

Gregorio Ariel Guerrero Moral, Micaela Carolina Jara Ten Kathen, Erid Eulogio Pacheco Viana, Ariel David Bogado Arce, Jesús María Franco Santacruz  
[ariel.guerrero@pti.org.py](mailto:ariel.guerrero@pti.org.py), [micaela.jara@uc.edu.py](mailto:micaela.jara@uc.edu.py), [erid.pacheco@uc.edu.py](mailto:erid.pacheco@uc.edu.py), [ariel.bogado@uc.edu.py](mailto:ariel.bogado@uc.edu.py), [jesus.franco@uc.edu.py](mailto:jesus.franco@uc.edu.py)

Facultad de Ciencias y Tecnología

## Introducción

El desarrollo de un vehículo autónomo es objeto de amplio estudio por muchos investigadores. Uno de los enfoques de estudio consiste en el empleo de modelos físicos a escala cuya construcción es el objeto de este artículo. Para este propósito un auto eléctrico a escala 1:8 remotamente controlado es modificado. Se utiliza un myRIO para las tareas de adquisición de datos (odómetro, acelerómetro, magnetómetro, giroscopio, gps), y las de actuación. Otra tarea que realiza es fusionar los datos de los sensores de manera tal a que la información de posición y orientación pueda ser utilizada para la toma de decisión de navegación.

## Objetivos

### General

Desarrollar un vehículo autónomo a escala capaz de completar un circuito de carreras en el menor tiempo posible

### Específicos

- Estudio del estado de arte acerca vehículos autónomos
- Identificación del modelo matemático de un vehículo autónomo
- Selección de los sensores y actuadores
- Filtrado y fusión de las señales obtenidas de los sensores
- Selección del algoritmo de navegación

## Sistema de control

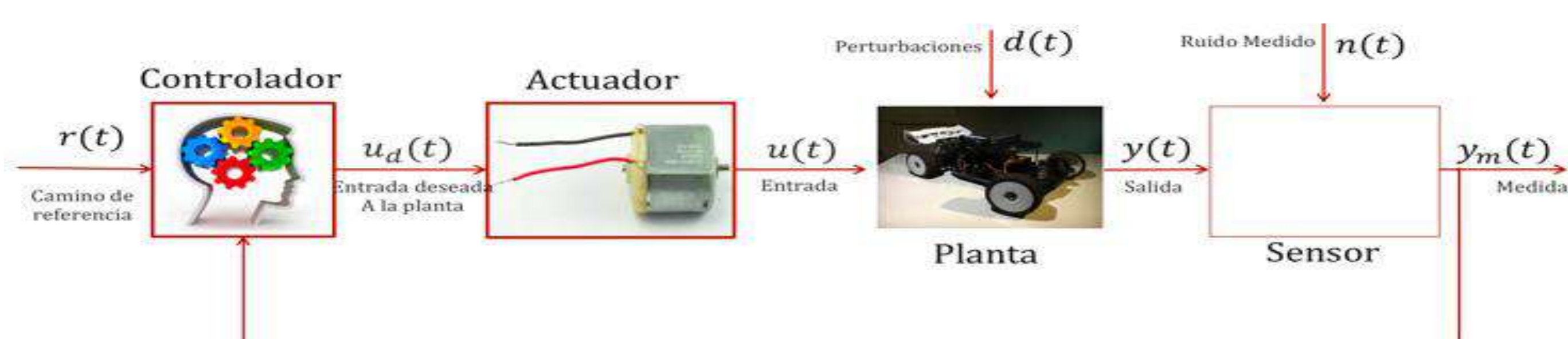


Figura 1 - Modelo matemático de un vehículo autónomo

El sistema a ser implementado consta de:

**a) Vehículo Autónomo a escala 1:8:** Chasis modificado de un auto eléctrico miniaturizado en el cual se adapta un myRIO 1900 así como los sensores y actuadores requeridos para navegación inercial (IMU+GPS). En esta plataforma se ejecutarán los algoritmos que permitan determinar la información de posición y orientación con base a los sensores. Así mismo permitirá la adquisición de datos de los sensores, ejecutar el algoritmo de navegación seleccionado y determinar las señales de control a los actuadores.

**b) Estación Base:** Para configuración de los parámetros de navegación (waypoints) y visualización de estado de los sensores.

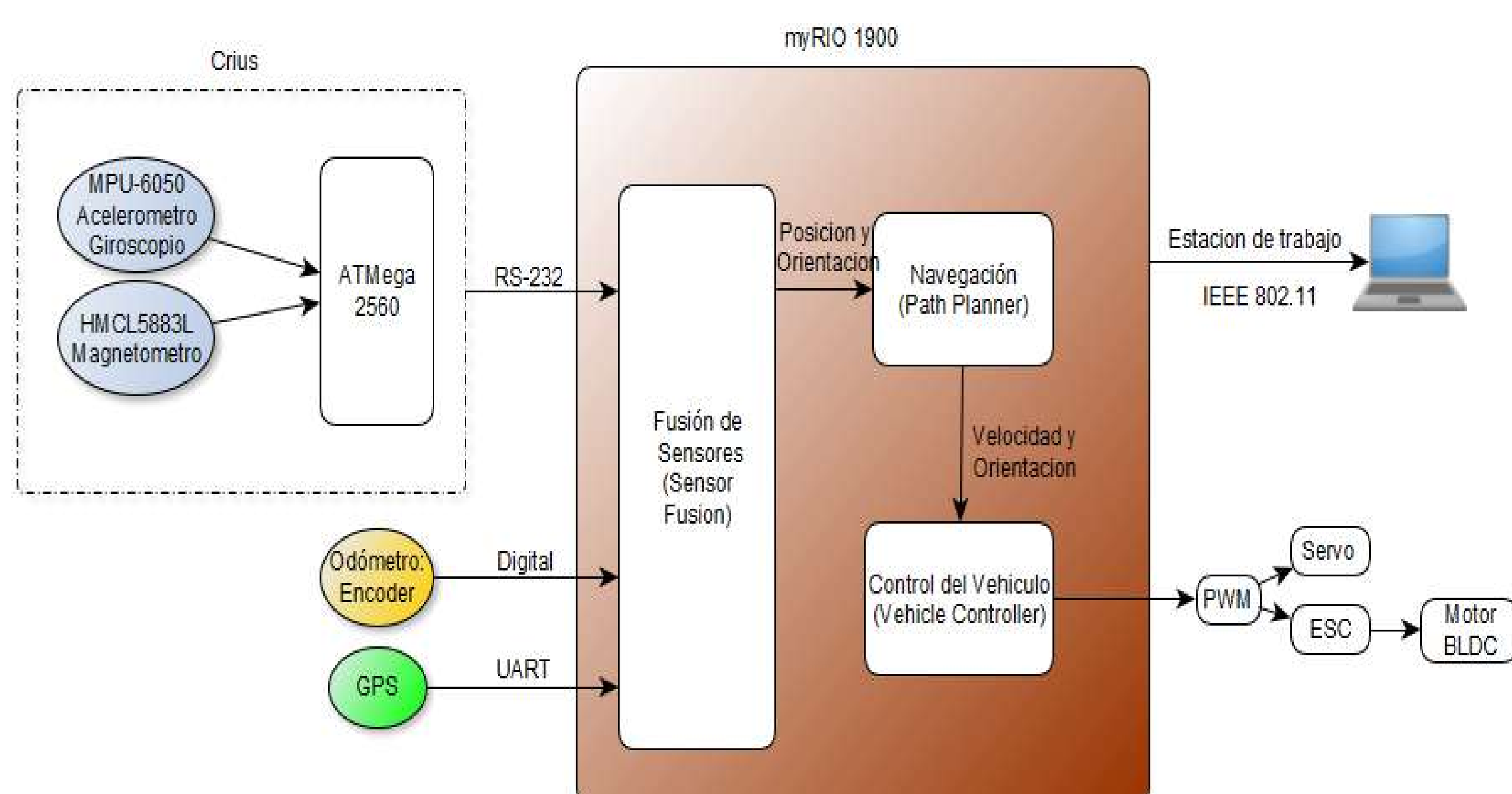


Figura 2 - Arquitectura de Hardware

## Fusión de Sensores

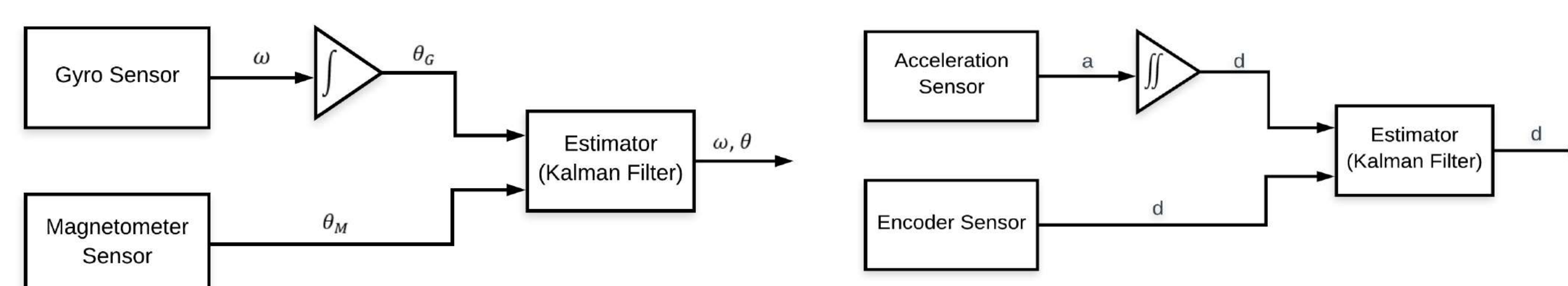


Figura 3 - Visión general del Sistema de fusión

Se utilizaron señales de los sensores para mejorar y corregir la medición de la posición propia del vehículo autónomo para obtener una estimación de posición más confiable. A partir de esto, calculamos la estimación de la posición y redujimos los errores sistemáticos y no sistemáticos durante las pruebas y tuvimos éxito en estimar la desviación del sesgo del giro. La herramienta básica aquí es un filtro de Kalman.

En la Figura 3,  $\omega$  es el dato de la velocidad angular proveniente del giroscopio y  $\theta$  es el ángulo referente al norte magnético obtenido del magnetómetro.

De los estimadores, se obtienen la distancia recorrida y la orientación, para luego obtener las coordenadas (x,y). Se previó la corrección de la posición absoluta a partir de un GPS (Global Position Systems), pero no fue implementado.

## Algoritmo de Navegación

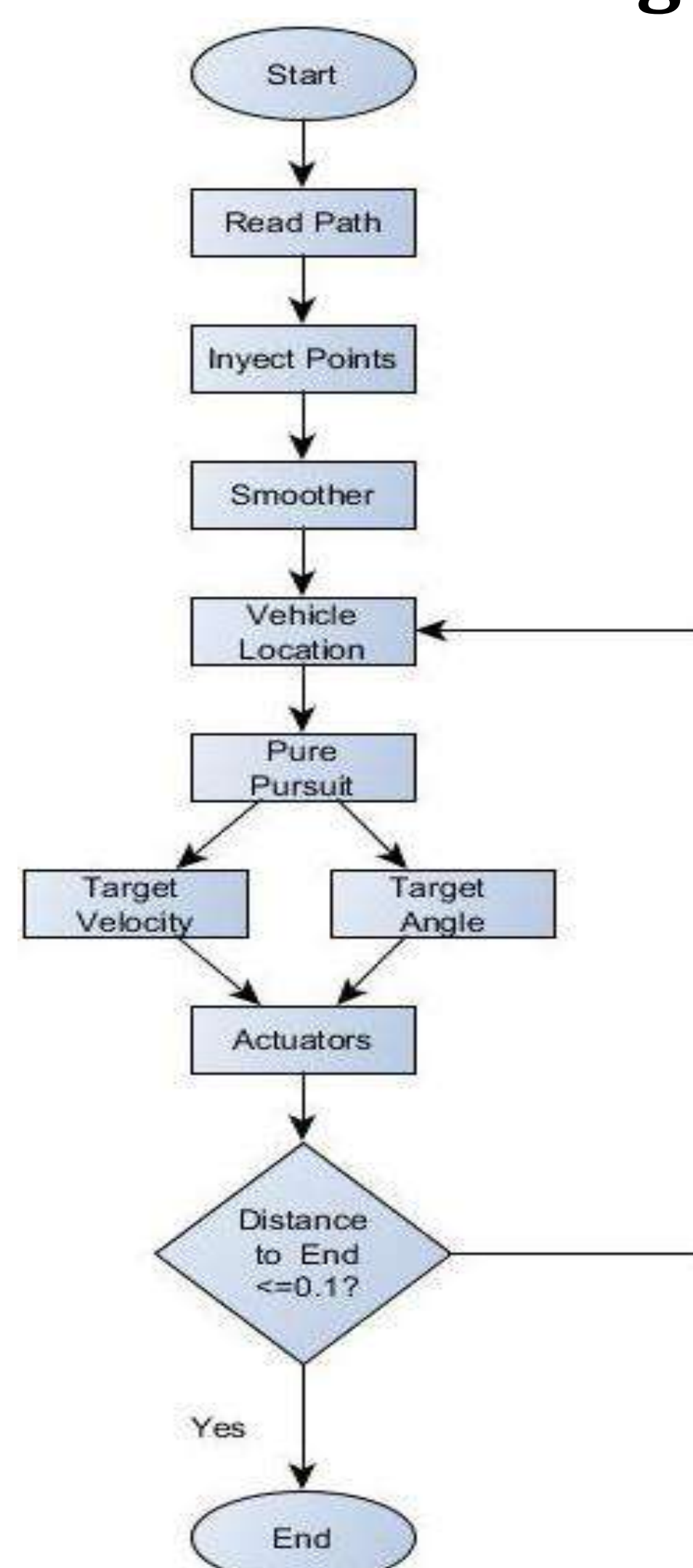


Figura 4 - Path Planner

Este módulo se encarga de llevar al vehículo autónomo desde una posición inicial a una final siguiendo una trayectoria. El algoritmo utilizado es el denominado de persecución pura (pure pursuit algorithm). A efectos prácticos se ha recurrido a la implementación del "Team 1712" y modificado según el requerimiento.

Con este algoritmo se consigue determinar la velocidad objetivo del vehículo autónomo dependiendo de la curvatura del segmento de la trayectoria en el cual se encuentra el vehículo autónomo, como también, establecer la dirección a la cual debe dirigirse conociendo su posición actual y un punto objetivo llamado "Look Ahead Point".

Para obtener mayor precisión en el cálculo de la velocidad y la curvatura, se inyectaron puntos a la trayectoria original obteniendo de esta manera puntos más cercanos, para luego pasarlos por una etapa de suavizado y lograr la continuidad en el trayecto.

## Conclusiones

Se ha comprobado la efectividad del algoritmo de navegación, así como estimación de la posición mediante la adquisición de datos de los sensores y la fusión de los mismos.

El proyecto recalca el valor pedagógico de la enseñanza basada en retos, permitiendo a los alumnos adquirir la experiencia de trabajo en equipo, en un entorno multidisciplinario así como la experiencia de reutilización de código de terceros. También ha permitido que los alumnos comparen los conceptos desarrollados en distintas materias de la universidad al calibrar los distintos sensores, a mejorar la lectura minimizando los errores mediante la implementación del filtro de kalman.

## Bibliografía

- Iyengar, D., & Peters, D. L. (2015, October). Development of a miniaturized autonomous vehicle: Modification of a 1: 18 scale rc car for autonomous operation. In ASME 2015 Dynamic Systems and Control Conference (pp. V003T50A008-V003T50A008). American Society of Mechanical Engineers.
- Conlter, R. C. (1992). Implementation of the Pure Pursuit Path Tracking Algorithm.
- Implementation of adaptative pure pursuit controller. Extraído de <https://www.chiefdelphi.com/media/papers/3488>.
- The DuckieTown project. (2017). Extraído de <https://www.duckietown.org/>
- Benítez, W., & Bogado, Y. (2015). Desarrollo de un prototipo de VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) para inspección visual de líneas eléctricas aéreas (Tesis de Grado). Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Campus Alto Paraná. Paraguay.