

# Estudio e Implementación de un Algoritmo de Navegación Autónoma para un Auto Eléctrico a Escala

Micaela Carolina Jara Ten Kathen  
E-mail: micaela.jara@uc.edu.py

Centro de Investigación en Ciencias, Tecnología e Innovación Avanzada  
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Campus Alto Paraná

Gregorio Ariel Guerrero Moral  
E-mail: ariel.guerrero@uc.edu.py

Fundación Parque Tecnológico Itaipú – Paraguay (FPTI-PY)  
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Campus Alto Paraná

## Resumen

El presente proyecto de grado, fue realizado, con el fin de formar los conocimientos respecto a la navegación autónoma, debido al crecimiento del mismo dentro del sector automotriz.

Esta investigación comprende el estudio de un algoritmo de navegación autónoma; simulaciones en una plataforma de simulación seleccionada, para analizar el funcionamiento de dicho algoritmo; y la implementación del mismo en el vehículo eléctrico a escala, gracias a un sistema embebido seleccionado.

Para el cumplimiento de los objetivos, se utilizó el concepto de reutilización de código y se personalizó para que funcione en la auto eléctrico a escala "Aguara'i". La implementación se desarrolló en un periodo corto de tiempo y fue posible establecer valores, de la distancia anticipada, para que los errores, en la navegación, no superen los límites fijados.

## Introducción

En estos últimos años, los vehículos autónomos tuvieron gran destaque en el mundo tecnológico, autos con nivel de autonomía 4 fueron presentados en la 89ª edición del Salón del Automóvil de Ginebra<sup>1,2</sup>. Muchas investigaciones e implementaciones han sido realizadas, desde empresas dedicadas a la fabricación de vehículos hasta empresas dedicadas a la fabricación de electrónicos y desarrollo de software.

Para el desarrollo de un vehículo autónomo, distintas áreas de la ingeniería deben ser estudiadas. Uno de esos estudios es sobre la navegación autónoma, puesto que, sin ella, el vehículo no será capaz de conducir de forma autónoma. Este trabajo, presenta una revisión bibliográfica de una serie de algoritmos de navegación con el fin de seleccionar uno de ellos e implementar en un vehículo eléctrico a escala.

## Objetivo

Implementar un algoritmo de navegación autónoma en un vehículo eléctrico a escala.

## Algoritmo Persecución Pura

La persecución pura es un algoritmo de seguimiento que funciona calculando la curvatura que el vehículo se moverá para que, desde su posición actual, vaya a la posición deseada. Dicho de otra manera, es un método para determinar geoméricamente la curvatura que conducirá al vehículo a un punto de trayectoria elegido, denominado punto de meta. Este punto de meta es un punto en el camino que está a una distancia en frente de la posición actual del vehículo, a una "distancia anticipada"<sup>3</sup>.

La distancia anticipada es la propiedad principal de ajuste del controlador Persecución Pura<sup>4</sup>.

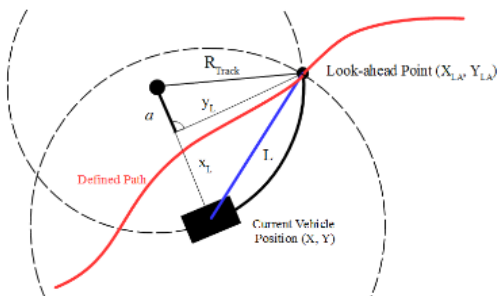


Figura 1 – Algoritmo Persecución Pura<sup>5</sup>

## Resultados



Figura 2 - Auto eléctrico a escala modificado "Aguara'i"<sup>6</sup>.

Se llevaron a cabo distintas pruebas con valores diferentes de todos los parámetros especificados en el libro de tesis<sup>7</sup>, en tres distintas pistas. Con ellas, se pudieron concluir que, los parámetros que más tuvieron impacto cuando sus valores eran modificados fueron: la velocidad y la distancia anticipada.

Para cada mapa, fueron realizadas varias pruebas, en las cuales se probaron distintos valores de velocidad y distancia anticipada. Las mismas, se llevaron a cabo, con el objetivo de obtener valores de la distancia anticipada, para cada velocidad, con las que, el recorrido, realizado de manera autónoma, se encontrase dentro de los límites fijados inicialmente. Para visualizar esa aproximación, se fijaron marcas en el piso de la ruta de puntos inicial, esas marcas servían de referencia.

Tabla de la Pista 1

Velocidad (m/s)	Distancia anticipada (m)
2	1.7 – 1.8
2.5	2.2 – 2.3
3	2.7
3.5	3 – 3.2
4	3.8
4.5	4 – 4.3

Tabla de la Pista 2

Velocidad (m/s)	Distancia anticipada (m)
2.5	1.9 – 2.3
3	2.3 – 2.5

## Conclusiones

El algoritmo estudiado e implementado fue persecución pura, dicho algoritmo fue escogido debido a la simplicidad que presenta y a la versatilidad del mismo.

La reutilización de códigos de terceros es un factor importante a resaltar, puesto que, es de gran ayuda a la hora de realizar cualquier proyecto porque se reduce el tiempo de programación, lo cual, permite implementarlo después de un periodo corto de tiempo. Utilizando este concepto, fueron realizadas las simulaciones, en MATLAB, y la implementación del algoritmo, puesto que, para la simulación, fue utilizado el código presentado por The MathWorks, Inc<sup>8</sup>, y, para la implementación, el código fuente tuvo como base los códigos creados por: Team 1712<sup>9</sup> y Harriral<sup>10</sup>, integrante del Team 2168.

## Bibliografía

- 1 e.GO - Mover. (2019). Extraído de: <https://www.gims.swiss/premieres/swiss-premieres/moverMetcalf>
- 2 RINSPEED - microSNAP. (2019). Extraído de: <https://www.gims.swiss/premieres/european-premieres/microsnap>
- 3 Coulter, (1992).
- 4 The MathWorks, Inc. [s/f (a)]. Extraído de: <https://www.mathworks.com/help/robotics/ug/pure-pursuit-controller.html>
- 5 Bačík, Ďurovský, Biroš, Kyslan, Perduková, & Padmanaban, (2017).
- 6 Foto tomada en la competencia Robocar Race 2018, por Luiz Celiberto. Extraído de [https://drive.google.com/drive/folders/1tCPj3YjdYuGtqlRqJABcv61k7PJXxY\\_A](https://drive.google.com/drive/folders/1tCPj3YjdYuGtqlRqJABcv61k7PJXxY_A)
- 7 Jara, (2019). Tesis de Grado.
- 8 The MathWorks, Inc. [s/f (b)]. Extraído de: <https://www.mathworks.com/help/robotics/examples/path-following-for-differential-drive-robot.html>
- 9 Team 1712. (2018). Extraído de: <https://www.chiefdelphi.com/t/paper-implementation-of-the-adaptive-pure-pursuit-controller/166552>
- 10 Harriral, K. (2014). Extraído de: <https://github.com/KHEngineering/SmoothPathPlanner>