

# Diseño y construcción de un robot minisumo

## Design and construction of a mini-robot sumo

**Carlos Andrés Clavijo V.\***

### **Resumen**

---

Este escrito presenta los resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada por el semillero de investigación en robótica móvil (*Sibot*), mediante la cual se diseñó y construyó un robot minisumo para la participación en concursos nacionales e internacionales. Diseño apoyado por una plataforma para que los demás estudiantes del programa de Mecatrónica puedan interrelacionar los conocimientos adquiridos durante el ciclo de técnico profesional en Mecatrónica y en Electrónica Industrial.

**Palabras clave:** *mecatrónica, robótica, mini-sumo.*

### **Abstract**

---

This paper presents the results obtained throughout the investigation done by the hotbed of research in mobile robotics (*Sibot*), resulting in the design and construction of a mini-sumo robot for participation in national and international competitions. This design is being supported by a platform for helping students from mechatronics programme to interrelate the knowledge acquired during their professional technical cycle in mechatronics and industrial electronics.

**Key words:** *mechatronics, robotics, mini-sumo.*

\* Estudiante de Mecatrónica Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Correo electrónico: A.andresclavijo@hotmail.com.

## 1. Introducción

El proyecto consiste en diseñar y construir un robot minisumo para la participación en concursos de índole nacional e internacional. El robot cuenta con cuatro sensores infrarrojos Sharp, cuya función es la localización del contrincante. Para el control de los motores, se utilizó un driver L293d y un microcontrolador Arduino nano, que toma los datos obtenidos por el sensor y realiza una rutina.

**Justificación:** Estimular la creatividad e iniciativa de los jóvenes de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central para potenciar sus habilidades y conocimientos en la electrónica, mecánica y programación aplicada a la minirobótica.

**Objetivo general:** Construir un robot minisumo mediante la interrelación de los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Programación, Microcontroladores y Tecnología Mecánica, para la participación en torneos nacionales e internacionales.

### Objetivos específicos

- Reconocer las áreas de la Mecatrónica involucradas en el desarrollo de robots móviles de tipo luchador minisumo.
- Determinar los diferentes diseños y modelos óptimos para la construcción de un robot luchador minisumo.
- Analizar las diferentes variables involucradas en el funcionamiento del robot luchador minisumo.
- Identificar los componentes electrónicos óptimos para la construcción de los robots móviles de tipo luchador minisumo.

## 2. Metodología

**FASE I.** Revisión documental mediante la indagación en libros, revistas, trabajos de grado, documentos y fuentes externas, con el fin de reconocer la situación actual y desarrollo de los robots luchadores minisumo.

**FASE 2.** Simulación y construcción: Determinando las diferentes variables involucradas en el desarrollo del robot, se realizó la simulación del circuito electrónico, el algoritmo de control y el modelamiento en un *software* de diseño asistido por computador (CAD).

**FASE 3.** Prueba y validación: El robot fue sometido a diversas pruebas de funcionamiento en el lugar establecido para el combate, para comprobar su desempeño y así analizar las posibles fallas y fortalezas del diseño.

**FASE 4.** Pruebas de campo y evaluación del proyecto: Durante la fase de socialización del trabajo y gracias a la participación del proyecto en eventos locales, nacionales e internacionales de índole académico y competitivo, se comprobó el buen funcionamiento contra otros robots de la misma categoría.

## 3. Desarrollo del robot

Los diferentes componentes que se emplearon en el diseño y construcción de un robot son variados y cada uno de ellos cumple una función determinada o específica. Se deben tener presentes los componentes óptimos que estén disponibles en el mercado; estos componentes varían el funcionamiento según la configuración que se les da: Cada pieza o componente del robot debe acoplarse perfectamente al diseño mecánico con el propósito de no dejar cableado suelto; además, los sensores deben estar calibrados y con un ángulo de 5° con respecto a la horizontal.

### 3.1 Diseño mecánico

Para tener una idea más clara sobre las dimensiones de este robot y los componentes utilizados, lo primero que se debe hacer es un modelado mecánico de las piezas que se van a incorporar al sistema; esta tarea se realiza con el fin de poder optimizar el espacio en el que irán colocados los componentes. Por otra parte, es conveniente realizar simulaciones en un programa de diseño CAD, como SolidWork (figura 1). Este *software* permite incorporar sistemas electrónicos y mecánicos, como sensores, cables, baterías y demás circuitos integrados que estén en las librerías.

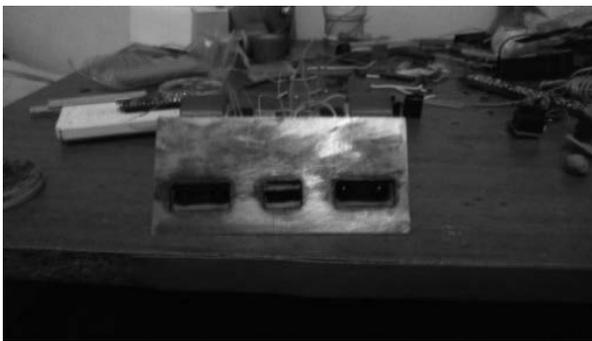


**Figura 1.** Resultados de diseño.  
Fuente: autor

Las figuras 2 y 3 muestran el ángulo de inclinación que debe tener la pala; en este caso, el ángulo es de 45°. Este ángulo puede variar dependiendo del tipo de diseño que se quiera realizar, por tanto, se recomienda que este ángulo esté por debajo de los 45° para que pueda levantar al robot enemigo.

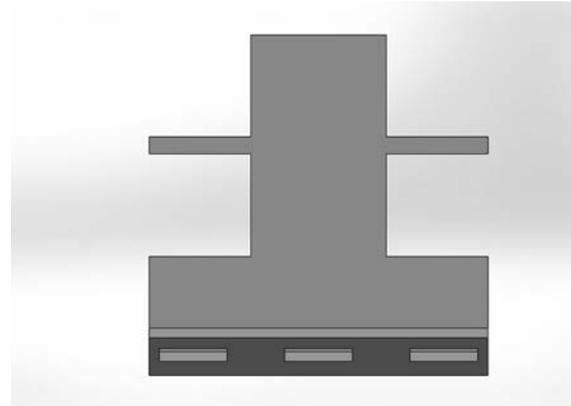


**Figura 2.** Resultados de diseño.  
Fuente: autor



**Figura 3.** Resultados de diseño mecánico.  
Fuente: autor

Se implementó un sistema de detección con tres sensores en la parte frontal del mecanismo, con el fin de lograr una mayor precisión a la hora de detectar el adversario; estas aberturas tienen un huelgo con respecto al perímetro del sensor de 0,2 mm (figuras 4 y 5).



**Figura 4.** Resultados de diseño.  
Fuente: autor



**Figura 5.** Resultados de diseño mecánico.  
Fuente: autor

El diseño cuenta con la capacidad para funcionar con cuatro motores o dos motores, dependiendo del tipo de configuración que se desee.

Cálculos de mecanismos: La fricción se produce en la interfaz entre el robot y dohyo, y tiene un efecto importante en la capacidad de impulsar, así como la resistencia a ser empujado.

El torque es una fuerza de rotación, variable importante que se debe tener en cuenta, la cual da una variable de impulso a través de las ruedas del robot.

Impulso o energía cinética: Se almacena la energía en relación con la velocidad del movimiento y la masa. Se puede modificar y maximizar la energía para que pueda ser entregada como una fuerza adicional de empujar.

Rn	= Mg = 0,5 kg x 9,81 m / S <sup>2</sup>
	= 4,9 Kgm / S <sup>2</sup>
	Esta unidad de kgm/S <sup>2</sup> es simplificar los cálculos de Newton denota con la letra N.
Rn	= 4,9 N

**Tabla 1.** Fuerza de rozamiento

Fuente: autor

Para empezar a mover este bloque sobre la superficie se aplica una fuerza (P), que tiene que superar la fuerza de fricción que se opone al movimiento. La fuerza de fricción (F) es proporcional

a la fuerza de reacción (R<sub>N</sub>). Si la masa se duplica, la fuerza de fricciones se dobla.

$$F/R_N = \text{una constante } (\mu)$$

Esta constante se llama coeficiente de fricción, y varía para los pares de la superficie del material, a menudo llamados parejas de fricción. El coeficiente de fricción tiene dos valores: estáticas y dinámicas. La fricción estática se produce antes de que un objeto comience a moverse y, por lo general, es ligeramente superior a la cinética, la fricción (tabla 2).

	Estático ( $\mu_s$ )	Cinética ( $\mu_k$ )	
Madera-Madera	0,25 a 0,5	0,2 a 0,3	Teniendo en cuenta la fricción estática en un dohyo de madera con madera y base de goma contra los robots $F_{\text{(de madera)}} = \mu_{sN} R = 0,5 \times 4,9 = 2,45 \text{ N}$ $F_{\text{(de goma)}} = \mu_{sN} R = 0,9 \times 4,9 = 4,41 \text{ N}$
Goma-Madera	0,9	0,7	
Metal-Madera	0,2 a 0,6		

**Tabla 2.** Resultados de cálculos

Fuente: autor

Si se calcula de nuevo con los valores cinéticos de  $\mu$  -que se puede ver que una vez que un robot comienza a deslizarse-, se necesita menos fuerza para mantenerlo en movimiento. Este modelo es demasiado simple; pero aplicado a una forma más convencional del robot, nos ayudará a mejorar la capacidad de empuje.

Par (T) = Fuerza (F) x Distancia (d) se mide en Nm.

Se puede calcular la fuerza con la que empuja a lo largo del dohyo, con la resultante del par del motor o del par resultante del robot. Hay límites que podríamos considerar para maximizar el par motor o el punto en que la fricción es más de venir y que las ruedas empiecen a deslizarse (tabla 3).

Fuerza (F) = Par (T)/Rueda de radio (r)
Par (T) = Fuerza (F) x radio de la rueda (r)

**Tabla 3.** Resultados de análisis

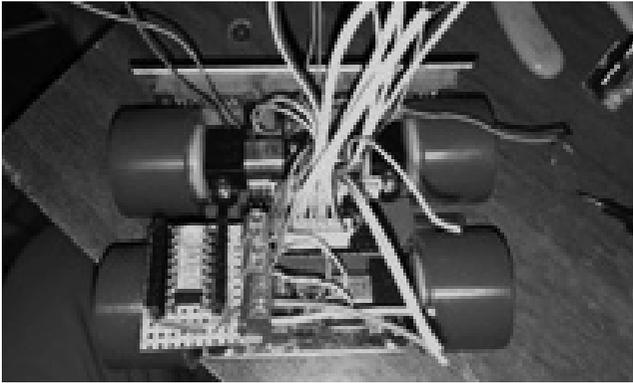
### 3.2 Diseño electrónico

Una vez obtenida la estructura mecánica, se procedió con el ensamblaje de las llantas -especialmente diseñadas para la fricción en madera-, así mismo, con la incorporación de los cuatro motores Pololu 100:1 (figuras 6 y 7).



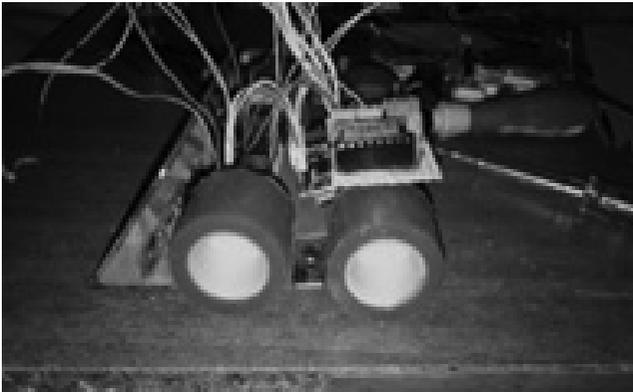
**Figura 6.** Resultados de ensamble.

Fuente: autor



**Figura 7.** Resultados de ensamble.  
Fuente: autor

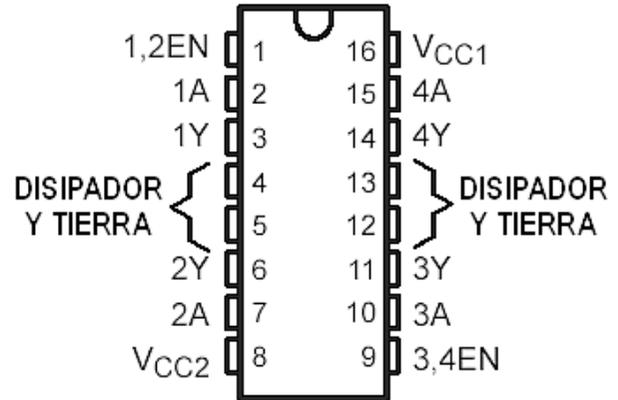
Se continuó con el montaje del Puente h L293D, con el cual se pretende controlar los motores, y se incorpora al sistema el microcontrolador Arduino nano con los respectivos sensores Sharp 10 a 80 cm (figura 8).



**Figura 8.** Resultados de ensamble.  
Puente H L293D. Conexiones  
Fuente: autor

16

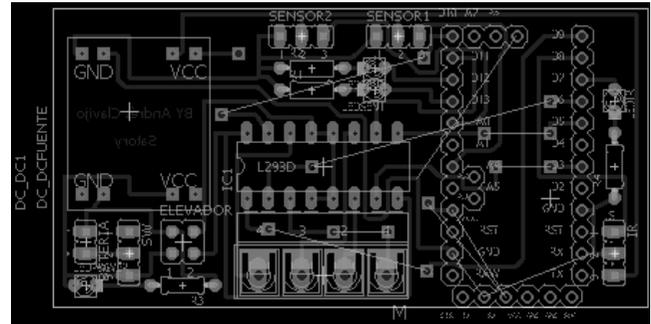
El integrado L293D incluye cuatro circuitos para manejar cargas de potencia media, en especial pequeños motores y cargas inductivas, con la capacidad de controlar corriente hasta 600 mA en cada circuito y una tensión entre 4,5 V a 36 V. El integrado permite formar, entonces, dos puentes H completos, con los que se puede realizar el manejo de dos motores. En este caso el manejo será bidireccional, con frenado rápido y con posibilidad de implementar fácilmente el control de velocidad (figura 9).



**Figura 9.** Disponible en <https://alonsodub.wordpress.com/2012/06/08/control-de-motor-cc-velocidad-y-direccion/>

### Conexiones

En la figura 10 se muestra la PCB en el *software* Eagle con las conexiones de motores, sensores y batería.



**Figura 10** Resultados de diseño electrónico.  
Fuente: autor

Los sensores Sharp producen una salida analógica que varía de 3,1 V a 10 cm a 0,3 V a 80 cm.

Sobre la base de “valores típicos” de Sharp, la fórmula para traducir SensorValue a Distancia (la fórmula solo es válida para una SensorValue entre 80 a 500) es:

$$\text{Distancia (cm)} = 4.800 / (\text{SensorValue} - 20)$$

Este sensor puede encontrar la distancia a los objetos que presentan un borde muy estrecho tal como en una pared con un ángulo muy agudo. Para la calibración de los sensores se debe tener presente la figura 11.

### 3521\_0 Sharp Distance SEnsor 2Y0A21 Accuracy

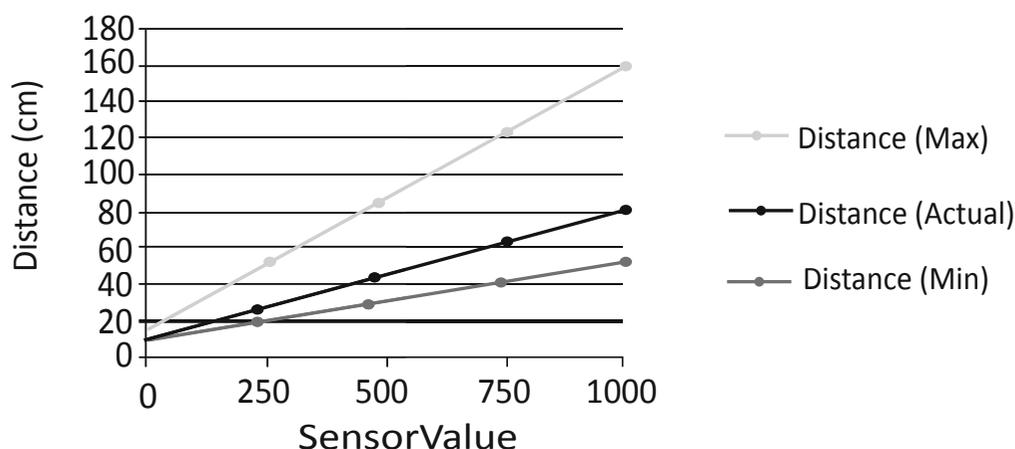


Figura 11. Disponible en <https://www.pololu.com/product/136>.

Todas las mediciones se basan en los datos proporcionados por Sharp, que utiliza una tarjeta de calibración 27, el 90 % de reflectancia. Sobre la base de la fórmula, se realizaron pruebas a una distancia mínima y máxima con la tarjeta.

### Funcionamiento del puente H

En la tabla 4 se muestran los movimientos que realiza el robot según sea la detección de los sensores.

S1	S2	S3	S4	Resultado
1	0	0	1	El motor gira en <i>avance</i>
0	1	1	0	El motor gira en <i>retroceso</i>
0	0	0	0	El motor se detiene bajo su inercia
1	0	1	0	El motor frena ( <i>fast-stop</i> )

(S1-4 referidos a los diagramas)

Tabla 4. Resultados de diagrama

Fuente: autor

### 3.3 Diseño del software

Para el diseño del *software* se usa una plataforma IDE Arduino, cuyo lenguaje de programación es Wuidin.

Esta plataforma permite programar fácilmente y poder visualizar en tiempo real los sensores.

### Diagrama de flujo

Para poder programar, lo primero que se debe hacer es un diagrama de flujo, con el fin de facilitar el proceso de escribir el código (figura 12).

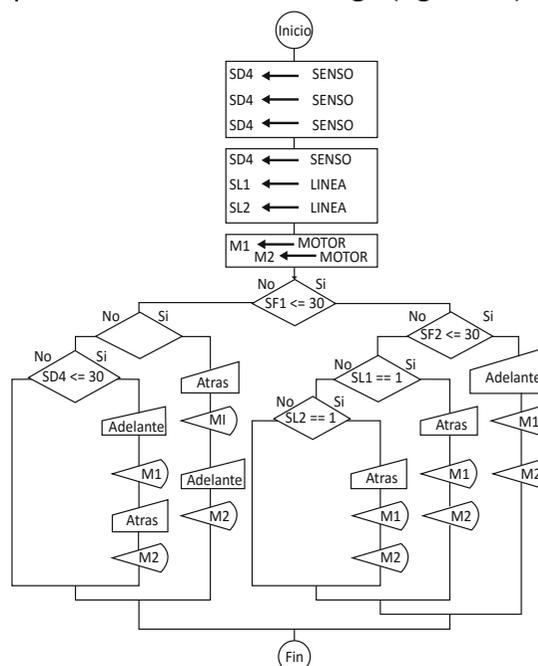


Figura 12. Resultado de algoritmo de programación.

Fuente: autor

### El área de competencia

Se entiende por área de combate el espacio formado por la tarima de juego o *ring* y un espa-

cio denominado área exterior de seguridad, que se encontrará alrededor de la tarima. La tarima o *ring* será de forma circular y su superficie de madera será pintada de negro. Tendrá 77 cm de diámetro y se encontrará a una altura de entre 3 y 4 cm respecto del suelo. Para señalar el final del *ring*, este contará con una franja pintada de blanco de 2,5 cm de ancho. En el centro se encontrarán dos líneas “Shikiri” marrón oscuro de 2 cm de ancho y 10 cm de largo paralelas y separadas 10 cm entre sí aproximadamente, con el fin de marcar la posición y distancia iniciales a las que deben estar los robots entre sí en el inicio del combate. El área exterior de seguridad tendrá un ancho mínimo de 1 m, podrá ser de cualquier color y no existirán personas ni objetos dentro de ella (figura 13).



**Figura 13.** Disponible en <http://robogames.net/rules/all-sumo.php>.

#### 4. Conclusiones

Se construyó un prototipo de robot minisumo mediante las áreas comprendidas en la ingeniería mecatrónica con un alto rendimiento y una estructura óptima.

Se implementó un robot luchador de mini-sumo de funcionamiento autónomo que se destaque por su desempeño en concursos académicos y, adicionalmente, por ser una plataforma de ensayo de los conocimientos investigados en el área de la robótica móvil.

Se logró llegar al tercer puesto en Colombia (*Robomatrix*), lo que permitió la acreditación para ir a competir en Rumania (*Infomatrix*), en donde se alcanzó a ubicar entre los 15 mejores de Europa.

Se motivó a los estudiantes de la ETITC para que participaran en estos eventos; en la actualidad ya hay ocho robots minisumo altamente competitivos.

Se consolidó como un éxito total al competir en *Runibot* Colombia: sexto a nivel de Latino América, donde participaron 86 robots.

Se siguen haciendo mejoras estructurales y de diseños electrónicos, con el fin de poder participar en RoboGamens, USA.

#### 5. Referencias bibliográficas

- A, O. B. (2007). *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Alfaomega.
- Craig, J. (2007). *Robótica*. Prentice-Hall.
- Ferre M, B. M. (s. f.). *Springer Tracts in Advanced robotics*. 2007.
- Giamarchi, F. (2001). *Robots móviles. Estudio y construcción*. Ediciones Paraninfo, S. A.
- Marcombo, F. R. (2011). *Robótica: control de robots Manipuladores*.
- Margolis, M. (2010). *Arduino CookBook*.
- Osborne, M.H. (2002). *Robot sumo*.
- Ponce Cruz, P. (2011). *Control de robots manipuladores*.
- Robotics manipulators y robots móviles*. (2007). Marcodo.
- Siegwart R, N. I. (2004). *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. The MIT.