



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**AHORRO ENERGÉTICO EN UN EFECTOR FINAL MAGNÉTICO POR MEDIO DE ATTINY85**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21541229 KEVIN JAHED VILLACORTA LEMUS.**

**ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA**

**JUNIO, 2020**

**DERECHOS DE AUTOR**

©Copyright 2020

**KEVIN JAHED VILLACORTA LEMUS**

Todos los derechos son reservados

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

Primeramente, le dedico a Dios por darme la oportunidad de estudiar y ahora lograr culminar con mis estudios universitarios, ya que me ayudo a superar los retos que se me presentaron siendo un estudiante.

De igual manera, a mi madre Oneyda Lemus Sagastume que ha sido un apoyo incondicional económicamente y emocionalmente, ella sola ha logrado sacarme adelante dándome los mejores consejos y motivación para seguir día a día, siendo ella un gran ejemplo a seguir como persona.

De igual manera a mis compañeros y nuevos amigos que he conocido en el tiempo que he estudiado que me han brindado su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, le agradezco a Dios, ya que sin Dios no somos nada, es quien me ha guiado por el mejor camino, dándome sabiduría, entendimiento y además fortaleza para poder afrontar y superar las adversidades que se me han presentado en el camino.

Doy gracias a mi madre ya que ella es quien me ha ayudado en cada etapa de mi vida y sin su apoyo incondicional no tendría la posibilidad de lograr cumplir mis metas, ella siempre ha estado presente para mí en cada paso que he dado, apoyándome y animándome a seguir adelante sin importar las dificultades que se puedan presentar en el camino.

A mi hermana que ha estado para mí en todos los momentos que he necesitado, de igual manera apoyándome y motivándome, ellas han sido de mucha ayuda para mi vida, son con quienes puedo confiar incondicionalmente.

Estoy agradecido en gran manera, con cada catedrático que me ha compartido sus conocimientos, mostrando interés para que pudiera aprender, gracias a estas grandes personas, que nos motivan y nos enseñan.

## RESUMEN EJECUTIVO

La robótica avanza más y más con el pasar del tiempo, creando nuevas oportunidades de mejora en los diferentes rubros de la tecnología, los efectores finales son los que realizan el trabajo y tienen contacto con los objetos a manipular. Como objetivo tenemos diseñar y crear un efector final magnético, este podrá controlar el consumo de energía y la fuerza de sujeción, esto dependerá de las necesidades que se presenten, para esto se utiliza una señal PWM que es suministrada por un microprocesador Attiny85. Para crear este proyecto se consideró utilizar la metodología en V, sus variables independientes son el consumo energético y la fuerza de sujeción y la variable dependiente, es la eficiencia del efector final magnético, como resultado obtuvimos un efector final magnético para un brazo robótico Viper 650, este puede variar su voltaje y corriente dependiendo de las necesidades de sujeción.

Una vez finalizado se realizaron las pruebas de consumo, se logró disminuir el consumo hasta en un 95%, esto para la sujeción de un clavo de 2.6g. suministrando un voltaje de 0.6 V, obteniendo un consumo de tan solo 0.0075 Watts, además de eso se tuvo la oportunidad de probar el efector final magnético inteligente en un robot cobra, demostrando su funcionalidad.

Palabras clave — La robótica, efectores finales magnéticos, control de consumo energético

## **ABSTRACT**

Robotics advances more and more with the passing of time, creating new opportunities for improvement in the different areas of technology. The final effectors are those who perform the work and have contact with the objects to be manipulated. As an objective we have to design and create a magnetic end effector, this will be able to control the energy consumption and the holding force, this will depend on the needs that are presented, for this a PWM signal is used that is supplied by a microprocessor Attiny85. To create this project was considered using the V methodology, its independent variables are energy consumption and clamping force and the dependent variable is the efficiency of the magnetic end-effector, as a result we obtained a magnetic end-effector for a Viper 650 robotic arm, this can vary its voltage and current depending on the needs of holding.

Once finished the consumption tests were made, it was possible to diminish the consumption up to 95%, this for the subjection of a nail of 2.6g. supplying a voltage of 0.6 V, obtaining a consumption of only 0.0075 Watts, besides that it was had the opportunity to test the intelligent magnetic final effectors in a cobra robot, demonstrating its functionality.

Keywords— Robotics, magnetic end effectors, energy consumption control

# Índice de Contenido

Índice de Ilustraciones .....	XIII
I. Índice de Ecuaciones.....	XIV
II. Índice de tablas.....	XV
I. Introducción .....	1
II. Planteamiento del problema.....	3
2.1. Precedentes del problema.....	3
2.1.2 Historia de los robots.....	4
2.2. Definición del problema .....	5
2.3. Justificación.....	6
2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
III. Marco Teórico .....	8
3.1 Robótica.....	8
3.1.1 Tipos de robots.....	8
3.1.2 Robots móviles.....	9
3.1.3 ECOBRA.....	9
3.1.4 Viper 650 .....	10
3.2 Principales características de los robots .....	11
3.3 Pick and place.....	11
3.3.1 Tipos de robot pick and place.....	12
3.3.2 Robot articulado LR Mate 200iD/14L de:.....	12

3.3.3	Robot SCARA FAST:.....	12
3.3.4	Robot articulado KR QUANTEC ultra K.....	13
3.4	Efectores finales.....	13
3.4.1	Tipos de efectores finales.....	14
3.4.2	Efector final modular para procedimientos MIS.....	15
3.4.3	Herramienta efectora para escribir.....	15
3.4.4	Manipulador de carga y descarga para piezas de eje.....	15
3.4.5	Pulido robótico.....	16
3.4.6	Un novedoso efector final para el pulido compatible con robótica.....	17
3.4.7	Efectores finales especiales para robot de primeros auxilios.....	18
3.4.8	Diseño y análisis de fuerza del robot efector final de un instrumento laparoscópico.....	19
3.4.9	Estimación de inercia del efector final de robot para diestro agarre de objetos.....	19
3.4.10	Desarrollo de un novedoso efector final para una misión de repostaje robótica en órbita.....	20
3.4.11	Diseño de efectos finales para una planta de automatización química.....	21
3.4.12	Un diseño efector final activo para la recolección de frutas.....	22
3.4.13	Diseño de un efector final integrado de pies y manos para robots de piernas múltiples.....	23
3.4.14	Desarrollo de efectores finales robóticos para la tarea de inserción en la formación de mangueras de goma.....	24
3.4.15	Diseño y validación de un efector final robótico reconfigurable.....	24
3.4.16	Comparación y estimación de la fuerza de reacción del efector final del manipulador.....	25



3.4.17	El manipulador de imán de actuador esférico: Un efector final robótico de imán permanente .....	26
3.4.18	investigación sobre tecnologías clave de herramientas eléctricas magnéticas 27	
3.4.19	Cómo la precisión absoluta del efector final juega un papel en la industria 4.0 28	
3.4.20	Control y modelado de un efector final en un sistema macro-mini manipulador para aplicaciones industriales.....	29
3.4.21	Método para evitar colisiones para efectores finales de robots industriales con espacios de trabajo superpuestos.....	30
3.4.22	Procedimiento para la definición de orientación del efector final en aplicaciones de robot de superficies planas .....	31
3.5	Un enfoque novedoso del uso de un sensor de posición inductivo plano para la aplicación de control de motor síncrono de imán permanente .....	32
3.5.1	Attiny85 y Arduino.....	32
3.5.2	Electroimanes.....	33
3.6	Energía en los efectores finales.....	33
3.6.1	Optimización de manipulabilidad y consumo eléctrico mediante el Algoritmo Heurístico de Kalman en manipuladores seriales .....	33
3.6.2	Sistema de control de velocidad adaptativo para efectores finales de manipuladores multienlace .....	34
3.6.3	Minimizando el consumo de energía para el movimiento del brazo robot....	35
3.6.4	Eficiencia energética en el brazo robótico utilizando algoritmo genético.....	36
3.6.5	Análisis del consumo energético de robots industriales. ....	37
3.7	¿Qué es la automatización industrial?.....	38

3.7.1	Automatización a Autonomía .....	38
3.7.1	Influencia de la cultura, la transparencia, la confianza y el grado de automatización en el uso de la automatización .....	40
3.7.2	Un sistema de automatización a bajo costo y escalado para la educación en automatización industrial .....	41
IV.	Metodología .....	42
4.1	Enfoque .....	42
4.2	Variables de investigación .....	42
4.3	Técnicas e instrumentos aplicados .....	43
4.4	Materiales .....	43
4.5	Metodología de estudio .....	43
4.6	Efactor final magnético .....	44
4.6.1	Nivel de sistemas .....	44
4.6.2	Niveles de subsistemas .....	44
4.6.3	Subsistema de programación .....	46
4.6.4	Integración de los materiales .....	47
4.6.5	Resultado del prototipo .....	47
4.7	Metodología de validación .....	47
4.8	Cambios al efector final magnético .....	48
4.8.1	Nivel de sistemas mejorados .....	48
4.8.2	Niveles de subsistemas mejorados .....	48
4.8.3	Nueva integración de los materiales .....	49
4.8.4	Resultado del prototipo obtenido .....	50
4.9	Metodología de validación .....	50

4.10 Cronograma de actividades.....	51
V. Análisis y resultado .....	52
5.1 Análisis de sustento del marco teórico .....	52
5.2 Pruebas en SolidWoks .....	55
5.3 Prueba de golpe .....	58
5.4 La superficie de contacto .....	61
5.5 Placa primer prototipo .....	63
5.6 Placa Segundo Prototipo .....	64
5.7 Automation Control Environment ACE .....	66
5.8 Pruebas de consumo.....	69
5.9 Tabla de costos .....	74
6. Conclusiones .....	76
7. Recomendaciones .....	77
8. Bibliografía .....	78

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Leonardo da Vinci .....	7
Ilustración 2. Diseño basado en robot viper 650 de Omron.....	9
Ilustración 3 Efecto final de pulido.....	6
Ilustración 4 Efecto final recolector de frutas.....	22
Ilustración 5. Efecto final magnético.....	26
Ilustración 6. Variables de la investigación. ....	41
Ilustración 7. Estructura de control de efecto final.....	45
Ilustración 8. Cronograma de actividades.....	47
Ilustración 9. Estrés de efecto sometido a 24 libras fuerza. ....	53
Ilustración 10. Desplazamiento de efecto sometido a 24 libras fuerza .....	54
Ilustración 11. Estrés de efecto sometido a un golpe de 150 libras fuerza. ....	55
Ilustración 12. Desplazamiento de efecto sometido a un golpe de 150 libras fuerza.....	56
Ilustración 13. Efecto final magnético inteligente .....	57
Ilustración 14. Fuerza de sujeción con respecto a entrehierro de materiales ferrosos.....	58
Ilustración 15. Fuerza de sujeción con respecto a espesor de materiales ferrosos.....	58
Ilustración 16. Diagrama de placa.....	59
Ilustración 17. Placa para impresión.....	60
Ilustración 18. Diagrama de placa segundo protitopo.....	64
Ilustración 19. Placa para impresión segundo protitopo.....	65
Ilustración 20. Efecto final magnético en Cobra 650 ACE.....	66
Ilustración 21. Efecto final magnético en viper 650 ACE.....	67
Ilustración 22. Efecto final magnético en Cobra.....	68
Ilustración 23. Grafica de los pesos de objetos.....	70
Ilustración 24. Grafica de potencia instantanea inicial de los objetos.....	70
Ilustración 25. Grafica de pesos vs potencia instantanea.....	72
Ilustración 26. Grafica de potencia instantanea final de los objetos.....	72

## I. ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuacion de grafica de peso .....	64
Ecuación 2. Ecuacion de grafica de pesos versus el consumo energetico. ....	65
Ecuación 3 Ecuacion de grafica de consumo energetico. ....	66

## II. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. TABLA COMPARATIVA DE LOS MICROPROCESADORES.....	48
Tabla 2. TABLA COMPARATIVA DE LOS SENSORES DE DETECCION.....	49
Tabla 3. TABLA COMPARATIVA DE ELECTROIMANES .....	50
Tabla 4. TABLA COMPARATIVA DE LOS INTERRUPTORES.....	50
Tabla 5. INFORMACION SOBRE OBJETOS A SUJETAR POR ELECTROIMAN .....	63
Tabla 6. INFORMACION SOBRE OBJETOS A SUJETAR POR ELECTROIMAN ACTUALIZADA.	65
Tabla 7. PRUEBAS REALIZADAS EN ROBOT COBRA.....	67
Tabla 8. TABLA DE COSTOS.....	69

## I. INTRODUCCIÓN

Mucha de la energía consumida en el mundo corresponde a energía producida por combustibles fósiles, esta tiene un alto costo y daña el medio ambiente, muchas empresas utilizan robots para sus procesos, en las líneas de producción para aumentar la productividad y eficiencia, pero esto genera altos consumos de energía, las empresas siempre han tratado de aminorar el consumo, los robots utilizan efectores finales que son los que tienen el contacto con el exterior, los fabricantes de robots buscan soluciones para disminuir el consumo en sus robots y efectores finales, por esta razón se ha decidido diseñar un efector final magnético que sea eficiente en el consumo energético, utilizando solo la energía justa, dependiendo de la necesidad.

En el planteamiento del problema. Esta es la descripción concisa del problema que debe abordarse o la condición que necesita ser mejorada, en este capítulo se miran los precedentes del problema, que son los problemas actuales, que llevaron a obtener la idea para realizar el proyecto, estos problemas van desde altos consumo energético hasta el daño en el medio ambiente, después se miran las definición exacta del problema, denotando la importancia de los robots en la industria, para luego obtener la justificación, que es donde miramos porque es viable crear este proyecto.

Marco teórico. Aquí es donde se recaba información para lograr los conocimientos necesarios para lograr la creación del prototipo y así lograr una resolución del problema, se observan los conocimientos necesarios, así como entrar un poco más a fondo sobre la robótica, un poco sobre los robots que utilizan este tipo de herramientas, y ejemplos de otras herramientas parecidas a esta que se han diseñado y han funcionado, conocer como otras personas han aminorado el consumo energético en sus robots y efectores finales, y también como se pueden evitar golpes cuando se tienen múltiples robots trabajando en una misma línea de producción.

La metodología. En este capítulo se plantea una forma planificada de cómo se desarrollará el problema, siguiendo lineamientos para evitar tener problemas, se definen las variables,

las herramientas utilizadas, y todos los componentes que se utilizaran para el desarrollo del proyecto, y así lograr un proyecto en el menor tiempo posible sin errores.

Análisis y resultado. Una vez culminado el proyecto se realizan pruebas del efector final magnético, pruebas de consumo, pruebas de sujeción, pruebas de golpes, además se realizan una prueba en un robot cobra, y así poder observar los resultados de estas pruebas, de esta manera se determina si el proyecto es viable y si funciona de manera óptima.

Las conclusiones. En este capítulo se tiene presente los resultados que se obtienen en las pruebas, y se dan las conclusiones, teniendo en cuenta los objetivos que se marcaron al principio del proyecto.



## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El objetivo principal es el ahorro energético en los efectores finales, ya que en muchas empresas industrializadas los robots son de mucha utilidad debido a su eficiencia y rendimiento, muchos de ellos son utilizados en las líneas de producción donde es muy notable su alto consumo de energía para las empresas que los utilizan y una solución ayudaría no solo a las empresas que los utilizan si no que ayudaría al medio ambiente con el ahorro de la energía que es la causante de los cambios climáticos en el mundo.

### **2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

Conforme se va evolucionando y las ciudades van creciendo más y más, la demanda energética también ha crecido mucho y continúa creciendo, teniendo en cuenta que la mayoría de esta energía es a base de combustibles fósiles. En realidad, es muy productiva, pero también es muy perjudicial, lo que ha llevado a la situación actual en la que se puede encontrar en estos momentos, un ambiente que depende mucho de la energía y un planeta con un alto nivel de contaminación.

El 86,5% de la energía consumida en el mundo corresponde a la combustión de combustibles fósiles. Como se puede ver la producción de energía y la alta demanda son una de las causas principales de los cambios climáticos. (vitalis, 2020)

Las empresas son uno de los grandes consumidores de energía, muchas de ellas piensan en cómo se podría disminuir el consumo de energía. Por lo que representa gran parte del problema sobre el cambio climático por su alto consumo de energía.

Según el Instituto Sindical de trabajo, Ambiente y Salud la producción y el uso excesivo de la energía es la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, estos gases son los responsables del cambio climático. Por esto, una de las maneras o de las posibles soluciones en las cuales se puede actuar para poder detener sus graves consecuencias ambientales, sociales y económicas, relacionadas con el cambio climático que tiene que ver con el aumento de la temperatura, subida del nivel del mar y disminución de precipitaciones, entre otras, consiste en reducir el consumo energético.

### **2.1.2 Historia de los robots**

Los sistemas mecánicos tuvieron una gran influencia de parte de Leonardo da Vinci, este fue conocido por las actividades de pintura ya que con estas el sobrevivía, pero además de esto Leonardo también era científico, ingeniero, medico, escultor, musico y filosofo. con su personalidad de muchas facetas siempre busco a aprender y comprender la naturaleza, las principales características de Leonardo fueron innovar, diseñar y mejorar de manera perfecta, en los aspectos científicos y de ingeniería este diseño muchos tipos de prototipos mecánicos para muchas aplicaciones de gran utilidad. Leonardo diseño el primero robot que era completamente articulado, para esto utilizo una armadura de caballero de guerra. (Reyes Cortes, 2011)

En el siglo XX se inició el crecimiento de las ingenierías, que dan inicio al estudio de lo que sería la robótica actual, Muchos sucesos de la ciencia están enlazados con lo que es la robótica, la robótica no solo es ingeniería, sino que también a la matemática y física. Los últimos adelantos en la tecnología en los últimos años son el empuje que deja crear robots que pueden llegar a ser autónomos que es lo que siempre se ha buscado (Sánchez-Martín FM et al., 2007).

Como se puede ver la robótica se remonta a muchos años atrás, la humanidad ha buscado crear maquinas que puedan trabajar por sí solas, y que puedan servir de ayuda a la humanidad, grandes avances han permitido que la robótica sea lo que es en estos momentos, una gran tecnología tanto como para la industria como para la medicina y muchas áreas más.



Ilustración 1. Leonardo da Vinci (1452-1519)

Fuente: (Reyes Cortes, 2011)

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los robots son de mucha utilidad en la industria por ende son muy utilizados debido a su eficiencia y muy alto rendimiento. Muchos de ellos están trabajando en las etapas de fabricación de las líneas de producción donde se puede notar un alto consume de energía. Por ende, este consumo de energía se ha convertido en un foco principal para muchos fabricantes de robots y grupos de personas que se dedican a la investigación académica. Sin embargo, la optimización del consumo de energía en los robots sigue siendo una tarea difícil que necesita de una comprensión profunda de los comportamientos cinemáticos y dinámicos del robot.

Muchos de los países industrializados son testigos de los aumentos en los precios de la electricidad como combustible durante la última década. Según las estadísticas los grandes consumidores de energía industria manufacturera. Mucha de la energía es generalmente consumida por robots que son utilizados en la industria manufacturera. Teniendo en cuenta que, el uso óptimo de la energía en los robots juega un papel de mucha importancia para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción.

Los robots industriales generalmente son vistos como equipos caros que exigen un alto nivel de consumo de energía. Pero vistos de otra manera, esos robots son los que dan precisión en los procesos, fuerza y detección.

### **2.3. JUSTIFICACIÓN**

Los efectores finales magnéticos para ser más específico consumen la misma cantidad de energía y esto se puede reflejar en las facturas de energía, y económicamente hablando es un gasto, pero ¿es necesario que siempre consuman el mismo nivel de energía? Si se tiene en cuenta que un efector final magnético consume de 3 a 4 watts para poder sujetar 20 kg, y consume la misma cantidad de energía para poder sujetar 0.5 kg se puede ver que no hay una diferencia en el consumo, pero si en la cantidad de masa que esta tiene que sujetar, es de ahí donde sale nuestra pregunta. Pensar si en realidad siempre es necesario, ver que se puede mejorar regulando el voltaje así se reduce su capacidad, esto se puede mejorar tomando en cuenta el peso de lo que se necesite levantar.

### **2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Qué porcentaje de watts se puede disminuir para cubrir una necesidad de sujeción por parte del efector final magnético?
2. ¿Se logrará obtener un efector final magnético que pueda variar el consumo?
3. ¿Cuáles son los factores que afectan directamente la sujeción de los electroimanes?
4. ¿El diseño de esta herramienta será resistente contra golpes y podrá soportar el peso?
5. ¿Se obtendrá un efector final la cual sea posible medir la eficiencia?

### **2.5. OBJETIVOS**

#### **2.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un efector final magnético inteligente que sea eficiente en el consumo utilizando la energía justa, dependiendo de la necesidad.

### **2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el consumo en base a pruebas del efector final magnético.
2. Diseñar un efector final magnético que logre variar el consumo energético dependiendo del objeto a sujetar
3. Analizar la fuerza de sujeción y los factores que afectan directamente a este en un electroimán.
4. Realizar pruebas de soporte de la carcasa, y someterlo a un golpe para medir su resistencia.
5. Medir eficiencia de sujeción del efector final magnético.

### **III. MARCO TEÓRICO**

En la presente investigación se analizará temas sobre los efectores finales, que son herramientas para robots, también se podrá ver los tipos de robots y sus capacidades sus funciones principales un poco de la historia de los robots, y algunas especificaciones más de los mismos.

Se analizará un poco como el uso de los robots con los efectores finales representan un alto consumo de energía para las empresas que los usan, ya que en estas empresas los robots son de mucha utilidad en las áreas de trabajo en las líneas de producción por su eficiencia, rendimiento y alta productividad.

Además, se tocarán temas más importantes como ser, la influencia de los robots en las industrias sus funciones su implementación y mucha más información

#### **3.1 ROBÓTICA**

En los últimos años la robótica ha podido entrar en muchos de los campos no solo en la industria, y en los centros de investigación, universidades y hospitales, en la actualidad se puede encontrar, crear instrumentos o maquinas que puedan realizar los trabajos de las personas ha sido un sueño desde hace muchos años. Desde los años 80s la industria de la robótica se ha introducid en la medicina hasta lograr grandes avances, como ser el proyecto da Vinci Surgical Artificial, con lo que se ha logrado hacer grandes y peligrosas cirugías de manera remota, donde un especialista controla la maquina a distancia. (Sánchez-Martín FM et al., 2007).

##### **3.1.1 Tipos de robots**

En la actualidad se puede encontrar distintos tipos de robots con diferentes formas geométricas para las diferentes funcionalidades y aplicaciones. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Móviles: Terrestres = ruedas, patas
- Humanoides: Diseño complejo

- Industriales: Brazos mecánicos, robots manipuladores. (Reyes Cortes, 2011)

### **3.1.2 Robots móviles**

Estos robots se pueden clasificar conforme al medio en el que se desplacen como terrestres, marinos y aéreos, los terrestres se pueden movilizar mediante a ruedas o patas, están diseñados para rastreo y mover objetos de lugares, poder esquivar obstáculos, movilización de instrumentos médicos en hospitales, limpieza y más. Los marinos son robots sumergibles que son equipados especialmente para navegar dentro del agua como ser radar, sonar, visión telescópica, además de tener electrónicos especiales para poder adentrarse en el agua o elevarse a la superficie. Los aéreos son naves no tripuladas que son manipulados u operados por medio de controles remoto que pueden dar imágenes para conocer terrenos y son de mucha utilidad para analizar el tráfico o poder inspeccionar edificios o torres (Reyes Cortes, 2011).

### **3.1.3 ECOBRA**

se puede encontrar 3 modelos de robots eCobra, son modelos verticales de 600 y 800 mm y también se puede encontrar un robot invertido de 800 mm, los modelos son los siguientes eCobra Lite, estándar eCobra, eCobra pro. Estos robots en sus distintas versiones, son iguales físicamente hablando, los modelos pro, tienen un rendimiento rápido, y muchas cantidades de funciones de conectividad, los modelos lite, cuentan con las mínimas especificaciones. Todos los robots eCobra con normalidad, estarán conectados a una computadora proporcionada por el usuario que utilice el programa ACE. Estos robots pueden utilizar de manera opcional, un controlador de movimiento Smartcontroller EX, si se requieren más funciones y conexiones, también se puede agregarlos a una computadora industrial Smart visión MX para lograr tener mejor soporte de visión, los robots eCobra estándar y pro, pueden ser utilizados con PLC (Omron, 2019).

Este robot cuenta con 4 ejes, un alcance de 600 a 800 mm dependiendo del tipo de modelo, y puede soportar una carga máxima de 5.5 kg.

### 3.1.4 Viper 650

Omron et al (2017, p. 9) menciona:

El robot Viper 650 y los robots Viper 850 son robots de seis juntas de alto rendimiento diseñados específicamente para aplicaciones de ensamblaje. La velocidad y precisión de los robots Viper también son ideales para manejo de materiales, empaque, cuidado de máquinas y muchas otras operaciones que requiere una automatización rápida y precisa.

El robot viper 650 tiene 6 ejes de movimiento, tiene un alcance de 653 mm (25.7 in), puede soportar una carga máxima de 5 kg (11.02 lb), la energía requerida es de 24 VDC: 6 A. 200 a 240 VAC: 10 A. Su entorno de programación es ACE, PackXpert, ePLC (Omron, 2017).

El viper 650 es un robot pequeño con una capacidad de carga liviana, por sus especificaciones es un robot didáctico, su programación es muy amigable y poder ver en funcionamiento este robot motiva a los futuros ingenieros a aprender más sobre la robótica, Puede ser utilizado para trabajos pequeños que no necesiten mucho esfuerzo de carga, tiene una buena velocidad para trabajar, y su programación es muy amigable a los usuarios.

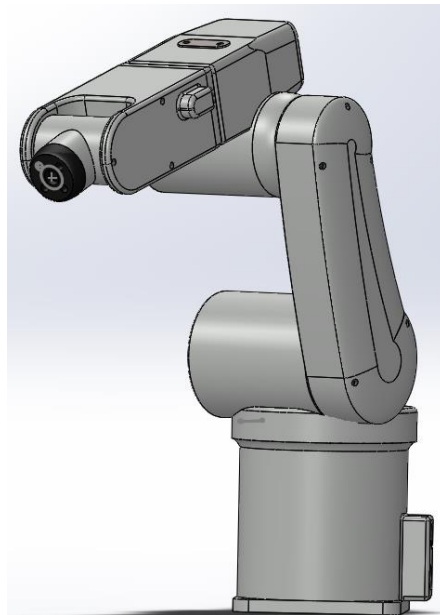


Ilustración 2: Diseño basado en robot viper 650 de Omron

Fuente: elaboración propia (2020)



### **3.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ROBOTS**

-Grados de libertad: Los movimientos que puede hacer cada parte del robot, son datos importantes que se necesitan para decidir las posiciones del efector final del robot los grados de libertad de un robot están dados por GDL. Las articulaciones normalmente pueden ser de rotación y prismáticas que cuentan con tan solo un grado de libertad, los GDL llegan a ser los mismos que a la cantidad de articulaciones con las este puede llegar a contar.

-Espacio de trabajo: La cantidad de trabajo quiere decir el espacio en el cual el robot puede movilizarse en sus extremos, si se quiere establecer la cantidad de trabajo generalmente no se tiene en cuenta al efector final.

-Capacidad de carga: Este es la cantidad de peso que el robot puede movilizar sin tener ningún problema.

-La velocidad: Esta es la mayor velocidad que el robot puede llegar, si se aumenta la velocidad del robot, también se aumenta el rendimiento que tiene el robot.

-Tipos de actuadores: Estos son los componentes motrices que producen el movimiento en las articulaciones estos pueden ser oleo hidráulicos, neumáticos y/o eléctricos (González Zambrano, 2009).

### **3.3 PICK AND PLACE**

En la actualidad, hay necesidades para medios económicos y seguros para poder aumentar la producción en las industrias manufactureras que se piensa que es vital. Cuando los procesos son realizados por personas o manos humanas, la productividad es menor por la razón de que las personas tienen que descansar, y también se tiene que tener en cuenta que las personas se pueden lastimar en los procesos. Por esa razón, es necesario diseñar sistemas que puedan solucionar los problemas que se puedan tener al trabajar con personas y esta solución es la automatización. Siempre se ha sustituido a las personas por maquinas ya que se trabaja de manera más eficiente. Los procesos automatizados hacen que se reduzca la necesidad de la intervención humana, ya que con la automatización se cuenta con precisión y eficiencia, así se evita que las personas estén fuera de riesgos en los procesos (Aliagar et al., 2010).

El mundo está entrando en la gran cuarta revolución industrial, la industria 4.0 uno de los puntos clave de esta fase es la automatización que se usa para poder aumentar los niveles de producción y hacerlos más eficientes, ya que los robots fácilmente pueden suplantar el trabajo realizado por una persona en múltiples procesos, realizando estos trabajos con mayor calidad y mejorando la productividad, esto se ve reflejado en la reducción de personal ya que los trabajos son tan eficientes que no se necesita tanta supervisión (Najmurokhman, 2019).

Los robots pick and place son para sujetar, levantar y movilizar cualquier tipo de material u objeto que se necesite, esto ayuda a los aumentos de la producción en las empresas lo que genera más ganancia.

### **3.3.1 Tipos de robot pick and place**

Se puede encontrar distintos tipos de robots en la industria para las diferentes necesidades que estas puedan tener, ya sea levantar objetos pesados o livianos, tener espacios de movilidad amplios o angostos, inclusive si se necesita hacer los trabajos con gran rapidez

### **3.3.2 Robot articulado LR Mate 200iD/14L de:**

Este robot es de tipo articulado cuenta con 6 ejes sus funciones principales son de manipulación, pick and place, de carga y descarga para selección. Tiene una carga de 12 kg a 14 kg (26.45 lb a 30.86 lb) cuenta con un radio de acción de 820 mm a 911 mm (32.29 in a 35.87 in) Este robot es bastante fuerte y compacto, cuenta con una relación de peso-capacidad de 27 kg de capacidad y 14 kg de carga, este robot es el adecuado para líneas de producción (*Direct industry*, 2020).

Este robot está diseñado para trabajos en los cuales se necesite levantar objetos pesados, tiene una distancia un poco considerable y se puede observar que sus 6 ejes pueden tener una gran movilidad en su espacio de trabajo.

### **3.3.3 Robot SCARA FAST:**

Este es un robot de 4 ejes, pick and place es especialmente para la industria alimenticia, farmacéutica, de cosméticos y fotovoltaica. Es de alta velocidad para piezas pequeñas.

Cuenta con un máximo de carga de 1 kg (2.2 lb) su radio de acción es de 800 mm (31.5 in)

Es un robot bastante rápido diseñado para manipular piezas pequeñas (*Direct industry, 2020*).

La abreviatura SCARA es muy utilizado en el proceso de desbarbado, pero este trabajo es de alto costo, y hay que tener en cuenta los mantenimientos que se le tienen que realizar a un robot, la tecnología está muy avanzada, el robot scara cuenta con un brazo que trabaja, el robot puede desbarbar bastante rápido y esto hace que los tiempos de trabajo sean más cortos. Este robot SCARA cuenta con tres grados de libertad, este puede movilizarse de manera rápida y precisa (Punlum et al., 2017).

El robot SCARA es un robot no muy grande que puede realizar trabajos de manera repetitiva y cómo se puede ver los trabajos que este realiza son trabajos de peso liviano ya que su capacidad de carga es pequeña, es un robot de alta velocidad.

### **3.3.4 Robot articulado KR QUANTEC ultra K**

Este robot cuenta con 6 ejes además de contar con muchas funciones como ser de paletización, pick and place, de empaque, de carga, de soldadura de inspección este robot es de alta precisión para tiempos de ciclos bastante rápidos y es compacto. Cuenta con una carga máxima de 120 kg (264.5 lb) y tiene un radio de trabajo de 2901 mm (114.2 in). Este robot es muy fuerte es rígido y además es preciso, tiene un muy buen rendimiento en cualquiera de sus posiciones, es dinámica fino y potente (*Direct industry, 2020*).

Este robot especialmente puede levantar objetos bastante pesados, tiene un gran límite de carga máxima lo que le beneficia, es un robot rudo, tiene un radio de trabajo de casi 3 metros por lo que su espacio de trabajo tiene que ser bastante grande y por ende puede movilizarse en grandes distancias para un robot magnético (Femin & S, 2018).

## **3.4 EFECTORES FINALES**

Cuando se habla de efectores finales se refiere a un dispositivo que esta al final de un brazo robótico, generalmente los efectores finales consisten de algún tipo de herramienta, por ejemplo algunos robots cuentan con efectores finales para soldar y esto les permite unir

componentes metálicos en algún procesos de fabricación, pero los efectores finales también pueden ser usados para sujetar y levantar objetos para moverlos de lugar, en un grupo los efectores finales tienen el nombre de pinzas y pueden ser de muchas y diferentes formas incluyendo pinzas de dedos que es un efector final pasivo, esto quiere decir que pueden contener partes, pero este no puede manipularlas, esta pinza da una presión de agarre a una pieza para moverla, otro de tipo pasivo es el efector de succión que utiliza la succión para poder sujetar objetos y poder moverlos, ahora una pinza de tres dedos es un efector final activo, los objetos que puede sujetar pueden ser manipulados y utilizados activamente, tienen más capacidad que los efectores finales de tipo pasivos, esto les da más precisión y capacidad para que se pueda realizar tareas más delicadas y hay varios de otros tipos, los que tienen pinza pueden ser diferentes, para las diferentes necesidades de cada aplicación, Una de las áreas con más importancia en la creación de sistemas de robótica es la creación de diseños de efectores finales, con cada avance tecnológico, la automatización es aún más común y necesario en las fabricaciones. Familiarizado con los efectores finales y su utilidad se hacen cada vez más importantes (Operations, National Consortium for Mission Critical, 2015).

Los efectores finales son herramientas que se agregan a los robots para poder realizar diferentes trabajos, a un robot se le puede diseñar, crear y cambiar las herramientas que necesite utilizar. Existen diferentes tipos de efectores finales como ser, magnéticos, de garra, de succión y más, se podrá ver algunos en los tipos de efectores finales, los efectores finales se crean conforme a las necesidades que existen, ya que estas ayudan a que los robots puedan realizar trabajos de manera rápida y segura, además de que pueden realizar trabajos que a las personas se les dificultaría o trabajos en el cual las personas podrían estar en riesgo físico o de salud.

### **3.4.1 Tipos de efectores finales**

Los efectores finales son herramientas que ayudan a manipular objetos mediante el robot, hay de diferentes tipos y dimensiones para los distintos trabajos que se pueden encontrar.

Hay muchos tipos de efectores finales magnéticos que se pueden encontrar en la industria para las diferentes necesidades que se puedan tener aquí se muestra unas cuantas que se han diseñado.

### **3.4.2 Eector final modular para procedimientos MIS**

A medida que la tecnología va avanzando la medicina de igual manera avanza, y esto ha revolucionado los procedimientos quirúrgicos, esto ha reducido las lesiones y los traumas de los pacientes, hospitalizaciones más cortas y menos peligrosas, la MIS ha permitido hacer un cambio a la minimización del tamaño y el número de las cicatrices que pueden causar las operaciones, haciendo pequeñas incisiones que dejan entrar instrumentos necesarios para realizar las operaciones. El sistema robótico puede ayudar a mejorar las limitaciones tradicionales, el temblor en las manos y los movimientos son eliminados, haciéndolo más preciso por medio del efector final, Las articulaciones a nivel esclavo se puede notar una mejor destreza que son de las principales necesidades para los procedimientos. La implementación de un actuador neumático llama mucho la atención en el campo MIS ya que estos no necesitan tanto esfuerzo de accionamiento o presión para su deformación, teniendo en cuenta que se usan materiales de confianza y baratos para la fabricación de este tipo de actuadores. Este es un efector final que tiene una herramienta modular para la manipulación y sutura adecuada (Izzo et al., 2015).

### **3.4.3 Herramienta efectora para escribir**

El artículo es sobre el diseño de una parte del robot una extremidad para escribir alfabeto. El efector final es una herramienta para la escritura diseñado en CAD. El robot es utilizado para fines de comercio para que pueda hacer movimientos y escritura humana (Femin & S, 2018).

### **3.4.4 Manipulador de carga y descarga para piezas de eje**

Se ha podido notar desventajas del nivel bajo de automatización y eficiencia y los precios elevados en la industria mecánica, el efector final para sujetar utensilios de trabajo o hacer el trabajo. Lo que normalmente las estructuras son pinzas mecánicas, de neumática y magnéticas, estas se accionan eléctricamente. Se ha diseñado un engranaje para poder

sostener piezas, las fuerzas son por el engranaje, esta gira para llevar el bastidor. Cuando este engrane gira a la derecha puede sujetar las piezas y cuando giran a la izquierda este puede soltar las piezas (Lu & Li, 2017)

### **3.4.5 Pulido robótico**

El pulido de las piezas y de materiales es un proceso muy importante para las piezas terminadas, ya que mejora el acabado. Este proceso se ha trabajado hasta el momento por humanos capacitados y por ende está expuesto a fallas, a tener precios muy elevados. Aquí se presenta un robot flexible controlado que tiene un efector final para pulido diseñado para realizar diferentes pasos, este tiene el objetivo de tener interacción con las herramientas de pulido, el sistema está diseñado para pulir biseles de piezas, este sistema trabaja con altos términos de calidad de superficies y alta productividad. Cuando se habla de pulido se sabe que es un proceso muy importante para poder dejar un acabado excelente para las piezas fabricadas, para tener superficies lisas y con mediciones muy precisas, el pulido se realiza normalmente por medio de rotación y herramientas abrasivas para poder dejar las piezas reflejantes con mucho brillo, es muy utilizado en las distintas etapas para poder quitar la asperezas y evitar cambiar las medidas (Moshin et al., 2017) ,

A medida que la tecnología va creciendo, los procesos en la industria se van automatizando, algunos de los ejemplos serian rectificado, soldadura, montaje, taladrado y pulido, y se podría pensar que el pulido es de los más complicados debido a que los robots no tienen mucha rigidez, cuando son superficies diferentes y complicadas. Aquí se presenta un robot que es controlado por medio de procesos con seis ejes, un robot que tiene un efector final para pulido con rutas definidas con varios pasos con efectividad y fuerza constante, muchas de las diferentes herramientas de pulido se han diseñado en una pinza rotatoria (Moshin et al., 2017).



Ilustración 3: Efecto final de pulido

Fuente: (Mecalux, s. f.)

### **3.4.6 Un novedoso efector final para el pulido compatible con robótica**

Si se refiere a los robots industriales se puede ver que estos están en aumento ya que son utilizados en gran cantidad en la industria para suplir necesidades, para esto se requiere que los robots puedan detectar y manejar fuerzas de contacto, ya sea como pulido, ensamblado y esmerilado. Cuando se está realizando la operación de pulido se puede notar que la herramienta de pulir sufre desgaste con su uso, esto genera parte que genera error en la posición del robot, y esto hace que no tenga presión en el contacto y con esto cambia el acabado del pulido. Se puede separar el proceso de pulido en dos secciones cumplimiento activo y pasivo. Existen problemas en el cumplimiento pasivo del robot no hay una armonía entre rigidez y flexibilidad que no puede eliminarse, el robot no puede actuar a la fuerza, hay enfoques para poner en funcionamiento un activo, que desempeñado por un controlador del robot, mostrado como los métodos híbridos control de posición y fuerza y un control de impedancia, los dos métodos de control exigen tener un control de fuerza y de posición, hay acoplamiento de posición de fuerza, lo que ayuda a la implementación difícil, en otro enfoque se basa en el control de cumplimiento activo del efector final, Este

método resulta conveniente para el control del cumplimiento activo en la industria, el robot se percata del control de posición y el efector final efectúa el control de fuerza siendo más rápido en su velocidad de respuesta, además el método consigue una mejor posición híbrida estable y mejor rendimiento en el control de la fuerza. Se puede concluir que hay bastantes deficiencias en el momento de contacto con el cumplimiento pasivo, que no es fácil para el robot encontrar la operación complicada por parte del controlador del robot para poder obtener un desempeño de calidad en el cumplimiento, el efector final es la forma más adecuada para conseguir el cumplimiento activo en los sistemas de pulido robótico (X. Liu et al., 2018).

### **3.4.7 Efectores finales especiales para robot de primeros auxilios.**

Si una persona resulta herida en una zona de peligro extremo, en el que el personal de rescate no tenga la facilidad para poder entrar en la zona por el riesgo de peligro, con este propósito los investigadores están buscando la posibilidad de robots que puedan realizar rescates, que ayuden a salvar personas que pudieron ser heridas en zonas de peligro, este tiene funciones que puedan observar y monitorear el estado de salud de las personas que necesiten ayuda, también puede realizar tratamientos de emergencia con las personas que lo necesiten para ser movilizados, para esto el robot tiene que contar con un efector final que le ayude a realizar trabajos de primeros auxilios de manera rápida y segura (Park et al., 2017).

Para eso se diseñaron funciones especiales para que el efector final que tiene oxigenación, inyección y hemostasia. Estos robots podrían realizar de manera efectiva las acciones necesarias sin importar la cantidad de lesiones que una persona pueda tener, lo más normal de primeros auxilios son las funciones ya mencionadas, pero se tiene que tener en cuenta que el efector final puede aplicar varias inyecciones intramusculares a la vez, también tiene que cuidar de la columna, poder aplicar oxígeno por hasta 15 minutos y realizar trabajos de socorro (Park et al., 2017),



### **3.4.8 Diseño y análisis de fuerza del robot efector final de un instrumento laparoscópico**

Las cirugías normales son riesgosas y dejan a las personas con bastantes lesiones y la recuperación es lenta, con la cirugía mínimamente invasiva hay muchos beneficios y esta se ha hecho bastante popular, la cirugía laparoscópica es asociada a menor dolor, menos pérdida de líquidos y las estancias en los hospitales más cortas, esto se refleja con menos problemas en los pacientes comparadas a las operaciones normales, pero aún hay problemas en este tipo de cirugías como la falta de movilidad o la poca visibilidad que se puede tener. Pero hay una solución para este problema un grupo de investigadores de la universidad de la Salle university, este grupo diseño y desarrollo el instrumento laparoscópico casi automático, el instrumento tiene un efector final de 4-DOF a los cirujanos se les facilita el control de posición del efector sin tener problemas o molestias físicas al momento de una cirugía, este instrumento tiene que tener una estructura de enlace que consta de muchas partes pequeña, y el instrumento tiene que ser rígido para poder ser capaz de soportar la carga que se pudiera aplicar en una cirugía (Takeishi et al., 2018).

Este instrumento laparoscópico está diseñado de acero inoxidable y se puede llegar a controlar manualmente. Un eje que es largo se inserta el efector final así puede cambiar su orientación cambia el Angulo de movilidad y la punta del efector final se puede mover (Takeishi et al., 2018),

### **3.4.9 Estimación de inercia del efector final de robot para diestro agarre de objetos**

Las aplicaciones robóticas necesitan información acerca de muchas especificaciones del efector final robótico e información sobre lo que va a sujetar, para lograr un buen rendimiento, en muchas de las aplicaciones, la inercia del efector se ha considerado en el control, pero la inercia del objeto a sujetar no se ha tomado mucho en cuenta (Chinthaka & Shimono, 2017).

Si se habla de la inercia es un parámetro importante al momento de desarrollar sistemas importantes para el control de movimientos, la inercia de los robots de pinzas ha cambiado

por los parámetros del objeto a sujetar. Si se sabe los datos de la inercia sobre la pieza a sujetar esto puede ayudar a disminuir las fuerzas de inercia que son asociadas con el par móvil, para poder saber la posición de la pieza sujeta basados en sus propiedades de inercia que es beneficioso para las aplicaciones de robótica. Considerando la inercia con la que inicia el efector final, esta afecta directamente a la robustez del movimiento, la diferencia es importante, de esta manera se puede mejorar el rendimiento de los efectores finales, los fabricantes de motores dan información sobre la inercia y en algunos casos sobre la manipulación de robots, que son los que utilizan para experimentos, pero hay que tener en cuenta que los valores podrían ser diferentes, por las modificaciones que se dan por desgaste (Chinthaka & Shimono, 2017).

Se puede encontrar diferentes métodos para la inercia, como prueba de movimiento, prueba de aceleración y desaceleración, las propiedades de los objetos de sujeción son bastante impredecibles, así que en su mayoría no tiene una buena distribución de material, las pruebas de movimiento o de desaceleración no son fáciles de poner en práctica, tomando en cuenta la inercia desde la sujeción del objeto, no se puede poner a prueba a una aceleración, porque las fuerzas pueden arruinar la pieza de sujeción como la herramienta, la estimación precisa de la inercia de un efector final es una tarea difícil. Para poder tener en cuenta la inercia de un sistema, este debe ser sometido a un movimiento armónico, desde su punto de equilibrio en la posición cero del sistema hasta su posición negativa y permitir que se mueva armónicamente alrededor de su punto de equilibrio, y si hay fricción y alta inercia el sistema se no continuara en movimiento armónico simple (Chinthaka & Shimono, 2017).

#### **3.4.10 Desarrollo de un novedoso efector final para una misión de repostaje robótica en órbita**

Según las estadísticas se ha podido ver en los últimos años un promedio de 100 satélites que se han lanzado que no han encontrado problemas importantes, pero hay algunos satélites que han tenido problemas para operar incluso fallas múltiples fallas, lo que provoca mucha pérdida monetaria por la falta de oportunidades de servicio en órbita (OOS) varios de los satélites que están en mal estado siguen su funcionamiento pero en un estado débil

que apenas pueden trabajar bien, gracias a esto se ha promovido la tecnología robótica espacial y muchos experimentos, misiones de prueba tripuladas y no tripuladas, se han diseñado tecnologías para dar mantenimiento a los satélites y mejorar su funcionamiento esto ha contribuido a que la eficiencia de dichos satélites mejore, y no se tiene la misma pérdida económica, por lo que se ha convertido en una tecnología indispensable para las estaciones del espacio. Se ha diseñado un efector final que es la herramienta del robot que pueda sujetar a los satélites y o naves además ayude al cargar combustible este ayuda a ponerlo de manera que pueda cargar por la cámara de las herramientas y luego al seleccionador de reabastecimiento en el efector de reabastecimiento del combustible después de separar el objeto y de reabastecer este efector suelta el seccionador y cierra la válvula, el dispositivo de absorción se apaga para poder liberar el objeto, después se pone en órbita (J. Liu et al., 2020).

#### **3.4.11 Diseño de efectos finales para una planta de automatización química**

Cuando se experimenta con la química, siempre hay folletos de instrucciones, actividades como ser el movimiento de botellas combinar líquidos, tomar medidas de peso, por esta razón existe lo que es llamado automatización química que generalmente constan de un manipulador 3d que tiene un efector final peculiar para la aplicación. Hay pinzas con dos garras o boquillas unidos a una bomba de líquido, los recipientes son puestos en los lugares de trabajo donde trabaja el efector final donde este tiene contacto con el recipiente. Este informe fue motivado para mejorar los sistemas con los que se cuentan de automatización de la química desarrollando efectores finales que sean capaces de agarrar, levantar interactuar, quitarle y ponerles tapa a recipientes como un conjunto de un proyecto de ingeniería basado en Massey. Se diseñaron múltiples efectores finales que pudieran ayudar a la química para ser específicos cuatro fueron diseñados y se les realizó el prototipo los efectores realizados son los siguientes, la garra, el globo, la cruz, y la banda estos tuvieron la capacidad de realizar movimientos extraordinarios y los efectores finales de Ballón y Band fueron capaces de ubicar y colocar recipientes con un mecanismo de muñeca extra, la garra y los efectores finales de banda son capaces de realizar un movimiento de torsión para tapar y destapar las tapas de los recipientes. Se diseño una garra parecida a los efectores

finales de acuerdo a garras que ya existen, pinzas adaptativas de dedos y el diseño de Balloon era parecido a los efectores finales ya creados granulares o líquidos. Hasta el momento no se han dado a conocer efectores finales de Cross and band antes, por lo que se cree que son efectores finales de novedad (Kumar et al., 2016).

Hay efectores finales para las diferentes necesidades, aquí se logra ver un efector que sujeta combina y realiza experimentos con la química, es un claro ejemplo de una necesidad automatizada.

### **3.4.12 Un diseño efector final activo para la recolección de frutas**

Si se habla de lo que es la producción de frutas y verduras, agarrar las frutas es de los trabajos más intensivos para la mano de obra, que presenta el 35% a 45% del total del tiempo de operación, la urbanización en china es muy acelerado y las personas envejecen que son los principales obreros entonces se genera una falta de trabajadores agrícolas y esta escases va en aumento, esto se refleja en la baja eficiencia y costos laborales elevados, por lo que reemplazar a los obreros por robots es importante, desarrollar e integrar los robots de cosecha para la sociedad y la economía es de suma importancia. Un efector final es el que tiene contacto directo, por lo que es importante en el robot de cosecha, teniendo en cuenta las diferencias en dimensiones y la sensibilidad de las frutas y verduras a sujetar. Estos efectores se tienen que adaptar a la forma que pueda tener la fruta, tienen que ser flexibles y un agarre suave pero seguro. El diseño del efector tiene que ser de una mano con múltiples dedos este tiene ventajas que son buena forma de adaptarse a las frutas pocos motores para el accionamiento, operaciones más convenientes, son ligeros de peso y su consumo de energía es ahorrativo, se ha creado una solución para un buen diseño para un efector final para la recolección de cosechas, hay manos robóticas que son el SARAH que no puede manipular, mano de tres dedos RTR2 no tiene actividad, la mano de Barrett BH8-280 con varios dedos sin actividad. El manipulador que no tiene actividad SARAH es una mano que tiene tres dedos que fue desarrollada por GOSSELIN de la universidad de Laval de Canadá y la compañía MDROBOTICS, que es utilizada para el agarre de objetos en el espacio en la estación espacial internacional de estados unidos. Los dedos están 120 grados entre sí y los dedos tiene 3 grados de libertad cada uno. La mecánica del efector final se compone de los

dedos pulgares, índice y medio, este puede tomar en cuenta el agarre preciso (Song et al., 2016),



Ilustración 4: Efecto final recolector de frutas

Fuente: (Goodfruit, 2020)

### **3.4.13 Diseño de un efector final integrado de pies y manos para robots de piernas múltiples**

Un tema importante en la robótica es el robot de varias patas, gracias a su facilidad de maniobrar y forma de adaptarse, este se ha estudiado durante mucho tiempo y se ha podido utilizar en plataformas móviles para aplicaciones de transporte de piezas que son pesadas y en lugares que son de peligro, con la finalidad de extender su área de aplicabilidad de este robots de múltiples patas, algunos de los científicos investigadores propusieron algunas maneras para mejorar la configuración de este robot con múltiples patas e incluir un brazo operativo. Los robots de múltiples patas podrían llegar a transformarse para la manipulación móvil. Boston Dynamics creó 2 tipos de robots que son cuadrúpedos que cuentan con un brazo de cara capaz, estos robots son el BigDog y el SpotMini, estos pueden realizar múltiples funciones con el brazo que cuentan. Pero tener poseer un brazo también puede presentar problemas para estos robots principalmente en la estabilidad (Xu et al., 2018).

### **3.4.14 Desarrollo de efectores finales robóticos para la tarea de inserción en la formación de mangueras de goma**

En la industria, se ha tenido un auge muy grande con los robots, estos ayudan mucho en distintas tareas como el manejar los materiales, a soldar, entre otros procesos se han automatizado, aunque los materiales que manipulan los robots generalmente son rígidos, sin embargo, hay algunos materiales que se pueden deformar en los que se ha incursionado en la automatización, aunque aún hay muchos problemas con la manipulación de estos objetos. Hay algunos procesos como el de dar forma a mangueras de los motores de carros en los que se puede y debe automatizarse, por esa razón se ha desarrollado en un ensamblaje con robots de mangueras de goma, en algunos estudios se ha podido colocar tapones derechos dentro de una manguera de goma elástica, pero para dicha tarea se requiere insertar de mucha distancia del mandril en la manguera de goma suave, dicha tarea se tiene que hacer antes de la vulcanización de esta manguera de goma, cuando este trabajo es realizado por personas se tiene que realizar en un ambiente con temperaturas altas y húmedo, sin mencionar que el material para lubricar puede dañar las manos de las personas, siendo este un trabajo bastante difícil para las personas por que dependiendo de las habilidades de la personas va a ser la calidad de las mangueras. Por esta razón, se ha estudiado y desarrollado efectores finales diseñados para un robot de doble brazo teniendo en cuenta un plan para la manipulación y así poder automatizar la introducción de las mangueras de goma, Los extremos de los efectores finales se integran en uno solo para poder ser utilizado en robots que solo cuenten con un brazo, además se logró demostrar que los dos tipos de robots (de un brazo y de dos brazos) pueden realizar mangueras de goma (Yoshida et al., 2016).

### **3.4.15 Diseño y validación de un efector final robótico reconfigurable**

La memoria SHAPE es una tecnología de aleación muy conocida ya que es utilizada en muchos campos como ser en el sector de la biomédica, los cables de este actuador llaman mucho la atención como un buen método en referencia a los actuadores más nuevos tales como los de accionamientos hidráulicos y eléctricos o los sistemas de neumática, Los cables SMA otorgan flexibilidad en los diseños y estos son pequeños y livianos además de tener

una buena respuesta a la temperatura, En el avance de sistemas de movimiento de objetos y materiales ha obtenido mucha importancia en los últimos tiempo, para el traslado de objetos planos se utilizan efectores finales o también llamados arañas de succión, estos son sistemas que están incorporados a brazos robóticos industriales, y muestran una unión entre un robot y una manera de sujetar real en sistemas de succión o agarres eléctricos, los efectores finales modernos tienen un tipo de succión precisa y justa, pero el agarre depende de la geometría del objeto, así que generalmente se usa para un tipo de objeto específicamente, si se quiere utilizar un mismo robot para la sujeción u otra actividad se tiene que cambiar el efector final, en muchos casos, esta actividad es muy necesaria, teniendo en cuenta que algunos objetos son similares, detener una producción para cambiar un efector final puede representar una gran perdida, la idea de crear un efector final ajustable ayuda mucho a la producción evitando tiempos de paros y pérdidas de dinero en producción este puede adaptarse de manera automática a diferentes geometrías de objetos de trabajo, los actuadores SMA son la tecnología que se eligió para este trabajo porque los otros métodos no son muy confiables por la diferencia de peso y momentos de inercia, además las habilidades de detección del SMA agregan funciones extras que podrían ser utilizadas para trabajos de monitorear (Motzki et al., 2019).

#### **3.4.16 Comparación y estimación de la fuerza de reacción del efector final del manipulador**

Hoy en día, los robots trabajan de manera que comprenden todos los aspectos necesarios en la industria como ser, de autos, defensa, la medicina entre otras, debido al desarrollo de la tecnología y el avance en distintas áreas como el diseño de mecanismos, mecánica inteligente, control y otros. Distintos tipos de efectores robóticos han podido ser realizados para muchos tipos de aplicaciones como ser la inspección, el procesamiento de materiales, la carga y descarga y más, un manipulador robótico tiene un rendimiento que esta categorizado por su buena estrategia de control. Este control consiste por la derivación cinemática y dinámica del manipulador que es monitoreado por el control. La estabilidad, repetibilidad y precisión de un brazo robótico se puede obtener solamente por un control refinado (Kallu et al., 2016).

Hay desafíos claves que son asociados que incluyen al manejo de complejidad del sistema. La dinámica de los robots es descrita mediante una segunda unión que no es lineal, las ecuaciones y parámetros inerciales van a depender de la carga útil que se desconoce y esta cambia. Los controles de posición del manipulador de robots, es el objetivo más simple para el control de robots, y también es de los temas más relevantes en manipuladores. Se han mostrado muchos enfoques para solucionar este problema de control, sabiendo que un brazo robótico puede llegar a tener relación con esta línea estabilizadora a través de una determinada configuración simultánea con los controladores PD, con las condiciones leves en la ganancia proporcional, el esquema se puede hacer más simple realizando compensaciones en la gravedad de la configuración que se desea, las tareas de los robots como el rectificado, la precisión y el ensamblaje, necesitan un efector final de un robot para poder establecer y mantener el contacto con el ambiente de trabajo, si se quiere implementar con éxito las tareas de control de fuerza como control de posición del manipulador, el robot poder ser controlado de manera instantánea (Kallu et al., 2016).

#### **3.4.17 El manipulador de imán de actuador esférico: Un efector final robótico de imán permanente**

El Samm es un instrumento que está diseñado para poder ser utilizado como un efector final que va sujetado en la extremidad donde van las herramientas de un manipulador robótico que utilizan para poner magnético esférico en este espacio. El Samm está diseñado para quitar las límites cinemáticos que se encuentran en los sistemas de manipulación de imanes, la superficie del Samm está hecha para ser lisa, libre de partes móviles, por lo que se puede colocar el imán esférico bastante cerca del dispositivo magnético que se trata de accionar o manipular. El imán como actuador deja colocar el imán en cualquier posición siempre y cuando se le denomine un eje para su rotación que depende de su posición específica (Wright et al., 2017),

El Samm parece no tener límites en conjunto ni singularidades cinemáticas de diseño, esto se logra por el uso de tres omniwheels que ayudan a conducir el imán esférico de este. Un omniwheels es un mecanismo que tiene incorporados rodillos pequeños que le permiten la rotación sobre su eje de rotación y su libre rotación en los ejes ortogonales. Teniendo un



control de orientación sin singularidad, el Samm puede ser utilizado para la resolución de problemas encontrados, y puede ser de utilidad para la actuación de manera remota en muchos dispositivos magnéticos que se pueden tener para la medicina mínimamente invasiva (Wright et al., 2017).



Ilustración 5: Efector final magnético

Fuente: (freepng, s. f.)

### **3.4.18 investigación sobre tecnologías clave de herramientas eléctricas magnéticas**

Si se habla de herramientas eléctricas estas son un conjunto de ingeniería mecánica, plástica, eléctricas y electrónicas además de tener otras, en estos momentos China son los que fabrican y exportan herramientas eléctricas para el mundo y la tasa de exportaciones de estas herramientas son mayores al 85%, china ocupa el primero lugar en exportación de herramientas eléctricas, las herramientas eléctricas son de tamaño pequeño y no tiene mucho peso por lo que son fáciles de transportar y estas tienen una gran fuerza motriz con una alta eficiencia además de ser ahorrativas de energía, son utilizadas en distintos trabajos como minería, geología, trabajos de ingeniería. Por lo que construir este tipo de herramientas es una necesidad para la industria (Zhang, 2017).

Estas herramientas son de mucha utilidad para la industria, se utilizan para la construcción y muchos otros proyectos, según los puntos de importancia, el impacto de estas herramientas se puede dividir en pistón y leva, mecanismo impacto de pistón se divide en pistón gas y líquido, y el de leva se divide en trinquete y mecanismo de impacto rodante (Zhang, 2017).

Las herramientas magnéticas o efectores finales magnéticos llevan una gran ingeniería atrás de ellas, si se habla de estos efectores finales para un pick and place magnético se puede imaginar como una herramienta de estas puede sujetar y levantas objetos de hierro sin dejar algún tipo de macar de sujeción.

### **3.4.19 Cómo la precisión absoluta del efector final juega un papel en la industria 4.0**

La industria 4.0 es la nueva moda en la tecnología, esta tecnología incluye sistema más ciber físicos, internet de las cosas, internet de servicios, análisis de big data e inteligencia artificial, estos mencionados son de mucha importancia para la industria 4.0 así como en la automatización. En la actualidad se necesitan robots para realizar tareas difíciles y únicas para realizar con las necesidades de los clientes que a medida pasa el tiempo va cambiando, pero los robots puede que no se adapten a los entornos dinámicos y las diferentes circunstancias. Los requerimientos sobre las precisiones en los robots, especialmente en las precisiones en las posiciones en absoluto han aumentado y siguen aumentando, Por esa razón, las medidas de los robots, Las posiciones absolutas son de mucha importancia para el desarrollo de la Industria 4.0. Un grupo de investigadores tiene desarrollado el método de trilateración tridimensional para posicionar las coordenadas absolutas del efector final basados en tres mediciones del codificador de cable, y para la precisión se utilizan los codificadores de cable porque son más adecuados, más baratos y más precisos estos son adecuados para las líneas de producción de personalización en masa en la industria 4.0 (Lin et al., 2018).

### **3.4.20 Control y modelado de un efector final en un sistema macro-mini manipulador para aplicaciones industriales**

Bastantes de los procesos industrializados que implica una herramienta y un objeto de trabajo, se necesita un contacto constante entre la herramienta y la pieza de trabajo, algunos ejemplos de estos son rectificado, pulido y desbarbado, cuando se decide automatizar estos procesos utilizando un manipulador robótico, se exige un control entre posición de fuerza del movimiento del manipulador para lograr obtener excelentes resultados en el proceso trabajado. De este modo el control de fuerza se dirige al rumbo normal a la superficie de las piezas a trabajar, el punto de contacto de la herramienta y la pieza de trabajo el control de la posición es tangencial a dicha superficie, en la actualidad pocos manipuladores de robots que están disponibles en el mercado aplicados en la industria son aptos para trabajar de manera híbrida en el control de posición a la fuerza. Estos manipuladores son exigentemente de gran tamaño por el gran espacio para trabajar que es necesario para acomodar las piezas de trabajo, Por tal razón las grandes inercias implicadas y teniendo en cuenta que los actuadores están lejos del punto de contacto entre las piezas de trabajo y la herramienta (Ma et al., 2017).

La exactitud y la velocidad en responder disminuye relevantemente para disminuir la inercia efectiva y lograr el mejoramiento del rendimiento dinámico. Un manipulador macro-mini se puede acoplar a la configuración (4,5,6), con esta configuración se comprenden 2 manipuladores individuales, uno pequeño que realiza la función como un efector final y al final un manipulador montado macro más grande, estos macro manipuladores pueden llegar a ser un robot industrial convencional y disponen de gran espacio de trabajo con sus brazos largos, sus desventajas son que tienen un ancho de banda bajo y una precisión baja y resolución de sus mociones. Por otro lado, el mini manipulador está diseñado para tener un gran rendimiento dinámico, con un ancho de banda alto, precisión y resolución de movimientos y las desventajas es su tamaño de espacio de trabajo pequeño (Ma et al., 2017).

### **3.4.21 Método para evitar colisiones para efectores finales de robots industriales con espacios de trabajo superpuestos**

Si se quiere reducir espacio de producción y mejorar la misma, los robots frecuentemente son colocados bastante cerca entre ellos, para que trabajen sincronizadamente, debido a esta manera en que trabajan, se pueden ocasionar choques entre los mismos, una manera de evitar estos posibles choques es importante agregarles sensores, esto no es posible siempre, la programación de los movimientos en los efectores finales tiene que ser específicamente revisada y cambiada, y esto provoca que el proceso se haga más lento y tarde más la implementación, como se puede ver en la práctica, las modificaciones en la programación para evitar colisiones y tener la seguridad de que tendrán movimientos libres se necesita más o menos 75% de todo el tiempo desde que inicia la programación hasta que se implementa en la producción, esto genera gastos extras que son reflejados monetariamente y en tiempo, y cambiar el proceso crea un gran problema (Sukhovoy & Gubankov, 2020).

Para poder asegurar los movimientos de los robots en la industria que cuentan con espacios de trabajo superpuestos pueden especificarse como problemas de robótica, así como la proyección de las rutas o la mejora de un sistema anticollisiones. Pero en casi todos los casos la programación de los robots industriales está bloqueado, por esta razón poder cambiar de manera rápida las rutas de los efectores finales de trabajo de los robots es reducido. Los procedimientos de planificar se dividen en métodos de planificación de ruta en el espacio de configuración C y método de búsqueda de ruta en un gráfico compuesto de posibles configuraciones Q. El método que es mencionado primero tiene en cuenta funciones combinadas, funciones que son basadas en campos potenciales y funciones basadas en muestras, el Segundo cuenta con métodos de búsqueda heurística, redes neuronales y otros (Sukhovoy & Gubankov, 2020).

### **3.4.22 Procedimiento para la definición de orientación del efector final en aplicaciones de robot de superficies planas**

Cuando se habla de los robots se puede pensar en aparatos que son reprogramables que pueden realizar muchas funciones, están diseñados para la movilización de piezas y materiales, Los movimientos son programados a través de computadoras, estos robots pueden realizar las funciones de soldadura, pintura, mecanizados y manejar materiales, Los robots forman la tecnología de la automatización, La producción en masa de productos a convertido en una necesidad y llamado mucho la atención para la automatización, Unas conjunto aplicaciones de robot permiten que el sistema del robot realice movimientos del efector final, La herramienta que permite realizar las tareas que se desea mediante el robot (Vidakovid et al., 2017).

Para la fabricación usualmente se usan simulaciones, aplicaciones donde se puedan hacer programación, los robots se programan para que estos puedan completar y realizar tareas, los tres niveles de programación son a) enseñar mostrando, b) lenguaje claro de programación de robots, c) Lenguaje de programación para robots destinado a tareas. Las disoluciones actualmente de robots de la industria son bastante difícil de programar, esto genera cambios en los tiempos de trabajo y más cuando se presentan cambios en los productos, para programar una línea para soldadura normal son 30 robots y 40 los puntos de soldadura por cada robot se necesitan unas 400 horas en robot enseñanza, El objetivo específico de la robótica crear maquinas que puedan trabajar con velocidad y eficiencia para que en las empresas puedan reducir costes y mejora de producción, se han mejorado los esfuerzos para lograr crear robots que sean fáciles de manejar y que sean poderosos. Los lenguajes de programación claros en los robots ahora son necesarios en las aplicaciones de robots industriales. Sería posible poner en funcionamientos de programaciones fuera de línea en la industria donde se realicen calibraciones integrados con otros sistemas de programación, donde se utilicen varios robots, logrando programar solo un robot y realizando copias de los programas en los otros robots (Vidakovid et al., 2017).

### **3.5 UN ENFOQUE NOVEDOSO DEL USO DE UN SENSOR DE POSICIÓN INDUCTIVO PLANO PARA LA APLICACIÓN DE CONTROL DE MOTOR SÍNCRONO DE IMÁN PERMANENTE**

La tecnología inductiva es una técnica inductiva que tiene un campo muy grande de utilidad, puede ser de utilidad en muchas aplicaciones, tales como ser la proximidad, el desplazamiento angular y lineal y otros, el control PMSM es un estudio el cual puede utilizar sensores de posición inductivos planos los cuales son sensores que no necesitan contacto, estos pueden ser construidos de manera barata con bobinas de PCB para la placa del circuito impreso estacionario y objetivo metálico. Los sensores inductivos dispositivos completos, que no necesitan movimiento al encenderse para lograr determinar la posición. Los sensores inductivos son colocados en PCB para lograr reducir el costo del sistema, comparándolo con otros sensores como los sensores de resolución, los devanados en plano han sido diseñados en PCB en trabajos anteriores, estos demuestran una precisión e inmunidad de posición del 0.8% al espacio de aire utilizado en el diseño del sensor que es implementado en dos capas (Sundaram Nauduri & Shaga, 2018).

#### **3.5.1 Attiny85 y Arduino**

El attiny 85 tiene un formato parecido al del Arduino, pero este no cuenta con bastantes pines de entrada y de salida menos que el Arduino, la memoria del attiny es más pequeña, pero el attiny es mucho más pequeño y barato que el Arduino en cualquiera de los modelos, ambos pueden venir en modelo de solo integrado o con su respectiva PCB que ayuda la programación y las salidas de los pines, el attiny85 se conecta y carga sus programas por medio de un cable micro USB o por medio de un USB completo, aunque el attiny85 puede venir con distintas formas con las que se puede interactuar, este cuenta con varios niveles de entradas y salidas digitales lógicas de 5 voltios los cuales también pueden ser utilizados como pines analógicos para lograr ser utilizados con varios sensores como el de temperatura, también puede ser utilizado con modulación de ancho de pulso o PWM, de igual manera puede utilizarse el protocolo I2C o SPI para lograr utilizar otros dispositivos y sensores, los proyectos que son trabajados con Arduino posiblemente también pueden realizarse por medio de un Attiny85 (Kamikaze Soluciones Electrónicas C.A, 2019).

### **3.5.2 Electroimanes**

Se crea un esquema nuevo, del control de TP para la creación en masa de electroimanes proporcionales, en el cual se presentó dispositivos de monitoreo y análisis en las variables electrotécnicos de electroimanes proporcionales en el proceso de producción para tener más información sobre la nueva tecnología del TP, estos elementos cuentan con una unidad de medida, de determinación dinámica de magnetización, una de procesamiento de la información y otra de determinación de los parámetros eléctricos, cuando se termina se toman las mediciones de la corriente, y la tensión de los electroimanes proporcionales, esta información es recibida a la unidad de determinación de DCM, que la lleva a la determinación de DCM (Lankin et al., 2017).

### **3.6 ENERGÍA EN LOS EFECTORES FINALES**

Dependiendo del efector final así mismo es el consumo energético, si este es un efector grande que utiliza motores puede consumir mucha energía, pero si es pequeño de agarre se puede reducir el consumo, los efectores finales son los que logran sujetar, pintar, soldar y movilizar objetos por lo que estos consumen gran parte de energía en los robots.

#### **3.6.1 Optimización de manipulabilidad y consumo eléctrico mediante el Algoritmo Heurístico de Kalman en manipuladores seriales**

Los robots que están diseñados para manipular herramientas que reúne las condiciones óptimas para la automatización de gran cantidad de los procesos de productividad, esto se ve reflejado en el aumento y calidad de la productividad, y la reducción de costos para producir. Pero para asegurar poder ver el aumento de la productividad el rendimiento de los robots manipuladores debe estar en su funcionamiento máximo. Esto se puede lograr con la optimización de la trayectoria de los mismos. Si la trayectoria del manipulador es planeada usando un criterio de minimización del consumo de energía eléctrica como función genera rutas suaves, que son sencillas de seguir y minimiza el esfuerzo que realizan los actuadores y sus estructuras. También se considera la perdida de energía en la bobina del motor y la perdida de energía según sean las variaciones de velocidad del actuador, dichas

variantes hacen que se afecten las necesidades de corrientes y esto induce fuerzas electromotrices en los actuadores (Ramírez Henao & Muñoz, 2015).

Los robots son hechos para ayudar, y para controlar el consumo energético una de las posibilidades es crear rutas en las cuales los movimientos sean optimizados, así no tendría movimientos innecesarios que consumirían energía extra, también hay que tener en cuenta las velocidades necesarias y óptimas para reducir el consumo energético y hacer los procesos más eficientes.

### **3.6.2 Sistema de control de velocidad adaptativo para efectores finales de manipuladores multienlace**

Para poder mejorar la utilidad de las maquinas robóticas que cuentan con manipuladores de enlace múltiple, exigen que las operaciones sean realizadas a la velocidad máxima, protegiendo la calidad de las operaciones que se requiere. Se han logrado crear gran cantidad de métodos para sintetizar sistemas de control de movimientos especiales para poder mejorar la precisión dinámica de los controles. Para aumentar la precisión dinámica se usan controladores especiales que tienen canales de control global, local y adaptativo, además de que estos CS garantizan una precisión dinámica alta en movimientos de velocidad alta en todas las secciones de una curva espacial compleja, pero esto solo se puede realizar cuando todos los servodrivens son capaces de procesar una señal de cualquier movimiento MM programado mientras compensa los efectos negativos que suceden en la interacción dinámica de los grados de libertad sin llenarse. Si tan solo una unidad MM se satura es suficiente para que la herramienta MM deje su trayectoria, y esto podría generar un problema en el proceso. Se puede evitar este tipo de situaciones cuando se usa un CS habitual, se disminuye la velocidad del movimiento que está programada de la herramienta MM por la ruta especificada, haciendo que sea menos productivo aun si las unidades tienen margen de potencia (V & A, 2017).

Aquí se analiza y observa un método para simplificar un variador de velocidad CC optimizado y que tiene un consumo de energía limitado. Entonces usando este método para



MM hace difícil obtener las leyes de control necesarias por sus transformaciones especiales no lineales necesarias al momento de usar un sistema de coordenadas absolutas en el cual se mueve la pinza. El objetivo que tiene este proyecto es analizar el sistema adaptativo para mejorar al máximo la velocidad programada del movimiento de una herramienta MM por la ruta de una trayectoria espacial, tomando en cuenta las restricciones de las señales relacionadas con la corriente y el voltaje de entrada de sus accionamientos eléctricos (V & A, 2017).

### **3.6.3 Minimizando el consumo de energía para el movimiento del brazo robot**

Los países industriales han sido testigos en el aumento de los precios de los combustibles y por ende de la electricidad, según las estadísticas los más grandes consumidores de energía es la industria, y la razón de esto es la gran cantidad de robots que se utilizan que consumen la mayoría de la energía estos robots, teniendo en cuenta que el uso optimizado de la energía en los robots tiene un papel de mucha importancia en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción. Generalmente los robots son pensados como equipos caros que tiene un alto consumo de energía, pero estos robots son los que proporcionan fuerza, precisión y detección en la industria, pero dado a que los robots tienen una gran importancia en la industria, en los grupos de investigación y que fabrican robots el consumo de energía se ha convertido en un papel importante. Los investigadores han presentado enfoques para la planificación en la trayectoria de los robots para optimizar el consumo de energía. Los enfoques realizados han demostrado que para minimizar el consumo se reduce la velocidad y el tiempo de respuesta de los robots, pero puede que no sea necesario minimizar el consumo de energía, el torque del robot es donde se mira afectado el consumo de energía total de un robot. Tomando en cuenta las investigaciones mencionadas, minimizar el consumo de energía de los robots es un verdadero desafío y requiere de mucha investigación, aquí se presenta una investigación para poder aminorar el consumo energético en los robots industriales. La reducción de energía en los robots es gracias a un módulo que optimiza las configuraciones del robot para que este pueda seguir una trayectoria que ha sido definida por el operador del mismo (Mohammed et al., 2014).

### **3.6.4 Eficiencia energética en el brazo robótico utilizando algoritmo genético**

A medida que crecen de las necesidades de los países de crear empresas para generar más producción en las diferentes tipos de empresas, los robots son una herramienta que ayuda a trabajar más rápido eficiente mejorando la producción, la demanda de robots va creciendo ya que los robots son utilizados en diferentes industrias ya que estos pueden trabajar sin parar y realizar los trabajos de manera exacta, teniendo en cuenta que los robots pueden realizar trabajos que pueden ser peligroso para las personas, los robots más utilizados en la industria son los brazos robóticos, estos tiene muchas aplicaciones como agarre, movilizar objetos, soldar, cortar y muchas más pero estos pueden llegar a consumir mucha energía, como se puede reducir ese gasto de energía, se ha investigado métodos para disminuir el consumo energético, valores de ubicación, aceleración y velocidad están dados en el sistema conforme a los límites del proceso, después se calcula el par de estímulo, luego el consumo es calculado según el estímulo del modelo de parámetros de Lambert. Y se define el consumo de energía como la función del tiempo de ejecución de la tarea, esto describe movimientos óptimos sin obstáculos en la trayectoria del robot, el análisis del consumo y estado dinámico del sexto grado de libertad de los robots han sido estudiados, estos muestran la carga que puede tener el robot y la velocidad ya que estos tienen una gran importancia en el consumo energético del robot. Aquí se describe un modo para lograr una trayectoria de energía extraordinariamente buena para los robots Bibi y se logra crear un código simple para la trayectoria del movimiento (Samet Siar & Fakharian, 2018).

Se puede concluir que evitando movimientos incensarios para el robot y trabajando de manera óptima este reducirá el consumo energético y trabajara de forma más eficiente ya que los movimientos estarán planeados para ser los más cortos y sin obstáculos, y se puede comprender que si el robot realiza movimientos innecesarios y rutas extras necesitara más energía para cubrir estas rutas y movimiento por lo que se reflejara un mayor consumo energético

### **3.6.5 Análisis del consumo energético de robots industriales.**

El consumo y la conservación de la energía es de mucha importancia para el sector económico, La norma de gestión energética (EN 16001) les pide a las empresas tener monitoreado su consumo energético y tratar de reducir el consumo. Esto genera la necesidad de poder medir el consumo de manera exacta que también genera un gasto extra. Aquí Se puede encontrar 2 maneras sencillas de ahorro de energía en los robots, la primera trata del ahorro de energía mientras el robot esté en funcionamiento, para este método se han generado múltiples planificaciones de las rutas optimas, pero los robots industriales pueden ahorrar energía cuando no están en movimiento como los apagados programables de los robots cuando no están en funcionamiento, recién se han hecho público resultado de las mediciones de robots industriales en conjunto, moviéndose, y esto genera un gran paso el ahorro de energía, conforme al experimento se utiliza 2 robots distintos, un Comau SMART six que es controlado por un C4G sin tener cables o herramientas, un Kuka KR 6 controlado por KR C1 este cuenta con 1 terminal de válvula para cambiar la herramienta y mangueras y cables además de una pinza doble por lo que este tiene un poco más de carga, pero según las especificaciones estos robots son parecidos una carga de 6 kg en la muñeca, carga útil de 10 kg y un alcance Comau es de 1.4 m, 1,6m del Kuka, y una diferencia de carga y una diferencia de tiempo distinta Kuka del 2000 y el Comau del 2007. La medición del consumo de energía se realizó por un Janitza UMG 605 registrando voltaje, corriente y ángulos desfase, este experimento se basa en múltiples movimientos que son realizados con aceleraciones y velocidades diferentes, la aceleración y velocidad se ajustó a 5%, 20%, 50%, 80% y 100% (Chemnitz et al., 2011).

Estas mediciones mostraron que el tiempo que dura cada movimiento con la configuración igual tardo aproximadamente un tiempo igual en los 2 robots. Viendo las mediciones de potencia, se puede observar que el Kuka exige 2 veces más energía, En el Comau se necesita mucha más energía en los movimientos lentos que en los rápidos, esto es por el tiempo que tarda en realizarlos, en conclusión, se mira favorable realizar movimientos rápidos, pero se puede observar que un movimiento rápido consume más energía que un lento. Se pudo

observar que teniendo en cuenta que los ambos robots son parecidos, en el consumo difieren por algunos factores como la diferencia de años entre ellos (Chemnitz et al., 2011).

### **3.7 ¿QUÉ ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL?**

Como se puede observar la automatización es la innovación en los procesos, poder crear producciones más eficientes, eficaces con una inversión alta pero recuperable gracias a los trabajos realizados y el aumento de la producción, lo que genera mayores ingresos a una empresa y el pago de menos personal ya que con la automatización se reduce la mano de obra en la industria.

#### **3.7.1 Automatización a Autonomía**

La automatización en las industrias ha avanzado durante mucho tiempo, Una planta industrial o una fábrica es un lugar donde las personas trabajan físicamente, donde se crean cosas, donde se transforman materiales sencillos, pero la automatización industrial está transformando de manera beneficiosa a las empresas, Los procesos automatizados que normalmente hacen trabajos definidos con calidad en su rango de alcance específico, comenzaran a trabajar de manera autónoma en un rango más alto y específico, tomando en cuenta especificaciones que se desconocen ni se tienen en cuenta, esta mejora ayudara a aumentar la estimación mejorando la producción y ampliar la eficiencia. Este cambio sucederá en un lapso de tiempo en el cual se enfrentarán problemas difíciles, de manera social y técnica que necesitaran una solución, la IA es una tecnología importante para que se de esta transformación (Tavallaey & Ganz, 2019).

La automatización ha revolucionado la industria, ya que con la automatización se implementan los procesos automáticos y se evita el trabajo humano, así que se pueden realizar trabajos pesados y peligrosos y de manera eficiente y con alta productividad.

Cuando no se hace referencia a la automatización se refiere al uso de distintos sistemas vigilancia para manejar equipos participación de personas ya sea poca o nada, la automatización en la industria se encarga de automatizar los procesos de fabricación, manejo de la calidad y de materiales, los procedimientos en la actualidad sobre la automatización de la industria se definen por algunos componentes como ser, manejo de

vigilar y obtención de datos, esto deja a los encargados de las maquinas tener una interacción con la máquina para el control. La interfaz entre hombre-maquina (HMI) que cuenta con botones de membranas se utilizan específicamente con el tacto de paneles en la pantalla. El control por medio de la computadora permite hacer un control secuencial y de retroalimentación, este a cargo de la administración de E/S del sistema de automatización, de los sistemas operativos en tiempo real (RTOS) como ser los controladores lógicos programables (PLC), estos principalmente utilizan interfaz entre de la computadora y los sensores y actuadores, los transformadores son utilizados para convertir las señales eléctricas de los sensores a digitales y los controladores para manejar los actuadores. La planta de automatización está conformada por sensores y actuadores, transforman cantidades físicas y mueven elementos respectivamente. La planta física normalmente está constituida por mecanismos que trasladan y convierten fuerzas de forma o dirección a otras. La fuente de alimentación da al sistema energía que necesita para poder trabajar los elementos que utilizan son los fusibles, relés etc. (Mejia Rojas & Barbieri, 2019).

La primera fase de variación digital que estuvo concentrada en la tecnología de la información industrial tuvo una gran impresión en desarrollar soluciones a nivel técnico y en desarrollar la automatización general. Teniendo en cuenta la falta de experiencia de la estructura que existía en el momento, el extremar consiguió estimular la automatización industrial para llevar a cabo medidas importantes para la igualdad de los distintos protocolos de la comunicación, generando pensamientos acerca de la importancia de los sistemas tecnológicos, A finales de los años 90's, los encargados de suministrar los diferentes tipos de sistemas administrativos de activos, CMMS (Sistemas de gestión de mantenimiento computarizado) que están avanzados con la creación automática de pedidos de trabajo, y la programación de todos los mantenimientos juntos al DCS (Sistema de control distribuido) o como una solución única, la motivación es y ha sido generar más productividad, calidad y eficiencia. En la actualidad la experiencia del internet of things, la innovación de sensores, los accesos a las cámaras web y otras cosas más generan la posibilidad de crear el próximo paso a la evolución de la automatización en la industria, se refiere a las industrias autónomas. La fase común de automatización de detección, estudio y la acción en situaciones exactas,

Hoy se puede medir y distinguir los parámetros del sistema, la impresión ayuda a estudiar la conducta según en una conducta ya escrita y que el sistema espera, y también entiende la situación, dando respuesta al problema transparente para luego tomar las medidas más convenientes y poder culminar el ciclo, se puede ver como un ciclo infinito de automatización que trabaja de forma autónoma, es decir toma decisiones con respecto a acontecimientos que no son esperados en la operación sin intervención manual. (Tavallaey & Ganz, 2019).

### **3.7.1 Influencia de la cultura, la transparencia, la confianza y el grado de automatización en el uso de la automatización**

Cada vez que incrementa la propagación de la novedad de la tecnología, es importante estudiar los elementos que definen las maneras en la las personas de diferentes civilizaciones aceptan y son parte de las tecnologías, es específicamente importante que los frutos tales como la automatización desarrollada para que sean usadas en un país y civilización de igual manera puedan ser utilizados en otros lugares, en este reto se implica varias y distintas etapas de la automatización, particularmente a elementos que puedan involucrar la decisión de aplicar la automatización. (Shih-Yi Chien, Michael Lewis, Katia Sycara, Kumru., & Liu., 2019)

La cultura se ha especificado como la condición específica de un cierto grupo de personas, con referencia a cualidades, convicciones, y reglas. En distintos lugares se puede tener tópicos establecidos, que es una colección de convicciones y habilidades comunes, bien estas formaciones de culturas son de utilidad para pronosticar y dar a conocer habilidades y estructuras sociales, no pueden pronosticar exactamente el comportamiento. Estudios correspondientes a las reglas (que son los patrones típicos de comportamiento) encontrado en las civilizaciones de Honor, dignidad y rostro dan una visualización más específica y predictivo acerca de cómo las personas socializan y resuelven problemas, y para investigar las consecuencias interculturales de la fe en la automatización, se han reunido información de 3 países, Estados Unidos, Taiwán y Tokelau, que representan 3 síndromes culturales y que son diferentes entre los mismo, en poder y distancia, porque no tenían medidas favoritas de adherencia individual a los síndromes de la cultura al realizar el estudio, estas comparativas son validados en grupos intactos, sin dejar fuera las distintas diferencias entre las culturas

entre poblaciones en universidades de Estados Unidos, Taiwán y Tokelau que no están relacionadas con sus civilizaciones del país, entre estas diferencias podrían estar algunas diferencias en ingenios informáticas y experiencias con sistemas automatizados o problemas por culturas académicas en la información (Chien et al., 2019).

### **3.7.2 Un sistema de automatización a bajo costo y escalado para la educación en automatización industrial**

Gran parte de las clases de automatización industrial está enfocado en el manejo de la computadora, porque esta es la encargada de las operaciones del sistema. En los libros hablan sobre conceptos teóricos del manejo de computadoras y se encuentran varias herramientas para la simulación del comportamiento de las EEI. Pero hay que tener en cuenta los estudios que están basados de casos reales que son importantes en la educación para mostrar las posibilidades posibles en el diseño creación de software. El costo de los motores, sensores y controladores ha bajado en los últimos tiempos, creando nuevas oportunidades para la educación (Rojas & Barbieri, 2019).

Sin las computadoras la automatización no sería posible, gracias a este gran invento se ha logrado avanzar tanto en lo que ahora es la automatización en las industrias, con estas se logra crear programas, realizar programaciones y comunicar con los aparatos, también se puede diseñar sistemas completos, a medida que la automatización avanza se van creando necesidades que se suplen con nuevas tecnologías, estas son creadas en masa por lo que los costos bajan, que es la situación de los sensores y controladores, con estos bajos costos hay más oportunidades de compra y mejora de sistemas y aumentar la automatización.

## IV. METODOLOGÍA

En este capítulo se desarrolla la metodología a utilizar en el proyecto, así mismo se analizarán las actividades necesarias para poder realizar el mismo. Se diseñará el prototipo del efector final en SolidWorks y también se creará y se simulará el circuito en proteus para poder observar la funcionalidad, se enlistarán los materiales necesarios para su realización y poder observar en conjunto todos los sistemas y subsistemas del proyecto.

### 4.1 ENFOQUE

El enfoque en este proyecto es un enfoque cuantitativo, el cual se desarrollará mediante la metodología en V ya que es una metodología para el diseño y creación de proyectos de robótica, este es empleado en diversos procesos de desarrollo, este proyecto es un efector final magnético, una herramienta inteligente con el cual se analizará la posibilidad de disminuir el consumo energético en este tipo de efectores finales.

### 4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de estudio que se pueden definir en esta investigación, estas variables son como su nombre lo indica valores los valores que pueden cambiar, Las variables en la investigación son de vital importancia en un proyecto.

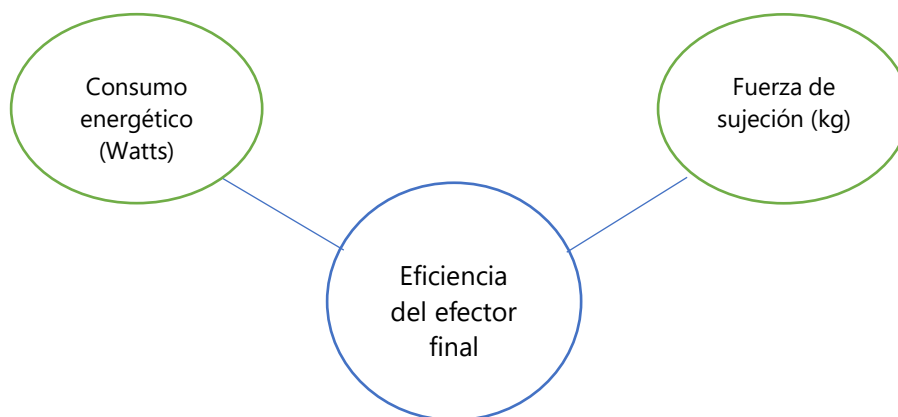


Ilustración 6: Variables de la investigación

Fuente: Elaboración propia



Teniendo en cuenta que en la investigación se busca la eficiencia del efector final magnético se consideró como la variable dependiente, y como variables independientes se establecieron el consumo energético y la fuerza de sujeción del efector final que son las variables que pueden hacer cambiar la eficiencia del efector final magnético.

### **4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

Para poder diseñar y simular el proyecto se utilizaron diferentes herramientas que ayudan a solucionar los problemas que se puedan presentar en la práctica.

Para el diseño del robot se utilizó SolidWorks y para la simulación de los componentes se utilizó proteus, para la fabricación de la carcasa del efector se utilizó impresión 3D.

Para realizar pruebas de programación y poder crear la misma se utilizó el IDE de Arduino ya que el controlador del efector es un AVR Attiny85, este programa permite realizar programaciones y poder cargársela al microcontrolador.

### **4.4 MATERIALES**

Los materiales a utilizar para lograr la creación del proyecto del efector final son los siguientes:

1. Electroimán
2. Sensor inductivo
3. MOSFET
4. Potenciómetro 10k
5. Microcontrolador Attiny85
6. Borneras

### **4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

Para poder realizar el proyecto se utilizará la metodología más adecuada para este proyecto que es la metodología en V ya que es la más apropiada para el diseño y la creación de proyectos de robótica, utilizando una etapa para realizar y crear el proyecto ya que no es un proyecto tan grande.

## **4.6 EFECTOR FINAL MAGNÉTICO**

Materiales

A los materiales se le agrego un botón, y el cableado para este.

### **4.6.1 Nivel de sistemas**

- Sistema electrónico

Este sistema está basado en un sensor inductivo, este sensor solo detecta materiales ferrosos, por dentro tiene una bobina a la cual se le hace circular corriente y cuando esto sucede se genera un campo magnético que se induce sobre el material que se detecta, al crearse esa inducción se genera un campo magnético que se contrapone con el campo magnético creado por el sensor y hace que el sensor baje su impedancia y baja su inductancia, y de esta forma se genera la detección, cuando este sensor detecta manda una señal al robot para que active el efector final que está controlado por un microcontrolador para reducir el flujo de voltaje dependiendo del peso del objeto detectado (Combatronics Online, 2016)

- Sistema de potencia

La alimentación principal tanto del efector como del microcontrolador va a depender de la salida del controlador del robot, por medio de un 7805 se podrá sacar la alimentación de 5V para el microcontrolador.

- Sistema informático

El flujo de voltaje será controlado por medio de un potenciómetro que regulará el PWM en la salida del driver, logrando el aumento o la disminución del voltaje dependiendo del peso del objeto a sujetar.

### **4.6.2 Niveles de subsistemas**

- Subsistema de control

El control del efector final magnético es automático, se realiza por medio del controlador del brazo robótico, al momento de detectar algún material ferroso se activa la salida y

permite el flujo de voltaje activando la salida del controlador, y luego dependiendo de la regulación del potenciómetro será el voltaje que pasará al efector final.

- Subsistema de Housing

Se construyo el prototipo en impresión 3D para la fabricación de la carcasa y se evaluó la resistencia del material y de los tornillos soportarían el peso de esta, por lo que se usara un material liviano, el housing se colocara en el extremo del brazo para poder realizar su función, esta estará sujeta por tornillos al robot'

- Subsistema de cableado

Se busca el cable más apto para la corriente que circulara en él, en general no se utilizara corrientes muy altas ya que el dispositivo no exige mucha carga eléctrica más que la alimentación consumida por el efector que viene del controlador.

- Subsistema de potencia

Se creo una placa para poder controlar el flujo de voltaje que pasa para el efector, esta placa tiene un microcontrolador attiny que controla directamente a un MOSFET, este es el que regula el paso de voltaje por medio de PWM.

### 4.6.3 Subsistema de programación

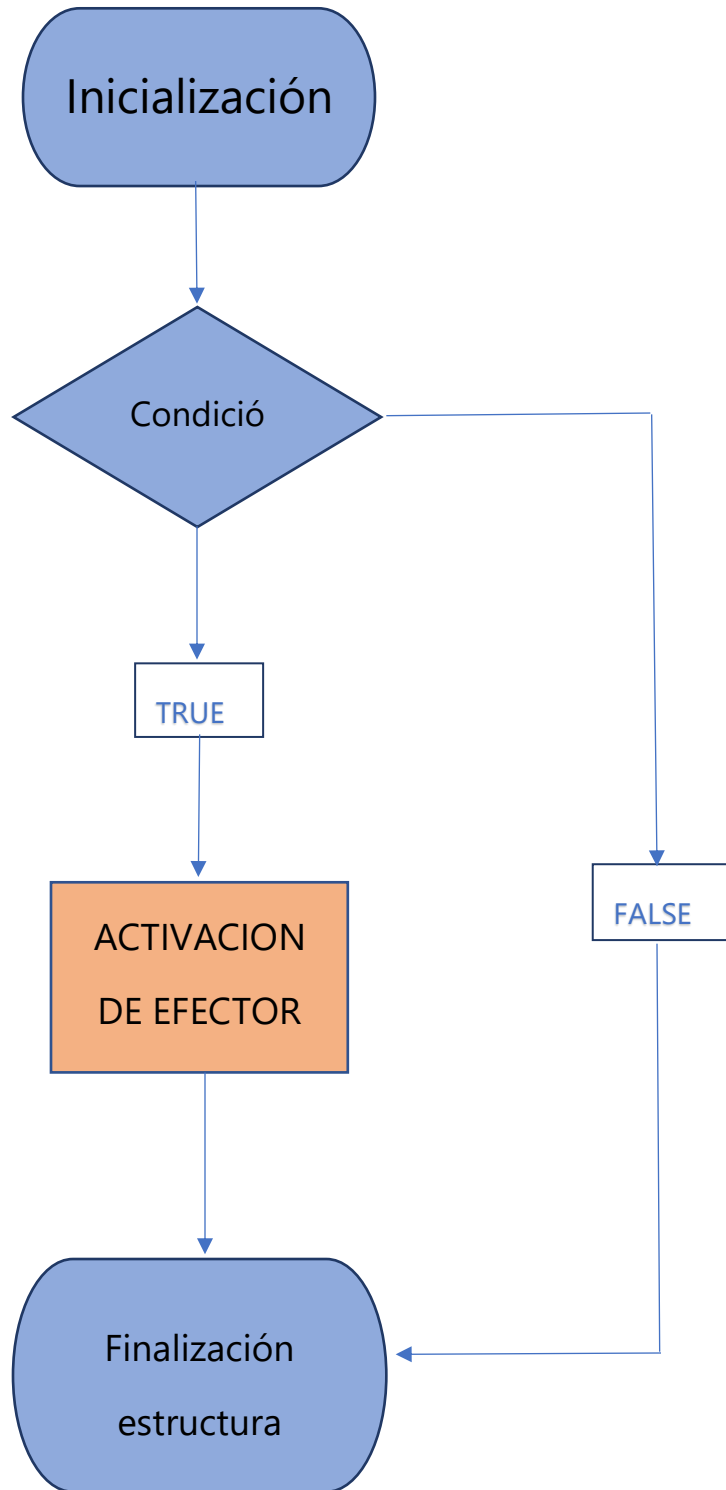


Ilustración 7: Estructura de control de efector final

Fuente: Elaboración propia

#### **4.6.4 Integración de los materiales**

- 1- Se realizó una simulación en proteus para observar cómo estos materiales interactuaban todos juntos, y se logró notar que funcionaban muy bien, el attiny 85 logra controlar el MOSFET por medio del potenciómetro, regulando bastante bien el paso de voltaje.
- 2- Al momento de integrar el efector con el robot, se puede observar que se maneja de una manera confiable, el efector final logra cumplir con su cometido de ser una herramienta pick and place para el viper 650.
- 3- Al integrar la parte de potencia se realizaron pruebas sobre la compatibilidad de los componentes a utilizarse y si estos funcionaran entre sí y se concluyó en que lo harán de una manera confiable, ya que todos trabajan con 5V y corrientes muy bajas.
- 4- El electroimán es simulado como un robot para poder observar el flujo de voltaje y se puede ver como varía su velocidad al interactuar con el potenciómetro

#### **4.6.5 Resultado del prototipo**

Se logró obtener un prototipo que está conformado por todos los sistemas y subsistemas para la creación del efector final magnético, y se logró observar un buen funcionamiento en la integración de los componentes, logrando un prototipo óptimo para lograr su funcionamiento, montado en el brazo robótico viper 650.

#### **4.7 METODOLOGIA DE VALIDACION**

Se logrará observar su funcionamiento y poder realizar sus respectivas evaluaciones y validaciones al momento de haber culminado su fabricación y la programación logrando aplicar las pruebas necesarias.

Etapa II.

## **4.8 CAMBIOS AL EFECTOR FINAL MAGNÉTICO**

### **4.8.1 Nivel de sistemas mejorados**

- Sistema electrónico

Se realizaron mejoras para la mejor detección y calibración del PWM por medio del sensor inductivo, el sensor detecta manda una señal al microprocesador para que active el efector final que está controlado por un attiny85 para reducir el flujo de voltaje dependiendo del peso del objeto detectado, si se necesita reactivar la calibración del electroimán, fácilmente se logra mediante un botón que se agregó a la placa.

- Sistema de potencia

La alimentación principal tanto del efector como del microcontrolador va a depender de una fuente externa de 12 V y 3 A, por medio de un 7805 se podrá sacar la alimentación de 5V para el microcontrolador.

- Sistema informático

Se necesito mejorar la manera en la que se controlaba el flujo de voltaje, y de esta manera poder obtener una calibración autónoma, el flujo de voltaje será controlado por una sujeción de calibración, se inicia sujetando un objeto, este es detectado por el sensor inductivo, y a medida que basa el tiempo la fuerza de sujeción disminuye, una vez que lo suelta, el sensor inductivo deja de funcionar y el nivel de PWM se ajusta para sujetarlo.

### **4.8.2 Niveles de subsistemas mejorados**

- Subsistema de control

El control del efector final magnético es automático, se realiza por medio del controlador del brazo robótico, al momento de detectar algún material ferroso se activa la salida y permite el flujo de voltaje activando la salida del controlador, y luego dependiendo de la calibración obtenida al principio, así será el voltaje que pasará al efector final.

- Subsistema de Housing

Se realizaron cambios a la impresión, y realizar la sujeción del electroimán por medio de pega, de esta manera favoreciendo la detección de los materiales al momento de sujetar un objeto.

- Subsistema de cableado

El sistema de cableado se quedó como el principio, ya que se observó un buen funcionamiento desde el principio.

- Subsistema de potencia

Se modificó la placa y se integraron borneras para la conexión del sensor inductivo, ya que con este sensor es el que controlamos el PWM, además de que se eliminó el potenciómetro principal, y se agregó uno para limitar el paso de voltaje del sensor inductivo al microcontrolador.

#### **4.8.3 Nueva integración de los materiales**

- 1- Se realizó mejoras a la simulación en proteus para observar cómo estos materiales interactuaban todos juntos, y se logró notar que funcionaban muy bien, el attiny 85 logra controlar el MOSFET por medio del tiempo de sujeción del electroimán y con la detección del sensor inductivo se observó una regulación bastante bien, al paso de voltaje.
- 2- La integración del efector al robot quedó de la misma manera, ya que de igual manera podíamos notar que funcionaba de manera correcta.
- 3- Al integrar el sensor inductivo a la placa, se tuvo que tomar los voltajes a la salida de la fuente, ya que este funciona con 12 V, y los demás componentes funcionan con 5 V, y esto luego está conectado al 7805 que es quien lo reduce a los 5 V que necesitamos.

- 4- El electroimán es simulado como un motor para poder observar el flujo de voltaje y se puede ver como varia su velocidad al interactuar con el sensor inductivo.

#### **4.8.4 Resultado del prototipo obtenido**

Se logro obtener un prototipo que está conformado por todos los sistemas y subsistemas modificados, para la creación del efector final magnético, y se logró observar un buen funcionamiento, además de tener una calibración de PWM autónoma, en la integración de los componentes, logrando un prototipo óptimo para lograr su funcionamiento, montado en el brazo robótico viper 650.

#### **4.9 METODOLOGIA DE VALIDACION**

Se logrará observar su funcionamiento y poder realizar sus respectivas evaluaciones y validaciones al momento de haber culminado su fabricación y la programación logrando aplicar las pruebas necesarias.



## 4.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta todas las actividades necesarias para poder realizar el proyecto, se creó el siguiente esquema de la ruta crítica, tomando tiempos estimados para cada actividad, en la imagen se ilustra la información con las fechas y los días necesarios para la realización del mismo.

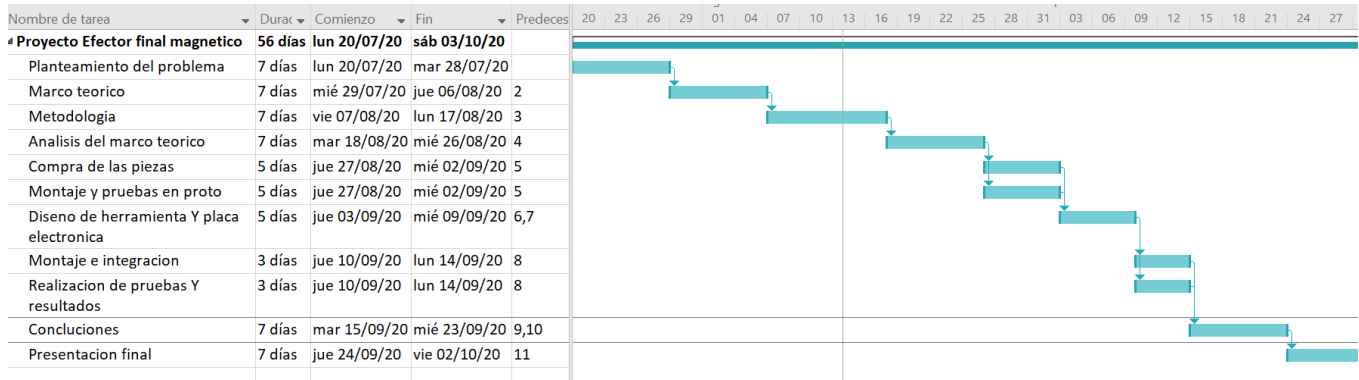


Ilustración 8: Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración propia

## V. ANÁLISIS Y RESULTADO

A continuación, se mostrarán los análisis y resultados obtenidos a través del desarrollo del proyecto con la metodología que se utilizó, en el cual se realizaron pruebas, prácticas para poder comprobar el funcionamiento óptimo del efector.

### 5.1 ANÁLISIS DE SUSTENTO DEL MARCO TEÓRICO

Mucha de la información planteada en el marco teórico, es información necesaria para poder realizar este proyecto. Las cosas necesarias para realizar este proyecto son las siguientes:

- Un microprocesador
- Sensor de detección
- Electroimán
- Interruptor y controlador de PWM

Como Microprocesador se puede enlistar los siguientes, con las características que podrían llevar a decidir por el más adecuado, como ser sus dimensiones, el precio y el voltaje de trabajo.

TABLA 1. TABLA COMPARATIVA DE LOS MICROPROCESADORES.

	Voltaje	Dimensiones	Precio
<b>Attiny 85</b>	2.7 V a 5.5V	18mm x 19mm	150 L.
<b>Arduino nano</b>	5 V	43.18mm x 17.7mm	225 L.
<b>Arduino uno</b>	7 V a 7.5 V	66.1mm x 63.3mm	325 L.
<b>PIC 18F45K22</b>	1.8 V a 5.5 V	2 a 4 cm	200 L.

Fuente: elaboración propia (2020).

Teniendo en cuenta que el proyecto, no es un proyecto muy grande, en el que ahorrar espacio es de mucha importancia, se tomó la decisión de utilizar el microprocesador Attiny 85 debido a su bajo costo y sus dimensiones que lo hacen un microprocesador bastante pequeño, permitiendo obtener una placa pequeña que se puede integrar en nuestro

prototipo sin ningún problema, el Attiny 85 es un microprocesador que puede trabajar como un Arduino con la diferencia de los pines, la Attiny 85 es un microprocesador para proyectos que requieran de un circuito pequeño, además de que cuenta con dos pines PWM, que es uno de los temas de mucha importancia en este proyecto.

Como sensor de detección se obtuvieron tres opciones, mostrando cada uno de ellos con sus características necesarias para poder tomar una decisión sobre cuál de estos sensores se puede utilizar para llevar a cabo este proyecto.

TABLA 2. TABLA COMPARATIVA DE LOS SENSORES DE DETECCION.

	Voltaje	Rango de detec.	Precio	Material de detec.
<b>Sensor inductivo</b>	5 V	2 mm	175 L.	Mat. Ferrosos
<b>Sensor capacitivo</b>	6 V a 36 V	10 mm	300 L.	Metal y no metal.
<b>Sensor infrarrojo</b>	5 V	3 a 80 cm	155 L.	Todos

Fuente: elaboración propia (2020).

Si se tiene en cuenta que los imanes o electroimanes solo pueden sujetar materiales ferrosos y por ende se necesita únicamente la detección de materiales ferrosos. Se tomó la decisión de utilizar un sensor inductivo como sensor de detección ya que en los enlistados es el único que cumple la función necesaria, los otros sensores detectan presencia o ausencia de cualquier material, este trabaja a un voltaje de hasta 36 voltios, lo que luego serviría para conectar de manera directa al controlador de un robot real, permitiendo eliminar parte del circuito.

Con respecto al electroimán que ayudara a la sujeción de los materiales ferrosos, se buscó varias opciones para encontrar el más adecuado, las siguientes son opciones que se pensaron viables para un trabajo óptimo, ya que este es un elemento de mucha importancia para la creación de este prototipo, esta pieza es la que genera la sujeción y es a la que se busca regularle el voltaje para poder obtener diferentes tipos de sujeciones.

TABLA 3. TABLA COMPARATIVA DE ELECTROIMANES.

	Voltaje	Fuerza magnética.	Precio
<b>Fugest</b>	12 V	600 lbs. (272 kg)	784 L.+ envió
<b>Vis-ml120</b>	12-24 V	132 lbs. (60 kg)	535 L.
<b>Szzijia</b>	5 V	11 lbs. (5kg)	232 L. + envió

Fuente: elaboración propia (2020).

Considerando que el robot viper 650 solo puede soportar 11 libras (5 kg), primero se consideró el Szzijia pero este tiene un voltaje de trabajo de 5V que es muy pequeño y se podría quemar, además de que la sujeción es demasiado justa, no se podría tener un rango de sujeción, como segunda opción y la más viable se tomó la decisión de utilizar el Vis-ml120 ya que tiene un voltaje de trabajo de 12-24 voltios y puede sujetar un peso de 132 lbs (60kg) y tiene un precio accesible, además de que se puede encontrar en el mercado local y los demás se tenían que pedir al extranjero, esto conllevaría a una espera larga, ya que tardaría de 2 a 3 semanas en llegar, y luego se necesitarían realizar las pruebas, esto complicaría el trabajo.

Para interrupción del voltaje y control del PWM se tuvieron tres opciones que se consideraron viables, de las cuales se consideró el voltaje de trabajo, voltaje que pueden soportar, su precio y si estos contaban con el control del PWM.

TABLA 4. TABLA COMPARATIVA DE LOS INTERRUPTORES.

	Voltaje	Voltaje soportado	Precio	Control PWM
<b>Módulo de Relé</b>	5 V	250 VAC.	65 L.	No
<b>Driver L298n</b>	6-35 V	6-35V.	110 L.	Si
<b>MOSFET</b>	12 V	24 V	50 L.	SI

Fuente: elaboración propia (2020).

Según la información recabada, el mejor interruptor y para el control del PWM se consideró al MOSFET ya que este no consume voltaje, es muy eficiente, y soporta voltajes y corrientes altos, los demás trabajan de manera deficiente, ya que el con el relé, no se puede regular PWM, por esta razón se descarta, el driver I298n fue la primera opción al principio, pero al trabajar, se notó un control de PWM, bastante deficiente, ya que no permitía el control total del electroimán, sin mencionar que consumía parte del voltaje, y esto aminoraba el rendimiento de nuestro electroimán, y una vez probado el MOSFET se pudo notar que trabaja de manera óptima, y muy eficiente.

## **5.2 PRUEBAS EN SOLIDWOKS**

SolidWorks no es solo una herramienta de trabajo para crear diseños de prototipos, es un software mucha ayuda, ya se puede realizar simulaciones de esfuerzo y movimientos, de esta manera se puede observar si nuestras piezas pueden ser resistentes, a tal manera de que si en las simulaciones se puede ver deformaciones, y/o demasiado estrés por parte de la pieza, se puede asumir que no es el mejor material, o si se debe realizar cambios de dimensiones, esto para poder tener una mejor resistencia por parte del material, y aprovechar la funcionalidad, antes de gastar material de impresión.

Se desarrollo el prototipo del efector, iniciando de toda la información obtenida de ante mano, y desarrollando el prototipo más adecuado, para hacer el diseño se necesitó apoyarse en el software de SolidWorks, el cual permitió crear un diseño aceptable, después de diseñar la carcasa del efector, se prosiguió a realizar las pruebas de análisis sobre el comportamiento de la carcasa ante fuerzas que se pueden obtener con la sujeción de materiales, teniendo en cuenta todas las medidas reales, el material, entre otros parámetros, que pudieran influir en la manera en la que se puede comportar el efector. (Ordoñez Avila et al., 2020)

Para poder realizar los análisis de fuerzas los cuales se pueden obtener al sujetar algún objeto, se realizó mediante una de las herramientas que ofrece SolidWoks, para poder realizar estas pruebas, esta herramienta es SimulationXpress. Con esta herramienta se puede agregar el lugar de sujeción de la pieza, la fuerza ejercida, además de que si se cuenta con algún tipo de presión también se puede agregar esta fuerza de presión, y elegir el tipo de

material del cual estaría diseñado el prototipo, y si no está en la librería de materiales, se puede agregar de manera fácil, siempre y cuando se cuente con la información a detalle sobre dicho material.

Para obtener retroalimentación sobre el comportamiento del diseño de la carcasa del robot, se necesitó realizar pruebas del comportamiento ante fuerzas, en el software CAD SolidWorks, este permitió realizar análisis de fuerzas un poco más detallados (Ordoñez Avila et al., 2020).

SolidWorks simulation es un gran elemento de análisis, es bastante utilizado por los ingenieros de diseño, esto les sirve cuando están en procesos de desarrollo de productos, lo utilizan para medir estática, frecuencia, pandeo, fatiga, pruebas de caídas y estudios no lineales (Chirita et al., 2017).

El estudio de SolidWorks simulation xpress da la oportunidad de hacer pruebas y simulaciones, este está creado para probar la capacidad de las piezas creadas, las simulaciones se pueden hacer agregándoles información a las piezas, como restricciones, cargas y el tipo de material del que está diseñado la pieza, los resultados se obtienen en tensión, desplazamiento y el factor de seguridad (B. Wan Mohd Raziff et al., 2018).

Se realizó un análisis de fuerza a la carcasa para el efector final, este efector está creado para un robot Viper 650, dicho robot solo puede soportar 5kg (11 lb) de peso, y la fuerza a la que fue sometida la pieza es de 24 libras fuerza, el doble de lo que el robot Viper 650 puede soportar, esto con la finalidad de saber si la el efector cuenta con las condiciones óptimas para trabajar, y tener un rango de sujeción de peso aceptable, a continuación se mostraran los resultados de las pruebas que se le realizaron.

Muchos de los problemas de análisis requieren realizar un análisis a detalle de los productos, con la finalidad de tener simulaciones más precisas que sean acordes a la realidad, antes de establezca un diseño final. SimulationXpress es una herramienta que predice el comportamiento de una pieza cuando está bajo los efectos de una carga, de igual manera detectar problemas en las primeras etapas del ciclo del diseño (Robles, s. f.).

En el simulador de SimulationXpress, se emplean cargas y sujeciones a una pieza, se especifica el tipo de material, se analiza y se observan los resultados, esta información incorpora, en el estudio de simulación. De esta manera se realizan evaluaciones en los cuales se utilizan análisis de elementos finitos, para demostrar el análisis de la carga deformación que se necesita hacer. Es de mucha importancia saber las propiedades mecánicas del material que se utilizara, y partiendo de esto se puede interpretar los análisis que se mostraran en las simulaciones de carga deformación, y así poder analizar los estudios mostrados en los análisis.

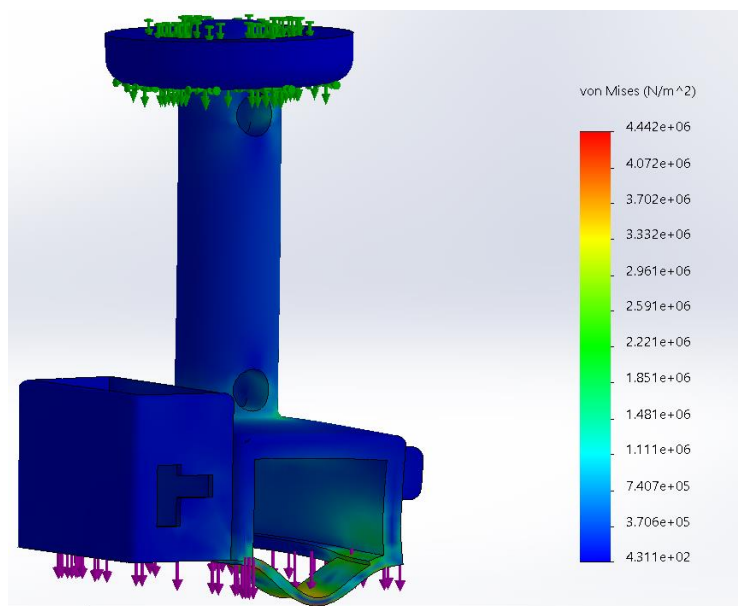


Ilustración 9: Estrés de efector sometido a 24 libras fuerza

Fuente: Elaboración propia, (2020).

En la imagen de estrés se puede observar que hay partes que sufren más estrés que otras, como ser la parte libre, por donde entra el electroimán, y la base de la pieza, en ambos lados, pero no es un estrés que no se pueda soportar, esto da una referencia, sobre cómo se comportaría la el efector en condiciones reales, y viendo que es una fuerza superior a la cual será sometida, se puede concluir que el estrés es aceptable, además de que las partes donde muestra el estrés son partes no tan grandes, y el estrés mostrado según la gráfica de estrés no es algo de manera que no pueda ser soportado por la pieza.

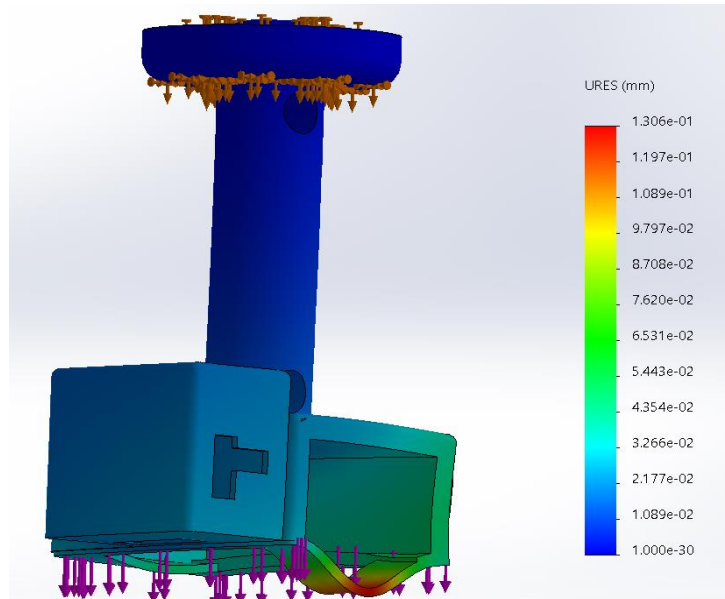


Ilustración 10: Desplazamiento de efector sometido a 24 libras fuerza

Fuente: Elaboración propia, (2020).

En la prueba de desplazamiento que fue sometida de igual manera a 24 libras fuerza, se puede notar que la imagen muestra que la fuerza ejercida solo afecta un poco la parte inferior, es esta parte del diseño la que soporta la carga de los objetos levantados, por lo que es la que esta predispuesta a soportar los pesos, pero como se puede ver, la soporta sin mucho desplazamiento.

La prueba de deformación muestra, la deformación que la pieza puede tener al ser sometida a una fuerza de 24 libras fuerza, y viendo la comparación entra la pieza original, se puede observar que deformación no es tan considerable, por lo que se puede concluir que la pieza soporta las 24 libras fuerza de manera eficiente.

### 5.3 PRUEBA DE GOLPE

Los efectores finales pueden tener accidentes de golpes cuando son manipulados, por las personas. Por esta razón es importante saber si pueden soportar un golpe fuerte, se realizaron pruebas a la carcasa del efector mediante simulation xpress, para saber si la carcasa puede soportar un golpe fuerte, la fuerza que se le aplico fue de 150 libras fuerza, que es una fuerza considerable para algún tipo de golpe que la pieza pueda recibir.



Para poder asegurar los movimientos de los robots en la industria que cuentan con espacios de trabajo superpuestos pueden especificarse como problemas de robótica, así como la proyección de las rutas o la mejora de un sistema anticollisiones (Sukhovey & Gubankov, 2020).

Desde que inicio la historia de la tecnología en la humanidad, los humano han logrado experimentar los resultados de pruebas a realizadas y esfuerzos en distintos elementos, de esta manera se ha podido probar si luego de un impacto determinado se ha podido despegar un pedazo de piedra, si tras un golpe exacto se ha podido deformar un metal o si después de soportar un peso sobre una estructura, ésta se ha dañado.

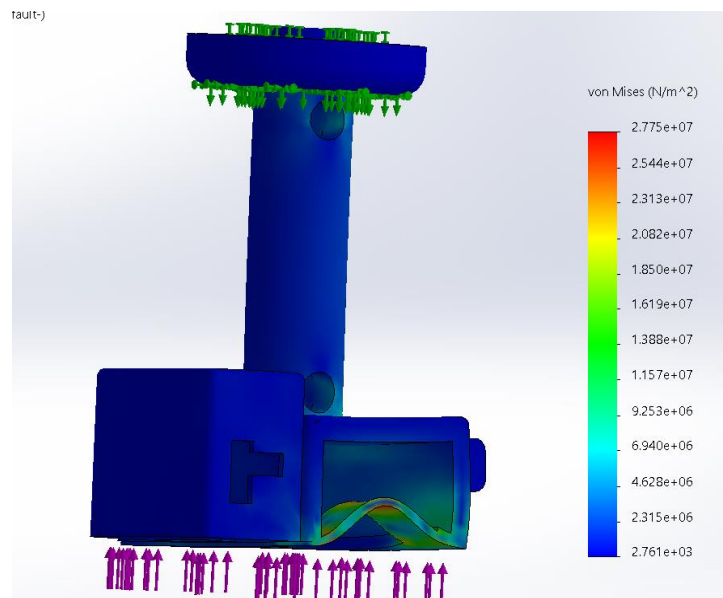


Ilustración 11: Estrés de efector sometido a un golpe de 150 libras fuerza

Fuente: Elaboración propia, (2020).

En esta prueba se sometió al efector final magnético a un golpe de 150 libras fuerza, y como se puede observar, no se observa un estrés tan grande por parte de la pieza, solo un pequeño en la parte de la base de la pieza, en la gráfica del golpe se muestra que la pieza no sufre mucho estrés, teniendo en cuenta la magnitud del impacto a la cual este fue sometido.

La pieza sufre deformación en la parte inferior, pero esta no es tan grande, teniendo en cuenta que dentro de la carcasa estaría el electroimán, que evitaría que se deformara la pieza

de esa manera, quien sufriría más sería la base, y según como se muestra en la prueba, la base lo soporta, sin tener mucha deformación.

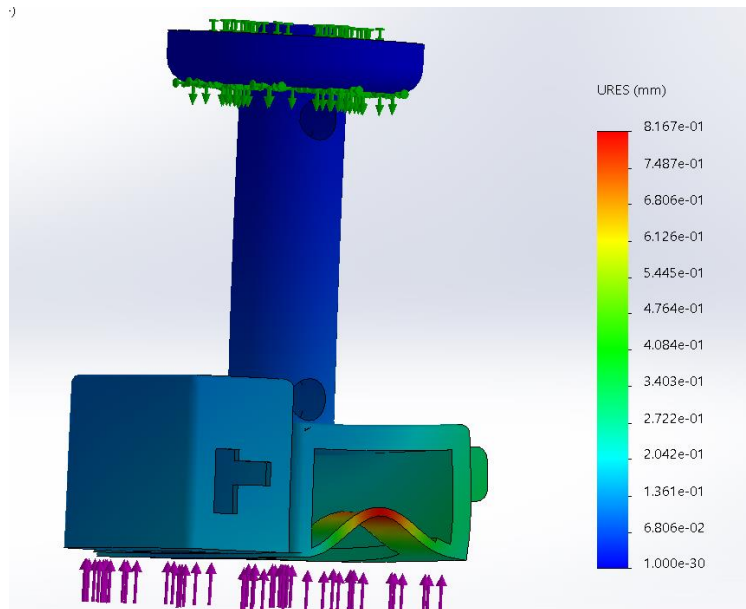


Ilustración 12: Desplazamiento de efector sometido a un golpe de 150 libras fuerza

Fuente: Elaboración propia, (2020).

El desplazamiento sufrido por la pieza no es tan grande, si se tiene en cuenta la fuerza con la que se realizó el golpe, se puede observar un pequeño desplazamiento, que es absorbido por la parte de la carcasa donde va introducido el electroimán, esta le daría un poco más de resistencia a la pieza, por lo que hay que tener en cuenta este pequeño detalle al momento de poder tener algún tipo de impacto a la pieza terminada, por lo que lleva a concluir que la pieza si puede soportar un golpe de tan gran magnitud.

Se puede concluir que la pieza puede soportar un golpe de 150 libras fuerza, sin quebrarse o deformarse, lo que la hace una herramienta confiable al momento de trabajar.

El software SolidWorks permite a los profesionales, realizar análisis, sobre los productos realizados, los análisis se realizan sobre pesos, y fuerzas, luego de aplicar los parámetros del entorno, se pueden ver los resultados obtenidos (Hazwan et al., 2014).



Ilustración 13: Efecto final magnético inteligente

Fuente: Elaboración propia, 2020).

En la ilustración número 13 se puede apreciar el prototipo diseñado, e impreso en SolidWorks, con todos los componentes integrados, listo para ser integrado a un robot, y poder ser utilizado como efecto final. Este cuenta con un sensor inductivo para realizar las detecciones de materiales ferrosos, además de una pequeña caja de control, en esta se encuentra una placa donde están integrados los componentes necesarios para su óptimo funcionamiento, además de que sobre sale el potenciómetro, esto para poder manipular la sujeción del efecto por medio de este.

#### **5.4 LA SUPERFICIE DE CONTACTO**

Cuando hablamos de electroimanes, estos producen una magnitud de campo magnético al momento de obtener corriente, este flujo magnético atraviesa fácil al hierro no, pero en cambio, por medio del aire o materiales no ferrosos. Si se cuenta con una separación en medio del electroimán y un material ferroso, esto hace difícil el paso del flujo magnético y

hace que disminuye la fuerza de sujeción. Oxido, pintura, suciedad, papel cualquiera de estas cosas es suficiente para crear una separación y por ende una disminución de la fuerza magnética de un electroimán (Selter, 2014).

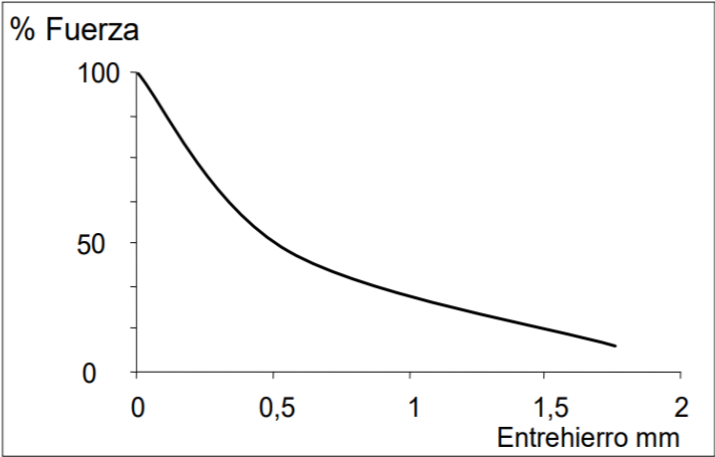


Ilustración14: Fuerza de sujeción con respecto a entrehierro de materiales

Fuente: (Selter, 2014).

En esta grafica se puede observar a la sujeción por medio de la fuerza y el entrehierro en mm, la gráfica muestra que entre más grande sea la separación que el material ferroso pueda tener por medio de pintura, oxido y otras cosas, la fuerza magnética es menor. Cualquier cosa que se pueda encontrar entre el electroimán y la pieza a sujetar va a disminuir la fuerza de sujeción del electroimán.

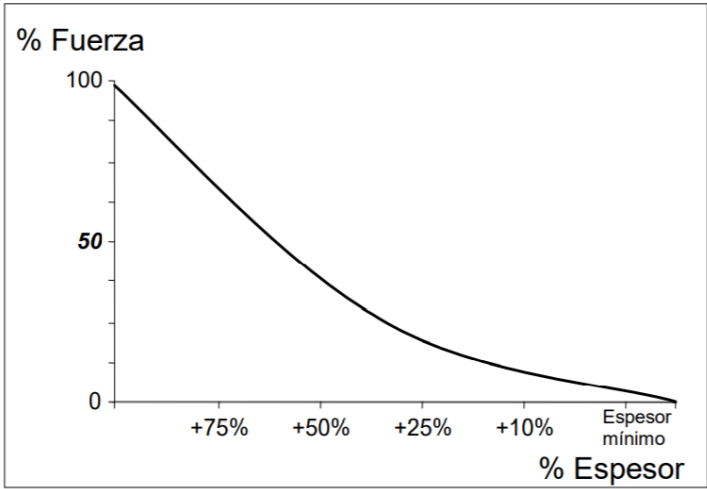
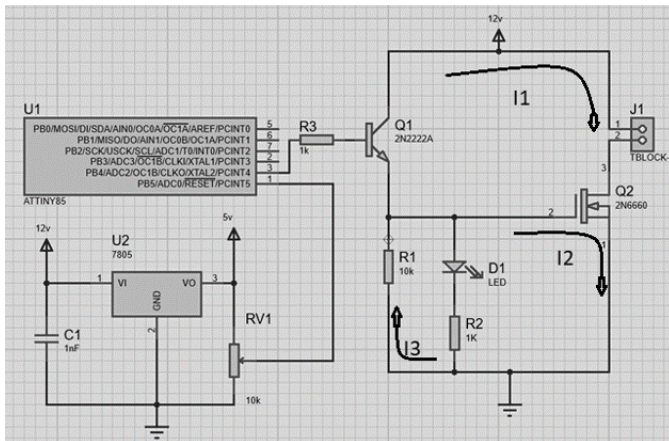


Ilustración15: Fuerza de sujeción con respecto a espesor de materiales ferrosos

Fuente: (Selter, 2014).

La grafica muestra que la fuerza de sujeción es más fuerte cuando se tiene mayor grosor de material ferroso para la sujeción, si el espesor es poco la fuerza de sujeción del electroimán será poca. La fuerza de sujeción no será la misma, para una lata delgada, que, para un hierro de un grosor considerable, se verá una mejor sujeción para un hierro sólido.

### 5.5 PLACA PRIMER PROTOTIPO



$$\begin{aligned}
 -10ki3+2.2v+1k(i3-i2)&=0 \\
 -10ki3+1ki3-1ki2&=-2.2 \\
 -9ki3-1ki2&=-2.2 \\
 -1k(i3-i2)-2.2v&=0 \\
 -1ki3+1ki2&=2.2 \\
 i2&=(2.2+1ki3)/(1k) \\
 i2&=2.2 \times 10^{-3} + i3 \\
 -9ki3-1k(2.2 \times 10^{-3} + i3)&=-2.2 \\
 -9ki3-2.2-1ki3&=-2.2 \\
 -10ki3&=0 \\
 i3&=0 \\
 i2&=2.2 \times 10^{-3} + i3 \\
 i2&=2.2 \times 10^{-3} + 0 \\
 i2&=2.2 \times 10^{-3} \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i1 &= 290 \text{ mA} \\
 R1 & \\
 V &= RI \\
 V &= (10k)(0) \\
 V &= 0 \\
 R2 & \\
 V &= (1K)(2.2 \times 10^{-3}) \\
 V &= 2.2 \\
 P &= VI \\
 P &= (2.2V)(2.2 \times 10^{-3} \text{ A}) \\
 P &= 4.84 \times 10^{-3} \text{ Watts} \\
 J1 \text{ Electroimán} & \\
 P &= VI \\
 P &= (12V)(290 \text{ mA}) \\
 P &= 3.48 \text{ Watts}
 \end{aligned}$$

Ilustración 16: Diagrama de placa

Fuente: Elaboración propia, (2020).

La placa es alimentada por una fuente de 12 V, estos se suministran a un 7805 (Regulador de voltaje, se puede alimentar de 7 a 35 voltios y siempre suministrar 5 voltios) para pasar de 12V a 5V y así poder alimentar al microprocesador, de esta manera nos evitamos tener una alimentación externa para la placa. En el puerto #1 se leen los valores que nos brinda el potenciómetro, estos valores nos ayudan a controlar la intensidad del nuestro PWM que se suministrara al pin #3, (en el attiny85 la salida 3 y 4 son las que pueden suministrar PWM), que sale para un transistor 2n2222a y así elevar el voltaje de 5V a 12V, de esta manera podemos obtener una regulación del PWM de 0-12 V y no de 0-5 V, después viaja a un MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor) que es quien regula el paso del PWM al electroimán, el flujo entre drenador y surtidor es controlado por una tensión proporcional en la terminal de la compuerta, el led muestra el funcionamiento del circuito, el attiny85 cuenta con un led que visualmente ayuda a que sea más notorio la intensidad del PWM.

Se ajustaron todos los componentes para así tener una placa lo más pequeña posible, y así poder integrarla al efector final magnético, y como se puede observar en la ilustración 16, los componentes están colocados de tal manera que la placa tenga las dimensiones más pequeñas posibles.

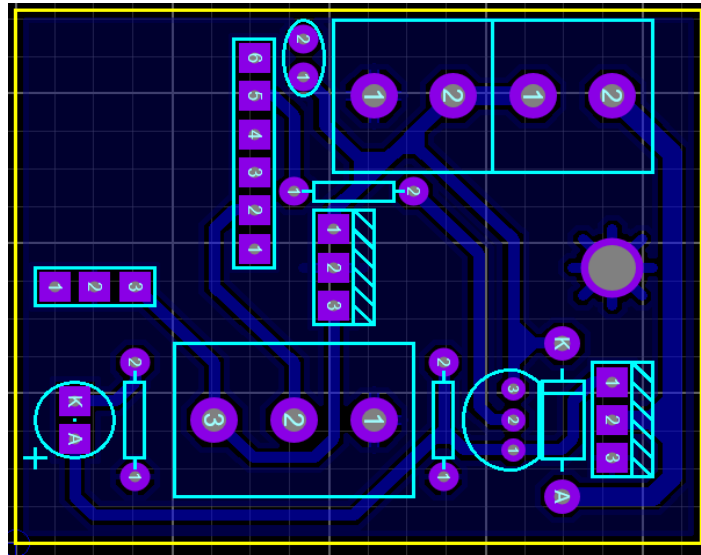
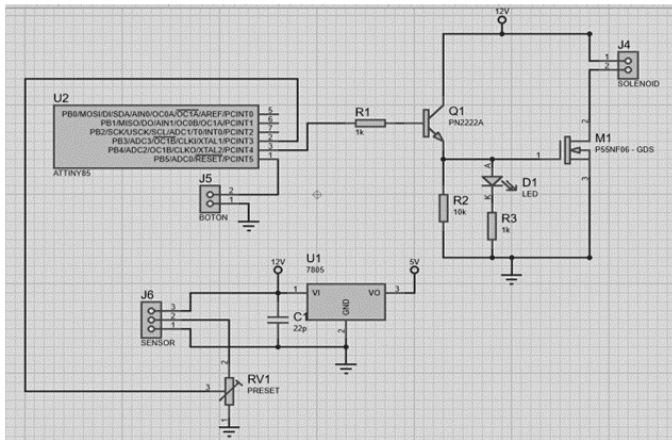


Ilustración 17: Placa para impresión

Fuente: Elaboración propia, (2020).

### 5.6 PLACA SEGUNDO PROTOTIPO



$$\begin{aligned}
 -10ki^3 + 2.2v + 1k(i^3 - i^2) &= 0 \\
 -10ki^3 + 1ki^3 - 1ki^2 &= -2.2 \\
 -9ki^3 - 1ki^2 &= -2.2 \\
 -1k(i^3 - i^2) - 2.2v &= 0 \\
 -1ki^3 + 1ki^2 &= 2.2 \\
 i^2 &= (2.2 + 1ki^3) / (1k) \\
 i^2 &= 2.2 \times 10^{-3} + i^3 \\
 -9ki^3 - 1k(2.2 \times 10^{-3} + i^3) &= -2.2 \\
 -9ki^3 - 2.2 - 1ki^3 &= -2.2 \\
 -10ki^3 &= 0 \\
 i^3 &= 0 \\
 i^2 &= 2.2 \times 10^{-3} + i^3 \\
 i^2 &= 2.2 \times 10^{-3} + 0 \\
 i^2 &= 2.2 \times 10^{-3} \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_1 &= 290 \text{ mA} \\
 R_1 & \\
 V &= RI \\
 V &= (10k)(0) \\
 V &= 0 \\
 R_2 & \\
 V &= (1K)(2.2 \times 10^{-3}) \\
 V &= 2.2 \\
 P &= VI \\
 P &= (2.2V)(2.2 \times 10^{-3} \text{ A}) \\
 P &= 4.84 \times 10^{-3} \text{ Watts} \\
 J_1 \text{ Electroimán} & \\
 P &= VI \\
 P &= (12V)(290 \text{ mA}) \\
 P &= 3.48 \text{ Watts}
 \end{aligned}$$

Ilustración 18: Diagrama de placa segundo prototipo

Fuente: Elaboración propia, (2020).

La placa es alimentada por una fuente de 12 V, estos se suministran a un 7805 (Regulador de voltaje, se puede alimentar de 7 a 35 voltios y siempre suministrar 5 voltios) para pasar de 12V a 5V y así poder alimentar al microprocesador, de esta manera nos evitamos tener una alimentación externa para la placa. El puerto #2 está conectado al sensor inductivo, este es quien hace la detección de los materiales ferrosos, el valor del PWM va a depender de que tanto tiempo este sujeto el objeto al electroimán, el PWM se suministrara del pin #3, (en el attiny85 la salida 3 y 4 son las que pueden suministrar PWM), que sale para un transistor 2n2222a y así elevar el voltaje de 5V a 12V, de esta manera podemos obtener una regulación del PWM de 0-12 V y no de 0-5 V, después viaja a un MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor) que es quien regula el paso del PWM al electroimán, el flujo entre drenador y surtidor es controlado por una tensión proporcional en la terminal de la compuerta, el led muestra el funcionamiento del circuito, el attiny85 cuenta con un led que visualmente ayuda a que sea más notorio la intensidad del PWM, además en la placa se agregó un botón, al ser presionado envía una señal al pin #0 de la placa.

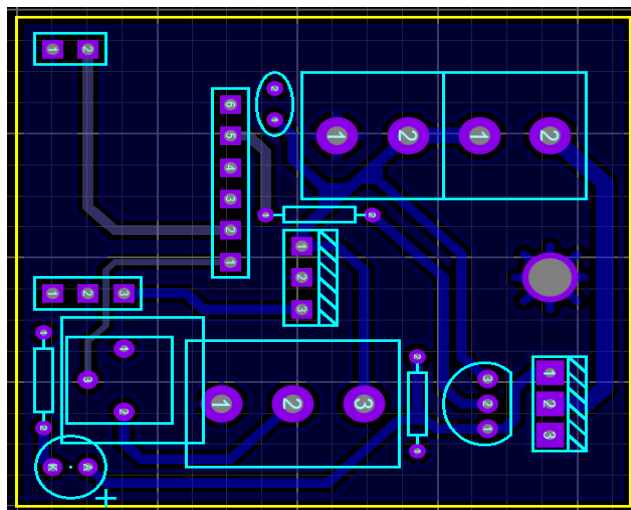


Ilustración 19: Placa para impresión del segundo prototipo

Fuente: Elaboración propia, (2020).

## 5.7 AUTOMATION CONTROL ENVIRONMENT ACE

El software Automation Control Environment ACE es un programa para computadora, con el cual se puede tener herramientas para configurar, programar, controlar y monitorear el equipo de Adept (Omron, 2016).

Se agregó el prototipo diseñado en SolidWorks en el programa Automation control environment, para poder realizar las simulaciones, de movimiento, para esto se guardó el diseño en .step, además de esto se agregó una imagen JPG, también se creó un archivo XML, este se modificó con las coordenadas para que pudiera sujetarse a los robots. De esta manera se pudieron realizar las simulaciones de movimiento en los diferentes robots, además de que se realizaron programaciones, de esta manera se pudo ver el prototipo diseñado en SolidWorks en movimiento, conectado a un robot cobra.



Ilustración 20: Efecto final magnético en Cobra 650 ACE

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Las simulaciones de movimientos en el programa de Automation control environmet fueron realizados con una programación de manera real, tomando en cuenta las salidas y entradas con las que trabajaría el robot al momento de contar con el efecto final magnético y permitiéndole trabajar.



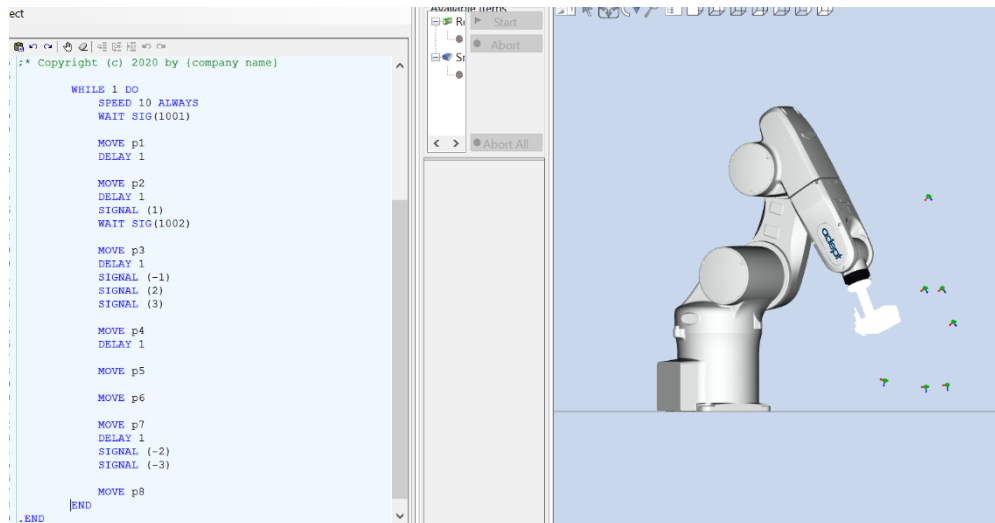


Ilustración 21: Efecto final magnético en viper 650 ACE

Fuente: Elaboración propia, (2020).

En esta programación se trabaja de tal manera, que podría subirse en un robot verdadero y realizar las funciones, las entradas y salidas están en el panel de digital I/O donde se puede simular botones, leds, entre otras cosas que serían de utilidad. Explicándola un poco, se inicia con un ciclo while, para que trabaje de manera infinita y siempre se repita, luego se establece la velocidad en que va a operar el robot, después se entra en una parte importante, en esta se logra tener una espera de una señal, que se toma como un botón, en el panel se activa y desactiva para realizar la simulación, después se mueve al primer punto, este se podría denotar como un punto de seguridad, para luego iniciar con la detección y activar una salida, que sería un led, además de esto, se presenta la espera de otra detección, esta sería la detección del material ferroso por medio del sensor inductivo, si este es detectado, el programa continúa a la sujeción, si no detecta, el programa termina, una vez detectado el material ferroso, robot procede a realizar los movimientos para poder sujetar el material por medio del efecto final magnético, una vez sujetado, se mueve nuevamente a una posición segura, así poder moverse libremente, sin riesgo a poder sufrir de algún accidente, después de esto, realiza los movimientos necesarios para llevar el objeto a su posición final, una vez que llega, se desactivan dos salidas importantes, uno es un led, y el segundo es un relé, el que permite el paso de voltaje al efecto.

Una vez finalizado el proyecto, se instaló el prototipo en un robot cobra, para probar el efector final magnético en un robot real, se realizó una programación similar a la mostrada en la ilustración 19, ya que era la mejor manera de probar este dispositivo de manera física, siendo este robot familia del viper, la sujeción fue realizada por medio de fajas, ya que como la herramienta está diseñada para un viper, la boquilla de sujeción no son de las mismas dimensiones, ni estilo, lo que complico un poco la estabilidad de dicha prueba, pero al final, se pudo subir la programación, y este demostrara que podía trabajar, y este cumplió con su objetivo, de esta manera, se pudo demostrar su funcionamiento óptimo en condiciones reales, se logró activarlo y que sujetara una pieza, luego esta pieza la movió de lugar, y la soltó, de esta manera se demostró su funcionalidad, para poder ser ensamblada en los robots y obtener buenos resultados por parte de este efector final magnético inteligente.



Ilustración 22: Efector final magnético en Cobra

Fuente: Elaboración propia, (2020).

## 5.8 PRUEBAS DE CONSUMO

Se planea diseñar y desarrollar, un efector final magnético, que permita, bajar las curvas de consumo diario, a las fuentes de energía, y lograr demostrar un mejor rendimiento energético por parte de la herramienta (Jaramillo et al., 2016).

Una de las finalidades específicas del efector es lograr la disminución del consumo energético en este tipo de herramientas, ya que son muy utilizadas en los procesos de las grandes empresas, y esto genera costos elevados de energía, con las pruebas de consumo se pondrá en comparación el antes y el después de haber diseñado el prototipo, observar el consumo al principio, y ver la si se pudo obtener algún tipo de mejora, y así poder concluir si este logra de manera satisfactoria cumplir con su cometido.

TABLA 5. INFORMACION SOBRE OBJETOS A SUJETAR POR ELECTROIMAN.

<b>Objetos</b>	<b>Peso g</b>	<b>Voltaje V</b>	<b>Corriente Ma</b>	<b>Watts</b>
<b>Clavo</b>	2.6	12	290	3.48
<b>Lata de leche pequena</b>	160	12	290	3.48
<b>Tapa de electro</b>	215.5	12	290	3.48
<b>Lata de leche grande</b>	369	12	290	3.48
<b>Olla pequena</b>	1074	12	290	3.48
<b>Electroiman pesado</b>	1153	12	290	3.48
<b>Olla grande</b>	1525	12	290	3.48
<b>Planca antigua</b>	1573	12	290	3.48

Fuente: elaboración propia (2020).

Al iniciar el proyecto, se tomaron varios objetos ferrosos, de estos se tomaron mediciones de peso, luego de procedió a sujetarlos con el electroimán, para medir el voltaje y la corriente que este necesita para sujetarlos, con esta información se pudo calcular el consumo en watts, obteniendo siempre el mismo resultado, para tener una mejor ilustración del peso y el consumo, se crearon gráficas, estas muestran los cambios que se pueden tener, tanto en peso como en el consumo de energía por parte del electroimán.

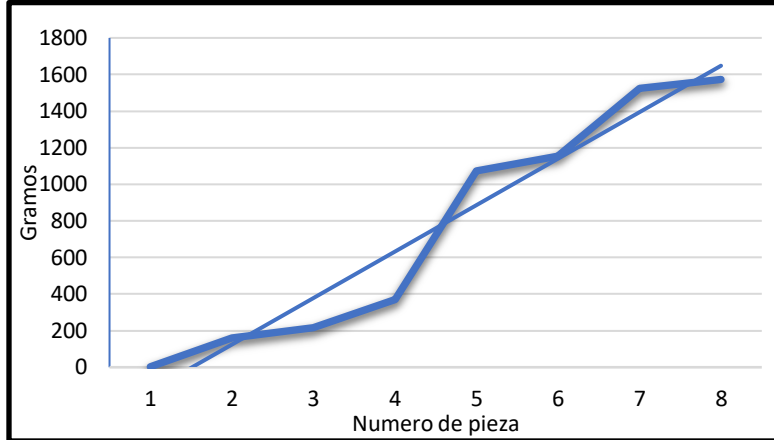


Ilustración 23: Grafica de los pesos de objetos en gramos

Fuente: Elaboración propia, (2020).

$$Y = 253.99x - 383.85$$

$$R^2 = 0.9401$$

Ecuación 1. Ecuación de grafica de peso.

Fuente: elaboración propia (2020).

Se realizaron las debidas mediciones de peso de los materiales para realizar las pruebas de sujeción por el efector final magnético, se coloran del más liviano al más pesado, de esta manera se puede ver el incremento en la gráfica, como se puede ver va incrementando, las medidas están dadas en gramos.



Ilustración 24: Grafica de potencia instantánea inicial de los objetos

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Se puede observar que la potencia instantánea consumida es el mismo, no importa que tanto pueda diferir el peso, siempre se va a tener una gráfica lineal de consumo, ya que el efector siempre va a entregar toda su potencia, sin importar la cantidad de peso que este necesite sujetar, este no muestra diferencia.

En las tablas se puede observar que el peso de los objetos varia, pero su consumo es el mismo, esto se debe a que, en principio, sin importar que tan liviano o pesado fuera, el efector final magnético siempre consumía la misma cantidad de energía. Mostrando una manera deficiente de trabajar por parte de la herramienta, y mostrando una oportunidad para mejorar este efector.

TABLA 6. INFORMACION SOBRE OBJETOS A SUJETAR POR ELECTROIMAN ACTUALIZADA.

<b>Objetos</b>	<b>Peso G</b>	<b>Voltaje V</b>	<b>Corriente Ma</b>	<b>Watts</b>
<b>Clavo</b>	2.6	0.6	12.5	0.0075
<b>Lata de leche pequena</b>	160	9	150	1.35
<b>Tapa de electro</b>	215.5	0.68	11.15	0.00758
<b>Lata de leche grande</b>	369	10.5	190	1.995
<b>hoya pequena</b>	1074	11.9	200	2.38
<b>Electroiman pesado</b>	1153	10.6	173	1.8338
<b>hoya grande</b>	1525	12	260	3.12
<b>Planca antigua</b>	1573	12	262	3.144

Fuente: elaboración propia (2020).

Una vez culminado el proyecto del efector final magnético se realizaron pruebas de consumo del efector final magnético, con esto se logró obtener la información final de consumo del efector final magnético, con esta información podremos hacer comparaciones de consumo con la información inicial, para tener una mejor comprensión de las diferencias que se puede encontrar, se apoyó en gráficas, ya que estas muestran resultados de forma visible los cambios que se presentan, además de esto facilita la comprensión de los resultados.

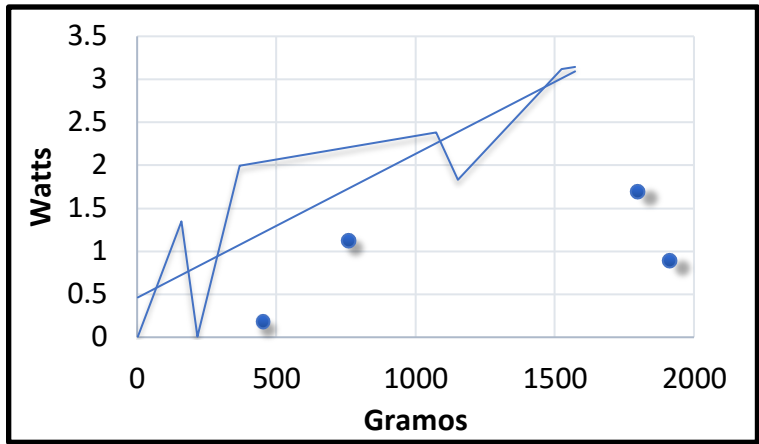


Ilustración 25: Grafica de peso vs potencia instantánea

Fuente: Elaboración propia, (2020).

$$Y = 0.0017x + 0.4592$$

$$R^2 = 0.7682$$

Ecuación 2. Ecuación de grafica de peso versus el consumo energético.

Fuente: elaboración propia (2020).

Para la comprobación de los pesos de los materiales a utilizar se volvieron a realizar las debidas mediciones de peso de los materiales para realizar las pruebas de sujeción, además se comparó la gráfica con el consumo obtenido en cada uno, para poder observar mejor la gráfica el consumo que se obtiene ante el peso de cada objeto.

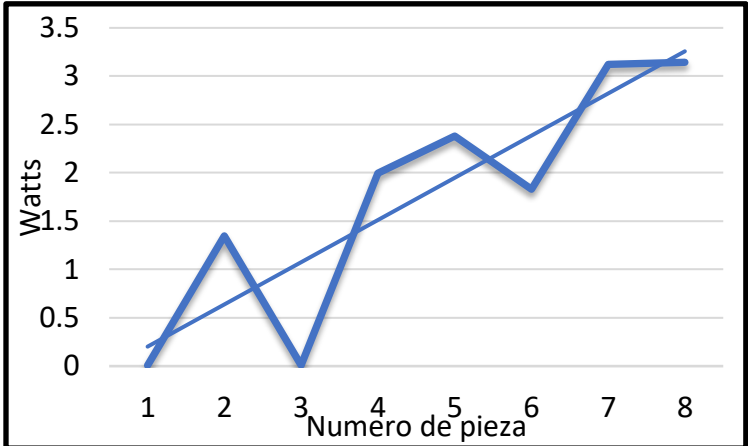


Ilustración 26: Grafica de Potencia instantánea final de los objetos

Fuente: Elaboración propia, (2020).

$$Y = 0.4365x - 0.2347$$

$$R^2 = 0.7613$$

Ecuación 3. Ecuación de grafica de consumo energético.

Fuente: elaboración propia (2020).

Se puede apreciar que ahora la potencia instantánea consumida si varía dependiendo de la cantidad de peso que necesite sujetar, se puede ver irregularidades por que como se pudo ver, en las gráficas de sujeción por entrehierro, y por el grosor del material a sujetar, la sujeción depende de otros factores no solo de si es un material ferroso o no.

El primer objeto a sujetar, es un clavo, este es muy liviano, por lo que la herramienta no tiene problemas para sujetarlo, luego se observa que la gráfica sube, ya que el material a sujetar es una lata, esta tiene irregularidades, además de que el espesor es bien pequeño, pero luego tiene un pico de bajada, esto es porque el objeto que está sujetando es de un material liso, sin entrehierro y de un grosor considerable, además de que es un material diseñado para tener una buena sujeción magnética, luego vuelve a subir, este objeto es una lata más grande, tiene el mismo problemas que la primera, que cuenta con irregularidades, y es de material delgado, después se tiene un olla pequeña esta tiene estampados de letras, por lo que para obtener una sujeción buena se necesita más potencia, en la numero 6 se mira otra bajada, se está sujetando un electroimán desactivado, es algo pesado pero es liso y sin entrehierro, por lo que la sujeción es bastante buena, la 7 es una olla más grande pero con los mismos estampados, que dificultan la sujeción, y para culminar, una plancha antigua, que es bastante pesada.

TABLA 7. PRUEBAS REALIZADAS EN ROBOT COBRA.

N. de prueba	Prueba	No Funciono	Si funciono
1	Sujeción de dado		Si
2	Sujeción de dado		Si

3	Sujeción de dado		Si
4	Sujeción de dado		Si
5	Sujeción de dado		Si
6	Sujeción de dado		Si
7	Sujeción de dado		Si
8	Sujeción de dado		Si
9	Sujeción de dado		Si
10	Sujeción de dado		Si
11	Sujeción de dado		Si
12	Sujeción de dado		Si
13	Sujeción de dado		Si
14	Sujeción de dado		Si

Fuente: elaboración propia (2020).

Todas las pruebas realizadas en el efector final magnético funcionaron, demostrando una eficiencia del 100 % por parte de la herramienta.

### **5.9 TABLA DE COSTOS**

Para poder culminar con el proyecto de manera física, se tuvieron que comprar distintos componentes los cuales ayudaron con el funcionamiento óptimo del mismo, además de esto, se imprimió el diseño de la carcasa por medio de impresión 3D.

A continuación, se muestra, un resumen de los costos de los materiales, para la elaboración del prototipo del efector final magnético inteligente.



TABLA 8. TABLA DE COSTOS.

Material	Modelo	Cantidad	Precio
Microprocesador	Attiny85	1	150 L.
Electroimán	Vis-ml120	1	535 L.
S. de detección	Inductivo	1	175 L.
Relé	Estado solido	1	195 L.
Controlador PWM	MOSFET	1	60 L.
Potenciómetro	10K	1	15 L.
Regulador de V.	7805	1	60 L.
Transistor	2N2222A	1	8 L.
Resistencia	1K	2	15 L.
Capacitor	100n	1	20 L.
Visualización	LED	1	25 L.
Impresión 3D	PLA	1	400 L.
Impresión placa	BAQUELITA	1	100 L.
Borneras	Borneras	2	10 L.
Fuente	12V	1	250 L.
<b>Total</b>			<b>2018 L.</b>

Fuente: elaboración propia (2020).

## 6. CONCLUSIONES

En este capítulo se mostrarán las conclusiones obtenidas Una vez que se finalizó la investigación y el proyecto, se logró concluir que:

1. Se logró disminuir el consumo en un 95% para la sujeción de un clavo de 2.6g suministrando 0.6 voltios, obteniendo una potencia instantánea de 0.0075 Watts.
2. Se logro obtener un efector final magnético que logre variar el consumo energético desde un 5% hasta un 100%, esto dependiendo del objeto a sujetar, haciendo el trabajo más eficiente, logrando realizar esta variación de consumo por medio del sensor inductivo y usando un attiny85 como microcontrolador.
3. La fuerza de sujeción va a depender de diferentes factores, no solo del material a sujetar, sino que también del grosor del material, el entrehierro y el peso, esto se pudo observar en las pruebas realizadas, se pudo notar un 15% de diferencia entre materiales.
4. Se obtuvo una herramienta resistente, ya que se realizaron pruebas de soporta de 24 libras fuerza, y se sometió a un golpe de 150 libras fuerza, esto sin sufrir daño, las pruebas fueron realizadas en SolidWorks SimulationXpress.
5. Se realizaron pruebas al efector final de manera física en un robot cobra, ejecutando movimientos y sujeciones para probar su funcionalidad, se realizaron múltiples pruebas de sujeción y el efector fue capaz de realizar todas las sujeciones, concluyendo que su eficiencia es del 100%.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Si se requiere obtener una buena sujeción magnética, además de un bajo consumo, se tiene que tener en cuenta que se debe eliminar el entrehierro, además de que la pieza a sujetar debe tener un grosor de un poco más de 1.5 cm para lograr una sujeción justa.
2. Se deben evitar los golpes al efector final magnético, ya que este fue probado para 150 libras fuerza, pero es posible que no logre soportar fuerzas mayores a esta, y se puede llegar a quebrar.
3. Para que el robot sea quien controle el efector final magnético, y pueda ser activado mediante el mismo, se debe agregar un relé, que nos permita activar y desactivarlo por medio del controlador de robot.
4. Para obtener una mayor eficiencia por parte del efector final magnético, se debe considerar cambiar la forma en la que se calibra el PWM, se podría programar para tener guardada la calibración para diferentes materiales y de esta manera, solo seleccionar la pieza que se desea movilizar, de esta manera podríamos reducir el tiempo de calibrado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aliasgar, Sastry, O. K., Hampapur, S. B., Kamat, S. S., & V, V. K. (2010). Automated Pick and Place System. *2010*, 5.
- B. Wan Mohd Raziff, W. M. A., Sam, R., Masrie, M., & Janin, Z. (2018). Design and Simulation of Pick and Place System Using Solidworks Simulation. *2018 IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICSIMA.2018.8688800>
- Cambatronics Online. (2016). *Sensores inductivos: Funcionamiento y conexión*. <https://www.youtube.com/watch?v=YxZOLavEXag>
- Chemnitz, M., Schreck, G., & Kruger, J. (2011). Analyzing energy consumption of industrial robots. *2011*.
- Chien, S.-Y., Lewis, M., Sycara, K., Kumru, A., & Liu, J.-S. (2019). *Influence of Culture, Transparency, Trust, and Degree of Automation on Automation Use*.
- Chinthaka, M. K. C. D., & Shimono, T. (2017). *Inertia Estimation of Robot End Effector for Dextrous Object Grasping*.
- Chirita, I., Tanase, N., Apostol, S. E., Ilie, C., & Popa, M. (2017). Design optimization of a flywheel using solidworks modeling and simulation capabilities. *2017 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM)*, 344-348. <https://doi.org/10.1109/CIEM.2017.8120858>
- Direct industry*. (2020). [Venta]. Direct industry. <https://www.directindustry.es/cat/robotica-industrial/robots-pick-and-place-AM-658.html>
- Femin, M., & S, Dr. A. (2018). *Design of Robotic End Effector Tool for Writing Application in IRB1200 Industrial Robot*.
- freepng. (s. f.). *Robot efector final de Artesanía Imanes brazo Robótico—Robot Imágen de Png*. <https://www.freepng.es/png-h91xbm/>

González Zambrano, R. (2009). *DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UN LABORATORIO REMOTO DE ROBÓTICA.*

Goodfruit. (2020). *Huertos de Washington organizan ensayos de cosecha robótica.* <https://www.goodfruit.com/es/huertos-de-washington-organizan-ensayos-de-cosecha-robotica/>

Hazwan, W. H., Suhaimi, W., Sam, R., Johari, J., & Buniyamin, N. (2014). *Design and Analysis of a Gate Valve Fluid Flow using SolidWorks Simulation Software.* file:///C:/Users/50495/Desktop/paper%20en%20zotero/analisis%20y%20resultado/suhaimi 2014.pdf

Izzo, A., Tortora, G., Dario, P., & Menciassi, A. (2015). *Design, development and characterization of a modular end effector for MIS procedures.*

Jaramillo, J., Posada, J., & Manrique, P. (2016). Emulador de carga para recrear las curvas de consumo eléctrico diario en Zonas No Interconectadas de Colombia definidos en la metodología CREG-002 de 2014. *2016 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ARGENCON.2016.7585240>

Kallu, K. D., Jie, W., Kim, H.-H., & Lee, M. C. (2016). *Comparison and Estimation of Reaction Force of End Effector of 1-DOF Manipulator using PDSPO and SMCSPO without Sensor.*

Kamikaze Soluciones Electrónicas C.A. (2019). *ATtiny85 vs Arduino: Tutorial, Review and Test.*

Kumar, A., Pillearachchige, K., Sharif, H., Shaw, B., & Noble, F. K. (2016). *Design of End-Effectors for a Chemistry Automation Plant.*

Lankin, M. V., Lankin, M. V., Gorbatenko, N. I., Lankina, M. Y., & Lankin, I. M. (2017). *Active Technological Control of Proportional Electromagnets.*

Lin, P. T., Juan, P.-C., Lin, S.-P., & Lu, W.-H. (2018). *How End Effector Absolute Accuracy Plays A Role in Industry 4.0.*

Liu, J., Tong, Y., Liu, Y., & Liu, Y. (2020). *Development of a Novel End-Effector for an On-Orbit Robotic Refueling Mission.* 8. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2964641>

Liu, X., Zhang, T., Li, J., Guan, Y., & Liu, G. (2018). A Novel End-effector for Robotic Compliant Polishing. 2018.

Lu, Q., & Li, Z. (2017). Design of Loading and Unloading Manipulator End Effector for Shaft Parts. 2017. <https://doi.org/10.1109/ICIIICII.2017.12>

Ma, Z., See, H.-H., Hong, G.-S., Ang Jr, M. H., & Poo, A.-N. (2017). *Control and Modeling of an End-effector in a Macro-Mini Manipulator System for Industrial Applications*.

Mecalux. (s. f.). *Robot para pulido y lijado*. <https://www.logismarket.es/hurtado-rivas/robot-para-pulido-y-lijado/2056533693-p.html>

Mejia Rojas, A., & Barbieri, G. (2019). *A Low-Cost and Scaled Automation System for Education in Industrial Automation*.

Mohammed, A., Schmidt, B., Wang, L., & Gao, L. (2014). *Minimizing Energy Consumption for Robot Arm Movement*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.055>

Moshin, I., He, K., Cai, J., Chen, H., & Du, R. (2017). *Robotic Polishing with Force Controlled End Effector and Multi-Step Path Planning*.

Motzki, P., Khelfa, F., Zimmer, L., Schmidt, M., & Seelecke, S. (2019). *Design and Validation of a Reconfigurable Robotic End-Effector Based on Shape Memory Alloys*.

Najmurokhman, A. (2019). *Design of a prototype of manipulator arm for implementing pick-andplace task in industrial robot system using TCS3200 color sensor and ATmega2560 microcontroller*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012041>

Omron. (2016). *Automation Control Environment ACE*. <https://assets.omron.com/m/1b5d6fae43bfd7e6/original/ACE-User-s-Guide.pdf>

Omron. (2017). *Viper 650/850 Robot with eMB-60R*.

Omron. (2019). *ECobra 600, 800 and 800 Inverted Robots*. [file:///C:/Users/50495/Desktop/paper%20en%20zotero/i593\\_ecobra\\_600,\\_800,\\_and\\_800\\_inverted\\_robots\\_users\\_manual\\_en.pdf](file:///C:/Users/50495/Desktop/paper%20en%20zotero/i593_ecobra_600,_800,_and_800_inverted_robots_users_manual_en.pdf)

Operations, National Consortium for Mission Critical. (2015). *Let's Talk About End Effectors*.  
[https://www.youtube.com/watch?v=h4pMCnDv\\_eE](https://www.youtube.com/watch?v=h4pMCnDv_eE)

Ordoñez Avila, J. L., Ordoñez Fernandez, J. L., Portillo Alvarado, I. J., & Ramón Pineda, L. J. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas del ABS y aluminio para el diseño de mecanismos de robots. *Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Integration, And Alliances for A Sustainable Development* "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on A Knowledge-Based Economy". The 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Integration, And Alliances for A Sustainable Development "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on A Knowledge-Based Economy". <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.426>

Park, T., Jeong, C., Lee, J., Lee, S., Lee, I., Kim, H., Ahn, J., & Yun, D. (2017). *Design of special end effectors for first aid robot*.

Punlum, V., Srisertpol, J., & Khaengkarn, S. (2017). *The Application of Double Arms SCARA Robot for Deburring of PCB Support Plate*.

Ramírez Henao, J. C., & Muñoz, L. D. (2015). *Optimización de manipulabilidad y consumo eléctrico mediante el Algoritmo Heurístico de Kalman en manipuladores seriales*. 11. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.11.21.3>

Reyes Cortes, F. (2011). *Robotica. Control de robots manipuladores*. Alfaomega Grupo Editor. [file:///C:/Users/50495/Desktop/paper%20en%20zotero/doku.pub\\_robotica-control-de-robots-manipuladores-fernando-reyes-cortes.pdf](file:///C:/Users/50495/Desktop/paper%20en%20zotero/doku.pub_robotica-control-de-robots-manipuladores-fernando-reyes-cortes.pdf)

Robles, Z. R. (s. f.). *PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN PLÁSTICOS*. 118.

Samet Siar, M. V., & Fakharian, A. (2018). *Energy Efficiency in the Robot Arm using Genetic Algorithm*.

Sánchez-Martín FM, Schlegl P, J., Rodríguez F, M., Salvador-Bayarri J, Font V, M., Redorta, P., & Salvador-Bayarri J. (2007). *Historia de la robótica: De Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II)*.

Selter. (2014). *ELECTROIMÁN*. <https://docs.gestionaweb.cat/1880/11-manual-electroiman.pdf>

Song, X., Shan, H., Liu, H., & Guo, J. (2016). An Underactuated End-effector Design for Fruit Picking. 2016.

Sukhovey, A., & Gubankov, A. (2020). Collision Avoidance Method for End Effectors of Industrial Robots with Overlapping Workspaces. *2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM48468.2020.9111919>

sundaram Nauduri, B., & Shaga, G. (2018). *A novel approach of using a planar inductive position sensor for the Permanent magnet synchronous motor control application*.

Takeishi, H., T. Munsayac, F. E., Chioson, F. B., Baldovino, R. G., & Bugtai, N. T. (2018). *Design and Force Analysis of the Robot End-effector of a Semi-Automated Laparoscopic Instrument using Finite Element Analysis*.

Tavallaey, S. S., & Ganz, C. (2019). Automation to Autonomy. 2019.

V, F., & A, G. (2017). Adaptive Speed Control System for End-Effectors of Multilink Manipulators. 2017.

Vidakovid, J. Z., Kvrjic, V. M., Lazarevic, M. P., & Mitrovic, S. M. (2017). *Procedure for Definition of End-effector Orientation in Planar Surfaces Robot Applications*. <https://doi.org/10.5937/tehnika1706845V>

Wright, S. E., Mahoney, A. W., Popek, K. M., & Abbott, J. J. (2017). *The Spherical-Actuator-Magnet Manipulator: A Permanent-Magnet Robotic End-Effector*. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2694841>

Xu, K., Li, B., Ding, X., & Ji, W. (2018). *Design of an Integrated Hand-foot End-effector for Multi-legged Robots*.

Yoshida, M., Takesue, N., Sakae, K., & Tanaka, H. (2016). *Development of Robotic End Effectors for Insertion Task in Formation of Rubber Hoses*.



Zhang, H. (2017). *Research on Key Technologies of Magnetic Power Tools*.