



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**TÍTULO:**

**ESTUDIO, DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN ROBOT ECOLÓGICO  
SEGUIDOR DE LINEA APLICADO A LA AUTOMATIZACIÓN EN  
LA INDUSTRIA.**

**AUTOR (A):**

**MONTOYA MOLINA JOSE ANTONIO**

**TUTOR:**

**TUTIVEN PEDRO GALO**

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**CERTIFICACIÓN**

**Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por José Antonio Montoya Molina, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo.**

**TUTOR (A)**

---

**Ing. Pedro Galo Tutiven**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Armando Heras**

**Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, José Antonio Montoya Molina**

**DECLARO QUE:**

**El Trabajo de Titulación ESTUDIO, DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN ROBOT ECOLÓGICO SEGUIDOR DE LINEA APLICADO A LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA** previa a la obtención del Título de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

**Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.**

**En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.**

**Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2015**

**EL AUTOR (A)**

---

**José Antonio Montoya Molina**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, José Antonio Montoya Molina**

**Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: ESTUDIO, DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN ROBOT ECOLÓGICO SEGUIDOR DE LINEA APLICADO A LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.**

**Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**José Antonio Montoya Molina**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Jehová por darme sabiduría, paciencia y perseverancia para lograr culminar esta etapa universitaria. Por darme la oportunidad de vivir a plenitud con alegrías y tristezas junto a todas las personas que han participado directa o indirectamente en mi desarrollo profesional.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. De manera especial a la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo, la misma que me ha permitido potencializar mis conocimientos para hacer de la carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo parte de mi área laboral.

Me siento especialmente agradecido con los docentes dentro de la Universidad, los mismos que supieron impartir sus sabios conocimientos y experiencia en su debida oportunidad.

A mis familiares, quienes me apoyaron a afrontar los problemas y lograr mis triunfos.

A mi novia que con su apoyo incondicional, comprensión y paciencia siempre estuvo buscando que yo pudiera cumplir con las metas que trace en mi vida.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis familiares, por apoyarme a afrontar de manera eficiente las dificultades que se presentaron durante el transcurso de mi carrera universitaria. Por haber compartido buenos y malos momentos.

A mi novia que con esfuerzo y sacrificio me brindo su comprensión y amor en los momentos en los que quise darme por vencido, sus palabras de aliento hicieron que siguiera adelante siendo perseverante hasta cumplir con mis metas.

## **RESUMEN**

El proyecto muestra el estudio de la robótica desde sus orígenes, clasificación y componentes, para lograr obtener mayor conocimiento del tema y poder determinar de manera precisa cuáles son las mejores opciones para realizar el diseño de un robot automatizado seguidor de línea. La plataforma Arduino ha sido la escogida para realizar la programación del mismo. El propósito de la creación de este robot es utilizarlo en la industria para transportar materiales.

Uno de los principales objetivos del diseño es contribuir con el planeta, haciendo que su alimentación y la construcción de su estructura sea ecológica, mediante la utilización de energía solar y materiales reciclados. Logrando así contribuir con el cuidado y la preservación del medio ambiente y sus recursos.

## **ABSTRACT**

The project shows the study of robotics since its origin, classification and components, in order to obtain greater knowledge of the subject and be able to accurately determine what are the best options for the design of an automated line follower robot. The Arduino platform has been chosen to perform the programming. The purpose of creating this robot is to use it to transport materials in an industry.

One of the main design goals is to contribute to the planet, the current feed and structure are ecological, using solar energy and recycled materials. Contributing to the care and preservation of the environment and its resources.



<b>RESUMEN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1    Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Metodología de la investigación.....	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Introducción a la robótica.....	6
2.2 Historia de la robótica .....	6
2.3 Robot .....	14
2.3.1 Clasificación de los robots.....	15
2.3.1.1 Según su generación.....	15
2.3.1.2 Según su arquitectura .....	18
2.4 ROBOTS MOVILES .....	21
2.4.1 Descripción de los Robots móviles.....	21
2.4.2 Aplicaciones de los robots móviles .....	21
2.4.3 Clasificación según su taxonomía: .....	24
2.4.4 Componentes de un robot móvil.....	28
2.4.4.1 Sensores .....	28
2.4.4.2 Actuadores.....	29
2.4.4.2.1 Motores DC .....	30
2.4.4.2.2 Servomotores.....	31
2.4.4.3 Alimentación .....	32
2.4.4.3.1 Formas de alimentación.....	32
2.4.4.4 Sistemas de control .....	33
<b>CAPITULO 3 ROBOT SEGUIDOR DE LINEA.....</b>	<b>35</b>
3.1 Descripción del robot seguidor de línea .....	35

3.2 Selección del Hardware del robot.....	36
3.2.1 Estructura .....	36
3.2.1.1 Configuraciones de ruedas .....	37
3.2.2 Selección de motor o servomotor para locomoción.....	38
3.2.2.1 Modificación de un servomotor .....	40
3.2.2.2 Recomendaciones.....	43
3.2.3 Selección de sensores infrarrojos.....	44
3.2.3.1 Sensor CNY-70 .....	44
3.2.3.2 Detector de presencia .....	46
3.2.4 Tarjeta de control Arduino.....	47
3.2.4.1 ¿Porque Arduino?.....	47
3.2.4.2 Arduino Mega 2560 .....	48
3.2.5 Puente H.....	50
3.2.5.1 Doble puente H L293D .....	50
3.2.5.1.1 Conectando el puente H a un motor y la tarjeta Arduino .....	51
3.2.6 Alimentación.....	52
3.2.6.1 Baterías recargables .....	52
3.2.6.2 ¿Por qué usar pilas recargables?.....	52
3.2.6.3 Tipos de pilas recargables .....	52
3.2.6.4 Cargador de baterías ecológico .....	54
3.2.6.4.1 Ejemplos de cargadores solares.....	54
3.2.5.4.2 Construcción de un cargador solar de pilas.....	55
3.3 Selección de Software .....	59
3.3.1 Instalación de software Arduino en Windows.....	59
3.3.2 Programacion .....	63
El anexo dos contiene los prgramas sugeridos para conectar los servomotores con el puente H y este a su vez con la tarjeta Arduino, ademas tiene la programacion para la incorporacion de los sensores CNY70 con la tarjeta. ..	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>66</b>

## **CAPÍTULO 1 GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

Desde los tiempos en que aparecieron los primeros mecanismos, la humanidad ha buscado la manera de hacer su vida más fácil y mejorada. En el ámbito tecnológico, la robótica y la automatización tienen un rol importante.

La robótica es una ciencia que pone en práctica a la electrónica. El objetivo principal de un robot móvil es moverse en un terreno conocido o desconocido. Todo robot móvil debe tener tres niveles básicos. El primero es el nivel de control que es en donde se toman las decisiones fundamentales para que el robot opere como se desea. El segundo nivel es el sensorial, aquí el robot se relaciona con el medio en que se encuentra, obtiene información del mismo. El último nivel es el físico, aquí se relaciona al medio en que se mueve el robot, con ruedas, piernas, etc. En el mundo de la robótica móvil están los robots seguidores de línea que como su nombre lo dice, tienen la capacidad de seguir una línea, que puede ser de color negro o blanco.

Un seguidor de línea es un robot capaz de seguir una línea sobre un fondo contrastante, puede ser una línea blanca en un fondo negro o vice-versa. Los robots dependen principalmente de los sensores para poder funcionar, si un robot tiene muchos sensores es más complejo, en cambio si tiene menos sensores es más simple o sencillo.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La intención de este proyecto es estudiar el mundo de la robótica y de manera particular a la robótica móvil para poder diseñar un robot seguidor de línea que tenga una aplicación industrial a la vez que es ecológico. La razón principal de que se ecológico es porque el mundo está siendo afectado por nuestros actos. Generar energía y no administrarla de manera correcta produce gases de efecto invernadero, estos a su vez cambian el clima, afectando al mundo entero y sus habitantes, sean humanos o animales.

Para cuidar el medio ambiente e impedir que le sucedan cosas peores que afecten las condiciones sociales y económicas del planeta se debe reducir el consumo energético y buscar producir energía de manera limpia o ecológica. A su vez de deben reducir desperdicios relacionados con el manejo y producción incorrectos de la energía.

Los avances tecnológicos han permitido que se encuentren las partes necesarias para mejorar el sistema de transporte de materiales en una industria, logrando hacerlo incluso de manera ecológica.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Estudiar a los robots seguidores de línea negra, a través del diseño de un prototipo de robot seguidor de línea industrial ecológico en su estructura y alimentación con el uso de materiales reciclados y paneles solares.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Conocer nuevas tecnologías al igual que entornos de programación para profundizar los conocimientos adquiridos en la universidad.
- Diseñar un prototipo de robot seguidor de línea industrial.
- Contribuir con el planeta, haciendo que la alimentación y la construcción de la estructura del robot sean ecológicas.

#### **1.4 Hipótesis**

Lograr realizar un diseño de un robot seguidor de línea usando circuitos integrados, sensores y otros materiales promueve el desarrollo de las competencias profesionales de un estudiante de ingeniería electrónica en control y automatismo, desarrollando la investigación en un nivel superior para que el diseño se puedan usar en la industria.

### **1.5 Metodología de la investigación**

Esta investigación de tipo científica usa el método teórico y el empírico. Los instrumentos de los métodos que se usaron son revisiones bibliográficas, observación y descripción. Gracias a los conocimientos ya existentes que fueron impartidos en clases y a los nuevos adquiridos en la búsqueda de información se logró diseñar un robot ecológico seguidor de línea aplicado a la automatización en la industria.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Introducción a la robótica**

La robótica es la ciencia que estudia a los robots y todo lo relacionado a ellos como el control de motores, el manejo de sensores, herramientas de control como el software y diferentes mecanismos de tipo neumático, automático entre otros. La robótica ha evolucionado a un paso acelerado en los últimos años. En la realización del diseño de un robot y su construcción se usan diferentes ciencias como la mecánica, la electrónica y la informática por mencionar algunas; por el uso de estas ciencias y sus recursos se podría considerar que la robótica es una ciencia multidisciplinar.

### **2.2 Historia de la robótica**

Desde sus inicios la humanidad ha tenido el deseo de facilitar su trabajo, por este deseo se desarrollaron maquinas que empezaron a realizar las tareas de los humanos. Uno de los primeros ejemplos de una maquina construida para efectuar un trabajo particular de manera continua son los relojes de agua egipcios alrededor del año 3000 antes de Cristo. Los egipcios fueron capaces de desarrollar modelos matemáticos muy avanzados y construyeron automatismos muy sofisticados que no requerían la supervisión de personas. (Ferrer, 2011)

Las máquinas de la antigüedad tenían como objetivo entretener al público, su utilidad no era práctica. Un ejemplo de una máquina que entretenía son las estatuas de los dioses egipcios que expulsaban fuego o emitían sonidos, tenían brazos



mecánicos operados por personas, el objetivo de estas máquinas era el de causar temor y respeto entre la gente del pueblo. (Ferrer, 2011)

Generalmente estas máquinas basaban sus mecanismos en contrapesos, balanzas o por medio de movimientos ascendentes de aire o agua caliente. Usando este tipo de sistemas se desarrollaban diferentes automatismos como puertas que se abrían y cerraban automáticamente o aves artificiales capaces de volar y cantar.

Entre el año 1000 y 500 antes de Cristo, se tiene constancia de la existencia del ábaco. Gracias a este ingenio matemático se logró desarrollar la computación y la inteligencia artificial, de igual manera se desarrolló el interés por las máquinas capaces de funcionar solas o automatismos, al igual que máquinas se sean parecidas al ser humano, imitando sus acciones. (Ferrer, 2011)

En el siglo I se registran los primeros datos descriptivos sobre la construcción de un autómatas. En el libro *Los Autómatas*, de Herón, un matemático, físico e inventor griego, se describen múltiples ingenios mecánicos como aves que vuelan, gorgojan y beben. (Ferrer, 2011)

El Imperio Romano y el mundo Árabe heredaron los conocimientos griegos de Heron. Al-jazari, un ingeniero muy conocido por sus creaciones de control automático, como el reloj elefante, animado por personas y animales mecánicos que se movían y marcaban la hora o la creación del cigüeñal. También escribió uno de

los libros más importantes sobre la historia de la tecnología llamado “El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos”. (Ferrer, 2011)



*Figura 2.1: Libro del conocimiento de ingeniosos mecanismos de Al-jazari*

*Fuente: (Ferrer, 2011)*

En el Renacimiento, durante los siglos XV y XVI, se hicieron numerosos aportes a la historia de los autómatas. Leonardo da Vinci, diseñó los planos de varios robots, entre esos planos están los de un robot humanoide. En los cuadernos de Leonardo se pueden observar los planos o dibujos detallados de un caballero mecánico que se conoce hoy en día como el robot de Leonardo. Este caballero era capaz de levantarse, mover la cabeza, la mandíbula y levantar sus brazos. Se cree que su diseño se basó en la investigación anatómica del ser humano que Da Vinci realizó en el Hombre de Vitruvio. (Ferrer, 2011)



*Figura 2.2: Robot de Leonardo*

*Fuente: (Inc., 2008)*

Leonardo realizó otro aporte cuando construyó otra máquina famosa como el León Mecánico, que hizo para el rey Luis XII de Francia. El león mecánico era capaz de caminar y de abrir su pecho con la garra para así mostrar el escudo de armas del rey. (pgalvisvera, 2010)



*Figura 2.3: Leon Mecanico de Da Vinci*

*Fuente: (pgalvisvera, 2010)*

A inicios del siglo XVI, el ingeniero italiano Giovanni Torriani, diseño y construyó un autómata llamado “El Hombre de Palo”. Este autómata fue tan complejo para su época que era capaz de cruzar una calle de la ciudad de Toledo para poder pedir limosna a los ciudadanos, el propósito de la pedir limosna era recaudar fondos y construir un hospital. (ADMINISTRADOR, 2015)



*Figura 2.4: El hombre de palo.*

*Fuente: (ADMINISTRADOR, 2015)*

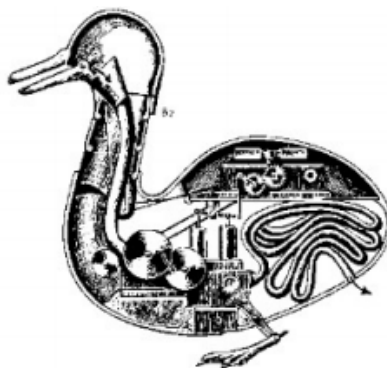
En el siglo XVIII, Wolfgang Von Kempelen, un inventor eslovaco, construyó una maquina conocida como “El Turco”, que aparentemente tenía la capacidad de jugar ajedrez. Esta máquina no fue más que una estafa y no un autómata, tenía forma de una cabina de madera con un maniquí vestido. La cabina tenia puertas que al abrirlas mostraban un mecanismo de relojería que activados hacían que la maquina juegue ajedrez. Sin embargo los mecanismos eran una ilusión óptica que en realidad ocultaba a un jugador muy experimentado que manejaba a la máquina para mover las fichas y también hacia la estrategia para ganar. Esta máquina se hizo tan conocida que viajo por Europa y llego hasta Estados Unidos, derrotando en su camino a

personas famosas como lo son Napoleón y Benjamín Franklin. En el futuro si se realizaron maquinas autómatas capaces de jugar ajedrez como “El Ajedrecista.” (Dolina, 2011)



*Figura 2.5: El Turco*  
Fuente: (Dolina, 2011)

En 1709, Jacques de Vaucanson, un inventor francés, construyó un autómata muy famoso conocido como el pato con aparato digestivo. Se cree que cada una de sus alas tenía más de cuatrocientas partes móviles. Este autómata era capaz de mover sus dos alas, de tomar agua, comer, digerir granos y defecar. Realizaba la digestión de granos por disolución, los granos era llevados al ano por unos tubos, donde había un esfínter que permitía evacuarlos.

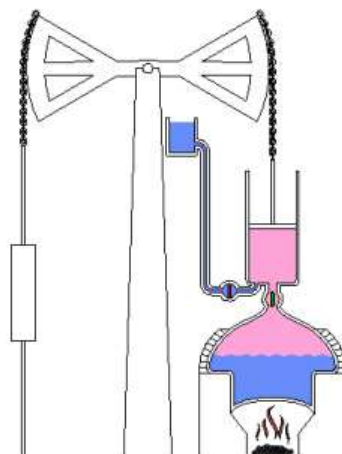


*Figura 2.6: Pato con aparato digestivo*

Fuente: (Inc., 2008)

En la revolución industrial, entre los siglos XVIII y XIX, se desarrollaron muchos inventos automatizados que se usaron principalmente en la industria textil como los telares o las hiladoras con tarjetas perforadas. A pesar de que la industria textil fue la más beneficiada en esta época, otras industrias como la minera y la metalúrgica, también incorporaron inventos automatizados. (Inc., 2008)

A principios del siglo XVIII se desarrolló uno de los automatismos más importantes de la revolución industrial. Thomas Newcomen un inventor inglés, había inventado la máquina de vapor atmosférica y Humphrey Potter logró automatizar el funcionamiento de las válvulas en la máquina de vapor atmosférica.



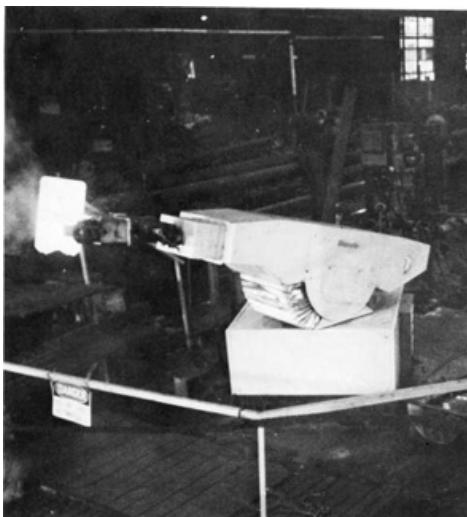
*Figura 2.7: Máquina de vapor atmosférica*

*Fuente: (Ferrer, 2011)*

Después de la Segunda Guerra Mundial, en la industria nuclear, se desarrollaron máquinas más próximas a lo que se conoce o tiene como imagen de un robot hoy en día. Estas máquinas fueron diseñadas para manipular sustancias radiactivas, que ponían en peligro al ser humano. Consistían de servomecanismos, que con sistemas mecánicos podían repetir simultáneamente las operaciones que hacía un operador.

Los avances tecnológicos hicieron que los mecanismos sean más flexibles y así los autómatas también se hicieron flexibles, permitiendo que se puedan utilizar en la industria. A principios de los años sesenta se diseñaron y construyeron los primeros robots industriales. El objetivo de usar estos robots en la industria era el de hacer trabajos que ponían en peligro al ser humano o realizar los trabajos difíciles y tediosos. Un ejemplo de donde se usan estos robots es la carga y descarga de hornos de fundición, una tarea peligrosa que puede quemar a una persona y a su vez es repetitiva y laboriosa. (POMPA, 2015)

El primer robot programable de la historia fue desarrollado por el inventor George Devol en 1961. Este robot es conocido como Unimate y estableció las bases de la robótica moderna. (prsrobots)



*Figura 2.8: Unimate en la planta de General Motors*

*Fuente: (prsrobots)*

### 2.3 Robot

La palabra robot se origina de la palabra checa ‘Robota’ queriendo decir “trabajo”, que se entiende como servidumbre, trabajo forzado o esclavitud. Un robot es un dispositivo que desempeña tareas automáticamente reemplazando o extendiendo el trabajo humano, como el ensamblaje de un producto en una línea de manufactura, manipulación de objetos, etc. (Ferrer, 2011)

La Asociación de Industrias de Robótica o Robot Industries Association (RIA), que es un grupo de Estados Unidos organizado para servir a la industria de la robótica y fue fundada en 1974 y tiene su sede en Ann Arbor, Michigan.

RIA define a un robot de la siguiente manera:

*“Un robot es un manipulador reprogramable y multifuncional, diseñado para mover cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variadas y programadas.”* (Ferrer, 2011)



## 2.3.1 Clasificación de los robots

### 2.3.1.1 Según su generación

#### **Primera Generación:** Manipuladores

La primera generación empezó en los años cincuenta. Los robots de ese entonces contaban con un control de lazo abierto, eran muy sencillos y se los programaba para realizar trabajos repetitivos.



*Figura 2.9: Robot manipulador*

*Fuente: (Maritza, 2012)*

#### **Segunda Generación:** Robots de Aprendizaje.

En los años ochenta aparece esta generación, estos robots ya cuentan con un sistema de control de lazo cerrado. Adquirían información del medio en que estaban con la ayuda de sensores. Saber que ocurría a su alrededor les daba la capacidad de actuar según los datos que recibían, ya que estaban previamente programados para responder ante una situación en base a la información censada. Por ejemplo, si un robot seguidor de línea se sale del camino, el procesador recibe la señal del sensor y ejecuta los controles necesarios para que el robot se mantenga en la ruta. (Maritza, 2012)



*Figura 2.10: Robot de aprendizaje*

*Fuente: (Maritza, 2012)*

### **Tercera Generación:** Robots con Control Sensorizado.

En los años ochenta y noventa los robots ejecutaban órdenes según la información del medio que los rodeaba usando controladores. Los lenguajes de programación se desarrollaron en estas décadas con el propósito de poder introducirle órdenes más complejas a los robots. (Maritza, 2012)



*Figura 2.11: Robot con control sensorizado*

*Fuente: (Maritza, 2012)*

### **Cuarta Generación:** Robots Inteligentes.

Los robots inteligentes incorporan sensores más complejos que los de la generación anterior, la información que envían los sensores al controlador es

analizada usando métodos más complejos. Estos robots son capaces de desenvolverse en tiempo real en el medio que los rodea obteniendo datos y tomando decisiones con controladores más sofisticados. (Maritza, 2012)



*Figura 2.12: Robot Inteligente Humanoide Honda*

*Fuente: (Maritza, 2012)*

### **Quinta Generación**

Se puede decir que esta es la generación en la que estamos, la actual. Esta generación se sigue desarrollando mediante la incorporación de inteligencia artificial en un 100% y el uso de otras tecnologías como la nanotecnología.



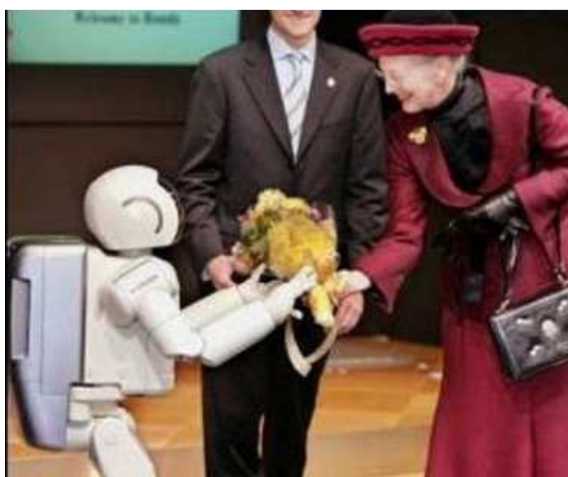
*Figura 2.13: Robot de la generación actual*

*Fuente: (Maritza, 2012)*

### 2.3.1.2 Según su arquitectura

#### Robots Androides

Estos son robots diseñados con el fin de imitar la forma en que los seres humanos se mueven, buscan parecerse lo más que se puedan a la humanidad. Los robots androides se usan en la actualidad en para experimentar o estudiar, su evolución es limitada por la poca utilidad práctica. Lograr que estos robots caminen en dos patas es uno de los aspectos más destacables de este tipo de robots. (SANTO, 2011)



*Figura 2.14: Robot androide*

*Fuente: (SANTO, 2011)*

#### Robots Móviles

Su desplazamiento se basa una plataforma con ruedas. Entre sus funciones, a nivel industrial, estos robots se encargan del transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Son guiados con pistas en el piso, ya sea con bandas de color detectadas por sensores o con radiación electromagnética. Dependiendo de su complejidad, con capaces de evitar obstáculos mientras se mueven por la pista usando más sensores, aumentando la complejidad de su programación. (SANTO, 2011)



*Figura 2.15: Robot móvil*

*Fuente: (SANTO, 2011)*

### **Zoomórficos**

Así como los robots androides intentan reproducir el movimiento humano, estos robots se caracterizan por imitar a otros seres vivos en su locomoción como un robot arácnido. Los robots zoomórficos pueden clasificarse en no caminadores y caminadores. Los no caminadores han evolucionado muy poco, mientras que con los caminadores se realizan más investigaciones con vistas a desarrollar nuevos vehículos terrestres, capaces de avanzar por diferentes superficies. (Ferrer, 2011)



*Figura 2.16: Robot Zoomórfico*

*Fuente: (SANTO, 2011)*

## **Poliarticulados**

Estos robots por otro lado no tienen muchos grados de libertad. Se los usa fundamentalmente en la industria para mover objetos que necesitan muchos cuidados. En este grupo se encuentran los robots manipuladores, industriales y cartesianos. (POMPA, 2015)



*Figura 2.17 Robot manipulador*

*Fuente: (SANTO, 2011)*

## **Híbridos**

Estos robots son aquellos que combinan otras estructuras en una sola. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, como el Athlete Rover de la NASA que se adapta a diferentes terrenos gracias a la combinación en su estructura de los robots móviles y los zoomórficos. (ROBOTICA PY, 2013)



*Figura 2.18: Athete rover*

*Fuente: (Volpe)*

## **2.4 ROBOTS MOVILES**

### **2.4.1 Descripción de los Robots móviles**

Los robots móviles son los que mayor utilidad práctica tienen en la actualidad, debido a los grados de libertad que poseen. Estos robots surgieron debido a la necesidad de que el campo de la robótica se expanda. Los robots móviles poseen mecanismos para la transmisión de movimiento, de igual manera sensores para interactuar con el ambiente que los rodea, tal es el caso de los robots seguidores de línea que mediante sensores se mantienen en una ruta preestablecida. Dependiendo del movimiento que un robot vaya a realizar se determina la complejidad en su programación. Por ejemplo, la programación de un robot trepador no es la misma de uno que rueda ni la misma que de uno que nada. (Carletti, 2007)

## 2.4.2 Aplicaciones de los robots móviles

**Robots para inspección de volcanes:** estos robots son operados por control remoto y se usan para determinar la composición de los gases que emanan las fumarolas del cráter. (Carletti, 2007)



*Figura 2.19: Explorador de volcanes*

*Fuente: (ROBOVOLC)*

**Robots espaciales:** Como su nombre lo dice, este tipo de robots se utilizan en el espacio, enviados a otros planetas o estrellas del sistema solar para explorar. Su uso es científico, un ejemplo es el Mars Exploration Rover, que fue enviado a Marte por la NASA. El objetivo de enviar a estos robots al espacio es tomar imágenes y recoger muestras para ser estudiadas, por eso llevan en su estructura cámaras, e instrumentos para recoger como pinzas mecánicas, y como sistema de locomoción utilizan generalmente ruedas. (Carletti, 2007)





*Figura 2.20: Mars Rover*

*Fuente: (SPARKFUN)*

**Aviones no tripulados:** estos robots se usan bastante en espionaje, o para observar que sucede en un lugar sin poner en riesgo la vida de los seres humanos. Por ejemplo, en un incendio se puede usar para regar agua y observar que tan grande es la propagación del fuego. Aunque su uso es mayoritariamente militar, ya que se usan para localizar enemigos en la guerra o simplemente espíarlos



*Figura 2.21: Avión no tripulado*

*Fuente: (Ferrer, 2011)*

**Robots desactivadores de explosivos:** el uso de estos robots como su nombre lo dice es la desactivación de explosivos de cualquier tipo. Ya que son controlados en forma remota, los operadores pueden desactivar una bomba desde un lugar seguro. Para poder realizar este trabajo, los robots tienen brazos manipuladores y cámaras para ser guiados por un miembro del escuadrón antibombas de la policía de otra entidad uniformada que porta sus servicios a la patria.



*Figura 2.22: Robot desactivador de explosivos*

*Fuente: (Moreta)*

Una aplicación industrial de los robots móviles se ve ejemplarizada en el transporte de producto o materiales dentro de una cadena de fabricación. Por ejemplo, se usan en ciertas fábricas para reemplazar a un montacargas que mueve objetos de un lugar a otro. Los robots lo pueden hacer ininterrumpidamente. Se los usa en lugares donde un ser humano podría correr peligro.



*Figura 2.23: Montacargas automatizado*

*Fuente: (ADMINISTRADOR, 2015)*

### **2.4.3 Clasificación según su taxonomía:**

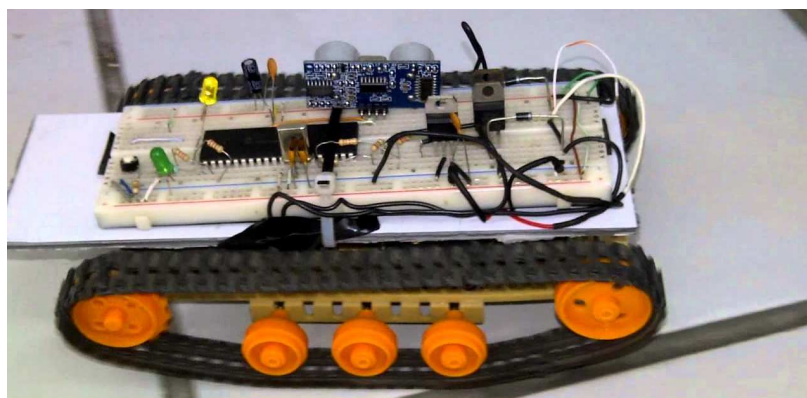
**Robots andantes:** estos son robots diseñados con la idea de parecerse a un ser humano, están armados con dos piernas, brazos, un cuerpo y una cabeza como se observa en la figura 2.24. Los robots andantes son capaces de bailar, caminar, jugar deportes, entre otras actividades siempre y cuando no tengan que moverse por terrenos irregulares, esa es su mayor debilidad. El movimiento en dos patas es difícil de lograr en terrenos difíciles. (MARCELO, 2001)



*Figura 2.24: Robot andante*

*Fuente: (CNRS Photothèque/Artechnique)*

**Robots rodantes:** el poder moverse por varios tipos de terrenos los ha convertido en los más populares, tener ruedas los hace adaptables y más sencillos de construir. Se puede decir que por su facilidad de adaptación a diferentes terrenos son los más populares y de mayor utilidad, pudiendo tener una gran capacidad de carga. (MARCELO, 2001)



*Figura 2.25: Robot dotado de oruga*

*Fuente: (Bravo, 2012)*

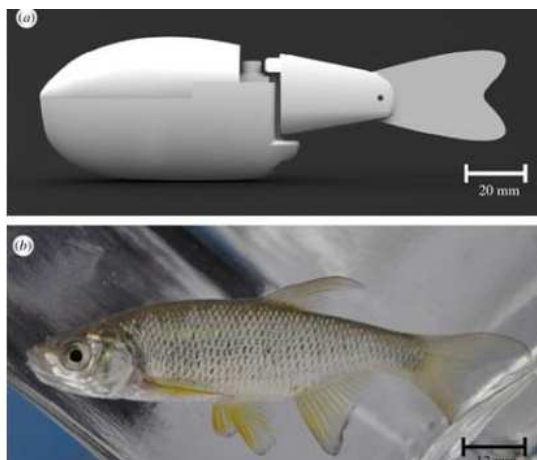
**Robots trepadores:** estos robots son inspirados en animales que se arrastran y pueden trepar como las serpientes, lo que se imita es la manera en se mueven estos animales. El desplazamiento del robot se realiza moviendo de manera coordinada e independiente las numerosas secciones que pueden tener estos robots, las secciones son de diferentes tamaños. (Ferrer, 2011)



*Figura 2.26: Robot trepador*

*Fuente: (Ferrer, 2011)*

**Robots nadadores:** Generalmente se utilizan para actividades de exploración marina donde es peligroso o difícil tener acceso por grandes profundidades, alta presión, etc. De igual manera se usan para otros experimentos científicos, como en la figura 2.27, ese robot se usa para guiar a un banco de peces. Muchos de los robots nadadores se inspiran en animales como los peces o los pulpos que diseño anatómico permiten que se aproveche la energía de manera más eficiente y se logra obtener un mayor control del robot. (Ferrer, 2011)



*Figura 2.27: Pez para guiar banco de peces*

*Fuente: (lainformacion, 2012)*

**Robots voladores:** Suelen ser helicópteros controlados por control remoto, que tienen visión artificial y están capacitados para la toma de decisiones automáticas. Uno de sus principales usos es militar, por ejemplo en tareas de espionaje. (RAUSCH, 2012)



*Figura 2.28: Helicóptero espía*

*Fuente: (RAUSCH, 2012)*

## **2.4.4 Componentes de un robot móvil**

### **2.4.4.1 Sensores**

Estos son los elementos que tienen como función principal obtener datos del medio en que se encuentra el robot. Una vez obtenida la información, la transmiten a la unidad de control o controlador para ser procesada. Los datos recogidos son variables como temperatura. En la actualidad hay una variedad muy extensa de sensores, los más utilizados con los siguientes:

**Sensores de proximidad:** estos sensores detectan la presencia de un objeto usando varios métodos como sonar, rayos infrarrojos entre otros.

**Sensores de Temperatura:** tienen la capacidad de medir a que temperatura se encuentra un objeto o un lugar del que se desee conocer su temperatura.

**Sensores magnéticos:** tienen la capacidad de medir las variaciones de los campos magnéticos del exterior. Se usan para orientar geográficamente de los robots, como una brújula.

**Sensores táctiles:** se usan para medir la forma y tamaño de un objeto que vaya a manipular un robot. Los sensores táctiles generalmente se los agrupa en una superficie flexible y se usan para hacer “piel robótica”. Se usan para reunir datos como por ejemplo en pruebas de choques de carros y medir el impacto que puede recibir una persona en un accidente de tránsito.

**Sensores de velocidad:** estos sensores se usan para medir la velocidad en que actúan las partes del robot, aun cuando se produce una vibración. Adicionalmente detectan si el robot o una parte de él está inclinada.

**Sensores de sonido:** estos sensores son capaces de detectar los sonidos del medio en que se encuentran.

**Sensores de fuerza:** estos sensores controlan la presión que hace un robot sobre un objeto.

**Sensores infrarrojos:** son dispositivos que miden la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión.

(Bravo, 2012)

#### **2.4.4.2 Actuadores**

Los actuadores son los dispositivos encargados del accionamiento y movimiento de las partes de un robot, por ejemplo un servomotor es un actuador que ejecuta la acción que la tarjeta de control procesa de la información obtenida por los sensores. Para lograr los movimientos del robot utilizan energía. Según la forma del actuador se puede clasificar de la siguiente forma: (POMPA, 2015)

**Actuadores hidráulicos:** son aquellos que utilizan energía hidráulica, realizan movimientos suaves y rápidos por lo que son perfectos para manejar cargas pesadas.



Actuadores neumáticos: estos actuadores usan energía neumática, no manejan cargas pesadas como los actuadores hidráulicos pero los superan en la velocidad en que responden. Un ejemplo de estos actuadores son los pistones neumáticos de la marca FESTO.

Actuadores eléctricos: estos actuadores usan energía eléctrica, son los que mas se usan en los robots móviles. Un ejemplo de un actuador eléctrico son los motores o servomotores utilizados para mover un robot. Una ventaja de este tipo de actuadores es que permiten obtener mayor precisión en sus movimientos.

#### **2.4.4.2.1 Motores DC**

Un motor DC es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, haciendo un movimiento rotatorio. Su fácil control de velocidad y sentido de giro los han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. (CCSI)



*Figura 2.29: Motor DC*

*Fuente: (CCSI)*

### 2.4.4.2.2 Servomotores

Un servomotor es un dispositivo electrónico que tiene características semejantes a las de un motor de corriente continua, la diferencia es que son capaces de ubicarse en una posición y mantenerla dentro de un rango de operación, esto los hace ideales para ser usados en robótica. La siguiente figura muestra un servomotor de la marca Futaba con sus dimensiones.

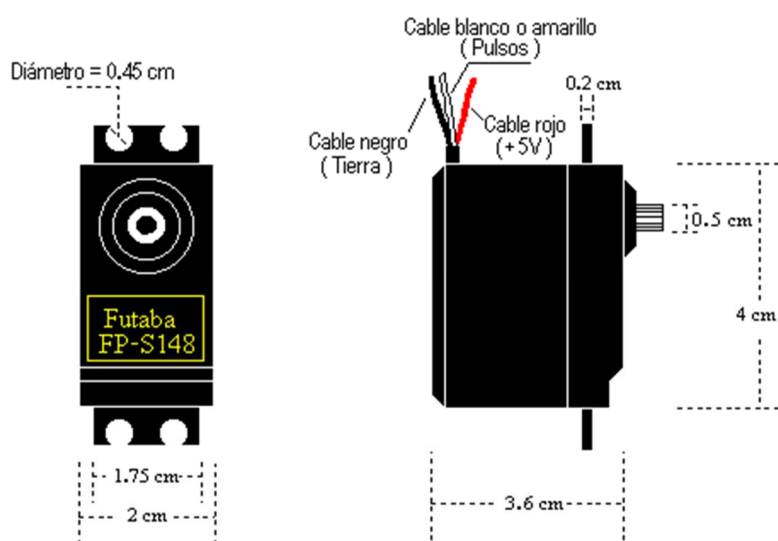


Figura 2.30: Servomotor Futaba

Fuente: (info-ab, info-ab)

La mayoría de servomotores no realizan giros completos de 360 grados, sino que realizan giros de 180 grados. Aunque pueden modificarse para obtener giros completos manteniendo torque, la velocidad e inercia de un servomotor, lo malo es que una vez modificados no se pueden controlar para que se mantengan en una posición específica. (info-ab, info-ab)

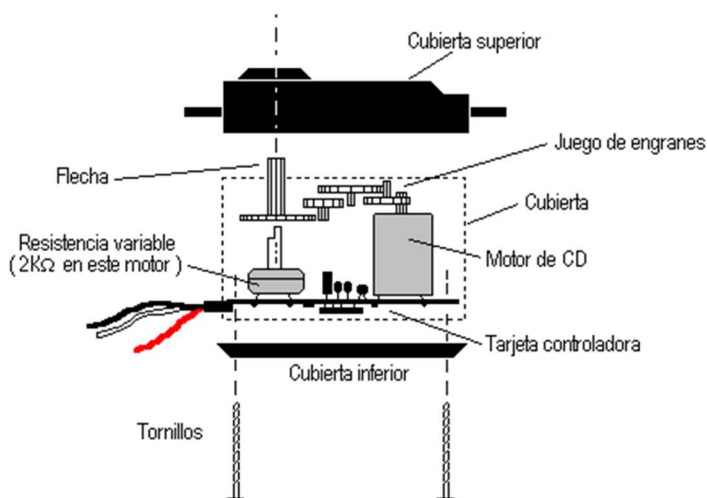


Figura 2.31: Esquema de un servomotor

Fuente: (info-ab, info-ab)

### 2.4.4.3 Alimentación

Para que un robot tenga autonomía, debe ser capaz de no utilizar energía externa, sino que debe contar con la capacidad de poder transportar una fuente de energía, salvo en el caso que se utilicen placas solares.

#### 2.4.4.3.1 Formas de alimentación

Las formas más utilizadas que un robot puede transportar y almacenar energía son las siguientes:

**Baterías:** estas son las fuentes de alimentación más confiables y fáciles de adquirir en sentido económico y en el mercado son sencillas de encontrar. Estas características las hacen ser la fuente más utilizada en robots y otro tipo de equipos electrónicos. Las baterías se pueden encontrar en diferentes tamaños y formatos con distintos voltajes.

**Bombas de aire:** esta forma de alimentación se usan para mover actuadores mecánicos como un piston. Se utiliza un compresor de aire como fuente.

**Células de hidrogeno:** estas células son una forma de batería, que en sus células usa hidrógenos como un combustible para producir energía eléctrica.

**Motor de combustión:** esta es la fuente de alimentación más popular en los sistemas de propulsión. Se puede acoplar un generador a un motor para obtener energía eléctrica. Para realizar la combustión utiliza combustibles fósiles o algún otro elemento volátil como alcohol. (Ortigoza, 2007)

#### **2.4.4.4 Sistemas de control**

El control de un robot se puede realizar de distintas maneras, ya sea con el uso de un controlador y ordenador o una tarjeta de control. El controlador es el encargado de recibir la información que los sensores en el robot receptan, almacenar esa información, procesarla y enviar las órdenes pertinentes a los actuadores. Un sistema de control se puede definir como la combinación de componentes para realizar el control de un proceso determinado. Un sistema de control se puede clasificar de manera general en dos tipos de sistemas, los sistemas de lazo abierto y los sistemas de lazo cerrado.

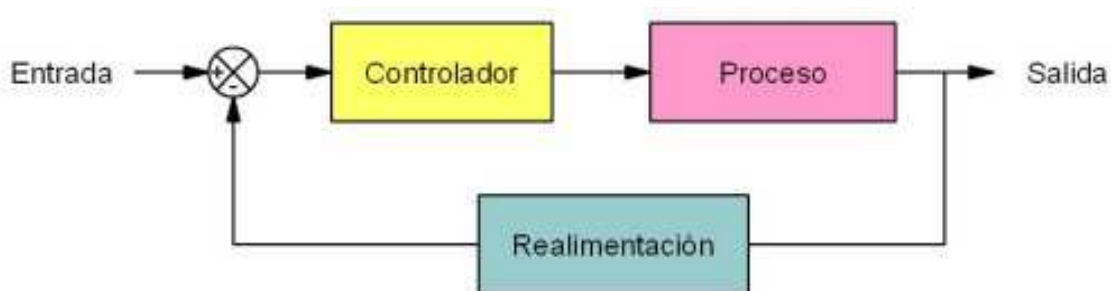
Un sistema de lazo abierto es aquel que en la salida del proceso no tiene ninguna influencia en la entrada, esto significa que no existe una retroalimentación. La figura 2.32 describe la forma de un sistema de lazo abierto. (Bueno)



*Figura 2.32: sistema de lazo abierto*

*Fuente: (Bueno)*

Por otro lado, un sistema de lazo cerrado es aquel en el que su salida si tiene influencia sobre la entrada, es decir que si existe retroalimentación.



*Figura 2.33: sistema de lazo cerrado*

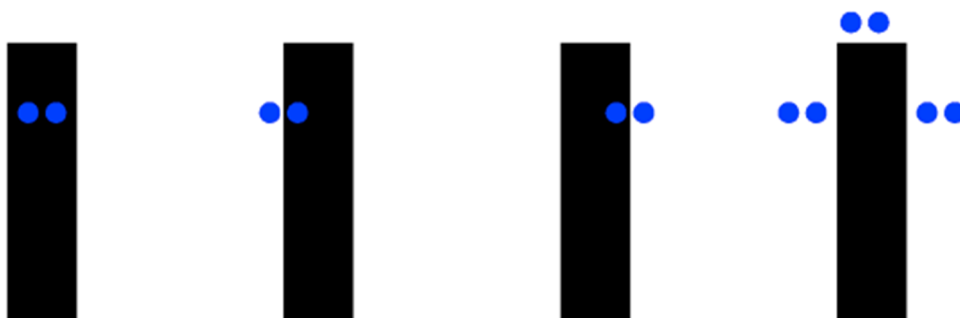
*Fuente: (Bueno)*

## CAPITULO 3 ROBOT SEGUIDOR DE LINEA

### 3.1 Descripción del robot seguidor de línea

Los robots seguidores de línea son robots muy sencillos que cumplen tienen como objetivo seguir una línea marcada en el suelo normalmente de color negro sobre un tablero blanco.

Los robots seguidores de línea basan su funcionamiento en sensores. Mientras más sensores tenga el robot será más complejo, si utiliza menos sensores serán más sencillos. Los robots más sencillos utilizan un mínimo de dos sensores, ubicados en la parte inferior delantera de la estructura, uno junto al otro para detectar un color ya sea negro o blanco, una vez que detecta este color significa que el robot se está saliendo del camino que para este proyecto se ha marcado con una línea negra. Esto en el caso de los seguidores de línea negra, ya que también hay seguidores de línea blanca. Este robot es un seguidor de línea negra. En la figura 3.1 se pueden observar los casos en que el robot debe tomar acciones para mantenerse en la ruta.



*Figura 3.1 Movimiento del robot.*

*Fuente (icabots, 2009)*

Cuando ambos sensores se encuentran sobre la línea negra o ruta, el robot tiene la orden de seguir avanzando, ambos servomotores avanzan hacia delante. Cuando el sensor de la derecha se sale de la ruta se debe girar a la izquierda, esto se logra haciendo girar el servomotor de la derecha hacia atrás y el de la izquierda hacia delante. Cuando el sensor de la izquierda se sale de la ruta se debe girar hacia la derecha, este giro se hace con el giro hacia adelante del servomotor de la derecha y el giro en reversa del servomotor de la izquierda. Si ambos sensores están fuera de la ruta el robot debe seguir realizando lo que hacía antes de salirse del camino.

(RAUSCH, 2012)

## **3.2 Selección del Hardware del robot.**

### **3.2.1 Estructura**

El reciclaje de un material es una manera de respetar el medio ambiente y evitar un abuso desconsiderado de los recursos naturales. Ya que se planteó hacer al robot ecológico, su estructura será de materiales reciclados. Se escogió utilizar para la estructura piezas de aluminio recicladas. A continuación se comparan el plástico y el aluminio, materiales viables para la construcción del chasis.

El plástico es un material reciclable y ligero de bajo costo. Es resistente a la corrosión. Una desventaja para el ambiente en que va a estar es que es muy sensible al calor, si está en contacto con un material caliente podría dañarse o quizás hasta iniciar un incendio porque es inflamable.

El aluminio es un material ligero que hace que el robot se mueva fácilmente, resistente a impactos y a la corrosión que lo convierte en un material ideal para un ambiente industrial donde el robot se podría golpear u oxidar. Este material es

higiénico, su superficie lisa puede limpiarse fácilmente y está exenta de olores, lo que lo hace ideal para industrias que requieren esta característica como la farmacéutica. Además el aluminio es íntegramente reciclable, no pierde sus cualidades una vez que se recicla, sin importar el número de veces que se recicle. Este material puede procesarse de numerosas formas, es decir que se puede adaptar a la forma que se necesite para la estructura del robot.

Las características del aluminio hacen que sea un material más adecuado para el ambiente industrial donde se va a usar el robot seguidor de línea, por esta razón se lo va a usar para para construcción de la carrocería del robot.

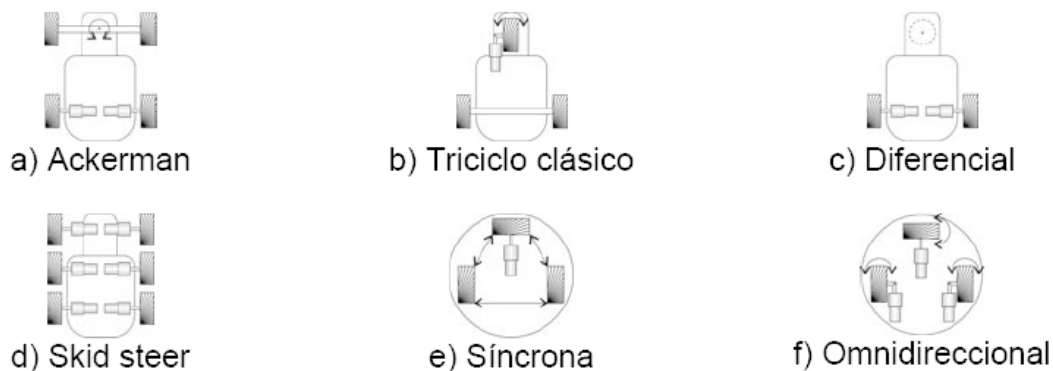
En la carrocería del robot debe tener dos niveles, el primero para colocar la tarjeta de control y el puente H. El segundo nivel se usara para colocar el material a transportar, por esta razón, se debe colocar un sensor en este nivel para que comunique al robot que tiene mercadería.

(lainformacion, 2012)

### **3.2.1.1 Configuraciones de ruedas**

Para la realizar el diseño de un robot móvil, es necesario saber qué tipo de configuración se va a utilizar en el momento de colocar las ruedas. Las configuraciones para las ruedas se pueden observar en la siguiente imagen.





*Figura 3.2: diferentes configuraciones de ruedas.*

*Fuente: (Ortigoza, 2007)*

La configuración Ackerman es la utilizada en vehículos convencionales, es muy estable. Se basa en una estructura de cuatro ruedas, las ruedas delanteras permiten que el vehículo realice giros.

Por otro lado, la configuración triciclo es de mayor simplicidad en su construcción ya que este robot tiene tres ruedas. El robot tipo triciclo tiene dos ruedas acopladas a los ejes de los servomotores y una rueda loca centrada que ayudara al robot a realizar giros sobre la ruta. Por ser de mayor simplicidad se escogió la configuración tipo triciclo para el robot. (Inc., 2008)

### **3.2.2 Selección de motor o servomotor para locomoción**

Debido a las características que presentan los servomotores en relación a los motores DC, se considera que la mejor opción es usar servomotores para la locomoción del robot, ya que no se busca velocidad en el traslado de los materiales. Por su facilidad de acceso en el mercado, su bajo precio y sus características se

escogió un servomotor de la marca Hitec, el modelo es el HS422. En la siguiente tabla se muestran sus características más importantes.

*Tabla 3.1 Características del Servomotor Hitec HS-422*

*Fuente: (SPARKFUN)*

<b>Servomotor Hitec HS-422</b>	
Sistema de control	Control por anchura de pulso 1,5 ms al centro
Tensión de Funcionamiento	4,8 V A 6V
Velocidad de 6V	0,16 seg/60 grados sin carga
Fuerza de 6V	4,1 kg x cm
Corriente de reposo	8 Ma
Corriente de funcionamiento	150 mA sin carga
Corriente Máxima	1100 mA
Zona Neutra	8 usec
Rango de trabajo	1100 a 1900 usec
Dimensiones	40,6 x 19,8 x 36,6 mm
Peso	45,5 g
Rodamiento principal	Metálico
Engranajes	Plástico
Longitud del cable	300 mm

### 3.2.2.1 Modificación de un servomotor



*Figura 3.3: Aspecto del servo Hitec HS-422*

*Fuente: (SPARKFUN)*

Realizar la modificación para que un servomotor pueda girar continuamente no es difícil. No se requiere de soldadura o alguna técnica complicada, solo se necesitan un desarmador y un alicate. Por ser fácil de modificar se escogió el servomotor Hitec HS-422 y a continuación se muestra una guía de cómo realizar la modificación.

El primer paso retirar la parte circular del eje del servomotor, después de debe sacar los tornillos y sacar la tapa principal sin sacar o mover de su lugar las partes internas. En la figura 3.3 se observa cómo queda desarmado. (POMPA, 2015)



*Figura 3.4: Servomotor desarmado*

*Fuente: (POMPA, 2015)*

El segundo paso es retirar todas las partes para identificar el engranaje principal, los engranajes secundarios y el cojinete superior como aparece en las imágenes 3.4 y 3.5. (POMPA, 2015)



*Figura 3.5: Retirando los engranajes*

*Fuente: (POMPA, 2015)*



*Figura 3.6: Engrane principal con placa plastica*

*Fuente: (POMPA, 2015)*

El tercer paso es retirar la placa de plástico del interior del engranaje principal. Después de quitar la placa de plástico se debe colocar nuevamente el anillo en su sitio. En la figura 3.6 se puede observar la el anillo nuevamente colocado después de retirar la placa de plástico. (POMPA, 2015)



*Figura 3.7: Anillo colocado.*

*Fuente: (POMPA, 2015)*

El cuarto paso consiste en cortar el pedazo de plástico en el eje principal que se observa en la figura 3.8, este pedazo plástico no permite que el eje gire más de 180 grados. Una vez cortado, podrá girar de manera continua. En la figura 3.7 se ve cual es el tope plástico que se debe cortar.



*Figura 3.8: Tope plástico*

*Fuente: (POMPA, 2015)*

El último paso es armar nuevamente el servomotor. En la figura 3.8 se observa cómo quedan las piezas armadas antes de colocar la tapa y poner los tornillos. (POMPA, 2015)



*Figura 3.9: Servomotor armado*

*Fuente: (POMPA, 2015)*

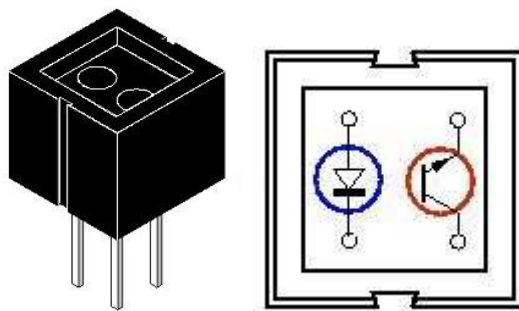
### **3.2.2.2 Recomendaciones**

Como recomendaciones en el momento de modificar los servomotores, se debe evitar que queden restos de suciedad o de un material externos en los engranajes. Igualmente no se debe eliminar la grasa que lubrica los engranajes. En el momento de cortar el limitante del engranaje principal, se debe tener cuidado de no dañar otra parte como un engrane.

### 3.2.3 Selección de sensores infrarrojos

#### 3.2.3.1 Sensor CNY-70

Este es un sensor infrarrojo que no tiene mucho alcance y basa su funcionamiento en el uso de un emisor y un receptor de luz que apuntan a la misma dirección. El emisor emite una luz que se refleja en una superficie, el receptor es capaz de detectar la luz reflejada y enviar la señal al controlador. En la figura 3.9 se observa la vista externa del sensor y sus circuitos internos. (TECTRONIX)



*Figura 3.10 Vista externa y circuitos internos del sensor CNY70*

*Fuente: (info-ab, info-ab)*

Este sensor tiene cuatro pines de conexión. Dos son para el emisor que corresponden al ánodo y al cátodo, utiliza resistencias de 220 ohmios. Los dos restantes son el colector y el emisor que corresponden al receptor del sensor, utiliza resistencias de 10K ohmios. La figura 3.10 muestra el patillaje del sensor CNY70. (info-ab, info-ab)

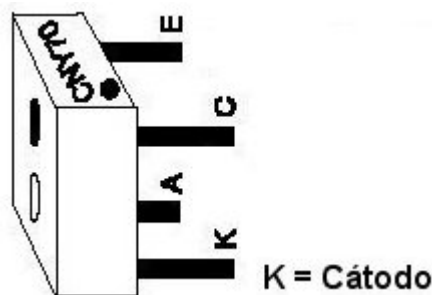


Figura 3.11: Patillaje del CNY70

Fuente: (info-ab, info-ab)

### 3.2.3.1.1 Funcionamiento del sensor

En la figura 3.11 se ven las dos formas de utilizar al sensor CNY70. En la opción A, cuando se refleje luz el emisor lee un “1” digital y recibe un 0”si no se refleja luz. Mientras que en la opción B, el colector lee un “0” cuando se refleje luz y un “1” cuando no se refleje.

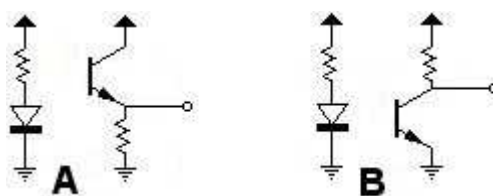


Figura 3.12 Diferentes posibilidades de montaje del CNY70

Fuente: (info-ab, info-ab)

Si se conecta la salida del sensor a una entrada digital, en este caso la tarjeta Arduino Mega 2560, la tarjeta recibe valores de “1” o “0”, dependiendo de cómo la tarjeta haga la diferencia entre los dos valores lógicos. Para poder diferenciar entre los colores negro y blanco, se usa un inversor como el circuito 74HC14. Se debe conectar este inversor entre el sensor y la tarjeta de control.



### 3.2.3.2 Detector de presencia

La función principal de este seguidor de línea es el transporte en la industria, por eso se añadió en el diseño un sensor encima del robot, donde se colocaría la mercadería, que detectará la presencia de algún objeto que se coloque sobre el robot.

En la figura se observa que cuando el fototransistor recibe luz y este conduce más corriente por lo que tiende a saturación, el colector dará un valor de 0V. El inversor U6C cambia el 0 por un valor alto en la entrada RA3 que es digital.

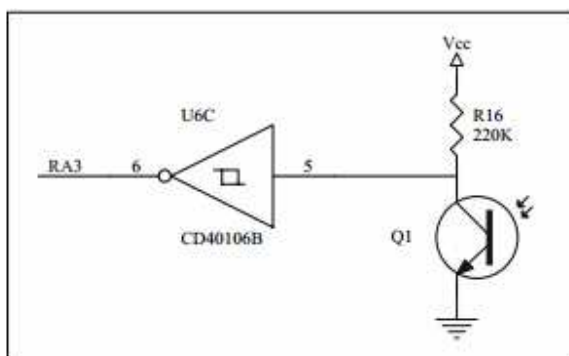


Figura 3.13 Circuito detector de presencia de mercadería.

Fuente: (pgalvisvera, 2010)

Cuando se pone mercadería sobre el robot, el fototransistor se tapa, cuando le llega luz, entre su colector y emisor circulara poca corriente y se cortara. El voltaje en el colector será aproximadamente de 5V y el inversor U6C dara un nivel bajo a la tarjeta. Con la finalidad de evitar voltajes intermedios la puerta inversora debe ser de tipo trigger. (pgalvisvera, 2010)

### **3.2.4 Tarjeta de control Arduino**

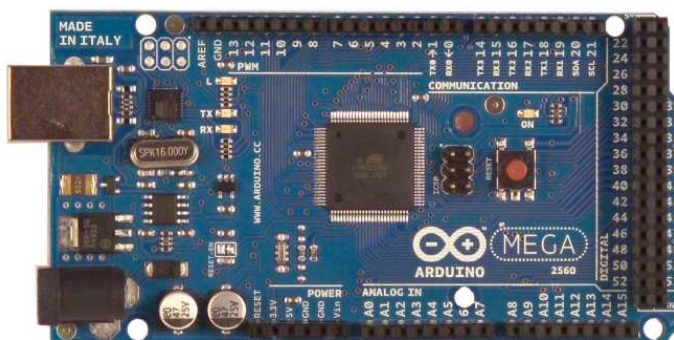
#### **3.2.4.1 ¿Porque Arduino?**

Arduino es una plataforma de electrónica abierta o flexible que permite desarrollar múltiples proyectos, es fácil de usar y tiene entradas y salidas tanto análogas como digitales. El que sea flexible la hace compatible con muchos dispositivos electrónicos como sensores, motores, entre otros. El software es sencillo de usar, su lenguaje es Processing que está basado en Java, la diferencia es que Arduino tienen sus librerías propias. (ARDUINO)

Si bien en el mercado existen otras ofertas similares como Phidgets, MIT's Handyboard, Parallax Basic Stamp, y muchas otras. Arduino es una tarjeta bastante común, lo que la hace sencilla de encontrar en el medio y sus guías en caso de necesitar apoyo son más encontradas en internet. Adicionalmente Arduino presenta otras ventajas ante la competencia como el hecho de que es multiplataforma, es decir que se puede utilizar en varios sistemas operativos, específicamente tres, Linux, Windows y Mac OS. Otra característica es que el código para programar es abierto y extensible, el lenguaje se puede expandir usando librerías de C++. Una característica muy importante al momento de escoger un producto es la relación costo vs calidad y Arduino siendo en mi opinión superior a la competencia ofrece sus productos en un costo inclusive menor a los demás.

### 3.2.4.2 Arduino Mega 2560

Para el control del robot se necesitara algo que nos permita programarlo como se requiera. Se escigió utilizar la placa Arduino Mega 2560 para programar a este robot.



*Figura 3.14: Tarjeta Arduino Mega 2560*

*Fuente: (ARDUINO)*

La tarjeta Arduino tiene como chip principal un microcontrolador llamado ATmega2560. Además tiene un puerto USB que se usa para conectar a tarjeta a un ordenador y realizar la programación de la misma, mediante el puerto USB también se puede alimentar de energía a la tarjeta. Posee un Jack de alimentación para conectar otra fuente. También cuenta con un cristal oscilador de 16 Mhz. Y un botón de reseteo en caso de ser necesario resetear.

Otras características de la tarjeta son las siguientes:

*Tabla 3.1: Características de la tarjeta Arduino Mega 2560*

*Fuente: (ARDUINO)*

Número de Entradas y Salidas Digitales	54
Salidas PWM	14
Entradas Análogas	16
Cristal Oscilador MHz	16
Puertos Seriales para hardware	4



### **3.2.5 Puente H**

Un Puente H es un circuito electrónico que permite realizar el control del sentido de giro de un motor o servomotor. Aunque se puede construir un puente H con elementos electrónicos, se escogió utilizar un circuito integrado que ya tienen puentes H.

La razón de utilizar un puente H en este proyecto es porque la tarjeta Arduino no es capaz de controlar directamente equipos como servomotores debido a que la intensidad que puede proporcionar en sus pines de salida es de máximo 40 mA y resulta escaso para un servomotor. Para evitar el recalentamiento y posible daño de la tarjeta es recomendable el uso de un puente H, el puente H si será controlado directamente por la tarjeta. (Navarro, 2013)

#### **3.2.5.1 Doble puente H L293D**

Este circuito integrado posee dos puentes H completos integrados, de esta manera se puede realizar el control de dos servomotores con un mismo circuito. El circuito integrado posee cuatro circuitos para manejar cargas de potencia media, con la capacidad de controlar corriente hasta 600 mA en cada circuito y una tensión entre 4,5 V a 36 V. (Solez, 2012)



Figura 3.16: Circuito integrado L293D

Fuente: (INSTRUMENTS)

### 3.2.5.1.1 Conectando el puente H a un motor y la tarjeta Arduino

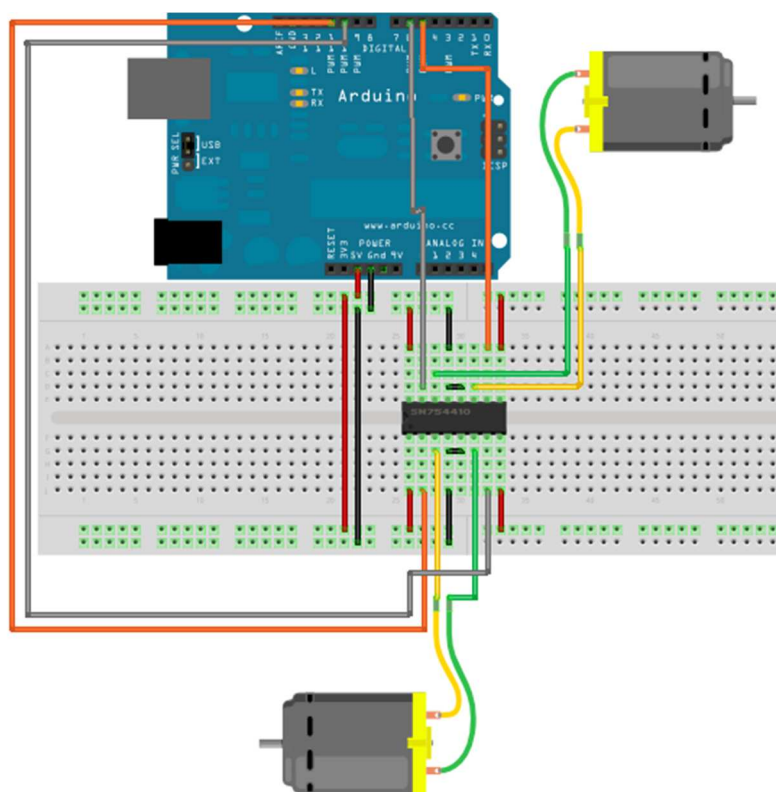


Figura 3.17: Conexión del puente H a un motor y la tarjeta Arduino

Fuente: (ARDUINO)

La alimentación de 5V que se usa para el circuito integrado L293D es proveniente de la tarjeta Arduino como se observa en la figura 3.24. Los servomotores a su vez van conectados con el puente H.

### 3.2.6 Alimentación

#### 3.2.6.1 Baterías recargables



*Figura 3.18 Baterías recargables*

*Fuente: (INFORMATICA HOY, 2008)*

#### 3.2.6.2 ¿Por qué usar pilas recargables?

Las baterías recargables aportan en la conservación del medio ambiente al generar menos desperdicios, además cuando dejan de funcionar se pueden reciclar en centros especializados. Al poder recargar las baterías y no tener que comprar de manera continua se logra obtener un ahorro económico y de tiempo al no tener que ir a comprar cada que se agoten las baterías tradicionales.

#### 3.2.6.3 Tipos de pilas recargables

En el mercado actual se encuentran dos tipos de pilas recargables: NiCd y MiMH:

Las pilas NiCd o llamadas Niquel Cadmio son las primeras pilas recargables que aparecieron en el mercado. Actualmente son más baratas porque su vida útil y

capacidad de carga son menores en relación a las actuales. Un problema bastante común de estas baterías es que sufren de un fenómeno llamado efecto de memoria que consiste en la batería deja de cargarse por completo porque su composición química da la señal de que ya se está cargada completamente. Por ejemplo, si existe un efecto de memoria del 50%, la carga máxima que alcanzara la batería será del 50% ya que el 50% restante ya se reporta como cargado. Para prevenir este problema en las baterías se debe cargarlas cuando se encuentren completamente descargadas. Otro problema de estas baterías es el material del que están hechas, el cadmio es un elemento altamente toxico que perjudica a medio ambiente.

Por otro lado, las pilas NiMH o de Níquel Metal Hidreto, son las más utilizadas en la actualidad ya que tienen una mayor vida útil y capacidad de carga que las batería anteriores. Al tener una mayor vida útil contaminan menos ya que se generan menos desperdicios. Estas baterías no tienen el problema de efecto de memoria que las anteriores si tienen.

Se van a utilizar en este robot seis pilas AA recargables de NiMH o de Níquel Metal Hidreto por sus características y fácil acceso en el mercado local, contribuyendo con el medio ambiente y ahorrando dinero. Las pilas AA tienen una capacidad de 1.5 Voltios, por esta razón se necesitan seis pilas conectadas en serie para obtener el voltaje necesario para que funcione nuestra tarjeta Arduino.



### 3.2.6.4 Cargador de baterías ecológico

Un cargador solar es un equipo que transforma la energía solar fotovoltaica en energía eléctrica que puede ser utilizada por los dispositivos eléctricos. Las placas solares son los elementos principales de un cargador solar, estas son las encargadas de realizar la transformación de energía.

#### 3.2.6.4.1 Ejemplos de cargadores solares

En el mercado existen cargadores solares de venta, con precios competitivos de aproximadamente treinta dólares. Algunos ejemplos de estos cargadores son:

#### **Kodak KS100-C+2 Solar Charger**



*Figura 3.19 Cargador solar Kodak*

*Fuente: (AMAZON)*

Este equipo puede cargar hasta 2 pilas AA a la vez usando energía solar o un computador como fuente de poder. Tiene un switch para encender o apagar. El fabricante incluye dos pilas de NiMH en el empaque.

### SBC 3001

Por otro lado, este equipo es ligero y compacto, capaz de cargar hasta cuatro pilas a la vez, sean AA o AAA. También puede ser utilizado para cargar otros equipos de 5V como celulares, tablets, MP3, etc, con una corriente de carga de 350 mA.



*Figura 3.20: Cargador solar SBC 3001*

*Fuente: (C) AMAZON*

#### **3.2.5.4.2 Construcción de un cargador solar de pilas**

Se puede construir un cargador solar, a continuación se muestra una guía paso a paso para realizar la construcción de un cargador solar, adicionalmente se hace un listado de los materiales a utilizar. Este cargador es suficiente para cargar dos baterías, se usan dos paneles en paralelo para obtener un valor alrededor de 160 mA en la salida, esto significa que cada panel tiene una salida de 80 mA. No se recomienda conectar varios paneles en paralelo para poder cargar varias baterías a la vez, ya que esto podría dañarlas.

## Listado de materiales

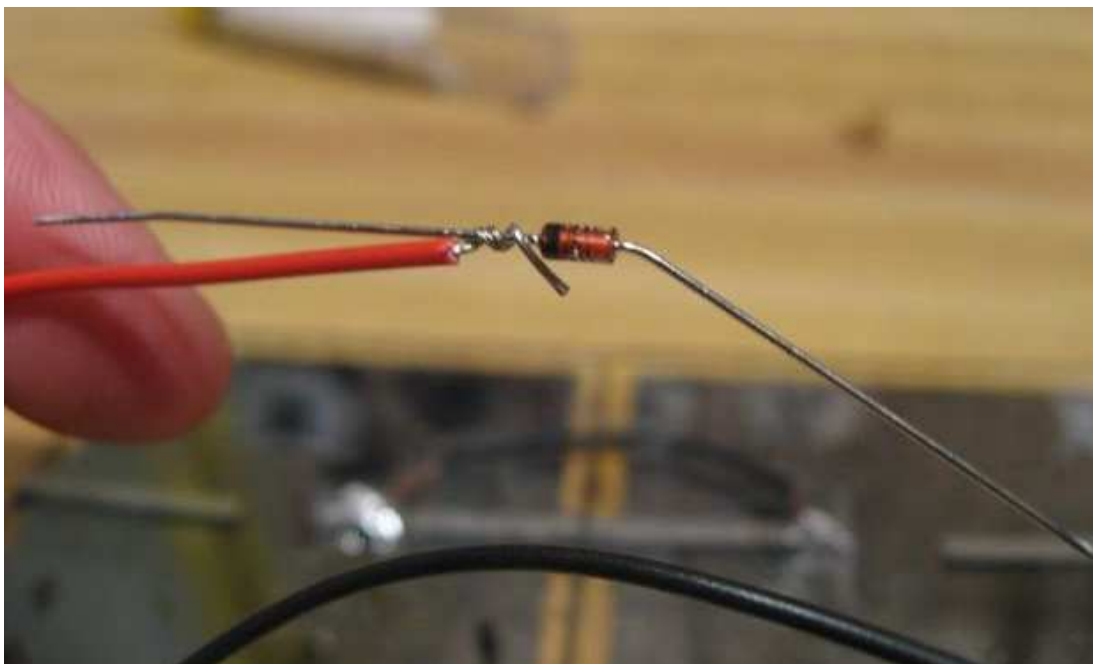
Tabla 3.2: listado de materiales

Fuente: (LABS, 2014)

Material	Cantidad
Cautín	1
Recipiente transparente	1
Soldadura	
Cinta para pegar	1
Gafas de seguridad	1
Alambre	
Diodo	1
Paneles solares de 4,5V 80Ma	2
Baterías	4
Soporte para baterías	1

## Pasos para construir el cargador solar

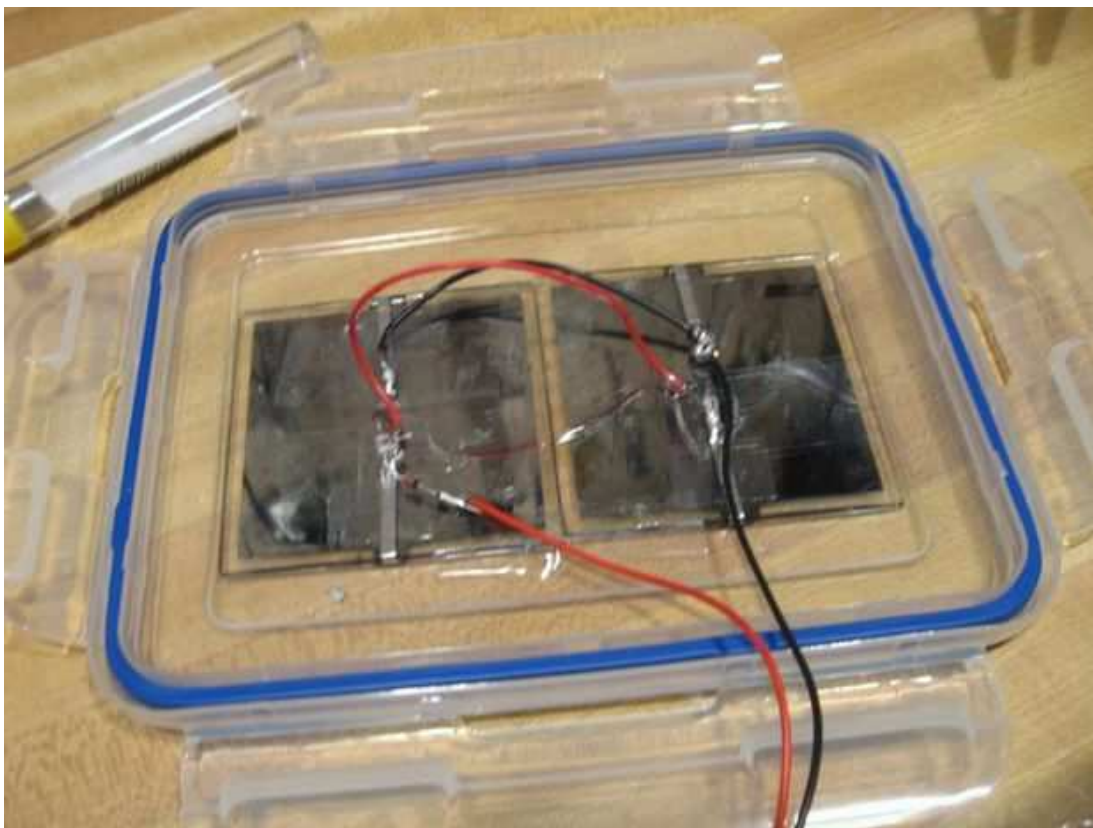
**Paso 1:** Conectar el diodo. El cátodo se suelda al cable positivo del soporte de pilas, después el otro extremo o ánodo a un terminal positivo de uno de los paneles solares. La razón de hacer esto es para que la corriente circule hacia el soporte de baterías, cargando las mismas, y no robe carga de las pilas. (LABS, 2014)



*Figura 3.21: Diodo*

*Fuente: (LABS, 2014)*

**Paso 2:** El terminal negativo del soporte de pilas se suelda al terminal negativo del panel solar. Hay que conectar los paneles en paralelo soldando cable para conectar los polos positivos y negativos. Es importante recordar que se conectan positivo con positivo y negativo con negativo. Sin importar el tipo de panel solar, la manera de cablear será la misma. (LABS, 2014)



*Figura 3.22: Paneles solares soldados en paralelo.*

*Fuente: (LABS, 2014)*

**Paso 3:** Pegar los paneles solares a la tapa del recipiente y el soporte de pilas en un lugar cómodo para poner a cargar las pilas o sacarlas.



*Figura 3.23: Cargador solar terminado*

*Fuente: (LABS, 2014)*

### **3.3 Selección de Software**

#### **3.3.1 Instalación de software Arduino en Windows**

Los pasos para instalar el software Arduino correctamente son los siguientes:

1. Tener a la mano tarjeta Arduino que se vaya a utilizar y un cable USB de impresora para conectarla con la computadora. (ARDUINO)



Figura 3.24: Tarjeta Arduino con cable de impresora.

Fuente: (Autor, 2015)

2. Descargar la última versión del software de Arduino para sistema operativo Windows en el siguiente link: <http://arduino.cc/en/Main/Software> (ARDUINO)

The screenshot shows the Arduino website's software download page. At the top, there is a teal navigation bar with the Arduino logo and a search bar. Below the navigation bar, the main heading reads "Download the Arduino Software". The central content area features the Arduino logo on the left and a text block on the right that says "ARDUINO 1.6.0" followed by a description of the software. On the far right, there is a teal sidebar with download options for Windows (Installer and ZIP file), Mac OS X (for Java 6 and Java 7), and Linux (32 bits and 64 bits). At the bottom of the sidebar, there are links for "Release Notes" and "Source Code".

Figura 3.25: Pagina para descargar software Arduino

Fuente: (Autor, 2015)

Cuando termine la descarga, descomprimir el archivo descargado.

3. Conectar la tarjeta. Se la puede alimentar mediante una fuente externa, batería, o conectarla a una computadora. La LED verde marcado con las letras PWR debe encenderse. (ARDUINO)

4. Instalar los drivers USB.

Se debe conectar la tarjeta y el asistente de Windows mostrara un mensaje para añadir nuevo hardware de Windows para los drivers.

Seleccionar la opción "Buscar software de controlador".

Buscar y seleccionar el archivo controlador llamado "arduino.inf", ubicado en la carpeta "Drivers" de la descarga del software de Arduino.

Windows terminara la instalación del controlador de allí. (ARDUINO)

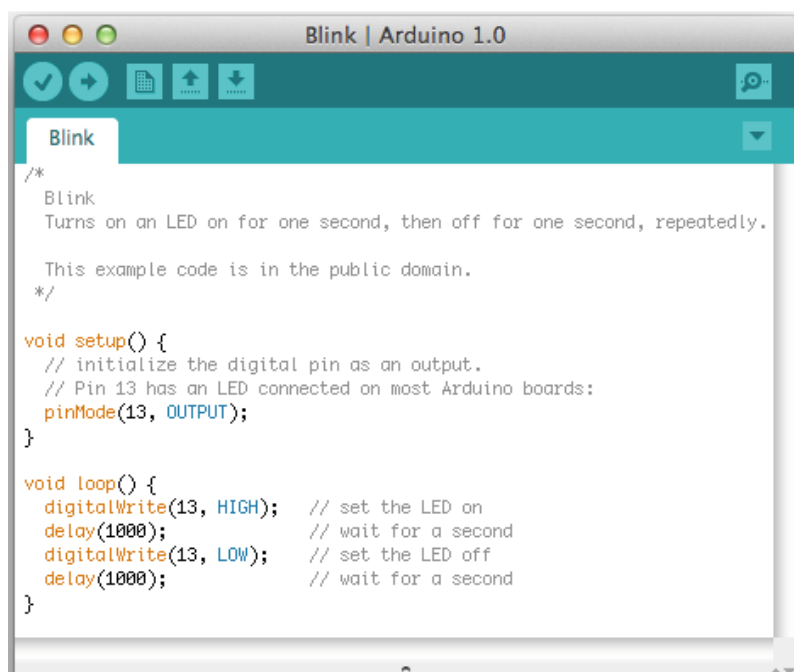
5. Ejecutar el programa Arduino. (ARDUINO)

6. Subir un programa. Abrir la rutina de ejemplo de parpadeo de LED de la siguiente manera:

File > Examples > 1.Basics > Blink.

En la figura 3.26 se muestra el programa que se usa para hacer parpadear el LED. (ARDUINO)





```

Blink | Arduino 1.0
Blink
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  This example code is in the public domain.
  */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000);           // wait for a second
}

```

Figura 3.26: Programa para parpadear LED

Fuente: (Autor, 2015)

7. Seleccionar la placa Arduino que se use, en este caso Arduino Mega 2560. La figura 3.27 muestra el entorno Arduino. (ARDUINO)

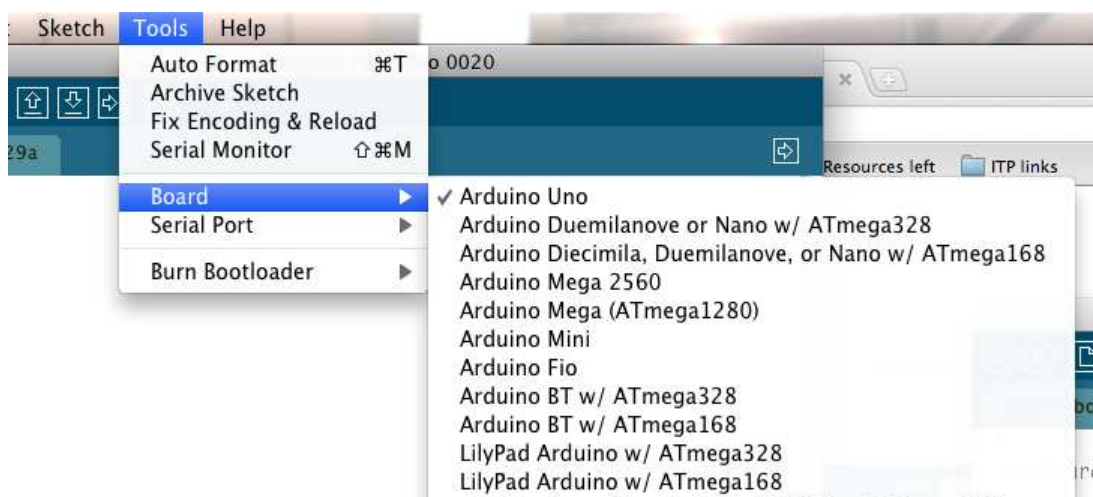


Figura 3.27: Entorno Arduino para escoger la tarjeta

Fuente: (Autor, 2015)

8. Seleccionar el puerto serie. Se realiza desde el menú Tools | Serial Port. Ya que COM1 y COM2 estan reservados para hardware se deben usar desde COM3 en adelante. Para averiguar que puerte es, se puede desconectar la tarjeta Arduino y volver a abrir el menú, la entrada que desaparece debe ser la tarjeta Arduino. Se conecta de nuevo la tarjeta y se selecciona el puerto serie correcto. (ARDUINO)
9. Subir el programa. Para cargar el programa de debe hacer clic en el botón "Subir" en el medio ambiente. Después de unos segundos, los LED RX y TX estarán parpadeando. Si la carga se realiza correctamente, el mensaje "Done subir." aparecerá en la barra de estado. (ARDUINO)

Cuando la carga del programa finalice el LED del Pin 13 de la tarjeta empezara a parpadear en color naranja. Si es así, todo funciona correctamente.

Si se tienen dudas o inconvenientes sobre la tarjeta Arduino se puede encontrar información en el siguiente link:

<http://arduino.cc/en/Guide/Troubleshooting>

### **3.3.2 Programacion**

El anexo dos contiene los prgramas sugeridos para conectar los servomotores con el puente H y este a su vez con la tarjeta Arduino, ademas tiene la programacion para la incorporacion de los sensores CNY70 con la tarjeta.

## **CONCLUSIONES**

Para concluir este proyecto cabe resaltar que se han cumplido los objetivos específicos planteados al inicio de este estudio. Se lo logro estudiar y conocer más sobre la robótica, su historia, partes necesarias para realizar el diseño de un robot. De igual manera conocer nuevas tecnologías al igual que entornos de programación para profundizar los conocimientos adquiridos en la universidad. Estudiar la tecnología Arduino y conocer sus ventajas y desventajas. Diseñar un prototipo de robot seguidor de línea industrial. Y lo más importante, se logró contribuir con el planeta, haciendo que la alimentación y la construcción de la estructura del robot sean ecológicas.

Aunque la investigación y el estudio tuvo complicaciones, se encontró motivación con la intriga que dejaban estos problemas, la motivación permitió seguir trabajando en este proyecto aun después de haberlo concluido. Para futuros trabajos se propone, ampliar la aplicación de estos robots para que el robot pueda detectar y esquivar obstáculos en la ruta establecida.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda que el diseño del robot sea lo suficientemente robusto, ya que estará trabajando en una industria y puede sufrir daños debido a condiciones extremas en el ambiente como altas temperaturas. Esto implica que todas las partes del robot estén bien sujetas a la estructura, que es de un material resistente.

De igual manera se recomienda revisar las conexiones electrónicas, verificando que no haya cables sueltos o expuestos y puedan ser arrancado o dañarse en el trabajo.

También se recomienda buscar maneras más eficientes de aportar con el cuidado del medio ambiente, ya que solo así se detendrá el aumento de los gases de invernadero que nos afectan a todos.

## BIBLIOGRAFÍA

- INFORMATICA HOY*. (2008). Recuperado el 15 de DICIEMBRE de 2014, de *INFORMATICA HOY*: <http://www.informatica-hoy.com.ar/electronica-consumo-masivo/Pilas-Recargables.php>
- ROBOTICA PY*. (2013). Recuperado el 02 de DICIEMBRE de 2014, de *ROBOTICA PY*: <http://www.roboticapuy.com/velocista.asp>
- ADMINISTRADOR. (27 de ENERO de 2015). *LA VIDA ES INFINITO*. Recuperado el 29 de ENERO de 2015, de *LA VIDA ES INFINITO*: <http://www.lavidaesinfinito.com/robots-en-la-antiguedad/>
- AMAZON. (s.f.). *AMAZON*. Recuperado el 04 de FEBRERO de 2015, de *AMAZON*: [http://www.amazon.com/Kodak-KS100-C-2-Solar-Charger/dp/B002O0KP22/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&qid=1424447225&sr=8-1&keywords=Kodak+KS100-C%2B2+Solar+Charger](http://www.amazon.com/Kodak-KS100-C-2-Solar-Charger/dp/B002O0KP22/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1424447225&sr=8-1&keywords=Kodak+KS100-C%2B2+Solar+Charger)
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO*. Recuperado el 12 de NOVIEMBRE de 2014, de *ARDUINO*: <http://arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>
- Bravo, J. C. (03 de DICIEMBRE de 2012). *youtube.com*. Recuperado el 21 de ENERO de 2015, de *youtube.com*: <http://www.youtube.com/watch?v=JKhyQ4uJxic>
- Bueno, A. (s.f.). *PORTALESO*. Recuperado el 22 de DICIEMBRE de 2014, de *PORTALESO*: [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_robot\\_3/robot\\_indice.html](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_robot_3/robot_indice.html)
- C, A. (s.f.). *AMAZON*. Recuperado el 03 de FEBRERO de 2015, de *AMAZON* : <http://www.amazon.es/Camelion-SBC-3001-Cargador-solar-blanco/dp/B0029T70CQ>
- Carletti, E. J. (2007). *ROBOTS ARGENTINA*. Recuperado el 22 de ENERO de 2015, de *ROBOTS ARGENTINA*: [http://robots-argentina.com.ar/MotorCC\\_L293D.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorCC_L293D.htm)
- CCSI. (s.f.). *THE MIND PROJECT*. Recuperado el 27 de NOVIEMBRE de 2014, de *THE MIND PROJECT*: [http://www.mind.ilstu.edu/curriculum/medical\\_robotics/motors.php](http://www.mind.ilstu.edu/curriculum/medical_robotics/motors.php)
- Dolina. (18 de JUNIO de 2011). *ajedrezconfundamentos*. Recuperado el 22 de DICIEMBRE de 2014, de *ajedrezconfundamentos*: [http://ajedrezconfundamentos.blogspot.com/2011\\_06\\_01\\_archive.html](http://ajedrezconfundamentos.blogspot.com/2011_06_01_archive.html)
- Ferrer, B. E. (NOVIEMBRE de 2011). Recuperado el 01 de DICIEMBRE de 2014, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13961/memoria.pdf?sequence=1>

- Inc., R. D. (2008). *RobotShop*. Recuperado el 2014 de DICIEMBRE de 2014, de RobotShop: <http://www.robotshop.com/media/files/PDF/timeline.pdf>
- info-ab. (s.f.). *info-ab*. Recuperado el 22 de ENERO de 2015, de info-ab: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>
- info-ab. (s.f.). *info-ab*. Recuperado el 15 de DICIEMBRE de 2014, de info-ab: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Otros/Infrarrojos/sensor\\_cny70.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Otros/Infrarrojos/sensor_cny70.htm)
- INSTRUMENTS, T. (s.f.). *TEXAS INSTRUMENTS*. Recuperado el 22 de DICIEMBRE de 2014, de TEXAS INSTRUMENTS: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf>
- LABS, C. (17 de FEBRERO de 2014). *YOUTUBE.COM*. Recuperado el 25 de NOVIEMBRE de 2014, de YOUTUBE.COM: <https://www.youtube.com/watch?v=RM-GinX9Au0>
- lainformacion. (02 de MARZO de 2012). *lainformacion*. Recuperado el 23 de DICIEMBRE de 2014, de lainformacion: [http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/ciencias-general/un-pezo-robot-para-guiar-bancos-de-peces\\_ZUybZsd8wpREfLpfs273x4/](http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/ciencias-general/un-pezo-robot-para-guiar-bancos-de-peces_ZUybZsd8wpREfLpfs273x4/)
- MARCELO, J. I. (DICIEMBRE de 2001). *ROBOT MOVIL PARA TRANSPORTE AUTOMATIZADO*. Recuperado el 04 de DICIEMBRE de 2014, de ROBOT MOVIL PARA TRANSPORTE AUTOMATIZADO: <http://eii.unex.es/profesores/jisuarez/descargas/otras/Robotmov.pdf>
- Maritza, Y. (2012). *ROBOTICA PUNO*. Recuperado el 15 de ENERO de 2015, de ROBOTICA PUNO: <http://roboticapuno.blogspot.com/2013/01/clasificacion-de-los-robots.html>
- Moreta, M. A. (s.f.). *MONOGRAFIAS.COM*. Recuperado el 23 de DICIEMBRE de 2014, de MONOGRAFIAS.COM: <http://www.monografias.com/trabajos93/inteligencia-artificial-aplicada-robotica/inteligencia-artificial-aplicada-robotica.shtml>
- Navarro, K. (11 de DICIEMBRE de 2013). *Panama Hitek*. Recuperado el 15 de ENERO de 2015, de Panama Hitek: <http://panamahitek.com/el-puente-h-invirtiendo-el-sentido-de-giro-de-un-motor-con-arduino/>
- Ortigoza, S. (2007). *publicaciones.urbe.edu*. Recuperado el 16 de DICIEMBRE de 2014, de publicaciones.urbe.edu: <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telematique/article/viewArticle/833/2037>
- pgalvisvera. (13 de OCTUBRE de 2010). *WORDPRESS.COM*. Recuperado el 13 de ENERO de 2014, de WORDPRESS.COM: <https://pgalvisvera.wordpress.com/motores/>

- POMPA, P. (06 de FEBRERO de 2015). *SUPERROBOTICA.COM*. Recuperado el 2015 de FEBRERO de 08, de SUPERROBOTICA.COM:  
<http://www.superrobotica.com/servo422.htm>
- prsrobots. (s.f.). *prsrobots*. Recuperado el 22 de ENERO de 2015, de prsrobots:  
<http://www.prsrobots.com/uninfo.html>
- RAUSCH, S. (13 de MARZO de 2012). *robotikka*. Recuperado el 12 de NOVIEMBRE de 2014, de robotikka: <http://www.robotikka.com/robot-voladores-pre-programados/>
- RF, I. (01 de JUNIO de 2009). *ARDUINO & SEGUIDOR DE LINEAS*. Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2014, de ARDUINO & SEGUIDOR DE LINEAS:  
<http://arduinolinefollower-rf.blogspot.com/>
- ROBOVOLC. (s.f.). *ROBOVOLC*. Recuperado el 30 de ENERO de 2015, de ROBOVOLC:  
<http://www.robovolc.dees.unict.it/system/system.htm>
- SANTO, H. C. (16 de MARZO de 2011). *SLIDESHARE*. Recuperado el 16 de ENERO de 2015, de SLIDESHARE: <http://www.slideshare.net/hcarmelita/estructuras-del-robot>
- Solez, R. N. (10 de OCTUBRE de 2012). *PREZI.COM*. Recuperado el 23 de DICIEMBRE de 2014, de PREZI.COM: <https://prezi.com/8aznbsvshbv3/circuito-integrado-l293b-doble-puente-h/>
- SPARKFUN. (s.f.). *SPARKFUN*. Recuperado el 27 de NOVIEMBRE de 2014, de SPARKFUN:  
<https://www.sparkfun.com/products/11884>
- TECTRONIX. (s.f.). *TECTRONIX*. Recuperado el FEBRERO de 2015, de TECTRONIX:  
<http://www.tectronix.cl/sensor-optico-tcrt5000.html>
- Volpe, R. (s.f.). *ROBOTICS.JPL*. Recuperado el 16 de ENERO de 2015, de ROBOTICS.JPL:  
<https://www-robotics.jpl.nasa.gov/systems/system.cfm?System=11>