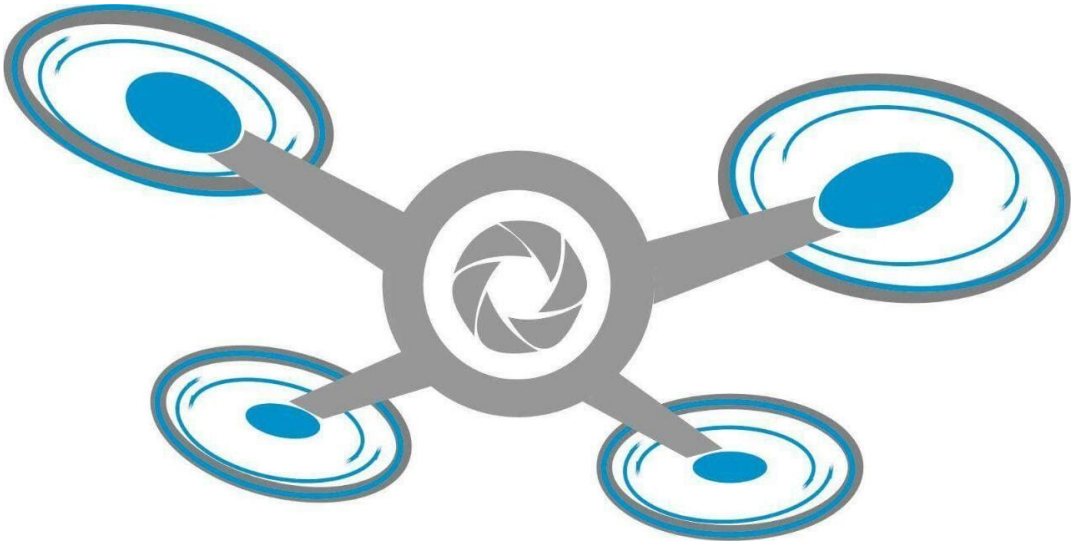
Torneo Mexicano de Robótica® 2020

Categoría: Drones Autónomos



Reglamento

4ta Edición

Contenido

Introducción **3**

Reglas de Seguridad **4**

Sobre los Vehículos (Drones) **5**

- Sobre el hardware 5
- Acerca del Software 5

Categorías **6**

- Misiones Básicas 6
- Misiones Avanzadas 6

Misiones **7**

- Preparación e Inicio de las Misiones 7
- Descripción de Misiones Básicas 8
- Descripción de Misiones Avanzadas 10
- Criterio de Desempate 13
- Sobre las pantallas y estructuras 3-D 13

Sistema de Puntaje **14**

1 Introducción

El Torneo Mexicano de Robótica (TMR) es la competencia de robótica más importante de México que año con año reúne a estudiantes, profesores e investigadores. El objetivo principal es incentivar e impulsar la investigación y desarrollo de la robótica en México con miras a lograr un desarrollo integral de nivel internacional. Para lo anterior, el TMR incluye diferentes categorías de competición donde los equipos participantes ponen a prueba sus conocimientos y habilidades en la robótica.

Los drones son vehículos aéreos no tripulados cuyo rango de aplicaciones ha crecido de manera considerable en los últimos años. Pero los drones no solamente sirven como cámaras aéreas para capturar videos o fotos, los drones pueden fungir como robots también, robots aéreos. Lo anterior es posible ya que los drones pueden llevar computadoras a bordo para procesar información, como la obtenida a través de sus sensores, y con ello ejecutar acciones sobre sus actuadores, las hélices, con lo cual se puede ejecutar vuelo autónomo.

Por primera vez en la historia del TMR se abre la categoría de drones donde se proponen diferentes retos o misiones de vuelo a ser ejecutados por un dron. El dron puede ser comercial, armado o de diseño original. No obstante, el énfasis de la categoría radica en el diseño de la inteligencia artificial que le permita al dron ejecutar tareas de manera autónoma. Por lo tanto, el puntaje que se asignará será proporcional al desempeño autónomo del dron para ejecutar las misiones.

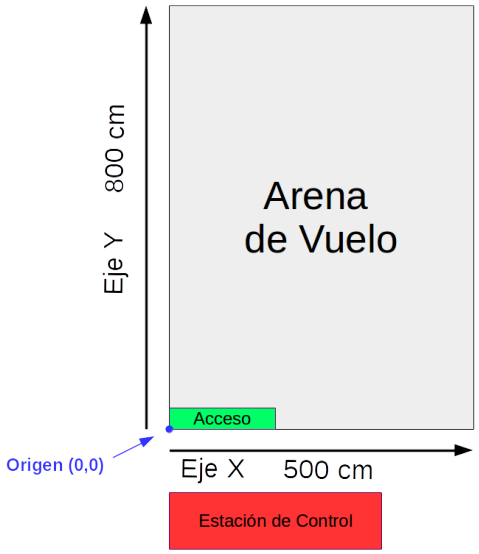


Figura 1. Dimensiones de la arena de vuelo (8x5 metros), donde también se indica la ubicación de la estación de control. La altura máxima será de 4 metros.

2 Reglas de Seguridad

La arena de vuelo está definida por un volumen de 8 x 5 x 4 metros cúbicos (largo x ancho x alto), la cual estará limitada a los lados por una red protectora para evitar que el dron salga de la arena.
Todas las misiones se llevarán a cabo dentro de la arena bajo las siguientes reglas:

1. En la arena de vuelo sólo se permitirá un juez durante cualquiera de las misiones. El juez tiene la autoridad para dar por terminada la misión, en caso de que estime que el dron no cumpla con las reglas de seguridad aquí estipuladas o bien, que considere algún tipo de riesgo.
2. Las misiones se ejecutarán una a la vez y sólo un equipo podrá participar durante la ejecución de la misión. Los demás equipos deberán esperar en la cola de participación y fuera de la arena en todo momento.
3. Los miembros del equipo podrán ingresar a la arena únicamente antes del inicio de la misión, para colocar al dron o realizar ajustes (previamente autorizados por el juez), y posterior a que la misión se ha dado por terminada.
4. Afuera de la arena de vuelo se instalará una mesa de trabajo, la cual se denominará "estación de control" donde los equipos participantes colocarán su equipo de trabajo. Por ningún motivo el equipo participante está autorizado a abandonar dicha mesa durante las misiones, exceptuando la configuración y colocación del dron antes de cada misión y su colección después de terminada la misión.
5. Si el dron participante por alguna razón choca con la malla de protección la misión en la que se encuentre se dará por terminada inmediatamente.
6. Si el dron supera la altura de los 4 metros se le pedirá al equipo aterrizar inmediatamente y se dará por terminada la misión.
7. Si el dron pierde el control de manera abrupta, se impacta u ocasionar cualquier otro tipo de accidente, el equipo quedará descalificado, por ello es de vital importancia que el equipo participante siempre se encuentre alerta del estado del dron y que verifique que el dron se puede detener en cualquier momento.
8. El procesamiento del dron puede llevarse a cabo a bordo del dron o de manera remota en la estación de control, pero es importante que el equipo muestre al juez que se cuenta con un mecanismo de paro con el cual ejecutar un aterrizaje de emergencia en caso de requerirse. De no contar con ello, el equipo no podrá participar en misión alguna.
9. Los sensores a bordo no deben emitir señal, luz o alguna onda que pueda afectar a las personas.
10. En el caso de utilizar baterías de polímero de litio, los equipos deben llevarlas cargadas al momento de ejecutar una misión, esto es, no deben ponerse a cargar durante la misión, y aquellas baterías cargadas que no se utilicen durante la misión deben ser almacenadas en bolsas de seguridad para este tipo de baterías.
11. Queda estrictamente prohibido realizar pruebas fuera de la arena de vuelo. Antes de la

competencia se tendrán tiempos asignados para que los equipos realicen sesiones de prueba, por lo que durante la competencia a excepción del equipo participante en turno, los equipos en la lista de espera para entrar a la arena no podrán encender los drones o algún tipo de aparato que pueda causar interferencia las comunicaciones de los drones que se encuentran compitiendo dentro de la arena.

3 Sobre los Vehículos (Drones)

3.1 Sobre el hardware

Los equipos pueden participar con cualquier tipo de dron. Sin embargo, el dron no podrá exceder *un perímetro de 1 metro*, tomando la medición más larga desde la punta de una hélice a otra hélice. El dron podrá estar equipado con cámaras, sensores de ultrasonido, láser, etc, siempre que se indique con claridad que **ninguno de los sensores o dispositivos a utilizar a bordo del dron puede afectar a las personas**, por ejemplo, un láser que pueda afectar la vista.

Para comprobar la seguridad de sensores especializados (como laser), deberán mostrar *los manuales correspondientes donde se pueda verificar que no hay alguna restricción que permita su uso en público.* Tampoco existe restricción alguna con respecto al tipo de computadoras que pueden ir a bordo del dron, o bien, que pueden utilizarse en la estación de control.

Si se utilizan baterías de tipo Polímero de Litio, éstas deben ser inspeccionadas por el juez antes de iniciar con la misión para confirmar su buen estado. Baterias infladas o con riesgo de explotar no deben ser utilizadas durante la competencia. Cualquier equipo que se presente a la competencia con baterías que se identifiquen como de riesgo será descalificado.

Los equipos pueden participar con más de un dron, pero sólo un dron podrá ser utilizado a la vez durante cada misión a excepción de una misión en la subcategoría de avanzados donde se requerirá utilizar dos drones.

3.2 Acerca del Software

Los equipos participantes pueden utilizar cualquier sistema operativo para operar a los drones. También se puede utilizar software libre, software propio o comercial, así como cualquier lenguaje de programación.

4 Categorías

Este año 2020 habrá **una sola categoría** de drones. Todos los equipos enfrentarán hasta 5 misiones de nivel básico el primer día de la competencia. Nuevamente, en el segundo día, todos los equipos enfrentarán hasta 5 misiones de nivel avanzado. Se sumarán los puntajes obtenidos en el primer y segundo día. Los 3 mejores puntajes realizarán una exhibición de vuelo el tercer día, en la mañana, antes de la ceremonia de premiación. Podrán participar en esta subcategoría estudiantes a partir de nivel preparatoria acompañados de un mentor, licenciatura o posgrado (no es obligatorio tener un mentor, pero si un capitán de equipo).

Es importante resaltar que bajo ninguna circunstancia se permitirá el pilotaje del dron por algún miembro de equipo. ***El vuelo debe ser autónomo*** y la única ocasión en la que el equipo podrá intervenir es cuando se prepare el despegue del vehículo o cuando se tenga que aterrizar ya sea porque la regla establece el momento de aterrizaje o por que el juez solicite un aterrizaje de emergencia.

NOTA: Una vez que el dron despegué, ningún miembro del equipo participante podrá controlar al dron mediante joystick, dispositivo móvil o computadora. Un miembro del equipo participante deberá ser asignado como el "*piloto*" y por lo tanto sólo el podrá accionar los controles correspondientes para el despegue y el aterrizaje. El resto de los miembros deberá tener las manos libres a la vista del juez.

4.1 Misiones Básicas

En estas misiones se espera que los equipos participantes presenten drones que puedan ejecutar misiones de ***vuelo autónomo*** y demuestre *reactividad* tal como la de evitar obstáculos.

4.2 Misiones Avanzadas

En estas misiones se espera que el dron cuente con capacidades de ***vuelo autónomo***, localización en el ambiente, que pueda planear rutas y que tenga la capacidad de generar mapas. Dichas habilidades se combinarán para resolver las misiones de prueba. Esta subcategoría está abierta a todo tipo de participante, incluyendo estudiantes de licenciatura, posgrado y profesores / investigadores.

5 Misiones

Como se mencionó en la sección 4, hay dos niveles de misiones. No obstante, todos los equipos podrán participar en la resolución de ambas misiones si así lo deciden. Debe quedar claro que entre más misiones se resuelvan más puntaje se obtendrá. La competencia consta ***de 2 rondas de 12 minutos cada una por día***. Durante este tiempo el equipo puede intentar ejecutar el mayor número de misiones posibles o repetir las que desee. El puntaje oficial del equipo se selecciona del mejor intento.

El orden de participación se realizará en forma aleatoria al inicio del concurso y éste debe ser respetado. Cada equipo debe participar en el turno que le corresponde; si no está listo su turno de 12 minutos será contado como utilizado y se pasará a la cola de participación, Por lo tanto, todos los equipos deben estar listos para volar en cualquier momento.

NOTA: Las misiones básicas sólo se podrán resolver únicamente en el día y tiempo asignado por el comité.

5.1 Preparación e Inicio de las Misiones

Cuando un equipo ingrese a la arena de vuelo para competir, éste deberá presentarse con los jueces para llevar a cabo una revisión de sus drones. En este tiempo se revisará el control del dron, es decir, que el piloto pueda cancelar el vuelo autónomo en caso de fallo. Durante esta revisión el equipo también deberá indicar las misiones que intentará ejecutar y quién será el piloto.

Una vez pasada la revisión, el equipo tendrá **2 minutos** para instalarse en la estación de control, una vez que se encuentren listos deberán indicarlo al juez y en ese instante el cronómetro comenzará a correr.

Cada intento se considera "terminado" al concluir con éxito alguna de las misiones. Si el dron toca el suelo, después de iniciada una misión, mal funcionamiento (no puede mantener un vuelo seguro y controlado), o si el operador del equipo declaró haber terminado el intento, este intento se considera "no terminado". Una vez que la misión se da por terminada, un miembro del equipo podrá ingresar a la arena para tomar al dron y alistarse para continuar con la siguiente misión que se haya elegido.

5.2 Descripción de Misiones Básicas

Vuelo en línea recta y detección de obstáculo: antes de iniciar la misión y una vez que el equipo indique al juez que se está listo para arrancar, el juez colocará un obstáculo rígido en algún punto de la trayectoria que el dron deberá seguir de manera autónoma; el dron deberá por tanto volar de manera autónoma hacia el frente siguiendo una línea recta (que será trazada en el piso) y deberá detenerse cuando se encuentre de frente al obstáculo y aterrizar inmediatamente.

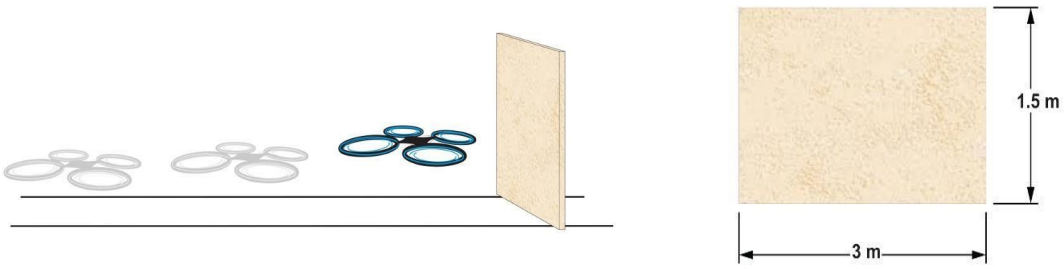


Figura 2. A la izquierda, misión básica 1: Vuelo en línea recta y detección de obstáculo; a la derecha: dimensiones del obstáculo.

Vuelo en línea recta, evasión de obstáculo y continuar con el rumbo: similar a la prueba anterior, en esta ocasión del dron debe detectar el obstáculo, **volar hacia un costado** y una vez que no lo detecte, seguir de frente algunos segundos, aterrizando posteriormente.

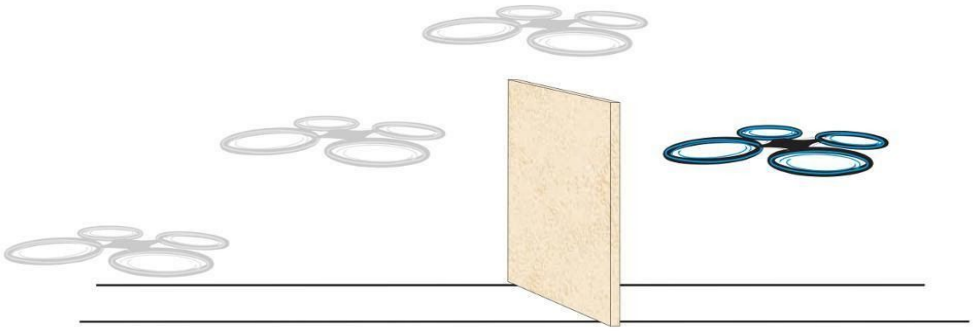


Figura 3. Misión básica 2: Vuelo en línea recta, detección de obstáculo y evasión.

Vuelo de circuito atravesando ventanas: en esta misión el dron deberá volar a través de ventanas cuadradas cuyas dimensiones y color se pueden observar en la figura 4. Entre más ventanas se atraviesen mayor será el puntaje. El número máximo de ventanas a atravesar será de 10. Las ventanas podrán forman un circuito en forma de U, en forma de zigzag o en forma de L. Una vez atravesada una ventana el dron verá inmediatamente en su campo de visión la siguiente ventana a atravesar.

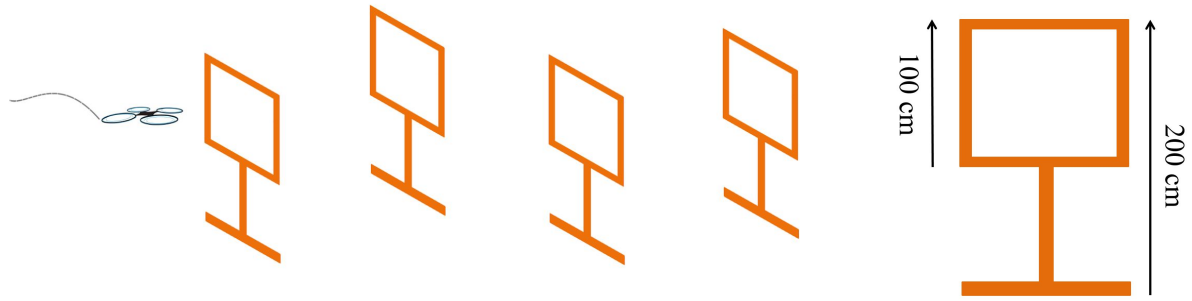


Figura 4. A la izquierda, misión básica 3: Vuelo de circuito atravesando ventanas; a la derecha, dimensiones de la ventana a atravesar, todas las ventanas tendrán el mismo tamaño.

Seguimiento de objeto en movimiento: en esta prueba el dron deberá seguir un objeto en movimiento. El objeto puede ser elegido por el equipo participante y deberá ser entregado al juez para que el juez lo muestre al dron y prosiga a moverlo, siempre adelante del dron, para que el dron lo siga. El juez es libre de mover el objeto en cualquier dirección: atrás, adelante, izquierda, derecha o *rotar* si él lo desea. El punto de inicio será generado de manera aleatoria por computadora y este punto se encontrará dentro de la arena de vuelo.

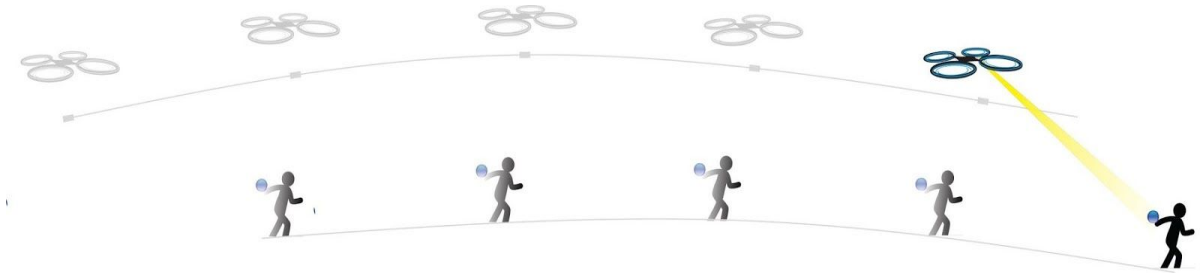


Figura 5. Misión básica 4: Seguimiento de objeto en movimiento.

Vuelo sobre escalones: el dron debe aproximarse a una plataforma en forma de escalones como se muestra en la figura 6, el dron por tanto deberá ir avanzando hacia el frente incrementando la altura de su vuelo para evitar chocar con los escalones, una vez que alcance la altura superior, el dron debe continuar su vuelo hacia adelante y en cuanto salga de la zona de la plataforma escalonada, el dron deberá aterrizar. El puntaje se otorgará en proporción del número de escalones que sobrevuele de manera exitosa y si logra aterrizar pasando la plataforma.

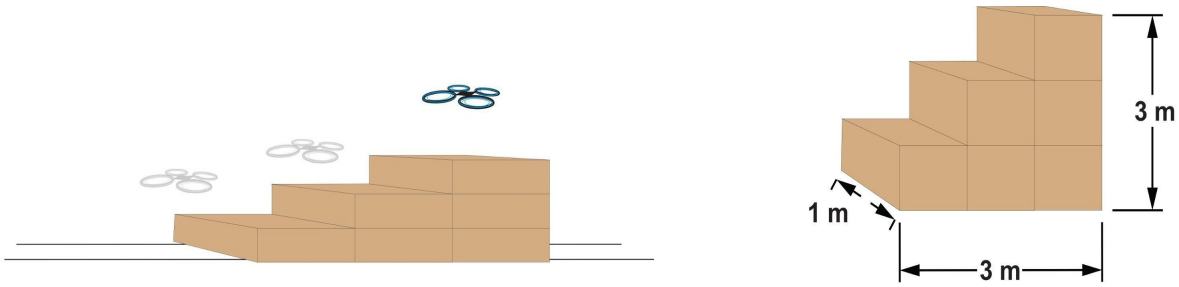


Figura 6. A la izquierda, misión básica 5: Vuelo sobre escalones; a la derecha: dimensiones de la escalera.

5.3 Descripción de Misiones Avanzadas

Vuelo siguiendo puntos de referencia (waypoints): el dron deberá volar sobre un conjunto de puntos de referencia o waypoints marcados en el suelo en la forma de círculos de color rojo con un diámetro de 50 centímetros. Alternativamente, estos waypoints podrán ser dados como una lista de coordenadas (x,y) en metros, dentro de los límites de la arena de vuelo y con el origen (0,0) en la esquina inferior izquierda de la arena (ver figura 1). Los waypoints serán generados de manera aleatoria por computadora y podrán ser entregados al equipo en un archivo de texto. Cada vez que el dron alcance un waypoint ***deberá realizar "hovering"*** o mantener el dron quieto en el aire sobre el waypoint por unos instantes (dos segundos) para indicar que se ha alcanzado el waypoint. El puntaje se otorgará en proporción de los waypoints alcanzados por el dron.

NOTA: Para la localización del dron se permitirá colocar marcadores en el ambiente, luces o algún otro sistema que permita al dron localizarse, siempre que no obstaculice el vuelo del dron ni interfiera con los puntos de referencia.

Figura 8. Misión avanzada 1: Vuelo siguiendo puntos de referencia (waypoints).

Búsqueda de plataforma de aterrizaje: una vez que el equipo indique que está listo para ejecutar la misión, la posición de la plataforma de aterrizaje será generada de manera aleatoria por computadora. La plataforma tendrá una superficie de 1 x 1 metros cuadrados cuya apariencia se indica en la figura 8. La posición inicial del dron también será generada de manera aleatoria por computadora. Tanto la posición inicial del dron como la de la plataforma se encontrarán dentro de la arena de vuelo. Después de despegar, el dron deberá volar y buscar de manera autónoma la superficie, una vez encontrada, deberá aterrizar sobre la misma.

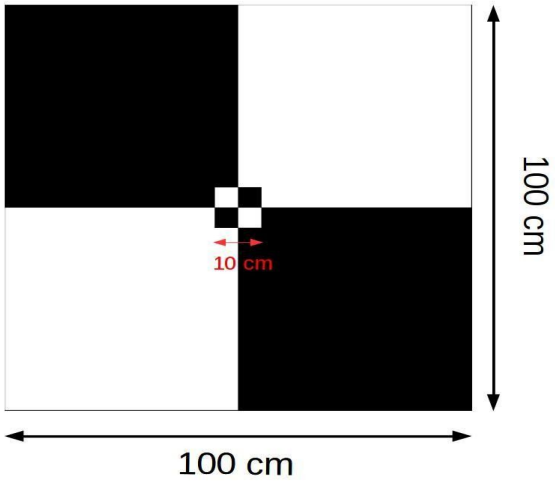


Figura 9. Misión avanzada 2: En esta imagen se muestran las dimensiones de la plataforma de aterrizaje en donde debe aterrizar el dron, una vez que la encuentra. Esta plataforma será colocada de manera aleatoria al principio de la prueba en la arena de vuelo.

Mapeo de una estructura tridimensional: el dron deberá de volar de manera autónoma alrededor de una estructura (texturizada) ensamblada con cubos con volumen de 1 x 1 x 1 metros cúbicos como se aprecia en la figura 9 a la derecha. La estructura no superará un volumen de 4 x 4 x 4 metros cúbicos y será ensamblada de manera aleatoria antes del inicio de la misión. El dron deberá generar un mapa 3D de dicha estructura y mostrar su construcción en tiempo real en un monitor sobre la estación de control. Un conjunto de jueces otorgará el puntaje de acuerdo a la calidad del mapa 3D construido

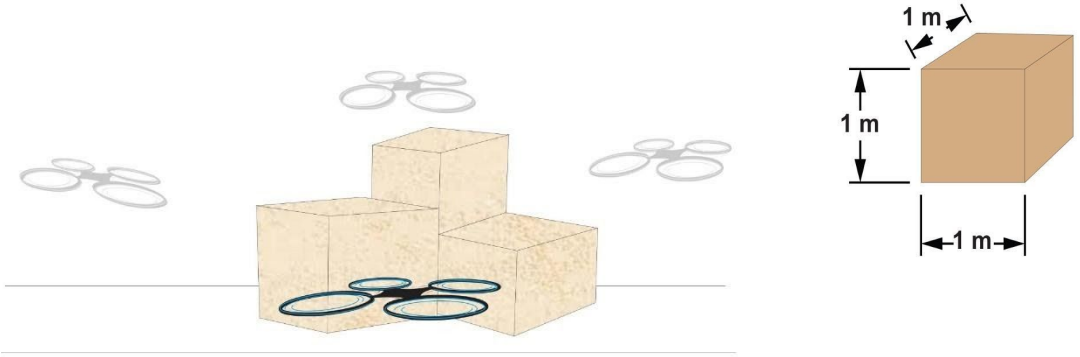


Figura 10. A la izquierda, misión avanzada 3: Mapeo de una estructura tridimensional, dicha estructura se construirá de manera aleatoria con cubos cuyas dimensiones se muestran en la imagen de la derecha.

Transporte de carga entre dos drones: en esta misión dos drones deberán llevar una carga, proporcional a la carga útil de los drones. Los drones ejecutarán vuelo autónomo desde una posición A hasta una posición B, ambas generadas de manera aleatoria por computadora. El equipo participante podrá elegir el objeto a cargar y éste deberá pesar ½ de la carga útil del dron. Por ejemplo, si cada dron puede cargar hasta 500 gr, entonces el objeto a cargar debe pesar 250 gramos. Estos pesos serán verificados por el juez en la etapa de preparación e inicio de las misiones.

Figura 11. Mision avanzada 4: Transporte de carga entre dos drones).

Vuelo en formación: dos drones deben volar en formación siguiendo una trayectoria elegida por el equipo participante. El puntaje se otorgará de acuerdo a la *distancia recorrida* sin romper la formación y se darán hasta 2 puntos extras dependiendo de la *complejidad* de la trayectoria.

NOTA: Esta misión será videograbada para poder revisar el vuelo ejecutado varias veces antes de asignar la calificación.

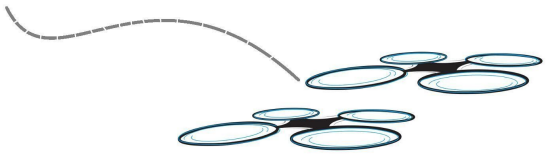


Figura 12. Misión avanzada 5:Vuelo en formación, el equipo elegirá la trayectoria a seguir, siempre que se realice en formación por los dos drones.

5.4 Criterio de Desempate

En caso de existir empate por puntaje el equipo ganador será aquel con mayor número de misiones realizadas de manera exitosa.

5.5 Sobre las pantallas y estructuras 3-D

Todas las pantallas físicas (paredes) y cubos con los que se formaran las escaleras y estructura 3D a mapear estarán texturizadas, esto es, no estarán pintadas de un color uniforme. Las estructuras en forma de ventana por las que debe atravesar el dron estarán pintadas de color naranja como lo indica la figura 4.

6 Sistema de Puntaje

Cada misión otorgará puntos dependiendo de la complejidad de la misión. Los equipos participantes pueden intentar resolver todas las misiones, pero también se pueden enfocar en un conjunto de misiones que éstos elijan, sólo deberán informar al juez la misión que se intentará ejecutar. La misma misión se puede intentar tantas veces como se desee siempre que se cuente con el tiempo para realizarlas.

Por cada misión ejecutada de manera exitosa se recibirá que se multiplicará como indica la siguiente ecuación:

$$P = \sum_{i=1}^{N} (M_i * V) \quad (1)$$

N es el número de misiones realizadas de manera exitosa
M : puntos asignados por misión.
V : vale **1.5** y se otorga a aquellos equipos cuya misión cuya misión haya sido resuelta de manera exitosa, pero además con procesamiento a bordo. Los puntos *M* para cada misión se asignan de acuerdo a la tabla 1:

Tabla 1. Puntaje asignado para cada misión

Misiones Básicas	**Puntaje**
1. Vuelo en línea recta y detectar obstáculo	1.0
2. Vuelo en línea recta, evadir obstáculo y continuar con el rumbo	2.0
3. Vuelo de circuito atravesando ventanas	1.0 por cada ventana atravesada
4. Seguimiento de objeto en movimiento	$4 \cdot (\frac{distancia\ Recorrida}{distancia\ Maxima})$
5. Vuelo sobre escalones	1.0 por cada escalón sobrevolado exitosamente
Misiones Avanzadas	**Puntaje**
1. Vuelo siguiendo puntos de referencia (waypoints)	1.0 por cada waypoint alcanzado exitósamente
2. Búsqueda de plataforma de aterrizaje	2
3. Mapeo de una estructura tridimensional	3
4. Transporte de carga entre dos drones	$5 \cdot (\frac{distancia\ Recorrida}{distancia\ Maxima})$
5. Vuelo en formación	$5 \cdot (\frac{distancia\ Recorrida}{distancia\ Maxima}) + 2 \cdot calidad$