



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**Diseño e implementación de prototipo de una máquina dispensadora
de cupcakes para una actividad comercial lucrativa en la ciudad de
Chiclayo**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Electrónica

AUTORES:

Bach. Kattya Gabriela Chávez Elera

Bach. Shelina Salés Adrianzén Peña

ASESOR:

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

LAMBAYEQUE-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**Diseño e implementación de prototipo de una máquina dispensadora
de cupckes para una actividad comercial lucrativa en la ciudad de
Chiclayo**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Electrónica

BACH. KATTYA GABRIELA CHÉVEZ ELERA
AUTORA

BACH. SHELINA SALÉS ADRIANZÉN PEÑA
AUTORA

ING. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA



**Diseño e implementación de prototipo de una máquina dispensadora
de cupckes para una actividad comercial lucrativa en la ciudad de
Chiclayo**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Electrónica**

APROBADO POR:

Ing. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA
PRESIDENTE DE JURADO

Mg. Ing. MARTÍN AUGUSTO NOMBERRA LOSSIO
SECRETARIO DE JURADO

Mg. Ing. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ
VOCAL DE JURADO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 024-2019-D/FACFyM

(Sustentación Autorizada por Resolución N° 486-2019-D/FACFyM)

En la ciudad de Lambayeque, siendo las... 12:00 del día... 26 de ABRIL del 2019 se reunieron en LA SALA de sustentación del Laboratorio Electrónica los miembros del Jurado designados mediante Resolución N° 1340-2018-D/FACFyM, los docentes:

Ing. Hugo Javier Chiciayo Padilla Presidente
Mg. Ing. Martín Augusto Nombra Lasso Secretario
Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez Vocal

Para recibir la tesis titulada:

"Diseño e Implementación de Prototipo de una Máquina Dispensadora de Cupcakes para una actividad comercial lucrativa en la ciudad de Chiclayo"

desarrollada por las Bachilleres en Ingeniería Electrónica, Adrianzén Poña Shelina Salés y Chevez Elera Katty Gabriela.

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se acordó... APROBAR el trabajo por... UNANIMIDAD con el calificativo de... BUENO

En consecuencia, las Bachilleres en referencia quedan aptas para recibir el Título Profesional de ingeniero Electrónico, de acuerdo a la Ley Universitaria, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Observaciones:

Para constancia del hecho firmen:

Ing. Hugo Javier Chiciayo Padilla
Presidente

CERTIFICO: Que, es copia fiel del original
Fecha: 26.1.08.2019

Dr. Armando José Moreno Heredia
SECRETARIO DOCENTE - FACFyM
VÁLIDO PARA TRÁMITES INTERNOS DE LA UNPRG

Mg. Ing. Martín Augusto Nombra Lasso
Secretario

Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho amor y cariño a mis padres, que siempre han estado a lado mío, apoyándome y alentandome a seguir adelante siempre. Los quiero

AGRADECIMIENTO

Se agradece primero a Dios, por brindarnos toda la sabiduría que necesitábamos para terminar este proyecto. Luego a nuestros queridos padres y hermanas que, con su apoyo diario y constante, nos dieron la fortaleza y confianza para lograr nuestra meta. A nuestro apreciado Asesor, al cual admiramos siempre por su dedicación y comprensión con nosotras. Y finalmente a todos aquellos que nos dieron aliento a seguir adelante. Muchas gracias por siempre estar presentes

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	4
DEDICATORIA.....	5
INDICE GENERAL.....	6
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	4
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación de la investigación	5
II. MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.2. Máquinas Expendedoras.....	10
2.2.1. Tipos	11
2.2.1.1. Mecánicas	11
2.2.1.2. Electrónicas.....	11
2.2.2. Sistemas de cobro	12
2.2.2.1. Monedero.....	12
2.2.2.2. Billetero	12
2.2.2.3. Telemetría	13
2.2.2.4. Pago con tarjeta	14
2.2.3. Funcionamiento	14
2.2.4. Ventajas y desventajas del negocio de las máquinas expendedoras	15
2.2.4.1. Ventajas.....	15
2.2.4.2. Desventajas.....	16
2.3. Automatización	16
2.3.1. Definición	16
2.3.2. El proceso productivo y los niveles de automatización	17
2.3.3. Componentes de un sistema automatizado	17
2.4. Servomecanismos.....	18
2.4.1. Definición	18
2.4.2. Elementos de análisis de un servosistema	19
2.4.3. Componentes del servosistema.....	20
2.4.4. Comportamientos del servosistema	20

2.4.4.1. Con Control.....	20
2.4.4.2. Sin control	20
2.4.4.3. Con potenciómetro	20
2.4.4.4. Sin potenciómetro.....	21
2.4.4.5. Con topes mecánicos.....	21
2.4.4.6. Sin topes mecánicos	21
2.4.5. Aplicaciones de los servosistemas.....	21
2.5. Motores eléctricos	22
2.5.1. Fundamentos de operación de los motores eléctricos.....	22
2.5.2. Tipos y características.....	23
2.5.2.1. Motores de Corriente continua	23
2.5.2.2. Motores de corriente alterna	23
2.5.2.3. Motores universales.....	24
2.5.3. Otros tipos de motores	24
2.5.3.1. Servomotor	24
2.5.3.2. Motor paso a paso.....	25
2.5.3.3. Motorreductor	26
2.6. Sensores de posicionamiento.....	27
2.6.1. Potenciómetros.....	27
2.6.2. Sensores ópticos	28
2.6.3. Sensores magnéticos.....	29
2.6.4. Sensor magnetostrictivo	30
2.6.5. Sensores capacitivos	31
2.6.6. Sensor inductivo tradicional.....	32
2.6.7. Sensores inductivos de nueva generación o incoders	34
2.7. Placas de desarrollo de hardware	35
2.7.1. Arduino	35
2.7.2. Tessel	36
2.7.3. Parallax Propeller.....	36
2.7.4. NoMADA Go.....	37
2.7.5. Tarjeta Entrenadora de PIC18F4550 PINGÜINO.....	37
2.7.6. Raspberry Pi	38
2.7.7. Beaglebone Black.....	38
III. DISEÑO DEL SISTEMA	40
3.1. Diseño físico del Prototipo.....	40
3.1.1. Diseño de la estructura externa.....	40

3.1.2. Recinto de almacenaje.....	41
3.1.3. Ejes.....	41
3.1.4. Brazo mecánico.....	42
3.1.5. Bandeja de entrega.....	43
3.2. Diseño del Hardware	43
3.2.1. Descripción de los elementos que intervienen en el sistema	44
3.2.1.1. Arduino Mega 2560	44
3.2.1.2. Lector RFID – RC522	46
3.2.1.3. Shield Display LCD TFT 3.5"	47
3.2.1.4. Driver Puente H L298N	48
3.2.1.5. Servo MG996R 11kg	49
3.2.1.6. Motores DC.....	51
3.2.1.7. Interruptor final de carrera de rodillo	51
3.3. Diseño del Software	52
3.3.1. Programación del Arduino	52
3.3.2. Entorno de desarrollo integrado (IDE) Arduino	53
3.3.3. Librerías de Arduino usadas en el sistema.....	54
3.3.4. Diagrama de flujo del sistema dispensador de productos.....	55
IV. RESULTADOS	57
4.1. Diseño e implementación de circuitos	58
4.1.1. Conexión del Arduino mega con el lector RFID.....	58
4.1.2. Conexión del Arduino mega con el Display LCD TFT 3.5"	59
4.1.3. Diseño y conexiones del circuito de acoplo con el Arduino mega	60
4.2. Implementación de prototipo.....	61
4.3. Implementación del mecanismo	62
4.3.1. Sistema de tres ejes.....	62
4.3.2. Pinza de agarre	63
4.3.3. Construcción de la estructura principal del prototipo.	64
4.3.4. Ubicación de los sensores.....	64
4.3.5. Cableado eléctrico	66
4.4. Pruebas de funcionamiento.....	67
4.4.1. Pruebas de funcionamiento del mecanismo	67
4.4.2. Pruebas con el lector de tarjetas RFID.....	68
4.4.3. Calibración de la pantalla táctil	69
4.5. Acoplamiento de las partes	69
4.5.1. Implementación del circuito de acoplamiento	69

4.5.2. Compilación y carga del código fuente al Arduino mega.	70
4.6. Ensamblado final del prototipo.	71
4.7. Funcionamiento del prototipo	72
4.7.1. Loguin de Inicio	72
4.7.2. Validación del pedido	73
4.7.3. Proceso de entrega.....	73
4.7.4. Entrega	74
4.7.5. Producto agotado.....	74
4.8. Costos del Prototipo.....	75
4.8.1. Costos de Componentes electrónicos	75
4.8.2. Costos del servomecanismo	76
4.8.3. Costos de materiales para la implementación del prototipo.....	77
4.8.4. Costos del sistema en general	77
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1. Conclusiones.....	79
5.2. Recomendaciones.....	80
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	81
ANEXOS	82

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Expendedora, Brava Italiana Cilindro.....	11
<i>Figura 2.</i> Máquina expendedora de comida	11
<i>Figura 3.</i> Sistema monedero para expendedora.....	12
<i>Figura 4.</i> dispositivo billetero para expendedora	13
<i>Figura 5.</i> Distintos tipos de cobro por telemetría.....	13
<i>Figura 6.</i> expendedoras con sistema de cobro por tarjeta	14
<i>Figura 7.</i> Campo magnético de un motor	23
<i>Figura 8.</i> Estructura interna de un servomotor	25
<i>Figura 9.</i> Motor paso a paso bipolar	26
<i>Figura 10.</i> Motorreductor de 12V DC.....	26
<i>Figura 11.</i> Potenciómetro rotatorio	28
<i>Figura 12.</i> Encoder rotatorio.....	29
<i>Figura 13.</i> Sensor magnético de posición	30
<i>Figura 14.</i> Sensor magnetoestrictivo	31
<i>Figura 15.</i> Estructura de un sensor inductivo	33
<i>Figura 16.</i> Sensores inductivos de ultima generación	35
<i>Figura 17.</i> Arduino Uno R3.....	35
<i>Figura 18.</i> Tessel.....	36
<i>Figura 19.</i> Parallax Propeller Quick Start	36
<i>Figura 20.</i> Tarjeta de Desarrollo NoMADA® Go	37
<i>Figura 21.</i> Pinguino core PIC18F4550	37
<i>Figura 22.</i> Raspberry Pi 3 Modelo B.....	38
<i>Figura 23.</i> Beaglebone-Black-4G,REV C, CORTEX A8.....	38
<i>Figura 24.</i> Estructura externa del prototipo	40
<i>Figura 25.</i> Estructura interna del prototipo	41
<i>Figura 26.</i> Sistema mecánico de posicionamiento.....	42
<i>Figura 27.</i> Estructura del brazo mecánico.....	42
<i>Figura 28.</i> Dimensiones de la zona de entrega	43
<i>Figura 29.</i> Esquema general del proyecto	44
<i>Figura 30.</i> Arduino Mega 2560 R3.....	46
<i>Figura 31.</i> Módulo RFID RC522.....	47
<i>Figura 32.</i> Shield Display LCD TFT 3.5"	48
<i>Figura 33.</i> Driver Puente H L298N	49
<i>Figura 34.</i> Servo MG996R.....	50

Figura 35. Motor de 12V DC.....	51
Figura 36. Interruptor final de carrera de rodillo.....	52
Figura 37. Logotipo de la comunidad Arduino.....	53
Figura 38. Entorno de Programación Integrado de Arduino.....	54
Figura 39. Diagrama de flujo del Funcionamiento del prototipo.....	55
Figura 40. Conexiones entre el módulo RFID y el Arduino Mega.....	59
Figura 41. Conexiones entre la pantalla táctil y el Arduino Mega.....	60
Figura 42. Diseño de la placa del circuito de acoplo.....	60
Figura 43. conexiones del circuito de acoplo con el Arduino mega.....	61
Figura 44. Diagramas de bloques del proceso de implementación.....	62
Figura 45. Estructura mecánica de posicionamiento.....	63
Figura 46. Pinza de agarre.....	63
Figura 47. Estructura física del prototipo.....	64
Figura 48. Ubicación de los sensores del eje x.....	65
Figura 49. Ubicación de los sensores del eje y.....	65
Figura 50. Ubicación de los sensores de eje z.....	66
Figura 51. Cableado eléctrico a lo largo del eje z.....	66
Figura 52. Cableado eléctrico del eje y.....	67
Figura 53. verificación de funcionamiento del sistema mecánico.....	68
Figura 54. Lector RFID RC522.....	68
Figura 55. Pantalla táctil.....	69
Figura 56. Circuito de acoplo.....	70
Figura 57. Compilación y carga del código fuente.....	70
FIGURA 58 . Ensamblado final del prototipo.....	71
FIGURA 59 . Menú de selección.....	72
FIGURA 60 . Petición de tarjeta.....	73
FIGURA 61 . Aviso de orden en proceso.....	73
FIGURA 62 . Aviso de entrega del producto.....	74
FIGURA 63 . Aviso de producto agotado.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones técnica Arduino Mega 2560.	45
Tabla 2 Especificaciones técnicas Módulo RC522	47
Tabla 3 Especificaciones técnicas LCD TFT 3.5"	48
Tabla 4 Especificaciones técnicas Puente H L298N.....	49
Tabla 5 Especificaciones técnicas Servo MG996R.....	50
Tabla 6 Descripción de las librerías usadas en el proyecto.....	54
Tabla 7 Pines de conexión entre el Módulo RFID y el Arduino Mega	58
Tabla 8 Pines de conexión entre la pantalla táctil y el Arduino Mega	59
Tabla 9 <i>Costos de componentes electrónicos</i>	75
Tabla 10 <i>Costos del servomecanismo</i>	76
Tabla 11 <i>Costos de materiales para la implementación del prototipo</i>	77
Tabla 12 <i>Costos del sistema en general</i>	77

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
DISPENSADORA DE CUPCKES PARA UNA ACTIVIDAD COMERCIAL LUCRATIVA
EN LA CIUDAD DE CHICLAYO**

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar una maquina expendedora de pastelillos para una actividad lucrativa en la ciudad de Chiclayo, investigar y determinar los requerimientos mecánicos, principios de funcionamiento y materiales necesarios. El procedimiento para realizar el diseño y prototipo fue el siguiente: se determinó una nueva forma de dispensación basada en el uso de una garra robótica, se armó la estructura principal que podía almacenar hasta 12 pastelillos, se determinó el mecanismo de movilidad y su unión a la garra, se resolvió los componentes electrónicos necesarios para su correcto funcionamiento(lector RFID, Arduino Mega 2560, display LCD TFT 3.5”, drivers L298N, servomotor MG996R, sensores de final de carrera y motores DC) y se ubicaron los sensores. Se realizaron las pruebas de funcionamiento para calibrar los componentes, se acoplaron todas las partes y se procedió a compilar el código. Finalmente, se verificó su correcto funcionamiento y se ensambló. Los resultados finales que se obtuvieron de los calculos de velocidad y posicionamiento fueron positivos con respecto a la dispensación del producto. La conclusión de esta investigación fue que este prototipo está apto para la dispensación de pastelillos para una actividad lucrativa en la ciudad de Chiclayo.

Palabras clave: vending, pastelillos, diseño de máquinas, sistema RFID.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE PROTOTYPE OF A CUPCK DISPENSING MACHINE FOR A LUCRATIVE COMMERCIAL ACTIVITY IN THE CITY OF CHICLAYO

Abstract

The present investigation aims to design and implement a cupcake vending machine for a lucrative activity in the city of Chiclayo, investigate and determine the mechanical requirements, operating principles and necessary materials. The procedure to carry out the design and prototype was as follows: a new form of dispensing was determined based on the use of a robotic claw, the main structure that could store up to 12 cupcakes was designed, the mobility mechanism and its attachment to the claw was determined, the necessary electronic components for its correct functioning were resolved (RFID reader, Arduino Mega 2560, display LCD TFT 3.5", L298N drivers, MG996R servomotor, limit switches and DC motors) and the sensors were located. Function test were performed to calibrate the components, all parts were coupled and the code was compiled. Finally, its correct functioning was verified and it was installed. The final results that were obtained from the speed and positioning calculations were positive with respect to the dispensing of the product. The conclusion of this investigation was that this prototype is suitable for dispensing cupcakes for a lucrative activity in the city of Chiclayo.

Key words: vending, cupcakes, machine design, RFID system

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Según la empresa Entrepreneur, la tendencia en el comercio es automatizar los procesos de venta de artículos pequeños; ya que, de esta manera, se ahorra en costos, personal empleado y tiempo.

Con las máquinas expendedoras basta que una persona simplemente introduzca monedas, billetes, fichas o tarjetas y oprima un botón o gire una perilla para que obtenga la mercancía deseada. El vending nació para satisfacer la necesidad del hombre de adquirir todo tipo de artículos en las mejores condiciones de higiene y calidad, en cualquier horario y lo más pronto posible.

El vending se ha convertido en una de las actividades comerciales más lucrativas y de mayor crecimiento en el mundo durante el último tiempo. Un ingenioso método de captación de recursos, que puede servir como una fuente complementaria a tus ingresos, o también puede llegar a convertirse en tu principal actividad económica.

La ciudad de Chiclayo se encuentra ubicada en el departamento de Lambayeque y en ella podemos encontrar empresas y establecimientos que pendientes de los avances tecnológicos buscan ahorrar en costos, en personal empleado y principalmente en tiempo.

Como es de conocimiento general, acudir a espacios públicos para adquirir algún producto se vuelve tedioso cuando no hay una manera más fácil rápida y efectiva de saciar un antojo. En la actualidad encontramos la venta de cupcakes un negocio innovador en cuanto a sus formas y cobertura que atrae a los consumidores en cualquier momento del día, pero siempre con la necesidad de que un vendedor los atienda físicamente.

Si bien es cierto, nosotros no queremos perder tiempo en un servicio y un canal alternativo a ello es automatizar el proceso de venta de estos productos.

De allí el interés nuestro por realizar un sistema que sea capaz de satisfacer la necesidad de los consumidores en cuanto calidad de servicio y horario.

1.2. Formulación del Problema

Las tiendas de repostería tienen la dificultad que en horas punta los encargados de las ventas no se abastecen para atender a los clientes, esto genera desorden y la pérdida de estos, los cuales optan por comprar en otros establecimientos.

Por lo expuesto la interrogante a investigar es:

¿Cómo Diseñar e implementar el prototipo de una máquina dispensadora de cupcakes que ayude al abastecimiento de la demanda de estos productos en la ciudad de Chiclayo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo de máquina expendedora de cupcakes para una actividad comercial lucrativa en la ciudad de Chiclayo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar y determinar los requerimientos mecánicos para el trabajo empleado en el sistema.
- Estudiar los principios de funcionamiento de una máquina dispensadora.
- Realizar los cálculos de control de velocidad y posicionamiento de los servomecanismos empleados.
- Diseñar el algoritmo a trabajar en una plataforma óptima.
- Seleccionar los equipos e instrumentos para implementación del sistema.
- Implementar el prototipo del sistema.

1.4. Justificación de la investigación

Los sistemas de comercialización de productos de repostería, que generalmente se utilizan en nuestra región y país, son en gran mayoría de venta personal lo que puede provocar de pérdida de tiempo y efectividad, sin mencionar que la atención inadecuada puede provocar molestias. El uso eficiente de este servicio con la venta de cupcakes se puede dar con la automatización de los sistemas de venta.

Por lo antes dicho, la importancia del proyecto a desarrollar consiste en diseñar un sistema automatizado dedicado a la entrega del producto a cambio de un precio justo, que se convierta en la manera más fácil, rápida y efectiva cuando de saciar los antojos con un pequeño cupcake se trata. El sistema debe ser sencillo, de bajo costo, con una construcción sólida que resista la exposición a las condiciones a que estará sometido durante su operación, deberá ser de fácil operación y no necesitar mucho mantenimiento.

Para obtener un buen resultado se ha ido investigando y analizando diversos puntos, por ejemplo, los tipos de sistemas de control y mecánicos, actuadores y sensores.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes de la investigación

FREIRE MENDETA, ELIZABETH Y PLACES VILLACIS, VANESSA (2014)

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXPENDEDORA DE PASTELILLOS DE LA MARCA “THE CUPCAKE FACTORY” PARA LA EMPRESA PUBLICIDAD.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE – LICENCIADO EN INGENIERIA MECATRONICA

RESUMEN

El presente proyecto detalla el diseño y construcción del prototipo de una máquina expendedora de pastelillos tomando en cuenta las características y diferencias entre los productos que se comercializan en las máquinas expendedoras habituales y los pastelillos. El objetivo de la empresa patrocinadora es lograr una maquina económica, sustentable y funcional para el expendio de su producto, que pueda ser ubicada en lugares de gran aglomeración, para comercializar los pastelillos e incrementar su mercado.

Para la construcción de este prototipo se seleccionó un sistema de desplazamiento horizontal y otro vertical para garantizar que el producto no sufra caídas ni choques durante el proceso de compra, además de un sistema de venta automática que permite el accionamiento de los sistemas mediante la parte electrónica de control de la máquina. El prototipo obtenido es una máquina que cumple con los requerimientos técnicos y funcionales planteados al inicio de este proyecto; es capaz de almacenar 20 unidades en su interior además de exponerlas al público, y de llevarlas desde un lugar de su exposición hasta su lugar de expendio sin ningún problema. Al ser una máquina que va a estar ubicada sin supervisión alguna por parte del propietario, se ha tomado en cuenta las seguridades necesarias para evitar el hurto del producto, además de implementar un sistema de control que garantice la correcta adquisición de las monedas ingresadas, como también el accionamiento de los sistemas colocados en el interior para evitar fraudes a los clientes y potencializar el mercado vending en nuestro país.

WALTER ARMANDO HERRERA CIFUENTES (2011)

DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN
SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – LICENCIADO EN
INGENIERIA ELECTRONICA.

RESUMEN

La necesidad de la planificación responde al hecho de realizar cualquier actividad con el mejor resultado posible en el menor tiempo; esto conlleva generar situaciones acordes al procedimiento que se llevará a cabo con el objetivo de prever cualquier problemática en el momento que la acción principal tome parte del proceso.

Es así, que en el mundo de las máquinas se verá esta ventaja al poder simular la ejecución del mecanizado de una pieza de cualquier material, teniendo para ello el diseño del control automático, a manera de realizar tal acción mediante el sólo hecho de ubicar una figura de CAD previamente dimensionada. En esto, el cuerpo mecánico se verá representado por la máquina-herramienta llamada Fresadora, la cual figurará superficies planas. Esto fue desarrollado por medio de los programas, SolidWorks para el diseño CAD y LabVIEW para la parte de simulación del mecanismo. Con esto se realizó un enlace entre ellos el cual permite al usuario visualizar el movimiento de cada eje en la máquina, necesario para reproducir los cortes adecuados de la herramienta seleccionada y obtener la pieza final. Se obtiene con este procedimiento un cuadro de interacción para el usuario en el cual especificará la figura a trabajar, misma que se verá y que devolverá las dimensiones de sus tres coordenadas cartesianas.

Inmediatamente al obtenerlas, la máquina iniciará el correspondiente desplazamiento y así se completará el estudio propuesto.

PALMA CHAUCA STEVE Y BRAVO ROFOLDO CHRISTIAN JESUS (2012)
PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA FABRICACIÓN DE MÁQUINA
AUTOMATIZADA PARA OPTIMIZAR LA OPERACIÓN DE CORTES RECTOS EN
LA MANUFACTURA DE MUEBLES EN MELAMINA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA – LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

RESUMEN

Deficiencia en la operación de corte recto de madera melamina, por falta de automatización y necesidad de una máquina que facilite la operación de corte recto de madera melamina. Hipótesis específicas 1. El riesgo de lesión de los operarios en la operación de corte recto en la manufactura de muebles de madera melamina, son mitigados mediante el empleo de una máquina automatizada. 2. Los tiempos muertos en la operación de corte recto en la manufactura de muebles de madera melamina, se eliminarán mediante el empleo de una máquina automatizada. 3. La calidad de las piezas en la operación de corte recto en la manufactura de muebles de madera melamina, se mejoran mediante el empleo de una máquina automatizada. 4. La productividad en la operación de corte recto en la manufactura de muebles de madera melamina, aumentara mediante el empleo de una máquina automatizada. 6. Metodología Tipo de Investigación: La tesis durante su desarrollo empleará el siguiente tipo de investigación: Descriptiva. - Se utilizará básicamente para determinar el estado real de la operación de corte recto de piezas de melamina a la cual denominaremos análisis pre-test, el proceso de desarrollo de la máquina automatizada y la descripción de las mejoras obtenidas a través de la implementación de la misma.

2.2. Máquinas Exendedoras

La máquina expendedora es una máquina que proporciona aperitivos, bebidas, golosinas y otros productos a los consumidores. Se trata de vender sin la presencia de un dependiente para cobrar los artículos. Periódicamente un empleado repone el producto y recoge el dinero en forma de monedas o, menos habitualmente, billetes; a veces también se puede pagar con tarjeta monedero, tarjeta de crédito o teléfono móvil.

Las posibilidades de las máquinas expendedoras son amplias. Normalmente suelen vender refrescos, café, comida, chucherías, etc. Pero también existen modelos diseñados para vender prensa, libros, sellos de correos, billetes del transporte público, bebidas alcohólicas, cigarrillos de tabaco, también son frecuentes, en las oficinas que atienden al público, las máquinas expendedoras de un impreso pequeño con el número de turno del solicitante.

2.2.1. Tipos

2.2.1.1. Mecánicas

Aquellas en que todo su funcionamiento es mecánico, sin intervención de ningún mecanismo eléctrico o electrónico. Son máquinas sencillas, prácticamente en desuso por las limitaciones que presentan.



Figura 1. Expendedora, Brava Italiana Cilindro

2.2.1.2. Electrónicas

Cuentan con componentes electrónicos para su funcionamiento y necesitan de energía eléctrica.



Figura 2. Máquina expendedora de comida

2.2.2. Sistemas de cobro

Los dispositivos de cobro en un vending son los instrumentos que se encargan de recibir, clasificar y devolver el dinero al cliente; sin los dispositivos de cobro una máquina vending no puede vender el producto al cliente.

2.2.2.1. Monedero

El monedero es el dispositivo de cobro que se encarga de recibir las monedas en un vending, es el dispositivo de cobro obligado para la mayoría del vending; los monederos son contenedores de monedas y están compuestos por tubos en los que se clasifican las monedas por valor. El dispositivo de cobro puede diferenciar el valor de una moneda con otra por el peso y la dimensión de esta. Los monederos de última generación son capaces de entregar un reporte de su inventario de monedas y efectivo acumulado.



Figura 3. Sistema monedero para expendedora

2.2.2.2. Billetero

Este dispositivo de cobro, como su nombre lo dice, le permite al vending cobrar el producto mediante billetes, para una máquina vending esta opción amplía las posibilidades de consumo en un cliente en hasta un 20%, recordemos que algunos consumidores no cuentan con cambio para ingresar monedas y únicamente le es posible realizar el pago con billetes.



Figura 4. dispositivo billeteero para expendedora

2.2.2.3. Telemetría

La telemetría es un dispositivo que controla el suministro de consumibles es de decir, este dispositivo entrega reportes en tiempo real de los suministros existentes en la máquina vending; dicho de otra manera es un sistema relativamente nuevo que te permite tener un control de varias máquinas vending; cuenta con diversos sistemas que funcionan con aplicaciones basadas en la web y son tan completas que pueden presentar reportes que se filtrar por fecha, producto, equipo, entre otras opciones; una de las funciones principales de estos equipos es que el operador vending puede tener un control de presupuesto, ya que al tener un registro del consumo de la máquina vending podemos controlar con mayor precisión las compras de insumos y además identificar que productos nos son más beneficiosos para la venta.



Figura 5. Distintos tipos de cobro por telemetría

2.2.2.4. Pago con tarjeta

El vending debido a su adaptación en la oferta de productos y ubicaciones específicas requieren múltiples opciones de pago, sin embargo, no es tan común que veamos máquinas con esta opción de pago; de las máquinas que cuentan con esta característica tenemos las que grandes empresas contratan y diseñan específicamente para ofrecer a sus trabajadores control de herramienta, alimento, puntos, etc. o ya sea que a través de las tarjetas les otorgan cierta cantidad de consumibles gratis; entre otras máquinas tenemos las que venden productos no comestibles y más “complejos”, tales como accesorios, ropa, zapatos, etc.



Figura 6. Expendedoras con sistema de cobro por tarjeta

2.2.3. Funcionamiento

Cuando nosotros metemos una moneda o un billete en las máquinas expendedoras automáticamente se activa un mecanismo para detectar que sean auténticos. En el caso de los billetes, estos pasan escáneres ópticos, cámaras diminutas que fotografían el billete y envían esas imágenes hasta la computadora que hay dentro de la máquina expendedora, y que tiene en su memoria una programación que la permite distinguir un billete auténtico de uno falso y, además, establecer la cuantía de ese papel moneda.

Si lo que hemos introducido por la ranura de la máquina expendedora son monedas, estas pasan por una serie de electroimanes que dictaminan la composición, forma, tamaño y peso de la moneda, determinando su aleación, su veracidad y, en última instancia, su valor. Además, el diámetro de la moneda también es verificado en el interior de la máquina. Si la máquina determina que la moneda es verdadera se abrirá una ranura por la que dicha moneda caerá hasta un cajetín donde hay otras monedas de su mismo valor. Si, por el contrario, se dictamina que es falsa, la máquina expendedora derivará esa moneda fraudulenta hasta la ranura de devolución de monedas.

Ahora solo queda escoger el producto que más apetezca en ese momento y disfrutar de él. Los snacks y chokolatinas están dispuestos en espirales de metal, que giran mediante un motor una vez introducido el dinero suficiente y marcado el código correcto. Al girar, la espiral va moviendo hacia delante el producto, que acaba por caer. En su caída ese producto pasa por delante de un escáner láser, interrumpiendo su proyección con su propio cuerpo. Este escáner servirá para dos cosas. La primera es para detener el motor de la espiral, impidiendo que caiga otro producto de esa manera. El segundo es comprobar que el proceso ha hecho caer correctamente un producto. En caso de que esto no haya ocurrido se repetirá el mismo hasta que un cuerpo interrumpa el rayo del escáner. Tan aparentemente sencillo como efectivo.

2.2.4. Ventajas y desventajas del negocio de las máquinas expendedoras

2.2.4.1. Ventajas

- Están en funcionamiento las 24 horas del día los 365 días del año.
- No necesita personal cualificado.
- No necesitan atención personalizada.
- Necesitan muy poco tiempo para su limpieza, recarga y recaudación.
- Generan beneficios rápidamente, aunque esto depende de la demanda que tengan.
- No necesitan una gran inversión, royalties.

- La movilidad es otra de sus ventajas. Puedes cambiar las máquinas de un lugar a otro sin problemas en función de las necesidades de tu empresa.
- No producen residuos ni desechos.
- Son muy fáciles de utilizar.
- Ofrece productividad. Ya que los empleados no tienen que perder tiempo de su trabajo en preparar un café.

2.2.4.2. Desventajas

- Al estar en sitios públicos pueden estar expuestos a actos vandálicos como pintadas, destrozos, robos etc.
- A veces es necesario, pedir permisos, dependiendo de la ubicación. Como por ejemplo el impuesto municipal de ubicación.
- Consumen energía, aunque estén en stand by.

2.3. Automatización

2.3.1. Definición

Un sistema de control automático es aquel que controla una variable física sin intervención humana. Esta variable física puede ser una temperatura, una velocidad, una presión, un flujo o gasto, un nivel, etc., etc. El controlar una magnitud física como las mencionadas anteriormente es estrictamente necesario para el buen desarrollo de determinados procesos sobre todo en la industria. El control automático llamado simplemente automatización ha sido la base sobre la cual descansa el gran adelanto industrial de los países más poderosos del planeta. Esto es así porque los procesos industriales susceptibles de ser automatizados, cuando operan así, entregan un producto de mucho mejor calidad que cuando son manejados nada más por personas. Desde luego que se tiene un riesgo de desempleo. En nuestro país se ha introducido ya la Automatización en cierto grado. Pero los aparatos con que se realiza esa automatización de Procesos no se fabrican aquí (PLC o Computadoras Digitales) La necesidad de efectuar el control sobre diversas magnitudes físicas se hizo sentir en la naturaleza desde los más remotos tiempos, podemos decir que, desde el nacimiento de

la vida, sea vegetal, animal o humana. Y así podemos mencionar varios sistemas de control Automático que posee el cuerpo humano: Temperatura, Presión sanguínea, Emociones, Flujo sanguíneo, Mecanismo de adaptación visual, Nivel de Azúcar en la sangre y así varios otros. Todos estos procesos lo resolvieron la naturaleza mediante maravillosos mecanismos cuyos componentes son diversos órganos tales como el cerebro, corazón, hígado, riñones, páncreas etc., etc. En estos procesos se ha inspirado el hombre para crear diversos inventos de gran utilidad. Para controlar una variable física es necesario conocer su magnitud, es decir, es necesario medirla. Entonces podemos decir que la técnica de las mediciones, es la base en que se apoya la técnica del Control Automático. En Europa los profesores que fundaron las carreras de Ingenieros en Automatización fueron Ingenieros que se especializaron en mediciones físicas, y los laboratorios de Automatización se crearon a partir de los laboratorios de Mediciones.

2.3.2. El proceso productivo y los niveles de automatización

En la segunda mitad del siglo pasado, se consideraron tres grandes rubros para medir el grado de industrialización de un país. Estos eran: Industria Eléctrica, Industria Petrolera e Industria Siderúrgica. Ahora hay que agregar el grado de Automatización que tiene la industria de un país para que se pueda decir que es industrializado y en qué nivel. Según expertos en el tema, en la industria pesada, tal como la siderúrgica y la energética (Eléctrica y Petróleo principalmente), sus procesos deben estar automatizados cuando menos en un 70% para que se puedan considerar como actualizados y cumplan con los estándares de calidad mínimos. Es un hecho que con procesos automatizados, las industrias progresan en cuanto que producen con mayor calidad y en menos tiempo, es decir, se hacen más competitivas.

2.3.3. Componentes de un sistema automatizado

Un sistema automatizado puede ser en lazo abierto o en lazo cerrado. En el primer caso la variable física a controlar, por ejemplo, la velocidad de un motor no se retroalimenta a un controlador. En el segundo caso la variable física a controlar, se retroalimenta a un controlador a fin de que este equipo (controlador) compare con el valor requerido

el cual se ha fijado de antemano y decida si hay que efectuar alguna corrección, en caso de que la variable a controlar salga del rango en que deba estar.

Estos procesos son tan antiguos como el hombre mismo ya que en nuestro organismo tenemos un sinnúmero de procesos automáticos en lazo cerrado tales como: nivel de adrenalina, nivel de glucosa, mecanismo de visión, sistema nervioso, etc.

Los principales componentes de un sistema automatizado son:

- Proceso a controlar.
- Sensor o detector que mide la variable física a controlar e informa esta medición al controlador.
- Controlador. Es el cerebro que de acuerdo a la información enviada por el sensor toma decisiones para corregir si este es el caso a la variable física bajo control.
- Comparador. Elemento que forma parte del controlador o puede estar fuera de él y compara el valor de la variable física a controlar con el valor que debe tener y que se denomina referencia, informando esto al controlador.
- Actuador. Elemento que recibe las instrucciones del controlador para actuar en un sentido o en otro y corregir así el valor de la variable a controlar. Por ejemplo, abrir o cerrar una llave para que fluya más o menos líquido hacia un recipiente.

2.4. Servomecanismos

2.4.1. Definición

Son sistemas de control realimentado en los que la salida es algún elemento mecánico, sea posición, velocidad o aceleración. Los servomecanismos controlan la posición o el movimiento de alguna parte de un sistema de control.

Muchos servosistemas pueden considerarse sistemas de seguimiento. Normalmente los servomecanismos forman parte de otro sistema de control.

Matemáticamente, no existen diferencias entre un servomecanismo y un sistema de control de procesos en lazo cerrado. Sin embargo, como los dos tipos de sistemas de control han evolucionado de manera independiente, utilizan métodos de diseño y terminología diferente. Los servomecanismos están incluidos en procesos más rápidos, con constantes de tiempo menores a 1 segundo, mientras que los sistemas de control de procesos implican procesos mucho más lentos, de forma que las constantes de tiempo se pueden medir en segundos, minutos e incluso horas. Los componentes de un servosistema suelen estar bien definidos matemáticamente, por lo que es fácil diseñarle un controlador de forma bastante precisa, de manera que en la práctica el sistema cumple las especificaciones sin necesidad de ajustes. Los procesos son mucho más difíciles de definir matemáticamente, por eso los sistemas de control de proceso normalmente necesitan ajustes en la planta para conseguir respuestas óptimas.

2.4.2. Elementos de análisis de un servosistema

Un sistema a controlar puede ser descrito por un modelo lineal invariante en el tiempo. El controlador debe asegurar que para cada posición impuesta el actuador lleve la unión a su destino. Este trabajo puede realizarse por un servosistema clásico de posición. El detector de errores de señal es un elemento que reconoce el error y lo convierte a un voltaje proporcional a este error. Este error es dado por una diferencia entre la posición actual de la unión y la posición deseada de la misma. Los amplificadores son elementos cuya labor es amplificar la variable en cuestión. Existen amplificadores de error de posición, de realimentación de velocidad y otros. Estos amplificadores son considerados elementos no dinámicos. El electro motor y la parte mecánica del dispositivo, es el elemento que consiste en el actuador y la parte mecánica del robot la cual rota sobre el eje de la unión. El taco-generador se utiliza como sensor de velocidad. Su salida es un voltaje proporcional a la velocidad del movimiento. El sensor de posición es un elemento que tiene varios tipos de componentes. Este se utiliza para medir la posición actual de la unión.

2.4.3. Componentes del servosistema

Los servomecanismos tienen internamente una serie de componentes que en conjunto caracterizan su funcionamiento. Estos son: circuito de control, potenciómetro interno y el tope mecánico en el eje de salida.

2.4.4. Comportamientos del servosistema

2.4.4.1. Con Control

El circuito de control se encarga de recibir la modulación tipo pulsos y ordenar al motor situarse en una posición relacionada con la anchura del pulso recibido. Para ello es necesario que esté el potenciómetro. Si éste no se encuentra, el circuito de control sólo puede mover el eje del motor hacia la izquierda o hacia la derecha. Esta característica se puede emplear para evitar usar etapas de potencia para mover el motor, el inconveniente es que se manejan señales de control más complicadas.

2.4.4.2. Sin control

Al quitar el circuito de control se tendrá que usar un circuito de potencia externo, pero ahora la señal de control será más sencilla, no será obligatorio generar modulación. Otros inconvenientes se encuentran a la hora de cerrar el bucle. Para ello es necesario utilizar el potenciómetro, pero el valor de éste hay que procesarlo con un circuito exterior.

2.4.4.3. Con potenciómetro

Establece un tipo de tope mecánico. Con él se pueden realizar bucles cerrados de control. Cuando se tiene el circuito de control el bucle se cerrará internamente. Esto es muy útil en aeromodelismo, ya que, por control remoto indicamos la posición que debe tomar el eje y el propio servomotor se encarga de buscarla y posicionar su eje en ella. De esa forma, no hay que transmitir

datos desde el avión hasta el mando de control remoto. Si no hay circuito de control el bucle se tendrá que cerrar externamente.

2.4.4.4. Sin potenciómetro

Se elimina el primer tope mecánico y la posibilidad de cerrar el bucle. Si se mantiene el circuito de control se puede realizar un control izquierda-derecha en bucle abierto por medio de los pulsos, evitando poner un circuito de potencia externo.

2.4.4.5. Con topes mecánicos

Sólo se tienen giros limitados, su aplicación es muy útil en brazos robots, pinzas, manipuladores, mecanismos ON/OFF, aeromodelismo, etc.

2.4.4.6. Sin topes mecánicos

Se eliminará el tope del rodamiento y el potenciómetro, por lo tanto, se pierde la posibilidad de cerrar el bucle internamente. Combinando los seis puntos anteriores se obtiene la siguiente tabla que describe todas las formas de funcionamiento y su aplicación más común.

2.4.5. Aplicaciones de los servosistemas

En las aplicaciones de aeromodelismo se mantiene el estado original para no tener que enviar información desde el avión, barco, coche, etc. hasta el mando de radio control. Se envía la posición codificada con pulsos y el servomotor se encarga del posicionamiento y control. Pero en algunos casos puede ser útil tener confirmación de cuándo se ha llegado a la posición. Para ello se puede sacar el cable del cursor del potenciómetro al exterior y analizarlo con algún tipo de electrónica. Es evidente que esto se aplica sólo en sistemas que tengan transmisión de información bidireccional, es decir, del control a los actuadores y de los sensores al control.

En los microbots con ruedas se necesita rotación continua, para ello hay que eliminar todos los topes mecánicos, incluyendo el potenciómetro. Para controlar el movimiento (giro a izquierdas o a derechas) se puede utilizar el circuito de control o directamente

eliminarlo. Si se mantiene el circuito, la señal de control será la modulada, para indicar hacia dónde debe girar el motor se empleará el ancho máximo (2.3ms) y el mínimo (0.3ms). Lo bueno de esta técnica es que no hará falta usar una etapa de potencia previa. Si por el contrario se elimina también el circuito de control, se tendrá que usar una etapa de potencia externa aunque las señales de control serán más sencillas (directamente tensión en bornes del motor).

Por último, en algunas aplicaciones de robótica se puede utilizar una alternativa a la utilización del servomecanismo en su estado original. Consiste en eliminar el circuito de control pero mantener el potenciómetro. Con un hardware externo se puede leer el valor de éste y ver si se ha llegado o no a la posición deseada. Al quitar el circuito de control se usará una etapa de potencia externa.

2.5. Motores eléctricos

2.5.1. Fundamentos de operación de los motores eléctricos

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

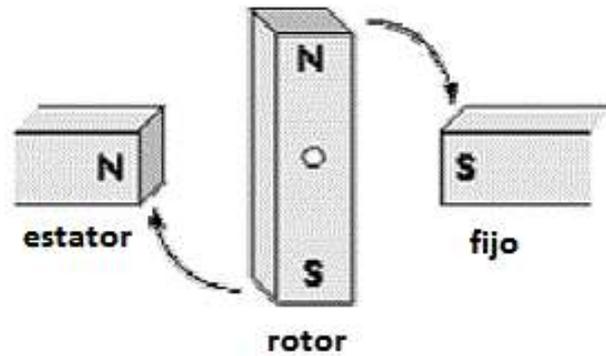


Figura 7. Campo magnético de un motor

2.5.2. Tipos y características

2.5.2.1. Motores de Corriente continua

Se utilizan en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor, además, se utilizan en aquellos casos en los que es imprescindible utilizar corriente directa, como es el caso de motores accionados por pilas o baterías. Este tipo de motores debe de tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. Los motores de corriente directa pueden ser de tres tipos:

- Serie
- Paralelo
- Mixto

2.5.2.2. Motores de corriente alterna

Son los tipos de motores más usados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías “normales”. De acuerdo a su alimentación se dividen en tres tipos:

- Monofásicos (1 fase)
- Bifásicos (2 fases)
- Trifásicos (3 fases)

2.5.2.3. Motores universales

Tienen la forma de un motor de corriente continua, la principal diferencia es que está diseñado para funcionar con corriente alterna. El inconveniente de este tipo de motores es su eficiencia, ya que es baja (del orden del 51%), pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, ésta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, éste se quemaría. Estos motores son utilizados en taladros, aspiradoras, licuadoras, etc.

2.5.3. Otros tipos de motores

2.5.3.1. Servomotor

Un servomotor (o servo) es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electromecánicos y electrónicos.

El motor en el interior de un servomotor es un motor DC común y corriente. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión. Esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera. De forma similar a un automóvil, a menor mayor velocidad, menor torque. El circuito electrónico es el encargado de manejar el movimiento y la posición del motor.

La presencia del sistema de engranajes como el que se muestra en la figura hace que cuando movemos el eje motor se sienta una inercia muy superior a la de un motor común y corriente. Observando las imágenes que hemos presentado nos podemos dar cuenta que un servo no es un motor como tal, sino un conjunto de partes (incluyendo un motor) que forman un sistema.



Figura 8. Estructura interna de un servomotor

2.5.3.2. Motor paso a paso

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8° . Es por eso que ese tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador.

Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición si una o más de sus bobinas está energizada o bien totalmente libres de corriente.



Figura 9. Motor paso a paso bipolar

2.5.3.3. Motorreductor

Los reductores de velocidad con sistemas formados por engranajes que hacen que los motores eléctricos funcionen a distintas velocidades.

Los reductores o motorreductores son necesarios para toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que precisan reducir de forma segura su velocidad. Los reductores de velocidad son creados a base de engranajes, mecanismos circulares o serrados con geometrías diferentes, según su tamaño y la función en cada motor eléctrico.



Figura 10. Motorreductor de 12V DC

2.6. Sensores de posicionamiento

2.6.1. Potenciómetros

Aunque existe una tendencia hacia los sensores sin contacto, los potenciómetros ('pots') siguen siendo los sensores de posición más comunes. Estos sensores miden una caída de tensión cuando los contactos eléctricos se deslizan a lo largo de una pista resistiva, lo que significa que la posición es proporcional a la tensión de salida. Los potenciómetros están disponibles en formas rotatorias, lineales o curvilíneas y suelen ser de tipo compacto y ligero. Un dispositivo simple nos costará unos pocos céntimos, mientras que una versión de alta precisión puede costar más de 200 dólares. Linealidades inferiores al 0,01 % son posibles mediante el recorte por láser de las pistas resistivas.

Los potenciómetros funcionan bien en aplicaciones con ciclos de servicio no exigentes, entornos no hostiles y rendimiento relajado. Lamentablemente, los potenciómetros son susceptibles al desgaste especialmente en entornos de alta vibración y/o con partículas extrañas, tales como polvo o arena, que desgastan la pista resistiva. Los dispositivos de mayor calidad tienen una larga vida útil en cuanto al número de ciclos, pero a menudo no se tiene en cuenta los efectos de la vibración.

Debe señalarse también que los potenciómetros suelen considerarse de 'resolución infinita'. Aunque sea teóricamente cierto, numerosos sistemas de control requieren datos digitales y por ello, la resolución real será la del convertidor analógico a digital (lo que debe incluirse en cualquier cálculo de costos).

Curiosamente, los potenciómetros llegan a clasificarse como 'dispositivos simples' en algunas aplicaciones relacionadas con la seguridad en las industrias aeroespaciales, médicas y petroquímicas. Esto significa que, si bien están sujetos a numerosos modos de fallo operativo, no lo están a las mismas rigurosas exigencias en diseño y selección que los organismos de certificación aplican a los sensores electrónicos. Es una situación absurda, pero real, que hace que sea difícil sustituir los potenciómetros no fiables en algunas aplicaciones.

Puntos fuertes: Bajo costo; sencillo; compacto; de peso ligero; puede hacerse exacto.

Puntos débiles: Desgaste; vibración; materias extrañas; temperaturas extremas.



Figura 11. Potenciómetro rotatorio

2.6.2. Sensores ópticos

A los sensores ópticos se les suele referir como encoders y constituyen una forma común de sensor de posición, que varía desde dispositivos sencillos, de bajo coste, hasta unidades de precisión que pueden costar más de 10.000 dólares. A través de todos estos dispositivos, el principio fundamental es el mismo: un haz de luz brilla a través de, o sobre una rejilla; la luz resultante se mide utilizando un fotodetector y se genera una señal de posición.

Los encoders rotatorios empaquetados están ampliamente disponibles, típicamente con 50 – 5.000 conteos por revolución y se ha constatado que funcionan bien en aplicaciones en ambientes no hostiles. Sin embargo, en entornos más hostiles, si el sistema de la lente o la rejilla se oscurece por partículas extrañas, tales como suciedad, virutas o agua, entonces las mediciones serán incorrectas.

Al seleccionar un sensor óptico es importante tener en cuenta que si se indica que el sensor tiene 1.000 conteos por revolución, esto no significa que sea preciso a 1/1000 de revolución. Tendrá que leerse con cuidado la hoja de datos del sensor, en particular en el caso de kits de encoders o encoders de anillo que requieren que el usuario realice un montaje del sensor con extrema precisión y para asegurar que no se produzca contaminación alguna.

Si el encoder tiene un disco de vidrio, la unidad tendrá una resistencia limitada a los choques.

Puntos fuertes: Alta resolución; buena precisión si se montan con precisión; amplia disponibilidad.

Puntos débiles: Materias extrañas; fallos catastróficos sin advertencia; choque; temperaturas extremas.

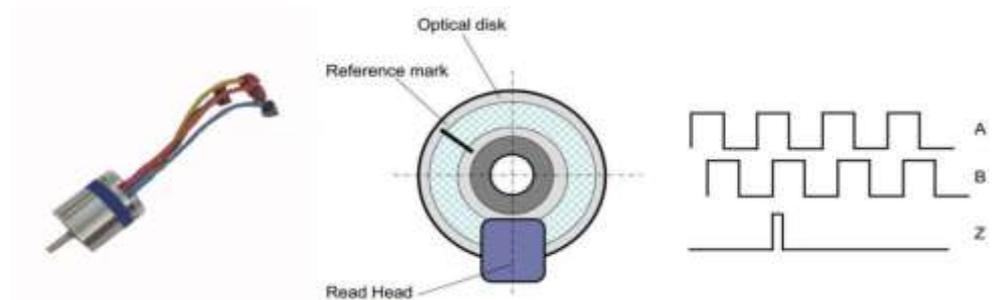


Figura 12. Encoder rotatorio

2.6.3. Sensores magnéticos

Todos los sensores magnéticos utilizan un principio de medición similar: cuando un imán se desplaza en relación con un detector magnético, el campo magnético cambia en proporción a su desplazamiento relativo. Una forma común es el dispositivo de Efecto Hall, disponible en forma de pastilla. A menudo se utilizan en aplicaciones de motores automotrices y eléctricos con un modesto rendimiento de medición.

Los sensores magnéticos superan gran parte de los inconvenientes asociados a los dispositivos ópticos, ya que son más tolerantes a la presencia de cuerpos extraños. Sin embargo, estos sensores rara vez se utilizan para aplicaciones de alta precisión debido a la histéresis magnética y a la necesidad de ingeniería mecánica de precisión entre las partes móviles y estacionarias. La hoja de datos de cualquier sensor magnético debe estudiarse cuidadosamente con respecto a las tolerancias de instalación, coeficiente de temperatura y temperatura de funcionamiento.

Otra consideración es la proximidad de materiales magnéticos o cables eléctricos. Los imanes pueden atraer algunas partículas extrañas y una causa de fallo operativo es la acumulación de virutas o partículas con el transcurso del tiempo. Los sensores

magnéticos no se suelen elegir para aplicaciones con condiciones de impacto o choque severos, puesto que los modernos imanes de NdFeB son notoriamente frágiles.

Puntos fuertes: Bastante robusto; la mayoría de los líquidos no les afecta.

Puntos débiles: Temperatura; histéresis; necesidad de ingeniería mecánica de precisión; no proximidad de fuentes de acero/corriente continua y bajo rendimiento frente a impactos/choques.



Figura 13. Sensor magnético de posición

2.6.4. Sensor magnetostrictivo

Estos sensores utilizan un fenómeno inusual denominado ‘magnetoestricción’, que está presente en algunos materiales. Cuando un imán se aproxima al material, genera una energía que pasa a lo largo del material para su reflexión. La posición se puede medir a partir del tiempo que tarda un pulso de energía en desplazarse a lo largo y hacia atrás de una tira de material magnetostrictivo – normalmente un alambre delgado o una tira.

Casi todos los sensores magnetostrictivos son lineales porque la delicada banda magnetostrictiva debe sujetarse cuidadosamente en una carcasa tal como una extrusión de aluminio. Con la carcasa se consigue que los dispositivos magnetostrictivos no sufran problemas de desgaste o de su vida útil y se puedan utilizar en aplicaciones de alta presión tales como arietes hidráulicos.

Es necesario que el fabricante calibre cada y esta circunstancia, combinada con la carcasa de precisión, hace que los sensores magnetostrictivos sean relativamente

caros. La técnica también es sensible a cualesquiera otras influencias durante el tiempo de utilización – en especial a la temperatura. Las hojas de datos magnetostrictivas suelen indicar la precisión a temperatura constante, por lo que los ingenieros de diseño tendrán que realizar sus propios cálculos utilizando el coeficiente de temperatura indicado.

El diminuto sensor magnetostrictivo es muy delicado y los montajes en los extremos de su longitud son críticos. El resultado neto es que los sensores magnetostrictivos no deben elegirse para entornos donde vayan a estar sometidos a golpes o vibraciones.

Puntos fuertes: Robusto; bien adecuado para presiones altas; el % de precisión aumenta con la longitud.

Puntos débiles: Bastante caro; resistencia deficiente a choques; efectos de la temperatura; inexactos a distancias cortas (inferiores a 100 mm).



Figura 14. Sensor magnetostrictivo

2.6.5. Sensores capacitivos

Un condensador es un dispositivo eléctrico que acumula carga. Típicamente consta de dos placas conductoras separadas por un aislante. La cantidad de carga que el condensador puede almacenar varía según el tamaño de las placas, su porcentaje de solapamiento, su separación y la permeabilidad del material entre las placas. En su forma más sencilla, un sensor de posición capacitivo mide la separación de las placas. Los desplazamientos suelen ser sobre rangos inferiores a 1 mm para la medición de la carga, deformación y presión.

Otro método para detectar la posición rotatoria o lineal es el uso de una serie de placas que se cortan o se graban a lo largo del eje de medición. Cuando otra placa se desplaza a través de ellas, la capacitancia de los circuitos a lo largo del eje varía indicando así la posición relativa de las dos partes. Los sensores de posición capacitivos son poco frecuentes y rara vez se utilizan en aplicaciones relacionadas con la seguridad. Lamentablemente, así como el solapamiento de las placas, etc., la capacitancia también varía con la temperatura, humedad, materiales circundantes y la presencia de materias extrañas, lo que hace difícil la ingeniería de un sensor de posición estable y de alta precisión.

He trabajado en sensores, automatización y electrónica durante casi 30 años. Todavía estoy por conocer a un ingeniero de diseño que esté contento con su selección de un sensor de posición capacitivo. Los sensores capacitivos tienen una mala reputación entre ingenieros experimentados y es poco probable que se elijan para aplicaciones relacionadas con la seguridad. Para mayor engorro, algunos fabricantes han dejado de referirse a 'capacitivo' y en su lugar utilizan términos tales como almacenamiento de carga, acoplamiento de carga o efecto eléctrico. Existen numerosas circunstancias que nos pueden llevar a una selección incorrecta y lo mejor es evitarlas, a no ser que se tenga la necesidad de mediciones de alta precisión en aplicaciones muy estables y clínicas.

Puntos fuertes: Compacto; baja potencia.

Puntos débiles: Coeficientes significativos de temperatura y humedad; sensible a la presencia de materias extrañas; tolerancias de instalación muy estrictas.

2.6.6. Sensor inductivo tradicional

Los sensores de posición inductivos tradicionales funcionan sobre la base de principios inductivos o de transformadores y han sido utilizados durante más de 100 años. Tienen una reputación excelente en cuanto a funcionamiento seguro y fiable en condiciones adversas, lo que los convierte en una opción casi automática en numerosas aplicaciones relacionadas con la seguridad.

Los sensores de posición inductivos lineales suelen recibir el nombre de reluctancia variable o transformadores diferenciales linealmente variables (LVDTs). Las formas rotatorias se conocen como dispositivos de sincronización, resolvers o RVDTs. Los transformadores LVDTs utilizan una construcción en transformador con al menos tres devanados de cable: uno primario y dos secundarios. A medida que se desplaza la varilla, varía el acoplamiento electromagnético entre los devanados primario y secundario. La relación de las señales inducidas indica la posición de la varilla con respecto a los devanados. Esta técnica ratiométrica es clave para la alta estabilidad del LVDT y su rendimiento en la medición.

Mientras que los sensores ópticos y magnéticos requieren circuitos electrónicos adyacentes al punto de detección, los sensores inductivos pueden desplazar la electrónica lejos del área de detección, lo que permite que el sensor pueda situarse en entornos hostiles y su electrónica en otra posición menos adversa.

Sin embargo, debido a la construcción del transformador de devanados, tienden a ser grandes, voluminosos y de alto coste.

Puntos fuertes: Alta precisión; fiables; robustos; funcionamiento en entornos extremos; ampliamente disponibles.

Puntos débiles: Alto coste; voluminoso; pesado.

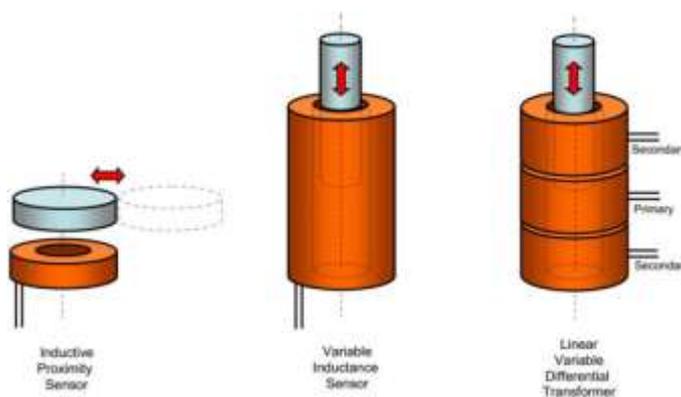


Figura 15. Estructura de un sensor inductivo

2.6.7. Sensores inductivos de nueva generación o incoders

Los sensores inductivos de nueva generación – con frecuencia denominados incoders – utilizan los mismos principios que los sensores inductivos tradicionales, por lo que ofrecen un buen rendimiento de medición sin contacto en entornos adversos. Sin embargo, en lugar de utilizar bobinas voluminosas de cable, estos sensores utilizan circuitos impresos sobre sustratos flexibles o rígidos.

La transición a los devanados impresos aporta otras ventajas específicas:

Una gran reducción en los costes de producción, tamaño y peso

Mayor flexibilidad en lo que a su forma se refiere

Erradicación de fuentes de imprecisión causadas por el proceso de bobinado

Geometrías de medición complejas, tales como la detección de posición curvilínea, en 2D y 3D

Se pueden poner múltiples sensores en el mismo espacio utilizando placas de circuito impreso multicapa (p.ej., sensores redundantes en aplicaciones relacionadas con la seguridad).

El rendimiento de EMC es, por lo general, tan bueno como el de los resolvers o transformadores LVDTs. Esto se evidencia por la creciente selección de dispositivos inductivos de nueva generación para aplicaciones aeroespaciales y militares.

Puntos fuertes: Alta precisión; fiable; robusto; geometrías múltiples; compacto; ligero.

Puntos débiles: Más caros que los potenciómetros



Figura 16. Sensores inductivos de ultima generaci3n

2.7. Placas de desarrollo de hardware

2.7.1. Arduino

La tarjeta Arduino, que fue lanzada por el 2005 es muy famosa hasta la actualidad por tener un amigable manejo en cuanto a la compatibilidad de varios m3dulos de hardware adicionales (que son denominados Shields) y el lenguaje de programaci3n en C, que pueden integrarse para distintos objetivos. Adem3s, la compa1a Arduino pone a disposici3n varias librer3as que pueden ser usados de acuerdo al m3dulo que desees.



Figura 17. Arduino Uno R3

2.7.2. Tessel

Esta placa de desarrollo tiene una particularidad interesante, ya que esta maneja el lenguaje de programación JAVASCRIPT y es compatible con el API de NODE.JS. Es una tarjeta que se programa de manera familiar para desarrolladores de software.



Figura 18. Tessel

2.7.3. Parallax Propeller

Esta placa tiene un procesador multi-núcleo paralelo arquitectura de ordenador microcontrolador de chip con ocho de 32 bits denominado Parallax Propeller, esta placa puede ejecutar aplicaciones en paralelo en lugar de utilizar interrupciones tiene la forma similar a un Arduino.

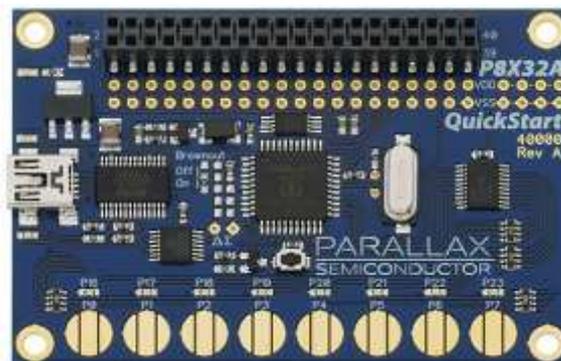


Figura 19. Parallax Propeller Quick Start

2.7.4. NoMADA Go

NoMADA Go es una placa que permite crear aplicaciones mecatrónicas utilizando el microcontrolador AVR® ATmega32U4 de la marca Atmel a través de una tarjeta compacta, la cual puede ser programada desde la interfaz USB mediante el uso de la aplicación FLIP desarrollada por Atmel.

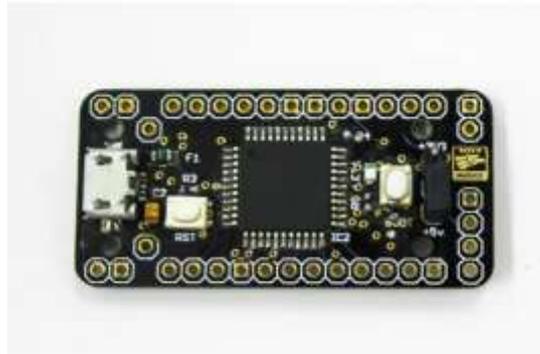


Figura 20. Tarjeta de Desarrollo NoMADA® Go

2.7.5. Tarjeta Entrenadora de PIC18F4550 PINGÜINO

Pingüino es una plataforma de hardware y software para la experimentación con Microcontroladores, similar a Arduino pero basada en un microcontrolador PIC18F2550 o PIC18F4550 y cuenta con su propio Entorno de Desarrollo Integrado de uso y apariencia similar al de Arduino. Normalmente esta tarjeta fue diseñada para que cada persona sea capaz de implementarla.

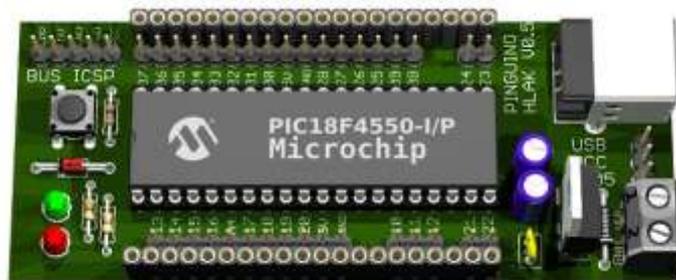


Figura 21. Pinguino core PIC18F4550

2.7.6. Raspberry Pi

Raspberry Pi es un computador de placa reducida, computador de placa única o computador de placa simple (SBC) de bajo coste, que tiene un procesador ARM de pende al modelo. El Rashberry cuenta con un sistema operativo basado en GNU/LINUX.



Figura 22. Raspberry Pi 3 Modelo B

2.7.7. Beaglebone Black

El modelo Beaglebone Black tiene su principal atractivo en su diseño compacto, que también cuenta con un procesador ARM, de igual manera soporta un sistema operativo GNU/LINUX.



Figura 23. Beaglebone-Black-4G,REV C, CORTEX A8

**CAPÍTULO III:
DISEÑO DEL SISTEMA.**

III. DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1. Diseño físico del Prototipo

En el diseño de este prototipo se tuvo en cuenta una serie de factores tanto técnicos como funcionales, indispensables para el buen funcionamiento. El diseño debe ser atractivo para el cliente; de esta manera debe incorporar sistemas de pago de última generación para facilitar la compra en este equipo. A continuación, se detallará las características de las principales partes que conforman este prototipo.

3.1.1. Diseño de la estructura externa.

La estructura del prototipo se diseño de la forma de un prisma de base rectangular, para las dimensiones se tuvo en cuenta la capacidad de productos que esta albergaría y el tamaño de cada producto.

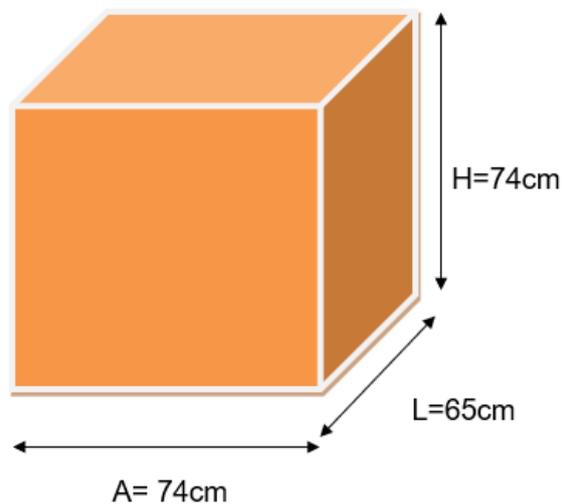


Figura 24. Estructura externa del prototipo

3.1.2. Recinto de almacenaje

El recinto de almacenamiento constará de tres filas y 4 columnas elaboradas de acuerdo a las medidas de las cajas a dispensar, el cual tendrá como función almacenar cajas de cupcakes que luego serán dispensadas.

El recinto de almacenamiento y autonomía del equipo tendrá una capacidad de 12 cajas que midan como máximo 10cm de fondo 4,5cm de ancho y 4,8cm de alto.

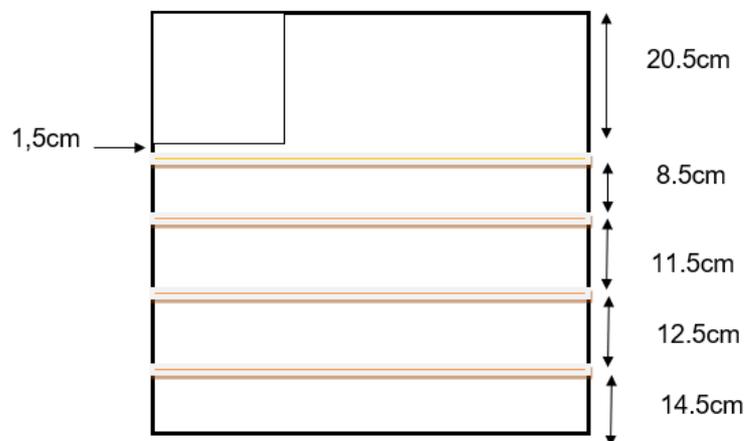


Figura 25. Estructura interna del prototipo

3.1.3. Ejes

El sistema de ejes es el medio de desplazamiento del brazo mecánico en forma vertical, horizontal y transversal, por la acción de 1 motor DC, el cual hará girar un tornillo sin fin y este a su vez será el que genere el movimiento en cada eje.

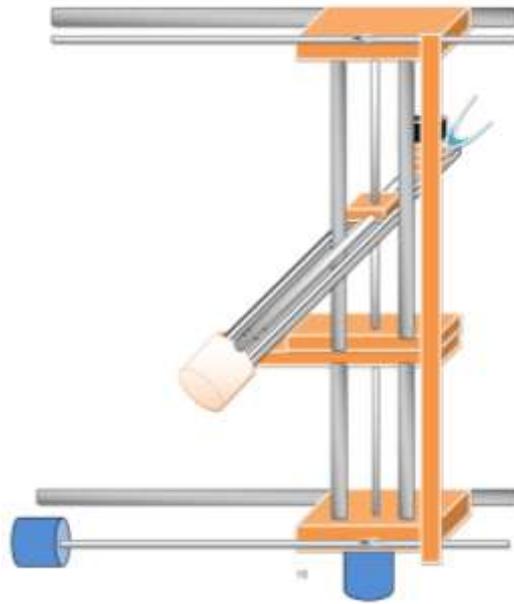


Figura 26. Sistema mecánico de posicionamiento

3.1.4. Brazo mecánico

Consiste en el sistema de alcance y agarre del producto desde la selección del mismo hasta su final en la bandeja de entrega, por la acción de un motor DC y un servomotor que controla la abertura y cierre de una pinza robótica.

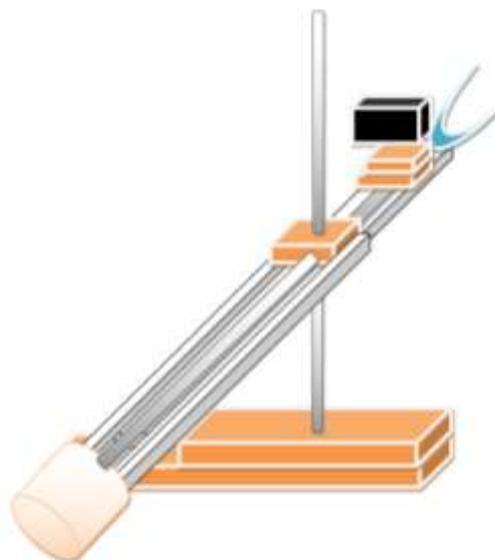


Figura 27. Estructura del brazo mecánico

3.1.5. Bandeja de entrega

La bandeja de entrega será la encargada de recibir las cajas y hacer que estas se muestren para reclamar el producto después de la selección del mismo.

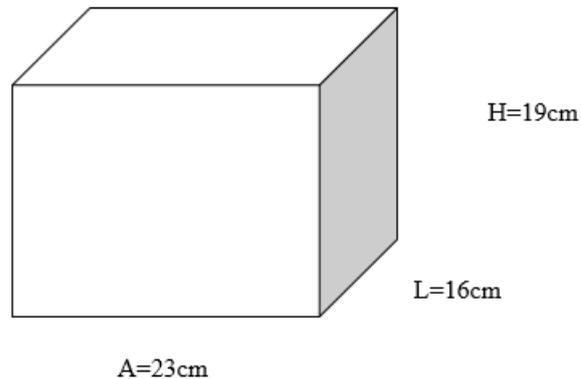


Figura 28. Dimensiones de la zona de entrega

3.2. Diseño del Hardware

Para el diseño del hardware del sistema de control del presente proyecto, se optó por utilizar la plataforma Arduino, puesto que presenta ciertas ventajas tanto en hardware como en software, y además que Arduino es de bajo costo y muy flexible en comparación con otras tecnologías. En esta presente tesis se hace uso de un lector RFID que realiza el permiso de compra del producto, y un sistema electro mecánico para permitir la selección del producto elegido por el usuario.

A continuación, se presenta un esquema general de la maquina dispensadora.

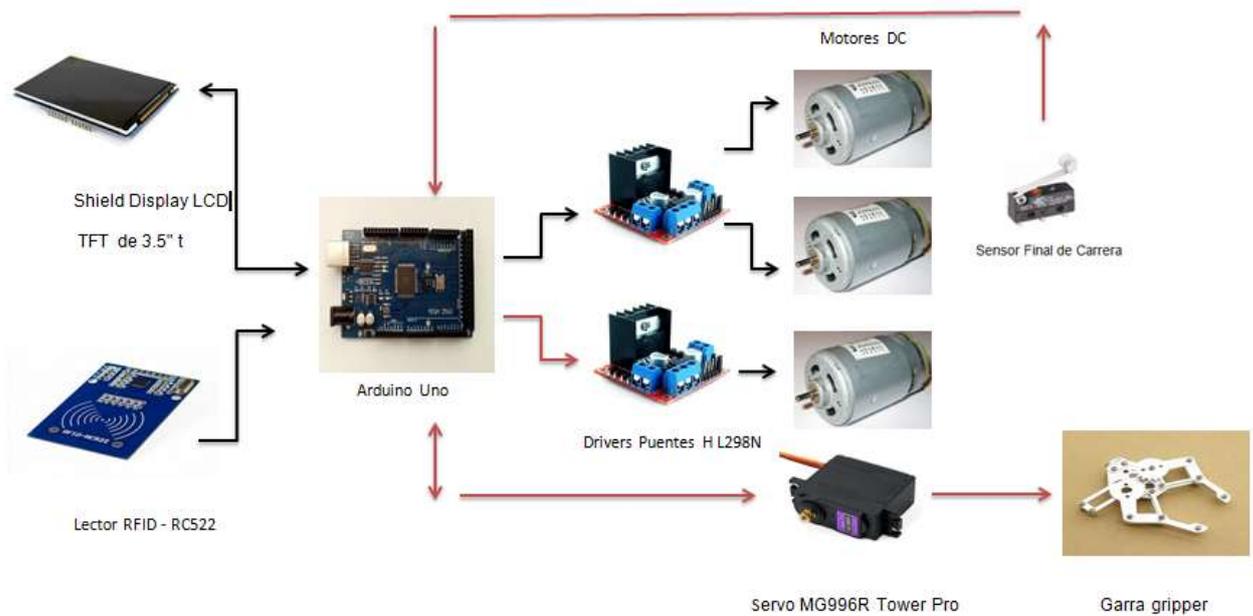


Figura 29. Esquema general del proyecto

3.2.1. Descripción de los elementos que intervienen en el sistema

3.2.1.1. Arduino Mega 2560

En este proyecto se optó por este modelo de Arduino debido a la cantidad de pines que dispone, dado a este estarán conectados múltiples sensores de final de carrera, tres motores por medio de sus respectivos puentes h, un servomotor, una pantalla táctil y un lector RFID.

La función del Arduino en este proyecto será la de controlar todo el sistema, dado que todos los módulos a usar son compatibles con este controlador, además de disponer de una gran cantidad de información para su uso.

Tabla 1
Especificaciones técnica Arduino Mega 2560.

Características	Descripción
Microcontrolador	Atmega2560
Voltaje de Operación	5V
Tensión de Entrada (recomendada)	7-12V
Tensión de Salida (limite)	6-20V
Pines digitales de E/S	54 (de las cuales 15 proveen salida PWM)
Pines de Entradas Analógicos	16
Corriente máxima DC por Pin E/S	40ma
Corriente máxima DC por Pin 3.3V	50ma
Memoria Flash	256KB (de los cuales 8 es usado por el bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Frecuencia de Reloj	16MHz



Figura 30. Arduino Mega 2560 R3

3.2.1.2. Lector RFID – RC522

Los lectores RFID en la actualidad están teniendo bastante acogida en los sistemas de identificación, su uso abarca desde sistemas de seguridad, acceso de personal, identificación y como llaves de puertas eléctricas, entre otras aplicaciones.

Este módulo tendrá la función de dar acceso por medio de la tarjeta RFID a los productos seleccionados de este prototipo.

El lector RFID trabaja a una frecuencia de 13.56MHz y se comunicara con el Arduino mega por medio de la interfaz SPI.

Tabla 2
Especificaciones técnicas Módulo RC522

Características	Descripción
Voltaje de Operación	3.3V DC
Corriente de Operación	13-26mA/3.3V DC
Corriente de Standby	10-13mA/3.3V DC
Corriente de Sleep	<80uA
Corriente pico	<30mA
Frecuencia de operación	13.56 MHz
Transferencia de datos	Max. 10Mbit/s
Temperatura de funcionamiento	-20 a 80 grados centígrados



Figura 31. Módulo RFID RC522

3.2.1.3. Shield Display LCD TFT 3.5"

El Shield Display LCD TFT de 3.5" permitirá agregar una interface hombre-máquina moderna y profesional al proyecto. Esta tendrá la función de selección de producto gracias a la interfaz grafica programada en esta y la ventaja de ser táctil la hace idónea para este proyecto.

Esta pantalla estará conectada al Arduino mega por medio de pines de control gráfico y táctil que esta pantalla posee, gracias a que la plataforma Arduino cuenta con librerías para su uso lo hace más accesible para este proyecto.

Tabla 3
Especificaciones técnicas LCD TFT 3.5"

Características	Descripción
Voltaje de Operación	5V DC
Interface LCD	Data (8) Control (5)
Controlador de pantalla:	ILI9481
Resolución de la pantalla	480x320 pixels
Regulador de 3.3 Volts	incluido
65536 colores	(16 bit: R5G6B5)
Dimensiones Shield	83 x 54 mm
Dimensiones Pantalla	72 x 52 mm



Figura 32. Shield Display LCD TFT 3.5"

3.2.1.4. Driver Puente H L298N

Cada modulo de estos permiten controlar 2 motores DC, por lo que necesitaremos solo dos para este proyecto. Estos permitirán controlar el sentido de giro de los motores y la velocidad de estos mediante señales PWM obtenidas por el arduino mega

Tabla 4
Especificaciones técnicas Puente H L298N

Características	Descripción
Chip	L298N
Canales	2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP)
Voltaje lógico	5V
Voltaje de Operación	5V-35V
Consumo de corriente (Digital)	0 a 36mA
Capacidad de corriente	2A (picos de hasta 3A)
Potencia máxima	25W
Peso	30g
Dimensiones	43 * 43 * 27 mm

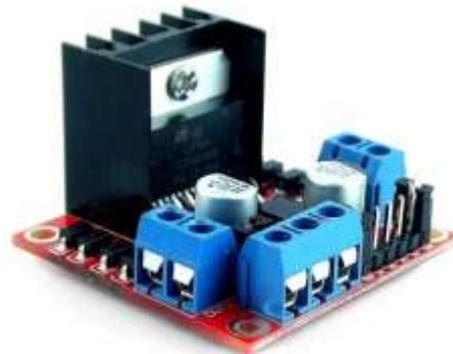


Figura 33. Driver Puente H L298N

3.2.1.5. Servo MG996R 11kg

Este servomotor tendrá la función de brindar movilidad a la pinza robótica para poder coger los productos, este servo consta de un torque de 11Kg/cm y puede rotar 180 grados por lo que es adecuada para el tipo de pinza a utilizar. El servo estará conectado directamente al arduino mega y para esto se empleará la Librería "Servo" incluida en el IDE de Arduino

Tabla 5
Especificaciones técnicas Servo MG996R

Características	Descripción
Modelo	MG996R
Torque	9.4kg/cm (4.8V), 11kg/cm (6V)
Voltaje de operación	4.8 – 7.2V
Velocidad de Operación (4.8V sin carga)	0.2 seg / 60 grados
Velocidad de Operación (6V sin carga)	0.16 seg / 60 grados
Tamaño	40,6 x 19,8 x 42,9 mm
Peso	55g
Plug	JR, FUTABA general
Angulo de Rotación	180° máximo
Material engranajes	Metal
Pulso ciclo	20ms
Ancho del pulso	entre 600us y 2400us
Rango de Temperatura	-30 a +60 °C



Figura 34. Servo MG996R

3.2.1.6. Motores DC.

Los motores serán los elementos que darán la movilidad a este proyecto, estos funcionan a un voltaje nominal 12V DC y a una corriente sin carga de aproximadamente 1A.

Para este proyecto se emplearán 3 motores con las mismas características, cada uno dará movilidad a cada uno de los ejes por medio del sistema anteriormente expuesto, estos estarán conectados al Arduino mega por medio de sus respectivos puentes H.



Figura 35. Motor de 12V DC

3.2.1.7. Interruptor final de carrera de rodillo

Estos interruptores de final de carrera tendrán la función de detectar la posición de cada eje, debido a que estos estarán ubicados en zonas estratégicas, formando una matriz de tres dimensiones, gracias a estos sensores podremos ubicar la posición de la pinza de agarre en determinados puntos de la matriz para la selección de los productos.

Se escogió este modelo en específico debido a que el sensor será activado por ambos costados, otro modelo se atascaría cuando sea activado en sentido contrario. Estos estarán conectados en su configuración normalmente abiertos, unos de sus pines serán conectados a 5V y el otro al Arduino Mega con una resistencia de pull down.



Figura 36. Interruptor final de carrera de rodillo

3.3. Diseño del Software

Para el diseño del software se tuvieron en cuenta las partes que conforman el sistema, como lo son: la pantalla de táctil de 3.5 pulgadas, el lector de tarjeta RFID y la parte mecánica conformada por sensores y actuadores.

El software consiste en la programación de la placa de desarrollo Arduino, En este proyecto se seleccionó el modelo Arduino mega en cual debido a la cantidad de pines y calidad de procesador es el más idóneo para este proyecto.

Se presenta a continuación el entorno de desarrollo integrado propio del Arduino, las librerías usadas y el diagrama de flujo del sistema en general.

3.3.1. Programación del Arduino

La parte electrónica de este proyecto se programó en base a la plataforma propia del Arduino la cual es simple y totalmente funcional, debido a que la respalda una gran comunidad de open source, cuenta con una gran cantidad de librerías las cuales hacen más simple el uso de esta plataforma.



Figura 37. Logotipo de la comunidad Arduino

3.3.2. Entorno de desarrollo integrado (IDE) Arduino

El entorno de desarrollo integrado también llamado IDE, está formado por un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, en el caso de Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware.

Para este proyecto se necesitó el uso de un IDE que nos permita cargar el código fuente al controlador Arduino, y este es el mas adecuado, dado que es el IDE oficial de Arduino.

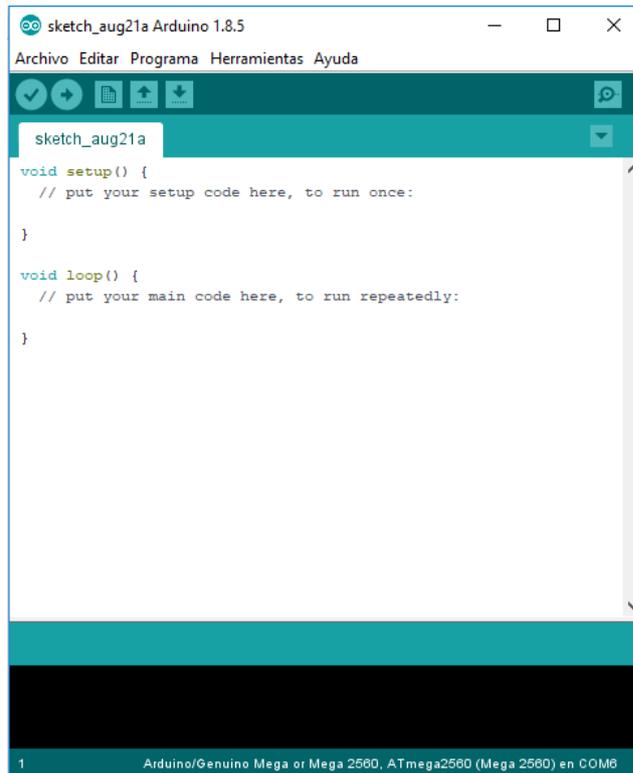


Figura 38. Entorno de Programación Integrado de Arduino

3.3.3. Librerías de Arduino usadas en el sistema

Para el manejo de los modulos empleados en este proyecto se harán uso de multiples librerías, las cuales se describen a continuación.

Tabla 6
Descripción de las librerías usadas en el proyecto

Nº	Librería	Descripción
1	Adafruit_GFX	proporciona un conjunto común de primitivas gráficas (puntos, líneas, círculos, etc.).
2	Adafruit_TFTLCD	Se ocupa de todo lo relacionado con la inicialización y configuración de la pantalla. se emplea para la gestión del panel táctil de las pantallas TFT. Permite detectar las pulsaciones y las coordenadas de las mismas.
3	TouchScreen	permite comunicarse con dispositivos SPI, con el Arduino como dispositivo maestro.
4	SPI	Biblioteca Arduino para MFRC522 y otros módulos basados en RFID RC522.
5	MFRC522	Permite el manejo de servomotores.
6	Servo	

3.3.4. Diagrama de flujo del sistema dispensador de productos

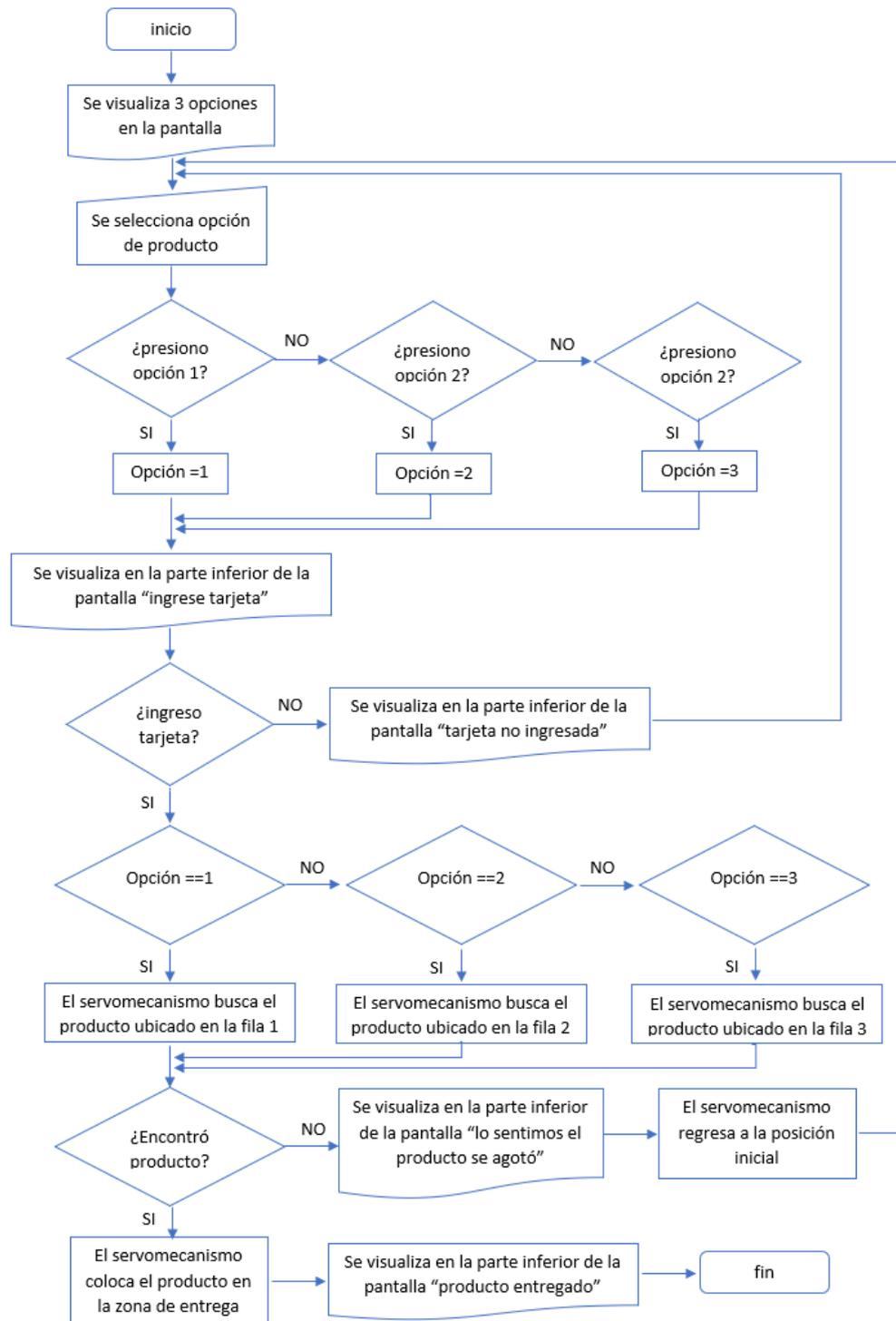


Figura 39. Diagrama de flujo del Funcionamiento del prototipo

El funcionamiento de este algoritmo no es distinto al de los demás dispensadores, todo comienza en la selección del producto por medio de la interfaz gráfica visualizada en la pantalla táctil, la cual mostrara un menú de selección de tres opciones debido a que se tendrá tres distintos sabores de cup cakes, luego de haber seleccionado se pedirá que se acerque la tarjeta RFID autorizada para este dispensador, una vez se haya pasado la tarjeta se dará acceso al funcionamiento mecánico, dependiendo se la opción seleccionada el bazo mecánico buscara el producto a través de la fila correspondiente. Una vez encontrado el producto, este será colocado en la zona de entrega, en caso contrario se encuentre agotado el producto esto se visualizará en la pantalla, y el mecanismo se pondrá en su posición inicial para su posterior uso del dispensador.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS.

IV. RESULTADOS.

4.1. Diseño e implementación de circuitos

A continuación, se describirá las conexiones del Arduino mega con cada módulo empleado en este proyecto, también se describirá las conexiones del Arduino mega con un circuito de acoplo que a su vez está conectado con un servomotor, los sensores y motores que conforman la parte mecánica.

4.1.1. Conexión del Arduino mega con el lector RFID

La conexión del Arduino mega con el lector se realizó mediante la interfaz SPI y la respectiva alimentación del módulo, a continuación, se muestra las conexiones realizadas.

Tabla 7

Pines de conexión entre el Módulo RFID y el Arduino Mega

MODULO RC522	ARDUINO MEGA
SDA	D53
SCK	D52
MOSI	D51
MISO	D50
IRQ	NC
GND	GND
RST	D49
3.3V	3.3V

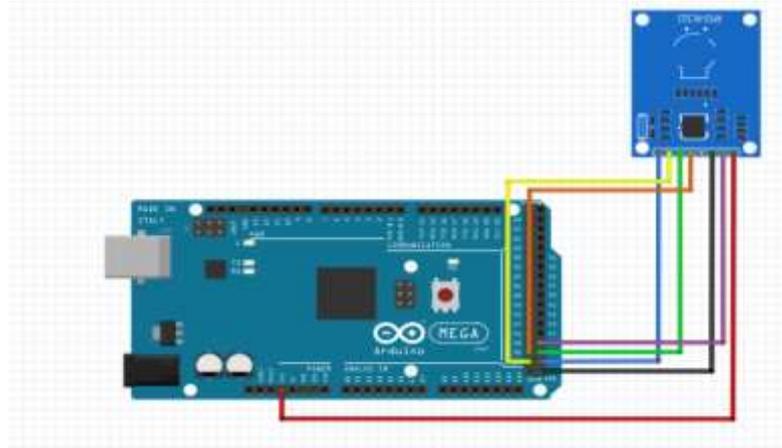


Figura 40. Conexiones entre el módulo RFID y el Arduino Mega

4.1.2. Conexión del Arduino mega con el Display LCD TFT 3.5"

La conexión del Arduino mega con la pantalla táctil se realizó de acuerdo las especificaciones de los pines requeridos para el funcionamiento de la parte gráfica y táctil, dado que solo de estas funcionalidades requerimos.

Tabla 8

Pines de conexión entre la pantalla táctil y el Arduino Mega

Display LCD TFT 3.5"	ARDUINO MEGA
3.3V	3.3V
5V	5V
GND	GND
LCD_RD	A0
LCD_WR	A1
LCD_CD	A2
LCD_CS	A3
LCD_RESET	A4
LCD_D0	D8
LCD_D1	D9
LCD_D2	D2
LCD_D3	D3
LCD_D4	D4
LCD_D5	D5
LCD_D6	D6
LCD_D7	D7

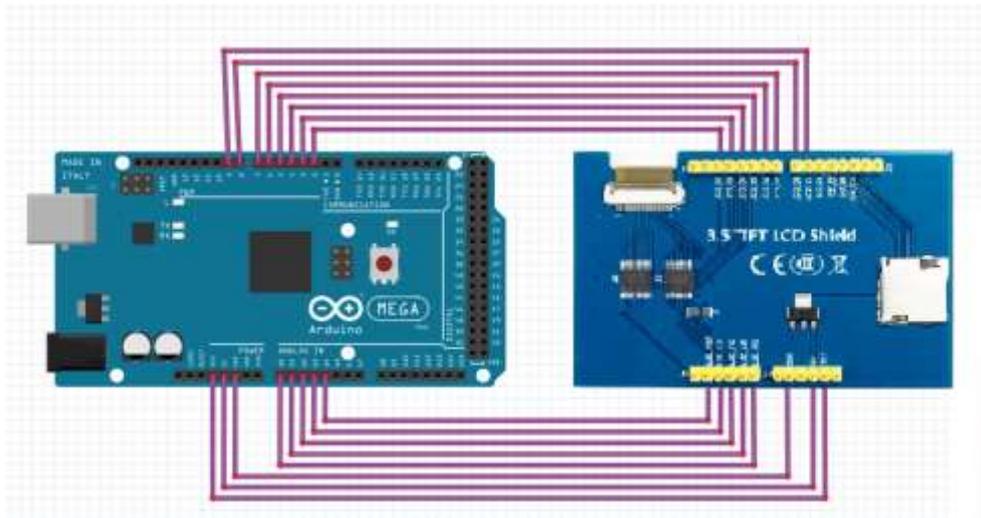


Figura 41. Conexiones entre la pantalla táctil y el Arduino Mega

4.1.3. Diseño y conexiones del circuito de acoplo con el Arduino mega

A continuación, se detalla el diseño del circuito de acoplo el cual consiste en una placa a la cual están conectados todos los componentes electrónicos que pertenecen a la parte mecánica (sensores, puentes h y un servomotor) por medio de borneras, lo cual brinda una mejor apariencia y la facilidad para las conexiones con el resto de las partes.

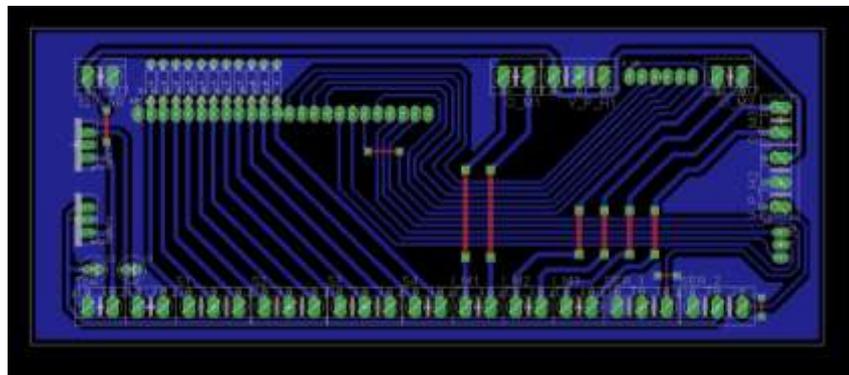


Figura 42. Diseño de la placa del circuito de acoplo

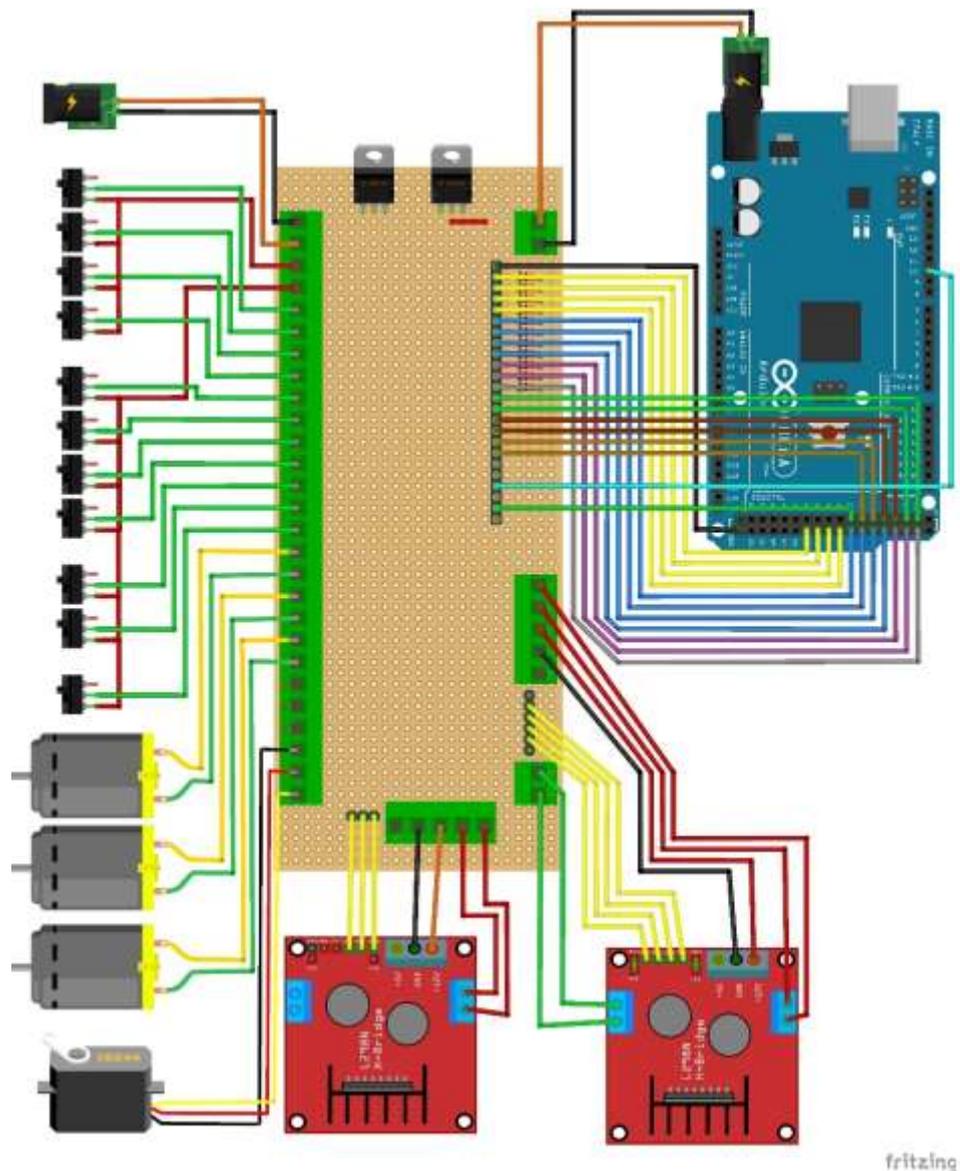


Figura 43. Conexiones del circuito de acoplo con el Arduino mega

4.2. Implementación de prototipo

Para la construcción de este prototipo se realizaron una serie de pasos, primero se implementó el servomecanismo en base a elementos disponibles, se ubicaron los sensores de final de carrera en sus ubicaciones determinadas, luego se realizaron pruebas del funcionamiento mecánico controlado por el Arduino mega, calibración de la pantalla táctil, funcionamiento del lector RFID, una vez probado cada parte de forma independiente se implementó un circuito impreso y se realizó la respectiva programación de la placa Arduino para el acoplo todas las partes y finalmente se realizó el ensamblado físico.

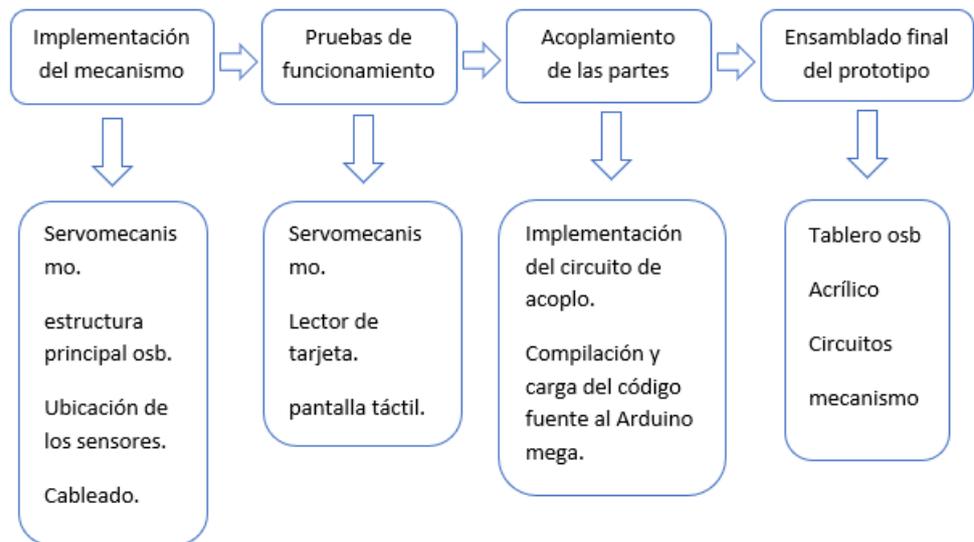


Figura 44. Diagramas de bloques del proceso de implementación

4.3. Implementación del mecanismo

4.3.1. Sistema de tres ejes

Se unieron los ejes con rosca a los ejes de los motores posteriormente se realizaron las partes móviles en madera y tubos de acero galvanizados los cuales estaban unidas a unas tuercas las cuales generan los movimientos a través de los tres ejes gracias al giro de los motores.

Se construyó un soporte de madera que sostuviera los mecanismos correspondientes a cada eje, se ubicaron los motores en las posiciones correctas.



Figura 45. Estructura mecánica de posicionamiento

4.3.2. Pinza de agarre

Para coger los productos se empleó una pinza robótica de aluminio el cual utiliza un servomotor, esta pinza robótica se entornillo a un pedazo de madera la cual se ubicó al final del mecanismo móvil del eje z.



Figura 46. Pinza de agarre

4.3.3. Construcción de la estructura principal del prototipo.

Para la construcción de la estructura del prototipo se empleó un material llamado OSB o tablero de virutas orientados, el cual se cortó de acuerdo a las medidas del diseño, luego se procedió a ensamblar la estructura principal, se entornillaron las paredes laterales a las partes inferior y superior del prototipo, ya habiendo terminado la parte mecánica se procedió a entornillarla dentro de la estructura principal asegurándose de estar correctamente alineados los tres ejes.



Figura 47. Estructura física del prototipo

4.3.4. Ubicación de los sensores.

Se ubicó con ayuda de un pegamento de secado rápido, cuatro sensores de final de carrera en el soporte de madera ubicado en la parte inferior del prototipo, a largo del eje x, cada sensor se encuentra a una distancia de 14cm con los sensores próximos.



Figura 48. Ubicación de los sensores del eje x

Se dispuso de otros cuatro sensores de final de carrera para el eje y, estos se ubicaron en un soporte de madera de acuerdo a la altura de cada tablero interno.

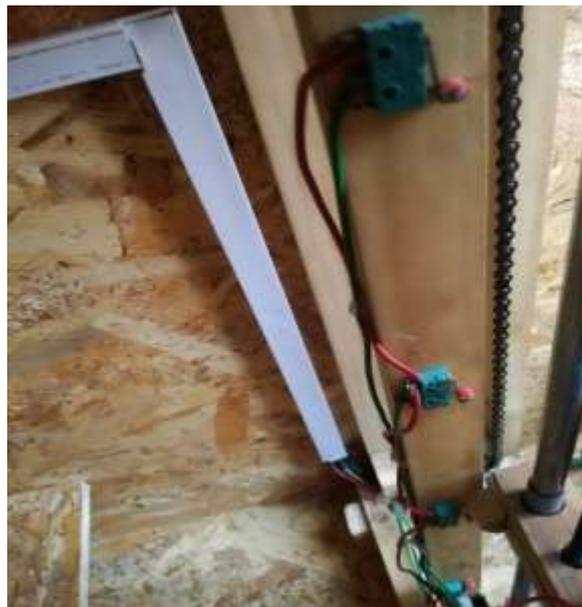


Figura 49. Ubicación de los sensores del eje y

Para el eje z se dispuso de dos sensores ubicados a una distancia de 17,5cm entre sí. Por último, se ubicó un sensor debajo de la pinza para la detección del producto, para activar estos sensores se adiciono a las partes móviles con ayuda del pegamento de secado rápido unos pequeños soportes que al momento de moverse a través de los tres ejes activaran los sensores.



Figura 50. Ubicación de los sensores de eje z

4.3.5. Cableado eléctrico

Una vez estando toda la parte mecánica correctamente ubicada se procedió a soldar todo el cableado eléctrico, se comenzó a soldar los cables correspondientes al eje z, teniendo en cuenta las zonas móviles para el correcto desplazamiento.



Figura 51. Cableado eléctrico a lo largo del eje z

Luego se procedió de la misma forma con el eje 'y', por último, todo el cableado resultante de las partes móviles se unió con el cableado de los sensores y el motor del eje x ubicado de forma fija en la estructura principal.



Figura 52. Cableado eléctrico del eje y

4.4. Pruebas de funcionamiento

4.4.1. Pruebas de funcionamiento del mecanismo

Una vez ya terminado todo el mecanismo con sus respectivos sensores de posicionamiento, se realizaron pruebas con el Arduino mega para verificar el correcto funcionamiento de los ejes, se verificó que se deslizaran de forma correcta y que los sensores detectaran la posición cada vez que sean activados por el mecanismo.

Se determinó el sentido de giro y la velocidad idónea de los motores, se calibró la abertura y cierre de la pinza robótica y por último se realizó una programación en Arduino para la selección de un producto por medio del monitor serial propio del Arduino para verificar el correcto funcionamiento del servomecanismo.



Figura 53. verificación de funcionamiento del sistema mecánico

4.4.2. Pruebas con el lector de tarjetas RFID

Se instalaron las librerías necesarias y se realizó las conexiones del lector de tarjetas al Arduino mega, posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento gracias a los códigos descargados de distintos tutoriales, con esto verificando la correcta lectura de la tarjeta.



Figura 54. Lector RFID RC522

4.4.3. Calibración de la pantalla táctil

Para el calibrado de la pantalla táctil se hizo pruebas con los ejemplos de la librería “Adafruit TFTLCD”, con ayuda del lápiz táctil que viene con la pantalla se procedió a presionar la pantalla táctil y observar los valores obtenidos por el monitor serial, de esa forma se fue modificando los valores de las variables que corresponden a la configuración del táctil, de forma que coincidieran los valores obtenidos por el monitor serial con los valores de los píxeles de la pantalla.



Figura 55. Pantalla táctil

4.5. Acoplamiento de las partes

4.5.1. Implementación del circuito de acoplamiento

Se implementó un circuito para el acoplamiento de todas las partes que conforman este proyecto, como lo son el Arduino mega, los puentes h, el lector de tarjetas, la pantalla táctil y se empleó borneras para las conexiones de todos los cables provenientes de la parte mecánica conformada por sensores, motores DC, un servomotor y la alimentación del circuito. Todo esto con el fin de una mejor organización en el conexionado y estética del prototipo.



Figura 56. Circuito de acoplo

4.5.2. Compilación y carga del código fuente al Arduino mega.

Una vez acoplado todas las partes que conforman el sistema y habiendo realizado la programación completa del sistema descrita en los anexos de este proyecto, se procede a la carga del código fuente al Arduino con el fin de verificar el correcto funcionamiento y en caso contrario solucionar los fallos.

```

dispensador Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

dispensador  [Código]
#include <Adafruit_GFX.h> // biblioteca de gráficos principales
#include <Adafruit_FT5206.h> // Biblioteca específica de hardware
#include <TouchScreen.h> // Biblioteca de funciones táctiles
#include <SPI.h> // librería del protocolo SPI
#include <MFRC522.h> // librería del módulo RFID
#include <Servo.h> // librería del servo

//*****RFID*****
#define SS_PIN 53 //modificable según el tipo de arduino que tengan
#define RST_PIN 49 //modificable según el tipo de arduino que tengan

MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RFID

//*****TÁCTIL*****
#define YP 25 // debe ser un pin analógico, (use una notación "An")
#define YM 22 // debe ser un pin analógico, (use una notación "An")
#define YM 3 // puede ser un pin digital
#define XP 3 // puede ser un pin digital

#define TS_MINX 110
#define TS_MINY 96
#define TS_MAXX 520
#define TS_MAXY 340

TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, YM, YM, 300);

Compilando programa...
Opciones de compilación cambiadas, reconstruyendo todo
  
```

Figura 57. Compilación y carga del código fuente

4.6. Ensamblado final del prototipo.

Una vez verificado el correcto funcionamiento del proyecto en su totalidad se procedió a ensamblar los tableros en donde se apoyan los productos, estos se entornillaron a las paredes de la estructura principal y se alinearon con la altura de cada sensor del eje y de tal forma que los productos coincidan con la pinza que los sujetara.

Posteriormente se ubica el circuito de acoplo con los puentes h en la parte superior de la estructura, la pantalla táctil y el lector de tarjetas se ensamblan en un tablero el cual también se ubicó en la parte superior, de tal forma que se encuentre cerca al circuito de acoplo para las respectivas conexiones.

Finalmente se puso acrílico transparente en la parte delantera del dispensador con el fin de que se aprecien los productos a seleccionar.



FIGURA 58 . Ensamblado final del prototipo

4.7. Funcionamiento del prototipo

A continuación, se describe en funcionamiento del prototipo desde que el usuario selecciona el producto, hasta la entrega del mismo.

Se muestra el menú y la serie de pantallas implementadas dependiendo del proceso en que esta se encuentre.

4.7.1. Loguin de Inicio

Aquí se mostrará al usuario el menú que ofrece el sistema con 3 opciones de venta de cupcakes:

La opción 1 representa el sabor de naranja.

La opción 2 representa el sabor de chocolate.

La opción 3 representa el sabor de vainilla.

Tras observar el menú, el usuario deberá seleccionar el producto requerido.



FIGURA 59 . Menú de selección

4.7.2. Validación del pedido

El usuario deberá contar con una tarjeta RFID que identifique que el pedido puede ser procesado, verificada la tarjeta el proceso de entrega podrá continuar o ser denegada.



FIGURA 60 . Petición de tarjeta

4.7.3. Proceso de entrega

El usuario tras haber sido verificada su tarjeta siendo no denegado el pedido, inmediatamente el proceso de toma del producto en el sistema se efectuará.



FIGURA 61 . Aviso de orden en proceso

4.7.4. Entrega

El sistema dará un mensaje de confirmación, para que pueda recoger el pedido en la bandeja de entrega.



FIGURA 62 . Aviso de entrega del producto

4.7.5. Producto agotado

El sistema en caso no disponga del pedido seleccionado, dará un mensaje de negación al mismo, dando opción de volver a elegir otro producto en el menú.



FIGURA 63 . Aviso de producto agotado

4.8. Costos del Prototipo

A continuación, se describe todos los gastos realizados para la implementación de este prototipo, los cuales están debidamente ordenados separados en categorías, las cuales se describen a continuación.

4.8.1. Costos de Componentes electrónicos

Tabla 9
Costos de componentes electrónicos

PRODUCTOS	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (S/)	COSTO TOTAL (S/)
Arduino Mega 2560 R3	1	70.00	70.00
Lector RFID – RC522	1	20.00	20.00
Display LCD TFT 3.5"	1	70.00	70.00
Driver Puente H L298N	2	15.00	30.00
Servo MG996R 11kg	1	35.00	35.00
Motores DC 12v	3	30.00	90.00
Tarjeta RFID	1	5.00	5.00
Resistencias de 10k	11	0.10	1.10
Borneras	17	1.00	17.00
Conector hembra 12vdc	1	1.00	1.00
Conector macho 12vdc	1	1.00	1.00
Cables Jumper	40	0.25	10.00
Cables (metros)	20	0.40	8.00
Fuente de alimentacion 12v	1	20.00	20.00
Sensores final de carrera	11	1.00	11.00
Placa (16x6.5 cm)	1	2.00	2.00
TOTAL			391.1

4.8.2. Costos del servomecanismo

Tabla 10
Costos del servomecanismo

PRODUCTOS	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (S/)	COSTO TOTAL (S/)
Tornillos sin fin	3	10.00	30.00
Pinza robotica	1	50.00	50.00
Tubo de acero inoxidable	1	20.00	20.00
Madera para soporte	2	5.50	11.00
soldimix	2	5.00	10.00
Pegamento de secado rapido	4	1.00	4.00
Cadena de bicicleta	1	5.00	5.00
Piñon de cambios de bicicleta	2	3.00	6.00
Corredera telescopica	1	8.00	8.00
tuercas	12	0.10	1.20
rodajes	5	1.00	5.00
TOTAL			150.2

4.8.3. Costos de materiales para la implementación del prototipo

Tabla 11
Costos de materiales para la implementación del prototipo

PRODUCTOS	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (S/)	COSTO TOTAL (S/)
Tablero OSB 18 mm 1.22 x 2.44 m	1	80.00	80.00
acrilico	1	40.00	40.00
Retazo de triplay	1	5.00	5.00
Tornillos	100	0.10	10.00
canaleta	1	4.00	4.00
madera	1	5.00	5.00
bridas	12	0.20	2.40
TOTAL			146.4

4.8.4. Costos del sistema en general

Tabla 12
Costos del sistema en general

ELEMENTOS	COSTOS TOTALES (S/)
Costos de componentes electrónicos	391.1
Costos del servomecanismo	150.2
Costos de materiales para la implementación del prototipo	146.4
TOTAL	687.7

**CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

1. En esta tesis se determinó correctamente los requerimientos mecánicos incidiendo positivamente en el funcionamiento del sistema porque cumplió con las necesidades requeridas de dispensar productos.
2. Se estudio los principios de funcionamiento de una maquina dispensadora empleando los conocimientos adquiridos en un producto totalmente funcional.
3. Se realizo los cálculos de velocidad y posicionamiento de cada motor logrando el adecuado posicionamiento dentro del sistema para la correcta selección y entrega del producto seleccionado.
4. Se diseño un algoritmo en la plataforma Arduino para el correcto funcionamiento de todas las partes que conforman el sistema tanto del servomecanismo como de una interfaz atractiva al usuario final.

5.2. Recomendaciones.

Como se ha mencionado, el presente proyecto es un prototipo de una maquina dispensadora de cupcakes, para lo cual a continuación se hará mención a una serie de recomendaciones para posibles cambios que de quieran dar.

1. El sistema de tarjeta solo esta basado en el acceso a la máquina, por lo que seria necesario implementar un sistema de saldo que permita establecer un control en las tarjetas.
2. El presente proyecto dispone de un sistema RFID para el acceso a la maquina por medio de tarjetas, esto se podría cambiar por un sistema de cobro más eficiente.
3. El sistema de agarre es por medio de una pinza robótica programada para coger cajas con una medida establecida. Esto se podría mejorar implementando un sistema de agarre por medio de succión con lo cual se adaptaría a cualquier tamaño de caja.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berek García, A. (24 de Julio de 2015). *Ventajas y desventajas del Vending*. Obtenido de Blog de Annu Berek García: <http://www.annu-berek.com/ventajas-y-desventajas-del-vending/>
- Distriga. (7 de 11 de 2016). *Cómo funcionan las máquinas expendedoras*. Obtenido de Distriga: <http://distriga.com/blog/como-funcionan-maquinas-expendedoras/>
- Exinsa. (3 de 9 de 2014). *Vending*. Obtenido de Blogexinsa: <https://blogexinsa.com/2014/09/03/dispositivos-de-cobro-que-son-para-que-sirven/>
- García González, A. (2 de 12 de 2016). *¿Qué es y cómo funciona un servomotor?* Obtenido de Panamahitek: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Howard, M. (9 de 2017). *Guía Introductoria para Sensores de*. Obtenido de zettlex: <https://www.zettlex.com/es/articles/sensores-de-posicion/>
- Mecafenix, F. (20 de 4 de 2017). *Motor paso a paso ¿que es y como funciona?* Obtenido de Ingeniería mecafenix: <http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>
- Quispe, O. (16 de Abril de 2017). *Tarjetas Para Desarrollo De Hardware*. Obtenido de Lightpath: <http://www.lightpath.io/tarjetas-de-desarrollo/>
- Wikipedia. (22 de 8 de 2018). *Máquina expendedora*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_expendedora
- Atlantic International University AIU. (1 de Diciembre de 2013). *curso: automatizacion y control*. (O. C. AIU, Ed.) Obtenido de VirtualPro: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/automatizacion-y-control>
- Curso de automatizacion*. (s.f.). Obtenido de Grupo Mazer: http://www.grupo-mazer.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm
- F. Ebel, S. I. (2008). *Fundamentos de la Técnica de automatizacion- Libro Tecnico*. Denkendorf, Alemania.

ANEXOS

Anexo N° 01: programación del Arduino Mega.

a. Estructura principal

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_TFTLCD.h>

#include <TouchScreen.h>

#include <SPI.h>

#include <MFRC522.h>

#include <Servo.h>

#define SS_PIN 53 //modificable según el tipo de arduino que tengan
#define RST_PIN 49 //modificable según el tipo de arduino que tengan

MFRC522 mfr522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522

#define YP A3
#define XM A2
#define YM 9
#define XP 8

#define TS_MINX 110
#define TS_MINY 95
#define TS_MAXX 920
#define TS_MAXY 960

TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM, 300);
```

```

#define LCD_CS A3

#define LCD_CD A2

#define LCD_WR A1

#define LCD_RD A0

// opcional

#define LCD_RESET A4

// Asigna nombres legibles para humanos a algunos valores comunes de color de 16
bits:

#define BLACK 0x0000

#define BLUE 0x001F

#define RED 0xF800

#define GREEN 0x07E0

#define CYAN 0x07FF

#define MAGENTA 0xF81F

#define YELLOW 0xFFE0

#define WHITE 0xFFFF

Adafruit_TFTLCD tft(LCD_CS, LCD_CD, LCD_WR, LCD_RD, LCD_RESET);

#define MINPRESSURE 10 //minima presión para el tactil

#define MAXPRESSURE 1000 //maxima presión para el tactil

#define pin_servo 34

int sx[] = {37, 39, 41, 43}; //pines para los sensores del eje x

int sy[] = {35, 33, 31, 29}; //pines para los sensores del eje y

#define sz0 27 //pin para el sensor inicial del eje z

```

```

#define sz1 25 //pin para el sensor final del eje z
#define sa0 23 //pin para el sensor de detencion de objeto
#define mxa 24
#define mxb 22
#define mya 28
#define myb 26
#define mza 32
#define mzb 30
#define enx 12 //pwm
#define eny 11 //pwm
#define enz 10 //pwm
Servo pinza;

byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4]= {0xA4, 0xBA, 0x19, 0x89}; //código del usuario A4BA1989
char opcion = '0';

int X;
int Y;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  iniciar();//inicializa los parametros del dispensador y inicializa la posicion
  tft.reset();

  SPI.begin();

  mfr522.PCD_Init();

  tft.reset();

```

```

}

void loop()
{
  tft.reset();
  tft.begin(0x9481);
  tft.setRotation(1);

  pantalla_1(); //muestra un menú de selección

  pinMode(13, OUTPUT);

  while(true)
  {
    digitalWrite(13, HIGH);
    TSPoint p = ts.getPoint();
    digitalWrite(13, LOW);

    pinMode(XM, OUTPUT);
    pinMode(YP, OUTPUT);

    // enemos una presión mínima que consideramos 'válida'
    // la presión 0 significa no presionar!
    if (p.z > MINPRESSURE && p.z < MAXPRESSURE) {

      // escala la posicion del tactil con la posicion de los pixeles de la pantalla
      p.x = map(p.x, TS_MINX, TS_MAXX, 0, tft.height());

```

```

p.y = map(p.y, TS_MINY, TS_MAXY, 0, tft.width());

X=p.y;

Y=p.x;

opcion='0';

if ((X >= 63 && X <= 139) && (Y >= 82 && Y <= 138)) { // Pulsado el botón
1
    dibujarBoton (63, 82, 96, 100, '1', false); // Botón 1 inverso

    delay(200);

    opcion='1';

} else if ((X >= 202 && X <= 278) && (Y >= 82 && Y <= 138)) { // Pulsado
el botón 2

    dibujarBoton (202, 82, 235, 100, '2', false); // Botón 2 inverso

    delay(200);

    opcion='2';

} else if ((X >= 341 && X <= 417) && (Y >= 82 && Y <= 138)) { // Pulsado
el botón 3

    dibujarBoton (341, 82, 374, 100, '3', false); // Botón 3 inverso

    delay(200);

    opcion='3';

}

if (opcion=='1' || opcion=='2' || opcion=='3') {

    pantalla_2(); // pide que ingrese tarjeta

    for (int i=0; i <= 100; i++){

        if ( mfr522.PICC_IsNewCardPresent() ) {

            //Seleccionamos una tarjeta

            if ( mfr522.PICC_ReadCardSerial() )

                {

                    for (byte i = 0; i < mfr522.uid.size; i++) {

```

```

        //Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
        ActualUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
    }
    //comparamos los UID para determinar si es uno de nuestros usuarios
    if(compareArray(ActualUID,Usuario1)){
        pantalla_3(); // muestra orden en proceso
        switch (opcion) {
            case '1':
                Serial.println("ha elegido opcion 1");
                pos_y(0);
                buscar();
                break;
            case '2':
                Serial.println("ha elegido opcion 2");
                pos_y(1);
                buscar();
                break;
            case '3':
                Serial.println("ha elegido opcion 3");
                pos_y(2);
                buscar();
                break;
        }
        break;
    }
}

```

```

else {
    //Serial.println("Acceso denegado...");
}

// Terminamos la lectura de la tarjeta tarjeta actual
mfrc522.PICC_HaltA();
}
}

else if(i==100) {
    //Serial.println("tarjeta no ingresada");
    delay(1000);
}

delay(50);
}

pantalla_1();
} //fin op 1 2 y 3
} //fin de presion
}
}

```

b. Funciones

```

void iniciar() {
    pinza.attach(pin_servo);
    pinMode(sx[0],INPUT);
    pinMode(sx[1],INPUT);
    pinMode(sx[2],INPUT);
}

```

```
pinMode(sx[3],INPUT);
pinMode(sy[0],INPUT);
pinMode(sy[1],INPUT);
pinMode(sy[2],INPUT);
pinMode(sy[3],INPUT);
pinMode(sz0,INPUT);
pinMode(sz1,INPUT);
pinMode(sa0,INPUT);
pinMode(mxa,OUTPUT);
pinMode(mxb,OUTPUT);
pinMode(mya,OUTPUT);
pinMode(myb,OUTPUT);
pinMode(mza,OUTPUT);
pinMode(mzb,OUTPUT);
pinMode(enx,OUTPUT);
pinMode(eny,OUTPUT);
pinMode(enz,OUTPUT);
mx_paro();
my_paro();
mz_paro();
abrir();
posxyz_ini();
}

//*****configuraciones de la parte mecanica*****
```

```
//sentido de giro del motor del eje x
```

```
void mx_adel() {  
    analogWrite(enx, 255);  
    digitalWrite(mxa,HIGH);  
    digitalWrite(mxb,LOW);  
}
```

```
void mx_atras() {  
    analogWrite(enx, 255);  
    digitalWrite(mxa,LOW);  
    digitalWrite(mxb,HIGH);  
}
```

```
void mx_paro() {  
    digitalWrite(mxa,LOW);  
    digitalWrite(mxb,LOW);  
}
```

```
//sentido de giro del motor del eje y
```

```
void my_adel() {  
    analogWrite(eny, 255);  
    digitalWrite(mya,HIGH);  
    digitalWrite(myb,LOW);  
}
```

```
void my_atras() {  
    analogWrite(eny, 255);  
    digitalWrite(mya,LOW);  
    digitalWrite(myb,HIGH);  
}
```

```

}

void my_paro() {
    digitalWrite(mya,LOW);
    digitalWrite(myb,LOW);
}

//sentido de giro del motor del eje z

void mz_adel() {
    analogWrite(enz, 155);
    digitalWrite(mza,HIGH);
    digitalWrite(mzb,LOW);
}

void mz_atras() {
    analogWrite(enz, 155);
    digitalWrite(mza,LOW);
    digitalWrite(mzb,HIGH);
}

void mz_paro() {
    digitalWrite(mza,LOW);
    digitalWrite(mzb,LOW);
}

//posicion de la pinza

void abrir() {
    pinza.write(0);
}

```

```

void cerrar() {
    pinza.write(40);
}

//*****posicionamientos de los ejes*****

//posicion inicial del eje x
void posx_ini() {
    if(digitalRead(sx[0])!=1){
        mx_atras();
        while(true){
            if(digitalRead(sx[0])==1){
                mx_paro();
                break;
            }
            delay(100);
        }
    }
}

//posicion inicial del eje y
void posy_ini() {
    if(digitalRead(sy[0])!=1){
        my_atras();
        while(true){
            if(digitalRead(sy[0])==1){
                my_paro();
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    delay(100);
  }
}

//posicion inicial del eje z
void posz_ini() {
  if(digitalRead(sz0)!=1){
    mz_atras();
    while(true){
      if(digitalRead(sz0)==1){
        mz_paro();
        break;
      }
      delay(100);
    }
  }
}

//posicion inicial total
void posxyz_ini() {
  posz_ini();
  posy_ini();
  posx_ini();
}

```

```

//posicionamiento del eje x
void pos_x(int px) {
    if(digitalRead(sx[px])!=1 && digitalRead(sx[3])!=1){
        mx_adel();
        while(true){
            if(digitalRead(sx[px])==1 || digitalRead(sx[3])==1){
                mx_paro();
                break;
            }
            delay(100);
        }
    }
}

```

```

//posicionamiento del eje y
void pos_y(int py) {
    if(digitalRead(sy[py])!=1 && digitalRead(sy[3])!=1){
        my_adel();
        while(true){
            if(digitalRead(sy[py])==1 || digitalRead(sy[3])==1){
                my_paro();
                break;
            }
            delay(100);
        }
    }
}

```

```

}
}

//*****busqueda por fila*****

void buscar() {
  abrir();
  for(int i = 0; i <= 3; i ++ ) {
    pos_x(i);

    if(digitalRead(sz1)!=1 && digitalRead(sa0)!=1){
      mz_adel();
      while(true){
        if(digitalRead(sz1)==1 || digitalRead(sa0)==1){
          mz_paro();
          break;
        }
        delay(100);
      }
    }

    if(digitalRead(sa0)==1) { //entrega del producto
      encontro();
      break;
    }
    else{
      if(i==3) {

```

```

        no_encontro();
        break;
    }
}

    posz_ini();
}
}

void encontro() { //entrega del producto
    cerrar();
    posz_ini();
    pos_x(3);
    pos_y(3);

    mz_adel();
    while(true){
        if(digitalRead(sz1)==1){
            mz_paro();
            break;
        }
        delay(100);
    }

    abrir();
    pantalla_4 (); //muestra entrega lista gracias

```

```

Serial.println("producto entregado");

posxyz_ini();
}

void no_encontro() {

pantalla_5 (); //muestra producto agotado lo sentimos

Serial.println("producto agotado");

posxyz_ini();

}

//////////funciones de la pantalla//////////

void dibujarBoton (int esq_X, int esq_Y, int num_X, int num_Y, char guarismo,
boolean normal){

uint16_t colorDeFondo; // El color de fondo del botón

uint16_t colorDeGuarismo; // El color del guarismo y el borde del botón

tft.setTextSize(3);

if (normal){ // Se ha pedido un botón normal

colorDeFondo = BLACK;

colorDeGuarismo = CYAN;

} else { // Se ha pedido un botón inverso

colorDeFondo = CYAN;

colorDeGuarismo = BLACK;

} // Fin de comprobación normal o inverso.

tft.drawRoundRect(esq_X, esq_Y, 76, 56, 6, colorDeGuarismo);

tft.fillRoundRect(esq_X + 1, esq_Y + 1, 74, 54, 6, colorDeFondo);

tft.setTextColor(colorDeGuarismo);

tft.setCursor(num_X, num_Y);

```

```

    tft.print(guarismo);
}

void pantalla_1 () {
    tft.fillScreen(BLACK);
    tft.setTextColor(GREEN);
    tft.setTextSize(3);
    tft.setCursor(205,35);
    tft.print("MENU");
    tft.setTextSize(2);
    tft.setCursor(55,170);
    tft.print("Opcion 1");
    tft.setCursor(194,170);
    tft.print("Opcion 2");
    tft.setCursor(333,170);
    tft.print("Opcion 3");
    tft.setTextSize(3);
    tft.setCursor(100,230);
    tft.print("Seleccione Opcion");

    dibujarBoton (63, 82, 96, 100, '1', true); // Botón 1
    dibujarBoton (202, 82, 235, 100, '2', true); // Botón 2
    dibujarBoton (341, 82, 374, 100, '3', true); // Botón 3
}

void pantalla_2 () {
    tft.fillScreen(BLACK);

```

```
tft.setTextColor(GREEN);  
  
tft.setTextSize(3);  
  
tft.setCursor(170,120);  
  
tft.print("Producto");  
  
tft.setCursor(140,150);  
  
tft.print("seleccionado");  
  
tft.setCursor(110,200);  
  
tft.print("Ingrese tarjeta");  
  
}
```

```
void pantalla_3 () {  
  
    tft.fillScreen(BLACK);  
  
    tft.setTextColor(GREEN);  
  
    tft.setTextSize(3);  
  
    tft.setCursor(195,120);  
  
    tft.print("Orden");  
  
    tft.setCursor(150,150);  
  
    tft.print("en proceso");  
  
    tft.setCursor(100,200);  
  
    tft.print("Espere un momento");  
  
}
```

```
void pantalla_4 () {  
  
    tft.fillScreen(BLACK);  
  
    tft.setTextColor(GREEN);  
  
    tft.setTextSize(3);
```

```
tft.setCursor(115,120);  
tft.print("Entrega lista");  
tft.setTextSize(4);  
tft.setCursor(150,200);  
tft.print("Gracias");  
}
```

```
void pantalla_5 () {  
tft.fillScreen(BLACK);  
tft.setTextColor(GREEN);  
tft.setTextSize(3);  
tft.setCursor(105,120);  
tft.print("Producto agotado");  
tft.setTextSize(4);  
tft.setCursor(120,200);  
tft.print("lo sentimos");  
}
```

```
//////////funciones de la tarjeta//////////
```

```
boolean compareArray(byte array1[],byte array2[])  
{  
if(array1[0] != array2[0])return(false);  
if(array1[1] != array2[1])return(false);  
return(true);  
}
```