

Diseño y construcción de dos robots escaladores con normativas técnicas del Concurso Ecuatoriano de Robótica

Toca Luis¹; Maiquiza Néstor²

¹ Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, Quito-Ecuador, luis.toca@istvidanueva.edu.ec

² Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, Quito-Ecuador, nestor.maiquiza@istvidanueva.edu.ec

Resumen: En este artículo se analizara el diseño y construcción de dos robots escaladores de paredes metálicas con las especificaciones técnicas del Concurso Ecuatoriano de Robótica en el cual se analizara dos diferentes estructuras y formas de tracción para el desplazamiento en forma vertical en paredes metálicas de una altura de dos metros. Los robots serán completamente autónomos y se detallar los elementos electrónicos y mecánicos diseñados para la obtención de una estructura con un motor de tracción y otra estructura con dos motores de tracción diferencial.

Palabras clave: Robot, escalador, tracción, motor, paredes, autónomo.

Design and construction of two climbing robots with technical regulations of the Concurso Ecuatoriano de Robótica

Abstract: In this article, the design and construction of two metal wall climbing robots will be analyzed with the technical specifications of the Ecuadorian Robotics Contest in which two different structures and forms of traction for vertical displacement in metal walls of a height of two meters. The robots will be completely autonomous and the electronic and mechanical elements designed to obtain a structure with a traction motor and another structure with two differential traction motors will be detailed.

Keywords: Robot, climber, traction, motor, walls, autonomous.

1. INTRODUCCIÓN

La robótica es una rama de la ingeniería que se ocupa del diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots. Un robot escalador es un agente artificial mecánico usado para realizar diversas tareas, programado a través de una computadora. (Carter, 2006)

Ha surgido la necesidad de crear máquinas que ayuden al hombre a realizar trabajos con mayor eficacia y precisión, en el sector industrial demanda la elaboración de robots con características específicas para determinadas tareas de supervisión,

inspección y mantenimiento en zonas de difícil acceso.

Los robots escaladores permiten realizar trabajos que es complicado realizar por el ser humano, ya que ha posibilitado la reducción de costos y riesgos en el área industrial y de construcción, por lo cual el estudio de su elaboración tiene una gran importancia para el avance tecnológico. (Cuartielles, 1999)

En el año 1990 en el país de los Estados Unidos los primeros genios de la robótica de la universidad de California realizan un estudio para diseñar y construir los primeros robots escaladores, que tienen la capacidad de subir a lo largo de diversas estructuras, para realizar trabajos en áreas que son

1. Ingeniero en Electrónica y Control, luis.toca@istvidanueva.edu.ec
2. Tecnólogo en Electromecánica, Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, nestor.maiquiza@istvidanueva.edu.ec

peligrosas o de difícil acceso, por ejemplo, en la inspección y mantenimiento de puentes, antenas de comunicación y al interior de estructuras de la industria nuclear.

A menudo, las estructuras metálicas se componen de una serie de vigas que se juntan mecánicamente, y se puede representar con elementos prismáticos alargados de sección y de dimensión variable. En muchos casos, se ha sugerido utilizar robots trepadores con cuerpos articulados y patas múltiples como medio de desplazamiento. Muchos de estos robots se diseñan para subir y trabajar en paredes o tuberías. Algunas de las soluciones propuestas son mecánicamente muy complejas, y requieren un alto nivel del desarrollo y de la elaboración para el control de su cinemática. (Jacker, 2013)

2. TIPOS DE ROBOTS ESCALADORES

La principal característica de un robot escalador es movilizarse en superficies inclinadas, superficies verticales o lugares donde debe adherirse. Estos se diferencian unos a otros debido a su arquitectura y principalmente por su sistema de adhesión que depende estrictamente del área donde va a desplazarse.

2.1. Robot escalador Rower: Este robot cuadrúpedo de patas tipo SCARA fue desarrollado en el año 1997 para realizar soldaduras del doble fondo de los barcos ya que las malas condiciones de trabajo de los operarios como concentraciones de humo, oscuridad y la imprecisión de la soldadura permitieron resolver el problema con la construcción de un robot que posee un manipulador de seis grados de libertad para manipular la antorcha de soldadura. Además de poseer un sistema de visión estereoscopia y una estación de control para vigilar los parámetros de soldadura. (Lopez, 2001)



Figura 1. Robot Rower entre celdas interiores de un barco

Fuente:

<http://Jacker2013.udlap.tales/documentos/capitulo3.pdf>

2.2. Robot escalador Rest 1: Fue construido en el año 1997 al igual que el Rower para facilitar labores de soldadura en las caras planas de los buques que se encuentran en el casco interior. Este robot no utiliza ventosas en sus patas sino más bien electroimanes lo que permite adherirse al casco del barco; tienen seis patas. (Malise, 2012)



Figura 2. Robot Rest-1 superficie magnética

Fuente:

<http://Jacker2013.udlap.tales/documentos/capitulo3.pdf>

2.3. Robot escalador Rest-2: Este robot es de menor peso que su antecesor, sus patas constan de dos eslabones con un extremo común donde contiene una articulación prismática. Cada extremo libre de un eslabón se desplaza de forma horizontal a lo largo del robot, si los dos lados se desplazan al mismo sentido el robot puede desplazarse adelante o atrás, en cambio si es en sentido contrario este podrá girar. Las patas en sus terminales contienen electroimanes que permiten adherirse a las paredes metálicas. Poseen cuatro patas, la dimensión aproximada de este robot es de 800 x 360 x 250 mm con un peso de 400kg. (Morrison, 2009).



Figura 3. Robot Rest-2

Fuente: <http://Jacker2013.udlap.tales/documentos/capitulo3>

2.4. Robot escalador Rosy: Robot Sistem de Yberle Alemania, es un escalador de superficies que se desplaza por medio de una copa de succión. La función es de limpiar, inspeccionar y pintar ya que posee un completo kit de herramientas montables. Sus movimientos son precisos y controlados por un ser humano. (Norton, 2015)



Figura 4. Robot Rosy pinta superficies

Fuente: (Valero, 2011)

3. DISEÑO ELECTRÓNICO

En el diseño electrónico se explicará los principales componentes y circuitos implementados para la creación y funcionamiento de los robots escaladores.

3.1. Micromotor con caja reductora: Estos motores tienen una caja reductora, las relaciones de éstas las hay en una amplia gama desde 5:1 hasta 1000:1 y existe cuatro tipos de motores: alta potencia con escobillas de carbón (HPCB), alta potencia (HP), media potencia (MP) y de baja potencia. La alimentación de estos motores está entre 3 a 9 V.



Figura 5. Micromotor 50:1 HP con caja reductora

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Micromotor con caja reductora plástica: Este motor DC posee una caja reductora plástica integrada que le permite entregar un buen torque en un tamaño pequeño y bajo voltaje. La carcasa del motor es de plástico resistente, no tóxico y de color amarillo. Estos motores son ideales para proyectos de robótica móvil como robots seguidores de línea, robots escaladores y robots velocistas. (Paltan, 2008)



Figura 6. Micromotor con caja reductora plástica

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Drive de motor TB6612FNG: Es un controlador (driver) de motor que permite manejar dos motores de corriente continua a una corriente constante de 1.2A y (pico de 3.2A) desde la placa arduino o cualquier microcontrolador, variando tanto la velocidad y el sentido de giro. (Patterson, 2014)



Figura 7. Driver TB6612FNG

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Arduino Nano: Es un dispositivo o tarjeta pequeña programable completa y compatible con protoboards, basada en el microcontrolador. Tiene

14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Posee las mismas capacidades que un Arduino UNO, tanto en potencia del microcontrolador como en conectividad, solo se ve recortado en su conector USB, conector jack de alimentación y los pines cambia un formato de pines header. (Perez, 2015)



Figura 8. Arduino Nano
 Fuente: Elaboración Propia

3.5. Imanes de Neodimio: Es un imán permanente que produce un campo magnético que atraen o repelen a los metales a través de sus polos norte y sur, son hecho de una aleación de neodimio, hierro y boro para ser potentes.



Figura 9. Imanes de Neodimio
 Fuente: Elaboración Propia

3.6. Circuito Implementado: Aquí se detallara la forma de conexión de los elementos para el funcionamiento de cada uno de los robots a los cuales se les dio el nombre de Rize y Rollye.

3.6.1. Circuito electrónico del robot Rize: En el diseño de la placa Arduino se realiza las conexiones de los pines de entrada y salida de los componentes que son:

- Pin A0 conexión hacia el led 1.
- Pin A1 conexión hacia el led 2.
- Pin VIN y GND fuente de alimentación de la batería para el Arduino.
- Pin D3 conexión hacia el pin PWMA del driver.
- Pin D4 conexión hacia el pin AIN2 del driver para el terminal uno del motor.
- Pin D5 conexión hacia el pin AIN1 del driver para el terminal dos del motor.

- Pin D6 conexión hacia el pin STBY del driver.
- Pin D11 conexión hacia la resistencia.
- Pin D12 conexión hacia el pulsador.
- Pin GND tierra del circuito.
- Pin 5V voltaje de alimentación.

A continuación se muestra el diagrama implementado para el robot Rize.

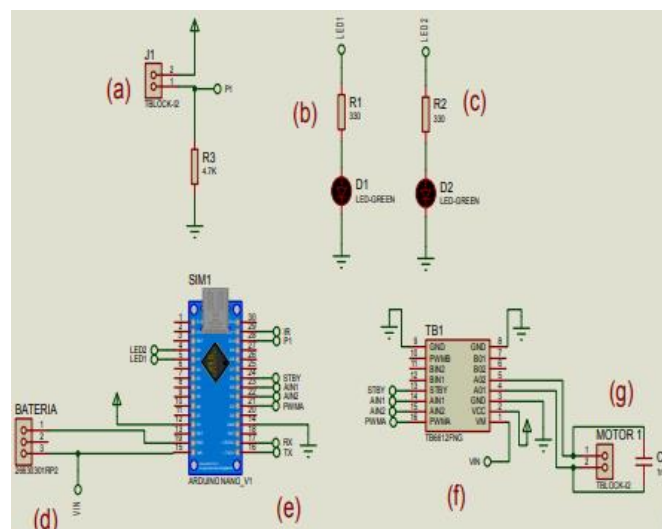


Figura 10. Conexión de los sensores hacia el Arduino
 Diagrama esquemático del robot escalador Rize. (a). Pulsador. (b). Resistencia. (c). Leds. (d). Batería. (e). Arduino. (f). TB6612FNG. (g). Micromotor.

Fuente: Elaboración propia

Al tener el diseño electrónico se realiza la PCB como se muestra en la siguiente figura.

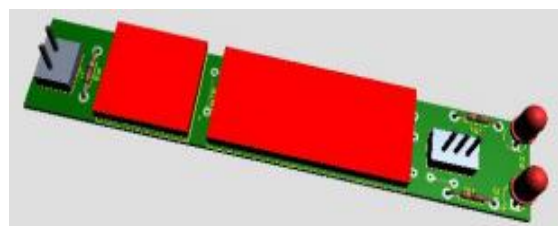


Figura 11. Pcb del robot Rize
 Fuente: Elaboración Propia

3.6.2. Circuito electrónico del robot Rollye: Para la implementación del circuito de este robot se utiliza las mismas conexiones anteriores incrementadas tres pines para el manejo del segundo motor.

- Pin D9 conexión hacia el pin PWMB del driver.
- Pin D8 conexión hacia el pin BIN2 del driver para el terminal uno del motor.
- Pin D10 conexión hacia el pin BIN1 del driver para el terminal dos del motor.

A continuación se muestra el diagrama implementado para el robot Rollye.

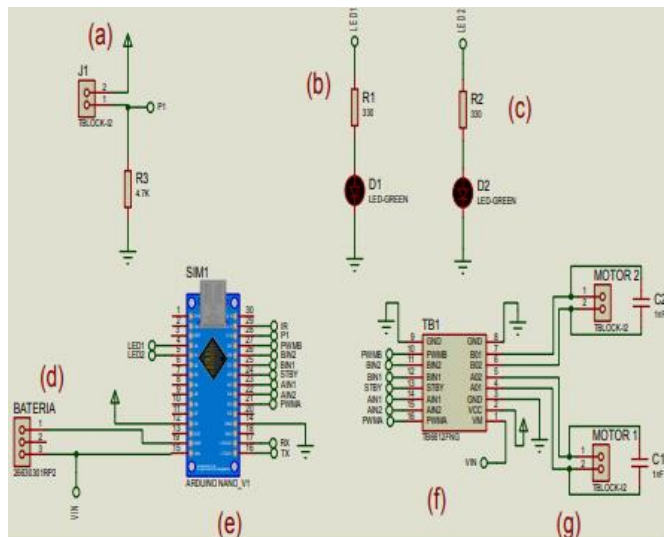


Figura 12. Diagrama esquemático del Robot Escalador Rollye. (a). Pulsador. (b). Resistencia. (c). Leds. (d). Batería. (e). Arduino. (f). TB6612FNG. (g). Micromotores.

Fuente: Elaboración propia

Al tener el diseño electrónico se realiza la PCB como se muestra en la siguiente figura.

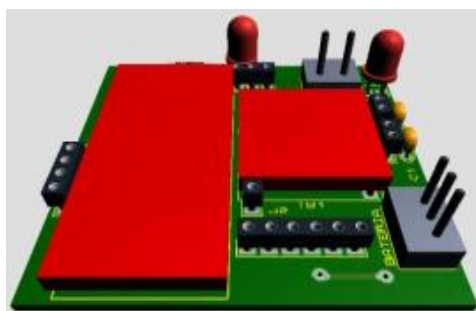


Figura 13. Pcb del robot Rollye
 Fuente: Elaboración Propia

4. DISEÑO MECÁNICO

Dentro del diseño mecánico se detallara las piezas creadas para cada uno de los robots y sus estructuras.

4.1. Diseño mecánico del robot Rize: El primer robot escalador está dividido en tres partes principales, estas serán diseñadas en el programa SolidWorks ya que este permite dimensionar cada una de las piezas.

4.1.1. Soporte principal: El soporte principal del robot escalador 1 está diseñado a una medida de 120 mm de largo, 29 mm de ancho y 33 mm de altura para que el motoreductor ingrese dentro del soporte y quede fijo para realizar el movimiento de las demás piezas, además de esto se incorporara la fuente de energía y la placa electrónica que ira cubierto encima del soporte, la altura total del robot es de 53mm. En la figura 14 se muestra el diseño del soporte.

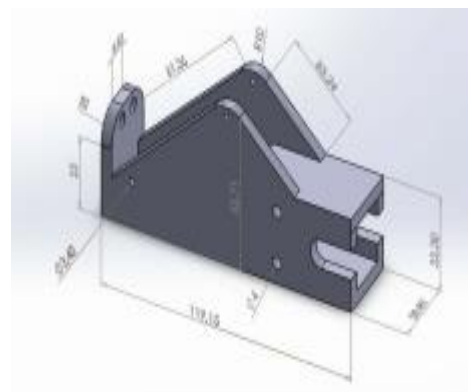


Figura 14. Estructura Principal
 Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Extremidades: Las extremidades están diseñadas a una medida de 38 mm de altura con un diámetro de 8 mm a cada lado como se puede ver en la Figura 15.

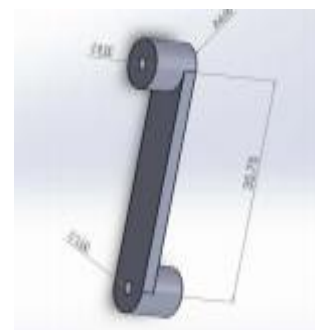
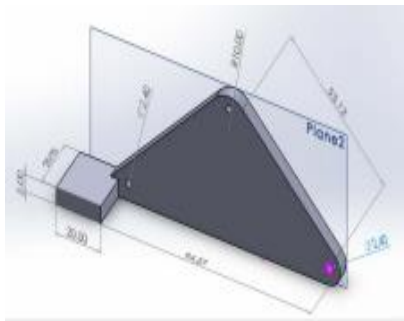


Figura 15. Extremidades de sujeción
 Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Patas: Las patas del robot tendrán una dimensión de 115 mm, con una altura de 50 mm; el diámetro interno del orificio es de 2 mm para

4.2. Diseño mecánico del robot Rollye: Este robot usa el sistema de locomoción diferencial para su funcionamiento, por lo cual se diseña la parte estructural para que dé soporte a dos motores y los demás componentes del robot.



Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Cuerpo Principal: El cuerpo principal se diseña para montar dos motores y dar el movimiento a las ruedas, también irá la placa electrónica y la fuente de energía. Tiene una medida de 78 mm de largo, 55 mm de ancho y 3 mm de diámetro para los pernos de sujeción. En la figura 19 se muestra las dimensiones del cuerpo principal.

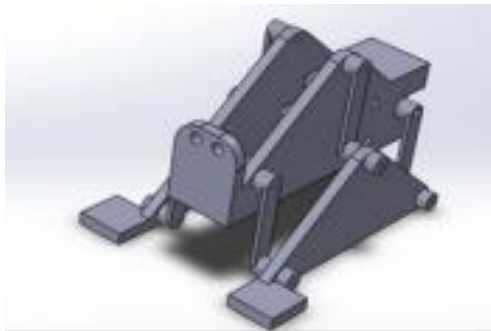


Figura 17. Robot Rize en SolidWork
Fuente: Elaboración Propia

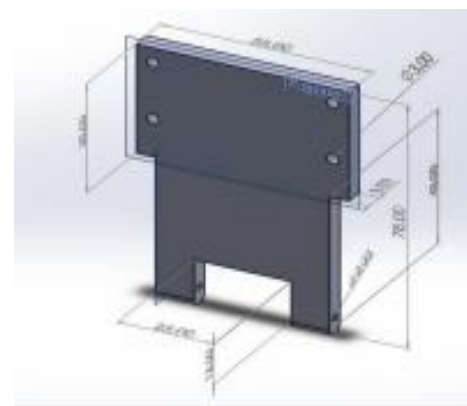


Figura 19. Soporte principal del robot Rollye
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Ruedas: Las ruedas son diseñadas de acuerdo a las medidas del tamaño del cuerpo principal, ya que en los cuatro lados de las ruedas se implementará las tiras de plástico con sus respectivos imanes, y el diámetro de las ruedas debe coincidir con la medida del diámetro de la barra del micromotor. En la figura 20 se puede observar el diseño de las ruedas.



Figura 18. Robot Rize
Fuente: Elaboración Propia

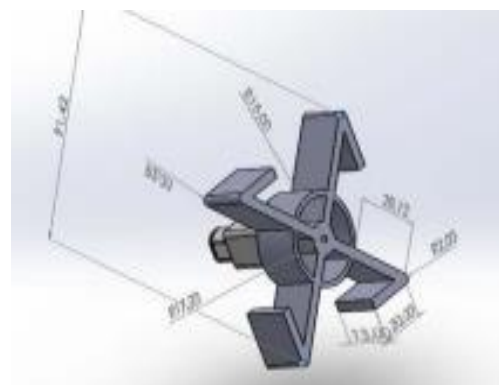


Figura 20. Ruedas del robot Rollye en SolidWoork
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 21 se muestra el diseño completo del robot escalador Rollye.



Figura 21. Robot Rollye en SolidWork
 Fuente: Elaboración Propia

Ya con el diseño completo se realizó la impresión de la estructura y el armado. Finalmente se les añadió a las patas mediante un plástico los imanes de neodimio los cuales permitirán la sujeción a la pared metálica. En la figura siguiente se muestra el diseño final del robot.



Figura 21. Robot Rollye
 Fuente: Elaboración Propia

5. ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN

En los algoritmos se explicara la lógica de programación implementada para el funcionamiento de cada uno de los robots.

5.1. Programación del robot Rize: Para la programación de este robot se tomó en cuenta que usa un solo motor para el desplazamiento de sus patas, por lo cual se diseñó un algoritmo que al presionar un pulsador de inicio este encienda el motor dc a una velocidad de 120 del PWM que

permite manejar el Arduino de esta manera mueve sus extremidades y se desplaza.

5.2. Programación del robot Rolley: Para la programación de este robot al tener dos motores y que cada uno maneja una de sus extremidades. Se creó un programa el cual al presionar un pulsador se envié la velocidad de 120 de PWM al motor A y 130 de PWM al motor B, de esta manera permitiendo el desplazamiento en línea recta.

6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Dentro de las pruebas se puso a pruebas los prototipos en una pared metálica de un metro para medir los tiempos que se demora en subir. Y se realizó una comparativa de las características técnicas de cada uno.

6.1. Características técnicas de cada robot: Aquí se mostrara las características de Ancho, largo y peso que los prototipos tuvieron al finalizar su construcción. En las siguientes tablas se detalla cada una.

Tabla 1: Características técnicas del robot Rize

	Medida
Largo	200mm
Ancho	29mm
Peso	0.5kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Características técnicas del robot Rollye

	Medida
Largo	78mm
Ancho	55mm
Peso	0.5kg

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en ambos robots se tuvo un peso igual. Pero las dimensiones variaron en ancho y largo.

6.2. Tiempo de subida de los robots: después de realizar la calibración de cada uno de los robots se tomó los mejores tiempos de cada uno en escalar una pared de un metro de altura para hacer una

comparativa e identificar la estructura que tuvo un mejor desempeño. A continuación se muestra la tabla de datos obtenidos y la figura de la pared metálica en la que se realizó las pruebas.



Figura 22. Pared metálica para pruebas
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Tiempos de subida de cada robot

	Rize	Rollye
Tiempo (s)	7.15	5.30

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el robot Rollye tuvo un mejor tiempo al escalar la pared metálica ya que este al poseer dos motores tenía mayor torque para desplazar todo su peso. Pero este robot tiende a desplazarse de forma inclinada ya que los motores no giran a la misma velocidad.

En cambio el robot Rize aunque tuvo un tiempo mayor en el escalar la pared metálica este siempre se desplaza en línea recta ya que sus dos ejes están unidos al mismo motor evitando que se incline.

7. CONCLUSIONES

- El micromotor pololu (12 V) de engranajes metálicos, fueron los que dieron mejores resultados para el giro de las ruedas ya que son livianos de alta potencia a 250 RPM y 100 mA sin carga esto ayuda al robot que sea más rápido al momento de escalar la pared

metálica para que pueda competir en los torneos de robótica.

- De acuerdo al estudio técnico realizado se utilizó el Arduino Nano que es una versión más pequeña del Arduino Uno ya que posee un micro controlador ATMEGA 328, tiene una memoria flash de 32 KB, tiene 2KB de memoria RAM y posee una memoria EPROM DE 1KB que sirve para almacenar datos; y subir la programación del trabajo del robot.
- Para la impresión del diseño mecánico de los robots escaladores se utilizó el material PLA, este es un plástico resistente y duro ya que las piezas están expuestas a caídas y golpes al momento del funcionamiento.
- El diseño electrónico de los robots es diseñado en el programa proteus donde se realizó la conexión de los componentes, mediante pistas para la impresión en la placa (baquelita) y se lo puede visualizar de una forma técnica.
- Se utilizó el driver del motor TB6612FNG para controlar desde el software el sentido de giro de los motores y energizar, ya que si conectamos directamente el motor al Arduino no se puede porque los pines digitales del Arduino pueden suministrar una corriente hasta de 40 mA muy por debajo de casi 1600 mA que necesita el motor para poder funcionar, por esta razón se utiliza este driver.

8. RECOMENDACIONES

- Al momento de construir los robots se debe realizar de una forma ordenada desde el diseño mecánico, electrónico hasta la construcción e implementación de la placa de control, y verificar si funciona correctamente, es recomendable desarrollar el programa de control por partes para ir probando que todo está bien, con lo cual el desarrollo se haría ordenadamente y después

no se invertiría mucho tiempo en la búsqueda de problemas en el código.

- Para el buen funcionamiento de los robots es recomendable dar buen mantenimiento a los micromotores, y así verificar que estos se encuentren correctamente ajustados para que las cajas reductoras no tengan problema.
- Si se desea realizar un robot escalador de competencia que suba a una velocidad rápida se debe cambiar en la programación la velocidad de los motores que va desde 0 a 255.
- Cada vez que se utilice los robots se debe dar limpieza a los imanes porque estos atraen suciedad y al momento de trepar los robots se pueden caer ya que no atraen bien las patas donde están sujetos los imanes en la pared metálica.

REFERENCIAS

- Alvarado, F. (18 de 03 de 2004). *Ingeniería Electrónica e Inducción Robótica*. Recuperado el 17 de 08 de 2018, de http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_eléctrica_y_electrónica/introducciónrobótica/defal.com
- Carter, D. (12 de 01 de 2006). *yahoo.com*. Recuperado el 26 de 03 de 2019, de <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/historia.htm>
- Cuartielles, D. (1999). *Professional Android Open Accessory Programming*. Manila, Filipinas: Libro con 100 proyectos de tecnología, instrumentación y robótica con la plataforma BQ compatible con Arduino.
- Jacker, A. (29 de 07 de 2013). *tipos de la robótica y automatización*. Recuperado el 05 de 08 de 2018, de <http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>
- Lopez, P. P. (2001). *Robótica y Domótica con Arduino*. México: Libro para iniciar en el mundo de la Robótica.
- Malise, T. (30 de 04 de 2012). *google.com*. Recuperado el 02 de 07 de 2019, de <https://www.solidworks.com/es>
- Morrison, F. (22 de 09 de 2009). *google.com*. Recuperado el 15 de 11 de 2018, de <http://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2- proteus.html>
- Norton, S. (30 de 11 de 2015). *Monografias de Robots Escaladores*. Recuperado el 20 de 08 de 2018, de <http://www.monografias.com/trabajos16/roboticaintroduccion/robotica-introduccion.shtml>
- Pacheco, G. (2010). *Introducción a la Robótica*. Lima, Perú: charles Libro para la domótica.
- Paltan, T. (23 de 04 de 2008). *google.com*. Recuperado el 16 de 08 de 2018, de <http://www.3dcadportal.com/solid-works.html> 59
- Patterson, A. (06 de 12 de 2014). *google.com*. Recuperado el 28 de 05 de 2019, de <https://www.arduino.cc/en/main/software>
- Perez., A. C. (2015). *Proyectos de Robótica con LEGO MINDSTORMS EV3 – App*. Guarico, Venezuela: La combinación ideal para llevar a cabo proyectos creativos con el robot LEGO® MINDSTORMS® Education EV3.
- Pinoargote, R. (25 de 06 de 2005). *Disciplina en la Domótica*. Recuperado el 20 de 08 de 2018, de <http://www.monografias.com/trabajos82/robotica-tiposrobot/robotica-tipos-robot.shtml>
- Ramirez, j. (11 de 07 de 2010). *yahoo.com*. Recuperado el 23 de 06 de 2019, de <https://naylampmechatronics.com/arduino-tarjetas/88-arduino-nanoch340g.html>

- Roberts, T. (2006). *Fundamentos de la Robótica*. Cartajena, Colombia: La Robótica en la Actualidad.
- Thomsong, J. (2010). *Domótica fácil con LEGO EV3*. Nuevo México, Estados Unidos: Libro sobre la Domótica utilizando LEGO® MINDSTORMS® Education EV3.
- Tobe, C. W. (10 de 12 de 2017). *Robótica e Inteligencia Artificial*. Recuperado el 11 de 08 de 2018, de <http://es.scribd.com/doc/33970593/MonografiaRobótica-e-Inteligencia-Artificial>
- Topson, M. (24 de 12 de 2011). *google.com*. Recuperado el 02 de 07 de 2019, de https://www.google.com/search?q=driver+de+motor&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiiw-a1xeTjAhXrQ98KHVdAxYQ_AUIESgB&biw=1600&bih=789#imgrc=xkSvXGqBM2Ix-M:
- Torre, Ó. (2012). *Arduino Curso práctico de formación*. Nuevo León, México: cursos basicos para arduino.