

# Robot seguidor de líneas

## 1. Introducción

Como primer proyecto, el Club de Robótica del Departamento de Electrotecnia de la FI UNLP propone el desarrollo de un robot seguidor de línea blanca. El tamaño del robot es relativamente pequeño y las aplicaciones del mismo pueden ser, desde realizar pruebas de programación utilizando al robot para, por ejemplo, el acarreo de objetos, hasta participar en competencias de seguidores de línea. Para ello, los objetivos planteados fueron :

1. Conseguir motores de continua, en lo posible, de 3 V y ruedas acordes con los ejes de los mismos. Esto es, para evitar resbalamiento entre el eje y la rueda. Como la tracción será diferencial, conseguir además una rueda que gire libre.
2. Diseñar forma y elegir el material del chasis.
3. Conseguir o diseñar la placa controladora del robot.
4. Diseñar y construir una placa que cuente con lo necesario para manejar los motores y polarizar los sensores reflectivos.
5. Escoger un esquema de alimentación adecuado.

## 2. Descripción del seguidor

El robot seguidor de líneas sigue el diagrama en bloques de la Figura 1. A lo largo de este documento se irán estudiando y detallando los bloques por separado.

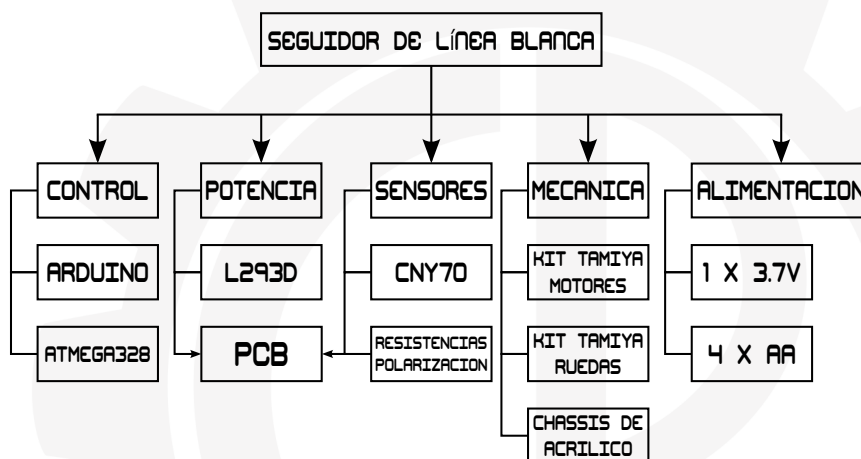
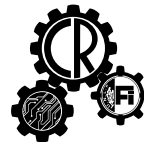


Figura 1: Diagrama en bloques del robot seguidor de líneas.

### 2.1. Bloque de mecánica

El bloque de mecánica está formado por:

- Motores con caja de reducción: Los motores utilizados corresponden con el kit *Tamiya 70168 Double Gearbox Kit*, adquirido en Pololu ([www.pololu.com](http://www.pololu.com)).
- Ball caster: El ballcaster, o “rueda loca” también es de Pololu y figura en la página como *Pololu Ball Caster de media pulgada con bola metálica*.



- Ruedas: El par de ruedas también es comprado en Pololu. El mismo es *Tamiya 70145 Narrow Tire Set*.
- Carcasa o chassis: El diseño de la carcasa corrió por cuenta del Club. Se utilizó un programa de diseño vectorial. Luego se mandó a cortar con láser a una casa de trabajo de acrílicos. El bajo costo y buena estabilidad estructural constituyen puntos positivos a la hora de utilizar este material como chassis. En la Figura 2 se muestra el diseño.

Para afirmar las piezas se utilizaron arandelas y tornillos de 3 mm.

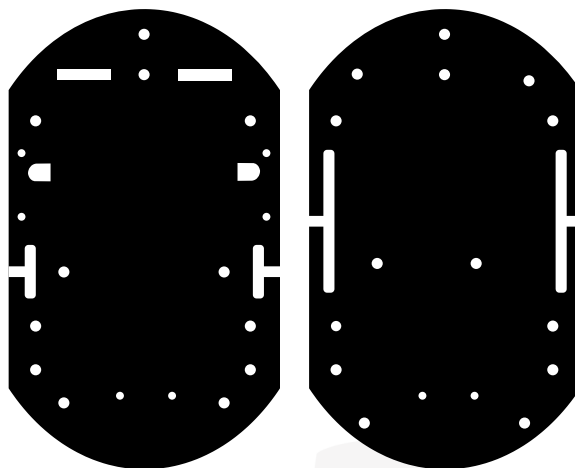


Figura 2: Diseño para mandar a cortar el acrílico.

## 2.2. Bloque de control

A la hora de decidir sobre qué microcontrolador utilizar, el Club decidió inclinarse por el ATMEGA 328 de la empresa ATMEL.

Esta elección se debe principalmente, a que el Club decidió para comenzar con este proyecto comprar algunas placas ARDUINO (ver Figura 3), que utilizan este microcontrolador y además, el Club cuenta con cuatro programadores funcionales para estos microcontroladores. La placa ARDUINO permite una rápida y fácil introducción al mundo de la programación y tratamiento de señales analógicas (relativamente lentas), como pueden ser, las señales de los sensores de reflexión utilizados en este proyecto. Por lo dicho, el bloque de control se encuentra formado, únicamente por una placa ARDUINO UNO R3.

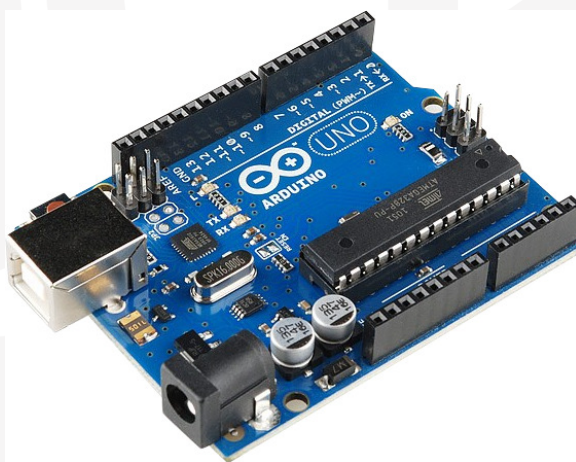


Figura 3: Placa ARDUINO UNO R3.



### 2.3. Bloque de potencia

El bloque de potencia se encuentra formado por:

- Integrado L293D (Doble puente H): Para el control de ambos motores de continua.

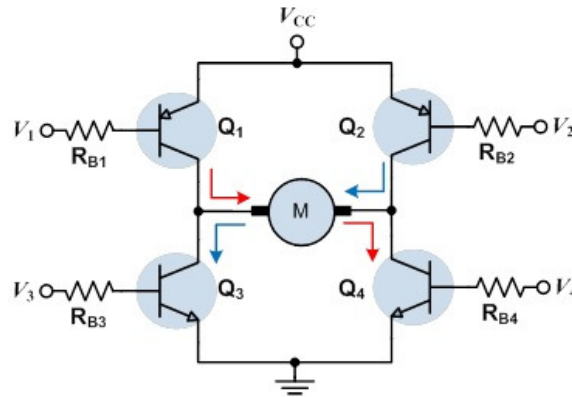


Figura 4: Esquema circuital de un puente H.

Cada motor necesita, para su normal funcionamiento bidireccional, un puente H. La función del puente H es proveer energía a los motores para que giren hacia un lado y otro mediante la orden del dispositivo de control, que para este proyecto, es la placa ARDUINO UNO. Como el microcontrolador no puede otorgar directamente él la energía suficiente a los motores (por una cuestión de potencia admisible de salida de la placa de control), se necesita de un circuito adicional (el puente H), que hace de enlace entre el microcontrolador y los motores. En la Figura 4 se muestra el esquema interno de un puente H. Según los valores de las tensiones  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y  $V_4$  un motor  $M$  girará en sentido horario o antihorario. Estas tensiones serán controladas por el microcontrolador ATMEGA328 de la placa ARDUINO.

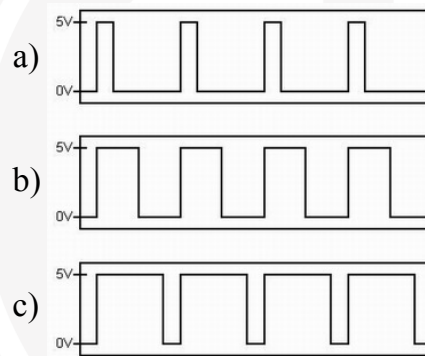


Figura 5: a) Señal PWM con  $D = 20\%$ . b) Idem con  $D = 50\%$ . c) Idem con  $D = 80\%$

A su vez, la velocidad de giro es proporcional a la tensión de alimentación de los motores. Para controlar esta velocidad, la señal de control de los motores es una señal de período fijo modulada por ancho de pulso (técnica PWM) para que, cambiando el ciclo de trabajo  $D$  (ancho del pulso), se varía el valor medio de tensión, que será el que realmente percibirá el motor para acelerar o desacelerar. El valor medio de una señal PWM resulta:

$$V_{Medio} = DV_{Fuente} \quad (1)$$

por lo tanto, a mayor  $D$ , mayor valor medio de tensión. En la Figura 5 pueden notarse ejemplod de tres valores de  $D$  diferentes.

Aprovechando la disposición de pines del ARDUINO, se realizó un PCB con la etapa de potencia de manera que pueda acoplarse a la placa de control con los pines correspondientes (esto se denomina *Shield*). Para realizar el PCB se utilizó el software de versión estudiantil EAGLE 6.4. La placa incluye, además, los componentes necesarios para la polarización de los sensores reflectivos, como se verá en el siguiente apartado. El diseño de esta placa se puede ver en la Figura 6. En la Figura 7 se muestra el diseño tridimensional del Shield.

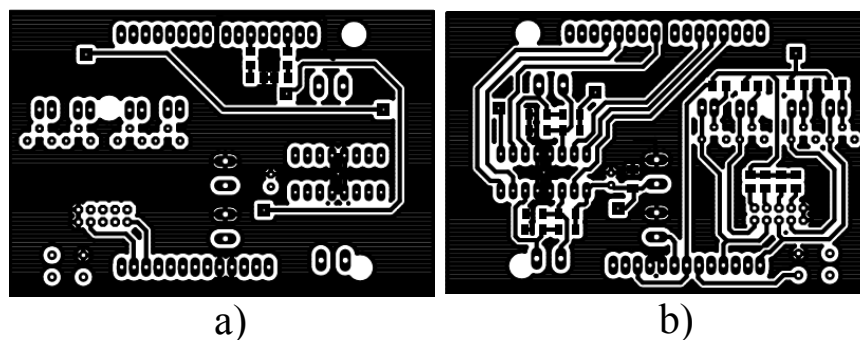


Figura 6: Shield de doble capa diseñado por el Club. a) Top b) Bottom

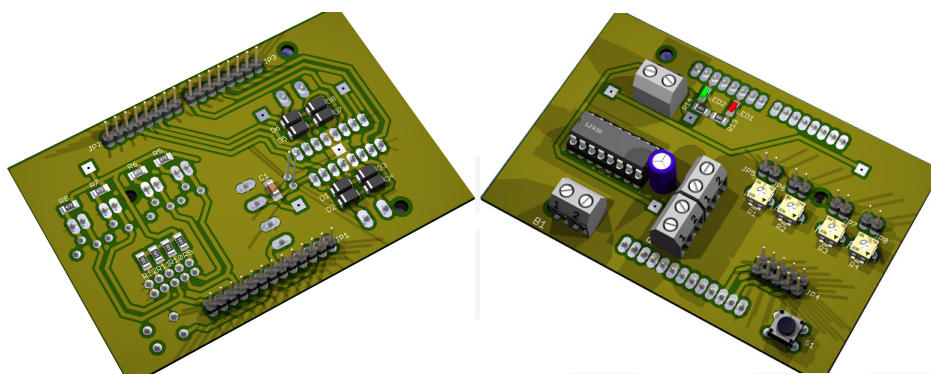


Figura 7: Diseño en 3D del Shield.

## 2.4. Bloque de sensores de reflexión

Este bloque se encuentra formado por:

- De dos a cuatro sensores reflectivos CNY70: Cada sensor cuenta con un fotodiodo y un fototransistor, con una barrera entremedio.
- Resistencias: Para fijar una corriente por el fotodiodo y para polarizar el fototransistor.

Los componentes fundamentales de este proyecto, son los sensores de reflexión. Los sensores se encuentran formados por un fotodiodo y un fototransistor interrumpidos uno de otro por una barrera. Cuando el fotodiodo conduce, la luz emitida por éste sólo activa el fototransistor si dicha luz se refleja en una superficie con buenas cualidades reflexivas, como por ejemplo, una superficie blanca. En la Figura 8 se puede apreciar un esquema del funcionamiento de los sensores.

En cada robot, se colocan de dos a cuatro sensores. Estos sensores, deben estar a una distancia máxima del suelo de unos 4 mm en condiciones nominales de funcionamiento. En particular, los sensores reflectivos utilizados por el Club son los denominados: CNY70.

Estos sensores deben polarizarse con algunas resistencias para poder medir los estados del sensor. Es decir, para decidir si el sensor *está viendo negro*, o *está viendo blanco*. El esquema de conexión de dichas resistencias,

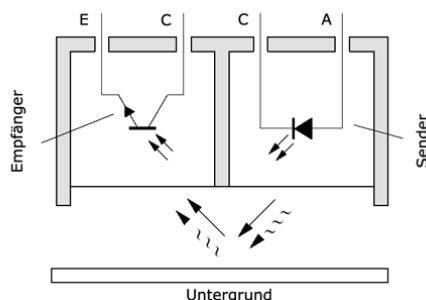


Figura 8: Esquema de funcionamiento de los sensores reflectivos.

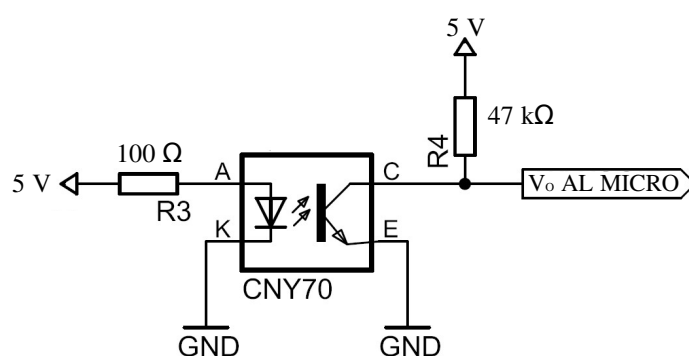


Figura 9: Esquema de polarización de los sensores reflectivos.

varía según el valor de tensión querido en cada estado del sensor. Es decir, puede elegirse un esquema de conexión tal, que cuando el sensor esté sobre una superficie no reflectiva (color negro), el estado lógico a medir sea “alto” (o cercano a  $V_{cc}$ ) y cuando esté sobre una superficie reflectiva (color blanco) el estado lógico a medir sea “bajo” (o cercano a 0 V). O se puede elegir el esquema de conexión que entrega para cada situación, el estado opuesto. En el caso de este proyecto del Club, se utilizó el esquema de la Figura 9. El PCB diseñado por el Club para utilizar los sensores puede verse en la Figura 10 y se aclara que las resistencias de polarización se encuentran en el Shield ya descrito.

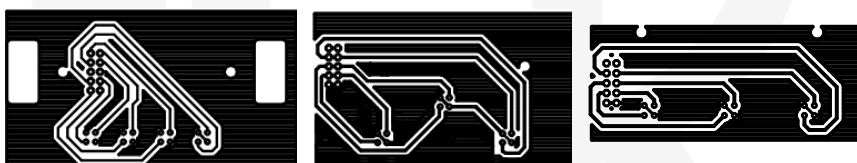
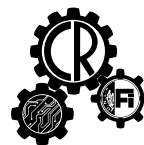


Figura 10: a) Placa para cuatro sensores b) Placa para tres sensores desalineados c) Placa para tres sensores alineados

## 2.5. Bloque de alimentación

La alimentación siempre presenta un desafío en lo respectivo a los robots autónomos ya que debe proveer energía al robot durante un tiempo coherente y a su vez, favorecer la libre movilidad del dispositivo. Para el seguidor de línea blanca se decidieron utilizar dos fuentes de tensión separadas.

- Para la alimentación de la placa ARDUINO: Cuatro pilas AA, que aportan unos 4,8 V.



- Para la alimentación de los motores de continua: Tres pilas AAA recargables que aportan unos 3,6 V o una batería de celular que aporta unos 3,7 V.

La placa de control posee una salida de 5 V regulados que se utiliza tanto para alimentar los sensores, como para alimentar la lógica del integrado L293D. Este esquema de alimentación no es definitivo, ya que en un futuro se planea alimentar todo el robot con una sola fuente de alimentación, colocando de intermedario un elevador de tensión, lo que provee un balance en cantidad de pilas (que se traduce en variación de la inercia del robot) y aprovechamiento de la energía.

### 3. Lista de componentes

Componente	Símbolo en esquemático	Cantidad	Precio unitario
Par de motores de cc		1	50
Par de ruedas		1	60
Ballcaster		1	20
Tapas de acrílico		2	12
Placa ArduinoUNO		1	250
Placa de cobre doble capa		1	8
Placa de cobre simple capa		1	7
Sensores CNY70		3	15
Tira de pines doble a 90 grados (x 40 pines)		1	8
Borneras	B1,B2,B3,B4	4	2
100 Resistencias SMD 100Ω 1206	R9,R10,R11,R12	4	6
100 Resistencias SMD 220Ω 1206	R13,R14	2	6
100 Resistencias SMD 47kΩ 1206	R5,R6,R7,R8	4	6
Led SMD 1206	LED1,LED2	2	1.5
100 Capacitor SMD cerámico 100nF	C1	1	0.5
Capacitor electrolítico 10μF	C2	1	0.2
Tira de pines (x 40 pines)	JP(1,2,3,4,5,6,7,8)	1	1.5
Switch-Pulsador botón	S1	1	0.75
Socket DIP 2x8	L293D	1	1
Integrado L293D	L293D	1	30
<b>Total</b>			<b>\$ 577</b>

Cuadro 1: Lista de componentes para construir un seguidor de líneas.

Notas:

1. Lo más costoso del proyecto es la placa ARDUINO aunque cabe destacar que una vez adquirida, sirve para muchísimas otras aplicaciones.
2. Los motores son *Tamiya 70168 Double Gearbox Kit* comprados en [www.pololu.com](http://www.pololu.com) aunque puede utilizarse cualquier tipo de motor de cc.
3. El par de ruedas es *Tamiya 70145 Narrow Tire Set* también de [www.pololu.com](http://www.pololu.com) aunque pueden utilizarse cualquier tipo de ruedas compatibles con los motores utilizados.
4. El ballcaster es *Pololu Ball Caster de media pulgada con bola metálica* de [www.pololu.com](http://www.pololu.com) aunque no necesariamente debe usarse este modelo específicamente.
5. Los integrados L293D pueden adquirirse pidiendo muestras gratis en [www.ti.com](http://www.ti.com).