

Rúbrica de evaluación: Robot autónomo recolector de basura

1. NOMBRE DEL RETO

Robot autónomo recolector de basura

2. INFORMACIÓN

El reto Robot autónomo recolector de basura de la competencia de robótica e inteligencia artificial X-RIAC 2026 consiste en que cada equipo diseña un robot móvil completamente autónomo que parte de una posición home, navega por un área delimitada, evade obstáculos, recolecta residuos dispersos y los deposita en el contenedor que corresponde a su material. La clasificación de la basura debe apoyarse en un sistema de visión embebido que ejecute un algoritmo de IA.

Tarea

El robot recolecta 9 piezas, 3 de cada tipo y las deposita en el contenedor de su material:

Material	Pieza	Cantidad
Plástico	Botella de agua	3
Cartón	Contenedor de comida	3
Aluminio	Lata de refresco	3

Requisitos técnicos

- Cómputo: Raspberry Pi y/o NVIDIA Jetson, como unidad de procesamiento de visión e IA.
- Mecanismo de recolección: diseño propio y original; no se admiten kits comerciales de pinza o brazo sin modificación sustancial.
- Movilidad, manipulación, instrumentación y control: libres.
- Percepción: sistema de visión embebido; los sensores adicionales son libres.
- Programación: debe incluir al menos un algoritmo de IA (por ejemplo, detección o clasificación con redes neuronales) ejecutándose a bordo.
- Operación: completamente autónoma, sin teleoperación, sin cómputo remoto y sin intervención humana tras la señal de inicio.

Dimensiones y peso del robot. Para una arena de 10×10 m: volumen máximo en configuración de salida de $50 \times 50 \times 50$ cm (0.125 m^3), medido dentro de la zona home; durante la operación el mecanismo puede desplegarse hasta 70 cm en cualquier dimensión; masa máxima de 10 kg.

Condiciones de la prueba

- Arena cuadrada de 10×10 m con muros perimetrales, zona home de 60×60 cm (propuesta) y obstáculos (número, tipo y posición por definir).
- Las 9 piezas (3 de plástico, 3 de cartón, 3 de aluminio) son los mismos ítems para todos los equipos; su colocación en la arena está por definir.
- Contenedores clasificados, uno por material, en posiciones fijas por definir.
- Tiempo máximo por intento: 10 minutos. El intento termina cuando el robot regresa a home tras depositar las 9 piezas, se agota el tiempo o el equipo lo declara concluido.

Intentos, strike y mejor intento

- Cada equipo tiene 2 intentos oficiales. Se concede un tercer intento solo si al menos uno de los dos oficiales falló.
- Un strike es un intento fallido: el robot no logra realizar la tarea. Se considera fallido si no deposita correctamente ninguna pieza ($N_{ok} = 0$), se detiene, se atasca o queda inoperante antes de concluir, o requiere intervención humana o control remoto (no permitidos).
- Cada strike resta 10 puntos al puntaje final. Un intento fallido se puntúa normal con lo logrado antes de fallar, salvo la intervención humana o el control remoto, que lo anulan (0 puntos).
- No terminar en el tiempo límite no es strike: solo resta puntos en el criterio de tiempo.
- Puntaje final = mayor puntaje total entre sus intentos – $10 \times$ número de strikes.
- Tres strikes (fallan los tres intentos) eliminan al equipo.
- Desempate: mayor factor de eficiencia; si persiste, menor costo computacional.

Métricas principales

Factor de eficiencia. $FE = N_{ok} / D$, donde N_{ok} es el número de piezas correctamente recolectadas y clasificadas y D es la distancia total recorrida por el robot en metros. Mayor FE es mejor. El método de medición de D está por especificar. Para comparar equipos se usa $\eta = FE / FE_{ref}$; las opciones para definir FE_{ref} se proponen al final de esta sección.

Factor de evasión de obstáculos. Este está definido por el número de colisiones (N_c) que tenga el robot con los obstáculos. La colisión se considera todo o nada, si se toca el obstáculo se considera colisión.

Costo computacional. Se evalúa con cuatro indicadores medidos durante todo el intento. La herramienta de registro y los umbrales de cada indicador están por definir.

Indicador	Cómo se mide	Umbral
Latencia de inferencia	Percentil 95 por cuadro, en ms	Por definir
Uso de CPU/GPU	Promedio durante el intento, en %	Por definir
Memoria	Pico de RAM, como % del total de la placa	Por definir
Consumo	Potencia media de la placa de cómputo, en W	Por definir

Propuestas por decidir

Definición de pieza «correctamente recolectada y clasificada». Se propone:

- Opción A: cuenta solo si la pieza queda dentro del contenedor de su material y permanece ahí al terminar el intento. Pieza en contenedor incorrecto: no suma, sin penalización adicional.
- Opción B: igual que A, pero una pieza que queda apoyada en el borde o parcialmente dentro suma media pieza (0.5).
- Opción C: igual que A, y cada pieza en contenedor incorrecto resta 0.5 piezas a N_{ok} , para castigar la clasificación errónea en el factor de eficiencia.

Referencia FE_{ref} para normalizar el factor de eficiencia. Se propone:

- Opción A : $FE_{ref} = 9 / D_{ref}$, con D_{ref} la longitud de la ruta casi óptima (tipo agente viajero) que el comité calcula con las posiciones reales de las piezas y contenedores y publica antes de la competencia.
- Opción B: puntaje relativo, $\eta = FE / FE_{m\acute{a}x}$, donde $FE_{m\acute{a}x}$ es el mejor factor de eficiencia de la jornada. No requiere calcular rutas, pero la calificación de un equipo depende de los demás.
- Opción C: umbrales absolutos fijos en piezas por metro, calibrados con pruebas piloto del comité en la arena de 10×10 m.

3. SUMMARY

El reto Robot autónomo recolector de basura pone a prueba robots autónomos que recolectan 9 residuos (botellas de plástico, envases de cartón y latas de aluminio) y los clasifican por material con visión embebida e IA sobre Raspberry Pi o NVIDIA Jetson. Cada equipo dispone de 2 intentos oficiales y cuenta su mejor resultado. La evaluación suma 100 puntos y premia sobre todo el factor de eficiencia (piezas bien clasificadas por metro recorrido, 20 puntos), la exactitud de la clasificación (20) y el bajo costo computacional (15). Completan la rúbrica la precisión de la visión, la navegación, la originalidad del mecanismo, el tiempo, la autonomía y la documentación técnica.

4. RÚBRICAS

Los puntajes máximos suman 100. Cada nivel indica su condición medible y el rango de puntos que otorga. Los criterios 1 y 3 comparten el conteo de piezas bien clasificadas, pero miden cosas distintas: el 1 mide eficiencia de recorrido y el 3 mide exactitud.

#	Criterio	Descripción	Pts máx	Métrica de medición	Excelente	Bueno	Suficiente	Insuficiente
1	Factor de eficiencia	Piezas correctamente recolectadas y clasificadas por metro recorrido.	20	$FE = N_{ok} / D$ (piezas/m); $\eta = FE / FE_{ref}$. Método de medición de D por definir.	$\eta \geq 0.80$ (18–20)	$0.60 \leq \eta < 0.80$ (14–17)	$0.40 \leq \eta < 0.60$ (10–13)	$\eta < 0.40$ o $N_{ok} = 0$ (0–9)
2	Costo computacional	Recursos que consume el pipeline de visión e IA durante el intento.	15	Indicadores que cumplen su umbral, de 4: latencia p95, CPU/GPU, RAM pico y potencia (umbrales por definir).	4 de 4 (13–15)	3 de 4 (10–12)	2 de 4 (6–9)	0–1 de 4 o sin registros (0–5)
3	Exactitud de clasificación	Piezas depositadas en el contenedor de su material.	20	Exactitud = piezas en contenedor correcto / 9.	≥ 8 de 9 (18–20)	6–7 de 9 (14–17)	4–5 de 9 (10–13)	≤ 3 de 9 (0–9)
4	Precisión del sistema de visión	Calidad de la detección y clasificación de las piezas por la IA.	10	F1 macro de las detecciones registradas por el robot, cotejadas con el video cenital.	$F1 \geq 0.90$ (9–10)	$0.75 \leq F1 < 0.90$ (7–8)	$0.60 \leq F1 < 0.75$ (5–6)	$F1 < 0.60$ o sin registro (0–4)
5	Navegación y evasión de obstáculos	Desplazamiento seguro por la arena sin golpear obstáculos ni muros.	10	Número de colisiones con obstáculos o muros; obstáculo desplazado o derribado cuenta doble.	0 colisiones (9–10)	1 colisión (7–8)	2–3 colisiones (5–6)	≥ 4 colisiones o robot atascado (0–4)
6	Mecanismo de recolección	Originalidad del diseño propio y confiabilidad al recoger las tres formas de pieza.	10	Jurado de 3 jueces: originalidad y documentación de diseño (0–5) + tasa de recolección exitosa = agarres logrados / intentados (0–5).	Diseño original y tasa $\geq 85\%$ (9–10)	Original con adaptaciones y tasa 70–84 % (7–8)	Basado en diseño conocido y tasa 50–69 % (5–6)	Sin diseño propio o tasa $< 50\%$ (0–4)
7	Autonomía y retorno a home	Operación sin intervención humana ni control remoto, y regreso a home al terminar de depositar las 9 piezas.	5	Observación de jueces; regreso medido por distancia del robot al centro de home.	Autónomo y regresa dentro de home (5)	Autónomo y regresa a ≤ 50 cm de home (4)	Autónomo pero no regresa (2–3)	Requirió intervención humana (0; strike)
8	Tiempo de ejecución	Rapidez para concluir la tarea dentro del límite.	5	Tiempo total T del intento respecto a $T_{max} = 10$ min.	$T \leq 50\%$ de T_{max} (5)	$50\% < T \leq 75\%$ (3–4)	$75\% < T \leq 100\%$ (1–2)	Excede T_{max} (0)
9	Documentación	Claridad y	5	Ficha técnica de 2 páginas	Completa y	Completa con vacíos	Parcial (2–3)	Ausente o sin

	técnica y algoritmo de IA	reproducibilidad de la solución y de su modelo de IA.		revisada por el jurado: modelo, datos de entrenamiento, métricas, arquitectura y diagrama de control.	reproducible (5)	menores (4)		explicar el algoritmo de IA (0–1)
	Total		100					

Elaborado por: Dra. Griselda Quiroz Campeán y Erick de Jesús Ordaz Rivas
12 de octubre de 2026