

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE ROBOT MANIPULADOR TELEDIRIGIDO, CON
CAPACIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN TERRENOS SÓLIDOS.

EDILSON ANTONIO CARDONA GARZÓN

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS
MEDELLÍN
2015

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE ROBOT MANIPULADOR TELEDIRIGIDO, CON
CAPACIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN TERRENOS SÓLIDOS.

EDILSON ANTONIO CARDONA GARZÓN

Trabajo de grado para optar el título de Tecnólogo en Sistemas Mecatrónicos

Asesor

Carlos Enrique Pino Ramos

Ingeniero Mecánico-Docente Universitario

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA

TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS

MEDELLÍN

2015

nota de aceptación:

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Mayo 27 de 2015

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el apoyo y la motivación a adquirir nuevos conocimientos y completar los procesos formativos.

A la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO por su proceso de formación académica y personal.

Contenido

pág.

Introducción	14
1. Planteamiento del problema.....	16
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	17
2. Justificación.....	17
3. Objetivos.....	18
3.1. Objetivo general	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. Marco teórico	19
4.1. Origen del robot y la robótica	19
4.2. Tipos de robots o brazos robóticos	21
4.2.1. Robots industriales.....	22
4.2.2. Robots de servicio	26
4.3. Sistemas que conforman un robot	27
4.3.1. Sistema eléctrico.....	27
4.3.2. Sistemas mecánicos.....	27
4.3.3. Sistemas de control.	28
4.4. Movimientos o grados de libertad de un robot.....	29
4.5. Tipos de desplazamiento o movimiento en articulaciones	30
4.6. Tipos de configuración en el movimiento de un robot.....	32
4.6.1. Configuración angular.....	32
4.6.2. Configuración cartesiana.....	33
4.6.3. Configuración cilíndrica.....	33
4.6.4. Configuración polar.....	34

4.7. Efector final del robot	35
4.8. Posición y orientación de un objeto en el espacio.	37
4.8.1. Posición de un objeto en el espacio	37
4.8.2. Orientación de un objeto en el espacio.	39
4.9. Robots con ruedas	39
4.10. Sistemas de locomoción	40
4.10.1. Sistema Ackerman	40
4.10.2. Triciclo clásico.	41
4.10.3. Direccionamiento diferencial.	41
4.10.4. Skid steer.	42
4.10.5. Síncronas.	42
4.11. Transmisión de potencia y movimiento	42
4.11.1. Transmisión de potencia por poleas-correa.	44
4.11.2. Transmisión de potencia por engranajes	48
4.11.3. Transmisión de potencia por piñón cadena.	49
4.11.4. Transmisión de potencia por piñón- cremallera.	50
4.11.5. Transmisión de potencia por tornillo sin fin-corona.	51
4.12. Motores de corriente continua	51
4.12.1. Motorreductor o reductores.	52
4.12.2. Servomotores.	53
4.13. Actuadores	54
4.13.1. Actuadores neumáticos	54
4.13.2. Actuadores hidráulicos.	54
4.13.3. Actuadores eléctricos.	55
4.14. Sensores	57
4.14.1. Sensores de presencia.	59
4.14.2. Detección con contacto.	59
4.14.3. Detección sin contacto.	59

4.15.	Sistemas arduinos	60
4.16.	Módulos de comunicación inalámbrica.....	61
4.16.1.	Infrarrojos.....	61
4.16.2.	Radio frecuencia	61
4.17.	Componentes básicos de un brazo robótico.....	63
5.	Selección, ensamble y adaptación de sistemas mecánicos.....	65
5.1.	Sistema de locomoción	66
5.2.	Base o chasis de vehículo del brazo robot	68
5.3.	Sistema de transmisión de potencia:.....	69
5.3.1.	Poleas.....	70
5.4.	Construcción de brazo	72
5.5.	Construcción y configuración de la muñeca y efector final	74
6.	Selección y adaptación de sistema eléctrico.	76
6.1.	Diagrama de distribución electrónica y de componentes.....	77
7.	Selección y adaptación de sistema de control.....	77
8.	Metodología.....	80
8.1.	Tipo de estudio.....	80
8.2.	Método.....	80
8.3.	Población y muestra	81
8.4.	Instrumentos de recolección de información	81
9.	Resultados del proyecto.....	82
10.	Conclusiones y recomendaciones.....	83
10.1.	Conclusiones.....	83
10.2.	Recomendaciones.....	84
11.	Referencias bibliográficas	86
12.	Anexos	87

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Caballero mecánico Leonardo Da Vinci.....	21
<i>Figura 2.</i> Robot industrial.....	22
<i>Figura 3.</i> Robot de aprendizaje	24
<i>Figura 4.</i> Micro-Robots	25
<i>Figura 5.</i> Distintos tipos de articulaciones para robots.	31
<i>Figura 6.</i> Diagrama configuración angular	32
<i>Figura 7.</i> Diagrama de configuración cartesiana/rectilínea.....	33
<i>Figura 8.</i> Diagrama configuración cilíndrica	34
<i>Figura 9.</i> Diagrama de configuración polar/esférica.....	34
<i>Figura 10.</i> Configuración no clásica robot SCARA.....	35
<i>Figura 11.</i> Efecto final en impresión en 3D.....	36
<i>Figura 12.</i> Manipulador con configuración angular y muñeca con tres grados de libertad.	37
<i>Figura 13.</i> Representaciones de vector en coordenadas cartesianas de 2 y 3 dimensiones.....	38
<i>Figura 14.</i> Sistema Ackerman	40
<i>Figura 15.</i> Sistema de locomoción de triciclo clásico.....	41
<i>Figura 16.</i> Locomoción con direccionamiento diferencial en dos ruedas laterales. El sistema emplea cuatro ruedas de castor no actuadas para soporte de la plataforma.	42
<i>Figura 17.</i> Transmisión de potencia por correa-polea.....	44
<i>Figura 18.</i> Correa trapezoidal.....	45
<i>Figura 19.</i> Transmisión de potencia correa dentada- polea.....	46
<i>Figura 20.</i> Transmisión de potencia por piñones	48
<i>Figura 21.</i> Sistema de transmisión por piñón-cadena.	50
<i>Figura 22.</i> Sistema de transmisión por piñón-cremallera.....	50
<i>Figura 23.</i> Motorreductor de corriente continua (DC).....	52
<i>Figura 24.</i> Servomotor.....	53
<i>Figura 25.</i> Actuador eléctrico.....	55

<i>Figura 26.</i> Actuador eléctrico motor paso a paso.....	56
<i>Figura 27.</i> Arduino	60
<i>Figura 28.</i> Módulos de comunicación inalámbrica XBee	62
<i>Figura 29.</i> Protocolo de comunicación ZigBee.....	63
<i>Figura 30.</i> Sistema de control computarizado con módulo XBee.....	65
<i>Figura 31.</i> Ruedas sistema de locomoción robot manipulador teledirigido.....	66
<i>Figura 32.</i> Grafica de sistema de locomoción robot manipulador teledirigido.....	67
<i>Figura 33.</i> Movimiento rotacional del robot manipulador teledirigido. Por medio del cual se activan las ruedas auxiliares y anulan las ruedas principales traseras.	68
<i>Figura 34.</i> Chasis paralelepípedo robot manipulador.....	69
<i>Figura 35.</i> Sistema de transmisión de movimiento por correa dentada- poleas.....	70
<i>Figura 36.</i> Polea conductora o motriz en plástico ABS	71
<i>Figura 37.</i> Polea conducida impresa en 3D con bioplástico degradable ABS	71
<i>Figura 38.</i> Actuador eléctrico encargado del movimiento del codo del robot.	73
<i>Figura 39.</i> Articulación de la muñeca robot manipulador teledirigido.	74
<i>Figura 40.</i> Efecto final por impresión 3D robot teledirigido	75
<i>Figura 41.</i> Diagrama de distribución de componentes eléctricos y de control	77
<i>Figura 42.</i> Robot manipulador teledirigido.	82

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Primeras tres leyes de la robótica Isaac Asimov</i>	20
Tabla 2. <i>Clasificación de los robots según la AFRI</i>	26
Tabla 3. <i>Sistemas de transmisión para robot</i>	43
Tabla 4. <i>Formas de transmisión por correa.</i>	47
Tabla 5. <i>Características de distintos tipos de actuadores para robots.</i>	57
Tabla 6. <i>Tipos de sensores internos para robots</i>	58

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1: código de programación del arduino.....	87
Anexo 2: Ventana de control y configuración del XBee.....	89
Anexo 3: Impresora makerbot Replicator 2X.....	90

Resumen

A través de la historia, robots y brazos robóticos se ha convertido en aspectos importantes del campo de la automatización y control de procesos industriales, mediante la adopción e implementación del avance tecnológico en pro de la competitividad, la productividad y en aras de lograr mejores estándares de calidad.

El estado de aplicación de la robótica o los sistemas robóticos se ha visto mucho más asociado a las industrias y al área productiva. Sin embargo dentro de estos desarrollos, se encuentran robots de servicio, diseñados en principio como autómatas para diversión y auxiliares de cargas laborales, con lo que se ha potencializado las ventajas en marco de la tecnología; pero encontrando algunas limitaciones en su campo de acción, por inconvenientes de desplazamiento o comunicación, además de los costos en que se incurre para su construcción e implementación.

Por tal motivo nace en el semillero de investigación de robótica y automatización SAURO de la Institución Universitaria Pascual Bravo, la idea de diseñar, construir y ensamblar un robot manipulador teledirigido con seis (6) grados de libertad en sus movimientos, con capacidad de desplazamiento en sistemas de locomoción por ruedas y comunicación inalámbrica, empleando sistemas y materiales más económicos y de fácil consecución e implementando tecnologías nuevas dentro de los procesos de construcción como la impresión 3D de materiales como el bioplástico degradable ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).

Palabras clave: Arduino, XBee, ZigBee, Robot manipulador, impresión 3D.

Abstract

Through history, robots and robotic arms have become important facets on the field of automation and control of industrial processes through the adoption and implementation of technological progress towards competitiveness and productivity, in order to achieve better standards of quality.

The condition of application about robotics or robotics systems have been really associated to industries and the production area. However within this improvement there are service robots which are designed in first place as automatons to entertain and as assistants workloads, with which the advantages in the field of the technology have been strengthened. Although several limitations have been found on its action field such as issues at the moment of transportation and communication in addition to construction and implementation costs.

Therefore it has been originated the research team called SAURO about robotic and automation that belongs to the Pascual Bravo University Institution. It is intended to develop, to build and to assemble a handling robot remotely controlled with six degrees of freedom in movement. It is also capable with systems of traveling wheel locomotion and wireless communication. The design includes systems and materials that are cheaper and easier to get. At the same time, implementing new technologies in the process of construction like 3D printing of bioplastic degradable materials such as ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)

Keywords: Arduino, XBee, ZigBee, Handling robot, 3D printing

Introducción

Desde el principio el ser humano ha utilizado los recursos a su disposición como herramientas para ayudarlo en la realización de las tareas de la forma más efectiva, rápida y segura. A medida que la tecnología avanza, estas herramientas se convierten en maquinaria cada vez más compleja y capaz de realizar trabajos complicados de manera precisa y muchas veces mejor de lo que podría haberlo hecho un humano.

En la era de la industrialización y automatización de los sistemas, en la búsqueda constante de mejorar la productividad y eliminar la necesidad de un operario humano en trabajos repetitivos, peligrosos o con limitaciones de espacio y tiempos. Nace la necesidad de automatizar los procesos y realizar un mejor aprovechamiento de la tecnología, como oportunidad de liberar cargas o explotar al máximo las ventajas que ofrecen estas herramientas.

Dentro de la automatización de los procesos se encuentran ciertas disciplinas que nos invitan a indagar y navegar en los avances tecnológicos y los beneficios que estos traen a nuestros sistemas, procesos o productos. La automatización de los sistemas o procesos es parte de los avances de la inteligencia computacional, la cual ha logrado integrar la parte mecánica, electrónica y la inteligencia computacional, con lenguajes de programación o sistemas operativos.

Una de las disciplinas que aparecen gracias a este deseo es la del estudio de los robots autónomos y robots de servicio, máquinas capaces de tomar sus propias decisiones para conseguir cumplir un objetivo, como la manipulación de objetos, la auxiliación en intervenciones quirúrgicas, el servicio doméstico, entre otros.

Dentro de los robots autónomos o de servicio encontramos los brazos robóticos, sistemas compuestos por una serie de elementos mecánicos y electrónicos, a los cuales se les da vida para una o varias funciones por medio de un lenguaje programable.

Por otra parte los brazos robóticos industriales llegan como una ayuda para mejorar nuestros sistemas productivos, permitiendo de forma organizada programar y orientar las labores a realizar facilitando de este modo aumentar la productividad y rebajar los costos de producción. La automatización de los sistemas por medio de brazos robóticos se adaptó e implemento en las industrias logrando aumentar la productividad y competitividad de las empresas.

Ahora gracias al avance de la tecnología y el interés de continuar con la innovación tecnológica en busca de mejorar nuestra calidad de vida, los brazos robóticos se están orientando a servir como un medio de apoyo para nuestras labores cotidianas, permitiendo al ser humano aprovechar todas las ventajas que la tecnología le brinda.

Los brazos robóticos han sido probados en investigaciones tanto en procesos productivos en las industrias, como de apoyo en procesos investigativos o de riesgo y apoyo en procesos quirúrgicos. En búsqueda de poder tener un mejor aprovechamiento de los robots de servicio, ha llegado el momento de orientar las ventajas de la tecnología y la innovación en pro de poder brindar algunas soluciones o liberar cargas laborales.

Basados en los referentes teóricos de los avances en la tecnología. Por medio de este proyecto se crea un robot manipulador teledirigido el cual posea características de comunicación inalámbrica, sistema de locomoción por ruedas y seis (6) grados de libertad en sus movimientos para una mejor adaptación en el terreno, una mayor capacidad de desplazamiento y un mejor control del robot. Obteniendo de este modo un robot de servicio el cual puede ser enfocado a diferentes usos y campos de aplicación gracias a su estructura y propiedades de construcción.

1. Planteamiento del problema.

1.1.Descripción del problema.

Con el avance de la tecnología, los robots se han venido convirtiendo día a día en soluciones seguras y confiables para automatizar sistemas productivos aumentando los rendimientos de producción y reduciendo costos, permitiendo a las empresas ser cada día más competentes en los mercados. Siendo también una gran opción para el aprovechamiento en diferentes labores que serían de alto riesgo para los humanos.

Los robots o en especial los brazos robóticos han sido más utilizados y quizás muchos más investigados en cuanto a avances y tecnologías nuevas a aplicar, en las industrias buscando mejorar los procesos productivos. Sin embargo se encuentra en los brazos robóticos una opción de mejorar la calidad de vida aprovechando esta nueva tecnológica como robots de servicio. Localizando dentro de estos sistemas dificultades de desplazamiento a través del entorno, ya sea porque estos sean de una estructura con una base fija sin capacidad de libertad de desplazamiento o por sus sistemas de comunicación y fuentes de alimentación eléctricas.

Como respuesta a lo anterior dentro del semillero de investigación SAURO de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO nace la idea de construir un robot manipulador teledirigido con seis (6) grados de libertad y capacidad de desplazamiento a través de superficies sólidas.

Con este proyecto dentro del semillero de investigación se busca que el mismo sirva de base y apoyo para futuros proyectos en la institución universitaria en cuanto a nuevo sistemas, mejoras o adecuaciones sobre el mismo, puesto que estos robots teledirigidos de acuerdo a sus grados de libertad nos pueden brindar diferentes enfoques o funcionalidades. Y también se consideran como robots de aprendizaje.

1.2. Formulación del problema

Se puede a través de la implementación de sistemas de locomoción, sistemas de tracción y sistemas de comunicación inalámbrica brindar mayor libertad de movimiento y control a los robots manipuladores. Y de este modo mejorar las capacidades de desplazamientos y de sobre pasar obstáculos, permitiendo al robot tener un mayor campo de aplicación o un más amplio enfoque, poniendo en funcionamiento los conocimientos y los avances de la tecnología en cuanto a sistemas mecatrónicos.

2. Justificación

La importancia de la realización de este proyecto parte principalmente de la base de integración de modelos mecatrónicos (mecánica, electrónica e informática) y la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el proceso formativo dentro de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO. Para establecer el desarrollo de un brazo robótico, que contribuya aportando libertad de movimiento y desplazamiento por medio de la integración de una serie de sistemas eléctricos, mecánicos y de control.

Es un proyecto que puede ser utilizado en diferentes campos de acción o diferentes aplicaciones como; en la industria, en trabajos donde se exponga al empleado a algún tipo de riesgo para su integridad física, como robot de servicio, como robot de aprendizaje. Es un autómata que puede cumplir diferentes funciones y usos teniendo la aptitud de ser un sistema de mayor capacidad de control y gobernabilidad y capaz de capturar las órdenes brindadas y convertirlas en acciones realizadas por el mismo. Todo debido a la integración de sus sistemas, su estructura y su construcción.

Este trabajo investigativo se realiza con la motivación de innovar y proporcionar conocimientos y experiencias a la sociedad, integrando tecnologías de comunicación inalámbricas, con protocolos de comunicación ZigBee y módulos XBee a los robots con libertad de desplazamiento. En consecuencia, como producto de esta investigación, se puede pensar

objetivamente en generar robot de servicio más autónomos y con mejores sistemas de comunicación. Permitiendo utilizarlos como apoyo para nuestras labores diarias o en la industria.

Como resultado se obtiene un brazo robot que posee seis grados de libertad para sus movimientos, capacidad de desplazamiento sobre su entorno y control inalámbrico. Dentro del semillero de investigación SAURO se busca que este proyecto sirva de base para muchos más nuevos proyectos investigativos y mecatrónicos en la Institución.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Construir y ensamblar un robot teledirigido por intermediación de mandos inalámbricos y sistemas de locomoción, que brinden una mayor capacidad de adaptación al entorno.

3.2. Objetivos específicos

Recopilar información que sirva como guía o como referencia sobre el desarrollo y el estado actual de brazos robóticos, los diferentes tipos de robots y sus sistemas.

Construir e instalar las relaciones de transmisión mecánica y de locomoción más apropiada, según sus ventajas y las necesidades del proyecto.

Seleccionar el sistema de comunicación inalámbrica a utilizar en el proyecto, y realizar la instalación de los componentes, circuitos de control y potencia.

Realizar la programación y una integración adecuada entre los sistemas eléctricos, de control y mecánicos del robot. Para dar funcionalidad y cumplimiento al objetivo principal de la investigación.

Aplicar los conocimientos teóricos de la mecatrónica en procesos de formación investigativa.

4. Marco teórico

4.1. Origen del robot y la robótica

Un robot es un componente que integra diversos conocimientos o disciplinas como la electrónica, la mecánica, informática, inteligencia artificial y la lógica de control y programación. La robótica es la rama encargada del estudio, diseño, construcción y puesta en práctica o funcionamiento de los robots, sistemas robóticos, autómatas, humanoides, entre otros.

Para muchos la robótica solo se encarga del estudio de los robots que tienden a ser más parecidos al ser humano, desconociendo el origen de la palabra a través de la historia y sus aplicaciones como ciencia de la tecnología, la innovación y sus ventajas. Sin embargo la robótica o sistemas autómatas que se crearon en los inicios de los tiempos se hacían en principio con fines de diversión.

El termino robot nace asociado a la idea de trabajo y producción, los antiguos autómatas trataban de imitar los movimiento de los seres vivos, pero también técnicas de control remoto y avances tecnológicos como sensores, el termino robot aparece por primera vez en una obra teatral del novelista y actor dramático checo Karel Capek para el cual la palabra eslava robota dentro de su obra teatral significaría fuerza del trabajo y servidumbre, siendo traducida esta palabra al inglés como robot. (Ollero Baturone, 2001)

La palabra o termino robota o robot quizás se hubiera ido al olvido de no haber sido por los escritores del género literario de ciencia ficción, pero entre todos y sin duda alguna el mayor impulsor de la palabra robot fue el escritor de origen ruso Isaac Asimov (1920-1992) quien publicó una historia en la que por primera vez se mencionan las 3 leyes de la robótica en la revista galaxy science fiction en el mes de octubre de 1945. Las cuales se conocen y se describen como: ver Tabla 1.

Tabla 1. *Primeras tres leyes de la robótica Isaac Asimov*

Leyes de la robótica	
Ley 1	Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un ser humano sufra daño
Ley 2	Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con la primera ley.
Ley 3	Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.

Fuente: Diseño propio.

Nota: la información para la tabla fue tomada del libro fundamentos de robótica por Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñin, Carlos Balaguer y Rafael Aracil.

Fue el mismo autor quien en 1985 en su novela robots e imperio, incorporase una nueva ley conocida como la ley cero: un robot no puede lastimar a la humanidad o, por falta de acción, permitir que la humanidad sufra daño. También se le atribuye a Asimov la creación y divulgación del termino robotics (robótica). (Barrientos, Peñin, aracil, & Balaguer, 2007)

El robot o la iniciativa y el interés del hombre por crear máquinas y dispositivos que imiten movimientos o funciones de los seres vivos ya sea para diversión o alivianar cargas laborales han existido a través de toda la historia, aun cuando no se habían introducido tantas tecnologías se creaban autómatas a través de sistemas mecánicos e implementando y descubriendo sistemas de transmisión de movimiento y potencia.

Incluso el maestro Leonardo da Vinci diseño un robot humanoide en 1495 a el cual llamo caballero mecánico, las notas de estos bocetos fueron redescubiertos en 1950 pero no se conoció si durante su vida Leonardo da Vinci intento crear o construir el robot, luego del redescubrimiento el diseño de da Vinci, fue construido siguiendo al pie de la letra los diseños y probando que el sistema era totalmente funcional. También en 1515 Leonardo da Vinci a

petición del rey francisco I de Francia construyo un león mecánico, este autómata era capaz de moverse por sí solo.



Figura 1. Caballero mecánico Leonardo Da Vinci

Fuente: extraído de <https://pgalvisvera.files.wordpress.com/2010/10/automata-de-da-vinci.jpg>

Nota: Imagen original de la fuente.

Los robots y la robótica se encuentran en la actualidad tomando una importante posición en la utilización y aprovechamiento de estas nuevas tecnologías siendo aplicados a mayor escala y en más grande proporción de investigación y avances técnicos y tecnológicos en los robots industriales o robots de producción, por otro lado los robots de servicio no responden tanto a este afán tecnológico industrial de crecimiento y su desarrollo es en ocasiones más lento y más utilizados para temas educativos o investigativos.

4.2. Tipos de robots o brazos robóticos

Por definición, un brazo robótico es un tipo de brazo mecánico, normalmente programable, con funciones parecidas a las de un brazo humano; este puede ser un mecanismo simple o puede ser parte de un robot más complejo. Las partes de estos manipuladores o brazos son interconectadas a través de articulaciones que permiten, tanto un movimiento rotacional

(tales como los de un robot articulado), como un movimiento traslacional o desplazamiento lineal.

Según la teoría existente los robots se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación o enfoque y el medio donde desarrollara sus labores, Como robots industriales y robots de servicio.

4.2.1. Robots industriales.

El robot industrial es un dispositivo mecánico y electrónico compuestos por articulaciones con el fin de manipular o realizar una acción para la cual fue diseñado o programado, se usa comúnmente en las industrias en los procesos productivos de traslado de materiales, herramientas o realización de procesos como soldadura, perforaciones, pintura, entre otros. La mayoría de estos son reprogramables y con diferentes grados de libertad según sus necesidades en el entorno. (Barrientos et al. 2007)

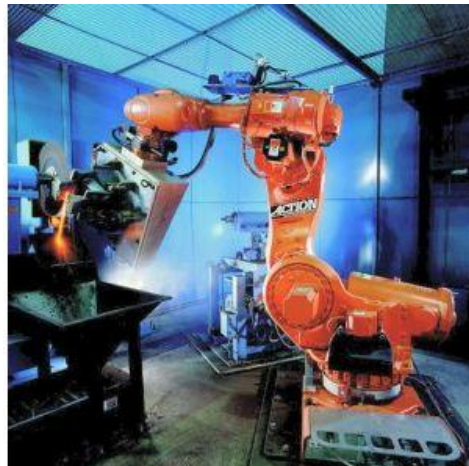


Figura 2. Robot industrial

Fuente: extraído de <http://www.actualidadgadget.com/robots-de-servicio-la-rebelion-de-las-maquinas/>

Nota: Robot de trabajo industrial.

Estos se denominan también como robot manipuladores, palabras las cuales fueron definidas por la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) como:

El manipulador es un mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico.

Por otra parte el manipulador es un automático servo controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Tienen la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, permitiendo ser adaptado a otra sin cambios permanentes en su memoria o sistema. (Barrientos et al. 2007)

Se debe tener en cuenta que estas denominaciones o significados brindados a la palabra robot industrial puede ir variando y cambiando de acuerdo a la tecnología y los avances en la misma tanto en los componentes que forman parte integral de un robot como su lógica de programación (código fuente), control, los grados de libertad brindados en el mismo y la autonomía e inteligencia artificial que posea el robot.

Existen diferentes clases de robots tanto por sus aplicaciones, propiedades y tipos de trabajo, estos han sido clasificados por las organizaciones de robótica teniendo en cuenta criterios como; etapas de desarrollo, propiedades, generaciones, articulaciones, movimientos y grados de libertad. Estos se pueden clasificar como:

- Robots manipuladores
- Robots de aprendizaje
- Robots de control por computador
- Robots inteligentes
- micro-robots

Robots manipuladores: autómatas multifuncionales que por medio de un sistema de control permite dirigir el movimiento de sus componentes, entre los cuales encontramos los siguientes modos de control, el primero de estos el manual este se presenta cuando un operario controla las acciones a realizar por parte del manipulador. Dentro del segundo encontramos los manipuladores de secuencia fija que son los que repiten de una forma invariable una secuencia antes preparada. Por ultimo tenemos los manipuladores de secuencia variable en los cuales se pueden modificar los ciclos de trabajo. (Guilcaso Molina, 2011)

Robots de aprendizaje: son equipos que se limitan a seguir una secuencia de movimientos previamente programados por un operador este en la fase de afianzamiento o programación se utilizaran auxiliares o controladores programando mediante diversos métodos, estos tipos de robot son los más conocidos en la industria.



Figura 3. Robot de aprendizaje

Fuente: extraído de <http://www.actualidadgadget.com/los-robots-en-el-campo-del-aprendizaje/>

Nota: Imagen recortada de la fuente.

robots de control por computador: son sistemas multifuncionales controlados principalmente por un computador, este tipo de control dispone de un lenguaje específico compuesto de instrucciones o variables con el cual se puede crear un programa de aplicación,

esta programación se conoce como textual y no requiere de la utilización del manipulador. Estos robots poseen grandes ventajas y un rápido posicionamiento en el mercado. (Guilcaso Molina, 2011).

Robots inteligentes: son similares a los robots de control por computador pero además de esto son capaz de relacionarse con el entorno siendo autoprogramables por medio de sensores, lo cual les permite tomar decisiones en tiempo real. Por lo general se encuentran en etapas de diseño y experimentación buscando hacerlos más efectivos con mayores propiedades. Buscando integrar ciencias como la visión artificial y la inteligencia artificial.

Micro-robots: son pequeños robots que se emplean y se construyen principalmente con fines educativos y de investigación en desarrollo tecnológico, por lo general su estructura se asimila a los robots industriales. (Guilcaso Molina, 2011)



Figura 4. Micro-Robots

Fuente: extraído de <http://thefutureofthings.com/6309-micro-flying-robot/>

Nota: imagen recortada de la fuente.

Todos estos conceptos se adaptan también a la clasificación de los robots realizada por la Asociación Francesa de Robótica Industrial (AFRI), la cual clasifica los robots por tipos como se muestra a continuación en la Tabla 2. (Barrientos et al. 2007).

Tabla 2. *Clasificación de los robots según la AFRI*

clasificación de los robots según la AFRI	
tipo a	Manipulador con control manual o telemando.
tipo b	Manipulador automático con ciclos pre ajustados: regulación mediante fines de carrera o topes; control por PLC; accionamiento neumático, electrónico o hidráulico.
tipo c	Robot programable con trayectoria continua o punto a punto. Carece de conocimiento sobre su entorno.
tipo d	Robot capaz de adquirir datos de su entorno, readaptando su tarea en función de estos.

Fuente: Diseño propio

Nota: Información de la tabla tomada del libro fundamentos de robótica por Antonio Barrientos Luis Felipe Peñin, Carlos Balaguer; Rafael Aracil.

4.2.2. Robots de servicio

Además de los robots industriales también encontramos los robots de servicio estos son definidos como dispositivos o equipos electromecánicos móviles o estacionarios los cuales por lo general se encuentran contruidos con uno o más brazos mecánicos independientes.

Realizan tareas no industriales, controlados por un sistema de computadora, integrados con un lenguaje de programación. Este tipo de robots son los más utilizados en tareas domésticas, medicas, de oficina, tareas de alto riesgo para el ser humano, entre otros enfoques o usos. Muchos de estos se construyen con fines educativos o de investigación.

Dentro de los robots de servicio también encontramos los telemanipuladores los cuales son operados directamente por un humano y no por medio de un programa de computadora. Los robots teleoperados o telemanipuladores son dispositivos electromecánicos con brazos manipuladores con cierto grado de movimiento o de libertad estos son controlados por operadores de manera directa o indirecta a través de una computadora, control remoto, u otros dispositivos para dicho fin. (Barrientos et al. 2007).

4.3.Sistemas que conforman un robot

Los robots son dispositivos formados por un conjunto de sistemas eléctricos, mecánicos y de control. En estos sistemas podemos encontrar componentes para cada uno de ellos los cuales forman parte integral del robot, en algunos robots según su funcionalidad, propósito o construcción también podemos encontrar sistemas hidráulicos. Los sistemas que conforman un robot se definen y se encuentran compuestos de la siguiente manera:

4.3.1. Sistema eléctrico.

Se encuentra formado por un conjunto de componentes electricos y electrónicos brindando así la posibilidad de control y el accionamiento del robot a través de los mismos. Entre estos podemos encontrar: baterías, circuitos eléctricos, tarjetas, sensores, actuadores, controladores, sistemas eléctricos de comunicación, entre otros.

4.3.2. Sistemas mecánicos.

Son la parte más visible del robot o estructura del mismo, está formado por una serie de elementos o componentes conectados en serie, los cuales permiten dar movimientos a la

estructura por medio de las articulaciones o uniones de los componentes brindando al robot la libertad de movimiento. En algunas ocasiones dentro del proceso de construcción o unión de los componentes mecánicos se toma como base el cuerpo humano en cuanto a las articulaciones y los movimientos dentro de los planos y el espacio. Por tal motivo la mayoría de estos reciben el nombre de brazo robótico llevando así a distinguir de una u otra forma las partes del robot como las partes de un humano; cuerpo, brazo, codo, muñeca etc. (Ollero Baturone, 2001)

Dentro de los sistemas mecánicos podemos encontrar subsistemas como transmisión de potencia y sistemas de movimiento o desplazamiento, los cuales llevan su nombre por la función a realizar por medio de la unión y conexión de dos o más elementos mecánicos.

Dentro de los componentes mecánicos que forman parte de un robot encontramos: piñones. Correas, ejes, elementos de sujeción como tornillos, poleas, ruedas, entre otros.

4.3.3. Sistemas de control.

Como su nombre lo dice es quien controla las acciones o tareas que va a realizar el robot enviando directamente las ordenes, por medio de un sistema de comunicación ya sea inalámbrico o alámbrico, o una programación con un código fuente realizado con anterioridad. Dentro de los componentes o sistemas que podemos utilizar en este sistema de control encontramos, sistemas de comunicación inalámbrica, computadores, joystick, actuadores, pulsadores, entre otros.

En los sistemas de control podemos identificar dos clases de robots en primero lugar tenemos los teleoperados o teledirigidos; estos son directamente manipulados y gobernados por un operario humano y por otra parte los robots inteligentes los cuales por medio de sensores se pueden auto adaptar a su entorno y las situaciones nuevas que se presenten permitiendo la toma de decisiones en tiempo real. (Ollero Baturone, 2001)

Existen dos tipos de sistemas de control; los sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado. Estos sistemas de control están compuestos por tres elementos que son de entrada, de control y de salida. (Hernández Gaviño, 2010)

- **Elementos de entrada:** estos detectan las condiciones exteriores y ponen en marca el sistema, pueden capturar o enviar señales a través de sensores, pulsadores o interruptores.
- **Elementos de control:** son los encargados de decidir y enviar la orden a ejecutar por el resto del sistema. Estos pueden ser controladores, microprocesadores, entre otros.
- **Elementos de salida:** son todos aquellos elementos que llevan a cabo la acción o tarea a realizar después de recibida la orden de parte del sistema controlador, estos se dividen en dos clases: (Hernández Gaviño, 2010)

Órganos de mando; como transistores, válvulas, interruptores.

Actuadores; Son los encargados de la acción o ejecución final de la tarea como lámparas, motores, cilindros. (Hernández Gaviño, 2010)

En los sistemas de control de lazo abierto para su ejecución no influyen las salidas, caso contrario al sistema de lazo cerrado en los cuales influyen las salidas y poseen lo que se conoce como retroalimentación para iniciar de nuevo el programa de control. (Hernández Gaviño, 2010)

4.4.Movimientos o grados de libertad de un robot

Los grados de libertad en un robot determinan su capacidad para orientar su efector o herramienta final. Es muy común que los grados de libertad en un robot coincidan con las articulaciones o punto de unión y conexión de un elemento mecánico con el otro. De este modo en muchas ocasiones el número de articulaciones es igual al número de grados de libertad. Estos

se determinan teniendo en cuenta la funcionalidad y aplicación del mismo con criterios como la necesidad del movimiento y el desplazamiento del robot.

Para labores difíciles se pueden desarrollar robot con 6 o más grados de libertad, así este no los utilices todo en la misma ocasión, en este caso el robot se denomina como redundante, los valores típicos o comunes más utilizados en cuanto a grados de libertad en un robot oscila entre 3 y 6 grados dependiendo de la funcionalidad. (Barrientos et al. 2007).

Los grados de libertad se encuentran establecidos por la suma de cada uno de los movimientos en las articulaciones diferentes a la anterior. Para posicionar u orientar un objeto en cualquier punto en el espacio se requiere como mínimo seis parámetros tres que definen la posición y tres la orientación de este modo también si se pretende que el robot realice dicha ubicación en el espacio se requieren como mínimo seis grados de libertad.

Muchos robots solo cuentan con tres o cuatro grados de libertad esto se liga a la aplicación y labor que el robot va a desempeñar. Construir un robot con mayor número de grados de libertad le permite al mismo llegar a posiciones y orientaciones que con un número menor de grados de libertad no hubiese alcanzado. (Guilcaso Molina, 2011).

4.5. Tipos de desplazamiento o movimiento en articulaciones

El movimiento de cada una de las articulaciones puede presentar efectos de desplazamiento, de giro o una combinación de ambos. De esta manera se presentan o se encuentran diferentes tipos de desplazamientos del movimiento según la articulación usada en el robot. Entre estas encontramos articulación esférica, prisma, planar, rotación, tornillo y cilíndrica como se observa en la figura 5 indicando con flechas la dirección de sus movimientos y relacionando la cantidad de grados de libertad por cada articulación.

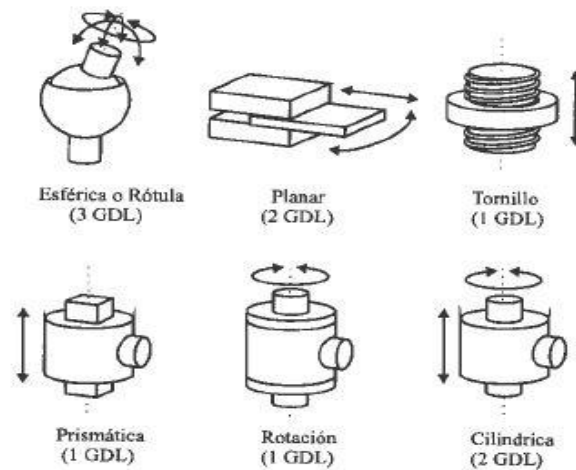


Figura 5. Distintos tipos de articulaciones para robots.

Fuente: Imagen extraída del libro Fundamentos de robótica. (Barrientos et al. 2007)

Nota: imagen recortada de la fuente.

Los ejes de movimiento en los cuales se encuentran las articulaciones del robot se dividen comúnmente en dos grupos, los cuales se conocen como:

- Ejes principales (1,2 y 3), son los encargados del posicionamiento del objeto o robot.
- Ejes de la muñeca (4 o más) son los encargados de la orientación del objeto. (Guilcaso Molina, 2011)

Es directamente en estos ejes el lugar donde se reconocen o se diferencian los grados de libertad de un robot, siendo por lo general cada eje o articulación igual a un grado o más siempre y cuando brinde esta propiedad de movimiento. (Guilcaso Molina, 2011)

El movimiento de un brazo robótico es frecuente procesarlo o separarlo en dos pasos, en primer lugar se mueve el brazo robótico para posicionar el extremo final de modo que este pueda realizar la labor encomendada y por último se mueve u orienta la muñeca del brazo para que el efector final pueda llegar a la posición del objeto o punto fijado.

4.6. Tipos de configuración en el movimiento de un robot

Se habla de configuración en el movimiento de un robot en cuanto a la forma física de su construcción y la unión de sus articulaciones según la finalidad y aplicación del robot. En el caso de los brazos robóticos estos presentan 4 clases de configuración según su movimiento rotacional, angular o lineal, estas configuraciones son: angular, cartesiana, cilíndrica y polar. (Guilcaso Molina, 2011).

4.6.1. Configuración angular.

La configuración angular o configuración de brazo articulado presenta un movimiento rotacional y dos angulares. Cuando el brazo debe realizar movimientos en conjunto entre dos o más articulaciones este fenómeno se conoce como interpolación lineal, por la trayectoria lineal recorrida por el robot, pero el movimiento va a ser por articulación este se conoce como interpolación por articulación tanto rotacional como angular. Los robots de configuración angular presentan tres grados de libertad solo entre la base y el brazo sin tener en cuenta en efector o herramienta final.

Entre las ventajas que presenta esta configuración, tenemos que son robots los cuales ocupan poco espacio, son rápidos, fácil manejo o control, accesibilidad a puntos difíciles o con obstáculos. Por estas u otras razones hacen que la mayor parte de la industria busque robots con configuración en sus tres ejes principales. (Guilcaso Molina, 2011).

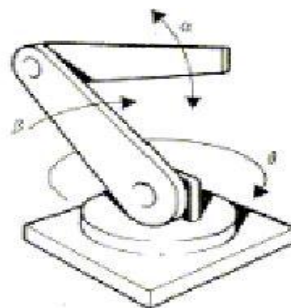


Figura 6. Diagrama configuración angular

Fuente: extraído de <http://www.monografias.com/trabajos102/robotica-iv/robotica-iv.shtml>

Nota: imagen recortada de la fuente.

4.6.2. Configuración cartesiana.

Esta configuración se logra mediante tres movimientos lineales sobre el plano cartesiano localizado en los ejes X, Y y Z, también se puede conocer como configuración rectilínea, por medio de esta el robot cuenta con 3 grados de libertad referentes a cada uno de los ejes.

Entre las ventajas de esta configuración encontramos robots de alta velocidad, precisión, capacidad de carga, sirven para cubrir amplias zonas de trabajo y en ocasiones son de fácil control.

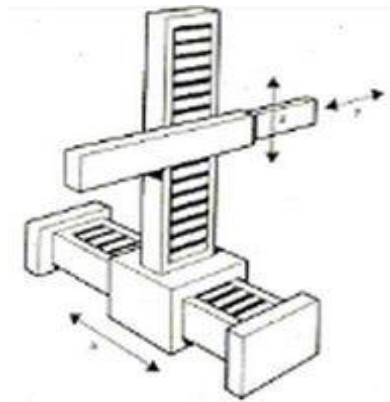


Figura 7. Diagrama de configuración cartesiana/rectilínea

Fuente: extraído de <http://www.monografias.com/trabajos102/robotica-iv/robotica-iv.shtml>

Nota: imagen recortada de la fuente.

4.6.3. Configuración cilíndrica.

En este tipo de configuración el robot cuenta con tres grados de libertad aportados por medio de dos movimientos lineales y uno rotacionales, están diseñados para realizar movimiento interpolado lineal o por articulación, lo cual permite a estos robots alcanzar mayor maniobrabilidad y velocidad en comparación a la configuración cartesiana, el acceso del robot al punto deseado en el espacio se realiza horizontalmente de acuerdo con su estructura mecánica. (Guilcaso Molina, 2011).

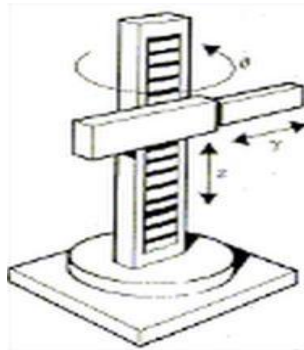


Figura 8. Diagrama configuración cilíndrica

Fuente: extraído de <http://www.monografias.com/trabajos102/robotica-iv/robotica-iv.shtml>

Nota: imagen recortada de la fuente.

4.6.4. Configuración polar.

La configuración polar posee varias articulaciones pero cada una de estas puede realizar un movimiento distinto sea rotacional, angular o lineal, son robots que utilizan interpolación por articulación en unos de sus movimientos e interpolación lineal en otros. También se conoce como configuración esférica.

Son robots de alta accesibilidad y capacidad de carga, pero en ocasiones se manifiestan dificultades de control y precisión debido a la dificultad de sus movimientos por causa de cargas muy pesadas o demasiado extendido el brazo.

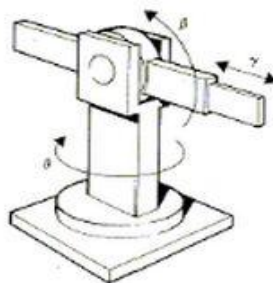


Figura 9. Diagrama de configuración polar/esférica

Fuente: extraído de <http://www.monografias.com/trabajos102/robotica-iv/robotica-iv.shtml>

Nota: imagen recortada de la fuente.

Además de las anteriores cuatro configuraciones clásicas ya explicadas existen otros tipos de configuración llamadas no clásicas, dentro de estas la más común es la del robot tipo SCARA (selective appliance arm robot for assembly), el cual tiene la capacidad de realizar movimientos horizontales con la ayuda de sus dos articulaciones rotacionales y movimientos lineales mediante su tercera articulación. Gracias a esta aplicación se pueden obtener robot más veloces y mucho más precisos. (Guilcaso Molina, 2011).

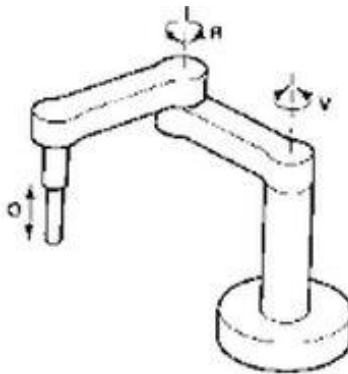


Figura 10. Configuración no clásica robot SCARA

Fuente: extraído de <http://www.monografias.com/trabajos102/robotica-iv/robotica-iv.shtml>

Nota: imagen recortada de la fuente.

4.7.Efector final del robot

El efector es el elemento que se ubica en el extremo del robot o mecanismo, este es el encargado de la sujeción de los elementos a manipular o del desarrollo de la tarea final que se va a realizar. Dentro de las características que se deben tener en cuenta a la hora de su diseño es: su aplicación o finalidad, capacidad, fuerza, geometría, peso, tipo de movimientos, alimentación o accionamiento del efector, características de la superficie de contacto, tipo de superficie de unión con el brazo del robot, entre otros. (Guilcaso Molina, 2011).

Los efectores finales se encuentran ubicados en un extremo de la muñeca de un robot, denominado también herramienta de extremo de brazo. Según el tipo de operación, los dispositivos finales pueden estar equipados con: sujetadores, ganchos, palas, electroimanes

campanas de vacío y dedos adhesivos. Para manejar materiales; pistolas de aspersión para pintar; accesorios para soldar por puntos y con arco; herramientas motorizadas, como taladros, llaves de tuerca y pulidoras; instrumentos de medición, como indicadores y calibradores. Para la manipulación de materiales frágiles o para facilitar trabajos de ensamblaje, los efectores finales pueden estar provistos de mecanismo elástico para disminuir la fuerza de sujeción y hacer más delicados los movimientos. (Ollero Baturone, 2001)

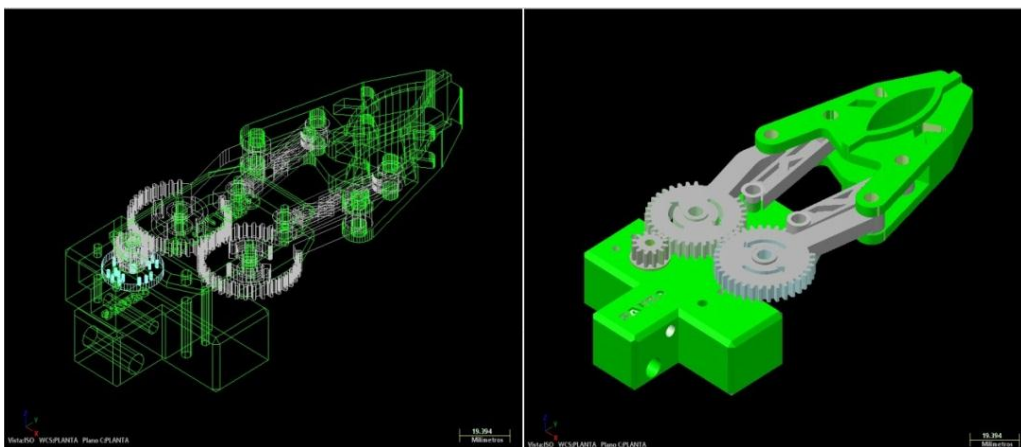


Figura 11. Efector final en impresión en 3D

Fuente: extraído de Imagen de software mastercam.

Nota: Imagen de efector en mastercam como resultado final tras la integración de todas sus partes.

Dentro de los efectores finales más simples encontramos las pinzas con dos dedos de sujeción y accionamiento neumático, este accionamiento también puede ser eléctrico, mecánico o hidráulico, los efectores finales pueden ser de diferentes formas, principios de funcionalidad y materiales según la necesidad.

En algunas ocasiones el efector final no requiere de una articulación o grado de libertad puesto que este trabaja en un plano perpendicular al plano del montaje, este caso se presenta principalmente en los robots industriales. Sin embargo en muchas otras ocasiones es necesario que el efector final este dotado de una cierta cantidad de grados de libertad para obtener una determinada orientación en el espacio. De esta forma se pueden obtener a través del brazo, el

efector final y muñeca del robot los 6 grados de libertad necesarios para fijar un objeto o punto en el espacio, tres de orientación y tres de posición. Como se puede visualizar en la figura 12 de un manipulador con configuración angular y muñeca con 3 grados de libertad. (Ollero Baturone, 2001)

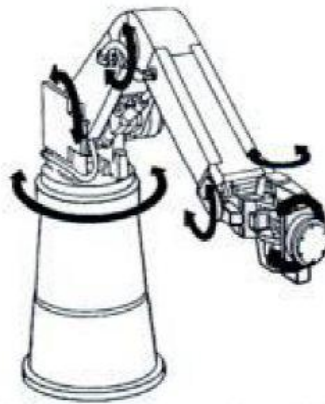


Figura 12. Manipulador con configuración angular y muñeca con tres grados de libertad.

Fuente: extraído de Libro robótica manipuladores y robots móviles. Aníbal Ollero Baturone.

Nota: Imagen recortada de la fuente.

4.8.Posición y orientación de un objeto en el espacio.

Para que un robot pueda localizar un punto u objeto en el espacio es importante conocer no solo su posición sino también su orientación. No siendo suficiente y llegando a ser necesario en ocasiones conocer más acerca del objeto como sus características más importantes. La posición y la orientación en el espacio se definen como:

4.8.1. Posición de un objeto en el espacio

Para que un brazo robótico pueda llegar a un objeto o punto en el espacio es necesario conocer la posición y la orientación del objetivo, con respecto a la posición de la base del robot. El robot en el momento de transportar una pieza o herramienta necesita realizar un movimiento espacial de su brazo o efector final. (Barrientos et al. 2007).

Para la localización de un objeto en el espacio se pueden emplear algunas herramientas matemáticas que permitan determinar una posición o problemas de localización de un punto cualquiera en el espacio, no se refieren a matemáticas aplicadas solo a los robots.

La localización de un punto en el espacio de un plano viene dado por dos grados de libertad y su posición está definida por dos componentes y dos indicaciones espaciales, y de esta forma para un espacio tridimensional se requieren tres indicadores espaciales. La forma más común de orientación y ubicación de un punto en el espacio es por medio de la utilización de coordenadas cartesianas (plano cartesiano). Entre otros métodos podemos encontrar coordenadas polares para la localización de dos dimensiones o cilíndricas para tres dimensiones. (Barrientos et al. 2007).

Plano cartesiano o coordenadas cartesianas: es un sistema de referencias por medio de ejes perpendiculares con un punto de origen u orientación definido, de esta manera sobre el sistema de referencias se puede localizar puntos con dos o tres coordenadas perpendiculares con un punto de intersección o corte entre los ejes de los vectores de las coordenadas de posición. Como se puede visualizar en la figura 13.

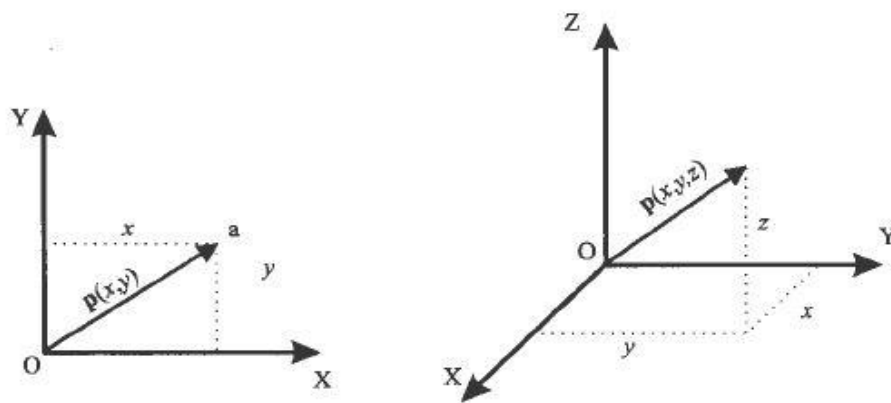


Figura 13. Representaciones de vector en coordenadas cartesianas de 2 y 3 dimensiones.

Fuente: extraído de Fundamentos de robótica. (Barrientos et al.)

Nota: Imagen recortada de la fuente.

Las localizaciones de un objeto en las coordenadas cartesianas se expresan en vectores teniendo como referencia el punto de origen del plano o los ejes perpendiculares de ubicación. De este modo las posiciones de un objeto en dos componentes se puede expresar con el vector OXY, si la ubicación se encuentra dada por tres componentes se puede expresar con el vector OXYZ. (Véase figura 13). (Barrientos et al. 2007).

4.8.2. Orientación de un objeto en el espacio.

Cuando se trata de un punto en el espacio su orientación queda definida por los vectores de posición, dadas sus dos condiciones de ubicación en las coordenadas cartesianas. Pero a la hora de hablar de la posición de un sólido u objeto es necesario identificar su orientación frente a un sistema de referencia. La orientación de un cuerpo u objeto en el espacio tridimensional se encuentra definido por tres componentes lineales independientes en un punto de referencia.

Para el caso de los robots manipuladores es necesario conocer tanto la posición como la orientación del objeto, no siendo suficientes datos para la manipulación del mismo. Llegando a ser necesario en muchos casos especificar los puntos de la superficie para la ubicación de la herramienta o conocer la orientación y posición de cómo se va a realizar la operación sobre el objeto. (Barrientos et al. 2007).

4.9. Robots con ruedas

Son la solución más eficiente y fácil de conseguir desplazamiento y movimiento en terrenos duros, sólidos y libres de obstáculos. Estos utilizan diferentes métodos o tipos de locomoción mediante ruedas, las cuales proporcionan características y propiedades en cuanto a la eficiencia energética, la maniobrabilidad en desplazamiento y las cargas útiles. Este tipo de vehículos o locomoción es poco eficiente en terrenos blandos o pocos sólidos. (Ollero Baturone, 2001)

Cuando el vehículo tiene la capacidad de trasladarse y desplazarse simultánea e independientemente en cada eje del sistema de coordenadas y rotar según el eje perpendicular se

dice que es un vehículo omnidireccional, en este tipo de vehículos se consigue la mayor maniobrabilidad.

4.10. Sistemas de locomoción

En cuanto a sistemas de locomoción encontramos algunos referentes o sistemas clásicos que se utilizan y se han utilizado en vehículos convencionales como automotores, triciclos, vehículos articulados, vehículos de desplazamiento por urugas, entre otros. Para este proyecto realizaremos un breve recuento de los sistemas de locomoción por ruedas.

4.10.1. Sistema Ackerman

Este sistema es el utilizado en los vehículos de cuatro ruedas convencionales. De hecho al igual que los brazos robóticos se han diseñado y construido en similitud al brazo humano los robots con desplazamiento por rueda se han hecho normalmente sobre la modificación y los principios de funcionamiento y desplazamiento de los vehículos convencionales como automóviles. (Ollero Baturone, 2001).

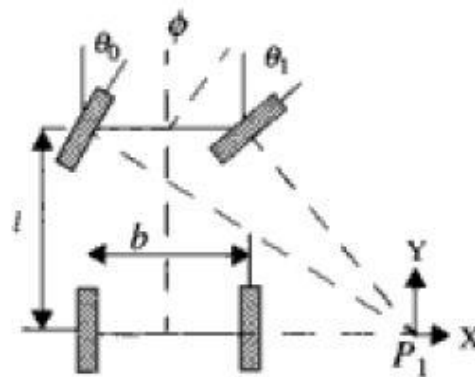


Figura 14. Sistema Ackerman

Fuente: extraído de robótica manipuladores y robots móviles Aníbal Ollero Baturone.

Nota: Imagen recortada de la fuente.

En este sistema de locomoción la rueda delantera interior gira un ángulo ligeramente superior a la exterior para eliminar el desplazamiento, la prolongación del eje de las ruedas

delanteras intersectan en un punto sobre el prolongado de las ruedas traseras generando con un giro completo una circunferencia con punto centro en el eje de giro. Como se ilustra en la *Figura 14*. (Ollero Baturone, 2001)

4.10.2. Triciclo clásico.

En este sistema de locomoción la rueda delantera se emplea tanto para la tracción como para el direccionamiento, el eje trasero está compuesto por dos ruedas laterales las cuales se mueven libremente y cumplen una acción pasiva en el mecanismo. Este sistema brinda mayor maniobrabilidad con respecto al anterior pero puede presentar problemas de estabilidad en cuanto en terrenos un poco irregulares y por lo general el centro de gravedad tiende a desplazarse cuando el robot se desplaza por una pendiente causando pérdida de la tracción. (Ollero Baturone, 2001)

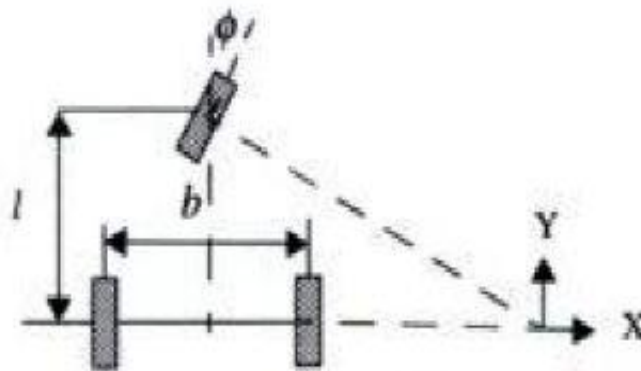


Figura 15. Sistema de locomoción de triciclo clásico

Fuente: extraído de robótica manipuladores y robots móviles Aníbal Ollero Baturone.

Nota: Imagen recortada de la fuente.

4.10.3. Direccionamiento diferencial.

En este sistema como su nombre lo dice el direccionamiento viene dado por una diferencia de velocidades en sus ruedas laterales, las cuales son responsables también de la tracción del robot, adicional a estas existen una o más ruedas para soporte del mecanismo, en ocasiones llamadas ruedas de castor. Como se visualiza en la figura 16. (Ollero Baturone, 2001).

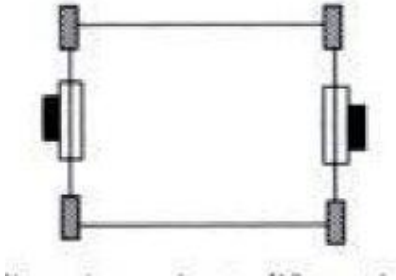


Figura 16. Locomoción con direccionamiento diferencial en dos ruedas laterales. El sistema emplea cuatro ruedas de castor no actuadas para soporte de la plataforma.

Fuente: extraído de robótica manipuladores y robots móviles Aníbal Ollero Baturone.

Nota: Imagen recortada de la fuente.

4.10.4. Skid steer.

Este sistema dispone de varias ruedas laterales en el vehículo, las cuales actúan en simultáneo produciendo así el movimiento como resultado de la combinación de la velocidad del conjunto de ruedas de cada lado. (Ollero Baturone, 2001)

4.10.5. Síncronas.

En este sistema para su principio funcional trata de la sincronización de todas las ruedas que conforman el mecanismo para las cuales se transmite el movimiento a través de una corona de engranajes o con correas concéntricas

Otras configuraciones de locomoción consisten en la utilización de ruedas especiales que permitan conseguir el movimiento omnidireccional del robot, con cuatro ruedas de estas para tener una mayor estabilidad y control del robot. (Ollero Baturone, 2001)

4.11. Transmisión de potencia y movimiento

Son sistemas que tienen la capacidad de transmitir potencia y movimiento desde un punto a otro a través de mecanismos, y tienen la capacidad de convertir movimientos de rotación en movimientos de traslación. En la mayoría de los casos están compuestos por elementos rotantes o circulares fijados en ejes, transmitiendo el movimiento de un eje de entrada a un eje de salida

siendo denominados como eje conductor y eje conducido, existen diferentes tipos sistemas de transmisión.

En la siguiente tabla tomada del libro Fundamentos de robótica (Barrientos, Peñin, aracil, & Balaguer, 2007), se puede apreciar el tipo de configuración de transmisión, la denominación del sistema, las ventajas y los inconvenientes o desventajas presentados en algunos sistemas de transmisión para robots.

Tabla 3. *Sistemas de transmisión para robot.*

Entrada-Salida	Denominación	Ventajas	Inconvenientes
Circular-Circular	Engranaje	Pares altos	Holguras
	Correa dentada	Distancia grande	-
	Cadena	Distancia grande	Ruido
	Paralelogramo	-	Giro limitado
	Cable	-	Deformabilidad
Circular-Lineal	Tornillo sin fin	Poca holgura	Rozamiento
	Cremallera	Holgura media	Rozamiento
Lineal-Circular	Paral. articulado	-	Control difícil
	Cremallera	Holgura media	Rozamiento

Fuente: fundamentos de robótica (Barrientos, Peñin, aracil, & Balaguer, 2007)

Nota: Tabla recortada del libro original.

A continuación veremos algunos de los más utilizados en los robots, profundizando un poco más en el sistema de transmisión de potencia por poleas-correa, siendo este el cual bajo nuestro criterio y la teoría existente el sistema más apropiado para los robots manipuladores teledirigidos.

4.11.1. Transmisión de potencia por poleas-correa.

Es un sistema compuesto por dos poleas y una correa con el propósito de transmitir fuerzas y velocidades angulares. Las poleas se denominan como motriz o conductora y conducida y van sobre ejes los cuales se denominan como eje de entrada y eje de salida de la potencia.

Las poleas son ruedas con un agujero en su centro para la fijación o instalación de la polea sobre un eje. Estas dos poleas según el sistema una toma el nombre de conductora y la otra de conducida. La polea conductora es aquella que va directamente ligada con la fuerza motriz, la cual para la mayoría de los casos es un motor, es la polea de entrada de fuerza motriz y la encargada de la tracción, también es conocida como polea motora. Del otro lado del sistema encontramos la polea conducida o polea de salida es también conocida como polea arrastrada, esta se encuentra directamente relacionada por medio de un eje con la carga o resistencia del sistema. En este sistema las poleas están conectadas entre sí por medio de una correa. Véase *Figura 17*.

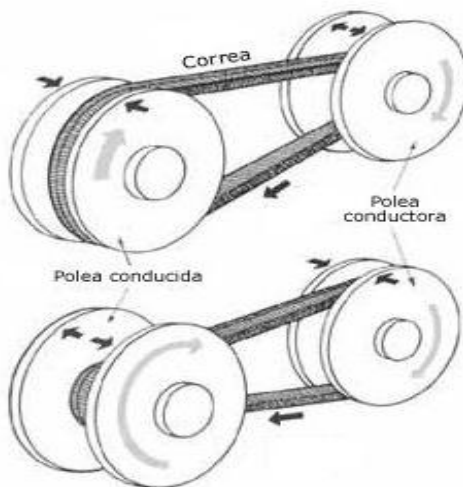


Figura 17. Transmisión de potencia por correa-polea

Fuente: extraído de <http://123equipo5.blogspot.es/1400299452/bandas/>

Nota: Imagen recontada de la fuente.

Las correas suelen estar fabricadas de caucho resistente al desgaste y reforzadas con cuerdas de diferentes materiales para mejorar el comportamiento a la tracción. Existen diferentes tipos de correas y estas pueden variar su diseño según su funcionalidad o requerimientos dentro del sistema. Estas pueden ser trapezoidales, redondas, planas o dentadas. (Nieto Quijorna, 2007)

Trapezoidales: Son las correas más utilizadas en los sistemas industriales debido a que estas se adaptan firmemente al canal de la polea evitando el posible deslizamiento entre polea y correa. Dentro de estas correas se encuentra gran variedad según la necesidad del sistema, siendo muy común encontrar correas trapezoidales dentadas. (Nieto Quijorna, 2007)



Figura 18. Correa trapezoidal

Fuente: extraído de <http://www.manguerasindustrialesltda.com/correas/>

Nota: Imagen recortada de la fuente.

Redondas: por lo general se utilizan correas redondas cuando ésta se tiene que adaptar a curvas cerradas y cuando se necesitan fuerzas pequeñas. Son correas muy flexibles, se utilizan en sistemas de transporte o accionamiento.

Planas: son correas cada vez de menor utilización, se emplean para transmitir el esfuerzo de giro y el movimiento de los motores a las máquinas. Son correas que presentan deslizamiento sobre las poleas, esto permite dar seguridad en un sistema en cuanto a un atascamiento del sistema, pero no son útiles donde la transmisión debe ser constante. (Nieto Quijorna, 2007)

Dentadas: Las correas dentadas también son trapezoidales y permiten asegurar el agarre. En ellas el acoplamiento se efectúa sobre poleas con dientes tallados que reproducen el perfil de la correa. (Véase figura 19). Este tipo es el más empleado en sistemas transmisión constante. No generan deslizamiento.

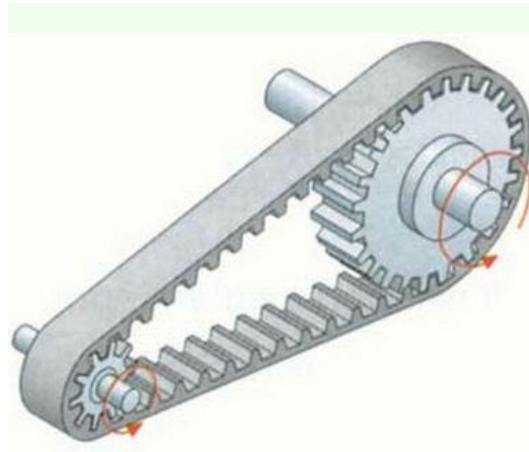


Figura 19. Transmisión de potencia correa dentada- polea

Fuente: extraído de http://www.tecnerife.com/mecanismos/mecanismos_teoría.html

Nota: Imagen recortada de la fuente.

Entre las ventajas de utilizar sistemas de transmisión por poleas-correas encontramos:

- No requieren lubricación
- No generan ruido
- Sistemas más sencillos y económicos que otros mecanismos
- No se requiere tanta exactitud en la alineación de los ejes
- Son sistemas de transmisión que permiten grandes distancias entre ejes
- Pueden operar en ambientes de humedad, polvo, entre otros.
- Su rendimiento de transmisión está contemplado entre un 95-98%
- Pueden operar en velocidades tangenciales más elevadas.

Las formas de transmisión por correas y poleas dependen de la ubicación y forma de la correa con respecto a las poleas. En la Tabla 4. Podemos visualizar el tipo de transmisión, aplicación y representación gráfica de las formas más comunes de transmisión por este sistema.

Tabla 4. *Formas de transmisión por correa.*

Transmisión	aplicación	Representación grafica
Correa abierta	Se emplean en arboles paralelos y el sentido de giro de la conductora es igual a la conducida	
Correa cruzada	Se emplean en arboles paralelos, se emplean principalmente para invertir el sentido de giro. Girando en sentido contrario la conductora y la conducida	
Correa semicruzada	Se emplean en árboles que se cruzan, se recomienda tener en cuenta una distancia entre los arboles mayor a 4 veces el diámetro de la polea más el ancho de la correa.	

Fuente: diseño de tabla propio.

Nota: Información de la tabla tomada de: presentación Fajas, proyecto de ingeniería mecánica. López Arenales, J.C

En cuanto a los conocimientos y herramientas matemáticas necesarias y aplicadas en los sistemas de transmisión por poleas-correa encontramos ecuaciones para conocer las velocidades para transmisión y la relación de transmisión. Las cuales están expresadas como:

Ecuación velocidad de transmisión por poleas.

$$\phi_1 \cdot n_1 = \phi_2 \cdot n_2$$

Ecuación de relación de transmisión.

$$RT = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

Donde

ϕ_1 = Diámetro de la polea motriz

n_1 = Velocidad de giro polea motriz

ϕ_2 = Diámetro polea conducida

n_2 = Velocidad de giro polea conducida

Existen muchos otros sistemas de transmisión de potencia que se pueden emplear en robot o sistemas autómatas pero en los cuales no vamos a profundizar dentro del proyecto, se van a mencionar algunos a continuación con su principio funcional, como es el caso de:

4.11.2. Transmisión de potencia por engranajes

Los engranajes son sistemas de transmisión de potencia o movimiento giratorio entre piezas mediante el engranaje de la una con la otra, se utiliza en sistemas cortos por medio de piñones en los cuales el encaje de los dientes de un piñón con el otro evita el deslizamiento del sistema.

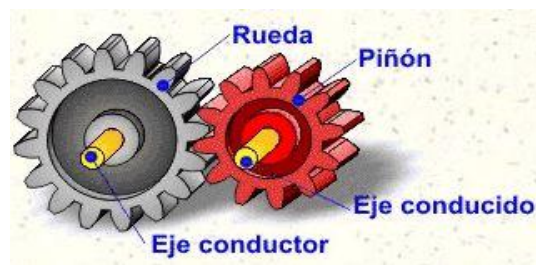


Figura 20. Transmisión de potencia por piñones

Fuente: extraído de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_eng_multiplicador.htm

Nota: Imagen recortada de la fuente.

En este sistema uno de los piñones va ligado a la fuerza motriz y es llamado engranaje motor, mientras que el otro recibe el movimiento transmitido y es llamado engranaje conducido. Por lo general estos sistemas van montados en ejes. El engranaje conducido por medio de su eje va ligado a la oposición o carga a vencer en el sistema.

El movimiento de rotación entre dos engranajes genera un cambio en el sentido de giro del engranaje conducido con respecto al engranaje motor, si se requiere el mismo sentido de giro se requiere de un tercer piñón o engranaje entre estos dos primeros para que pueda invertir el giro del engranaje conducido.

Existen diferentes tipos de engranajes, estos dependen de su estructura, aplicación, necesidad y en especial diseño del diente, entre estos encontramos: engranajes de dientes rectos, engranajes helicoidales, cónicos (cónico de dientes rectos y cónicos de dientes helicoidales), cónico hipoide. (Nieto Quijorna, 2007)

Para calcular la relación de transmisión en piñones tenemos en cuenta la siguiente formula:

$$RT = \frac{Z_M}{Z_m}$$

Dónde:

ZM= número de dientes en la rueda motriz

Zm= número de dientes de la rueda movida.

Los sistemas por piñones la mayoría generan ruido, requieren lubricación, no son apropiados para grandes distancias, ni para trabajo en ambientes variables o entornos de polvo, humedad, etc. Y son sistemas que no sufren deslizamiento entre los engranajes.

4.11.3. Transmisión de potencia por piñón cadena.

Son sistemas constituidos por dos piñones y una cadena, permiten transmitir el movimiento de rotación entre dos ejes, se puede utilizar en sistemas apartados evitando el

deslizamiento de la transmisión de potencia. Pero requieren en muchos casos de lubricación para evitar el rápido deterioro por fricción entre los piñones y la cadena. Este sistema se utiliza en la transmisión de potencia de las bicicletas y motos, permiten modificar la velocidad pero no se puede modificar el sentido de giro del sistema de un piñón con respecto al otro.

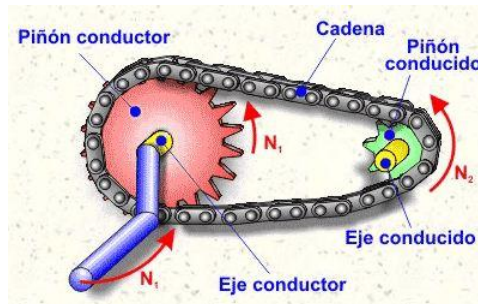


Figura 21. Sistema de transmisión por piñón-cadena.

Fuente: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm

Nota: Imagen recortada de la fuente.

4.11.4. Transmisión de potencia por piñón- cremallera.

Este sistema está conformado por un piñón que descansa sobre una cremallera. La cremallera es un sistema lineal dentado sobre la cual encaja un piñón, con este sistema se logra convertir un movimiento rotacional del piñón en un movimiento lineal de la cremallera o viceversa según la necesidad del sistema o la aplicación del mismo.



Figura 22. Sistema de transmisión por piñón-cremallera

Fuente: http://www.tecnerife.com/mecanismos/mecanismos_teoría.html

Nota: Imagen recortada de la fuente.

4.11.5. Transmisión de potencia por tornillo sin fin-corona.

Este sistema se encuentra formado por un tornillo sin fin y una rueda dentada sobre la cual descansa perfectamente la rosca del tornillo sin fin, se utiliza para transmitir movimiento entre dos ejes perpendiculares. Posee la capacidad de convertir un movimiento giratorio a un movimiento lineal continuo.

4.12. Motores de corriente continua

Los motores de corriente continua o corriente directa son sistemas que tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica principalmente mediante movimiento rotatorio. Son motores de fácil control de velocidad, paro y posición presentándose como una gran alternativa de uso en sistemas robóticos. Los motores de corriente continua están compuestos principalmente por un rotor y un estator. (Guilcaso Molina, 2011)

El estator es el encargado del soporte mecánico de la estructura o motor, tiene un hueco en el centro por lo general en forma circular o cilíndrica, sobre el estator se encuentran ubicados los polos los cuales pueden ser de imanes o de hilos de cobre devanados sobre núcleos de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, es el elemento que gira en el centro del estator y está compuesto por devanados de hilos de cobre sobre núcleos de hierro, estos hilos son conductores de energía eléctrica la cual es suministrada al rotor en la mayoría de los casos a través de escobillas por lo general hechas en carbón. (Guilcaso Molina, 2011).

Los motores de corriente continua permiten giro en ambos lados, aportando mayor movilidad y control, lo cual los hace una de las mejores opciones para su aplicación en la robótica y procesos de automatización.

El sentido de giro en los motores de corriente continua depende del sentido de las corrientes circulantes, el cambio de giro en los motores se logra a través del cambio del campo magnético. Este se encuentra dado por los bobinados del motor conocidos como inductor e

inducido. Para realizar un cambio de giro se realiza cambiando la polaridad de los bobinados. (Guilcaso Molina, 2011).

4.12.1. Motorreductor o reductores.

Son elementos apropiados para su utilización en máquinas las cuales requieran reducir en forma segura y eficiente su velocidad y aumentar la fuerza del sistema. Reemplazando de esto modo muchos sistemas de transmisión de fuerza que se usan aun, pero presentan inconvenientes como deslizamiento, ruido y pérdida de la constante de transmisión.

Entre las ventajas que tiene usar un motorreductor encontramos una entrega regulada tanto en la velocidad como en la potencia transmitida por el sistema, mayor eficiencia de la potencia entregada por el motor, menor espacio para la reducción de la velocidad y mayor rigidez. (Barrientos et al. 2007)



Figura 23. Motorreductor de corriente continua (DC)

Fuente: extraído de <http://www.didacticaselectronicas.com/>

Nota: Imagen cortada de la fuente.

En el momento de elegir un motorreductor se deben tener en cuenta parámetros como: las características de operación en cuanto a velocidad, potencia, el torque y la relación de reducción

apropiada para el sistema. Las características del trabajo a realizar, el ambiente o entorno y la ejecución del equipo.

4.12.2. Servomotores.

Dentro de los motores utilizados en robótica los de mayor facilidad en su programación y control del movimiento encontramos a los servomotores, elementos que además poseen ventajas en cuanto a precisión en la posición en el espacio. (Guilcaso Molina, 2011).

Los servomotores son dispositivos eléctricos pequeños los cuales poseen un eje de rendimiento controlado, el cual puede ser llevado a posiciones angulares y con mayor precisión del movimiento. Son elementos de poco consumo energético. Internamente están constituidos por un circuito interno, un motor y un juego de piñones. (Guilcaso Molina, 2011).



SERVOMOTOR PARALLAX (Futaba) 6VDC,

Figura 24. Servomotor.

Fuente: extraído de http://suconel.com/virtual/products-mainmenu-64.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=6918710&category_id=165&keyword=servo

Nota: Imagen recortada de la fuente.

Las principales ventajas de utilizar servomotores en sistemas robóticos lo generan su poco peso, su potencia entregada, poco consumo de energía, su capacidad de funcionamiento en ambientes irregulares, son sistemas simples y resistentes.

Los servomotores de posición están conformados por un amplificador, motor o servomotor, un sistema de engranajes de reducción y un potenciómetro encargado de la realimentación del sistema. Estos tienen la capacidad de ubicarse en una posición con un rango aproximado de ciento ochenta (180) grados. (Guilcaso Molina, 2011)

Su sistema de conexión está compuesto por tres (3) cables en los cuales uno es encargado de la entrada del voltaje (Vcc), el otro es la línea neutra o negativa del sistema (GND) y por ultimo encontramos un cable encargado del paso de las señales de control del servomotor. Una mala conexión del sistema o una señal de voltaje mal polarizados puede provocar daños en el servomotor y su sistema eléctrico como tal. (Guilcaso Molina, 2011)

4.13. Actuadores

Los actuadores se aplican a los robots con el fin de dar movimiento a los elementos a través de una orden enviada por la unidad de control. Estos pueden emplear diferentes fuentes de energía ya sea eléctrica, hidráulica o neumática, según la necesidad y el sistema. En el momento de elegir un actuador para un sistema robótico se deben tener en cuenta características como: potencia, precisión, velocidad, peso, volumen y control. (Barrientos et al. 2007)

4.13.1. Actuadores neumáticos

Su fuente de energía es el aire a presión se dividen por lo general en dos clases los cilindros neumáticos o motores neumáticos. Entre los cilindros neumáticos estos pueden ser simples o de doble efecto según el requerimiento del sistema. (Barrientos et al. 2007)

4.13.2. Actuadores hidráulicos.

Su principio funcional es muy parecido a los actuadores neumáticos, su fuente de energía es proporcionada por aceites a presión. Dentro de estos encontramos también actuadores cilíndricos, motores de aleta y pistones.

Este tipo de actuadores presentan mayor presión en comparación a los actuadores neumáticos, son de más fácil control, soportan elevadas presiones de trabajo y permiten desarrollar elevadas fuerzas y pares. También presentan estabilidad frente a las cargas estáticas o presión sobre estos sin ejercer suministro de energía. (Barrientos et al. 2007)

4.13.3. Actuadores eléctricos.

Su fuente de energía es eléctrica se caracterizan por su fácil control, sencillez, fácil instalación y precisión de los accionamientos eléctricos. Dentro de estos encontramos tres tipos diferentes de actuadores.



Figura 25. Actuador eléctrico

Fuente: extraído de http://www.directindustry.es/prod/transmotec-sweden-ab/mandos-actuadores-lineales-80649-913897.html#product-item_913833

Nota: Imagen recortada de la fuente.

El primero de ellos son motores de corriente continua (DC) los cuales se dividen en dos tipos, los controlados por inducido y los controlados por excitación. Por otra parte tenemos los motores de corriente alterna (AC), en el cual se encuentra los motores síncronos y asíncronos y por último tenemos los motores de paso a paso. (Barrientos et al. 2007)

Los motores de corriente continua son los más usados en los sistemas robóticos por su fácil instalación y control, y estas formados por dos devanados internos, denominados inductor e inducido alimentados con corriente continua o corriente directa (DC).

Por otra parte los actuadores eléctricos de motores de corriente alterna no se encuentran muy aplicados en los robots por su difícil control, pero siendo claramente una buena opción para los sistemas de acuerdo a mejoras y estudios que se han realizado en este tipo de motores en pro de lograr obtener un mayor control convirtiéndose en una fuerte competencia para los motores DC. (Barrientos et al. 2007)

Los motores paso a paso no han sido muy aplicados en los sistemas industriales por su tamaño y sus pares pequeños con pasos entre posiciones consecutivas muy grandes. Pero se presentaban como una fuerte opción en los sistemas robóticos y se han venido mejorando a través del tiempo sus condiciones de control. En los actuadores de motores paso a paso la señal de alimentación es por medio de pulsos, por cada pulso que se recibe el rotor del motor va girando un determinado número discreto de grados según la señal y el pulso enviado, con este giro el actuador toma posiciones más precisas de acuerdo a los pulsos y movimientos del motor. (Barrientos et al. 2007).



Figura 26. Actuador eléctrico motor paso a paso

Fuente: extraído de <http://www.tectronix.cl/motor-paso-a-paso.html>

Nota: imagen recortada de la fuente.

En la siguiente tabla se pueden identificar las características para diferentes tipos de actuadores para robots, sus ventajas, desventajas y tipo de energía.

Tabla 5. *Características de distintos tipos de actuadores para robots.*

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	· Aire a presión (5-10 bar)	· Aceite mineral (50-100 bar)	· Corriente eléctrica
Opciones	· Cilindros · Motor de paletas · Motor de pistón	· Cilindros · Motor de paletas · Motor de pistones axiales	· Corriente continua · Corriente alterna · Motor paso a paso
Ventajas	· Baratos · Rápidos · Sencillos · Robustos	· Rápidos · Alta relación potencia-peso · Autolubricantes · Alta capacidad de carga · Estabilidad frente a cargas estáticas	· Precisos · Fiables · Fácil control · Sencilla instalación · Silenciosos
Desventajas	· Dificultad de control continuo · Instalación especial (compresor, filtros) · Ruidoso	· Difícil mantenimiento · Instalación especial (filtros, eliminación aire) · Frecuentes fugas · Caros	· Potencia limitada

Fuente: fundamentos de robótica. (Barrientos et al. 2007)

Nota: tabla tomada completa de la fuente original.

4.14. Sensores

Para conseguir robots inteligentes con mayor autonomía y capacidad a la hora sobre pasar obstáculos se han venido utilizando más a menudo los sistemas de los sensores, encontrando en estos un gran avance tecnológico y cualidades diferentes en cada uno dependiendo de su uso, entorno, capacidad y funcionamiento. Obteniendo como resultado robots con mayor precisión, velocidad, inteligencia y maniobrabilidad.

En los robots la información de la posición en las articulaciones del sistema se obtienen por medio de sensores internos y la posición del robot sobre un plano o estado del entorno se adquiere de sensores externos, permitiendo al sistema de control la toma de decisiones y tareas a realizar. (Barrientos et al. 2007)

Los sensores se pueden ubicar por tipos según su principio funcional, como sensores de presencia, de posición o de velocidad, como se puede visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 6. *Tipos de sensores internos para robots*

Presencia	<ul style="list-style-type: none"> - Inductivo - Capacitivo - Efecto hall - Célula Reed - Óptico - Ultrasonido - Contacto 	
Posición	<p>Analógicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potenciómetros - Resolver - Sincro - Inductosyn - LVDT <p>Digitales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encoders absolutos - Encoders incrementales - Regla óptica 	
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> - Tacogeneratriz 	

Fuente: fundamentos de robótica Antonio Barrientos.

Nota: tabla tomada completa de la fuente original

Los sensores internos por lo general se encuentran vinculados con el funcionamiento o accionamiento del robot y la posición de sus articulaciones. Los sensores externos son los encargados de ubicar un robot en el entorno, captar señales como presencias, ambientes, entre otros.

4.14.1. Sensores de presencia.

Como su nombre lo dice este sensor detecta la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado o un punto ya situado, la detección de este puede ser con o sin contacto directo entre el sensor y el objeto.

Los sensores de presencia se utilizan en robótica o automatización para limitar el movimiento de los sistemas o para detectar y localizar una posición. También se pueden usar en los robots como sensores externos por su sencillez en el sistema, su principio funcional y bajo costo.

Por medio de sensores inductivos se permite detectar la presencia o realizar un conteo de piezas metálicas sin realizar un contacto directo con las mismas, pero presentan algunos inconvenientes de acuerdo al tipo de aleación de metal que se trate. Los detectores o sensores capacitivos poseen el mismo principio funcional pero en estos el material a detectar no tiene que ser solo metal pero presentan mayor irregularidad de trabajo en entornos o ambientes con humedad, polvo o malas puestas a tierra de estos. (Barrientos et al. 2007)

4.14.2. Detección con contacto.

Su principio de funcionalidad es igual a un interruptor en un estado normalmente abierto o normalmente cerrado según la necesidad, con un accionamiento o detección por contacto. Son sensores que exigen tener un contacto directo con un elemento para realizar su acción. (Barrientos et al. 2007)

4.14.3. Detección sin contacto.

Este se realiza mediante la ubicación de diferentes captadores, realizando la captura mediante diferentes principios físicos, puede ser por medio de la interrupción de una señal de un elemento a otro. (Barrientos et al. 2007)

4.15. Sistemas arduinos

Los arduinos son plataformas de hardware libre y se trata de un microcontrolador, una placa de entradas y salidas analógicas y digitales, un pequeño sistema de procesamiento con un lenguaje de programación processing.

Por ser un sistema libre se pueden encontrar diferentes configuraciones, modificaciones o desarrolladores de los mismos. Los dispositivos arduinos se toman como los sistemas que unen al mundo analógico con el mundo digital. Son sistemas que permiten cubrir y solucionar diferentes requerimientos, son sistemas libres y también de bajo costo, facilitando la su utilización y construcción en sistemas automátatas.



Figura 27. Arduino

Fuente: extraído de <http://www.didacticaselectronicas.com/>

Nota: imagen recortada de la fuente.

Los sistemas arduinos funcionan básicamente por medio de una interfaz de entrada y una de salida. La interfaz de entrada se encarga de llevar directamente la información al microcontrolador quien es el encargado del procesar estos datos y entregarlos a una interfaz de salida la cual transmite la información procesada directamente hasta los sistemas encargados de hacer uso final de estos datos.

El proyecto para la creación del arduino fue concebido en el año 2005 en Italia, sus creadores fueron el zaragozano David Cuartielles y el italiano Massimo Banzi, el primero de ellos ingeniero electrónico y docente de la Universidad de Mälmo, Suecia y el segundo diseñador y desarrollador Web.

4.16. Módulos de comunicación inalámbrica.

En el campo de los sistemas móviles por medio de microcontroladores, se encuentran diferentes tecnologías de comunicación dependiendo las funciones y las necesidades de la comunicación, pero las más aplicadas en este campo son las comunicaciones por medio de señales infrarrojas y la comunicación por señales de radio frecuencia. (Ferrer Ferrer 2012)

4.16.1. Infrarrojos.

En la comunicación por medio de señales infrarrojas encontramos que esta es una tecnología que se utiliza desde hace muchos años en los sistemas de comunicación, entre las ventajas de la utilización de este tipo de sistemas se resalta que es una tecnología inmune al ruido electromagnético, son dispositivos simples y baratos. Del mismo modo como se puede visualizar sus ventajas se encuentran desventajas como: es un sistema que requiere visualización directa entre el emisor y el receptor, presenta inconvenientes por sensibilidad al ruido infrarrojo, presentan un alcance limitado y son sistemas que para su utilización requieren licencia. (Ferrer Ferrer, 2012)

4.16.2. Radio frecuencia

Comunicación por radio frecuencia se presenta por medio de ondas de frecuencia, son sistemas que se utilizan desde hace muchos años y tienen poca regulación de uso, se encuentran algunas partes del espectro que requieren de licencias y autorizaciones para su uso, como también se encuentran partes del espectro en las cuales se puede operar sin licencia.

La comunicación por radio frecuencia se divide en dos tipos; las que cumplen con un protocolo estándar y las que no cumplen con este protocolo, en este último grupo se encuentran las marcas que crean su propio prototipo de comunicación y son denominadas comunicaciones inalámbricas propietarias. (Ferrer Ferrer, 2012)

Dentro del grupo de protocolo estándar podemos encontrar opciones de comunicación como ZigBee (IEEE 802.15.4), wireless Hart, wireless usb, bluetooth, WiFi, entre otros. Estos sistemas son aplicados en diversos campos, como la domótica, la robótica, la comunicación en

áreas personales, áreas locales, para la utilización de medios de navegación por internet y gracias al avance de la tecnología y sus aplicaciones en muchos otros campos. (Ferrer Ferrer, 2012)

Dentro del proyecto estudiaremos los módulos de comunicación XBee los cuales se presentan como soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado ZigBee (IEEE 802.15.4) para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo ZigBee. En términos simples, los XBee son módulos de comunicación inalámbricos fáciles de usar.



Figura 28. Módulos de comunicación inalámbrica XBee

Fuente: Fotografía de módulos XBee

Nota: Fotografía de módulo XBee de robot manipulador teledirigido.

El Protocolo de comunicación ZigBee es el lenguaje inalámbrico que utilizan dispositivos de uso diario para conectar entre sí. ZigBee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico, similar al bluetooth, y basado en el estándar para redes inalámbricas de área personal (WPANs) IEEE_802.15.4. Surge del fruto de una alianza, sin ánimo de lucro, de más de 200 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con el objetivo de conseguir el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica de bajo costo.

ZigBee es una nueva tecnología de comunicación inalámbrica por radio frecuencia de corto alcance y bajo consumo, que permite alto tráfico de datos, se desarrolló como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización, entre otras



Figura 29. Protocolo de comunicación ZigBee

Fuente: Imagen tomada de <http://webdelcire.com/wordpress/archives/1714>

Nota: Imagen recortada de la fuente

4.17. Componentes básicos de un brazo robótico.

Manipulador o brazo mecánico es la unidad mecánica que se desplaza y ejecuta movimientos (trayectorias) parecidos a los de un brazo y una mano humana. Está provisto de varias articulaciones que le ofrecen diferentes alternativas de movilidad, para que el extremo final o “muñeca” del brazo pueda llegar a un punto en un espacio definido en coordenadas específicas. La mayor parte de brazos tienen seis articulaciones en la mayoría de los casos el número de articulaciones es igual a los grados de libertad, pero también hay robots con cuatro o cinco grados de libertad; por estructura, estas clases no son muy diestras.

Efactor o herramienta final se encuentra ubicado en el extremo de la muñeca de un robot, denominado también herramienta de extremo de brazo. Según el tipo de operación, los dispositivos finales pueden estar equipados con diferentes elementos o accesorios para la

manipulación de materiales u objetos, los efectores finales pueden estar provistos de mecanismo elásticos para disminuir la fuerza de sujeción y hacer más delicados los movimientos.

La fuente de alimentación de cada movimiento del brazo mecánico, en los ejes lineales y de rotación, se controla mediante servomotores independientes (motores controlados con mecanismos electrónicos), que funcionan gracias a una fuente de alimentación eléctrica, neumática o hidráulica.

Los sensores se encuentran dentro de los últimos adelantos tecnológicos, permiten que los robots se relacionen con su espacio en tiempo real, mediante sensores que recolectan información y le dan órdenes para autoprogramarse y elegir acciones de acuerdo a las circunstancias establecidas, así son capaces de sortear obstáculos e interactuar con otras máquinas

La base del robot es la encargada de proporcionar la estabilidad al movimiento o a la fuerza gravitacional del brazo robótico, siendo la superficie encargada de soportar la mayor parte de las cargas de la estructura, la base puede ser fija, de desplazamiento lineal, rotacional una combinación entre ambas o con libertad de movimiento y desplazamiento, por lo regular la mayor parte de los sistemas eléctricos y de control se encuentra alojados en la base del robot.

Sistema de control computarizado es el equipo de comunicaciones y de procesamiento de información que emite los comandos de movimiento del robot. Es el cerebro del robot; almacena datos para iniciar y analizar los movimientos del manipulador. El sistema se interconecta con computadoras y otros equipos, como celdas de manufactura o sistemas de ensamblaje. Los manipuladores y los efectores serían los brazos y las manos del robot. Estos controlados por medio de mandos inalámbricos o teledirigidos.

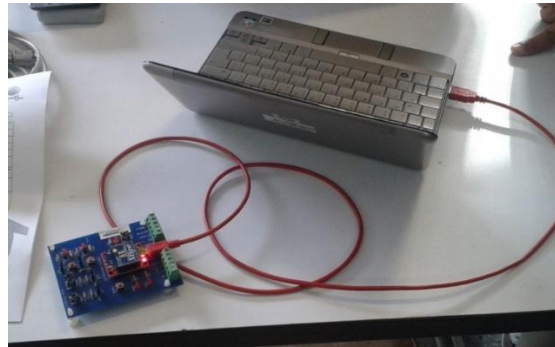


Figura 30. Sistema de control computarizado con módulo XBee

Fuente: fotografía control computarizado robot manipulador.

Nota: fotografía del sistema de control computarizado con módulo XBee del robot manipulador teledirigido.

El hardware es la conformación de todos los sistemas electrónicos (resistencias, condensadores, inductancias, conectores, controladores, arduinos, board) del proyecto, incluyendo los sistemas embebidos con microcontroladores, que en conjunto conforman las secciones de control Lógico digital del robot.

El software es la parte lógica de un sistema, la parte no visible o intangible, no se puede ver a simple vista o tocar; pero es la parte fundamental para que un sistema opere o funcione según lo requerido o programado. El software se puede programar o diseñar según la necesidad o función que se deba de cumplir de acuerdo a los controladores que se empleen.

5. Selección, ensamble y adaptación de sistemas mecánicos.

Para la construcción del robot manipulador teledirigido teniendo en cuenta la teoría existente en el tema de los robots, sus sistemas y mecanismos estudiados anteriormente, se realiza una selección de los sistemas a instalar e integrar en el proyecto teniendo presente las necesidades del mismo, sus ventajas y desventajas en comparación con otros sistemas. A continuación se realizara una recapitulación del proceso de selección, ensamble y adaptación de los sistemas mecánicos que forman parte del proyecto.

5.1.Sistema de locomoción

Para nuestro sistema de locomoción, de movimiento o desplazamiento del robot tenemos la construcción de un vehículo tipo convencional de cuatro (4) ruedas principales ubicadas en eje delantero y trasero, fijas en una dirección y unas ruedas auxiliares tipo castor ubicadas en el centro de la parte trasera del vehículo. En el robot para sus ruedas principales se emplearon ruedas de carga de uso general con un soporte en peso de 150 Kg c/u y una dimensión de seis (6) pulgadas de diámetro en caucho macizo, buscando que se pueda ubicar y desplazar en terrenos solidos planos. Se tiene en cuenta que el proyecto es de tipo investigativo de laboratorio y con este no se realizan salidas a los terrenos antes mencionados. En la figura 31, se puede visualizar el sistema de ruedas laterales del vehículo.

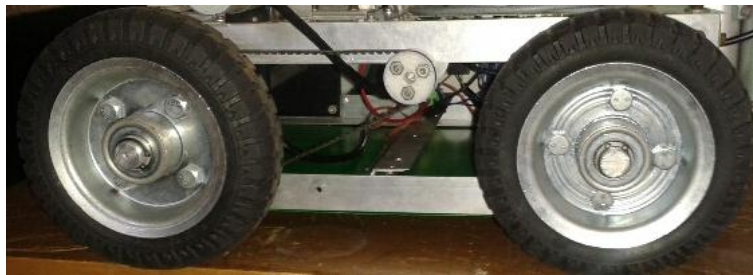


Figura 31. Ruedas sistema de locomoción robot manipulador teledirigido

Fuente: fotografía ruedas laterales robot

Nota: Fotografía a sistema de locomoción por ruedas robot manipulador teledirigido

Se utilizan cuatro ruedas con el fin de dar distribución al peso del robot, la fuerza gravitacional de su brazo y objeto en la pinza en cuatro puntos diferentes. En este sistema encontramos el eje delantero más amplio o las ruedas un poco más separadas del robot en comparación al eje trasero (véase figura 32), buscando tener mejor estabilidad en el robot puesto que la mayor parte de la carga del brazo y objeto en la pinza es sostenido por este eje. También en este mismo eje encontramos ubicado el sistema encargado de la tracción y el movimiento del vehículo

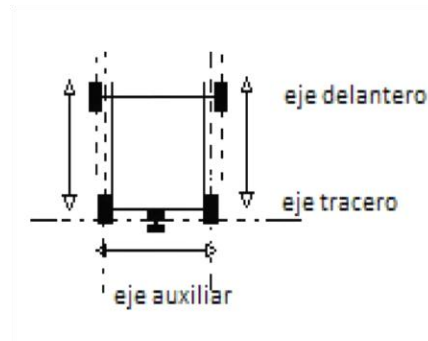


Figura 32. Grafica de sistema de locomoción robot manipulador teledirigido

Fuente: Diseño propio sistemas de locomoción.

Nota: sistema de locomoción por ruedas del robot manipulador teledirigido.

Para brindar firmeza tanto las ruedas delanteras como traseras estas se encuentran fijas en un eje de cinco octavos (5/8) de pulgada en aluminio, el cual atraviesa el vehículo sosteniendo ambas ruedas y girando estas en sincronización ya sea por el movimiento o por la tracción. Las ruedas traseras se podrían nombrar como ruedas castor puesto que estas sostienen el vehículo pero solo producen movimiento por la tracción del eje delantero. Cada uno de estos ejes de aluminio están sostenidos en dos puntos estables para su rotación por medio de soportes auxiliares en plástico rígido los cuales estas anclados a la carcasa del vehículo.

Por la forma como se encuentran ubicadas las cuatro ruedas este vehículo fijas y sin movimientos de rotación a sus lados, bajo la acción de estas solo puede realizar desplazamientos lineales en la dirección adelante- atrás sin permitir giros parciales o totales del vehículo buscando cambiar su dirección. Sin embargo el robot manipulador teledirigido cuenta con un par de ruedas auxiliares las cuales proporcionan movimiento en el sentido contrario a las ruedas principales.

Estas se adaptaron por medio de un actuador eléctrico con dos rodamientos de caucho cumpliendo la función de ruedas plásticas de una pulgada y un cuarto (1 1/4) en su extremo, con este sistema por medio del accionamiento del actuador y levantando la parte trasera del robot sobre las ruedas auxiliares el movimiento de las ruedas principales traseras queda anulado,

produciendo como resultado un efecto de movimiento circular del robot debido al accionamiento por tracción de las ruedas delanteras y el movimiento por efecto de la tracción de las ruedas auxiliares en un sentido contrario a las ruedas principales delanteras. Véase la *Figura 33*

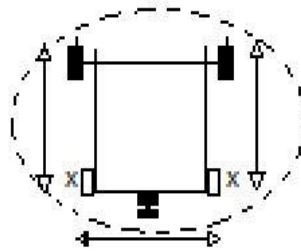


Figura 33. Movimiento rotacional del robot manipulador teledirigido. Por medio del cual se activan las ruedas auxiliares y anulan las ruedas principales traseras.

Fuente: Diseño propio

Nota: movimiento rotacional de sistema de locomoción robot manipulador teledirigido.

5.2.Base o chasis de vehículo del brazo robot

De acuerdo con el sistema de locomoción definido para el brazo robótico y la estructura base del vehículo de desplazamiento, se construye bajo este principio el chasis del robot. El cual fue construido en forma de paralelepípedo en perfiles de ángulo de aluminio buscando obtener una mayor resistencia a la carga de las fuerzas ejercidas sobre este y mejor firmeza en la estructura del robot, teniendo en cuenta los espacios interiores para ubicar los sistemas o componentes internos del robot como baterías, circuitos, ejes, entre otros. Véase *Figura 34*. Este paralelepípedo tiene unas medidas de cuarenta (40) centímetros de largo, treinta (30) centímetros de ancho y doce punto cinco (12.5) centímetros de alto.

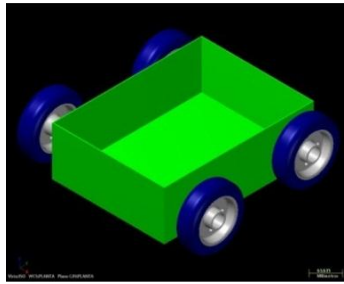


Figura 34. Chasis paralelepípedo robot manipulador

Fuente: Imagen software mastercam

Nota: Diseño paralelepípedo de base de robot manipulador teledirigido.

Se decide tomar como material principal para la construcción del robot el aluminio por sus ventajas y propiedades en estos sistemas, su bajo costo y fácil consecución en el mercado. El robot manipulador está construido en gran parte de aluminio, exceptuando ruedas en caucho, tornillería de hierro, partes metálicas y algunos elementos fabricados en bioplástico degradable ABS.

El aluminio es un material que se emplea con frecuencia en aplicaciones estructurales o mecánicas. Por sus propiedades de bajo peso, buena resistencia a la corrosión, facilidad para el maquinado o formado y apariencia agradable. La densidad del aluminio es aproximadamente la tercera parte del acero, su resistencia y su peso también son mucho más bajos.

5.3.Sistema de transmisión de potencia:

Como paso seguido después de tener definidos el sistema de locomoción del robot y el chasis, se procede a realizar la selección del sistema de transmisión más apropiado para el vehículo del robot manipulador. Y después de conocer algunos sistemas de transmisión de potencia, sus ventajas y desventajas de uno con respecto al otro.

Nuestro proyecto se apoya en la transmisión de potencia por poleas-correa según la necesidad de funcionamiento, sus ventajas como trabajar en ambientes variables, su bajo costo, lo sencillo de su sistema, por ser el método más eficiente para el robot en comparación con otros

sistemas, los cuales generan ruido, requieren lubricación y no permiten la sincronización del sistema de tracción de una forma segura y precisa en ambos lados del robot. Por eso se implementa en el robot manipulador teledirigido un sistema de transmisión de potencia por medio de correa dentada y poleas dentadas.



Figura 35. Sistema de transmisión de movimiento por correa dentada- poleas

Fuente: <http://www.lindis.com/esp/correas-dentadas.asp>

Nota: Imagen recortada de la fuente.

El sistema de transmisión se encuentra ubicado o ligado directamente con el sistema de locomoción o tracción del robot. Y está formado por dos poleas y una correa dentada, el robot cuenta con dos sistemas de tracción para la locomoción del vehículo, uno ubicado a cada lado y con igual funcionamiento.

5.3.1. Poleas.

El sistema de transmisión de potencia por poleas- correas, se encuentra compuesto básicamente por dos poleas y una correa. Las poleas dentro del sistema reciben un nombre teniendo en cuenta su funcionalidad, estas se encuentra como polea motriz o conductora y polea conducida.

La polea conductora tiene un diámetro de una pulgada y un cuarto ($1 \frac{1}{4}$), y está ubicada directamente sobre el eje de la fuerza motriz, en nuestro caso hemos utilizando un motorreductor de 12 voltios de DC (corriente directa), con una potencia en fuerza de ocho kilogramos por centímetro de torque (8 kg-cm), una relación de transmisión de veintinueve a uno (29:1) y una

velocidad de trecientas cincuenta revoluciones por minuto (350 RPM), en cada uno de los sistemas de transmisión tanto en el lado derecho como izquierdo del robot. Logrando gracias al sistema utilizado la sincronización en el funcionamiento de ambos, en los cuales su marcha es pareja.



Figura 36. Polea conductora o motriz en plástico ABS

Fuente: Fotografía polea conductora

Nota: Polea conductora robot manipulador teledirigido, impresa en bioplástico degradable ABS

Por otra parte la polea conducida tiene un diámetro de cuatro (4) pulgadas, el cual es notablemente mayor en comparación con la polea conductora, por tal motivo el giro de esta va a ser mucho más lento, disminuyendo de esta manera la velocidad en el sistema de transmisión del eje de salida con respecto al eje de entrada o fuerza motriz y aumentando la fuerza en el sistema.



Figura 37. Polea conducida impresa en 3D con bioplástico degradable ABS

Fuente: Fotografía polea conducida

Nota: Polea conducida robot manipulador teledirigido, impresa en bioplástico degradable ABS

La polea conducida está ubicada directamente sobre el eje de las dos ruedas principales delanteras transmitiendo de esta manera el sistema de tracción y la locomoción del vehículo a este eje, en el eje delantero del vehículo se encuentra directamente toda las cargas a vencer por parte del sistema de transmisión de potencia, pues sobre este recae todo el peso de la estructura

robótica y el peso del objeto en el efector final o pinza. Al igual que la fuerza para el proceso de desplazamiento de toda la estructura o robot.

Las dos poleas tanto conductoras como las dos conducidas fueron construidas por medio de impresión 3D en bioplástico degradable ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), debido a que con este material teníamos un buen producto con resistencia para el proyecto y con un peso mucho menor en comparación con otros materiales como hierro y aluminio, buscando disminuir la fuerza de oposición para el sistema de tracción o transmisión de potencia y la carga ejercida sobre el motor.

5.4.Construcción de brazo

En la construcción y ensamble del brazo del robot o herramienta, se utilizan perfiles de aluminio con perforaciones cilíndricas a lo largo de la estructura (véase la *Figura 38*), con el fin de disminuir el peso sin comprometer a resistencia del brazo a las cargas sobre él. El brazo se encuentra formado por una serie de articulaciones de configuración planar, dotado de tres articulaciones o tres grados de libertad hasta su muñeca sin tener en cuenta el efector final, sus movimientos se encuentran activados por motorreductor, actuador eléctrico y servomotor. Identificando las articulaciones del robot en relación al brazo de un humano, como hombro, codo y muñeca.

La fuerza motriz en el hombro está a cargo de un motorreductor de corriente directa (DC), con una capacidad de diez y ocho kilogramos por centímetro de torque (18 kg-cm), alimentado con 12 voltios DC, con una relación de transmisión de 131:1 y una velocidad de 80 RPM. A este motor se encuentra integrada o adaptada a una caja reductora de velocidad con una relación de transmisión de 20:1, la cual tiene como fin reducir la velocidad y aumentar la fuerza motriz del mecanismo, puesto que en este punto del robot se va a generar un mayor esfuerzo en cuanto a las cargas del sistema, el hombro del robot es el encargado de sostener las cargas del brazo, codo, muñeca, efector final y objeto en el efector del robot.



Figura 38. Actuador eléctrico encargado del movimiento del codo del robot.

Fuente: Fotografía Actuador eléctrico

Nota: Actuador eléctrico encargado del movimiento de la articulación codo del robot.

El codo del robot se encuentra integrado por una articulación tipo planar y la acción del movimiento se encuentra efectuada por medio de un actuador o cilindro eléctrico circular recto de 20 mm de diámetro, con una longitud 27.5 cm con el cilindro al interior y 42.5 cm con el cilindro al exterior, una velocidad de 13 mm/s y esta accionado por medio de una señal de corriente directa (DC) de 12 voltios. El actuador eléctrico se encuentra ubicado entre el brazo y el antebrazo del robot generando mediante su actuación y desplazamiento lineal el movimiento de la articulación denominada codo, finalmente este actuador o cilindro soportara las cargas del antebrazo, la muñeca, efector final y objeto en el efector, descargándose también sobre el hombro y la base del robot.

La muñeca del robot se encuentra compuesta por una articulación de configuración planar y accionada por medio de un servomotor de corriente continua (DC), con un capacidad de torque de 3.1 kg-cm y alimentado con una señal de 6 voltios de DC, con una capacidad de posicionamiento entre 0-180 grados, permitiendo de este modo una mayor precisión y dominio en cuanto a sus movimientos y posicionamiento. La muñeca es la encargada de soportar las cargas y controlar el movimiento del efector final buscado la ubicación y localización del objeto

o punto en el espacio para luego realizar la acción o tarea encomendada al efector final del agarre de objeto.

5.5.Construcción y configuración de la muñeca y efector final

La muñeca y el efector final cuentan con dos grados de libertad. La muñeca está formada por una articulación de configuración planar en el robot y es la encargada de situar o ubicar un punto u objeto en el espacio, un extremo está fijado en el brazo y en el otro se encuentra ubicado el efector final o pinza, la muñeca es accionada por medio de un servomotor en el cual se puede controlar con mayor precisión el movimiento de esta.

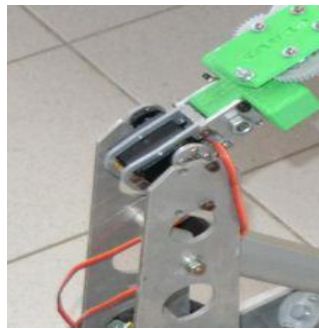


Figura 39. Articulación de la muñeca robot manipulador teledirigido.

Fuente: Fotografía articulación muñeca

Nota: Articulación de la muñeca tipo planar.

En este proyecto el efector final es un elemento diseñado con el software mastercam y construido por medio de impresión 3D, tipo pinza con dos dedos de sujeción controlada por medio de un servomotor de las mismas características de la muñeca, el cual permite manejar el movimiento sincronizado de ambos dedos o partes de la pinza debido a su diseño con un sistema de engranaje de piñones.

Se encuentra fabricado en bioplástico degradable PLA y ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), bajo la tecnológica de fabricación por adicción donde un objeto es creado mediante superposición de capas sucesivas de un material y tecnología de impresión por fusión de

filamento (FFF). Su articulación de tipo configuración planar permite movimientos en una dirección opuesta a la muñeca del robot formando así un complemento entre las parte para ubicar un punto en el espacio.

El efector construido con bioplástico presenta ventajas para ser una herramienta final del robot por su diferencia de peso en comparación con otros materiales o sistemas que se pudiese utilizar en el robot teledirigido, ayudando de este modo al centro de gravedad y el peso de los objetos a cargar por parte del robot y sus articulaciones. El bioplástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) es un material que presenta buena rigidez, resistencia, es ligero y de bajo costo, lo cual lo convierte en una muy buena opción para su empleo en la automatización de sistemas o robots.

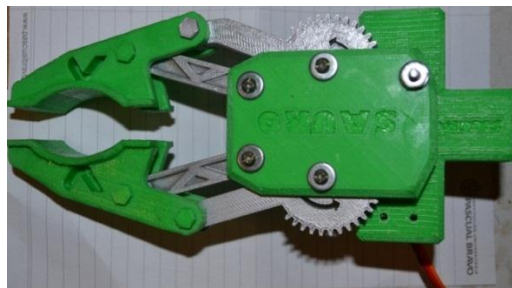


Figura 40. Efector final por impresión 3D robot teledirigido

Fuente: fotografía efector final

Nota: Efector final robot manipulador teledirigido, impreso en bioplástico degradable ABS

Después de realizar una selección y el proceso de adaptación del sistema mecánico al robot, pasamos a seleccionar el sistema eléctrico y el sistema de control del robot brindando de esta manera movimiento y funcionalidad al robot, permitiendo cumplir con el objetivo principal del proyecto.

6. Selección y adaptación de sistema eléctrico.

Para el sistema eléctrico en el robot se utilizan como fuente de alimentación eléctrica dos (2) baterías de plomo ácido de seis (6) voltios conectadas en serie aportando directamente al sistema doce (12) voltios de corriente directa (DC). Estas baterías poseen una capacidad de 4 amperios hora.

El manejo y accionamiento de cada uno de los componentes como motorreductores, servomotores, actuadores, sensores, etc. Se realizó en base a dispositivos arduinos, Shield XBee, XBee, y controladores para motores DC. Todos estos sistemas integrados con un sistema de control el cual nos permite tener la maniobrabilidad del robot y la ejecución de las órdenes entregadas al autómata. Todo el sistema se implementa por medio de la conexión de sistemas ya integrados facilitando la construcción y la distribución del sistema eléctrico del robot.

Se emplean sistemas arduinos reduciendo los sistemas eléctricos y mejorando la capacidad de control, así como la distribución y alimentación del sistema. Los arduinos son sistemas de bajo costo y buenos rendimientos para su uso en los sistemas robóticos. Y permiten integraciones con sistemas de control y comunicación, haciendo de esta manera más fácil la electrónica y los circuitos de los autómatas.

Todos los motores, servomotores y actuadores esta conectados a controladores de motores, los cuales están compuestos por integrados capaces de controlar dos motores hasta 15 Amperios y un voltaje máximo de 13.8 voltios. Y controlador de puente H el cual tiene el mismo principio funcional del controlador de motores.

La utilización de sistemas integrados y ya compuestos como los arduinos, los controladores de motores DC. Hacen los procesos de construcción o automatización de los sistemas mucho más fáciles y en ocasiones muchos más eficientes.

6.1. Diagrama de distribución electrónica y de componentes.

Por medio de la *Figura 41* podemos visualizar y conocer el diagrama de distribución de componentes electrónicos y de control del robot. El siguiente diagrama es la distribución de partes o componentes y no forma parte de un plano específico de un sistema eléctrico. Está compuesto en mayor parte por elementos formados por medio de controladores.

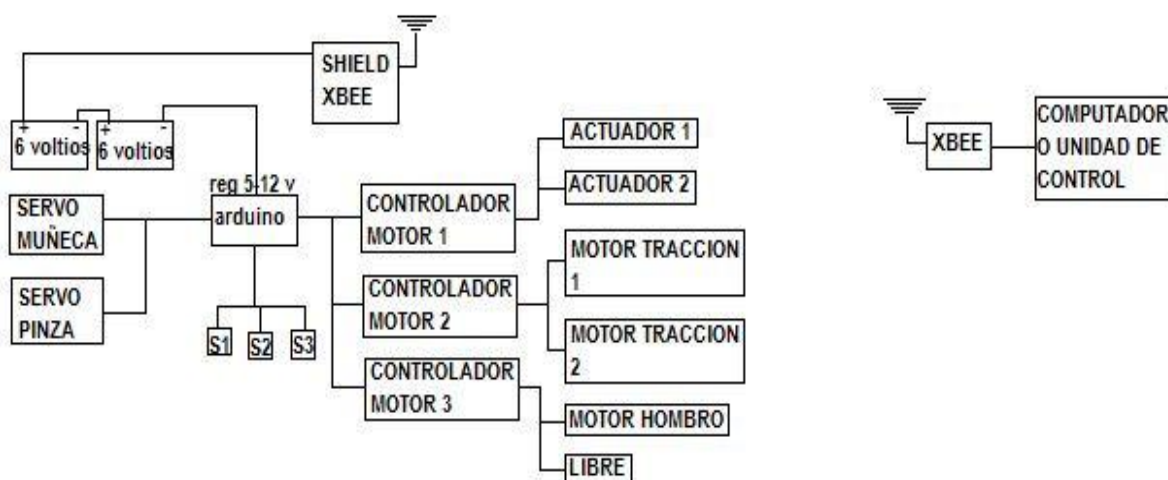


Figura 41. Diagrama de distribución de componentes eléctricos y de control

Fuente: diseño propio

Nota: Distribución de elementos y componentes de control del robot manipulador teledirigido

7. Selección y adaptación de sistema de control

Los mandos inalámbricos son la interfaz de comunicación entre dos o más dispositivos de manera remota o sin cableado. Para esta aplicación se empleará un módulo de comunicación por radio frecuencia considerando que es el sistema más apropiado para el mecanismo gracias a sus ventajas como capacidad de comunicación sin limitación de comunicación directa entre el emisor y el receptor, sencillez en el sistema, y libertad de trabajo dentro del espectro.

Se empleara el protocolo estándar de comunicación inalámbrica ZigBee (IEEE 802.15.4) que se intermedia por hardware XBee, el cual es compatible con los microcontroladores convencionales y especiales. Los sistemas XBee se programan en el X-CTU software con funciones directamente para el XBee.

El sistema de control del robot se encuentra formado por un sistema arduino, un módulo de comunicación Shield XBee, XBee receptor, XBee emisor, computador o mando de control. De modo que tenemos un conjunto de sistemas tecnológicos integrados entre sí para dar funcionalidad y control al robot, facilitando su dominio.

El XBee emisor se localiza integrado al equipo de cómputo o mando del robot, por medio de este se envían los datos de las órdenes para ejecución. Estas órdenes son recibidas por un XBee receptor integrado en el sistema de módulo de comunicación Shield XBee y este a su vez integrado directamente al sistema arduino. El XBee receptor recibe los datos u órdenes enviadas a través del XBee emisor, y este a su vez transmite estos datos hasta el módulo de comunicación y procesamiento de datos Shield XBee, enviando este los datos procesados al sistema arduino encargado de la distribución de las ordenes a los periféricos los cuales hacen uso final de los datos para la ejecución de las ordenes o labor encomendada.

La aplicación o software recibirá los datos provenientes desde el equipo de control del robot o pc y los convertirá en señales que serán emitidas inalámbricamente al sistema de comunicación y procesamiento de información del robot desde el módulo XBee quien transportara los datos por medio del protocolo ZigBee, llevando la información al robot y consecuentemente generará los movimientos requeridos o la acción ordena por medio de los comandos indicados por el usuario u operador del robot. El XBee tiene la capacidad de transmitir y recibir 9600 baudios por minuto.

En el robot manipulador teledirigido se emplea un arduino con una tarjeta de desarrollo basada en el microcontrolador, corre a 16 MHz mediante oscilador, posee 14 entradas/salidas digitales (incluye 6 salidas PWM), 6 entradas análogas, 32K de Memoria Flash y requiere de

una alimentación de 7V hasta 12V. Los arduinos son sistemas pequeños, para el proyecto se utiliza un arduino con un tamaño de 54 x 76mm. El arduino es el encargado del control y el accionamiento de los sistemas del robot, a este se encuentran conectado tanto los sistemas de comunicación inalámbrica como los elementos encargados de la acción a través de las ordenes, estos elementos son: motorreductores, servomotores, actuadores o cilindros eléctricos.

Las órdenes de control al XBee se encuentran dadas desde el computador a través de software X-CTU de acuerdo al código de programación y los comandos asignados a cada acción. Permitiendo a través de este código realizar una acción determinada en el robot. A continuación se relacionan ejemplos de los comandos asignados a cada acción. Dónde:

A= Abre hombro (hombro Atrás)

B= Cierra hombro (hombro adelante)

C= Abre cilindro articulación codo

D= Cierra cilindro articulación codo

E= Vehículo se desplaza adelante

F= Vehículo se desplaza atrás

G Activa cilindro ruedas auxiliar vehículo gira a la izquierda

H= Activa cilindro ruedas auxiliar vehículo gira a la derecha

1= Articulación de la muñeca sube

2= Articulación de la muñeca baja

3= Abre efector final

4= Cierra efector final

8. Metodología

8.1. Tipo de estudio

El proyecto se fundamenta en un tipo de estudio de laboratorio dentro del semillero de investigación SAURO de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.

El tipo de estudio empleado durante el proyecto fue exploratorio de acuerdo a la clasificación dada por Hernández, Fernández y Baptista (2003) según los distintos procesos de investigación. Y se puede clasificar como una investigación pre-experimental. Se explora dentro del semillero de investigación SAURO de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, la manipulación de un brazo robótico con seis grados de libertad y desplazamiento sobre terrenos solidos por medio de locomoción por ruedas, controlado inalámbricamente a través módulos de comunicación XBee y protocolo de comunicación ZigBee.

8.2. Método

En el proceso de desarrollo del proyecto se empleó el método de investigación hipotético-deductivo método por el cual se observa la necesidad del aprovechamiento de la tecnología y sus ventajas en la búsqueda por mejorar la calidad de vida y lograr un mejor aprovechamiento de los robots de servicio

Dentro del proceso se realiza una breve recopilación e indagación sobre la tecnología estudiada y algunas de sus aplicaciones, un estudio sobre la tecnología a utilizar en pro de brindar una solución a la necesidad presentada, un análisis de los sistemas a utilizar y la integración de los mismos en el proyecto. Permitiendo de este modo seleccionar y utilizar dentro del proyecto los sistemas más apropiados.

El proyecto contempla un grado de abstracción de investigación aplicada en cuanto a que se trabaja con el objetivo de lograr la solución a un problema ya identificado, por un medio práctico, el cual será de gran utilidad en el campo de los robots y los nuevos conocimientos adquiridos en el semillero SAURO como proceso educativo y de investigación para nuevos proyectos. Sin aportar mayores cambios a la teoría ya existente sobre el tema tratado. Su investigación se generaliza por la acción para por medio de esta unir la práctica y la investigación en el proyecto.

8.3.Población y muestra

El proyecto investigativo se llevó a cabo dentro del semillero de investigación SAURO de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, semillero adscrito a la facultad de ingenierías de la institución, formado por estudiantes de electrónica y sistemas mecatrónicos. Buscando aplicar los conocimientos adquiridos en cuanto a formación académica e investigativa.

Teniendo en cuenta que el proyecto fue de tipo exploratorio de laboratorio su ambiente de población y muestra fue muy pequeño constituyéndose entre el investigador, los coordinadores del semillero de investigación, el tutor asesor del proyecto y las pruebas de laboratorio que se hayan realizado verificando el correcto funcionamiento del robot y sus componentes.

Se busca con el proyecto que este sirva de motivación e interés académico para los futuros estudiantes de la institución y participantes de los semilleros de investigación en pro de realizar mejoras sobre el mismo, o nuevas ideas de proyectos sobre la tecnología estudiada.

8.4.Instrumentos de recolección de información

La recolección de la información para la fundamentación teórica del proyecto se realiza mediante una metodología cualitativa y orientada a decisiones por medio de la búsqueda de una solución a un problema identificado. Y poniendo en práctica a través de la acción la aplicación de la investigación realizada.

El proceso de recolección de información se realiza a través de fuentes secundarias, por medio de fuentes bibliográficas como libros, revistas, documentos, etc. Para indagar y conocer los tipos de robot, sus componentes y aplicaciones. También se realiza por algunos otros medios cibernéticos para identificar mejor los términos y temas del proyecto.

9. Resultados del proyecto

Como resultado principal del proyecto encontramos un robot de servicio teleoperado o telemanipulado por un usuario directamente desde un procesador u ordenador, al cual se le pueden brindar diferentes enfoques por sus capacidades de desplazamiento y movimientos otorgados por su construcción y el tipo de mecanismos utilizados, como realizar tareas en espacios difíciles para un operario humano o tareas de alto riesgo. Proyecto el cual sigue formando parte del semillero de investigación SAURO de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUA BRAVO, para futuras investigaciones y mejoras sobre el proyecto e incentivar a los participantes del semillero a nuevo proyectos.

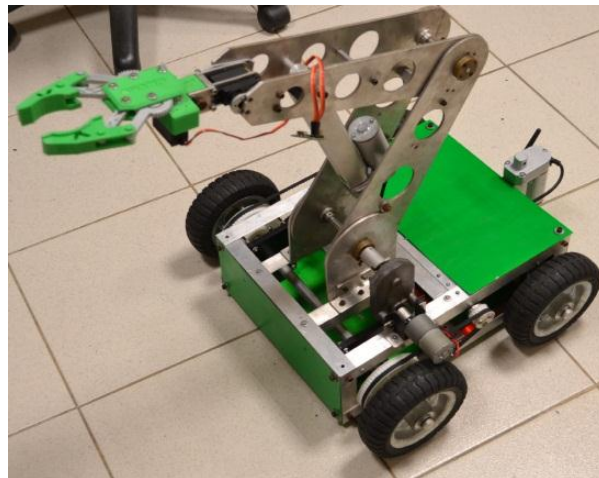


Figura 42. Robot manipulador teledirigido.

Fuente: fotografía de laboratorio semillero SAURO

Nota: Robot manipulador teledirigido en práctica de funcionamiento de desplazamiento y control inalámbrico.

Es un robot inteligente capaz de adaptarse al entorno y sobre pasar obstáculos gracias a sus seis grados de libertad y capacidad de desplazamiento controlado inalámbricamente. Un robot móvil de desplazamiento por ruedas para mayor maniobrabilidad y campos de aplicación. Véase *Figura 42*.

Como resultado directo del proceso investigativo del proyecto se adquiere por medio de los referentes teóricos existentes, un mayor conocimiento en el campo de los robots, los sistemas que los conforman y la historia de los mismos. Permitiendo fortalecer aún más los conocimientos adquiridos mediante el proceso formativo y aprovechando el avance tecnológico en cuanto a la impresión 3D para la construcción de parte de los sistemas que conforman el robot.

Se logra según lo trazado en los objetivos específicos del proyecto, la construcción y la instalación de las relaciones de transmisión mecánica y de locomoción más apropiadas, teniendo presente la teoría existente, las ventajas, desventajas y las propiedades de los sistemas antes mencionados.

Se emplean sistemas de comunicación por radio frecuencia, obteniendo un mayor control del robot por medio de comunicación inalámbrica y se utilizan sistemas eléctricos integrados facilitando la instalación de los mismos y la construcción del robot.

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1. Conclusiones

La robótica es una subárea de la ingeniería que puede tener muchos propositivos dependiendo del enfoque que se le dé.

Los brazos robóticos son elementos de gran ayuda tanto en la vida personal como en los avances tecnológicos y la automatización de los sistemas, permitiendo realizar en ocasiones las labores o funciones de una manera más precisa y exacta que por medio de un factor humano.

Los módulos de comunicación de datos XBee por medio del protocolo ZigBee nos liberan de una serie de cables y benefician los sistemas donde la comunicación no tiene que ser a altas velocidades. Permitiendo innovar en los sistemas mecatrónicos con sistemas robóticos inalámbricos o conectar sistemas de uso diario.

La incorporación de movimiento o locomoción por medio de ruedas (llantas) a los sistemas mecatrónicos le brinda más autonomía, campo de aprovechamiento y utilidad al robot. El uso de dispositivos finales de movilidad están directamente relacionados con la capacidad para que los dispositivos puedan actuar en diferentes ambientes, caso tal de este proyecto se emplearon llantas que solo están adecuadas para superficies planas.

La impresión 3D sirve para simular procesos que se encuentren en pruebas piloto, puesto que en montajes reales se generarían muchos inconvenientes que satisfagan la necesidad real y permitiendo la utilización de materiales más livianos y procesos mucho más fáciles de construcción

10.2. Recomendaciones.

Si se implementara como mejora un sistema de tracción y locomoción por orugas podemos alcanzar acceso a terrenos irregulares. Ampliando la capacidad del campo de acción del robot.

Para proyectos mecatrónicos de este tipo se deben de implementar dispositivos que se adapten más al soporte de cargas considerablemente altas.

Demás mejoras que se le puedan hacer, dependiendo las aplicaciones o el enfoque brindado al robot como sensores de presencia para evitar choques accidentales del robot y

paneles eléctricos para cargar las baterías del sistema cuando este se encuentre en un ambiente que así lo permita.

Realizar un estudio más preciso de un tipo de investigación cuantitativo, para tener todos los datos precisos del sistema, en resistencia de los materiales, rendimientos de los componentes, capacidad de carga, grados de desplazamientos, entre otros.

Crear un sistema de control para el envío de las ordenes inalámbricas, liberando de este modo la utilización de equipos de cómputo y brindando mayor libertad de desplazamiento al robot y un mayor campo de aplicaciones del mismo.

11. Referencias bibliográficas

Barrientos, A., Peñin, L. F., aracil, R., & Balaguer, C. (2007). *fundamentos de robótica*. Madrid: Mc GRAW-HILL.

Ferrer Ferrer, J. (2012). *Sistemas inalámbricos para comunicacion con dispositivo móvil*. valencia (España): Universitat Politècnica de Valencia.

Guilcaso Molina, V. A. (2011). *Diseño y construcción de un brazo robótico industrial comandado mediante un sistema de control inalámbrico*. Ambato (Ecuador): Universidad Técnica de Ambato.

Hernández Gaviño, R. (2010). *Introduccion a los sistemas de control: conceptos aplicaciones y simulacion con Matlab*. mexico: Pearson educación de méxico, S.A de C.V.

Hernández Sampieri, C. R. (1997). *Metodologia dela investigación* . Mexico: Mc Graw-Hill.

Nieto Quijorna, A. J. (2007). *Elementos de Máquinas*. España: Universidad de Castilla-La Mancha.

Ollero Baturone, A. (2001). *robotica manipuladores y robots móviles*. Barcelona (España): MARCOMBO, SA.

Vindri Salgado, I. (2011). *ZigBee y sus aplicaciones*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

12. Anexos

Anexo 1: código de programación del arduino.

La programación del arduino se realiza mediante el software libre Arduino.IDe con un lenguaje de programación en C. A continuación se visualiza parte del código de programación del arduino.

```
#include <Servo.h>
#include <EEPROM.h>
Servo flex;
Servo pinza;
int x=0,aux=0,y=0,i=0,j=0,u=0,k=0;
int En=8;
int pwm=12;
int En2=9;
int pwm2=13;
int LA=4;
int LB=5;
int RA=6;
int RB=7;
int GA=2;
int GB=3;
int sensor1=A0;
int sensorValue;
void Velocidad_flex(){
j=flex.read();
if(j>i){
for(j>i;j--){
flex.write(i+1);
```

```
if(j<i){
for(j<i;j++){
flex.write(i-1);
delay(2);
}
}
}
void setup (){
aux=EEPROM.read(1);
pinMode(pwm, OUTPUT);
pinMode(En, OUTPUT);
pinMode(pwm2,OUTPUT);
pinMode(En2, OUTPUT);
pinMode(LA, OUTPUT);
pinMode(LB, OUTPUT);
pinMode(RA, OUTPUT);
pinMode(RB, OUTPUT);
pinMode(GA, OUTPUT);
pinMode(GB, OUTPUT);
pinMode(sensor1, INPUT);
Serial.begin(9600);
digitalWrite(2,0);
digitalWrite(3,0);
digitalWrite(4,0);
digitalWrite(5,0);
```

```

digitalWrite(6,0);
digitalWrite(7,0);
digitalWrite(8,0);
digitalWrite(9,0);
digitalWrite(10,0);
digitalWrite(11,0);
digitalWrite(12,0);
digitalWrite(13,0);
digitalWrite(14,0);
flex_attach(11);
pinza_attach(10);
flex_write(EEPROM.read(2));
pinza_write(EEPROM.read(3));
}
void loop(){
  if(Serial.available()){
x=Serial.read();
if(x=='A'){
  Serial.println("cierra1");
  digitalWrite(En,0);
  for(u=0;u<100;u++){
    digitalWrite(pwm,1);
    delay(5);
  }
  digitalWrite(pwm,0);
  delay(1);
}
}

```

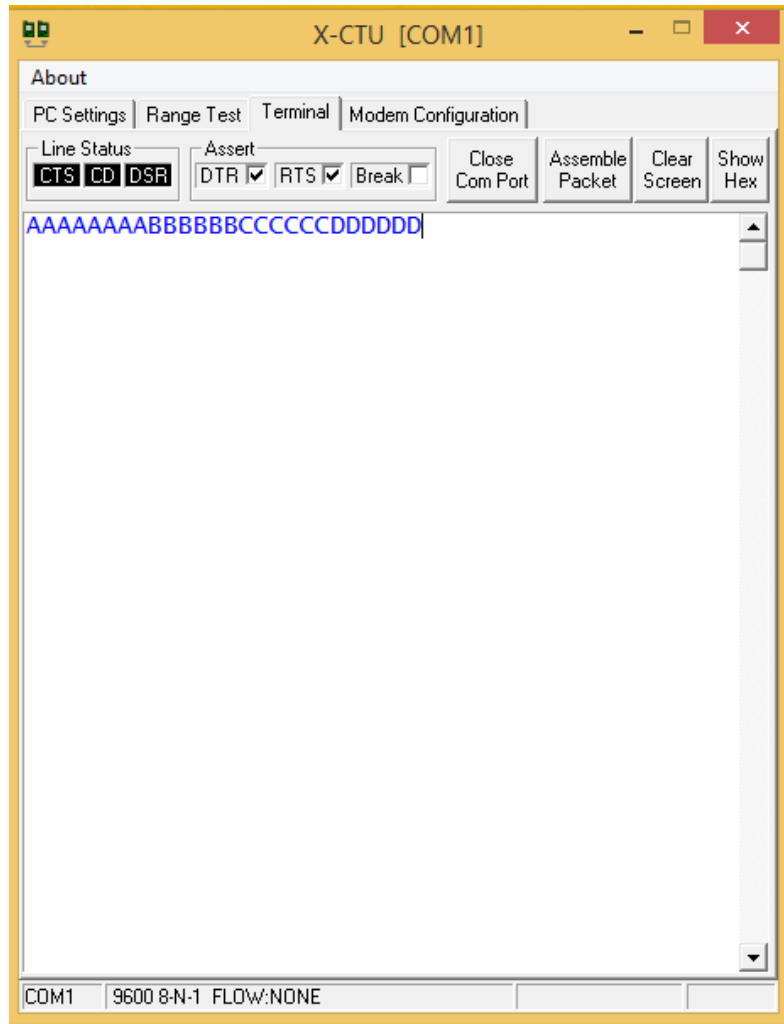
```

Serial.println("abre1");
sensorValue = analogRead(sensor1);
if(sensorValue<255){
  digitalWrite(En,1);
  for(u=0;u<100;u++){
    digitalWrite(pwm,1);
    delay(5);
  }
  digitalWrite(pwm,0);
  delay(1);
}
}
}
if(x=='C'){
  Serial.println("abre2");
  digitalWrite(En2,0);
  for(u=0;u<100;u++){
    digitalWrite(pwm2,1);
    delay(5);
  }
  digitalWrite(pwm2,0);
  delay(2);
}
}
if(x=='D'){
  Serial.println("cierra2");
  digitalWrite(En2,1);
}
}
}

```


Anexo 2: Ventana de control y configuración del XBee

Por medio del programa X-CTU, se configura los XBee de comunicación y envían los datos a través de estos para el Shield XBee y este a su vez al arduino encargado de enviar las ordenes a los elementos finales encargados de ejecutar la acción.



Anexo 3: Impresora makerbot Replicator 2X.

Impresora 3D para impresión con bioplástico ABS. Por medio de tecnología de fusión de filamento con impresión de superposición de capas de bioplástico.



Impresora MakerBot Replicator 2X

Fuente: <http://www.blauden.com/impresora-3d-bq-makerbot-replicator-2>

Nota: Imagen recortada de la fuente.