin penalizaciones.

Tabla 7: Multiplicadores. Ejemplo: una Memoria con 22 pts y chasis propio obtiene $\min(22 \times 1.2,\ 25) = 25$ pts.

5. Campo de vuelo y límites de operación

El **terreno total es como máximo de 50 × 100 m**. Dentro de él se delimita un **área de vuelo de 30 × 70 m**, que es también el geofence. La rodea una franja de seguridad de 10 m sin público, y en un extremo quedan los pits. Las posiciones de los obstáculos, de la diana y de los waypoints son referenciales y se definen el día del evento; las dimensiones del área de vuelo y los límites de altura son fijos.

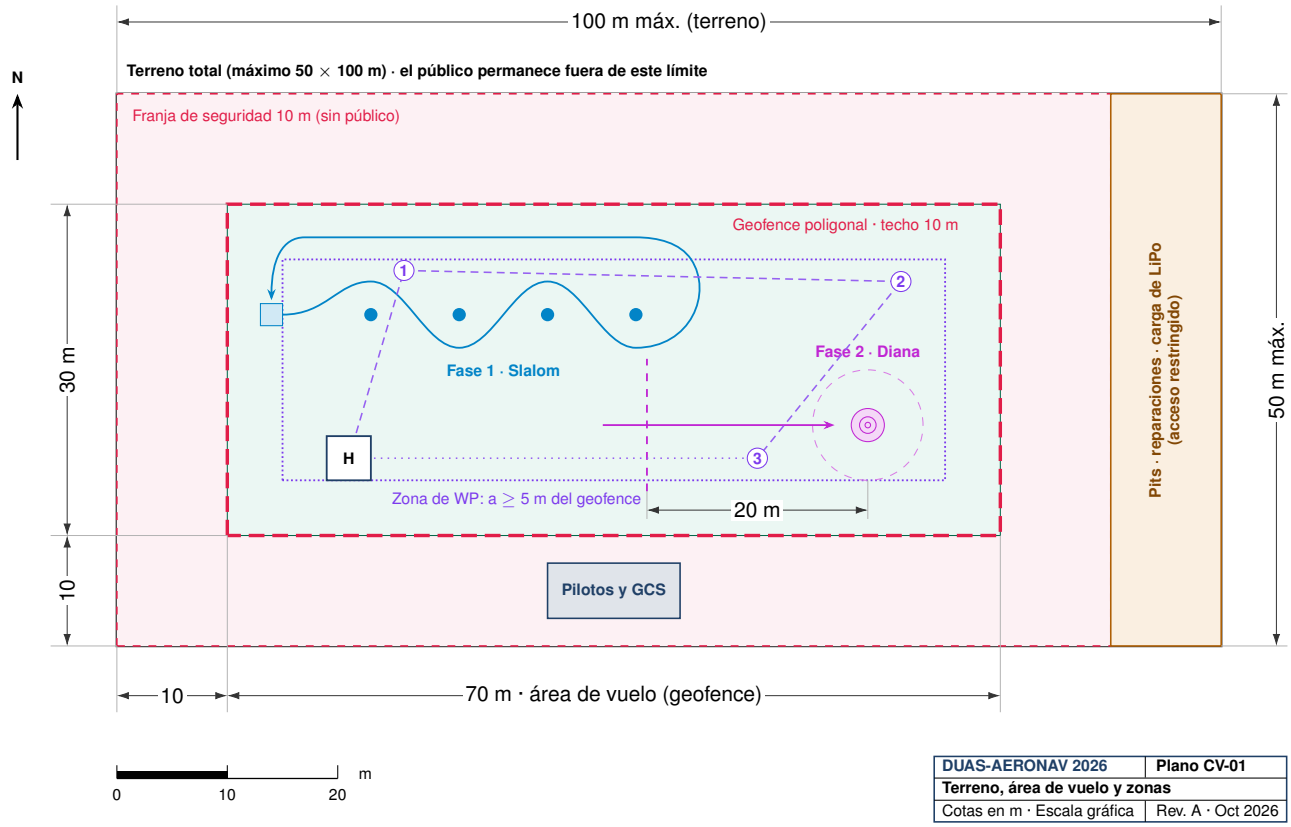


Figura 10: Plano CV-01: terreno, área de vuelo, zonas y distribución referencial de las pruebas.

Altura de operación	$\leq$ **5 m AGL** en todas las pruebas, para mantener el contacto visual.
Techo absoluto	**10 m AGL**, configurado como techo del geofence. Sólo se usa como margen en maniobras.
Geofence	Polígono igual al área de vuelo de 30 $\times$ 70 m. El jurado entrega las coordenadas de las 4 esquinas en la inspección técnica.
Waypoints	Siempre a 5 m o más del borde del geofence y a 5 m de altura.
Plataforma H	Zona de despegue y RTL de 4 $\times$ 4 m dentro del área de vuelo.
Pilotos y GCS	Zona de 12 $\times$ 5 m en la franja de seguridad, frente al área de vuelo.
Público	Fuera del terreno, a 10 m o más del área de vuelo.

Tabla 8: Límites de operación.

6. Fase 1: Memoria Técnica, rigidez y Slalom (45 pts)

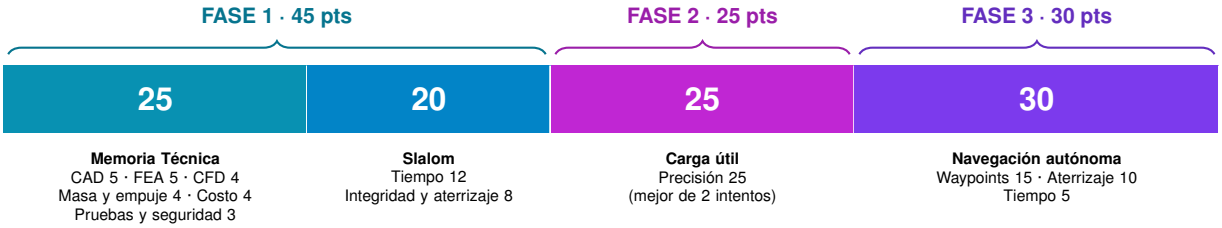


Figura 11: Distribución de los 100 puntos por fase y prueba.

6.1 Memoria Técnica y presupuesto (25 pts)

La evalúa el Comité Académico con la siguiente rúbrica. Se aceptan herramientas gratuitas o educativas (Fusion 360, Onshape, FreeCAD FEM, SolidWorks Simulation, SimScale, OpenFOAM, XFLR5, etc.).

Criterio	Pts	Qué se evalúa
Diseño CAD y planos	5	Modelo 3D completo, ensamble y planos con cotas.
Análisis estructural (FEA)	5	Chasis y brazos con empuje máximo por motor ($\approx$ 8.3 N) y aterrizaje duro (3 g sobre el MTOW); esfuerzos, deformación y factor de seguridad $\geq$ 1.5.
Aerodinámica (CFD)	4	Arrastre a 5 m/s o estimación justificada, con su efecto en el consumo.
Masa, empuje y autonomía	4	Presupuesto de masa, T/W $\geq$ 2 con Caja Negra y carga, y autonomía estimada.
Costo	4	$P_{\text{costo}} = 4 \cdot C_{\text{mín}}/C$, donde C es el costo comprobable de la escudería y $C_{\text{mín}}$ el menor entre las escuderías admitidas.
Plan de pruebas y seguridad	3	Bitácora de vuelos de prueba, lista de verificación y configuración de failsafes.
Total	**25**	Multiplicador $\times$1.2 por chasis propio, con tope de 25.

Tabla 9: Rúbrica de la Memoria Técnica.

Reglas del presupuesto (BOM).

- **Incluye** todo lo que despega con la aeronave (marco, motores, ESC, hélices, controladora, GNSS, receptor, cableado, mecanismo de liberación, computadora de apoyo) y **una** batería.
- **Excluye** la Caja Negra y la carga, el transmisor de radio, la laptop de la GCS, los cargadores, las

herramientas, las refacciones y las baterías adicionales.

- Cada precio se respalda con factura o con enlace público fechado, en MXN con IVA. Las piezas donadas o recicladas se valúan a precio de mercado.
- Las piezas impresas en 3D se costean con la tabla oficial:

Material	Costo bobina (1 kg)	Costo / gramo	Costo máquina / hora
PLA / PLA+	$400.00 MXN	$0.40 MXN	$10.00 MXN
PETG	$500.00 MXN	$0.50 MXN	$10.00 MXN
ABS / ASA	$600.00 MXN	$0.60 MXN	$15.00 MXN
Con fibra (Nylon-CF, PLA-CF)	$1,200.00 MXN	$1.20 MXN	$20.00 MXN

Tabla 10: Tabla oficial de costos de impresión 3D.

$$\text{Costo de la pieza} = (\text{masa en g} \times \text{costo/g}) + (\text{tiempo en h} \times \text{costo/h})$$

Ejemplo: una pieza de PETG de 100 g y 1 h de impresión cuesta $100 \times 0.50 + 1 \times 10 = \$60.00$ MXN.

6.2 Slalom de maniobrabilidad (20 pts)

Vuelo **manual** por un circuito de 4 postes que evalúa la ausencia de vibraciones, la rigidez del chasis y la agilidad de la respuesta.

Procedimiento de la prueba

1. La aeronave parte de la caja de 2 × 2 m. El cronómetro arranca al despegar.
2. Se pasan los 4 postes en forma alternada (izquierda/derecha), entre 1 y 4 m de altura.
3. El giro después del último poste y el regreso son libres, sin cruzar la línea de postes.
4. El cronómetro se detiene al tocar el suelo dentro de la caja. Tiempo máximo: 180 s.
5. Modos permitidos: Stabilize/Angle, AltHold, Loiter/PosHold. No se permiten modos automáticos.

- **Tiempo (12 pts):** $P_t = 12 \cdot t_{\text{mín}}/t$, donde t incluye las penalizaciones (+5 s por cada poste tocado) y $t_{\text{mín}}$ es el mejor tiempo válido de la competencia. Saltarse un poste o superar los 180 s anula los puntos de tiempo.
- **Integridad y aterrizaje (8 pts):** 4 pts por aterrizar dentro de la caja y 4 pts por terminar sin pérdida de piezas ni daño estructural visible.

7. Fase 2: Misión de carga útil (25 pts)

Procedimiento de la prueba

1. El jurado monta la carga de 250 g en la plataforma H y entrega las coordenadas del centro de la diana, para quien libere en automático.
2. La aeronave cruza la línea de aproximación, situada a 20 m del centro, en vuelo de traslación.
3. Libera la carga entre **3 y 5 m de altura** y con velocidad de **1 m/s o más**, verificadas con la Caja Negra. El vuelo y la liberación pueden ser manuales o automáticos.

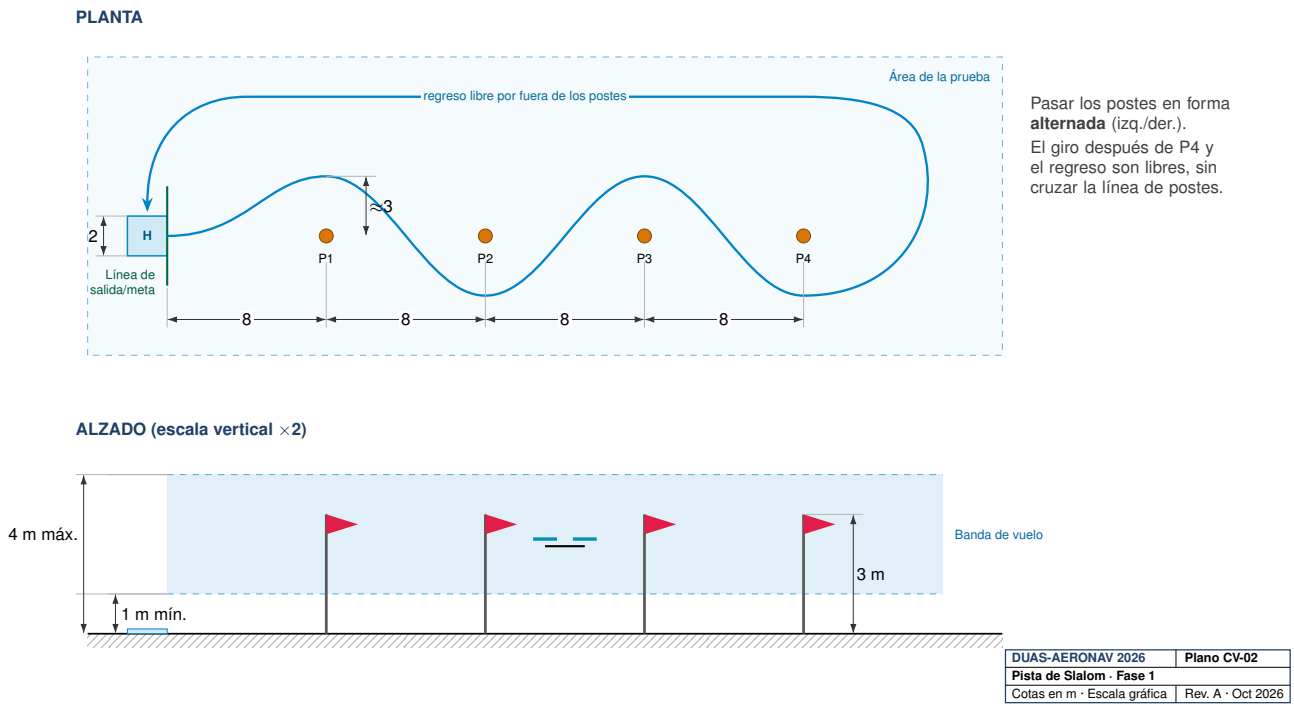


Figura 12: Plano CV-02: pista de Slalom (planta y alzado).

4. Se mide con cinta la distancia del **primer punto de impacto** al centro de la diana.
5. Hay **2 intentos** en el mismo turno de 8 min: la aeronave regresa a H y el jurado vuelve a montar la carga. Cuenta el mejor intento.

Puntuación: $P = 25 \cdot \max(0,\ 1 - d/5)$, con d en metros. El borde de cada anillo vale 23.75 pts (Ø 0.5 m), 21.25 pts (Ø 1.5 m) y 17.5 pts (Ø 3 m); a 5 m o más, 0 pts. Una liberación fuera de la ventana de altura o de velocidad cuenta como intento con 0 pts. Multiplicador $\times 1.1$ por mecanismo propio impreso en 3D, con tope de 25.

Diseño conceptual y consejos para la liberación

- Coloquen el punto de enganche sobre el eje del CG para que la aeronave no cabecee al soltar la carga.
- Con un servo de 9 g y un pasador de Ø 3–4 mm sobra fuerza para 250 g. Prueben al menos 20 liberaciones en banco.
- La carga cae adelantada: suelten unos $x \approx v\sqrt{2h/g}$ metros antes del centro (1.8 m a 4 m de altura y 2 m/s).
- Para liberar en automático, usen una acción de misión: `DO_SET_SERVO` o Gripper en ArduPilot, la acción de payload en PX4 o la programación lógica en INAV.

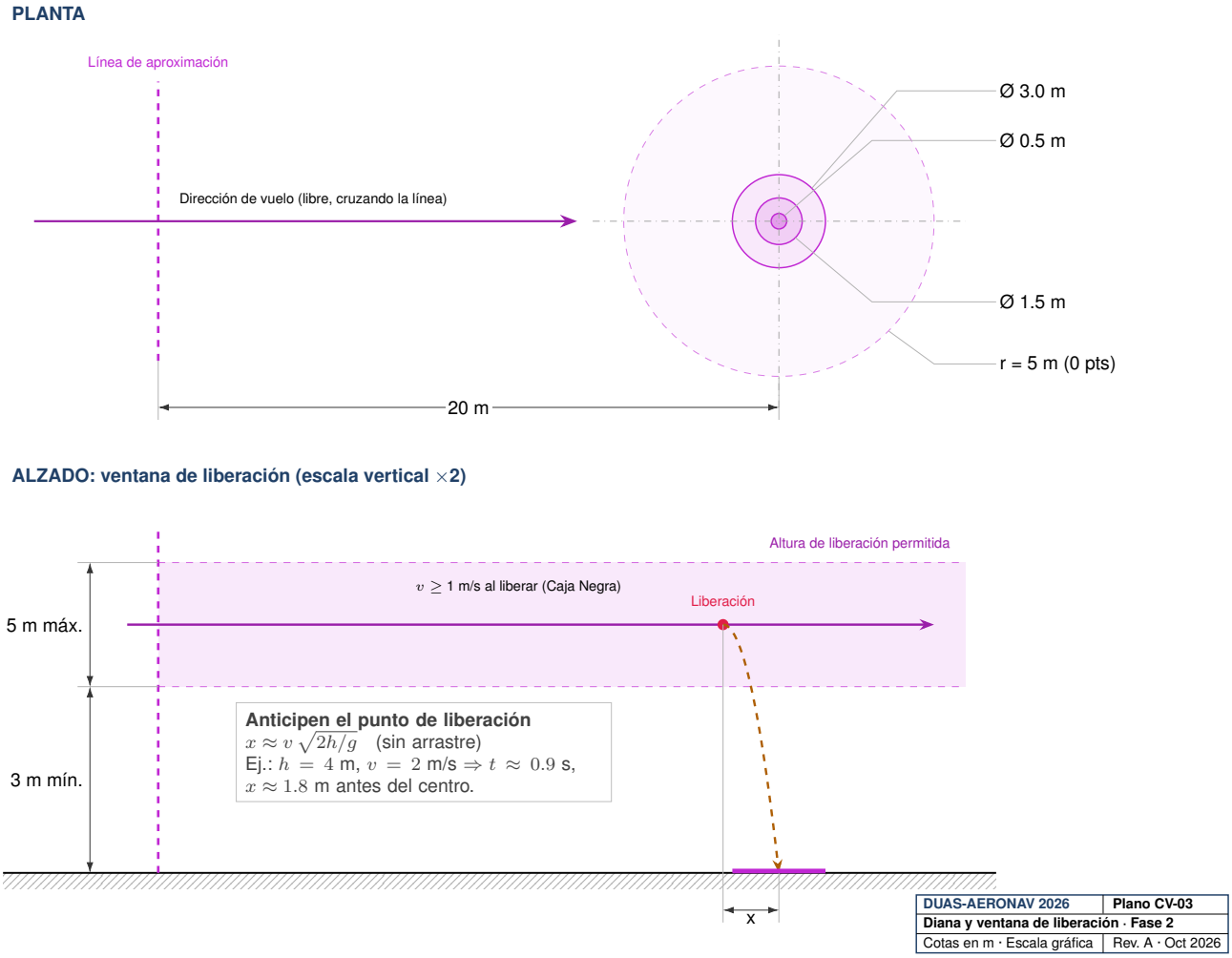


Figura 13: Plano CV-03: diana y ventana de liberación.

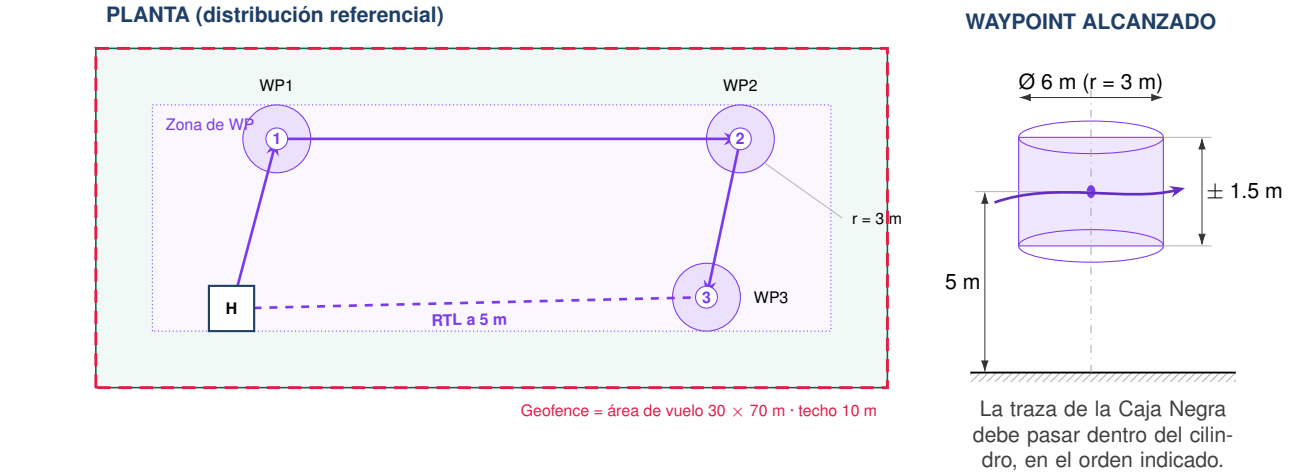
8. Fase 3: Navegación autónoma por GNSS y aterrizaje RTL (30 pts)

Procedimiento de la prueba

1. **20 minutos antes** de su turno, el jurado entrega la hoja de misión: coordenadas de H y de 3 waypoints en WGS84, grados decimales con 7 decimales, y altura de 5 m relativa a H.
2. El equipo programa la misión en su GCS y la carga a la controladora (por USB o telemetría).
3. Despegue manual hasta 2 m o más dentro de H, o automático. Se activa el modo automático (AUTO/Mission/WP).
4. Desde ese momento **no hay intervención**: la aeronave recorre WP1 → WP2 → WP3, regresa a 5 m (RTL) y aterriza sola en H.
5. Tiempo máximo: 5 min desde la activación de AUTO hasta el desarme tras el aterrizaje.

Ejemplo de hoja de misión (coordenadas ficticias):

Punto	Latitud	Longitud	Altura rel. a H
H	25.7251234	-100.3123456	0 m
WP1	25.7252580	-100.3123012	5 m
WP2	25.7252671	-100.3119021	5 m
WP3	25.7251412	-100.3119305	5 m



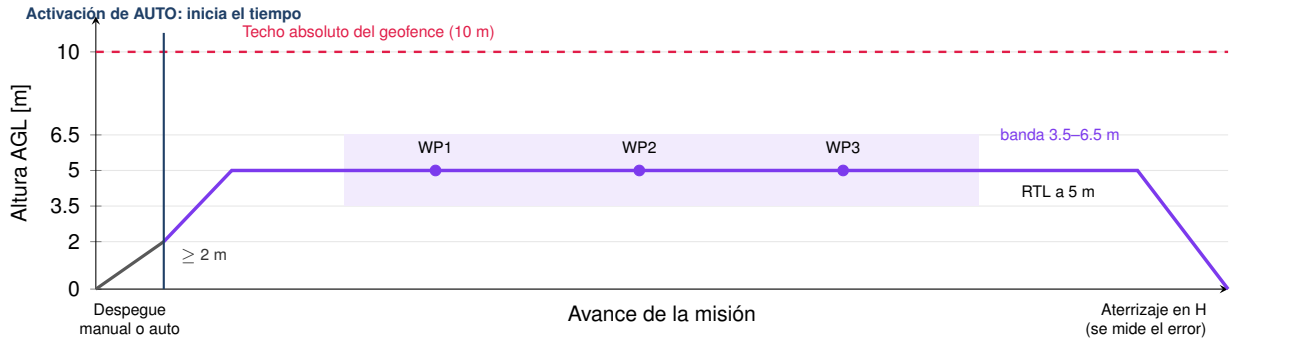


Figura 14: Ruta autónoma, criterio de waypoint alcanzado y perfil de altitud de la Fase 3.

Criterio	Pts	Cómo se mide
Waypoints	3×5	Un WP cuenta si la traza de la Caja Negra pasa a 3 m o menos en horizontal y entre 3.5 y 6.5 m de altura, en el orden indicado.
Aterrizaje (RTL)	10	Distancia del centro de H al centro geométrico de la aeronave: 10 pts si $d \leq 1$ m; $10 \cdot (6 - d)/5$ entre 1 y 6 m; 0 pts si $d \geq 6$ m.
Tiempo	5	$5 \cdot t_{\text{mín}}/t$, sólo si se alcanzan los 3 WP y el aterrizaje es autónomo.

Tabla 11: Puntuación de la Fase 3. Multiplicador $\times 1.2$ por controladora de bajo costo, con tope de 30.

Si el piloto toma el control, la misión termina: cuentan los WP alcanzados hasta ese momento, y el aterrizaje y el tiempo valen 0. Se permite cualquier ayuda a bordo (RTK propio, visión, sensores adicionales) siempre que el vuelo siga siendo autónomo.

9. Puntuación global y premiación

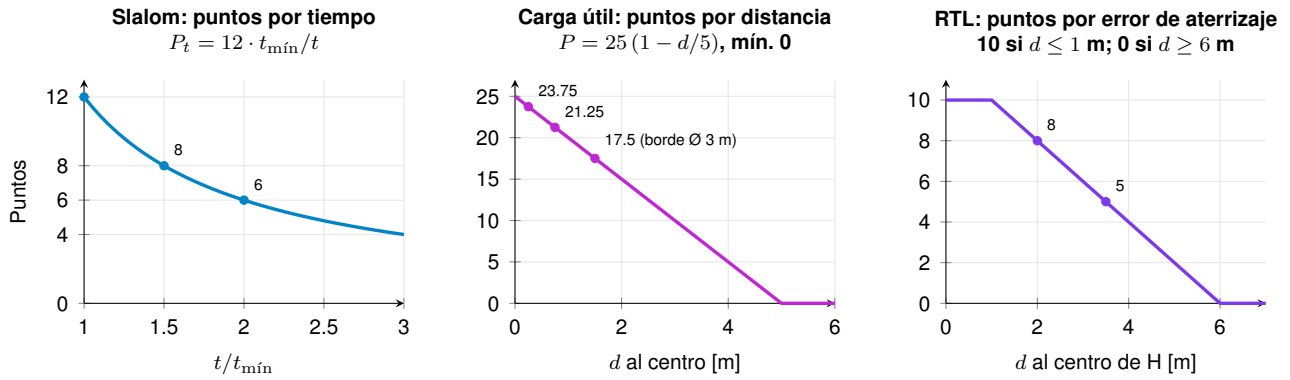


Figura 15: Curvas de puntuación de las pruebas en pista.

Prueba	Pts	Multiplicador	Método de arbitraje
Memoria Técnica (CAD/FEA/CFD/costo)	25	$\times 1.2$	Rúbrica del Comité Académico.
Slalom y estabilidad	20	—	Cronómetro, conteo de postes y revisión de integridad.
Carga útil (Payload Drop)	25	$\times 1.1$	Cinta métrica y ventana verificada con la Caja Negra.
Navegación autónoma y RTL	30	$\times 1.2$	Traza de la Caja Negra y cinta métrica en H.
Total	**100**		Ninguna prueba supera su máximo.

Tabla 12: Resumen de la puntuación.

Desempate: (1) mayor puntaje de la Fase 3, (2) menor costo comprobable, (3) menor tiempo de Slalom.

Galardones y reconocimientos

- **Campeón Absoluto (Grand Prix):** mayor puntaje acumulado en las tres fases.
- **Mejor Diseño Mecánico y Aerodinámico:** mayor calificación de la Memoria Técnica antes de multiplicadores. En empate, la suma de FEA y CFD.
- **Excelencia en Autonomía y Control:** mayor puntaje de la Fase 3. En empate, el menor error de aterrizaje.
- Constancia de participación para todos los integrantes de las escuderías que compitan en pista.

10. Seguridad e inspección técnica

Ninguna aeronave entra al área de vuelo sin el dictamen “Aprobado” en la Ficha de Inspección Técnica (Anexo B). La inspección se repite después de cualquier reparación.

Requisito	Condición
Geofence	Polígono del área de vuelo (30 $\times$ 70 m) con techo de 10 m y acción RTL o aterrizaje.
Altura de operación	$\leq$ 5 m AGL; 10 m es el techo absoluto.
Kill switch	Interruptor dedicado en el transmisor que desarma los motores de inmediato, en cualquier modo.
Failsafe de radio	Al perder la señal, RTL o aterrizaje en $\leq$ 1 s.
Failsafe de batería	RTL o aterrizaje con batería baja (referencia: 3.5 V por celda).
Verificaciones previas	Activas. No se arma sin fix 3D con 8 satélites o más.
Contacto visual	El piloto mantiene contacto visual directo. Las gafas FPV sólo las puede usar un observador.
Hélices	Se instalan sólo en la plataforma de despegue, con autorización del oficial de seguridad del jurado.
Baterías LiPo	Se transportan en bolsa ignífuga y se cargan sólo en los pits, con supervisión. No se usan baterías infladas o dañadas.
Público	Fuera del terreno, a 10 m o más del área de vuelo.
Clima	Se suspende con ráfagas de más de 25 km/h, lluvia o llovizna. El Comité reprograma.
Normativa	Operación en área controlada por el Comité, conforme a la NOM-107-SCT3-2019 (categoría micro, $\leq$ 2 kg).

Tabla 13: Protocolo de seguridad.

11. Penalizaciones y reparaciones

El objetivo es fomentar la perseverancia y el aprendizaje: tras una falla se puede reparar y reintentar con estas sanciones, que se restan de la prueba en curso sin bajar de 0.

Situación	Sanción
Reinicio de prueba	-5 pts. Máximo un reinicio por prueba, solicitado antes de terminar o tras un incidente sin daño.
Pérdida de piezas en vuelo	-10 pts por caída de componentes estructurales o electrónicos (excepto la carga útil).
Poste tocado (Slalom)	+5 s al tiempo.
Poste saltado (Slalom)	Intento sin puntos de tiempo.
Liberación fuera de ventana	Intento con 0 pts (Fase 2).
Intervención en Fase 3	Termina la misión; cuentan sólo los WP alcanzados.
Rompimiento del geofence o vuelo errático	0 pts en la prueba en curso. Puede participar en la siguiente tras una nueva inspección. El oficial de seguridad del jurado decide si un vuelo es errático.
Reparaciones en pista	Máximo 15 min, y después nueva inspección. Si la aeronave no está lista al ser llamada, pierde el turno (0 pts en esa prueba).
Conducta antideportiva o desacato a la seguridad	Descalificación.

Tabla 14: Penalizaciones.

12. Desarrollo de la jornada y roles

El martes 10 de noviembre la jornada sigue este orden. El horario detallado y el orden de vuelo se publican el lunes 9 de noviembre.

1. Registro de escuderías en los pits.
2. Junta de pilotos (obligatoria): reglas, coordenadas del geofence y procedimientos.
3. Inspección técnica e instalación de la Caja Negra.
4. Fase 1 (Slalom), Fase 2 (Carga útil) y Fase 3 (Navegación autónoma), por turnos.
5. Resultados y premiación en el marco del DUAS 2026.

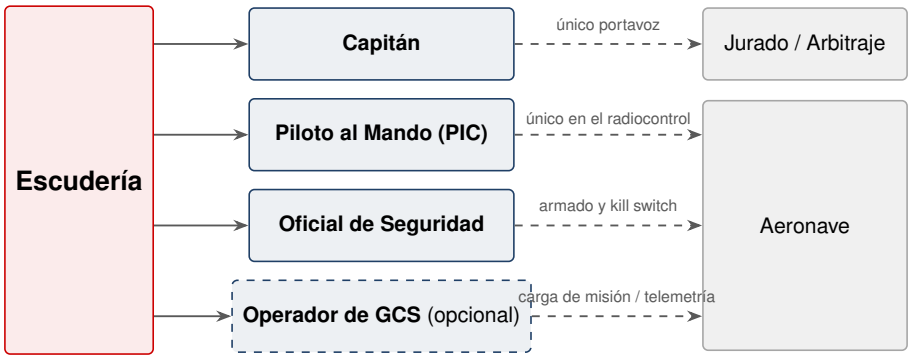


Figura 16: Roles operativos en pista.

- **Capitán:** único portavoz de la escudería ante el jurado.
- **Piloto al Mando (PIC):** único autorizado para operar el radio control. Debe acreditar práctica en un simulador (FPV Freerider, Liftoff, Picasim, SITL, etc.). Durante el vuelo no cumple otro rol.
- **Oficial de Seguridad:** controla el armado, el kill switch y la lista de verificación previa al vuelo.
- **Operador de GCS** (opcional): carga la misión y vigila la telemetría.

Con escuderías de 2 integrantes, el capitán puede ser también el oficial de seguridad.

13. Cláusulas generales

- **Propiedad de datos y uso de imagen:** durante el evento se capturan fotografías, videos y datos de la Caja Negra, que se usan exclusivamente para fines estadísticos, de promoción del DUAS y de análisis del desempeño. Cada escudería recibe la traza de sus vuelos. Los diseños CAD, códigos y datos de los equipos **no** se usarán para replicarlos ni comercializarlos.
- **Patrocinios e identidad:** se permiten logotipos comerciales en la aeronave. Es obligatorio el logotipo visible de la institución. Como plus didáctico, se invita a cada escudería a crear su nombre y su logo.
- **Interpretación:** cualquier caso no previsto lo resuelve el Comité de Arbitraje Técnico, y su decisión es inapelable. Las aclaraciones a esta convocatoria se publican en la página de la competencia.

Anexo A. Parámetros de referencia por firmware

Valores mínimos para cumplir la convocatoria. **Los nombres y las unidades pueden cambiar entre versiones**: verifiquen en la documentación oficial de su versión y prueben todo en banco, sin hélices.

Función	Parámetro	Valor
ArduPilot (ArduCopter $\geq$ 4.4)		
Geofence	`FENCE_ENABLE` / `FENCE_TYPE`	1 / 5 (altura máxima + polígono; el polígono se carga desde la GCS)
	`FENCE_ALT_MAX` / `FENCE_ACTION`	10 m / 1 (RTL; aterriza si no puede)
	`FENCE_MARGIN`	2 m
RTL	`RTL_ALT` / `RTL_ALT_FINAL`	500 cm / 0 (aterriza)
Failsafe de radio	`FS_THR_ENABLE` / `RC_FS_TIMEOUT`	1 (RTL) / 1.0 s
Failsafe de batería	`BATT_FS_LOW_ACT` / `BATT_LOW_VOLT`	2 (RTL) / 10.5 V
	`BATT_FS_CRT_ACT` / `BATT_CRT_VOLT`	1 (Land) / 10.2 V
Navegación	`WPNAV_RADIUS` / `WPNAV_SPEED`	200 cm / 500 cm/s (sugerido)
Kill switch	`RCx_OPTION`	31 (Motor Emergency Stop) en un canal dedicado
Liberación	`SERVOx_FUNCTION` / `RCx_OPTION`	28 (Gripper) / 19 (Gripper), o `DO_SET_SERVO` en la misión
Verificaciones	`ARMING_CHECK`	1 (todas)
PX4 ($\geq$ 1.14)		
Geofence	Polígono en QGroundControl (Plan $\rightarrow$ GeoFence)	Igual al área de vuelo
	`GF_ACTION` / `GF_MAX_VER_DIST`	3 (Return) / 10 m
RTL	`RTL_RETURN_ALT` / `RTL_DESCEND_ALT`	5 m / 5 m
Failsafe de radio	`NAV_RCL_ACT` / `COM_RC_LOSS_T`	2 (Return) / 0.5 s
Failsafe de batería	`COM_LOW_BAT_ACT`	3 (Return en nivel crítico, Land en emergencia)
Navegación	`NAV_ACC_RAD`	2 m
Kill switch	`RC_MAP_KILL_SW`	Canal dedicado
Liberación	Actuators $\rightarrow$ Payload/Gripper	Acción de payload en la misión o canal RC

INAV ($\geq$ 8.0)

Geofence	Geozona inclusiva poligonal (`geozone`)	Altura máxima 1000 cm, acción RTH (verifiquen el soporte de su placa)
RTH	`nav_rth_altitude` / `nav_rth_alt_mode`	500 cm / FIXED
	`nav_rth_allow_landing`	ALWAYS
Failsafe de radio	`failsafe_procedure` / `failsafe_delay`	RTH / 5 (0.5 s)
Batería	`vbat_warning_cell_voltage` / `vbat_min_cell_voltage`	350 / 330 (centésimas de V)
Navegación	`nav_wp_radius`	200 cm
Kill switch	Modo ARM en un interruptor dedicado	Desarme inmediato
Liberación	Servo en canal AUX o programación lógica	Mando del piloto o acción en el WP

Tabla 15: Parámetros de referencia.

Anexo B. Ficha de Inspección Técnica

Esta es la ficha que usa el jurado. Revísenla completa antes del evento.

OK	Rubro	Verificación
☐	Documentación	Registro completo, Memoria Técnica entregada, video de precalificación aprobado.
☐	Dimensiones	Wheelbase $\leq$ 450 mm medido entre ejes de motores.
☐	Masa	MTOW $\leq$ 2.0 kg con Caja Negra y carga instaladas.
☐	Hélices	Bipala, $\leq$ 10”, plástico o nylon, bien apretadas, sin daños; separación $\geq$ 10 mm.
☐	Estructura	Sin piezas flojas ni bordes cortantes; tren con holgura $\geq$ 20 mm bajo la carga; logo de la institución visible.
☐	Propulsión	4 motores 2212/2213 de 920–1000 KV; 4 ESC de 20–30 A.
☐	Batería	LiPo 3S 2200 mAh $\geq$ 25C, XT60, sin inflamiento, sujeta con correa (no sólo velcro).
☐	Caja Negra	Patrón 30.5 $\times$ 30.5 libre, zona 80 $\times$ 60 mm, volumen Ø 40 $\times$ 100 mm, $\geq$ 50 mm de cables de potencia.
☐	Mecanismo	Sujeta y libera la argolla AN-03 tres veces seguidas en banco.
☐	Firmware	ArduPilot, PX4 o INAV en versión aprobada; logs habilitados.
☐	GNSS	Con brújula; fix 3D con 8 satélites o más antes de armar.
☐	Kill switch	Sin hélices: desarma de inmediato en modo manual y en automático.
☐	Failsafe de radio	Sin hélices: al apagar el transmisor, RTL o aterrizaje en $\leq$ 1 s.
☐	Geofence	Polígono del área de vuelo cargado, techo de 10 m, acción RTL o aterrizaje.
☐	RTL	Altura de RTL de 5 m; aterrizaje automático habilitado.
☐	Batería baja	Failsafe configurado (RTL o aterrizaje).
☐	Roles	PIC con evidencia de simulador; oficial de seguridad designado.

Dictamen: ☐ Aprobado ☐ No aprobado Juez: _____ Hora: _____

Tabla 16: Ficha de Inspección Técnica.

Anexo C. Estructura de la Memoria Técnica y del presupuesto

Estructura obligatoria (máximo 20 páginas sin anexos):

1. Portada: escudería, aeronave, integrantes, institución y asesor.
2. Resumen (media página).
3. Concepto y requisitos de diseño.
4. Diseño CAD: vistas, planos con cotas y ensamble.
5. Análisis estructural (FEA): condiciones de carga, malla, resultados y factor de seguridad.
6. Aerodinámica (CFD o estimación justificada).
7. Propulsión, masa y autonomía: tabla de masas, T/W y consumo.
8. Aviónica y software: firmware, parámetros clave, misión y liberación.
9. Presupuesto (BOM) y costo total.
10. Plan de pruebas y seguridad: bitácora de vuelos y lista de verificación.
11. Referencias.

Columnas del presupuesto (BOM):

#	Componente	Marca / modelo	Cant.	P. unitario	Subtotal	Fuente
1	Motor	Ej. A2212/13T 1000 KV	4	$180.00	$720.00	Enlace, fecha
2	Brazo impreso	PETG, 38 g, 2.5 h	4	$44.00	$176.00	Tabla oficial
		Costo total comprobable (MXN, IVA incl.)			**$ ...**	

Anexo D. Recursos CAD descargables

Junto con esta convocatoria se publican modelos 3D de referencia para que las escuderías visualicen las interfaces obligatorias y practiquen con ellas. El modelo es paramétrico: se regenera con Blender a partir de su script.

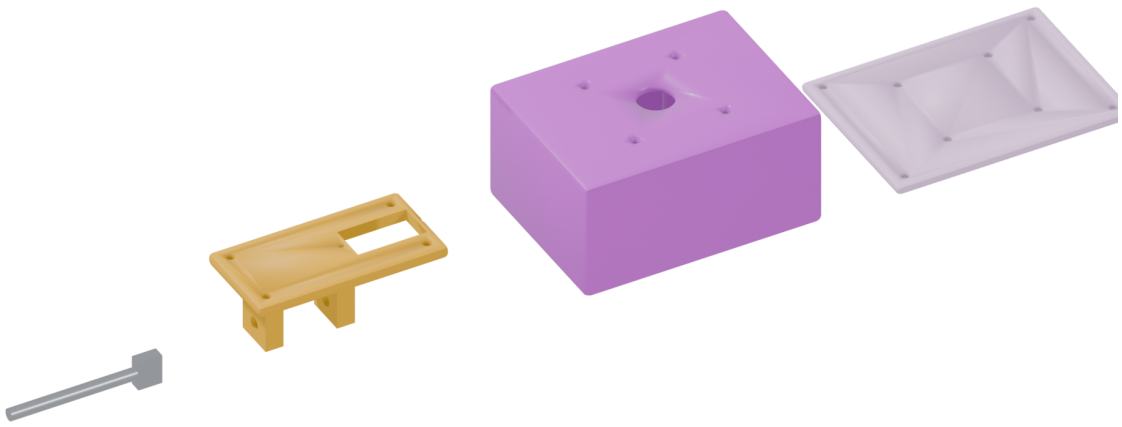


Figura 17: Piezas imprimibles, de izquierda a derecha: pasador, base del mecanismo de liberación, simulador de Caja Negra y adaptador de Caja Negra.

Archivo	Descripción
`adaptador_caja_negra.stl`	Placa de 80 × 60 × 3 mm con el patrón 30.5 × 30.5 mm y 4 barrenos de fijación al chasis (70 × 50 mm).
`simulador_caja_negra.stl`	Envolvente hueca de 80 × 60 × 40 mm; se completa a 100 g con lastre por el orificio superior.
`mecanismo_base.stl`	Base del mecanismo de pasador para servo de 9 g, con guías de Ø 4.3 mm y 4 barrenos de fijación.
`mecanismo_pasador.stl`	Pasador de Ø 4 × 45 mm con ojal para la varilla del servo (también sirve una varilla de acero de Ø 4 mm).
`helice_10x4.5.stl`	Hélice de referencia 10×4.5 (perfil NACA 4412, sólo para visualización).
`modelo_referencia.blend` / `.py`	Ensamble completo de la aeronave de referencia y script paramétrico de Blender.

Tabla 17: Archivos CAD. Impresión sugerida: PETG, 3 perímetros, 30 % de relleno.

Anexo E. Glosario

AGL	Altura sobre el nivel del suelo (*Above Ground Level*).
BOM	Lista de materiales con costos (*Bill of Materials*).
Caja Negra	Dispositivo oficial del jurado que registra la trayectoria (RTK/GNSS/RF).
CG	Centro de gravedad.
Failsafe	Acción automática ante una falla (pérdida de radio, batería baja).
Geofence	Límite virtual (polígono y techo) que la aeronave no puede cruzar.
GCS	Estación terrestre de control (*Ground Control Station*).
GNSS	Sistema global de navegación por satélite (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou).
Kill switch	Interruptor que desarma los motores de inmediato.
MTOW	Masa máxima de despegue (*Maximum Take-Off Weight*).
PIC	Piloto al mando (*Pilot In Command*).
RTL / RTH	Regreso automático al punto de despegue (*Return To Launch / Home*).
SITL	Simulación del firmware en una computadora (*Software In The Loop*).
Waypoint (WP)	Punto de paso de una misión autónoma.
WGS84	Sistema de referencia de coordenadas geográficas usado por GNSS.
Wheelbase	Distancia diagonal entre ejes de motores opuestos.