

ISBN 978-99961-50-67-8 (Impreso)
ISBN 978-99961-50-81-4 (E-Book)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE ROBOT CON TRES GRADOS
DE LIBERTAD PARA POSICIONAMIENTO
DE OBJETOS.**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. JOSÉ MANUEL TREJO PERAZA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ ORTIZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018

ISBN 978-99961-50-67-8 (Impreso)
ISBN 978-99961-50-81-4 (E-Book)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE ROBOT CON TRES GRADOS
DE LIBERTAD PARA POSICIONAMIENTO
DE OBJETOS.**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. JOSÉ MANUEL TREJO PERAZA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ ORTIZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda

Sra. Edith Aracely Cardoza

629.893 3

T787d Trejo Peraza, José Manuel, 1991 -

sv Diseño y construcción de un prototipo de robot con tres grados de libertad para posicionamiento de objetos. / José Manuel Trejo Peraza, René Mauricio Hernández Ortiz -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2018.
19 p. : 28 cm.

ISBN 978-99961-50-67-8 (impreso)

ISBN 978-99961-50-81-4 (E-Book)

1. Brazos artificiales. 2. Robots industriales.
3. Movimientos mecánicos. I. Hernández Ortiz, René Mauricio, 1962, coaut. II. Título.

Director Escuela de Ingeniería Mecatrónica

Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero

Autor

Ing. José Manuel Trejo Peraza

Coautor

Ing. René Mauricio Hernández Ortiz

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2018

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Este informe de investigación no puede ser reproducido o publicado parcial o totalmente sin previa autorización de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse a este documento se debe citar al autor. El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio web: www.itca.edu.sv

Tel: (503)2132-7423

Fax: (503)2132-7599

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
	2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
	2.2. ANTECEDENTES	5
	2.3. JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS	7
	3.1. OBJETIVO GENERAL	7
	3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4.	HIPÓTESIS	7
5.	MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
	5.1. ROBOT INDUSTRIAL	8
	5.2. CONTROL DE BRAZO ROBOT.....	10
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	11
7.	RESULTADOS.....	14
8.	CONCLUSIONES	16
9.	RECOMENDACIONES	17
10.	GLOSARIO	17
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
12.	ANEXOS.....	18
	12.1.ANEXO 1: AGRADECIMIENTOS.....	18
	12.2.ANEXO 2: SECUENCIA DE FASES DE CONSTRUCCIÓN.....	18

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los cambios tecnológicos son cada vez más rápidos, influyendo en la tecnología que la industria salvadoreña utiliza, es por ello que en ITCA-FEPADE Sede Central se diseñó y construyó un prototipo de brazo robot con tres grados de libertad que permite el posicionamiento de objetos de forma muy precisa.

Como es conocido, la industria busca elementos que le permitan hacer sus procesos más eficientes, rápidos, seguros y de calidad, es por ello que muchas empresas han optado por realizar inversiones en el área de la robótica industrial, al ser una tecnología que cada vez se vuelve más común en nuestro país, es necesario que ITCA-FEPADE como institución educativa pueda formar de forma teórica-práctica sobre los principios de funcionamiento de los brazos robot.

Es por ello que se diseñó y fabricó un brazo robot de tres ejes. Para poder realizarlo se diseñó y construyó elementos que permitieran la integración de tecnologías utilizadas en los brazos robot industriales, utilizando servo motor, drivers, un PLC electro neumático, una estructura que permite realizar movimientos de piezas de forma muy precisa, siendo así el brazo robot un elemento de práctica completo.

Con el prototipo de robot de tres grados de libertad, el usuario podrá identificar los elementos básicos que componen a un brazo robot, así como también practicar la programación para diferentes tareas que impliquen posicionamiento preciso de objetos, siendo el robot de tres grados de libertad un equipo que facilite la enseñanza de los principios de los brazos robots industriales.

Los robots de tres grados de libertad, solamente son utilizados en las universidades y en muy pocas empresas de los países desarrollados, ya que estos países prefieren utilizar robots de mayor complejidad y muchos más caros. Algunas empresas de El Salvador no tienen la suficiente capacidad económica, ni el conocimientos necesario sobre robots industriales complejos, en donde su mantenimiento es elevado. Un robot de tres grados de libertad puede mejorarla eficiencia y al mismo tiempo sistematizar los procesos.

Para referirnos a la palabra robot, se tomará la definición de la Asociación Internacional de Estándares (ISO-8373-2012) que menciona lo siguiente:

Un robot industrial es un manipulador de tres o más ejes, con control automático, reprogramable, multipropósito, móvil o no, destinado a ser utilizado en aplicaciones de automatización industrial.

Actualmente el colocar productos en una caja, en una banda transportadora, en un contenedor o en una bandeja de embalaje, requiere de personal con poca preparación, pero que disminuye su eficiencia por la fatiga de una tarea repetitiva. El utilizar medios mecánicos (neumáticos o electroneumáticos) para dichas tareas, no permite la flexibilidad, la velocidad, ni la precisión que las industrias requieren hoy en día, pero utilizar un robot que es programable puede ser una ventaja competitiva muy grande.

En El Salvador algunas compañías han empezado a utilizar robots para realizar procesos repetitivos, peligrosos y que requieren de altas velocidades de funcionamiento. Esto ha mejorado significativamente la eficiencia en las industrias en donde se ha implementado. También es común ver en universidades ciertos prototipos de brazos que simulan a los robots industriales, pero utilizando elementos no industriales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la industria salvadoreña la eficiencia de los procesos es cada vez más importante para la mejora de la productividad, es por ello que la implementación de nuevos sistemas tecnológicos es vital para lograr un crecimiento en la industria de nuestro país.

Actualmente el colocar productos en una caja, en una banda transportadora, en un contenedor o en una bandeja de embalaje, requiere de personal con poca preparación, pero que disminuye su eficiencia por la fatiga de una tarea repetitiva, el utilizar medios mecánicos (Neumáticos o electro neumáticos) para dichas tareas, no permite la flexibilidad, la velocidad ni la precisión que las industrias requieren hoy en día, pero utilizar un robot que es programable, puede ser una ventaja competitiva muy grande.

Además, es necesario para los estudiantes y las empresas contar con conocimientos teóricos y prácticos sobre robots industriales, que cada vez se vuelven más comunes en la industria.

2.2. ANTECEDENTES

Los robots de tres grados de libertad solamente son utilizados en las universidades y en muy pocas empresas de los países desarrollados, ya que estos países prefieren utilizar robots de mayor complejidad y muchos más caros. Algunas empresas de El Salvador no tienen la suficiente capacidad económica, ni el conocimiento necesario sobre robots industriales complejos, porque su mantenimiento es elevado. Un robot de tres grados de libertad puede mejorar la eficiencia y al mismo tiempo sistematizar los procesos.

Para referirnos a la palabra robot, se tomará la definición de la Asociación Internacional de Estándares (ISO-8373-2012) que menciona lo siguiente:

“Un robot Industrial es un manipulador de 3 o más ejes, con control automático, reprogramable, multipropósito, móvil o no, destinado a ser utilizado en aplicaciones de automatización industrial”.

Desde hace un tiempo, en El Salvador algunas compañías han empezado a utilizar robots para realizar procesos repetitivos, peligrosos y que requieren de altas velocidades de funcionamiento, esto ha mejorado significativamente la eficiencia en las industrias en donde se ha implementado.

También es común ver en universidades ciertos prototipos de brazos que simulan a los robots industriales, pero utilizando elementos no industriales.



Ilustración 1: Robot industrial instalado en Industria de fibrocemento.

Imagen obtenida de: elsalvador.com. (2018). Robots se abren paso en la industria de El Salvador | elsalvador.com. [online] Available at: <http://www.elsalvador.com/noticias/negocios/318027/robots-se-abren-paso-en-la-industria-de-el-salvador/> [Accessed 1 Aug. 2017].

2.3. JUSTIFICACIÓN

Ante las necesidades tecnológicas de las empresas por ser más eficientes y competitivas es necesario el implementar la robótica industrial para acelerar el crecimiento de los procesos en ciertas áreas de las industrias. ⁽¹⁾

Actualmente se pueden mencionar los principales beneficios del uso de robots en la industria:

- Eliminación de condiciones peligrosas o mejora de las condiciones de trabajo
- Reducción de costes
- Aumento de la productividad
- Mejora de la calidad en la producción

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE puede demostrar a las empresas salvadoreñas que se tiene la capacidad de construir y programar un robot de tres grados de libertad, teniendo un prototipo donde el personal de las empresas pueda entrenar en el área de la robótica industrial y al mismo tiempo estudiantes de las especialidades de mecatrónica, electrónica, mecánica y eléctrica puedan entrenarse al poseer un prototipo de robot en los laboratorios.

Ambos casos con el propósito de brindar los conocimientos necesarios para la manipulación de robot industriales de 3 ejes de libertad, abonando al uso de tecnología robótica en la industria salvadoreña.

¹ McCloy, D., Harris, D. and Chehade Durán, A. (1993). Robótica. 1st ed. México: Limusa, p.18.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de robot de tres grados de libertad para uso didáctico.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar los diferentes sistemas que conforman el robot con tres grados de libertad.
2. Construir y programar el prototipo del robot y panel de control.
3. Diseñar guías didácticas en uso de brazo robot de tres grados de libertad

4. HIPÓTESIS

La construcción de un robot de tres grados de libertad para posicionamiento de objetos en ITCA-FEPADE, es un medio eficaz para entrenar a personas sobre robótica industrial, así como para mejorar la productividad en procesos de pick and place.

5. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

⁽²⁾ La robótica tiene su origen en la inquietud que a lo largo de los tiempos ha existido en el hombre por crear reproducciones de sí mismo y de otros seres vivos.

Ante la necesidad de resolver y mejorar los procesos mecánicos el hombre ha ido creando las herramientas tecnológicas necesarias para la solución de los problemas, así como lo menciona ⁽³⁾McCloy en 1984 “La tecnología amplía el potencial humano”, siendo así la creación de robots para que realicen las tareas que no pueden hacerse por los hombres.

⁽⁴⁾ En la actualidad, la robótica ocupa un lugar importante en muchas actividades productivas y de entretenimiento. En la automatización industrial, se usa en tareas repetitivas logrando grandes volúmenes de producción, en la programación selectiva de actividades para lograr volúmenes pequeños de producción, pero de una variedad importante de productos y para generar diferentes cadenas de producción con la finalidad de lograr productos complejos en poco tiempo, comparado contra una mano de obra calificada.

² Rentería, A. and Rivas, M. (2000). Robótica industrial. 1st ed. Madrid: McGraw-Hill, p.2

³ McCloy, D., Harris, D. and Chehade Durán, A. (1993). Robótica. 1st ed. México: Limusa, p.18.

⁴ Steren. Abc de la mecatrónica.

5.1. ROBOT INDUSTRIAL

Los robots pueden clasificarse por su uso en tres grandes familias:

1. Industriales
2. No industriales
3. Usos Especiales

La investigación solo se enfocará en los robots industriales.

Para la Organización Internacional de Estandarización (ISO), un robot es un manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

También la Federación Internacional de robótica (IFR) define un robot industrial como una máquina de manipulación automática programable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la realización de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea una posición fija o en movimientos.

Morfología de un robot (Configuraciones típicas de las articulaciones)

Dependiendo de la tarea que se quiere realizar con el robot industrial, así es su morfología, para ello se define como ⁽⁵⁾ articulación a los elementos de unión entre los ejes del robot, y es en ellas donde se origina el movimiento del mismo



Ilustración 2: Morfología de un robot y tipos de articulaciones. Imagen obtenida de

Platea.pntic.mec.es. (2018). Morfología. [online] Available at:

http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/morfologia.htm#articulaciones [Accessed 20 Aug. 2017].

A cada movimiento independiente que es capaz de realizar una articulación se le denomina GDL (Grado de libertad), los grados de libertad de un robot es el número de movimientos independientes que puede realizar. Considerando un espacio 3D, el máximo GDL es seis, tres desplazamientos y tres giros.

⁵ Rentería, A. and Rivas, M. (2000). Robótica industrial. 1st ed. Madrid: McGraw-Hill, p.17

Los ejes se dividen en dos grupos:

- 1.- Ejes Principales (1,2 y 3) los cuales se encargan de la posición del objeto
- 2.- Ejes de la muñeca (del 4 en adelante) los cuales son los responsables de la orientación

Configuraciones de los ejes principales

La estructura mecánica y tipo de robot está determinada por el tipo de las 3 primeras articulaciones (rotacional, planar, prismática, esférica, cilíndrica o tornillo) estas le confieren una determinada configuración a los 3 ejes principales, los cuales determinan la posición de la herramienta en el espacio y también el tipo de coordenadas con las que se determina esta posición o localización. Según esto, tenemos los siguientes ⁶ tipos básicos de robots: cartesiano, cilíndrico, polar o esférico, SCARA y angular o antropomórfico.

- **Robot cartesiano:** Utiliza tres ejes de movimiento lineal (Articulación prismática o lineal) perpendiculares entre sí. Esta configuración da lugar a robots de alta precisión, con precisión, velocidad y capacidad de carga constante en todo su alcance, gran capacidad de carga, amplia zona de trabajo y simplificación del sistema de control. En comparación con las configuraciones que incluyen articulaciones de rotación, presentan una mala relación entre su volumen de trabajo y el espacio que ocupan en planta.
- **Robot Cilíndrico:** Cuando el brazo de un robot tiene una articulación de Rotación y dos prismáticas, es decir, si la primera articulación prismática del tipo cartesiano, es reemplazada por una articulación de rotación con su eje girado 90° respecto al eje z, los puntos que puede alcanzar pueden ser convenientemente especificados con coordenadas cilíndricas, es decir, ángulo β , altura y radio z. Un robot con este tipo de brazo se denomina robot cilíndrico, cuyo brazo se mueve por medio de β y z, es decir, tiene una rotación de base, una elevación y un alcance, respectivamente. Puesto que las coordenadas del brazo pueden asumir cualquiera de los valores entre los límites superior e inferior especificados, su efector final puede moverse en un volumen limitado, que es una sección de corte dentro del espacio entre los dos cilindros concéntricos
- **Polar o esférico:** Cuando el brazo de un robot es capaz de cambiar su configuración moviendo sus dos articulaciones de revoluta y su articulación prismática, es decir, cuando la segunda articulación prismática a lo largo de la altura y del tipo cilíndrico es reemplazada por una articulación de revoluta con su eje girado 90° respecto al eje z, se denomina brazo de robot esférico o polar; la posición del brazo se describe convenientemente por medio de las coordenadas esféricas q , f y z ; el brazo se muestra en la figura 9. Los movimientos del brazo representan la rotación de la base, los ángulos de elevación y el alcance, respectivamente. Su volumen de trabajo es indicado en la figura 8
- **Robot Scara:** - Es un robot con dos articulaciones R y una P, con las dos R se controla la posición respecto al plano X-Y y con la P la coordenada Z. Es rápido, barato y preciso, pero solo tiene accesibilidad a zonas de trabajo que estén en planos perpendiculares a su eje vertical. Se emplea fundamentalmente en operaciones de ensamblado o inserción de componentes electrónicos y en

⁶ McCloy, D., Harris, D. and Chehade Durán, A. (1993). Robótica. 1st ed. México: Limusa, p.24-27.

otros trabajos similares. Es originario de Japón y es allí donde más se emplea, su inconveniente inicial era la potencia de cálculo necesaria para determinar posiciones por combinación de giros, pero este problema se ha resuelto para este y otros robots, gracias al desarrollo de los microprocesadores.

- **Robot angular o antropomórfico:** Tiene sus tres principales articulaciones de tipo R, (y también las restantes), con lo cual emplea las coordenadas angulares para determinar las posiciones de su elemento terminal. Se llama antropomórfico por que simula los movimientos de un brazo humano, el primer eje se corresponde con el cuerpo, el segundo con el brazo, el tercero con el antebrazo y el resto de con la muñeca-mano; la primera articulación se corresponde con el giro de la cintura, la segunda con el del hombro, la tercera con el del codo y el resto están en la muñeca. (Ilustración 3)

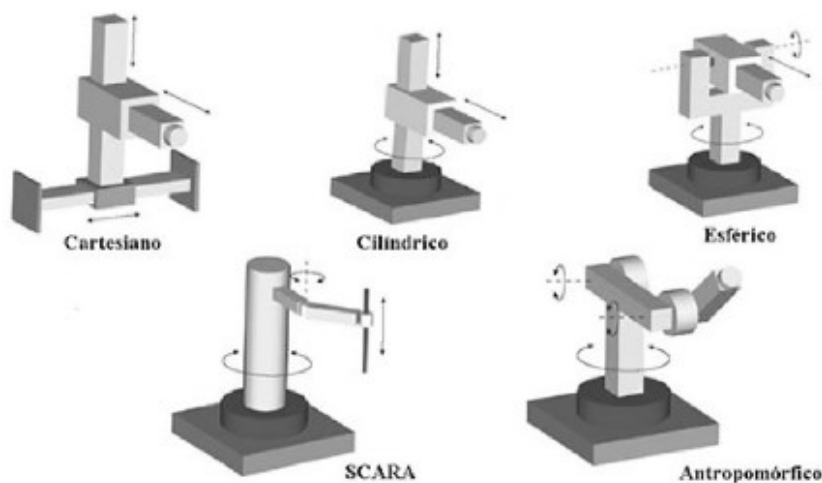


Ilustración 3: Configuración de Robots imagen obtenida de Cortés, F. (2013). *Robótica*. México: Alfaomega Grupo Editor.

5.2. CONTROL DE BRAZO ROBOT

Para controlar el brazo robot de forma efectiva se necesita un sistema de control, el cual es programado para realizar una determinada rutina, para ello se utiliza un sistema de servo posicionamiento, el cual está compuesto por:

- Servomotor
- Controlador de Servomotor
- Controlador lógico programable

Servomotor: ⁷Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora (engranes) y un circuito de control.

⁷ Trashorras Montecelos, J. (2016). *Sistemas eléctricos en centrales*. [Madrid]: Paraninfo, p.163.

Controlador: El controlador entrega el comando al servo sobre la posición, velocidad o torque, o bien una combinación de las tres variables que se requiere y el servo ejecuta el comando y opcionalmente le entrega el valor obtenido. Los comandos pueden enviarse al servo mediante señales análogas, de pulso o vía puerta de comunicación.

Controlador lógico programable: ⁸ son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se describe la metodología utilizada para el diseño y construcción del prototipo de robot de tres grados de libertad

1) Investigación de la Historia de los Robots:

Este paso permitió conocer El origen de la palabra robot y sus implicaciones, obteniendo una idea clara de lo que se buscaba diseñar y construir.

⁹La palabra Robot se remonta a comienzos del siglo XIX. El dramaturgo Karel Capek utilizó por primera vez este término en su obra satírica Rossum's Universal Robots en donde describe al robot como una máquina que sustituye a los seres humanos para ejecutar tareas sin descanso.

¹⁰En checo, idioma original de la obra, el término 'robot' significa trabajo tedioso. Para efectos de definición se utilizará la adoptada por el Robot Institute of America (RIA):

¹¹Un robot es manipulador multifuncional reprogramable diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimiento programados para la ejecución de una variedad de tareas.

2) Investigación de Tipos de Brazos Robot:

El primer paso fue establecer qué tipo de brazo robot se iba a diseñar, para ello se utilizó la clasificación de robot por su uso en tres grandes familias:

1. Industriales
2. No industriales

⁸ Balcells, J. and Romeral, J. (2003). Autómatas programables. Barcelona: Marcombo-Boixareu, p.44.

⁹ Cortés, F. (2013). Robótica. México: Alfaomega Grupo Editor, p.37.

¹⁰ Zabala, G. (2007). Robótica. Buenos Aires: Gradi, p.17.

¹¹ Cortés, F. (2013). Robótica. México: Alfaomega Grupo Editor, p.4.

3. Usos Especiales

En el caso específico de la investigación se enfocó en los robots industriales, la cual es definida por la Organización Internacional de Estándares (ISO) como:

Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

El segundo paso era definir la estructura mecánica de robot a construir, esto facilita identificar el tipo de estructura mecánica para el movimiento del brazo robot, las cuales se muestran en la figura 3

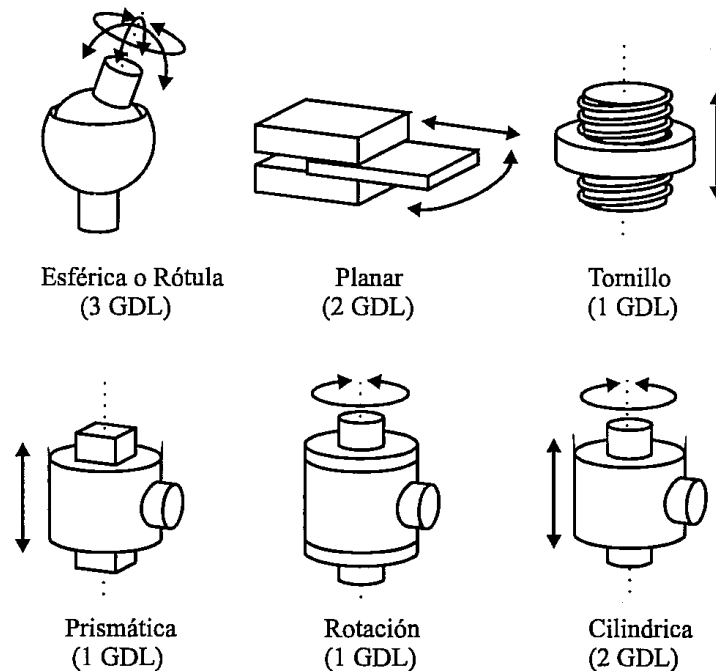


Ilustración 4: Tipos de articulación de Robots, Imagen tomada Barrientos, A. (2005). Fundamentos de Robótica. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.

En tercer lugar, se tenía que definir qué tipo de Morfología tendría el brazo el robot, para ello es necesario definir el siguiente concepto:

¹²Grado de Libertad (GDL): Es cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. La estructura mecánica y tipo de robot está determinada por el tipo de las 3 Primeras Articulaciones (Rotacional, planar, prismática, esférica, cilíndrica o tornillo) estas les confieren una determinada configuración a los 3 ejes principales, los cuales determinan la posición de la herramienta en el espacio y también el tipo de coordenadas con las que se determina esta posición o localización. Según esto, tenemos los siguientes 6 tipos básicos de robots: cartesiano, cilíndrico, polar o

¹² Barrientos, A. (2005). Fundamentos de Robótica. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, p.17.

esférico, SCARA y angular o antropomórfico.

En cuarto lugar, se investigaron los diferentes elementos que servirían para dar movimiento al brazo de tres grados de libertad, para ello se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Precisión del brazo
- Tipo de control
- Zona de trabajo
- Capacidad de carga
- Tipo de transmisión
- Tipo de herramienta de sujeción

En quinto lugar, se visitó una empresa que utiliza un brazo robot industrial con el objetivo de ver su funcionamiento y los diferentes elementos que lo componen, dicho robot industrial es utilizado para realizar un proceso de soldadura en su línea de producción, mostrando la importancia del robot en tareas repetitivas y con alto grado de precisión.

- 3) **Diseño:** en esta etapa que contemplaron factores como la morfología, los grados de libertad y el uso del brazo robot, buscando que fueran factibles de realizar desde el ámbito material y operacional. Por lo que se optó por realizar un robot de Tres grados de libertad para posicionamiento de objetos, siendo el robot tipo SCARA (Selective Compliant Articulated Robot Arm) el que más se adapta a las funciones requeridas. ¹³Siendo un robot SCARA un robot con dos articulaciones R y una P, con las dos R se controla la posición respecto al plano X-Y y con la P la coordenada Z. Es rápido, barato y preciso, pero solo tiene accesibilidad a zonas de trabajo que estén en planos perpendiculares a su eje vertical. Se emplea fundamentalmente en operaciones de ensamblado, traslado e inserción de componentes electrónicos y en otros trabajos similares.

Para el diseño se utilizó un software de diseño mecánico, en el cual se diseñó el brazo con todos los componentes necesarios para realizar tareas de posicionamiento de objetos.

A continuación, se muestra las diferentes etapas del diseño (Ilustración 5):

¹³ McCloy, D., Harris, D. and Chegade Durán, A. (1993). Robótica. 1st ed. México: Limusa, p.24-27.

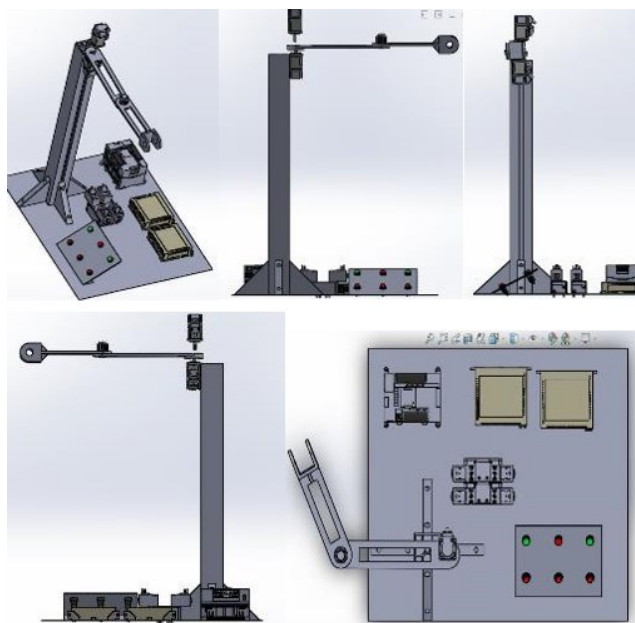


Ilustración 5: Diseño de robot de tres grados de libertad

Utilizando las funcionalidades del Software se simulaban los movimientos del diseño hasta obtener un funcionamiento acorde al esperado.

4) Etapa de construcción: Al tener el diseño funcional se procedió a la construcción del diseño.

En esta etapa se planifico el orden de fabricación de las piezas acorde a su complejidad de fabricación, y los materiales disponibles.

En todo el proceso de fabricación se utilizaron medidas de higiene y seguridad industrial.



Ilustración 6: Construcción de robot de tres grados de libertad

7. RESULTADOS

Se diseñó el prototipo en software de diseño mecánico que permitió antes de construir el brazo robot verificar el comportamiento mecánico de la estructura diseñada, realizando una articulación planar de dos grados de libertad que se encarga de distribuir el peso del brazo, permitiendo un ahorro de tiempo considerable en su construcción, con el software también se logró un diseño en equilibrio mecánico entre

todo el brazo, disminuyendo las cargas axiales en los ejes de los servomotores y facilitando el movimiento del brazo.

Un prototipo funcional de robot de tres grados de libertad que permite identificar las partes principales de un brazo robot industrial.

Un sistema de control de lazo cerrado que permite al brazo robot de tres grados de libertad un movimiento preciso y exacto, facilitando el traslado de objetos

Un sistema capaz de ser reprogramado para diferentes secuencias de funcionamiento, desde secuencias básicas hasta secuencias complejas de programación con el fin de facilitar el aprendizaje de los principios de un brazo robot industrial para posicionamiento de objetos, en el cual incluye elementos como Servomotores, controladores lógicos programables y elementos electroneumáticos. (Ilustración 7)

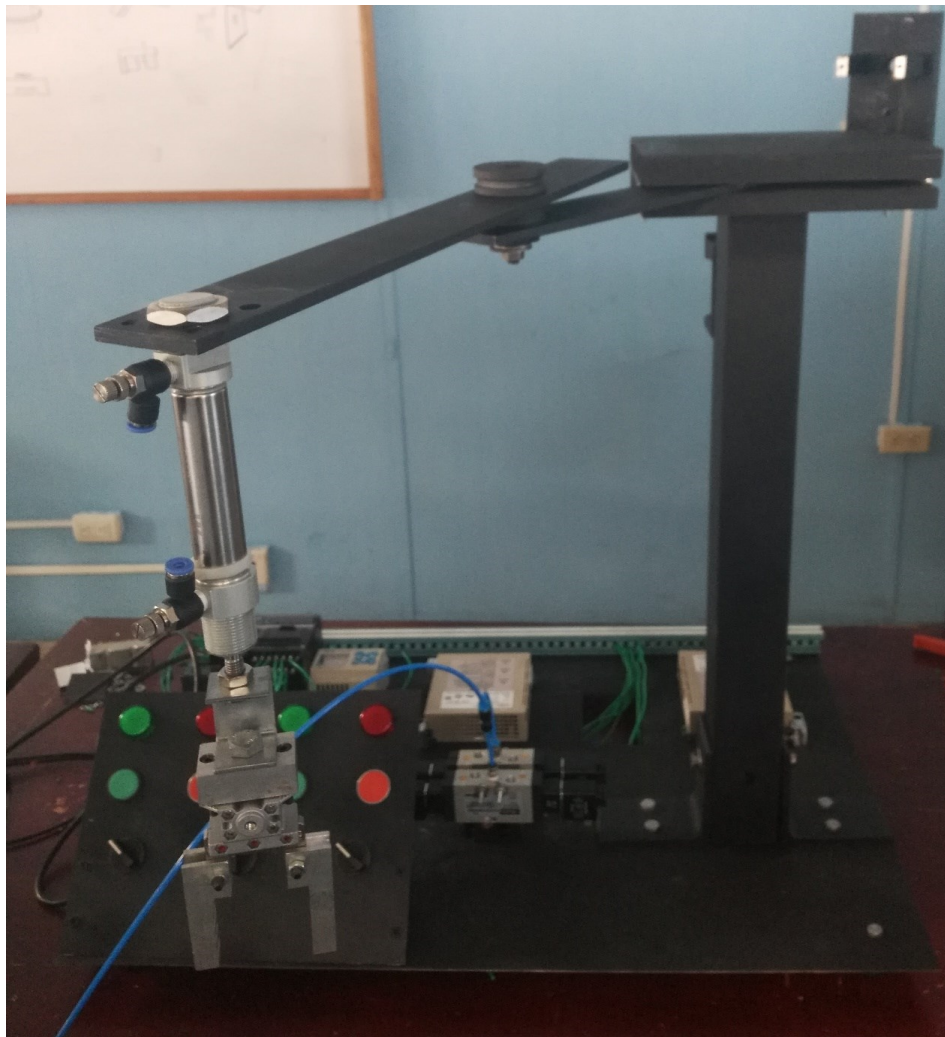




Ilustración 7: Robot de tres grados de libertad

8. CONCLUSIONES

Ante las necesidades tecnológicas de las empresas por ser más eficientes y competitivas es necesario el implementar la robótica industrial para acelerar el crecimiento de los procesos en ciertas áreas de las industrias. Desde hace un par de años atrás, en El Salvador algunas compañías han empezado a utilizar robots para realizar procesos repetitivos, peligrosos y que requieren de altas velocidades de funcionamiento, esto ha mejorado significativamente la eficiencia en las industrias en donde se ha implementado.

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE puede demostrar a las empresas salvadoreñas que se tiene la capacidad de construir y programar un robot de tres grados de libertad, teniendo un prototipo donde el personal de las empresas pueda entrenar en el área de la robótica industrial y programación. Al mismo tiempo estudiantes de las especialidades de mecatrónica, electrónica, mecánica y eléctrica puedan entrenarse al poseer un prototipo de robot de tres grados de libertad para posicionamiento de objetos. Ambos casos con el propósito de brindar los conocimientos necesarios para la manipulación de robot industriales de 3 ejes de libertad, abonando al uso de tecnología robótica en la industria salvadoreña y a los estudiantes de ITCA-FEPADE.

9. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones significativas en el diseño del robot de tres grados de libertad son las siguientes:

1. Utilizar software de diseño mecánico, que permita probar las diferentes configuraciones mecánicas hasta obtener el funcionamiento óptimo del sistema, ahorrando tiempo y material en la construcción.
2. Para una mayor precisión en las piezas del robot de tres grados de libertad, se puede utilizar tecnología de fabricación CNC para mejorar la precisión de las piezas y así mismo lograr un movimiento con más exactitud y precisión.
3. Para tener una mayor cantidad de piezas que el robot de tres grados de libertad pueda mover, se necesitan diseñar diferentes herramientas de sujeción, permitiendo al robot adaptarse según sea la pieza a mover.

10. GLOSARIO

1. **Servomotor:** contiene en su interior un encoder y un amplificador (driver) que en su conjunto forman un circuito realimentado para comandar posición, torque y velocidad
2. **Sensor:** Dispositivo que detecta un fenómeno físico y lo transforma en una señal eléctrica equivalente que se transmite a un dispositivo de control para determinar o modificar el movimiento.
3. **PLC:** Controlador Lógico Programable, utilizado para el control de secuencias industriales.
4. **SCARA:** acrónimo que responde por sus siglas en inglés a Selective Compliant Assembly Robot Arm o Selective Compliant Articulated Robot Arm

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cegarra Sánchez, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica. 1st ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
2. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. and Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. 1st ed. México: McGraw-Hill.
3. McCloy, D., Harris, D. and Che hade Duran, A. (1993). Robótica. 1st ed. México: Limusa,
4. -Rentería, A. and Rivas, M. (2000). Robótica industrial. 1st ed. Madrid: McGraw-Hill, p.2-85
5. -Saha, S., Aguirre Aguilarm Jorge Eduardo, Sandoval Palafox, F. and Bartenbach, T. (2010).
6. -Introducción a la robótica. 1st ed. México, McGraw-Hill/Interamericana.
7. -Trashorras Montecelos, J. (2016). Sistemas eléctricos en centrales. [Madrid]: Paraninfo,

8. -Balcells, J. and Romeral, J. (2003). Autómatas programables. Barcelona: Marcombo-Boixareu.
9. -Cortés, F. (2013). Robótica. México: Alfaomega Grupo Editor
10. -Zabala, G. (2007). Robótica. Buenos Aires: Gradi

12. ANEXOS

12.1. ANEXO 1: AGRADECIMIENTOS

Se agradece al equipo de Trabajo compuesto por los siguientes estudiantes de Ingeniería Mecatrónica:

Carlos Alfredo Arce Argueta, Rene Alonso Franco Quezada, Francisco José Rodríguez Torres, Juan Fernando Quintanilla Jacobo, Rolando Alexander Valle Cáceres, Irvin Daniel Arias García

Por sus aportes, su participación y esmero en todas las etapas del proyecto.

También se agradece a ITCA-FEPADE por el apoyo y recursos brindados para el desarrollo del proyecto

12.2. ANEXO 2: SECUENCIA DE FASES DE CONSTRUCCIÓN





VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.

VALORES

EXCELENCIA: *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

INTEGRIDAD: *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

ESPIRITUALIDAD: *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

COOPERACIÓN: *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

COMUNICACIÓN: *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400
Fax: (503) 2132-7599

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348
Tel./Fax: (503) 2440-3183

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y
(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298
Fax: (503) 2669-0061