

CONCURSO DE ROBÓTICA

“SENER-CEA’S BOT TALENT”

Introducción

El grupo de ingeniería y tecnología Sener, la Fundación Sener y el Comité Español de Automática (CEA) tienen interés en fomentar en los estudiantes de ingeniería las capacidades de trabajo en equipo y de aplicación de tecnologías innovadoras a los diferentes retos del siglo XXI. El ámbito de la robótica, el guiado y la conducción autónoma de vehículos terrestres está siendo uno de los principales retos de la industria contemporánea, con aplicaciones tanto en el mundo civil como en el de defensa y espacio. La conducción autónoma, AGV (*Automated Guided Vehicles*) para transporte de mercancías o incluso *rovers* de exploración espacial son sólo algunos ejemplos de las muchas aplicaciones que abarca esta área de conocimiento.

Por ello, hemos querido atraer a todos esos estudiantes que sentís pasión por la robótica, la innovación y la tecnología, presentándoos un reto apasionante que supondrá una experiencia única en vuestra carrera profesional y estudiantil: “Sener-CEA’s Bot Talent”. Se trata de un concurso único, en el que tendréis que aplicar vuestras capacidades como ingenieros e ingenieras para resolver diversos problemas relacionados con el guiado, navegación y control de un vehículo autónomo terrestre en un entorno real.

Se os proporcionará un *rover* terrestre, incluyendo la electrónica, actuadores, sensores y demás componentes necesarios. Con ello, vuestro equipo deberá dotar a este robot de autonomía, implementando la percepción del entorno, control de actuadores, planificación de trayectorias y demás funcionalidades que os permitirán superar las pruebas que se os propondrán.

Este concurso os permitirá aplicar al mundo real técnicas de fusión sensorial, mapeado del entorno, control reactivo, procesamiento de imagen y demás tecnologías innovadoras. Se trata de una oportunidad única para impulsar vuestra carrera profesional, de la que podréis extraer temática y conocimientos para vuestros trabajos de fin de grado o fin de máster.

Fechas importantes

Durante el transcurso de los meses previos al concurso, habrá hitos o *checkpoints* que vayan marcando el progreso adecuado de cada uno de los equipos. Con ello se pretende minimizar el riesgo de que alguno de los equipos llegue a la prueba final sin un robot que supere las pruebas, así como incentivar un trabajo continuo de los equipos en el concurso. Las principales fechas de “Sener-CEA’s Bot Talent” se muestran en la tabla más bajo.

Cada *checkpoint* tiene una fecha asignada en la que, en caso de superar el *checkpoint*, se recibirá una bonificación de puntos. En caso contrario, se podrán demostrar dichas capacidades en la fecha límite del último *checkpoint* a realizar, pero se pierde la bonificación.

Los detalles de qué se ha de demostrar en cada *checkpoint*, la manera de hacerlo (fotos, vídeos, videollamada, presencial), así como las repercusiones de no superar cada uno de los *checkpoints* quedan detallados en la Sección *Checkpoints*. Es importante tener en cuenta que la no superación de algunos de los *checkpoints* supone no poder realizar el día del concurso alguna de las pruebas, teniendo puntuación nula. Sin embargo, otros de carácter más genérico suponen la eliminación del concurso completo, a no ser que sea justificado al equipo organizativo del concurso y aprobado por éste.

Las principales fechas de “Sener-CEA’s Bot Talent” se muestran en la tabla siguiente:

CHECKPOINT	FECHA	PRESENCIAL/REMOTO
Plazo de inscripción	Del 18 de octubre al 1 de noviembre	Remoto
Revisión de material	9 de diciembre	Remoto
Checkpoint de Montaje	7 de enero	Remoto
Checkpoint de Sensores	10 de febrero	Remoto
Checkpoint de Percepción	10 - 14 de marzo	Remoto
Checkpoint de Localización	10 - 14 de marzo	Remoto
Checkpoint de Control (fecha límite de recuperación)	7 - 11 de abril	Remoto
Vídeo Premio Tecnológico	27 abril	Remoto
Vídeo Premio al Diseño	27 abril	Remoto
Competición	6 de mayo de 2025	Presencial

Participantes

Podrán participar equipos formados por estudiantes matriculados en mínimo 6 créditos del último año de grado o cualquiera de máster, en el curso académico 2024-2025. Los equipos estarán formados por entre 4 y 6 personas. Cada universidad seleccionada previamente por Sener, Fundación Sener y CEA podrá presentar un único equipo.

A cada uno de los equipos participantes se le serán asignados dos tutores de Sener cuya labor será la de ser punto de contacto con la empresa, realizar seguimiento y resolver dudas desde un punto de vista técnico.

Inscripción

Los equipos deberán entregar la ficha de inscripción que será facilitada por la organización de "Sener-CEA's Bot Talent". También cada uno de sus miembros deberá entregar una copia de su última matrícula para acreditar su condición de estudiantes.

Para la gestión de las inscripciones, la organización de "Sener-CEA's Bot Talent" se comunicará con los profesores designados por cada universidad para la coordinación de su equipo. Estos serán los encargados de proporcionar a la organización del concurso los documentos de inscripción, dentro de los plazos y por las vías establecidas por la organización.

Escenario

Por cuestiones organizativas y logísticas, los detalles de localización y tamaño de los escenarios serán especificados conforme se vaya acercando la fecha de celebración de la final. El escenario de las pruebas finales se comunicará con la suficiente antelación para que los equipos puedan organizar su logística.

El día de la competición se permitirá el acceso a los equipos a la instalación una hora antes del comienzo de las pruebas, con el objetivo de que puedan probar el suelo, las paredes del pasillo y la luz en las condiciones de las pruebas.

Clasificación y premios

Sener, la Fundación Sener y CEA designarán un jurado cualificado para la valoración de las pruebas. El jurado evaluará el desempeño de los diferentes equipos de forma neutral y objetiva, según las normas de cada prueba. Los miembros del jurado serán los responsables de evaluar el desempeño de los equipos durante el desarrollo de las pruebas, así como de calcular las puntuaciones obtenidas. Dichas puntuaciones serán públicas y visibles por todos los participantes para garantizar la transparencia de las valoraciones.

Se otorgarán los siguientes premios:

- **Premio de la competición:** dotado con 2.000 euros a repartir a partes iguales entre los miembros del equipo. Se concederá al equipo cuya puntuación final haya sido la más alta, calculada como la suma de todas las pruebas de la competición en conjunto.
- **Premio tecnológico:** dotado con 500 euros a repartir a partes iguales entre los miembros del equipo. Se concederá al equipo que haya adoptado la solución más innovadora o adecuada desde el punto de vista técnico. Se valorará la implementación de algoritmos de GNC, tecnologías de reconocimiento de imagen, fusión sensorial, SLAM, entre otras muchas de las tecnologías aplicables al reto propuesto en este concurso.
- **Premio de diseño:** dotado con 500 euros a repartir a partes iguales entre los miembros del equipo. Se concederá al equipo cuyo montaje y diseño haya sido el más adecuado en cuanto a pulcritud, limpieza de montaje, anclaje y disposición de los sensores y demás aspectos que tengan que ver con el uso de buenas prácticas de ingeniería.

El fallo del Jurado será inapelable y se comunicará a todos los concursantes una vez finalizada la prueba final de la competición, previa deliberación. El Jurado se reserva el derecho de declarar desierta cualquiera de las categorías o las tres, así como de conceder accésits, si así lo considera.

Material y soporte

Todo el material necesario para desarrollo de las pruebas del concurso será proporcionado por la organización de “Sener-CEA’s Bot Talent” en calidad de préstamo, incluyendo:

- Mecánica del *rover* completa y montada.
- Electrónica comercial para el control del robot, incluyendo reguladores de voltaje, placas de control PWM, drivers de motor, y una Raspberry Pi 4B.
- Placas de circuito impreso (PCB) y cableado necesario para el ensamblaje electrónico, con los componentes para montaje de las placas.
- Sensores para navegación (adicionales al diseño), incluyendo una cámara RGB-D, LIDAR e IMU.
- Baterías LiPo y su cargador correspondiente.

No se proporcionarán materiales y herramientas para la construcción del *rover* tales como multímetro, destornilladores, llaves, crimpadoras, etc.

Todos los equipos partirán del mismo material, si bien pueden hacer uso libre de impresión 3D para añadir soportes y elementos adicionales en caso de considerarlo necesario. Es importante tener en cuenta que se valora y se incentivan las soluciones creativas que resuelvan necesidades detectadas por los equipos. Se ha de consultar la Sección *Cambios en las plataformas* para conocer las condiciones y manera de realizarlas.

Cada uno de los equipos deberá comprobar que todo el material suministrado funciona correctamente y dispone de todas las piezas necesarias para la participación en el concurso. En el caso de que algún elemento no funcionara, estuviera defectuoso o faltaran piezas, el equipo deberá ponerse en contacto con la organización para notificarlo. Las reclamaciones no se atenderán más allá del *checkpoint* de sensores (10/02/2025) por parte de la organización. A partir de esta fecha, la organización del concurso no se compromete a poder entregar el material en plazos para el concurso.

Plataforma robótica

La plataforma robótica se corresponde con el *rover* «*open source*» del «*Jet Propulsion Laboratory*» (JPL) de la NASA.

Este *rover* posee un cuerpo de aluminio y seis ruedas, las cuales, gracias a estar dotado de una suspensión del tipo «*rocker-bogie*», se encuentran siempre en contacto con el suelo al mismo tiempo. Más información con respecto a la plataforma puede encontrarse en la página web del JPL o bien en el *github* asociado (<https://github.com/nasa-jpl/open-source-rover>).

Seguridad

El *rover* no podrá poseer ningún elemento que suponga un peligro para él mismo, los demás *rovers* participantes, el campo de pruebas o las personas.

Cambios en las plataformas

Como se ha comentado en secciones anteriores, está permitido realizar cambios en las plataformas, siempre que estos no supongan una modificación sustancial de las prestaciones del *rover* (como por ejemplo añadir más sensores). Los cambios previstos deberán ser notificados por escrito a los tutores del equipo asignados por Sener, que valorarán el cambio propuesto con el resto de los organizadores del concurso, y será aprobado o descartado.

Se vuelve a recordar que las soluciones creativas se valorarán positivamente.

Sensores

Tal y como se ha comentado anteriormente, cada equipo recibirá un kit de sensores necesarios para el desarrollo de los diferentes retos. En particular, el kit incluirá una cámara RGB estéreo, un LiDAR 2D y una IMU. A continuación, se desarrollan más detalle sobre dichos sensores:

- ✓ Orbbec AstraPro Plus: Cámara con tecnología RGB y resolución Full HD (1920X1080) hasta 30 FPS. Se trata de una cámara 3D con capacidad estéreo con un rango de hasta 8 metros. Asimismo, cuenta con un campo de visión de 60 grados horizontal, 49,5 grados vertical y 73 grados diagonal. Finalmente, cuenta con una conectividad de tipo USB2.0
- ✓ YDLidar X4: LiDAR con frecuencia de escaneo 6-12Hz y una frecuencia de rango de 5000Hz. Además, ofrece un amplio campo de visión de 360 grados, junto con una distancia de rango de hasta 10 metros. En cuanto a la interfaz de conectividad este ofrece USB 2.0 y necesita una alimentación de 5V DC.
- ✓ Adafruit BNO055: IMU (Unidad de Medición Inercial) que ofrece una frecuencia de 100Hz junto con 9 grados de libertad. Además, su interfaz de conectividad incluye un protocolo I2C, siendo necesaria una alimentación a 5V.
- ✓ Encoders de efecto Hall: Cada motor ofrece un encoder de efecto Hall con el que poder monitorizar el giro del mismo, proporcionando un feedback para controlar la plataforma.

Montaje de los sensores

Los participantes podrán colocar los sensores del robot en la ubicación que deseen, configurando el sensorizado de la forma que consideren más favorable. Dichos sensores deberán estar adecuadamente montados sobre la estructura de robot, sin caerse, colgar o arrastrar.

Será posible hacer uso de elementos estructurales auxiliares para el montaje de los sensores. No está permitido taladrar, cortar o modificar mecánicamente la estructura original del robot.

Como se ha comentado en la Sección *Cambios en las plataformas*, se podrán realizar modificaciones al *rover* pero sin poner sensores, actuadores o componentes críticos de la arquitectura adicionales. En todo caso, se deberá presentar cualquier justificación al tutor de Sener del equipo, para analizar posibles modificaciones o mejoras de la plataforma.

Checkpoints

Para pasar cada uno de los *checkpoints*, cada equipo (a través del líder designado en la hoja de inscripción) tendrá que ponerse en contacto con sus tutores de Sener asignados para concretar la forma en que se justificará la consecución del *checkpoint*.

Para demostrar la consecución del *checkpoint* correspondiente, los equipos deberán emplear los recursos indicados más abajo: vídeos, fotos, informes entregables de verificación o reuniones (presenciales o virtuales), etc.

Si no se supera un *checkpoint*, podrá pasarse al siguiente *checkpoint*, teniéndose hasta la fecha del último *checkpoint* para volver a intentar pasar los *checkpoints* no superados, con la consiguiente pérdida de los puntos de bonificación. Si llegado a este punto, no se superan los *checkpoints* marcados, el equipo podrá ser descalificado de la prueba asociada a cada *checkpoint* no superado.

La no presentación de los *checkpoints* -ni de justificación de esta- supondrá la eliminación del equipo de la competición, en caso de tratarse de los *checkpoints* generales (revisión de material, montaje y sensores), o de la eliminación de la prueba correspondiente.

1. Revisión de material

- **Objetivo:** comprobar que se dispone de todos los materiales listados en la Sección *Material y soporte*.
- **Forma de evaluación:** se deberá mandar un Excel con fecha límite 09/12/2024.
- **Material para evaluar:** a continuación, se especifica el contenido que se ha de mandar:
 - Se deberá completar el Excel de "Revisión de material", proporcionado por los tutores previamente, y comprobar que se ha entregado todo lo que aparece en dicha lista. En la hoja correspondiente del Excel se indicarán los componentes faltantes para su reposición.
- **Consideraciones:**
 - Debe tenerse en cuenta que las reclamaciones de material sólo podrán realizarse hasta la fecha indicada en la Sección *Material y soporte* (19/12/2024).
 - A partir de esta fecha, la organización no garantiza la entrega de material en plazos para el concurso.

2. Checkpoint de Montaje

- **Objetivo:** demostrar que el *rover* está correctamente montado mecánicamente, la electrónica está bien soldada, el cableado bien llevado a cabo y la batería funciona. Además, se comprueba que se haya podido cargar el SO en la Raspberry. Con ello, se debería tener una plataforma funcional al margen de los sensores.
- **Forma de evaluación:** se deberá mandar fotos y vídeos de la plataforma con fecha límite 07/01/2025.
- **Material para evaluar:** a continuación, se especifica el contenido que se ha de mandar.
 - Vídeo de la plataforma, mostrando como el rocker boogie funciona (pivotar ruedas de ambos lados secuencialmente). Nombre del archivo: plataforma_mech_NombreGrupo.
 - Vídeo del cableado, mostrando los crimpados de cada uno de los extremos de los cables. Nombre del archivo: plataforma_harness_NombreGrupo.
 - Fotos de los componentes soldados en las PCBs, tanto top side como bottom side. La resolución de las fotos debe ser suficiente para poder comprobar la soldadura de los componentes haciendo zoom. Nombre de los archivos: pcbNº_top/bottom_NombreGrupo.

- Vídeo de la plataforma siendo encendida mediante su botón maestro, con detalle de la iluminación del LED Array de la PCB que comprueba que todas las conexiones y soldaduras están bien realizadas y detalle de la pantalla que ofrece información del multímetro embarcado (tensión, corriente, potencia). Nombre del archivo: pcb_video_NombreGrupo.
- Vídeo de la plataforma moviéndose hacia delante, hacia atrás, movimiento de cada uno de los servos por separado. Mostrar también que el display funciona. Nombre del archivo: plataforma_functional_NombreGrupo.
- **Consideraciones:**
 - La no superación de este *checkpoint* supone la eliminación del equipo del concurso. Es decir, no se podrá presentar a ninguna de las pruebas.
 - En caso de no superar este *checkpoint* en la fecha estipulada, se podrá superar en las fechas estipuladas para *checkpoints* futuros, teniendo en cuenta que no se otorgará bonificación por ello, más allá de poder participar en el concurso.

3. Checkpoint de Sensores

- **Objetivo:** demostrar que todos los sensores proporcionados están correctamente alimentados y conectados y que se puede extraer información de ellos.
- **Forma de evaluación:** se deberán mandar fotos y vídeos de la plataforma con fecha límite 10/02/2025.
- **Material para evaluar:** a continuación, se especifica el contenido que se ha de mandar:
 - Vídeo de la IMU: enseñando que, al variar la orientación del *rover* (puede realizarse sujetando la plataforma con las manos), cambia la orientación detectada por la IMU. Se podrá mostrar de manera visual (mediante representaciones gráficas en 3D tipo RViz, Gazebo, etc) o numéricamente mediante, por ejemplo, salidas de pantalla por terminal.
 - Vídeo del LiDAR: enseñando la nube de puntos recibida por el sensor, en cualquier tipo de entorno elegido por el equipo. Se deberá mostrar esta información de manera visual (mediante programas de representación gráfica en 3D tipo RViz, Gazebo, etc.).
 - Vídeo de la cámara: enseñando la imagen recibida por el sensor, en cualquier tipo de entorno elegido por el equipo. Se deberá mostrar esta información de manera visual (mediante programas que permitan representación gráfica en 2D tipo RViz, Python, OpenCV, etc.).
 - Vídeo de los *encoders*: Se deberá mostrar la acumulación del número de pulsos de un motor, elegido por el equipo, al mover dicha rueda en ambas direcciones. Se podrá mostrar de manera visual (mediante representaciones gráficas tipo RViz, Qt, etc) o numéricamente mediante, por ejemplo, salidas de pantalla por terminal.
- **Consideraciones:**
 - La no superación de este *checkpoint* supone la eliminación del equipo del concurso. Es decir, no se podrá presentar a ninguna de las pruebas.
 - En caso de no superar este *checkpoint* en la fecha estipulada, se podrá superar en las fechas estipuladas para *checkpoints* futuros, teniendo en cuenta que no se otorgará bonificación por ello, más allá de poder participar en las pruebas correspondientes. En este caso, si se justifica la no necesidad de utilización de algún sensor para la consecución de los objetivos, se podría permitir participar en el concurso aun no habiendo demostrado su puesta en marcha.

4. Checkpoint de Percepción

- **Objetivo:** Demostrar la capacidad de detección de números y colores.
- **Forma de evaluación:** Se hará una llamada en vivo durante la semana del 10/03/2025.

- **Material para evaluar:**
 - El tutor correspondiente enviará al grupo una serie de ejemplos antes de la prueba y los tengan preparados en la videollamada, El tutor indicará en la llamada en vivo que color y número se deberá mostrar al *rover*. El equipo deberá mostrar el resultado obtenido por el algoritmo de manera que el tutor pueda ver con claridad el número y color detectados, ya sea utilizando la terminal, archivos de texto o visuales como por ejemplo RViz.
 - El tutor podrá pedir hacer la prueba con varios números y colores. También se podrá pedir realizar la prueba sin ningún número.
 - Se deben tener más casos bien detectados que fallidos tanto para los números como los colores (de forma independiente). Por ejemplo, si se detectan todos los colores y de 5 números propuestos se fallan 2 y se aciertan 3 casos, se dará por superado el *checkpoint*, y viceversa.
- **Consideraciones:**
 - La no superación de este *checkpoint* supone la eliminación del equipo de las pruebas que requieran de esta capacidad, siendo estas la prueba 1 (Sección *Prueba de percepción*) y prueba 4 (Sección *Misión de recuperación de muestras*). Si se da este caso, se destaca que se podrá seguir participando en el resto de las pruebas, siempre y cuando se hayan superado los *checkpoints* y condiciones asociadas a ellas.
 - En caso de no superar este *checkpoint* en la fecha estipulada, se podrá superar en las fechas estipuladas para *checkpoints* futuros, teniendo en cuenta que no se otorgará bonificación por ello, más allá de poder participar en las pruebas correspondientes.

5. Checkpoint de Localización

- **Objetivo:** Demostrar la capacidad de identificación de *Arucos* y estimación de distancia relativa.
- **Forma de evaluación:** Se hará una llamada en vivo durante la semana del 10/03/2025.
- **Material para evaluar:**
 - El tutor correspondiente enviará al grupo una serie de *ArUco* markers de 5x5, 24h antes de la prueba, para que los impriman y los tengan preparados en la videollamada, además de un metro. Durante la llamada, el tutor indicará al grupo qué código han de mostrar al *rover* cambiando el *marker* a su criterio y a distinta distancia. El equipo deberá mostrar el resultado de la identificación de dicho *ArUco*, así como de la distancia relativa a él, de manera clara para la evaluación del tutor, bien por terminal, interfaz, archivos de texto o similares.
 - Durante la prueba se realizarán una serie de identificaciones. Se considera superado el checkpoint si se detectan correctamente al menos un 50 % de *ArUcos* y 2 un 50 % de distancias.
- **Consideraciones:**
 - Se considerará una detección de distancia correcta si es igual a la distancia real $\pm 0,15m$.
 - La no superación de este checkpoint supone la eliminación del equipo de las pruebas que requieran de la identificación de códigos *ArUco* para su consecución, siendo estas la prueba 3, o de guiado, y la prueba 4, o final. Si se da este caso, se destaca que se podrá seguir participando en el resto de las pruebas, siempre y cuando se hayan superado los *checkpoints* y condiciones asociadas a ellas.
 - En caso de no superar este checkpoint en la fecha estipulada, se podrá superar en la fecha estipuladas para *checkpoints* futuros, teniendo en cuenta que no se otorgará bonificación por ello, más allá de poder participar en las pruebas correspondientes.

6. Checkpoint de Control

- **Objetivo:** Demostrar la capacidad de conocer la distancia frente a un obstáculo o pared frontal, además del error de posición frente al centro de dos paredes u obstáculos laterales.
- **Forma de evaluación:** Se realizará de forma remota durante la semana del 07/04/2025.
- **Material para evaluar:**
 - Se debe mostrar por pantalla la variación de la distancia frontal respecto a un obstáculo o pared, colocando el robot inicialmente a la distancia indicada por los tutores y acercándolo lentamente haciendo paradas donde estos lo determinen.
 - También debe posicionarse al robot en el medio de 2 paredes laterales a él, de manera que fácilmente pueda identificarse el error de posición respecto al punto medio entre la perpendicular que une ambas paredes. Se debe mostrar por pantalla como varía el error de posición, del robot respecto a la línea media imaginaria entre las paredes, en tiempo real al desplazarlo de un lado a otro sobre la perpendicular.
 - El equipo podrá mostrar estos resultados tanto por terminal como utilizando visualizadores como RViz, siempre y cuando sea comprensible por el tutor.
 - EXTRA: Este checkpoint otorgará un 50% extra de los puntos del checkpoint, a los equipos que sean capaces de demostrar que su robot navega por un pasillo (las paredes pueden estar echas con cualquier material, como cajas, por ejemplo) corrigiendo su posición una distancia de 3m en línea recta, en directo durante la videollamada.
- **Consideraciones:**
 - El EXTRA no es eliminatorio del checkpoint.
 - Si no se supera este checkpoint en la fecha indicada, el equipo no podrá presentarse a la prueba de control (Sección *Prueba de control*), ni a la prueba final (Sección *Misión de recuperación de muestras*)
 - Al ser el último *checkpoint*, será la fecha límite para pasar aquellos *checkpoints* en los que no se haya tenido éxito previamente. De esta forma, el equipo podrá participar en la prueba correspondiente (o en el concurso, en caso de ser un checkpoint eliminatorio), pero no se otorgará bonificación por ello.
 - Se recomienda a los equipos hacer el apartado extra con pruebas sobre diferentes terrenos, para tener mayor destreza al ajustar los algoritmos el día de la prueba.

Pruebas

El concurso persigue cubrir los campos fundamentales en el contexto de la robótica autónoma. Para ello, se realizarán pruebas específicas centradas en demostrar la capacidad del *rover* para cumplir cuatro objetivos básicos: identificación de objetos mediante procesamiento de imagen, control preciso del desplazamiento, localización mediante la implementación de un filtro de Kalman y planificación de rutas. La competición consiste en 4 pruebas:

- Tres pruebas específicas: percepción, control y guiado; cuyos objetivo, descripción y reglas generales se detalla en este apartado del documento. Los objetivos y reglas de cada prueba al detalle se irán revelando en el orden del documento, una vez haya finalizado el plazo de inscripción al concurso y con una separación de 3 semanas entre cada prueba.
- Prueba final, siendo ésta un reto que combinará percepción, control, localización y navegación; para el que será necesaria la integración de todos los módulos desarrollados en las pruebas específicas. Al igual que las anteriores, su descripción general se muestra en este apartado, mientras que los detalles específicos se revelarán siguiendo el mismo criterio de tiempos.

Para todas las pruebas habrá un máximo de 2 intentos, entre los cuales se permite 2 minutos de correcciones físicas (hardware) del equipo. En estos minutos de correcciones ya no será posible modificar el código (software) del robot.

El segundo intento podrá ser solicitado de manera opcional por cada equipo, sustituyendo al intento anterior. Esto significa que, aunque en el segundo intento se obtengan menos puntos que en el primer intento, la puntuación final será la del segundo intento.

En cada prueba, y antes del turno de cada universidad, será posible lanzar los procesos necesarios para la prueba correspondiente. El tiempo máximo que se esperará a que los procesos estén lanzados correctamente será de 2 minutos. Después no estará permitido volver a cargar el código sea cual sea la causa. Durante el lanzamiento de procesos, se deberá ver claramente que no se está cambiando nada del software.

En general, para todas las pruebas, pueden existir variaciones con respecto a lo estipulado en estas bases. En caso de suceder, será notificado a los equipos desde de la organización dejando un margen de actuación prudencial acorde a la gravedad del cambio.

1. Prueba de percepción

Descripción y objetivo

El propósito de esta prueba es evaluar las capacidades de reconocimiento del entorno de los robots, para ello se centra en la detección de colores y números.

En esta prueba, la dificultad radica en que los robots deberán ser capaces de identificar tanto colores como números y realizar una acción basándose en lo que perciban. En concreto, si el robot se encuentra frente a una caja azul, este deberá girar sobre sí mismo en sentido antihorario. La cantidad de vueltas vendrá determinada por el número que tenga esta. En caso de ser una caja roja, las vueltas serán realizadas en sentido horario.

Se podrán añadir otros colores distractores para asegurar la correcta distinción de los elementos; en estos casos, el robot no deberá hacer nada. Esta prueba no solo pone a prueba la percepción visual del robot, sino también su capacidad de procesamiento y toma de decisiones en función de la información captada, agregando un nivel adicional de complejidad a la tarea de reconocimiento de colores y números.

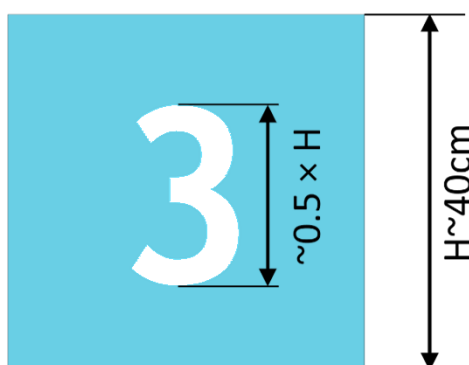
La prueba constará de una serie de rondas. En cada ronda, se presentará al robot una caja, que empezará oculta y que, al iniciar la ronda, se mostrará al robot. En ese momento es cuando el *rover*

deberá identificar el número y color y empezar a girar el número de vueltas correspondientes. Una vez que el robot comience su movimiento, el panel volverá a ser colocado en su posición inicial, tapando la caja de nuevo.

Para ocultar la caja, se utilizará un panel blanco que tape la misma por completo y que estará situado a una distancia de 1 metro del *rover* y a 0,5 metros de la caja oculta. Un miembro de la organización será el encargado de retirar el panel blanco, mostrando la caja que se encontraba oculta y dando comienzo a la prueba. El panel blanco utilizado para ocultar la caja tendrá unas dimensiones de 100 cm x 70 cm.

▪ **Reglas:**

- Los números serán del 1 al 9.
- Los colores podrán no ser puros.
- Las cajas se colocarán delante del robot (no deberá buscarlas en un entorno).
- La distancia de la cara frontal de la caja respecto al robot será de 1,5 metros aproximadamente y de manera centrada.
- El tiempo máximo para empezar a moverse una vez descubierta la caja será de 1 minuto. En caso de sobrepasarse este tiempo, se considerará incorrecta la identificación del número y del color (en caso de no ser una caja distractora).
- El tiempo máximo para la realización de la prueba será de 3 minutos por caja desde que se destapa. En caso de sobrepasarse este tiempo, se considerará incorrecta la identificación del número, pudiendo ser correcta la identificación del color dependiendo del sentido de giro.
- El *rover* no podrá moverse manualmente una vez descubierta la caja.
- Entre rondas (es decir, con la caja tapada) será posible, en caso de ser necesario, reorientar el *rover* hacia la caja de la siguiente ronda.
- El número de rondas de la prueba (cajas a identificar) será definido por la organización al comienzo de la prueba.
- El número de vueltas vendrá indicado por un número en fuente *Trebuchet MS* de color blanco y en negrita sobre la caja del color correspondiente. El número no se repetirá para cada equipo durante la prueba.
- Se evitará en la medida de lo posible que el fondo sea de un color parecido al de la caja. (*Ejemplo puramente orientativo de caja*)



▪ **Puntuación:**

- 50 puntos en total por todos los colores bien identificados (sentido de las vueltas correcto, o no moverse en caso de ser una caja distractora).
- 50 puntos en total por todos los números de cajas no distractoras bien identificados (número de vueltas correcto).
- Resta de 10 puntos por cada equivocación con distractores.

- Las vueltas se considerarán completas con un margen reducido, que el jurado evaluará en cada caso.

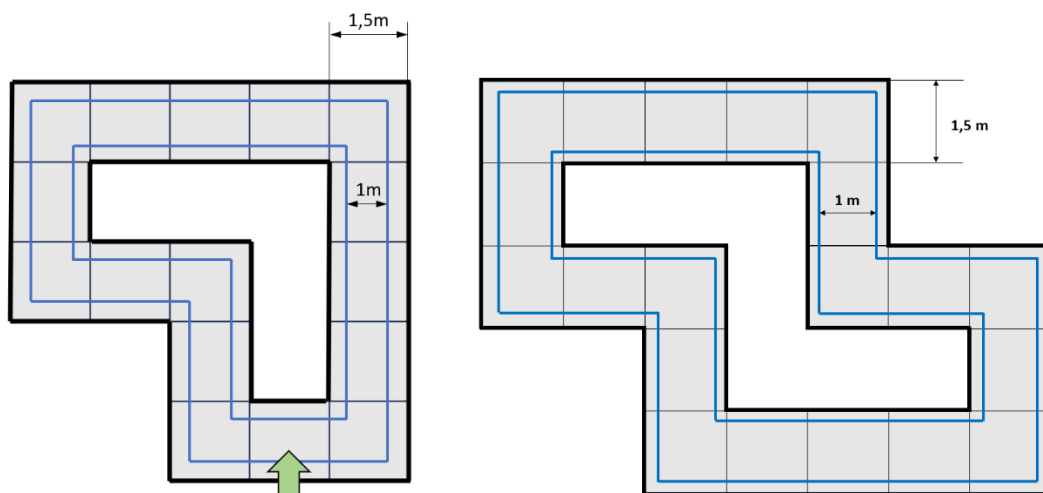
$$\text{Puntuación} = 50 \cdot \left(\frac{n^{\circ} \text{ colores correctos}}{n^{\circ} \text{ cajas}} \right) + 50 \cdot \left(\frac{n^{\circ} \text{ numeros no distractores correctos}}{n^{\circ} \text{ cajas no distractoras}} \right) - 10 \cdot n^{\circ} \text{ distractores incorrectos}$$

2. Prueba de control

Descripción y objetivo

El propósito de esta prueba es evaluar la navegación autónoma del robot a la hora de desplazarse por el entorno. Para ello, se hace avanzar al robot por un pasillo, premiando un equilibrio entre control, velocidad y seguridad.

En esta prueba será necesario implementar un algoritmo de control que permita al robot navegar de manera autónoma por un pasillo sin colisionar con las paredes y yendo lo más centrado posible por el camino. Dicho camino central del pasillo se indicará por dos líneas de color en el suelo, que se encontrarán equidistantes de las paredes laterales indicando lo considerado como un buen control. Además, perpendiculares a la dirección de avance por el pasillo, se encontrarán otras líneas de color en el suelo, que serán las líneas de control (LdC) usadas para evaluar si el robot sigue o no el camino central durante la prueba. De esta manera, si el robot atraviesa la línea de control por dentro o fuera del carril central, tendrá mejor o peor puntuación. Por último, la organización definirá un tiempo máximo para recorrer el pasillo.



Ejemplo puramente orientativo de posibles escenarios de la prueba de control

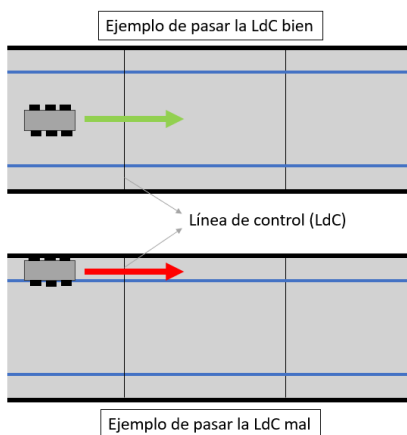
- Reglas:
 - No habrá obstáculos en ningún punto del mapa.
 - El tipo de entorno será en interior.
 - El suelo y las paredes del pasillo podrán ser probados el día de la competición, durante la hora previa al inicio.
 - La distancia entre las paredes paralelas será de 1.5m. Las líneas que indican el carril central estarán centradas en el pasillo y serán de color, y la distancia entre ellas será de 1m.

- Las líneas de control serán de color.
- La altura de las paredes laterales será de mínimo 0.7m.
- El pasillo puede tener forma irregular y ángulos de 90°.
- El circuito será cerrado.
- El número de vueltas a realizar al circuito podrá ser mayor que 1.
- El robot comenzará el recorrido en una recta de al menos 1.5m.
- Si el robot no supera ninguna línea de control, la puntuación de la prueba será nula.
- El robot no puede chocarse con las paredes frontalmente. En caso de producirse un choque frontal, la puntuación será nula para este intento.
- Se permiten roces laterales con las paredes, teniendo en cuenta que las líneas de control correspondientes se considerarán fallidas.
- Se permite un máximo de 1 minuto del robot sin que inicie el movimiento desde la señal de inicio de la prueba. Pasado ese tiempo, se considerará puntuación nula para este intento.
- El tiempo máximo para completar el circuito una vez dada la señal de inicio de la prueba es de 5 minutos. Transcurrido este tiempo, de cara a la puntuación, se considerarán las líneas de control recorridas hasta ese momento.
- Si el robot se para más de 1 minuto durante el trayecto, se considerará que el intento ha finalizado. En este caso, de cara a la puntuación, el número de líneas de control serán tantas como haya recorrido antes de pararse, y el tiempo se contabilizará como el máximo.
- El equipo puede decidir retirar el robot del circuito previamente a la finalización de éste, siempre y cuando el robot esté parado. En este caso, de cara a la puntuación, el tiempo de finalización del circuito se considerará el máximo.

▪ **Puntuación:**

- Superar correctamente todas las líneas de control supondrá una puntuación asociada a LdC de 50 puntos.
- Por cada línea de control superada fuera del camino central, se penalizará en función del número de líneas de control totales. Se considerarán los siguientes casos:
 - Penalización de 0.5 si se pasa una LdC con alguna parte del robot pisando los límites del carril central.
 - Penalización de 1 si se produce un choque lateral con las paredes.
- El robot con el mejor tiempo de finalización del circuito (t_{mejor}) obtendrá una puntuación asociada al tiempo de 50 puntos.
- Los robots con el tiempo de finalización del circuito máximo (5 minutos), tendrán una puntuación asociada al tiempo de 0 puntos.
- Los robots que tengan un tiempo de finalización comprendido entre el mejor tiempo de los participantes y el máximo definido por la organización obtendrán una puntuación asociada al tiempo entre 0 y 50, siendo proporcional a $(1 - \frac{t_{robot} - t_{mejor}}{t_{max\ definido} - t_{mejor}})$.

$$\text{Cálculo de Puntuación total} = \left[50 \cdot \left(1 - \frac{n^{\circ} \text{ de LdC mal}}{n^{\circ} \text{ de LdC total}} \right) \right] + \left[50 \cdot \left(1 - \frac{t_{robot} - t_{mejor}}{t_{max\ definido} - t_{mejor}} \right) \right]$$



Indicación de cómo pasar las LdC

3. Prueba de guiado

Descripción y objetivo

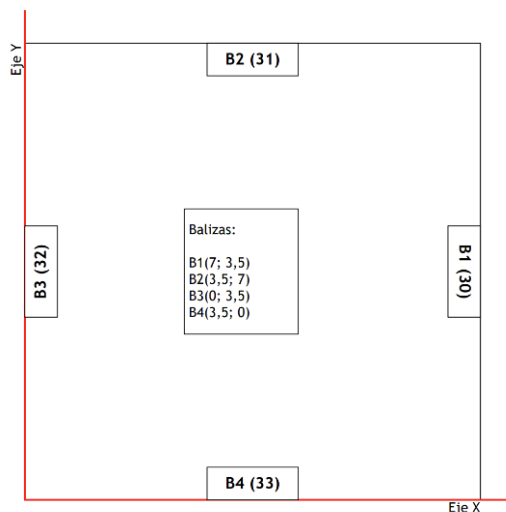
Esta prueba tiene como objetivo evaluar el algoritmo de guiado, incluyendo las capacidades de planificación y replanificación.

La prueba se realizará en un mapa abierto, que estará dotado de al menos cuatro balizas, *ArUco* markers, de las que se conocerá su ID y su posición en el mapa respecto a un eje de coordenadas definido por la organización. Además, habrá círculos, que indican puntos de paso (*waypoints*), cuya posición será también conocida respecto al mismo eje de coordenadas anterior. Por último, el mapa tendrá una línea exterior de delimitación del escenario de la prueba.

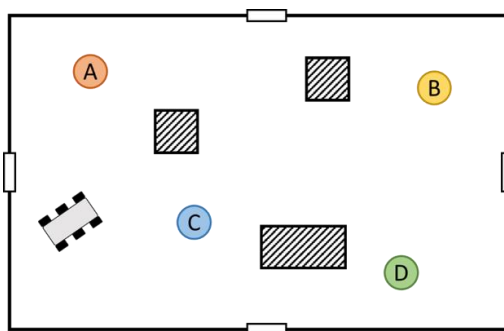
Previamente al inicio de la prueba, los equipos recibirán las posiciones definitivas tanto de las balizas *ArUco* markers, como de las localizaciones exactas de los *waypoints*, para que puedan ser introducidas en el código. Una vez comunicadas e introducidas dichas localizaciones, no será posible modificar el código y deberá entregarse el robot a la organización, hasta finalizar la participación del equipo en la prueba.

Al inicio de la prueba, y una vez entregados los robots a la organización, se comunicará la posición inicial de cada equipo para la prueba.

Una vez colocado el robot en su posición inicial, deberá calcular la ruta óptima que minimice la distancia recorrida mediante el uso del planificador. Una vez calcula la ruta, el robot deberá seguirla y visitar todos los *waypoints*. Durante el camino, el robot pueden encontrarse obstáculos, que deberá evitar mediante el uso del replanificador, sin alterar el orden de visita de los *waypoints* calculado inicialmente. Es importante recalcar que el robot debe visitar los destinos en el orden definido por la ruta óptima calculada al inicio de la prueba independientemente de los obstáculos que encuentre en el camino, y aunque la presencia de estos pudiese afectar al cálculo de la ruta óptima.



Ejemplo del escenario con 4 balizas para la prueba de guiado.



Ejemplo de escenario para la prueba de guiado.

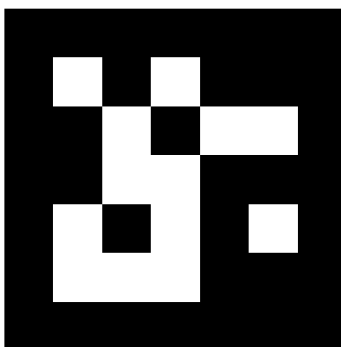
Reglas:

- El escenario medirá 7x7m y dispondrá de **al menos** 4 balizas repartidas por su perímetro.
- Las balizas serán paredes de altura 0.7m y anchura 1.5m.
- En las balizas habrá colocado un ArUco marker de 5x5 celdas y de tamaño aproximadamente 0.30x0.30m.

Dictionary:

Marker ID:

Marker size, mm:



Ejemplo de ArUco marker de 5x5 celdas.

- La altura del centro de los *ArUco* markers situados en las balizas se encontrará a 0.5m del suelo, aproximadamente.
- Las coordenadas dadas para cada baliza se corresponderán con las del centro del *ArUco* marker.
- El diámetro de las circunferencias que indican los *waypoints* será de 1m.
- El robot no puede salir por completo de los límites del escenario definidos por la organización. Las balizas de posicionamiento estarán ubicadas en el interior de dichos límites, a una distancia suficiente que permita maniobrar.
- El número de *waypoints* a visitar será de entre 3 a 8, repartidos por el escenario.
- En cada uno de los *waypoints*, el robot deberá realizar una parada apreciable (de unos 5 segundos).
- Se considera que se ha visitado un *waypoint* si una de las ruedas claramente sobrepasa el límite de la circunferencia que marca dicho *waypoint* al realizar la parada.
- Se permite un máximo de 1 minuto del robot sin que inicie el movimiento desde la señal de inicio de la prueba. Pasado ese tiempo, se considerará puntuación nula para este intento.
- Si el robot se para más de 1 minuto durante el transcurso de la prueba, se considerará que el intento ha finalizado.
- El tiempo máximo una vez dada la señal de inicio de la prueba es de 5 minutos. Transcurrido este tiempo, de cara a la puntuación, se considerarán los waypoints visitados hasta el momento, no pudiéndose obtener los puntos asociados a la ruta óptima.
- **Puntuación:**
 - Si la ruta seguida por el robot se corresponde con la ruta óptima (que minimiza la distancia entre los *waypoints* sin tener en cuenta los obstáculos), se obtendrán 40 puntos:
 - En el caso de que el robot no visitase un *waypoint*, en relación al orden de los *waypoints* en la ruta, el jurado podrá considerar que intentaba visitarlo si la parada correspondiente a dicho *waypoint* se realiza suficientemente cerca.
 - No se obtendrá ningún punto correspondiente a la ruta óptima en el caso de que en el orden de visita falte algún *waypoint* (no se haya visitado y el jurado no considere que la parada se haya realizado lo suficientemente cerca).
 - No se obtendrá ningún punto si se visita más de una vez alguno de los *waypoints*.
 - El tiempo que necesite el robot para completar la ruta se puntuará de la siguiente manera:
 - El robot con el mejor tiempo de finalización del circuito (t_{mejor}) obtendrá una puntuación asociada al tiempo de 20 puntos.
 - Los robots con el tiempo de finalización del circuito máximo (5 minutos), tendrán una puntuación asociada al tiempo de 0 puntos.
 - Los robots que tengan un tiempo de finalización comprendido entre el mejor tiempo de los participantes y el máximo definido por la organización obtendrán una puntuación asociada al tiempo entre 0 y 20.

- El número de *waypoints* visitados en relación con el número total de *waypoints* se puntuará de la siguiente manera:
 - Si se visitan todos los *waypoints*, la puntuación será de 40 puntos.
 - En caso de no visitarse ninguno, la puntuación será de 0 puntos.
 - Si el número de *waypoints* visitados se encuentra entre 0 y el número total, se obtendrá la puntuación porcentual de la cantidad de *waypoints* visitados respecto al total.

$$\text{Puntuación total} = [40 \cdot (\text{ruta óptima encontrada})] + \left[20 \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{robot}} - t_{\text{mejor}}}{t_{\text{max definido}} - t_{\text{mejor}}} \right) \right] + \left[40 \cdot \frac{\text{número de waypoints visitados}}{\text{número de waypoints totales}} \right]$$

4. Misión de recuperación de muestras

Descripción y objetivo

Esta es la prueba final del concurso que mezcla habilidades de todas las pruebas anteriores, de manera que el robot que tenga los mejores algoritmos de fusión de datos y de las habilidades de percepción, control, localización y guiado será el que mejor desempeño obtenga.



PERSENERANCE mission

Enhorabuena, si habéis llegado hasta aquí estáis listos, vais a realizar una misión completa. El objetivo de esta misión es recorrer un entorno extraterrestre en busca de las muestras que fueron recogidas y guardadas en el pasillo del campamento base durante una misión pasada por el **rover PERSENERANCE**. En esta nueva expedición, un *rover* mejorado tecnológicamente deberá encontrar dichas muestras e identificar cuántas de ellas pueden estar relacionadas con agua o vida inteligente y cuántas poseen información irrelevante para el avance de la humanidad en la exploración interplanetaria. La información necesaria para la correcta identificación de las muestras de interés será enviada desde control de misión y recibida por el robot en el momento y lugar de aterrizaje. La recuperación de estas muestras es crucial para el avance de la humanidad y el tiempo apremia, por ello el **PERSENERANCE**, además de muestras, dejó indicaciones sobre el camino óptimo para recorrer el pasillo y llegar a la zona de recogida lo antes posible habiendo recogido todas las muestras relevantes; bajo ningún concepto permitáis que vuestro *rover* se confunda de giro en el pasillo, pues podría perder la nave de regreso a la Tierra o ralentizar demasiado el avance del equipo científico.

A continuación, se procede a describir el entorno de realización de la misión y las especificaciones de ésta.

El inicio de la misión tendrá lugar en una habitación delimitada y sin conocimiento del lugar de posicionamiento inicial del *rover*. La habitación está delimitada por *ArUco markers* como balizas

(similar a la prueba 3) que permitirán la localización del robot. **En la primera fase de la prueba**, el robot será informado de las muestras que debe buscar mediante un proceso similar a la prueba 1, es decir: se posicionará en frente de él una caja de color rojo, azul u otro; de la cual debe identificar el color y el número que contiene. La información del número identificado se empleará en la segunda fase de la prueba, donde el *rover* deberá contabilizar por el pasillo cuántos ArUco markers se corresponden con el número detectado. Con ese recuento, en la tercera fase el *rover* llegará a la zona de la nave de vuelta a la Tierra y dará el número de vueltas correspondiente. En cuanto al color identificado, se tienen los siguientes casos:

- Rojo: El número de vueltas a dar será el **número de muestras encontradas** (número de *ArUco* markers en el pasillo que coincidan con el número detectado en la caja) y en sentido **horario**.
- Azul: El número de vueltas a dar será el **número de muestras encontradas** (número de *ArUco* markers en el pasillo que coincidan con el número detectado en la caja) y en sentido **antihorario**.
- Otro: El número de vueltas a dar será el número de muestras encontradas igual a los *ArUco* con **número 73** y en sentido **horario**. En este caso, el número detectado en la caja no se utiliza en la detección.

Una vez procesada la información referente a la caja, el robot deberá girar sobre sí mismo **una vez** en cualquiera de los dos sentidos (a elección del equipo) y la caja le será retirada de delante en cuanto comience dicho giro. El siguiente paso a realizar deberá ser localizarse en el entorno gracias a las balizas de las paredes (de las que se conoce su posición respecto a un eje de coordenadas definido por la organización, similar a la prueba 3) y, una vez conseguido, dirigirse a la entrada del pasillo, que es conocida respecto al eje de coordenadas definido.

Una vez en el pasillo, da comienzo la segunda fase de la prueba. El *rover* deberá pasar a modo reconocimiento, únicamente siendo necesario navegar por este pasillo en busca de *ArUcos*, que estarán situados en los giros de 90° de frente al robot. Este pasillo termina en la zona de la nave de regreso a la Tierra, que será indicada con un *ArUco* marker especial.

Los *ArUcos* que se encuentran en el pasillo pueden ser de dos tipos:

- Dirección en el pasillo: *ArUco* que indique hacia que lado realizar el giro de 90° para seguir el recorrido más corto.
- Muestra relevante o irrelevante: los *ArUcos* de muestras relevantes son los que se corresponden con el número identificado en la fase uno de la prueba, y los demás serán considerados irrelevantes y se ignorarán.

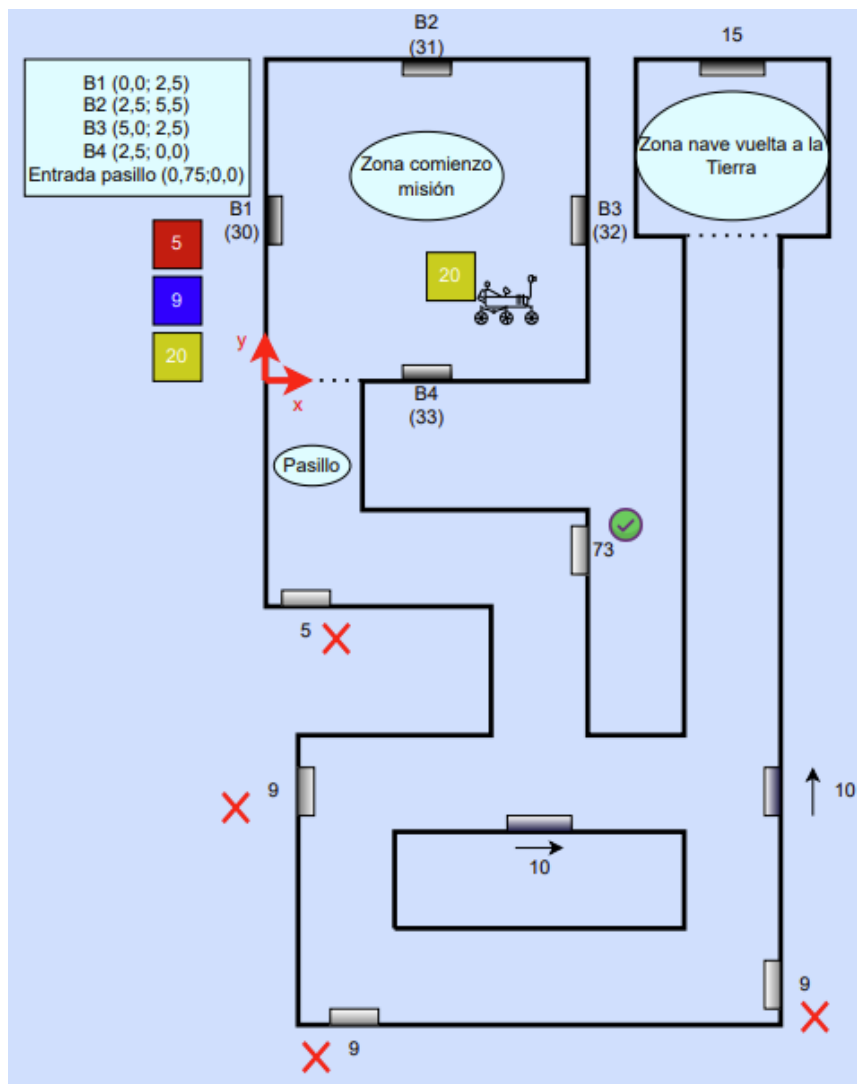
Al llegar al final del pasillo y entrar en la zona de regreso a la Tierra, da comienzo la tercera y última fase de la prueba. En este final, se encontrará una habitación con un *ArUco* en la pared opuesta a la entrada, que indique «Nave de regreso». El *rover* debe ser capaz de identificarlo y pararse frente a él a una distancia de menos de 2,5m y más de 0,5m. Una vez en esta situación, el robot procederá a realizar el número de giros asociados a la cantidad de muestras encontradas y siguiendo el criterio definido por el color de la información de la primera fase de la prueba.

De esta manera, se da una aplicación «realista» a todo el desarrollo realizado sobre la plataforma utilizada por los equipos, premiando, además de las habilidades técnicas, el trabajo en equipo y la buena organización.

A modo de ejemplo, en el mapa de muestra que aparece a continuación, el comportamiento deseado del *rover* sería:

- FASE 1: Reconocer la caja que se presenta delante, que podrá ser una de las tres opciones: rojo, azul, o un color distractor. Una vez reconocido color y número, deberá dar una vuelta en el sentido que se desee y localizarse, para poder avanzar hasta el comienzo del pasillo.

- FASE 2: Habiendo reconocido color y número, navegará por el pasillo contabilizando *ArUcos* con el número correcto. En caso de haber detectado la caja roja, buscará *ArUcos* con el número 5; en el caso de la azul, con el 9; y en el caso del distractor, el número 73 (NO el 20). Los giros se indican con *ArUcos* especiales que tienen un 10 (izda) u 11 (dcha) según el sentido óptimo.
- FASE 3: Llegar a la última sala donde debe reconocer el número 15 y pararse a la distancia indicada. En el caso de haber detectado la caja roja, deberá girar en sentido horario 1 vez. En el caso de haber detectado la azul, deberá girar en sentido antihorario 3 veces. En el caso del color distractor, deberá girar en sentido horario 1 vez.



Ejemplo de posible escenario para la misión final.

- Reglas:
 - Todas las reglas relativas a las cajas de colores con números y balizas descritas en las pruebas 1 y 3 aplican en ésta también. Los equipos tendrán la misma caja en la fase 1 para evitar diferencias significativas en la misión.
 - La habitación de comienzo de la misión tendrá dimensiones de 5x5m, dispondrá de al menos 4 balizas (*ArUco* markers) y puede contener obstáculos en ella. Esta zona no tiene por qué tener las paredes completamente cerradas.
 - Las distancias entre paredes del pasillo, tipo de suelo, tipo de entorno e imposibilidad de existencia de obstáculos serán iguales a las descritas en las reglas de la prueba 2, sin marcas de puntos de control ni carriles; pero en este caso podrán existir bifurcaciones en

el pasillo, cuyo giro óptimo será indicado con un *ArUco* marker con **número 10, si el giro es a la izquierda, o número 11, si el giro es a la derecha.**

- El *ArUco* marker que marca el final del pasillo y llegada a la *Nave de regreso* es el que tiene el **número 15**. La última sala (fase 3) tampoco tiene por qué tener las paredes completamente cerradas. La distancia máxima desde el final del pasillo al *ArUco* final será de 5 m.
- No podrán existir giros en el pasillo de un valor distinto a $90^\circ \pm 10^\circ$.
- Todos los *ArUco* ubicados en el pasillo, tanto de muestra como de dirección, se encontrarán en los giros de 90° en la pared opuesta al avance del robot antes de comenzar el giro.
- Se permite un máximo de 2 minutos del robot sin que inicie el movimiento desde la señal de inicio de la prueba. Pasado ese tiempo, se considerará puntuación nula para este intento.
- El tiempo máximo para completar el circuito una vez dada la señal de inicio de la prueba es de 10 minutos.
- Si el robot se para más de 1 minuto durante el trayecto, se considerará que la prueba ha finalizado.
- Se permite que se activen o desactiven ciertos procesos de manera autónoma antes de empezar a moverse por el pasillo.
- **Puntuación:**
 - El máximo de puntos a obtener en esta prueba es 150.
 - 50 puntos están destinados a la detección y 100 al tiempo de realización de toda la prueba, de manera que el robot con mejores algoritmos de fusión de sensores y navegación tenga una mejor valoración.
 - 30 puntos dependerán de haber detectado todas las muestras relevantes de manera adecuada ($\delta = 1$). Si se falla en alguna ($\delta = -1$), se obtendrán 0 puntos de estos 30, además de obtener una penalización de -30 puntos.
 - 20 puntos dependerán de haber identificado bien el color de la información inicial y el sentido de giro asociado ($\lambda = 1$). Si se falla ($\lambda = -1$), se obtendrán 0 puntos de estos 20, además de obtener una penalización de -20 puntos.
 - Cada roce con una pared penalizará con 10 puntos menos.
 - Estas penalizaciones se han puesto con el objetivo de igualar la situación en la que un robot sea el más lento, pero el mejor detectando; mientras que otro robot sea el más rápido navegando, pero el peor en detección.

$$\text{Puntuación total} = [30 \cdot \delta + 20 \cdot \lambda] + \left[100 \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{robot}} - t_{\text{mejor}}}{t_{\text{max definido}} - t_{\text{mejor}}} \right) \right] - [10 \cdot (n^\circ \text{ de roces con paredes})]$$

Premio tecnológico

El premio tecnológico valora aspectos relacionados con la algoritmia empleada para la resolución de problemas. Se valorará la originalidad, robustez, eficiencia, uso de técnicas avanzadas, etc. para premiar al grupo con mejores soluciones en conjunto para las pruebas a realizar.

En el anexo se detalla una rúbrica con los aspectos puntuables para este premio. La evaluación del mismo se hará con un vídeo explicativo que deberá ser entregado con fecha máxima el 27 de abril para que los jueces tengan tiempo de valoración, además de la inspección el día de la competición de aspectos funcionales de los algoritmos.

Premio al diseño

El premio de diseño valora tanto la calidad del montaje como la estética y propuesta artística de los grupos. Se valorará la calidad de las soldaduras, la rigidez de las uniones, el orden de cables y conectores, estabilidad y consistencia del *rover*, etc. Se invita además a los participantes a decorar el *rover* de tal manera que quede ambientado en la temática espacial del concurso, y a los participantes a tener una identidad como grupo relacionada con el mismo.

En el anexo se detalla una rúbrica con los aspectos puntuables para este premio. La evaluación del mismo se hará con un vídeo explicativo que deberá ser entregado con fecha máxima el 27 de abril para que los jueces tengan tiempo de valoración, además de la inspección el día de la competición de los aspectos físicos del diseño.

Protección de datos

La Fundación Sener, con CIF G83328419, dirección en Calle Severo Ochoa, 4, 28760 Tres Cantos (Madrid) y correo electrónico fundacion@sener.es y el Grupo Sener, con CIF A48914113, dirección en Calle Cervantes, 8, Getxo, 48930, Bizkaia y el siguiente [sitio web](#) de contacto son las entidades organizadoras del concurso "Sener-CEA's Bot Talent". Por este motivo, la organización tratará los datos personales de los alumnos participantes, con la finalidad de gestionar la participación y celebración de esta iniciativa. El presente tratamiento de datos se basa en la necesidad de gestionar la solicitud de participación de los alumnos en el concurso "Sener-CEA's Bot Talent" y ejecutar correctamente las bases del concurso.

Los datos personales serán conservados durante la vigencia de la presente convocatoria y, posteriormente, durante los plazos en los que puedan surgir reclamaciones. Los datos personales no serán comunicados a terceras entidades, salvo ante la existencia de obligaciones legales exigibles o de gestiones necesarias para la concesión del premio. Además, podrían realizarse comunicaciones internas a otras empresas del Grupo Sener para la gestión de determinados trámites relacionados con el Premio, basándose en el interés legítimo existente.

En cualquier momento, los alumnos participantes pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación del tratamiento, a través del correo electrónico data.protection@sener.es. Adicionalmente, podrán contactar con el Delegado de Protección de Datos del Grupo Sener, a través de dpd@sener.es, así como formular una reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos u otras autoridades de control competente.

Cesión de derechos

La organización de "Sener-CEA's Bot Talent" no será responsable de los eventuales o posibles copias o plagios o vulneraciones de propiedad intelectual que pudiese realizar los concursantes, siendo estos los responsables últimos del trabajo presentado.

Propiedad Intelectual y publicaciones

La organización de “Sener-CEA’s Bot Talent” y los participantes reconocen expresamente que los derechos de propiedad industrial e intelectual derivados de cada trabajo participante en el concurso “Sener-CEA’s Bot Talent” corresponden originariamente a los equipos participantes. Los participantes conceden a Sener Grupo de Ingeniería una licencia, mundial irrevocable, perpetua y gratuita para usar y explotar los trabajos en el contexto del cumplimiento de su objeto social.

Dado el patrocinio en exclusiva que mediante este acuerdo compromete a la Fundación Sener, CEA y al Grupo Sener con el concurso “Sener-CEA’s Bot Talent” se reconoce el derecho exclusivo estos de utilizar el nombre e imagen de los autores cuyos trabajos participantes y premiados del “Sener-CEA’s Bot Talent” en cuantas entrevistas, vídeos y actos promocionales que se puedan organizar para dar publicidad al presente concurso a través de los diferentes canales de comunicación de la Fundación Sener, CEA y del Grupo Sener (webs, redes sociales, etc.).

Igualmente, la Fundación Sener, CEA y el Grupo Sener podrán publicar reseñas de los contenidos de los trabajos presentados en las publicaciones impresas y digitales de las mencionadas entidades para el cumplimiento de sus fines promocionales.

Aceptación de bases y condiciones

La presentación de los participantes en el concurso “Sener-CEA’s Bot Talent” lleva consigo la aceptación implícita e íntegra de las bases de la convocatoria y su ajuste a la legislación vigente en España en cuanto a fiscalidad, leyes de propiedad industrial e intelectual y de protección de datos personales.

Jurisdicción y competencia

Para cualquier discrepancia en la ejecución, interpretación y cumplimiento de las presentes bases, las Partes, con renuncia expresa al fuero que pudiera corresponderles, se someten a la jurisdicción y competencia de los Juzgados y Tribunales de Madrid.

Anexo: Rúbricas para los premios del jurado

1. Premio tecnológico

La puntuación máxima a obtener para el premio tecnológico es de 20 puntos, divididos en las cinco secciones detalladas en la tabla.

Prueba	Criterio	Descripción	0 - No realizado	1 - Básico	2 - Aceptable	3 - Destacado	4 - Excelente	Peso (%)
Prueba 1 (4 puntos)	Originalidad del Algoritmo	¿El enfoque es novedoso en comparación con soluciones estándar?	Prueba no realizada	Se usaron soluciones convencionales sin mejoras o con pequeñas variaciones, o bien son algoritmos que han utilizado alguno de los otros grupos.			Se propuso una solución disruptiva o un nuevo paradigma. No usado por ningún otro grupo.	25%
	Optimización y Eficiencia	¿El algoritmo maximiza recursos como tiempo, energía o computación?	Prueba no realizada	No está optimizado y presenta altos costos computacionales. Esto repercute en el desarrollo de la prueba con comportamientos extraños en el movimiento del robot.	Optimización básica, pero con áreas de mejora. El robot se mueve correctamente pero el tiempo de lanzamiento del algoritmo y de las detecciones es notablemente elevado.	Buen balance entre eficiencia y desempeño. Se reduce el tiempo de lanzamiento del algoritmo, pero las detecciones siguen siendo elevadas.	Algoritmo altamente optimizado, con impacto en el rendimiento. El tiempo de lanzamiento y de detecciones está claramente optimizado.	25%
	Capacidad de Adaptación y Robustez	¿El algoritmo se adapta bien a cambios en el entorno o condiciones imprevistas?	Prueba no realizada	No maneja bien escenarios fuera de lo esperado.	Puede manejar algunas variaciones, pero con fallos ocasionales.	Se adapta bien a múltiples situaciones y mantiene estabilidad.	Algoritmo altamente robusto y adaptable a entornos dinámicos.	25%
	Uso de Inteligencia Artificial / Visión clásica	¿Se usaron técnicas avanzadas?	Prueba no realizada	Plug&play: - Se aplica IA básica sin cambios. (YOLO) - Se aplica algoritmo de visión clásica de librería existente de openCV.	Igual que el básico, pero demostrando un mayor nivel de entendimiento y estudio del algoritmo ya existente.	Reentrenamiento de algoritmos estándar de IA o procesamiento de imagen siguiendo un razonamiento novedoso.	IA codificada y entrenada por ellos, modelos novedosos (por ejemplo modelos multimodales) o que demuestre estar al día del mundo de la IA y los últimos avances en la materia.	25%
Prueba 2 (4 puntos)	Originalidad del Algoritmo	¿El enfoque es novedoso en comparación con soluciones estándar?	Prueba no realizada	Se usaron soluciones convencionales sin mejoras o con pequeñas variaciones, o bien son algoritmos que han utilizado alguno de los otros grupos.			Se propuso una solución disruptiva o un nuevo paradigma. No usado por ningún otro grupo.	25%
	Optimización y Eficiencia	¿El algoritmo maximiza recursos como tiempo, energía o computación?	Prueba no realizada	No está optimizado y presenta altos costos computacionales. El movimiento del robot en el pasillo está claramente perjudicado por ello.	Optimización básica, pero con áreas de mejora. Sigue manteniendo redundancia en los sensores, lo que sigue siendo notable en el movimiento del robot, pero las correcciones que realiza son menos abruptas.	Buen balance entre eficiencia y desempeño. Se reduce la redundancia en el uso de sensores, lo que repercute en una mejor navegación por el pasillo y con correcciones más precisas.	Algoritmo altamente optimizado, con impacto en el rendimiento. No se puede reducir más la redundancia en el uso de sensores y, aún así, se mantiene un buen desempeño en la navegación.	25%
	Capacidad de Adaptación y Robustez	¿El algoritmo se adapta bien a cambios en el entorno o condiciones imprevistas?	Prueba no realizada	No maneja bien escenarios fuera de lo esperado.	Puede manejar algunas variaciones, pero con fallos ocasionales.	Se adapta bien a múltiples situaciones y mantiene estabilidad.	Algoritmo altamente robusto y adaptable a entornos dinámicos.	25%
	Elegancia del algoritmo de control utilizado.	¿Cómo de sofisticada es la solución aportada?	Prueba no realizada	Se navega por el pasillo con un algoritmo tipo todo o nada (bang bang)	Se navega por el pasillo con un algoritmo de control más sofisticado, utilizando un regulador PID con las constantes bien razonadas.	Se navega por el pasillo con un algoritmo de control más avanzado, yendo un paso más allá de un simple PID, como por ejemplo añadiendo un anti wind-up o una estructura más compleja.	Se navega utilizando un algoritmo de control totalmente adaptable, con las constantes del PID tabuladas, control adaptativo o teniendo en cuenta todos o casi todos los escenarios posibles.	25%

Prueba 3 (4 puntos)	Originalidad del Algoritmo	¿El enfoque es novedoso en comparación con soluciones estándar?	Prueba no realizada	Se usaron soluciones convencionales sin mejoras o con pequeñas variaciones, o bien son algoritmos que han utilizado alguno de los otros grupos.			Se propuso una solución disruptiva o un nuevo paradigma. No usado por ningún otro grupo.	25%
	Optimización y Eficiencia	¿El algoritmo maximiza recursos como tiempo, energía o computación?	Prueba no realizada	No está optimizado y presenta altos costos computacionales asociados al uso de todos los sensores que permite correr la raspberry al mismo tiempo, para conseguir una muy buena precisión.	Optimización básica, reduciendo el uso de alguno de los sensores, pero manteniendo redundancia y, a costa de ello, se obtiene una navegación más errática.	Buen balance entre eficiencia y desempeño, demostrando una navegación fluida, gracias a una optimización, por ejemplo, gracias al uso de threads.	Algoritmo altamente optimizado, con uso de manager para manejar los procesos que involucran cada sensor por separado.	25%
	Capacidad de Adaptación y Robustez	¿El algoritmo se adapta bien a cambios en el entorno o condiciones imprevistas?	Prueba no realizada	No maneja bien escenarios fuera de lo esperado.	Puede manejar algunas variaciones, pero con fallos ocasionales.	Se adapta bien a múltiples situaciones y mantiene estabilidad.	Algoritmo altamente robusto y adaptable a entornos dinámicos.	25%
	Uso Creativo de Sensores y Fusión de Datos	¿Cómo se integran y procesan los datos de los sensores para mejorar decisiones?	Prueba no realizada	El robot solo se localiza al inicio o en cada punto a visitar (por triangulación, por ejemplo) y la navegación reactiva es básica (evita el obstáculo bordeándolo hasta que deja de verlo, no hace falta generar un mapa local), sin realizar correcciones durante el movimiento del robot.	Filtro de Kalman básico y navegación reactiva básica.	Filtro de Kalman más sofisticado (EKF, SKF, ...) más un replanificador local.	Filtro de Kalman sofisticado, además de un algoritmo de cierre de bucles o mapeo tipo SLAM.	25%
Prueba 4 (4 puntos)	Originalidad del Algoritmo	¿El enfoque es novedoso en comparación con soluciones estándar?	Prueba no realizada	Se usaron soluciones convencionales sin mejoras o con pequeñas variaciones, o bien son algoritmos que han utilizado alguno de los otros grupos.			Se propuso una solución disruptiva o un nuevo paradigma. No usado por ningún otro grupo.	25%
	Optimización y Eficiencia	¿El algoritmo maximiza recursos como tiempo, energía o computación?	Prueba no realizada	No está optimizado y presenta altos costos computacionales. Lanza un alto número de procesos en situaciones de la prueba donde realmente no son necesarios.	Optimización básica, se reduce el uso de sensores a únicamente los estrictamente necesarios para la consecución global de la prueba.	Optimización basada en el manejo de procesos, cerrando aquellos que dejen de ser necesarios al cambiar de fase de la prueba, y lanzando los que apliquen al cambiar.	Algoritmo altamente optimizado, con uso de manager para manejar los procesos que involucran cada sensor por separado, identificando las necesidades de cada fase de la prueba.	25%
	Capacidad de Adaptación y Robustez	¿El algoritmo se adapta bien a cambios en el entorno o condiciones imprevistas?	Prueba no realizada	No maneja bien escenarios fuera de lo esperado.	Puede manejar algunas variaciones, pero con fallos ocasionales.	Se adapta bien a múltiples situaciones y mantiene estabilidad.	Algoritmo altamente robusto y adaptable a entornos dinámicos.	25%
	Uso Creativo de Sensores y Fusión de Datos	¿Cómo se integran y procesan los datos de los sensores para mejorar decisiones?	Prueba no realizada	Uso limitado de sensores, sin aprovechar ventajas del resto de sensores en cada fase (por ejemplo, uso lidar para navegar pero sin usar la IMU ni la odometría).	Sensores bien utilizados, pero con procesamiento básico. Se aprovechan ventajas de varios sensores, pero sin llegar a maximizar su utilidad, no teniendo un algoritmo óptimo para ello.	Fusión de datos avanzada para mejorar la toma de decisiones. Se utilizan varios sensores maximizando su utilidad con un impacto notable en la navegación general del robot durante todo el recorrido.	Implementación innovadora de sensores con impacto en la autonomía. Se utilizan varios sensores de forma inteligente y adaptativa a las situaciones del robot, cambiando a la vez los algoritmos acorde a las necesidades del momento.	25%
Extra (4 puntos)	Alguna solución que consideren novedosa y quieran compartir	Valoración subjetiva, otorgada por el jurado, de la solución explicada.	0	1	2	3	4	100%

La puntuación máxima a obtener para el premio al diseño es de 50 puntos, divididos en las tres secciones detalladas en la tabla.

Prueba	Criterio	Descripción	Valoración
Construcción (20 puntos)	Cableado (5 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Longitud de los cables adecuada •Crimpado realizado de forma correcta •Crimpados protegidos •Cables con holgura en las articulaciones 	Se dará una valoración entre 0 y 5 para valorar el diseño y ejecución del cableado, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
	Mecánica (5 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Rocker boggie completamente libre y sin rozamiento •Ruedas enderezadas y con su eje de giro paralelo al suelo •Tornillos y tuercas bien fijos y sin holgura •Rueda sin juego sobre el eje del motor 	Se dará una valoración entre 0 y 5 para valorar el diseño y ejecución del sistema mecánico, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
	Electrónica (5 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Electrónica accesible y con ventilación adecuada •Electrónica fija en la estructura •LEDs de información visibles para comprobar el estado del sistema •Batería fija en un punto y sin colisión con el resto de elementos •Interruptores para evitar conexiones y desconexiones de cables 	Se dará una valoración entre 0 y 5 para valorar el diseño y ejecución del sistema electrónico, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
	Colocación de sensores (5 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Soportes diseñados de forma expresa •Uniones modificables y no permanentes (tornillos vs pegamentos) •Posición de los sensores basada en justificación técnica relativa a la algoritmia 	Se dará una valoración entre 0 y 5 para valorar el diseño y ejecución del sistema de sensores, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
Diseño (20 puntos)	Organización (10 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Cables atados con bridas o similar para evitar enredos •Color de los cables coherente en el diseño •Protecciones con termorretráctil en lugar de cinta aislante •Cables recubiertos y agrupados con mangueras helicoidales o similar •Cables organizados en el cuerpo del robot •Cables de los sensores rutados para evitar enredos •Soportes de los sensores optimizados 	Se dará una valoración entre 0 y 10 para valorar la organización y profesionalidad de la solución, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
	Estética (10 puntos)	<ul style="list-style-type: none"> •Robot estéticamente bonito •Robot con modificaciones para mejorar la apariencia •Robot y/o equipo con temática en la decoración 	Se dará una valoración entre 0 y 10 para valorar el diseño y ejecución del sistema de sensores, incluyendo pero no limitándose a los aspectos detallados.
Extra (10 puntos)	Alguna solución de diseño o añadido estético no reflejado (10 puntos)	Valoración subjetiva, otorgada por el jurado	Se dará una valoración entre 0 y 10 para valorar los extras presentados al jurado.