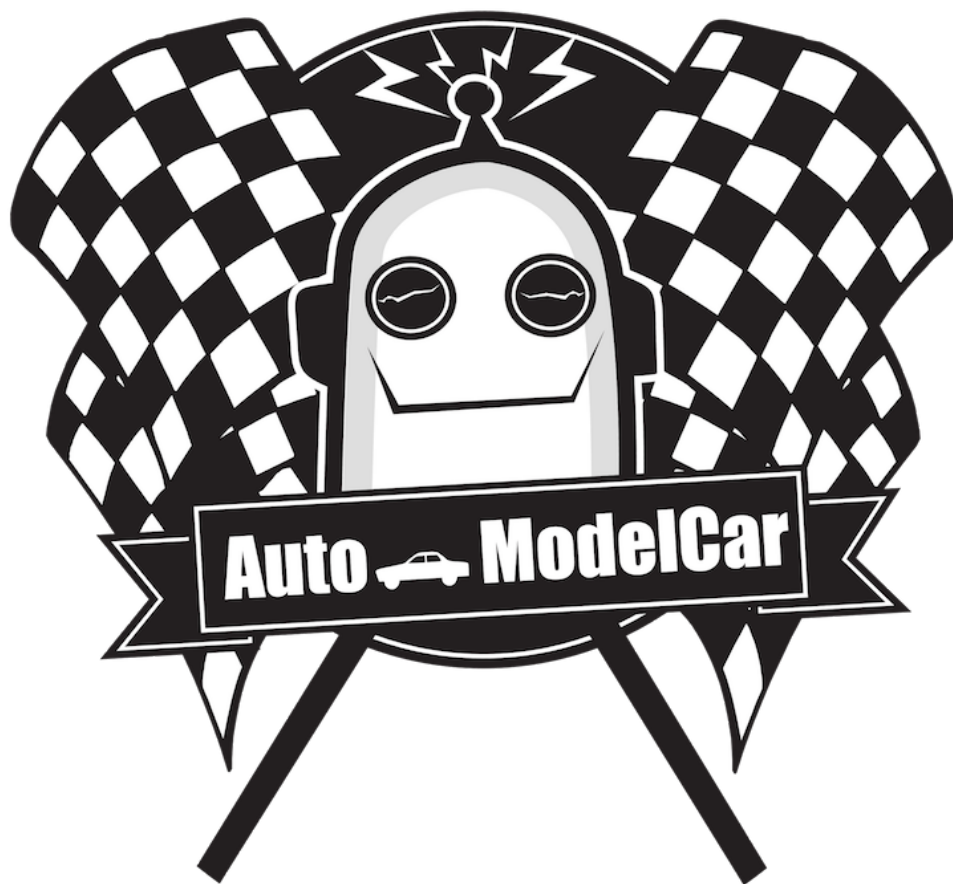




Torneo Mexicano de Robótica® 2019

Categoría: AutoModelCar

Reglamento



Marco Negrete, América Morales, Humberto Sossa,
Mario Castelán, Marco Morales Aguirre

Contenido

Agradecimientos.....	2
1. Introducción.....	3
2. Sobre los Vehículos (AutoModelCar).....	4
3. Sobre la “arena”.....	7
3.1 Pista de Pruebas	7
3.2 Zona de Estacionamiento	8
3.3 Ambientación y Objetos Móviles	9
4. Reglas	9
5. Categorías.....	11
5.1 Subcategoría de Principiantes.....	11
5.2 Subcategoría de Avanzados.....	12
6. Pruebas	12
6.1 Preparación e Inicio de las Pruebas.....	14
7. Sistema de Puntuación y Criterios de Desempate	14
7.1 Puntuación por Prueba	15
7.2 Sanciones	16
7.3 Puntuación Final	16
7.4 Criterio de Desempate	17
8. Contacto.....	18
9. Créditos.....	18
10. Referencias	18

Agradecimientos

Esta competencia fue posible gracias al proyecto “Visiones de Movilidad Urbana” con el cual se dotó de 32 vehículos a escala a diferentes universidades, institutos y centros de investigación del país. A nombre de todos los grupos de trabajo que recibieron un vehículo, en cualquiera de sus tres versiones, agradecemos al Dr. Raúl Rojas González, coordinador del proyecto, y a todos los académicos y autoridades que contribuyeron a su realización.

*El comité técnico
Marzo de 2019*

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 vehículos a escala AutoModelCar son automóviles a escala 1:10 no tripulados cuyo objetivo es incentivar el desarrollo de algoritmos de percepción, planeación y conducción autónoma en ambientes controlados. El antecedente directo a la fabricación de este tipo de automóviles a escala para competencias lo constituye el proyecto “CaroloCup” [1,2] que es una competencia de autos autónomos a escala en Alemania, donde el equipo “CaroloCup Berlin United Racing Team” de la Universidad Libre de Berlín coordinado por el Dr. Raúl Rojas participa desde hace más de 6 años y de donde se tomó el diseño para ser replicado y distribuido bajo el proyecto “Visiones de Movilidad Urbana” en calidad de préstamo a universidades mexicanas, con el patrocinio del gobierno Alemán a través del instituto Goethe en la ciudad de México y durante el año dual México-Alemania 2016-2017. Lo anterior con la finalidad de promover el desarrollo de algoritmos de navegación autónoma, sin el alto costo que implica construir un automóvil a tamaño natural.

Por segunda ocasión en la historia del TMR se abre la categoría de automóviles autónomos a escala donde se proponen diferentes retos o misiones de conducción autónoma a ser ejecutados por un AutoModelCar. Las características individuales de los diferentes tipos de versiones entre los autos se pueden revisar en el sitio web del proyecto en la FU-Berlín [3,4,5], sin embargo las distintas versiones comparten básicamente las mismas dimensiones y tipo de sensores utilizados. Lo anterior da a esta competencia un carácter de uniformidad que permite el intercambio de experiencias y fomenta la colaboración entre los distintos equipos, por lo tanto, el puntaje que se asignará por prueba será proporcional al desempeño autónomo del automóvil a escala para ejecutar las misiones encomendadas, utilizando técnicas novedosas desarrolladas al interior de las instituciones participantes.

Los antecedentes directos del presente libro de reglas son el evento realizado en el mes de abril de 2017 en el IPN en la ciudad de México [6] y la liga Auto Model Car del Torneo Mexicano de Robótica 2018, realizado en Monterrey. El presente documento pretende tomar las pruebas propuestas con adecuaciones mínimas y establecer el criterio de competencia que

fortalezca la participación académica y estudiantil, así como el intercambio de experiencias en pro del desarrollo y capacitación de profesionales en esta nueva área del conocimiento.

2 Sobre los Vehículos

En esta segunda edición de la competencia se permitirá el uso tanto de vehículos AutoNOMOS, en sus versiones 1, 2 y 3, como vehículos de construcción propia (plataformas abiertas).

En esta ocasión se tendrán dos ligas separadas, para los vehículos AutoNOMOS y para las plataformas abiertas. Las reglas y pruebas para ambas ligas serán las mismas, pero el conteo de puntos se realizará de manera separada. Todas las pruebas se realizarán sobre la misma pista.

Todos los vehículos, tanto AutoNOMOS como abiertos, deben cumplir con las siguientes restricciones:

- Se prohíbe el uso de dispositivos externos, salvo para monitoreo.
- No se permite el cómputo externo, es decir, todo procesamiento debe realizarse on-board.
- Los vehículos deben ser autónomos y contar con servovisión.

2.1 Sobre los vehículos AutoNOMOS

Las especificaciones de vehículos AutoNOMOS, en sus versiones 1, 2 y 3 desarrollados por el equipo del Prof. Raúl Rojas en la Freie Universität Berlin, se describen en la siguiente liga:

<https://github.com/AutoModelCar/AutoModelCarWiki/wiki>



Figura 1. AutoModelCar con carcasa plástica (tomado de [3]).

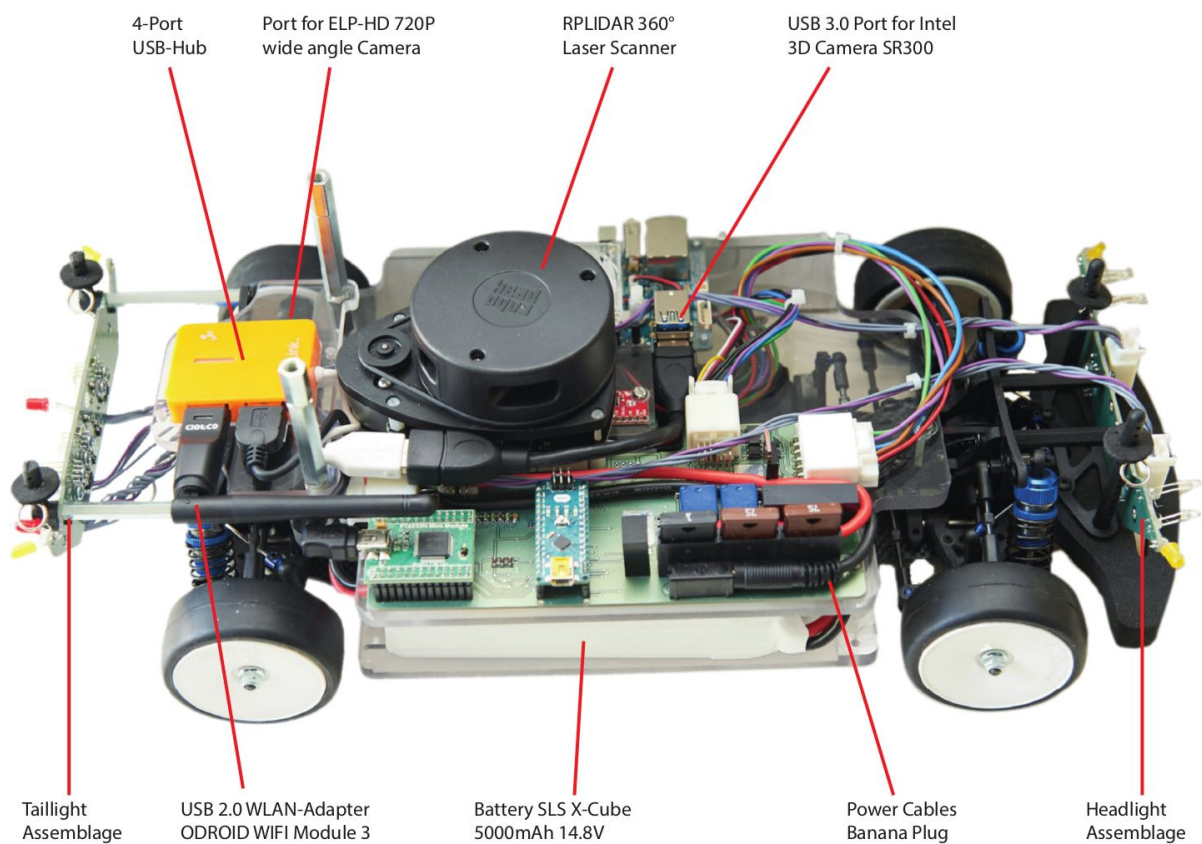


Figura 2. Componentes AutoModelCar V1 (tomado de [3]).

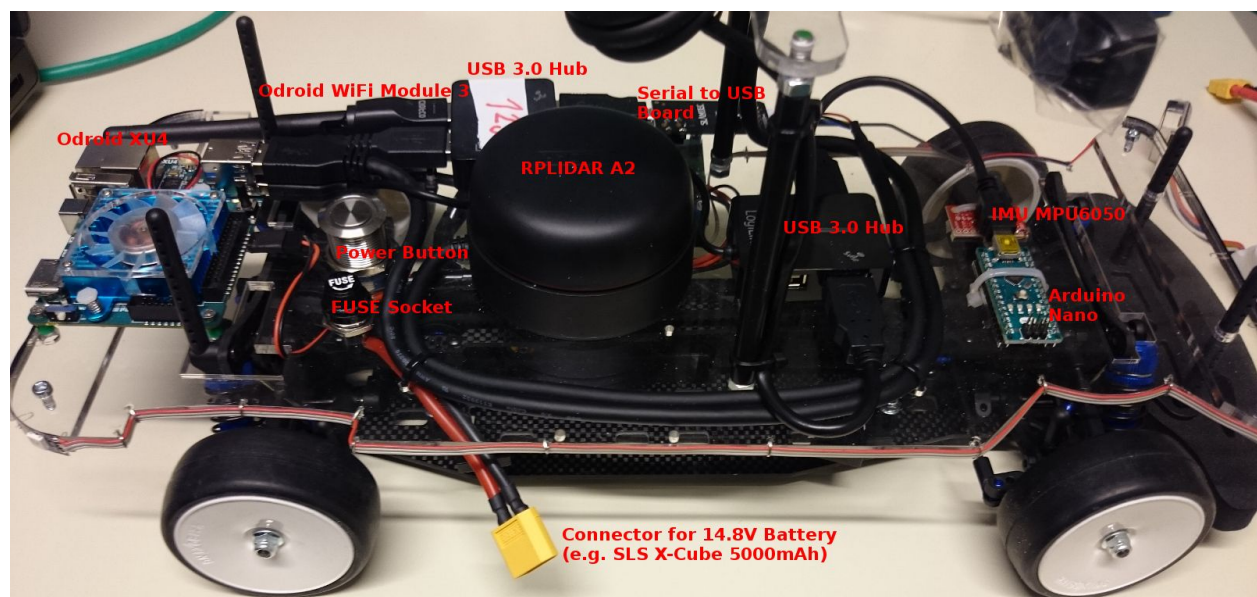


Figura 3. Componentes AutoModelCar V2 (tomado de [3]).

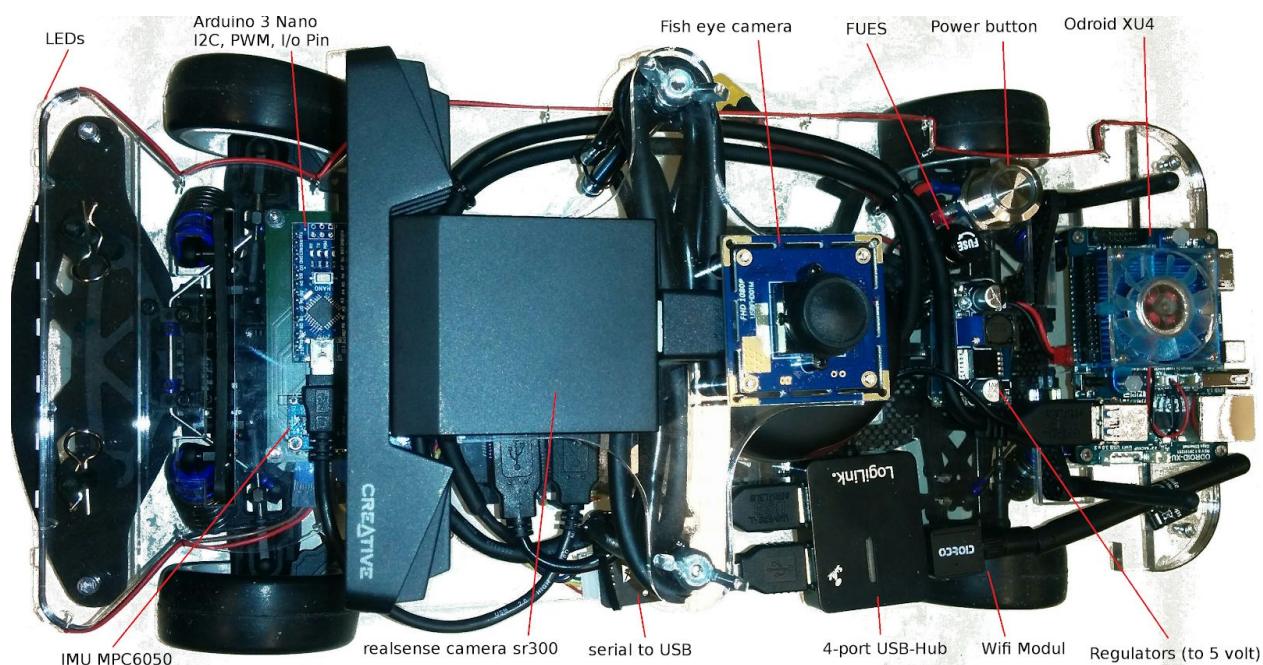


Figura 4. Componentes AutoModelCar V3 (tomado de [3]).

NOTA IMPORTANTE: En la liga de vehículos AutoNOMOS, los vehículos no podrán ser modificados de ninguna forma en cuanto a sus componentes, sensores, motores y hardware en general. Lo anterior incluye no remover partes del auto (por ejemplo la carcasa plástica) durante la competencia ni sustituir componentes (sensores, motores, tarjetas, etc.) por otros con características diferentes a las originales del vehículo. En caso de haber realizado modificaciones a los mismos, dichas modificaciones deberán ser validadas por el consejo técnico durante la inspección inicial de los vehículos.

2.2 Plataformas abiertas

Los vehículos de construcción propia deberán cumplir con las siguiente especificaciones:

- El tamaño máximo deberá ser de 50 cm largo X 30 cm ancho X 20 cm alto.
- Se puede utilizar cualquier tipo de sensor, pero todos los dispositivos deben estar montados en el robot.
- Las demás restricciones descritas al inicio de esta sección.

3 Sobre la “Arena”

3.1 Pista de Pruebas

El desarrollo de las pruebas de conducción autónoma se realiza sobre una superficie de rodamiento consistente en una carpeta de material plástico artificial de 12 x 8 m, de color negro. Debe anticiparse cierto nivel de brillo o reflexión de la superficie de competencia. Sobre la carpeta plástica se definen las líneas blancas correspondientes a los carriles que se muestra mediante impresión o cinta plastificada (de aislar). En la Figura 5 se muestra un ejemplo de circuito, con las especificaciones de anchos de carril, radios externos e internos de las curvas. El circuito que se use en la competencia podrá ser diferente en su forma general.

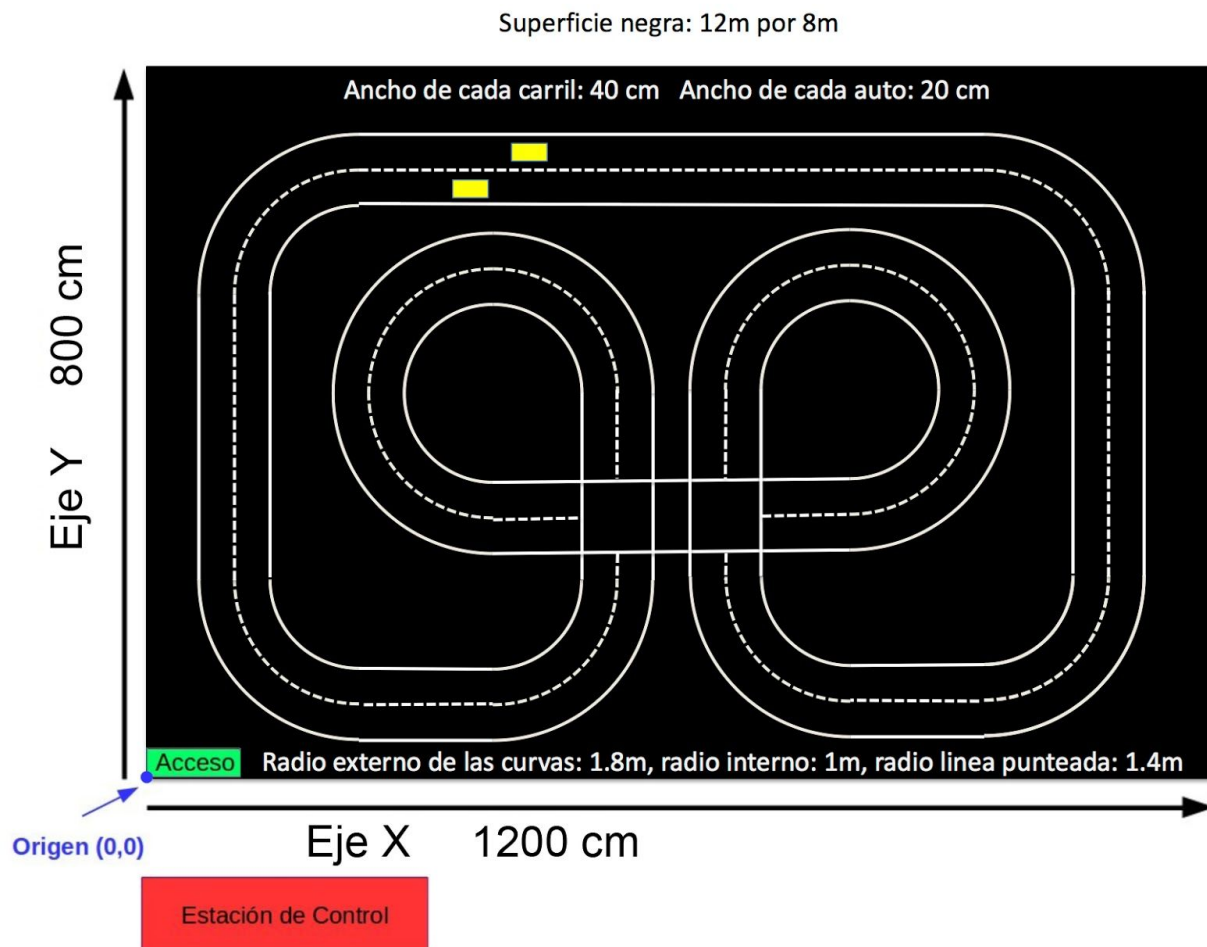


Figura 5. Especificaciones de la superficie de rodamiento con un circuito ejemplo

En el ejemplo anterior, el circuito posee dos intersecciones en la parte central, donde los vehículos deberán ser capaces de detectar y evitar colisiones con otros vehículos que circulen por la pista. La figura 6 muestra una ampliación de dichas zonas.

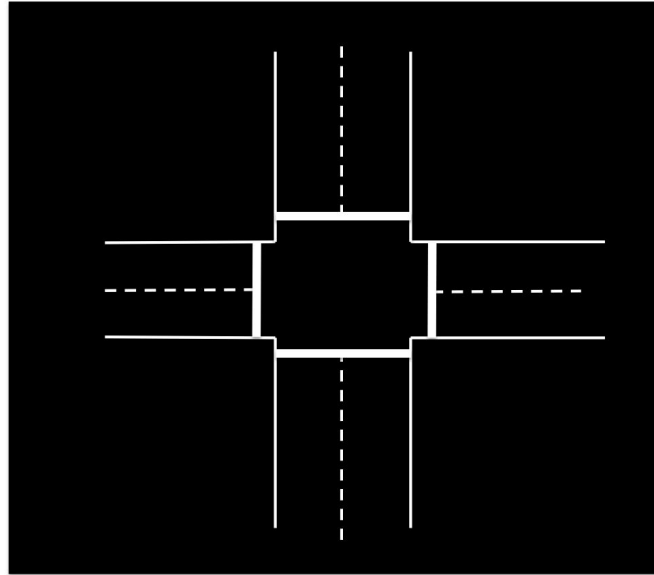
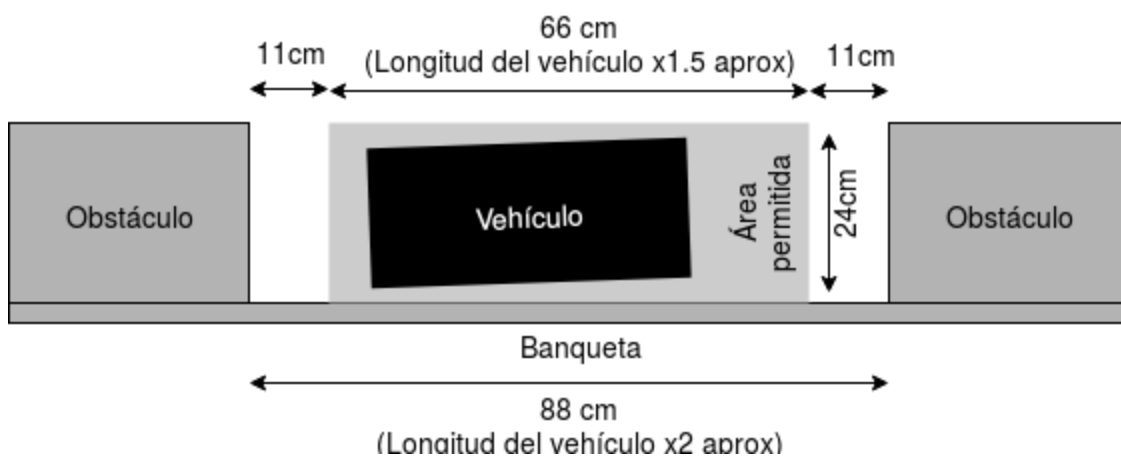


Figura 6. Ampliación de la zona de intersección

3.2 Zona de Estacionamiento

Asimismo, habrá una zona separada de la pista para las pruebas de estacionamiento lateral, como se ilustra en la Figura 7. Tanto los obstáculos como la banqueta serán delimitados por “paredes” con altura suficiente para que pueda ser detectada por los sensores del robot AutoNOMOS y por lo vehículos de plataforma abierta.



3.3 Sobre la Ambientación y Objetos Móviles

Dependiendo del presupuesto disponible y/o patrocinios, eventualmente se podrá contar con ambientación dentro y/o alrededor de la pista de prueba, que simule objetos reales (edificios, comercios, árboles, etc.) que forman parte del entorno de navegación de un automóvil real. La intención a futuro es convertir la pista de pruebas en un modelo a escala 1:10 donde se incorporen paulatinamente las condiciones reales similares a las que un vehículo escala 1:1 se pudiese encontrar en su entorno normal de operación.

En cuanto a los objetos móviles (automóviles simulados o transeúntes) estos serán representados mediante “cajas” de un color predefinido (blanco) con algún tipo de símbolo que permita su fácil identificación. Los objetos fijos y móviles deberán ser presentados a los equipos de ambas categorías (principiantes y avanzados) al inicio del periodo de calibración y “set-up”.

4 Reglas

Todas las pruebas se llevarán a cabo dentro de la pista bajo las siguientes reglas:

1. Bajo ninguna circunstancia se permitirá el control del automóvil por algún miembro de equipo. ***La navegación debe ser autónoma*** y la única ocasión en la que el equipo podrá intervenir es cuando se prepare el arranque inicial del vehículo o cuando se tenga que detener el mismo, ya sea debido a alguna colisión o por que el juez solicite un paro de emergencia.

2. El procesamiento deberá llevarse a cabo por completo a bordo del automóvil, sin embargo, para efectos de visualización y paro de emergencia será posible que el mismo envíe información sensorial o de estado a un equipo externo para su visualización, pero es importante que el equipo muestre al juez que se cuenta con un mecanismo de paro con el cual detener al vehículo de manera inmediata en caso de requerirse. De no contar con ello, el equipo no podrá participar en prueba alguna. Por ningún motivo los integrantes del equipo deberán manipular la aplicación de visualización durante la prueba, salvo en el caso de requerirse una acción de paro de emergencia.

3. Una vez que el automóvil arranque, ningún miembro del equipo participante podrá controlar al vehículo 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 arranque y el paro. El resto de los miembros deberá tener las manos libres a la vista del juez. De igual forma, **el equipo de jueces podrá solicitar suscribirse a algún mecanismo de monitoreo de tópicos del automóvil del equipo, o incluso grabar rosbags, o algún otro tipo de registro de datos.** Ésto con la finalidad de verificar que no exista un control remoto del vehículo, pero también ayudaría a los equipos a recolectar datos en competencia que pudiesen utilizarse después para afinar los métodos implementados.

4. En la pista sólo se permitirá la presencia de un juez durante cualquiera de las pruebas. El juez tiene la autoridad para dar por terminada la prueba, en caso de que estime que el vehículo no cumpla con las reglas aquí estipuladas o que considere algún tipo de riesgo.

5. Las pruebas se ejecutarán una a la vez y sólo un equipo podrá ocupar la pista, a menos que se requiera la participación simultánea de otro equipo. Los demás equipos deberán esperar en la cola de participación y fuera de la arena en todo momento. Aquellas pruebas que impliquen la participación simultánea de más de un equipo se realizarán con la misma mecánica.

6. Se realizarán tres intentos por prueba. Para fines de monitoreo, sólo el equipo participante podrá tener encendida una red WiFi.

7. Los miembros del equipo podrán ingresar a la arena únicamente antes del inicio de la prueba, para colocar al automóvil o realizar ajustes (previamente autorizados por el juez), y posterior a que la prueba se ha dado por terminada. Sólo podrán ingresar aquellos miembros del equipo que cuenten con inscripción y lugar en mesa de trabajo, es decir, los mentores deberán permanecer fuera de la arena.

8. Fuera de la arena 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 pruebas, exceptuando la configuración y colocación del automóvil antes de cada prueba y su recolección después de terminada la misma.

9. La pose inicial del automóvil (posición y dirección) será determinada por el comité técnico y podrá ser diferente para cada auto. Esta pose inicial se notificará al equipo en el momento de iniciar su prueba.

10. Si el automóvil participante choca contra algún objeto, persona, automóvil o ambientación dentro o fuera de la pista, la prueba se dará por terminada inmediatamente.

11. Si el automóvil pierde el control de manera abrupta, se impacta u ocasiona cualquier

otro tipo de accidente, el equipo podrá quedar descalificado a criterio de los jueces, por ello es de vital importancia que el equipo participante siempre se encuentre alerta del estado del automóvil y que verifique que el mismo se pueda detener en cualquier momento.

12. Los equipos deberán llevar cargadas sus baterías al momento de ejecutar una prueba, esto es, no debe haber equipo de recarga de baterías al momento de efectuar la prueba y aquellas baterías cargadas que no se utilicen durante la misma deberán ser almacenadas en bolsas de seguridad de acuerdo al tipo de batería.

13. Queda estrictamente prohibido realizar pruebas fuera de la pista a excepción de aquellas realizadas por los equipos en sus mesas de trabajo y bajo su propia responsabilidad. 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 cualquier tipo de aparato que pueda causar interferencia en las comunicaciones del resto de autos que se encuentran compitiendo dentro de la arena.

5 Pruebas

Existen cuatro pruebas en el mismo circuito que implican diferentes niveles de dificultad:

1) Navegación Autónoma sin Obstáculos.

Consiste en cubrir el circuito de inicio a fin sin abandonar el carril correspondiente. Ver un video ejemplo en la referencia [2] inciso B.

2) Navegación Autónoma con Obstáculos.

Consiste en cubrir el circuito con tres obstáculos estáticos en la pista (cajas blancas, muy visibles para el Lidar). Ver el video en la referencia [2] inciso C.

3) Navegación Autónoma con Obstáculos Móviles. Seguimiento y Rebase.

Consiste en cubrir el circuito con dos obstáculos estáticos y uno móvil (una caja blanca que será desplazada manualmente por los jueces, como si se tratase de otro automóvil que fuera manejando). Es necesario aminorar la velocidad del automóvil para seguir al objeto móvil por la pista y será necesario rebasarlo cuando éste se detenga (ref. [2] inciso C).

4) Estacionamiento Autónomo.

Consiste en hacer que el automóvil pueda estacionarse en la zona de estacionamiento (ver Figura 3). Se arrancará el vehículo a un metro de distancia del espacio para estacionarse sobre la pista.

Cada equipo tendrá **10 minutos** para ejecutar cada prueba (o repetir las que desee). Durante este tiempo, el equipo participante podrá solicitar máximo 2 reinicios, para lo cual no se detendrá el cronómetro. Si el equipo no se encuentra listo al momento de que le corresponda efectuar la prueba, la misma se dará por concluida sin puntos y pierde su turno. En este caso el tiempo restante se dará como tiempo de preparación para que el resto de los equipos puedan hacer una prueba rápida, mientras le toca el turno al siguiente equipo en la lista. Los equipos en la cola de espera deben estar listos para participar inmediatamente en cuanto les toque su turno.

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.

5.1 Presentación de Póster

Consiste en presentar un cartel (*póster*) con la descripción del equipo, modelo de auto, descripción de los métodos utilizados y resultados obtenidos. El cartel deberá tener un tamaño A1 y deberá ser presentado en el lugar y hora que el comité organizador designe al principio de la competencia. **La presentación del póster no otorga puntos pero es obligatoria para la participación en las demás pruebas.**

5.2 Preparación e Inicio de las Pruebas

Cuando un equipo ingrese a la pista de pruebas para competir, éste deberá presentarse con los jueces para llevar a cabo una revisión de su vehículo. En esta revisión se anotará el identificador del mismo para evitar direcciones IP duplicadas. Durante esta revisión el equipo también deberá indicar las pruebas que intentará ejecutar y quién será el operador (“piloto”) de la terminal de monitoreo, arranque y paro de emergencia.

Una vez aprobada la revisión, el equipo tendrá **5 minutos** para instalarse en la mesa de control. Una vez que se encuentren listos deberán indicarlo al juez y en ese instante el cronómetro comenzará a contar el tiempo de la prueba.

Tan pronto como el vehículo se detenga, después de iniciada una prueba, se dará por terminada la misma. Una vez que ésta se de por terminada, un miembro del equipo podrá ingresar a la pista para tomar al vehículo y alistarlo para continuar con la siguiente prueba que se haya elegido.

6 Sistema de Puntuación

Los principios para establecer la puntuación que un equipo alcanza serán simples:

- Quien concluye el circuito exitosamente en las pruebas 1, 2 y 3, obtiene mayor puntuación que quien no lo termina.
- Los equipos que concluyen exitosamente una prueba se ordenarán de acuerdo al tiempo que requirieron para cubrir el circuito, en orden ascendente.
- Se aplicarán penalizaciones en forma de un tiempo predefinido (ver sección 6.3 sobre las sanciones) que se deberá sumar al tiempo total requerido por el equipo para concluir la prueba. más las sanciones de tiempo recibidas.
- El menor tiempo ganará la prueba.
- Los equipos que no concluyen la prueba se ordenarán de acuerdo a la distancia del trayecto recorrido (durante un tiempo máximo de 5 minutos), **restando 3 metros por cada minuto de sanciones acumulado**. Por ejemplo, si alguien recorrió 9 metros en tres minutos y tiene un minuto de sanciones acumuladas se le asignará un recorrido total de 6 metros.
- En la prueba sobre estacionamiento autónomo, se ordenará a los equipos de acuerdo al tiempo final requerido para concluir exitosamente la prueba, luego de aplicar sanciones a aquellos autos que colisionen contra algún obstáculo (ver sección 6.3). Quien no logra estacionarse recibirá puntuación nula. Se considerará como exitosa la prueba si el vehículo queda estacionado dentro del espacio identificado en la Figura 3 como “Area permitida”.

6.1 Puntuación por Prueba

Se otorgarán puntos por cada una de las pruebas de la 1 a la 5 de acuerdo a la posición ocupada en la lista de menores tiempos de la siguiente manera:

Lugar	1o	2o	3o	4o	5o	6o	7o	8o	9o	10o
Puntos	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5

Tabla I. Escala de Puntuación

La prueba no. 6 aportará puntaje de la siguiente manera:

Exitosa	50 puntos
No exitosa`	0 puntos

El equipo que no participa en una prueba o no la concluye obtendrá cero puntos en la misma.

6.2 Sanciones

A continuación se detalla la lista de causas y penalizaciones en tiempo.

Causa	Penalización
Salir del carril parcialmente, regresando de inmediato (en menos de 5 segundos).	5 segundos
Salir completamente del carril, regresando de inmediato (en menos de 5 segundos).	10 segundos
Salir y tardar mas de 5 segundos en regresar al carril.	20 segundos Se termina el recorrido
Tocar un obstáculo estático o móvil.	30 segundos
Salir del carril y no regresar en 30 segundos.	Conclusión de la Prueba

Tocar un obstáculo (durante la prueba de estacionamiento).	10 segundos
--	-------------

Tabla II. Sanciones

6.3 Puntuación Final

1) Dependiendo de la prueba, los puntos tendrán un peso ponderador por el que se multiplicarán los puntos obtenidos en cada prueba y se sumarán para obtener la puntuación final.

Prueba	Factor de Peso
1	1
2	1.5
3	2
4	0.5
5	1
6	1

Tabla III. Factores de Peso por Prueba

2) Los equipos se ordenarán al final según el número total de puntos obtenidos mediante el criterio de suma anterior. El primer, segundo y tercer lugar se tomarán directamente de la tabla.

6.4 Criterio de Desempate

En el caso de el primer, segundo y tercer lugares generales de la categoría, se tomará como primer criterio de desempate designar como ganador a aquel que tenga la mayor suma de factores de peso de las pruebas donde participó obteniendo puntuaciones mayores a cero, es decir, en función del grado de dificultad de las pruebas en las que participó.

Si el empate aún persiste, el segundo criterio de desempate será designar como ganador al equipo que recibió el menor número de penalizaciones (sumando las penalizaciones totales). Si

el empate aún persiste, el tercer criterio de desempate será el número de pruebas individuales en las que se participó y se obtuvo puntuación positiva.

Si el empate persiste después de aplicar los criterios anteriores, se acreditará el mismo lugar a los equipos que se mantengan en la misma posición y se declararán vacantes los lugares que ocuparían en caso de que no hubiera empate.

7 Contacto

Cualquier duda o aclaración favor de dirigirla vía email a:

america.morales@cinvestav.edu.mx

Hsossa@cic.ipn.mx

mnegretev@gmail.com

marco.morales@itam.mx

mcastelan369@gmail.com

Dra. América Morales

Dr. Humberto Sossa

M.I. Marco Negrete

Dr. Marco A. Morales

Dr. Mario Castelán

8 Créditos

El formato, textos y estructura del presente documento se basó en el reglamento para la categoría de drones del Torneo Mexicano de Robótica 2017 elaborado por el Dr. José Martínez Carranza y el Dr. Enrique Sucar Succar, y en el reglamento para la competencia Auto Model Car del Torneo Mexicano de Robótica, 2018, elaborado por el Dr. Adalberto Llarena Hernández.

Diseño de logotipo de portada: *Adalberto Llarena*, basado en el logotipo del equipo “BerlinUnited Racing Team” de la Universidad Libre de Berlín.

9 Referencias

- [1] Competencia CaroloCup en Alemania: <https://www.facebook.com/events/732293903636971/>
- [2] interesantes videos de las competencias en Alemania:
- A) Estacionarse: https://youtu.be/6_e3Vku-ccA
 - B) Circuito sin obstáculos: <https://youtu.be/zwujG2VcORw>
 - C) Circuito con obstáculos y señalización: https://youtu.be/5W_VdATvEPQ
- [3] <https://github.com/AutoModelCar/AutoModelCarWiki/wiki>
- [4] [https://github.com/AutoModelCar/AutoModelCarWiki/wiki/Hardware-\(AutoNOMOS-Model-v3\)](https://github.com/AutoModelCar/AutoModelCarWiki/wiki/Hardware-(AutoNOMOS-Model-v3))
- [5] Repositorio de código oficial: <https://github.com/AutoModelcar>.
- [6] Rally de automóviles autónomos IPN 2017.
<http://www.elfinanciero.com.mx/tech/estudiantes-del-ipn-ganan-rally-de-coches-autonomos-a-escala.html>