

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de

INGENIERO MECÁNICO

TEMA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DISPENSADORA
AUTOMÁTICA DE MATERIALES DE ESCRITORIO MEDIANTE EL USO DE
LA PLATAFORMA ARDUINO.**

AUTORES:

**ARÉVALO CHALACÁN EDWIN GABRIEL
BOLAÑOS GAONA ANDRÉS BOLÍVAR**

DIRECTOR:

ING. VÍCTOR CABRERA M.Sc.

Quito, Agosto del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

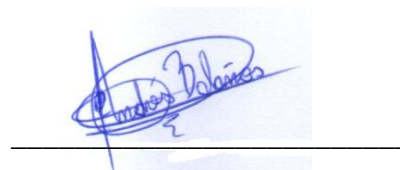
Nosotros, Edwin Gabriel Arévalo Chalacán con documento de identificación N° 1722314125 y Andrés Bolívar Bolaños Gaona con documento de identificación N° 0401880695, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DISPENSADORA AUTOMÁTICA DE MATERIALES DE ESCRITORIO MEDIANTE EL USO DE LA PLATAFORMA ARDUINO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Edwin Gabriel Arévalo Chalacán

C.I. 1722314125



Andrés Bolívar Bolaños Gaona

C.I. 0401880695

Quito, Agosto del 2018

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DISPENSADORA AUTOMÁTICA DE MATERIALES DE ESCRITORIO MEDIANTE EL USO DE LA PLATAFORMA ARDUINO”, realizado por los señores, Edwin Gabriel Arévalo Chalacán y Andrés Bolívar Bolaños Gaona, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Agosto de 2018



Ing. Víctor Hugo Cabrera Moreta M.Sc.

C.I 1714864657

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A la vida misma, por ser un don que Dios me ha dado y gracias al mismo ha sido posible sentir la satisfacción de muchos esfuerzos.

A mis padres, hermanas, hermano que han sido una parte fundamental en mi vida. Por su arduo trabajo, los valores y consejos que influyeron directamente en mi persona y me han ayudado significativamente en todo el trayecto de mi vida.

Edwin Gabriel

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres Luis y Norma, al ser el pilar fundamental que la vida me ha regalado. Por su esfuerzo, motivación y guía que hicieron posible este sueño.

A mis hermanos y hermana por brindarme su apoyo incondicional y los deseos de ver cumplir mis objetivos.

Andrés Bolívar

ÍNDICE

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO	18
1.1 Automatización.....	18
1.1.1 Pasos de automatización.....	18
1.1.2 Necesidades cumplidas por la automatización	19
1.1.3 Beneficios de la automatización	19
1.2 Máquina dispensadora	19
1.2.1 Tipos de máquinas dispensadoras.....	20
1.2.2 Aplicaciones de las máquinas dispensadoras	20
1.3 Plataforma Arduino	20
1.3.1 Características.....	20
1.4 Mercado de las máquinas dispensadoras	21
1.5 Consumo de materiales de escritorio.....	24
1.6 Vandalismo y seguridad en máquinas dispensadoras.....	24
CAPÍTULO II.....	26
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Valoración de atributos.....	26
2.2.1 Costo	26
2.2.2 Diseño/innovación.....	27
2.2.3 Mantenimiento.....	28
2.2.4 Capacidad de almacenamiento	28
2.2.5 Vida útil.....	29
2.2.6 Estética	29

2.2.7 Disponibilidad en el mercado	30
2.2.8 Adaptabilidad	30
2.2.9 Seguridad	31
2.3 Mecanismos y Almacenamiento.....	31
2.3.1 Mecanismo de resortes	31
2.3.2 Mecanismo de discos.....	32
2.3.3 Mecanismo de banda transportadora	33
2.4 Materiales de protección del equipo	35
2.4.1 Acero laminado en caliente	35
2.4.2 Aluminio.....	35
2.4.3 PMMA (polimetilmetacrilato).....	35
2.5 Sistema de control (Hardware).....	36
2.5.1 Arduino Uno	36
2.5.2 Arduino Mega.....	36
2.5.3 Raspberry Pi	36
2.5.4 PLC	36
2.6 Sistema de seguridad	37
2.6.1 Cerradura tubular.....	37
2.6.2 Cerradura de leva.....	37
2.6.3 Cerradura de estilo botón.....	38
2.7 Sistema de iluminación.....	39
2.7.1 Lámparas incandescentes	39
2.7.2 Lámparas fluorescentes tubulares.....	39
2.7.3 Iluminación LED	39
2.8 Interfaz con el usuario	40
2.8.1 Pantalla táctil	40
2.8.2 Sistema de botones o pulsadores	40

2.8.3 Sistema mecánico	41
2.9 Sistema de cobro.....	41
2.9.1 Mecanismo para aceptar monedas	41
2.9.2 Mecanismo para aceptar billetes.....	42
2.9.3 Mecanismo de tarjeta de crédito.....	42
2.10 Sistema de alimentación	43
2.10.1 Corriente alterna C.A.....	43
2.10.2 Baterías	43
2.10.3 Sistema mixto	43
2.11 Materiales del equipo final	44
CAPÍTULO III	45
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	45
3.1 Diseño en tres dimensiones del equipo.....	45
3.2 Descripción de los módulos.....	47
3.3 Manufactura de la estructura y carcasa.....	50
3.4 Diseño de la estructura considerando criterios de esbeltez	52
3.5 Descripción de componentes electrónicos.....	53
3.6 Cálculos para la obtención del espesor de placa – viga rectangular.....	56
3.6.1 Momento flexionante.....	57
3.6.2 Esfuerzo admisible a flexión	59
3.6.3 Módulo de sección.....	60
3.6.4 Espesor de la placa plana rectangular	60
3.6.5 Esfuerzo de flexión máximo	62
3.6.6 Factor de seguridad de la placa-viga.	62
3.6.7 Análisis estático placa-viga mediante software Solidworks.....	63
3.7 Resistencia de soldadura.....	65
3.8 Diseño de la junta, eje portadiscos - motor	66

3.8.1 Disposición del motor.....	66
3.8.2 Junta eje portadiscos - motor	67
3.8.3 Cálculo de ajustes de las superficies de encaje de la junta.....	67
3.9 Procedimiento de selección de cojinete, su tamaño y vida útil	68
3.9.1 Consideración de factores operativos	68
3.9.2 Cálculo de la vida útil.....	69
3.9.3 Tolerancia cojinete – eje para ajuste.....	70
3.10 Diseño y selección del motor.....	71
3.10.1 Cálculo de torque y potencia	71
3.11 Diseño del eje macizo sujeto a torsión	73
3.11.1 Cálculo del esfuerzo admisible del acero	74
3.11.2 Diámetro requerido del eje macizo.....	74
3.11.3 Factor de seguridad del eje	75
3.11.4 Cálculos de funcionamiento del motor de pasos	75
3.11.5 Cálculo del ángulo de giro.....	75
3.11.6 Cálculo del número de pulsos para girar un ángulo de 30°	75
3.12 Flujograma.....	76
3.13 Programación Arduino Mega	76
3.14 Grados de protección de la máquina dispensadora.....	79
3.14.1 El grado de protección IP	79
CAPÍTULO IV	80
ANÁLISIS DE COSTOS Y RENTABILIDAD.....	80
4.1 Descripción del producto.....	80
4.2 Fase de pruebas.....	84
4.2.1 Consumo energético	84
4.3 Rentabilidad del proyecto.....	86
4.3.1 Inversión inicial	87

4.3.2 Movimiento de flujos	87
4.4 Indicadores de rentabilidad.....	88
4.4.1 Evaluación de VPN y TIR.....	89
4.4.2 Período de retorno (PAY-BACK)	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de automatización típico [6]	19
Figura 2. Tasa de penetración de máquinas dispensadoras	22
Figura 3. Distribución de la población estudiantil por Sede [17]	23
Figura 4. Máquina dispensadora de resortes	32
Figura 5. Funcionamiento del mecanismo de resortes	32
Figura 6. Mecanismo de discos	33
Figura 7. Funcionamiento del mecanismo de discos	33
Figura 8. Mecanismo banda transportadora	34
Figura 9. Funcionamiento del mecanismo de banda transportadora	34
Figura 10. Cerradura tubular [33]	37
Figura 11. Cerradura de leva [34]	38
Figura 12. Cerradura de estilo botón [34]	38
Figura 13. Pantalla táctil [38]	40
Figura 14. Interruptores de botón [39]	41
Figura 15. Modelo 3D máquina dispensadora de materiales de escritorio	45
Figura 16. Principales partes de la máquina dispensadora de materiales de escritorio ..	46
Figura 17. Ubicación de los módulos en la máquina	47
Figura 18. Disco inferior módulo esferos y lapiceros	48
Figura 19. Disco superior módulo esferos y lapiceros	48
Figura 20. Disco inferior y superior módulo minas	49
Figura 21. Disco inferior y superior módulo borradores	50
Figura 22. Estructura máquina dispensadora	51
Figura 23. Motor de pasos 28BYJ-48 [46]	53
Figura 24. Controlador ULN2003 [38]	54
Figura 25. Fuente de poder	54
Figura 26. Monedero electrónico	55
Figura 27. Pantalla LCD [47]	55
Figura 28. Posición de las cargas en la placa- viga	57
Figura 29. Tramo 1	58
Figura 30. Tramo 2	58
Figura 31. Tramo 3	58
Figura 32. Tramo 4	59

Figura 33. Placa-Viga. Soporte de mecanismos	61
Figura 34. Propiedades geométricas, sección rectangular	61
Figura 35. Factor de seguridad	63
Figura 36. Diagrama de momento máximo	64
Figura 37. Diagrama esfuerzo flexión máxima	64
Figura 38. Componentes de la junta	67
Figura 39. Eje macizo portadiscos.....	74
Figura 40. Celdas de trabajo y secuencia de operaciones.....	76
Figura 41. Sección inicial de programación	77
Figura 42. Sección segunda. Declaración de entradas y salidas.....	77
Figura 43. Parte tercera. Condición If	78
Figura 44. Programación de aceptación de moneda y funcionamiento de mecanismo. 78	
Figura 45. Programación de finalización de funcionamiento del mecanismo.....	79
Figura 46. Gráfica comparación de costos	83
Figura 47. Gráfica utilidad bruta	83
Figura 48. Gráfica porcentaje de rentabilidad	83
Figura 49. Gráfica utilidad semanal	86
Figura 50. Cantidad de unidades vendidas durante semana de prueba	86
Figura 51. Programación en software Arduino	102
Figura 52. Ficha técnica madera MDF [52]	103
Figura 53. Dimensiones de rodamientos SNR [64].....	104
Figura 54. Características y plano del motor 28BYJ-48 [46].....	105
Figura 55. Estructura de la máquina.....	106
Figura 56. Ensamble de la carcasa	106
Figura 57. Etapa final de construcción	107
Figura 58. Prueba de funcionamiento en Unidad Educativa MASAY	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de calificación de costo	27
Tabla 2. Escala de calificación de diseño/innovación	27
Tabla 3. Escala de calificación de mantenimiento	28
Tabla 4. Escala de calificación de capacidad de almacenamiento	28
Tabla 5. Escala de calificación de vida útil	29
Tabla 6. Escala de calificación de nivel estético	29
Tabla 7. Escala de calificación de disponibilidad en el mercado	30
Tabla 8. Escala de calificación de adaptabilidad	30
Tabla 9. Escala de calificación de seguridad	31
Tabla 10. Análisis de alternativas del mecanismo	34
Tabla 11. Análisis de alternativas del material de protección del equipo	35
Tabla 12. Análisis de alternativas del micro controlador	37
Tabla 13. Análisis de alternativas del tipo de cerradura	38
Tabla 14. Análisis de alternativas del sistema de iluminación	39
Tabla 15. Análisis de alternativas de interfaz-usuario	41
Tabla 16. Análisis de alternativas del sistema de cobro	42
Tabla 17. Análisis de alternativas del sistema de alimentación	43
Tabla 18. Descripción módulo de esferos y lápices	47
Tabla 19. Descripción módulo de minas y borradores	49
Tabla 20. Características generales de manufactura de la estructura	50
Tabla 21. Características generales de manufactura de la carcasa	52
Tabla 22. Cargas pertinentes a cada módulo	56
Tabla 23. Características de la soldadura	65
Tabla 24. Posibilidad de montaje del motor de pasos	66
Tabla 25. Factores de selección del cojinete	68
Tabla 26. Factores radial y de empuje [57]	70
Tabla 27. Selección de ajuste para cojinete [55]	70
Tabla 28. Descripción producto esfero	81
Tabla 29. Descripción producto minas	81
Tabla 30. Descripción producto lápiz portaminas	81
Tabla 31. Descripción producto borrador	82
Tabla 32. Utilidad bruta y rentabilidad del producto	82

Tabla 33. Cálculo consumo energético.....	84
Tabla 34. Detalle de ventas durante semana de prueba.....	85
Tabla 35. Costos de recursos	87
Tabla 36. Flujos de capital futuros	88
Tabla 37. Movimiento de flujo en los 5 primeros años	89

RESUMEN

El diseño de una máquina dispensadora de materiales de escritorio es una idea innovadora en un entorno de poco apogeo. El presente documento explica la implementación de este proyecto, donde las necesidades del usuario y un nuevo esquema de venta rápido y seguro se convirtieron en las bases de creación del equipo.

En la primera etapa del proyecto se investigó acerca de los diferentes tipos de máquinas dispensadoras, su mercado, tipos de productos a dispensar y por ende de las diferentes formas de automatización. Sin pasar por alto el vandalismo, riesgo más significativo que corre este tipo de equipos.

En la segunda etapa se estableció un análisis y selección de alternativas concernientes al diseño y construcción de la máquina dispensadora, en cuanto al sistema de automatización, diseño y funcionamiento del mecanismo y protección de la máquina. Los materiales y alternativas seleccionados se apegaron a la asequibilidad en el mercado ecuatoriano y su facilidad de manufactura.

La tercera etapa implica la programación en la plataforma Arduino MEGA, con la finalidad de hacer funcionar el mecanismo principal de la máquina y demás componentes electrónicos. Adicionalmente, se obtuvo cálculos de diseño en cuanto a peso total de los módulos, criterios de resistencia, esfuerzo de flexión máximo, ajustes de superficies, dimensiones de componentes de la máquina, cálculos que fueron corroborados por el software SolidWorks. La manufactura de la armadura, carcasa, placa-viga, tolva y del mecanismo de dispensación se realizó mediante planeación de procesos asistida en taller. La etapa final corresponde a la puesta en marcha de la máquina, donde se obtuvo datos que muestran el producto que tuvo mayores ventas, así como los puntos vulnerables de la máquina.

Palabras clave: Máquina dispensadora, automatización, Arduino Mega, mecanismo, manufactura.

ABSTRACT

The design of a desktop vending machine is an innovative idea in a low-key environment. This document explains the implementation of this project. Where the needs of the user and a new scheme of fast and safe sale became the bases of creation of the team.

In the first stage of the project, it was researched about the different types of dispensing machines, their market, types of products to be dispensed and the most forms of automation. It avoids the vandalism, significant risks that runs this type of equipment.

In the second stage, an analysis and selection of alternatives concerning the design and construction of the dispensing machine was established. In terms of the automation system, design and operation of the mechanism and protection of the machine. The materials and alternatives selected, join to the affordability in the Ecuadorian market and its ease of manufacturing.

The third stage, involves programming on the Arduino MEGA platform, in order to operate the main mechanism of the machine and other electronic components.

In addition, design calculations were obtained regarding to the total weight of the modules, resistance criteria, maximum bending stress, surface adjustments, dimensions of the machine components, calculations that were corroborated by the SolidWorks software. The manufacture of the reinforcement, casing, plate-beam, hopper and the dispensing mechanism was carried out by workshop-assisted process planning. The final stage corresponds to the start-up of the machine, where data was obtained that shows us which product had higher sales, as well as the vulnerable points of the machine.

Keywords: Vending machine, automation, Arduino Mega, mechanism, manufacturing.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico y la automatización de máquinas ha ido evolucionando a gran escala, pues en décadas pasadas pensar en una computadora, un teléfono celular o en algún aparato que permita obtener un bien o servicio con tan solo ingresar una moneda, era una idea inconcebible. No obstante, mediante la automatización se ha hecho posible materializar ideas, que han permitido facilitar la calidad de vida, preservar la salud y el bienestar público, resolviendo problemas complejos en muchos aspectos valiosos de la industria y sus procesos [1].

Por ello la industria global de máquinas dispensadoras prevé un crecimiento en el mercado global en los próximos años. Mercados como el japonés y el chino se sitúan a la cabeza de esta tendencia, estas máquinas ganan popularidad y se mantienen en operatividad las 24 horas del día, reemplazando así a un vendedor y generando nuevos ingresos [2]. Como bien se indica este sector está en pleno apogeo y la modernización que tienen las máquinas permite marcar tendencias que revolucionan los distribuidores tradicionales, una de ellas radica en el funcionamiento que a su vez se convierte en una alternativa que brinda facilidad y comodidad al consumidor.

Actualmente, el panorama de existencia de máquinas dispensadoras de materiales de escritorio en Ecuador es reducido; razón por la cual, la mayoría de las personas desconoce sobre dichas máquinas dispensadoras.

A fin de cubrir con las necesidades de los consumidores, las máquinas dispensadoras se han ido desarrollando y convirtiendo en canales importantes en la vida de las personas, promoviendo el consumo de alimentos, bebidas, juguetes, estampillas incluso útiles de aseo personal [3].

Con las máquinas dispensadoras se obtiene un mayor rendimiento, un adecuado nivel de servicios de venta y sobre todo la disponibilidad para las necesidades de los consumidores es satisfactorio [4].

Lo que se desea para los estudiantes o personas en particular, es que estas tengan facilidad de adquirir uno o varios materiales de escritorio de forma segura y rápida.

OBJETIVOS:

a. Objetivo General

Diseñar y construir una máquina dispensadora automática de materiales de escritorio mediante el uso de la plataforma Arduino.

b. Objetivos Específicos

- Analizar el consumo actual de los materiales de escritorio en nuestro medio para introducir un nuevo producto.
- Seleccionar la alternativa más viable para el proyecto, mediante un estudio de diferentes sistemas.
- Diseñar y construir las diferentes partes de la máquina dispensadora a fin de lograr el correcto funcionamiento del sistema.
- Seleccionar adecuadamente los diferentes elementos estandarizados a fin de cumplir los requerimientos de diseño.
- Validar el funcionamiento de la máquina mediante pruebas experimentales.
- Realizar un estudio de costos y analizar la rentabilidad del equipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Automatización

La automatización está definida como una técnica capaz de hacer que un aparato, sistema o proceso funcione automáticamente. Con la progresión de la tecnología se ha hecho posible controlar, monitorear tanto la producción, entrega de productos y servicios. Incluye también una amplia gama de tecnologías tales como la robótica y sistemas expertos, monitoreo y control de procesos industriales, sensores y más. A esto se suma las funciones que maneja la automatización lo cual implica el diseño, el mantenimiento, la administración incluso llegando a funciones de marketing y ventas [1].

El desafío futuro de la tecnología es la industria totalmente automática, con facilidades de transformación para la diversificación en la producción de bienes, con una utilización cada vez mayor de equipos electrónicos de alta densidad y equipos mecánicos con mayor precisión y manejo. Los sistemas de automatización integrados en los procesos industriales proporcionan herramientas para la toma de decisiones en distintos niveles de complejidad del proceso productivo, aumentando la flexibilidad en la fabricación de los productos, permitiendo adecuarse a la demanda del mercado, integrar nuevas tecnologías de producción, desarrollar nuevos productos con mayor utilidad y aumentar la calidad, además de las tradicionales tareas de control [5].

1.1.1 Pasos de automatización

El sistema de automatización requiere un cierto nivel de monitoreo y control automático que restrinja las intervenciones manuales. Dicho sistema de automatización representativo está sujeto a una serie de pasos de automatización cíclica, secuencial y continua en el tiempo, obteniendo resultados deseados y de forma consistente.

Los pasos básicos de automatización son los siguientes:

- **Adquisición de datos:** Se toman en cuenta los parámetros de entrada del proceso y la adquisición de datos que ayuda a observar el comportamiento del proceso.
- **Análisis de datos, monitoreo y toma de decisiones:** Analiza el comportamiento del proceso, mediante una comparación entre los datos adquiridos del proceso y los resultados que se desea obtener. Luego se toma una decisión para efectuar cambios en el proceso.

- **Ejecución de control:** Consiste en aplicar las directivas, que son comandos decididos por el análisis de datos [6].

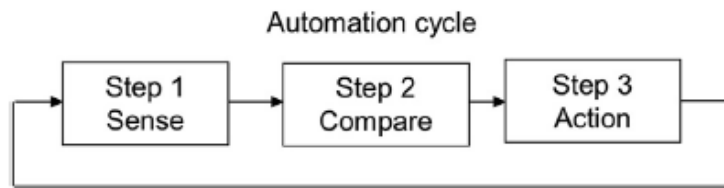


Figura 1. Ciclo de automatización típico [6]

1.1.2 Necesidades cumplidas por la automatización

La necesidad básica de cualquier proceso es producir bienes y/o prestación de servicios siempre y cuando se ajusten a lo siguiente:

- Consistencia
- Calidad
- Rentabilidad [6]

1.1.3 Beneficios de la automatización

La automatización no solo implica alcanzar lo mencionado en el apartado anterior, también existen otros beneficios, tales como:

- Optimización de recursos mediante una reducción en personal calificado.
- Mayor seguridad y fiabilidad.
- Resultados y respuestas más rápidas, debido a que no interviene el humano, esto a su vez ayuda a:
 - Reducir las posibilidades de error del humano.
 - Asegurar la ejecución de una determinada acción, sin esfuerzo.

Por lo general todos estos beneficios también son aplicables a procesos de servicios públicos, ayudando a generar una mayor eficiencia operativa y menos posibilidades de error humano, lo cual contribuye a mejorar los ingresos y ganancias [6].

1.2 Máquina dispensadora

Una máquina dispensadora, es un dispositivo mecatrónico que expende un determinado producto comercial por un determinado valor monetario. Este tipo de máquinas son habituales en lugares de alta concurrencia de personas tales como escuelas, edificios, instalaciones sanitarias, entre otros, en donde se necesita establecer un protocolo de comercio simplificado, eficaz y eficiente [7].

1.2.1 Tipos de máquinas dispensadoras

- **De bienes o productos:** Distribuyen cualquier tipo de suministro desde alimentos, juguetes, entre otros.
- **De servicios:** La máquina contiene una computadora, la cual mantiene una comunicación constante con una computadora central, a fin de prestar un servicio que es facturado por la máquina, imprimiendo un voucher que contiene hora, fecha y ubicación de la máquina [8].

1.2.2 Aplicaciones de las máquinas dispensadoras

- **Medicina:** Utilizadas por las organizaciones de la salud para almacenar y distribuir medicamentos, sustancias controladas, herramientas quirúrgicas, entre otros [9].
- **Alimentación:** Utilizadas por escuelas refiriéndose a cualquier nivel de estudio, para distribuir dulces, bebidas azucaradas y otros tipos de refrigerios que se caracterizan por tener una larga vida de conservación y un valor nutricional bajo [10].
- **Entretenimiento:** Empleadas para dispensar CD, revistas, periódicos, libros historietas y juguetes [3].

1.3 Plataforma Arduino

Plataforma de creación de prototipos de código abierto, que es una unidad de control central de muchas aplicaciones de control integradas. El Arduino recibe comandos del maestro vía conexión USB, realiza las operaciones solicitadas y responde al maestro [11], siendo una de las más populares y versátiles plataformas, la cual ofrece un entorno de desarrollo muy amigable y fácil de comprender, ya que su programación se realiza en lenguaje C. La plataforma Arduino se presenta en diferentes diseños según las necesidades del usuario; cuenta con una gran gama de productos oficiales entre los que se encuentran placas, módulos, shields, kits y accesorios. Los diferentes productos que conforman la plataforma Arduino por lo general se encuentran clasificados en: Arduino UNO, Arduino MEGA, Arduino NANO, Arduino MICRO y Arduino PRO [12].

1.3.1 Características

Una de las características principales que posee es simplificar el trabajo electrónico, lo que ayudará a impulsar el proyecto y llevarlo a gran escala. Arduino se presenta originalmente como una PCB (Print Circuit Board) de color azul que permite realizar su configuración y programación [12].

La plataforma es económica, directa y permite implementar algoritmos de control en tiempo real [11].

1.4 Mercado de las máquinas dispensadoras

La competitividad de mercado de materiales de escritorio es alta, pues se comercializan en diferentes lugares, por medio de bazares o papelerías. Al respecto, las empresas aumentan su mercado vendiendo al por mayor a minoristas. Sin embargo, en varias ocasiones existen despachos retrasados de mercadería por falta de un inventario actualizado de la papelería o por temas de transporte. Lo usual para los vendedores es hacer una estimación de registros de pedidos anteriores.

La rentabilidad de la máquina dispensadora depende de información exacta y rápida de su inventario. Dicha información permite reabastecer la máquina de forma anticipada, dándole a la misma fiabilidad por la disponibilidad del producto y al mismo tiempo evita los contratiempos que se pueden dar en papelerías [13].

El problema de inventario de la máquina dispensadora afecta el beneficio comercial; por esta razón, la planificación es muy importante en el diseño de la máquina debido a las limitaciones de espacio para el almacenamiento de los productos. Aún no se ha creado una solución de surtido óptima y generalizada; la mayoría de los modelos existentes no se probaron en un entorno real o solo se probaron en grandes almacenes generales, utilizando registros de las ventas y los costos del inventario, información que no está disponible para las empresas nuevas [3] [14].

El estudio indica que el surtido inicial de productos debería tener en cuenta las ventas de otras máquinas dispensadoras ubicadas en las cercanías y que deberían elegirse los productos más vendidos y diferenciados [14].

El uso de máquinas dispensadoras significa incursionar dentro de un negocio lucrativo; por ejemplo, en Estados Unidos el desarrollo de la industria de máquinas dispensadoras alcanza un valor de 30 mil millones al año. Además, las máquinas dispensadoras automáticas operan 24 horas al día. Asimismo resulta ser un negocio innovador, pues las máquinas dispensadoras ofrecen un menor costo de instalación, reducción de costos laborales, una mayor rentabilidad y compatibilidad con el medio ambiente en comparación con las tiendas tradicionales [3].

La actividad de las máquinas dispensadoras ha ido creciendo a nivel mundial y ha ganado mucha fama dentro del mercado de ventas. Sin embargo, en Ecuador están ubicadas únicamente en ciertos centros comerciales del país, mientras que en las grandes potencias

como Japón existen por lo menos 5'080.000 máquinas, lo que significa que hay una dispensadora por cada 25 habitantes y en Estados Unidos se aproximan a 4'640.000 máquinas, lo que significa que hay una dispensadora por cada 70 habitantes [15].

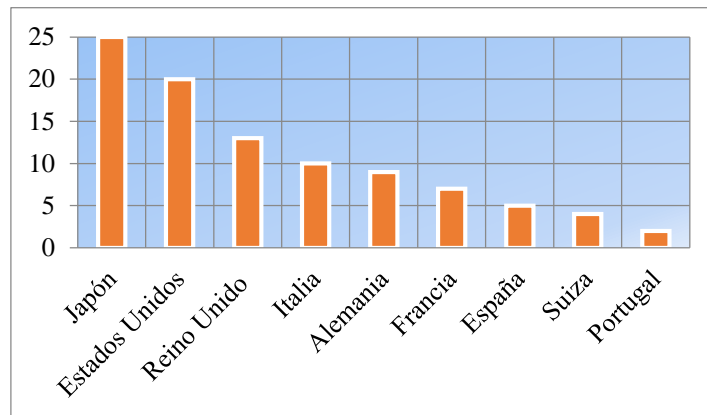


Figura 2. Tasa de penetración de máquinas dispensadoras
(Número de máquinas por cada 1000 habitantes) [16]

Para aprovechar el mercado de máquinas dispensadoras se debe realizar un plan estratégico de negocio, en el cuál se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

a) Elección del tipo de producto y/o servicio._ Consiste en seleccionar entre un producto líder que se encuentra establecido en el mercado y uno nuevo que busca éxito en el mismo.

En las operaciones iniciales de venta, se seleccionarán los productos (materiales de escritorio), acorde a sus atributos como: calidad, vida útil y costo. Esto debido a que se desconoce las preferencias de los clientes y porque las decisiones de compra de una persona cambian instantáneamente. Posteriormente, con los datos de las ventas de un determinado tiempo, se logrará ver cuál producto obtuvo mayores ventas. Finalmente se realizará un reemplazo de los productos menos vendidos por los de mayores ventas, a fin de promover la satisfacción del cliente y las ventas totales [3].

b) Localización de las ubicaciones óptimas._ Se determinará la ubicación ideal para la operación de la máquina, basándose en la necesidad, urgencia y comodidad del usuario, debido a que se tienen dos segmentos de mercado: escuelas y oficinas con características y preferencias distintas.

c) Realizar un estudio previo de consumo._ Implica tomar datos como edad, sexo, nivel adquisitivo y gustos, con ello se miden las tendencias del mercado [16].

Otros elementos fundamentales e influyentes son el precio, la imagen y la publicidad, los cuales están interconectados entre sí y de forma directa o indirecta afectan en el comportamiento del cliente.

Parte del estudio previo de consumo consiste también en conocer datos reales del número total de personas que se encuentran en el lugar donde funcionará la máquina dispensadora. Para ello, se han tomado datos del periodo 2016-2017 de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, donde existe un total de 11.900 estudiantes matriculados, dato de interés que sirve para poder establecer el funcionamiento de la máquina dispensadora en las instalaciones de la universidad [17].

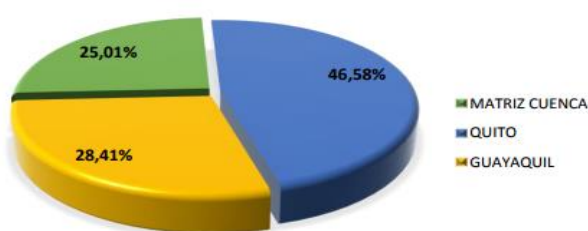


Figura 3. Distribución de la población estudiantil por Sede [17]

d) Establecer el precio de venta final._ Para establecer el precio de venta final se debe considerar la calidad y el costo del producto entregado por parte del proveedor, con el fin de que los consumidores se sientan satisfechos no solo con el servicio sino también con el producto obtenido a un precio razonable.

Una vez que se implemente la máquina en sitios estratégicos de la Universidad Politécnica Salesiana, se define un precio estándar de 50 centavos por cada producto.

e) Logística operativa._ Es importante asegurarse del mantenimiento de la máquina, reposición del producto y control de recaudación. Para la gestión de reabastecimiento de productos en la máquina dispensadora, se deberá establecer una política de revisión constante, a fin de que la máquina se mantenga con los productos indicados. Esta política consiste en recargar las máquinas dispensadoras, de tal forma que una persona que actúa en calidad de vendedor visite las máquinas dispensadoras ubicadas en diferentes puntos, revise el estado de la máquina, actualice los inventarios de forma diligente y recolecte el dinero [18]. El reabastecimiento permitirá competir con los minoristas en frecuencia y cantidad; así también, ayudará a brindar un servicio eficiente y ágil.

f) **Realizar un estudio económico.**_ Se requiere determinar la inversión, las posibilidades de compra del cliente, las fuentes de financiación, el nivel de ingresos y gastos [16].

1.5 Consumo de materiales de escritorio

El consumo de materiales de escritorio está dado por oficinas e instituciones educativas; no obstante, una gran parte del consumo lo conforma el mercado estudiantil, principalmente por su regular compra de útiles de escritorio a lo largo del período académico, considerando que materiales como esferos, lápices, borradores, minas, marcadores, entre otros, tienen un tiempo de vida moderado.

En el Ecuador existen varias empresas nacionales e internacionales que se dedican a la producción de útiles de escritorio; entre las principales con sus productos más consumidos tenemos:

La multinacional francesa BIC Graphic, es la filial que se ocupa de los productos promocionales, especializada en artículos de escritorio. El grupo BIC es popularmente conocido por la producción de bolígrafos de cristal de calidad y con un precio asequible [19].

Marcas internacionales como Norma (Colombia), Artesco (Perú) y Faber Castell (Brasil), son las que más se venden cada año junto con las empresas nacionales Papelesa y Carioca. Según el censo económico del INEC, en el país funcionan unas 13.559 papelerías [20]. Además se indica que las provincias de Pichincha y Pastaza gastan más en útiles escolares, con un desembolso promedio anual de \$ 100 y \$ 98,9 por hogar, respectivamente, mientras que Galápagos ocupa el primer lugar con \$ 119,9 por familia [21].

De acuerdo con los datos informativos acerca de las empresas que más venden en el país y las provincias que más consumen materiales de escritorio, se deberá elegir la marca de los productos que se expenderá a través de la máquina, sin olvidar la calidad y el precio, a fin de que el uso de la máquina sea una preferencia entre los consumidores.

1.6 Vandalismo y seguridad en máquinas dispensadoras

El vandalismo es un fenómeno que ha estado presente todo el tiempo alrededor del mundo, en el caso de las máquinas dispensadoras el interés por parte de los vándalos se incrementa debido a que la mayoría de estas posee dinero en su interior. Otro caso

existente es la extracción de partes electrónicas o piezas de las máquinas que tienen cierto valor, las cuales pueden ser comercializadas en el mercado negro.

Según la investigación realizada por Buck Andrew [22], existen 2 tipos de vándalos que agreden a las máquinas dispensadoras: los denominados aficionados y los profesionales. Al comparar el comportamiento de estos, se define que los aficionados llevan a cabo su actividad en áreas que tienen un potencial para una gran audiencia, como escuelas, parques y patios de comida; mientras que los profesionales tienen un nivel relativamente alto cuando las máquinas se encuentran en áreas comerciales de la ciudad, donde el precio de la máquina dispensadora es más alto.

El vandalismo en su mayoría es provocado por personas jóvenes; en el Ecuador está relacionado directamente con la delincuencia, por lo que una de las principales causas es la pobreza, siendo una razón evidente por la que no se hace uso de máquinas dispensadoras en las calles de nuestro país, pues al tener dinero en su interior son un objetivo fijo para robos.

La forma de vandalismo que más inquieta a los dueños de estas máquinas es el robo íntegro del equipo. El ladrón arranca la máquina dispensadora del establecimiento, llevándose incluso el dinero que hay en ella. Además, existe el agravante de que algunos locales piden responsabilidades por los destrozos a los operadores de estas pequeñas máquinas dispensadoras [23].

Estos problemas, causan que los dueños de los establecimientos soliciten la retirada de los equipos, ocasionando pérdidas del punto de venta. Por estas razones existen algunas formas de proteger a las máquinas ante los diferentes tipos de atracos; por ejemplo, utilizando cámaras, cerraduras de alta protección y alarmas que alertan a los propietarios. En definitiva, la propuesta de algunos fabricantes facilita la explotación de las pequeñas máquinas dispensadoras y supone un alivio para los propietarios [23].

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 Introducción

En este apartado se expondrán las alternativas más idóneas para la instauración de la máquina dispensadora. El planteamiento y la selección de las alternativas se harán de manera adecuada y serán sustentadas con base teórica y práctica. Mediante la aplicación del puntaje escalar se valorará las alternativas con base en varios criterios que se mostrarán más adelante en las respectivas tablas.

La implementación de la máquina requiere un prototipo nuevo, debido a que el producto a dispensar no es muy frecuente en nuestro entorno. Por dichas razones, se tendrán en cuenta las principales alternativas, tales como:

- Mecanismo y almacenamiento.
- Materiales para la carcasa.
- Sistema de control (Hardware).
- Sistema de seguridad.
- Sistema de iluminación.
- Interfaz con el usuario.
- Sistema de cobro.

2.2 Valoración de atributos

El desarrollo de las alternativas permitirá tomar decisiones acertadas para el diseño y construcción de la máquina dispensadora. Para la selección se empleará el enfoque de investigación y análisis. Adicionalmente, se aplicará el método cuantitativo, mismo que consiste en establecer una escala numérica del 1 al 5, donde cada número permitirá valorar y evaluar las alternativas de acuerdo con sus características y/o atributos.

A continuación, se describe los atributos a evaluarse para cada una de las alternativas:

2.2.1 Costo

Este atributo permite evaluar la cantidad de dinero que cuesta implementar cada alternativa en la máquina dispensadora. En la Tabla 1. se detallan las escalas de calificación de costo.

Tabla 1. Escala de calificación de costo

Calificación	Argumento
1	El costo de la alternativa es desfavorable, ya que la cantidad de dinero a invertir es muy elevada.
2	El costo de la alternativa es regular, ya que la cantidad de dinero a invertir es alta.
3	El costo de la alternativa es moderado, ya que la cantidad de dinero a invertir se encuentra dentro de los límites de gasto.
4	El costo de la alternativa es bueno, ya que la cantidad de dinero a invertir es favorable.
5	El costo de la alternativa es excelente, ya que la cantidad de dinero a invertir es mínima.

2.2.2 Diseño/innovación

Este atributo permite evaluar el grado de originalidad que cada alternativa posee. En la Tabla 2. se detallan las escalas de calificación de diseño e innovación.

Tabla 2. Escala de calificación de diseño/innovación

Calificación	Argumento
1	Sistema común, no satisface los parámetros de diseño e innovación.
2	Sistema regular, utilizado frecuentemente en el mercado de máquinas dispensadoras.
3	Sistema moderado, su grado de diseño e innovación es aceptable, pero necesita de una cantidad mayor de recursos.
4	Sistema factible, con buenos niveles de diseño e innovación.
5	Sistema óptimo, poco común, con alto nivel de originalidad.

2.2.3 Mantenimiento

Este atributo permite garantizar la operatividad de la máquina, a fin de que pueda brindar un servicio de calidad. En la Tabla 3. se detalla la escala de evaluación de mantenimiento.

Tabla 3. Escala de calificación de mantenimiento

Calificación	Argumento
1	Mantenimiento complejo, requiere de mayor cantidad de tiempo y recursos.
2	Mantenimiento constante, requiere de rutinas, inspecciones y reparaciones frecuentes.
3	Mantenimiento moderado, su tiempo de paro implica una cantidad módica de recursos.
4	Mantenimiento factible, utiliza recursos limitados dentro de un tiempo establecido.
5	Fácil mantenimiento, utiliza la menor cantidad de tiempo y recursos.

2.2.4 Capacidad de almacenamiento

Atributo que permite evaluar la cantidad de productos que contiene cada alternativa (mecanismo). En la Tabla 4. se detalla la escala de evaluación.

Tabla 4. Escala de calificación de capacidad de almacenamiento

Calificación	Argumento
1	Capacidad baja, almacenamiento extremadamente limitado.
2	Capacidad regular de poco almacenamiento, no puede implementarse en sistemas complejos.
3	Capacidad moderada, almacenamiento medio de recursos.
4	Capacidad útil, se ajusta estrechamente al volumen o cantidad de recursos necesarios.
5	Capacidad alta, puede almacenar la mayor cantidad de recursos.

2.2.5 Vida útil

Este atributo permite evaluar la resistencia y el tiempo de vida para determinadas alternativas. En la Tabla 5. se detalla la escala de evaluación de vida útil.

Tabla 5. Escala de calificación de vida útil

Calificación	Argumento
1	Vida útil baja, no resiste condiciones extremas de trabajo. Tiene poca durabilidad.
2	Vida útil regular, sus características se ajustan a períodos de tiempo bajos.
3	Vida útil moderada, sus características se ajustan a las condiciones de trabajo, pero su durabilidad depende del mantenimiento.
4	Vida útil aceptable, cumple con las condiciones de trabajo establecidas con la calidad estipulada.
5	Vida útil prolongada, resiste condiciones extremas de trabajo, su durabilidad es excelente.

2.2.6 Estética

Atributo que permite evaluar la presentación visual de determinadas alternativas. En la Tabla 6. se detalla la evaluación relacionada con la estética.

Tabla 6. Escala de calificación de nivel estético

Calificación	Argumento
1	Nivel estético bajo, su impacto visual es negativo.
2	Nivel estético regular, su impacto visual es común y no causa atracción.
3	Nivel estético moderado, el impacto visual generado pasa desapercibido.
4	Nivel estético aceptable, el impacto visual generado es satisfactorio.
5	Nivel estético alto, genera un impacto visual atractivo/sobresaliente.

2.2.7 Disponibilidad en el mercado

Atributo que permite evaluar la facilidad de obtención de un determinado recurso. En la Tabla 7. se detalla la calificación de alternativas y su disponibilidad en el mercado.

Tabla 7. Escala de calificación de disponibilidad en el mercado

Calificación	Argumento
1	Disponibilidad baja, es escaso en el mercado.
2	Disponibilidad regular, de difícil obtención.
3	Disponibilidad moderada, está en stock limitado.
4	Disponibilidad media alta, existente en el mercado bajo pedido anticipado.
5	Disponibilidad alta, su adquisición es rápida, pues es común en el mercado.

2.2.8 Adaptabilidad

Atributo que permite evaluar la facilidad de acoplamiento de un elemento o sistema con otras alternativas, siendo capaz de adaptarse a la operatividad de la máquina dispensadora. En la Tabla 8. se detalla la escala de evaluación de adaptabilidad.

Tabla 8. Escala de calificación de adaptabilidad

Calificación	Argumento
1	Adaptabilidad nula, incompatible con otros sistemas o elementos.
2	Adaptabilidad regular, de baja compatibilidad con otros sistemas o elementos.
3	Adaptabilidad moderada, adaptable con ciertas restricciones de operatividad, compatibilidad.
4	Adaptabilidad media alta, tiene facilidad de acoplamiento, haciendo uso de varios recursos.
5	Adaptabilidad alta, completamente compatible con cualquier sistema o elemento.

2.2.9 Seguridad

Atributo que permite evaluar los daños, peligros y riesgos que pueden alterar el funcionamiento normal de la máquina dispensadora. En la Tabla 9. se detalla la escala de evaluación de seguridad.

Tabla 9. Escala de calificación de seguridad

Calificación	Argumento
1	Seguridad nula, totalmente expuesto a daños, peligros o riesgos.
2	Seguridad regular, con nivel bajo de protección ante cualquier riesgo.
3	Seguridad moderada, con niveles de seguridad limitada, puede o no, estar expuesta a riesgos.
4	Seguridad media alta, con probabilidades bajas de ser sometido a algún riesgo.
5	Seguridad alta, nivel muy seguro y confiable.

2.3 Mecanismos y Almacenamiento

2.3.1 Mecanismo de resortes

Este mecanismo es habitualmente utilizado en productos empacados en recipientes o plásticos, accionado de forma manual a través de una botonera, el consumidor elige el producto deseado. Este mecanismo funciona mediante resortes colocados en la parte posterior de cada grupo de productos que son accionados por el consumidor, estos resortes son girados y empujados hacia el frente para que mediante caída libre de gravedad se coloque en la parte baja de la máquina justo en la cavidad destinada para que el consumidor tome el producto seleccionado. En esta alternativa se deben utilizar servomotores o motores de paso, para que los resortes puedan girar y mover el producto hacia el lugar destinado; una desventaja de este mecanismo es que los productos deben estar empacados para poder desplazarse sin inconvenientes a través de los resortes [24].

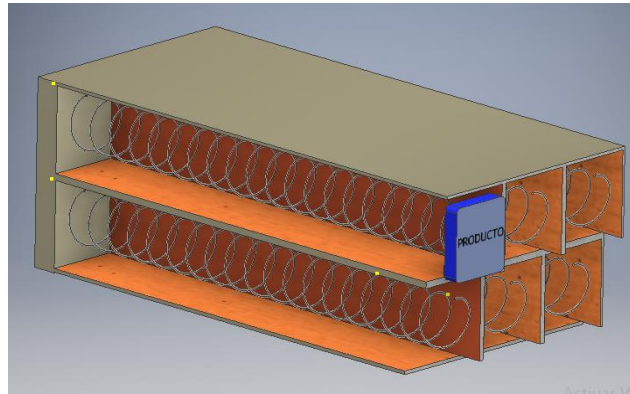


Figura 4. Máquina dispensadora de resortes

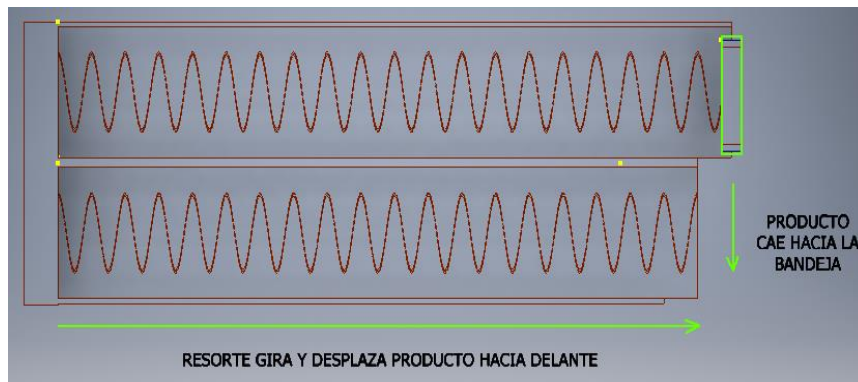


Figura 5. Funcionamiento del mecanismo de resortes

2.3.2 Mecanismo de discos

Este mecanismo es accionado de forma manual a través de una botonera por parte del consumidor, eligiendo el producto deseado. Consta de una placa-viga con un orificio en un extremo, un eje vertical al cual se acopla un par de discos equidistantes para poder sujetar el producto. Mediante un motor a pasos se genera un par motor en el eje vertical, haciendo girar los discos hasta posicionar el producto en el orificio, el cual cae por acción de gravedad. El mecanismo consta de motores de paso, los cuales transmiten el giro a los ejes, permitiendo desplazar el producto hasta el orificio, el cual caerá por la gravedad en el depósito destinado.

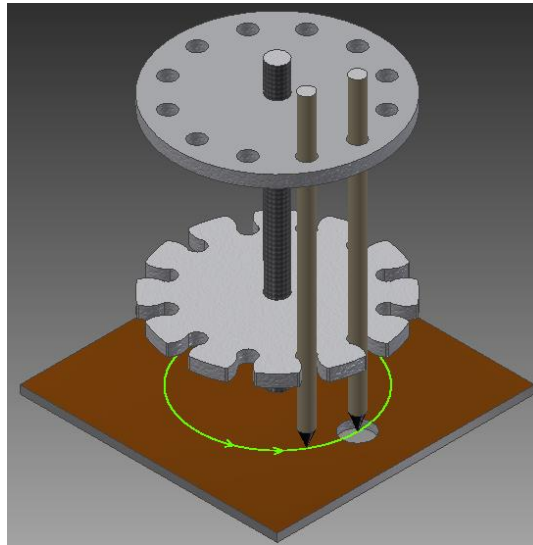


Figura 6. Mecanismo de discos

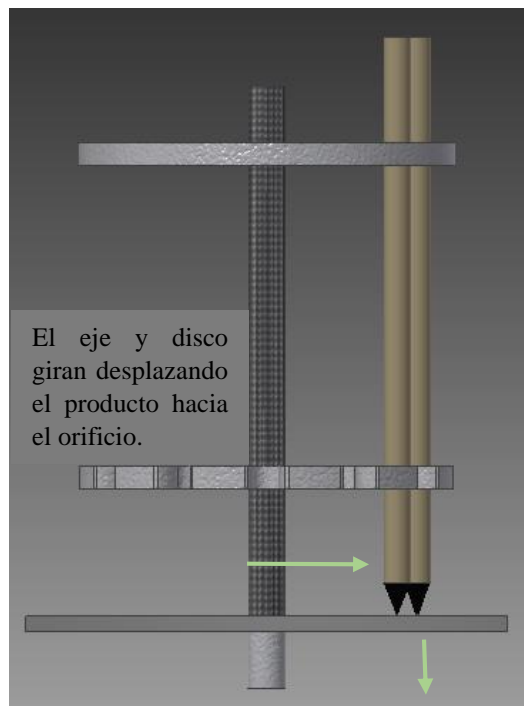


Figura 7. Funcionamiento del mecanismo de discos

2.3.3 Mecanismo de banda transportadora

Este mecanismo consta de bandas transportadoras, diseñadas acorde a las dimensiones del producto, las cuales por medio de ejes conectados a motores de paso o servomotores, permiten el desplazamiento del producto en el depósito. Una desventaja de este tipo de mecanismo, es que ocupa mayor espacio debido a las dimensiones de las bandas transportadoras y requiere de más accesorios como un dispensador, el cual permite el paso

de un solo producto a la vez. Una ventaja es que este tipo de mecanismo tiene mayor capacidad de almacenamiento en el dispensario.

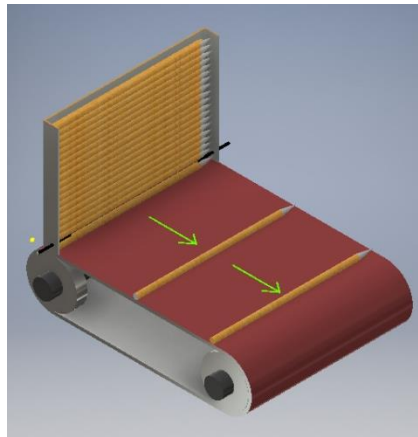


Figura 8. Mecanismo banda transportadora

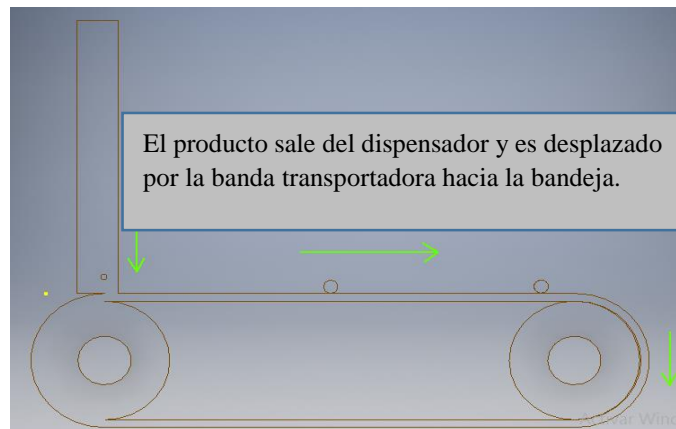


Figura 9. Funcionamiento del mecanismo de banda transportadora

A continuación, se mostrará la Tabla 10. donde se valora las alternativas del mecanismo a utilizarse en la máquina dispensadora.

Tabla 10. Análisis de alternativas del mecanismo

Mecanismo	Costo	Diseño/ Innovación	Mantenimiento	Capacidad	Total	Valor porcentual
Mecanismo de Resortes	4	2	3	3	12/20	60 %
Mecanismo de Discos	4	5	5	4	18/20	90 %
Mecanismo de banda transportadora	3	4	3	5	15/20	75 %

La alternativa seleccionada para el mecanismo de la máquina será el de discos, puesto que se ajusta a los parámetros de diseño requeridos. El mecanismo se caracteriza por su innovación, ya que no es común en el mercado y la capacidad de almacenamiento del producto es alta en espacios reducidos, esto lo hace ideal para el tipo de productos a dispensar.

2.4 Materiales de protección del equipo

2.4.1 Acero laminado en caliente

Este material es empleado para cubiertas de equipos eléctricos, así como en carrocerías automotrices, con la finalidad de reducir el peso. Se caracterizan también por poseer un buen acabado superficial [25].

2.4.2 Aluminio

Es un metal dúctil y blando que presenta buenas propiedades para ser trabajado. Puede ser empleado para muchas aplicaciones, debido a su ligereza, donde no se necesita una resistencia elevada. Sin embargo presenta resistencia a la corrosión y resistencia elevada de sus aleaciones [26].

2.4.3 PMMA (polimetilmetacrilato)

También conocido como acrílico, presenta propiedades físicas útiles, como buena rigidez y resistencia al impacto; es altamente resistente a la intemperie y tiene excelente transparencia [27]. Ideal para cubiertas, con capacidad de termoformado, resiste a la radiación solar intensa y cambios inesperados de temperatura [28].

A continuación, se mostrará la Tabla 11. donde se valora las alternativas del tipo de material a emplearse en la cubierta de la máquina dispensadora.

Tabla 11. Análisis de alternativas del material de protección del equipo

Materiales	Costo	Vida Útil	Estética	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Acero laminado en caliente	3	5	4	5	17/20	85 %
Aluminio	4	3	3	5	15/20	75 %
PMMA	4	3	3	5	15/20	75 %

La alternativa seleccionada para el material de protección o carcasa del equipo, corresponde al acero laminado en caliente, pues se requiere que sea resistente; es decir, capaz de tolerar deformaciones, ante posibles actos de vandalismo frecuentes en Ecuador. Por lo tanto, el material de protección se considera importante en el diseño y construcción de la máquina.

2.5 Sistema de control (Hardware)

2.5.1 Arduino Uno

Plataforma tradicional y más utilizada, ideal para empezar con la electrónica y la programación, puede ser empleada para desarrollar objetos interactivos. Está integrada por un chip que consta de 28 pines, 14 como entradas digitales, 6 entradas analógicas y 32 [kb] de memoria flash y se alimenta a través de conexión USB [12].

2.5.2 Arduino Mega

Placa de microcontrolador de excelente funcionalidad, fue desarrollada para proyectos más complejos. Se caracteriza principalmente por tener más espacio para la programación, lo cual brinda mayores oportunidades al proyecto, es ideal para construir proyectos de robótica. Tiene 54 pines digitales de entrada/salida, de estos 14 son usados como salidas PWM, otras 16 son entradas analógicas y su alimentación se ejecuta mediante un puerto USB [29].

2.5.3 Raspberry Pi

Este microprocesador del tamaño de una tarjeta de crédito, puede realizar varias aplicaciones basadas en los requisitos del usuario y el beneficio a través de este es infinito [30]. Raspberry Pi es una alternativa de bajo costo cuando se realizan experimentos, debido a su pequeño tamaño y bajo consumo de energía [31].

2.5.4 PLC

Los PLC son dispositivos que conforman una parte principal de los sistemas automáticos en la industria. Son muy eficientes y confiables en aplicaciones que involucran control, la sincronización de procesos y relación de información proveniente de elementos auxiliares [32]. En la Tabla 12. se muestra la valoración de las alternativas del tipo de micro controlador a instalarse en la máquina dispensadora.

Tabla 12. Análisis de alternativas del micro controlador

Micro controlador	Costo	Capacidad	Adaptabilidad	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Arduino UNO	5	3	2	5	15/20	75 %
Arduino MEGA	4	4	4	5	17/20	85 %
Raspberry Pi	3	5	5	3	16/20	80 %
PLC	2	5	3	5	15/20	75 %

La alternativa seleccionada para el sistema de control más conveniente es Arduino MEGA, ya que posee la capacidad suficiente para la automatización de la máquina, además de ser fácil de obtener en el mercado a un costo asequible.

2.6 Sistema de seguridad

2.6.1 Cerradura tubular

También conocida como cerradura radial o cerrojo de pasador circular, están fabricadas con alta precisión y son resistentes al desgaste. Son empleadas en equipos comerciales tales como máquinas dispensadoras, cajeros automáticos y vitrinas de vidrio que se dejan desatendidos durante largos períodos de tiempo [33].



Figura 10. Cerradura tubular [33]

2.6.2 Cerradura de leva

Son cerraduras sencillas de baja seguridad que se encuentran con mayor frecuencia en archivadores y buzones de correo. Consisten en una base y una cámara, la base es la parte en la que se inserta la llave y la leva es la parte de la cola que actúa como el pestillo [34].



Figura 11. Cerradura de leva [34]

2.6.3 Cerradura de estilo botón

Estas cerraduras tienen una varilla que se extiende fuera de la parte posterior de la cerradura mientras está bloqueada. Cuando se desbloquea, la cerradura se abre y retrae la varilla en su cuerpo. Todo lo que tiene que hacer para volver a asegurar el bloqueo es presionarlo hacia abajo en su caparazón [34].



Figura 12. Cerradura de estilo botón [34]

A continuación, se mostrará la Tabla 13. en la cual se valora el tipo de cerradura más conveniente para la seguridad de la máquina.

Tabla 13. Análisis de alternativas del tipo de cerradura

Tipos de cerradura	Costo	Seguridad	Vida Útil	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Cerradura tubular	4	5	4	3	16/20	80 %
Cerradura de leva	5	4	4	5	18/20	90 %
Cerradura de estilo botón	3	5	5	3	16/20	80 %

La alternativa seleccionada para la seguridad del equipo es la cerradura de leva, debido a su gran disponibilidad en el mercado y su resistencia al desgaste.

2.7 Sistema de iluminación

2.7.1 Lámparas incandescentes

Utilizan un filamento de tungsteno dentro de un globo de vidrio al vacío o lleno de un gas inerte que evite la evaporación del tungsteno y reduzca el oscurecimiento del globo. Se trata de unas lámparas que siguen teniendo aceptación en la iluminación doméstica, debido a su bajo costo y pequeño tamaño. No obstante, su baja eficiencia genera costos de explotación muy altos en la iluminación comercial e industrial [35].

2.7.2 Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de mercurio de baja presión que están disponibles en dos versiones, las denominadas de cátodo caliente y las de cátodo frío. La primera versión es el tubo fluorescente convencional para fábricas y oficinas; “cátodo caliente” se refiere al cebado de la lámpara por precalentamiento de los electrodos para que la ionización del gas y del vapor de mercurio sea suficiente para realizar la descarga. Las lámparas de cátodo frío se utilizan principalmente en letreros y anuncios publicitarios [35].

2.7.3 Iluminación LED

Los productos de iluminación LED producen luz aproximadamente 90% más eficiente que las bombillas incandescentes. Una corriente eléctrica pasa a través de un microchip, que ilumina las diminutas fuentes de luz llamadas LED y el resultado es luz visible. La iluminación LED difiere de la incandescente y fluorescente en su eficiencia, versatilidad y mayor tiempo de duración [36].

En la Tabla 14. se presenta la valoración de las alternativas para el sistema de iluminación interior de la máquina dispensadora.

Tabla 14. Análisis de alternativas del sistema de iluminación

Tipo de iluminación	Costo	Estética	Vida Útil	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Lámpara incandescente	5	3	3	5	16/20	80 %
Lámpara fluorescente tubular	4	3	4	5	16/20	80 %
Iluminación LED	3	5	5	5	18/20	90 %

La alternativa seleccionada para el sistema de iluminación interior de la máquina dispensadora corresponde a la iluminación LED, puesto que presenta varias ventajas sobre las demás opciones, como mayor vida útil, mejor estética y menor consumo de energía eléctrica.

2.8 Interfaz con el usuario

2.8.1 Pantalla táctil

Las pantallas abiertas y las interfaces multitáctiles son ahora parte permanente del lenguaje fundamental de la interacción humano-computadora, estas han ido evolucionando y perfeccionando de acuerdo a las necesidades del hombre. Las pantallas táctiles demostraron ser buenas y lo suficientemente baratas como para ser útiles y se utilizaron para diversas aplicaciones de terminales fijas, incluidos controladores de máquinas industriales, cajeros automáticos y dispositivos de pago [37].



Figura 13. Pantalla táctil [38]

2.8.2 Sistema de botones o pulsadores

Existen pulsadores de contactos abiertos y cerrados. En los pulsadores que tienen normalmente los contactos abiertos, la conexión entre dos contactos se realiza cuando el botón es oprimido y se interrumpe cuando se suelta el botón. Estos dispositivos se emplean en los timbres, las máquinas expendedoras, los teclados de los ordenadores, para seleccionar el piso en los ascensores y en otras muchas aplicaciones [39], [40].

También existen pulsadores que normalmente tienen los contactos cerrados; es decir, la corriente estará circulando hasta ser usados. Al pulsar, el circuito se abre y deja de funcionar. Este tipo de pulsadores se utilizan normalmente para la parada de emergencia de máquinas o mecanismos [40].

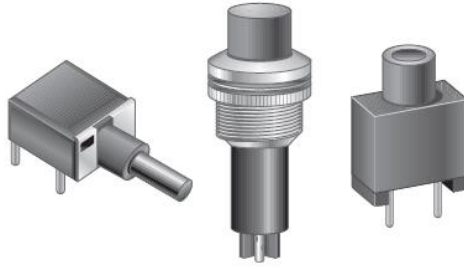


Figura 14. Interruptores de botón [39]

2.8.3 Sistema mecánico

Es un conjunto de componentes o elementos que cumplen una función específica y al estar interconectados generan movimiento para así obtener un trabajo. Una desventaja de este sistema es que el usuario deberá realizar el trabajo de forma manual, razón por la cual aplicar un sistema mecánico a este proyecto es poco favorable.

En la Tabla 15. se presenta la valoración de las alternativas para la interfaz con el usuario en la máquina dispensadora.

Tabla 15. Análisis de alternativas de interfaz-usuario

Interfaz con el usuario	Costo	Estética	Vida Útil	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Pantalla táctil	3	5	4	4	16/20	80 %
Sistema de botones o pulsadores	5	3	5	5	18/20	90 %
Sistema mecánico	3	2	4	4	13/20	65%

La alternativa seleccionada para la interfaz que tendrá el usuario con la máquina, es el sistema de botones o pulsadores, ya que existe una gran disponibilidad en el mercado, es más conveniente en costos y tiene un alto nivel de vida útil.

2.9 Sistema de cobro

2.9.1 Mecanismo para aceptar monedas

Es el más usado y requiere de un mantenimiento mínimo. Generalmente entre otros componentes, este tipo de mecanismo incluye: sensores para medir el tamaño de las monedas, electroimanes para calcular el contenido de ciertos metales y un organizador de

monedas, donde se aprovecha la ley de gravedad para que las monedas queden perfectamente ordenadas [41].

2.9.2 Mecanismo para aceptar billetes

Mecanismo más complejo, donde el billete pasa por una cinta transportadora y un proceso de escaneado mediante rayos infrarrojos en el interior de la máquina, desde ese punto, el software ajusta la imagen, la adapta al tamaño de varios billetes y procesa la imagen, todo en menos de 3 segundos [41].

2.9.3 Mecanismo de tarjeta de crédito

Este mecanismo consiste en introducir una tarjeta electrónica, en un módulo donde se realiza la transacción de una manera directa con la entidad bancaria, para obtener de este modo el producto. Una desventaja de este mecanismo es que los estafadores se enfocan continuamente en los sistemas de pago con tarjeta de crédito y las empresas necesitan monitorear las transacciones, detectar y prevenir comportamientos fraudulentos para preservar la confianza del cliente en los sistemas de pago electrónico [42].

En la Tabla 16. se presenta la calificación de las alternativas correspondientes al sistema de cobro.

Tabla 16. Análisis de alternativas del sistema de cobro

Sistema de cobro	Costo	Mantenimiento	Vida Útil	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Mecanismo para aceptar monedas	4	5	5	4	18/20	90 %
Mecanismo para aceptar billetes	3	4	5	3	15/20	75 %
Mecanismo de tarjetas de crédito	1	2	5	2	10/20	50 %

Para el sistema de cobro se ha elegido la alternativa concerniente a la utilización de monedas. La razón de elección se debe a que este tipo de mecanismo requiere mínimo mantenimiento y su vida útil es alta.

2.10 Sistema de alimentación

2.10.1 Corriente alterna C.A

La corriente alterna es la forma de generación de energía más usual en los equipos electrónicos; corriente en donde los electrones del circuito se desplazan primero en una dirección y luego en sentido opuesto.

2.10.2 Baterías

Las baterías se han utilizado de forma generalizada como fuentes de energía para la mayoría de los dispositivos electrónicos portátiles, herramientas de mano y vehículos eléctricos. Se han considerado como una de las mejores opciones para aplicaciones de almacenamiento de energía a gran escala, debido a su alta densidad de energía, larga vida útil y bajo impacto ambiental [43].

2.10.3 Sistema mixto

Este sistema es uno de los más eficaces, pues tiene a disposición una batería la cual funciona con corriente continua, permitiendo así el funcionamiento de la máquina en ausencia de corriente alterna, debido a los fallos o problemas de abastecimiento de energía eléctrica. Una desventaja de este sistema es el aumento de costo debido a que cuenta con dos alternativas de fuente de energía.

Tabla 17. Análisis de alternativas del sistema de alimentación

Sistema de alimentación	Costo	Adaptabilidad	Disponibilidad	Total	Valor porcentual
Corriente alterna C.A.	4	5	5	14/15	93.3 %
Baterías	3	4	5	12/15	80 %
Mixto (corriente alterna-batería)	1	4	5	10/15	66.6 %

La selección de las alternativas analizadas en este capítulo servirá para la construcción de una máquina dispensadora innovadora con alto nivel estético, capaz de ser operada por cualquier tipo de individuo, sin que presente dificultades en su funcionamiento y operación, proporcionando la calidad del servicio estipulada y cuyo costo sea menor a las máquinas dispensadoras existentes en el mercado.

2.11 Materiales del equipo final

Por la selección de alternativas, la materialización de la máquina consta de los siguientes recursos más importantes en su diseño y construcción:

- Acero laminado en caliente
- Arduino Mega
- Cerradura de leva
- Iluminación LED
- Sistema de pulsadores
- Monedero electrónico
- Mecanismo de discos

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Diseño en tres dimensiones del equipo

La máquina dispensadora automática de materiales de escritorio, ha sido diseñada para satisfacer las necesidades de usuarios que requieran adquirir esferos, minas, lápices portaminas y borradores, brindando comodidad y rapidez en su compra, siendo de este modo un diseño único e innovador.

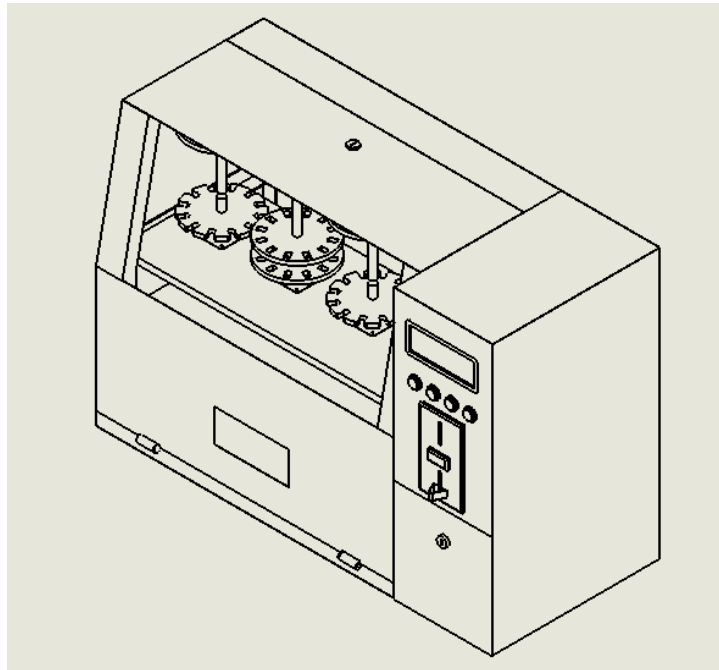


Figura 15. Modelo 3D máquina dispensadora de materiales de escritorio.

La máquina ha sido creada con materiales asequibles en el mercado y el diseño de sus partes facilita su ensamblaje y mantenimiento, teniendo como ventaja que el espacio que ocupa es pequeño (605 x 255 x 410) [mm], y se puede colocar en espacios reducidos, tales como pasillos, aulas, oficinas, etc.

A continuación, en la Figura 16. se describen las principales partes de la máquina dispensadora de materiales de escritorio:

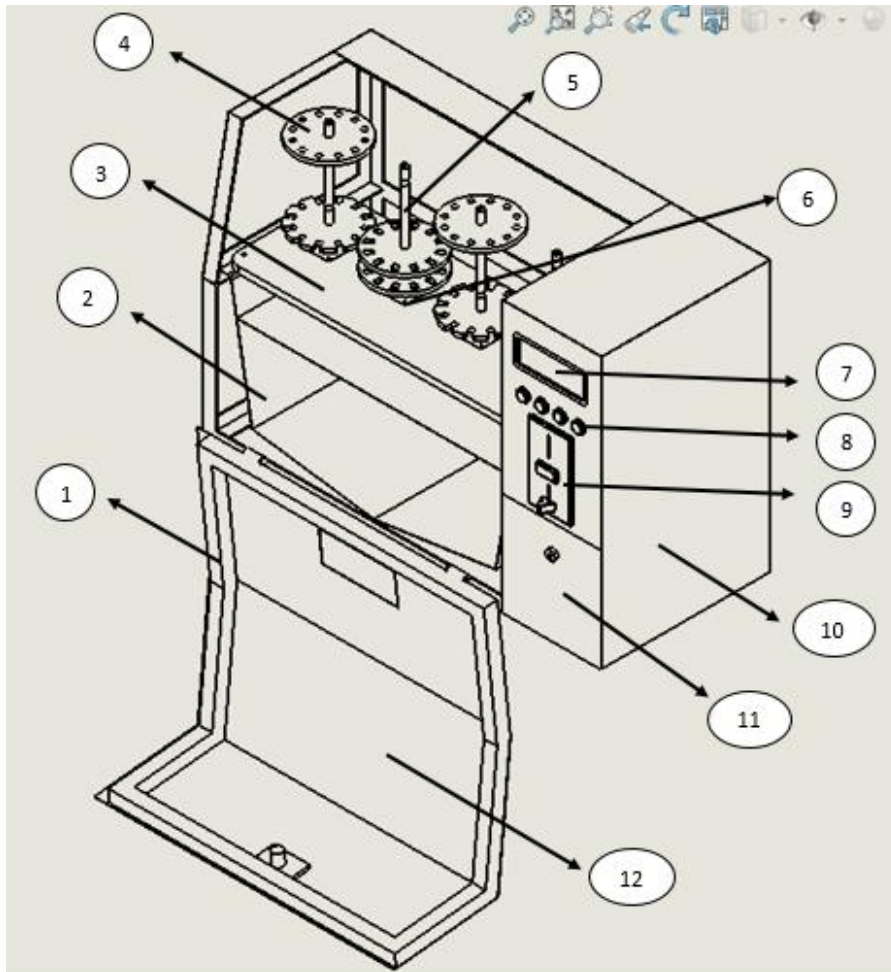


Figura 16. Principales partes de la máquina dispensadora de materiales de escritorio

Siendo:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1 Puerta | 7 Pantalla LCD |
| 2 Tolva | 8 Botones (Contactores) |
| 3 Placa-viga | 9 Monedero electrónico |
| 4 Disco porta productos | 10 Carcasa |
| 5 Eje | 11 Cajón receptor de dinero |
| 6 Motores de paso | 12 Vidrio |

Cabe señalar que se realizarán cálculos de diseño en los siguientes elementos: placa-viga, eje y motor de pasos.

La máquina está principalmente dividida en cuatro módulos situados sobre una placa-viga, cada uno con un producto distinto, de la siguiente manera:

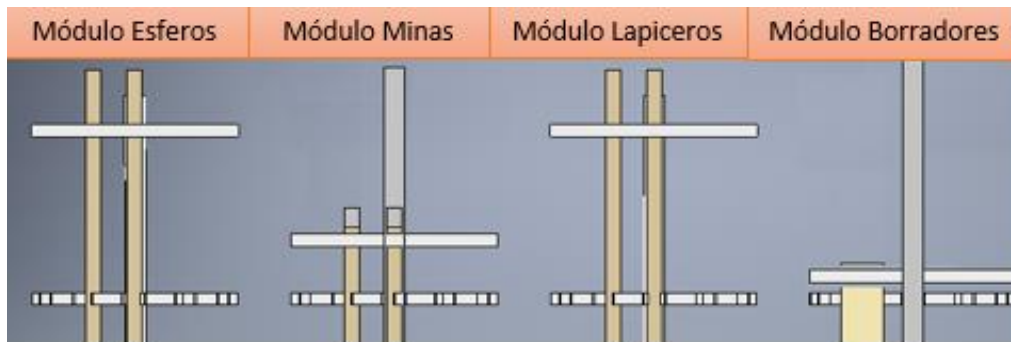


Figura 17. Ubicación de los módulos en la máquina

Cada módulo consta de un par de discos diseñados acorde a las dimensiones del producto a dispensar, estos transmiten movimiento y permiten el desplazamiento de los productos hacia un orificio ubicado en la placa-viga.

3.2 Descripción de los módulos

Módulo esferos y lapiceros

La Tabla 18. contiene información sobre el diseño de los módulos de esferos y lápices, la información se detalla de abajo hacia arriba, según el ensamble de cada mecanismo.

Tabla 18. Descripción módulo de esferos y lápices

Contiene	
Tipo de motor	De pasos 28BYJ-48
Eje	Disposición: Vertical. Permite colocar los discos en función de la longitud del producto. Material: Acero de transmisión
Disco superior	Material: Acrílico. Presenta una buena estética Abarca: 11 productos de sección transversal circular. Diseño permite sostener los productos para evitar su caída y encarrillarlos para que no pierdan su pista.
Disco inferior	Material: Acrílico. Presenta una buena estética Abarca: 11 productos de sección transversal circular. Diseño con ranuras. Permite abastecer los módulos con mayor facilidad, debido a la geometría de cada producto.
Sujeción	Tanto la junta árbol del motor – eje portadiscos y discos superior e inferior – eje portadiscos, se sujetan mediante tornillos prisioneros M4.

Disco módulo esferos y lapiceros

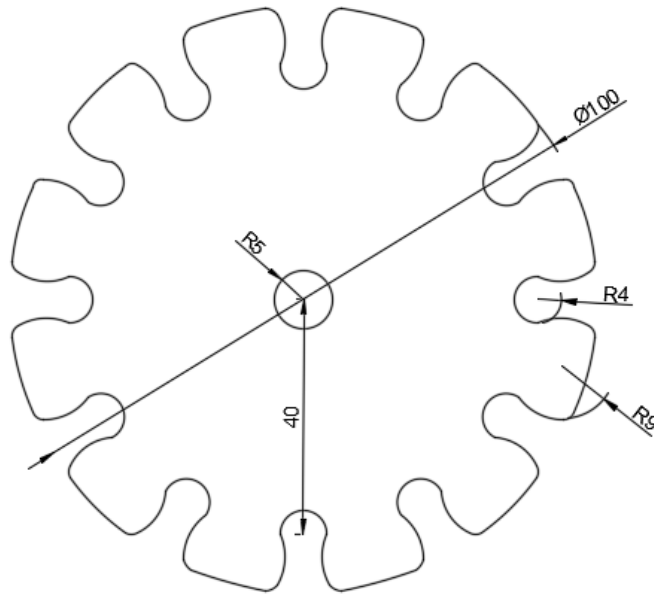


Figura 18. Disco inferior módulo esferos y lapiceros

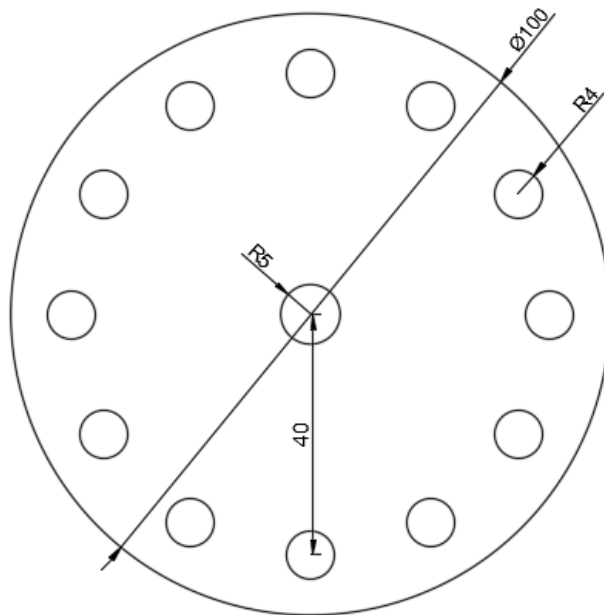


Figura 19. Disco superior módulo esferos y lapiceros

La tabla 19. contiene información sobre el diseño de los módulos de minas y borradores, la información se detalla de abajo hacia arriba, conforme el armado de cada mecanismo.

Tabla 19. Descripción módulo de minas y borradores

Contiene	
Tipo de motor	De pasos 28BYJ-48
Eje	Disposición: Vertical. Permite colocar los discos en función de la longitud del producto. Material: Acero de transmisión
Disco superior e inferior	Material: Acrílico. Presenta una buena estética Abarca: 8 borradores y 11 minas de sección transversal rectangular Diseño permite sostener los productos para evitar su caída y encarrillarlos para que no pierdan su pista
Sujeción	Tanto la junta árbol del motor – eje portadiscos y discos superior e inferior – eje portadiscos, se sujetan mediante tornillos prisioneros M4

Discos módulo minas

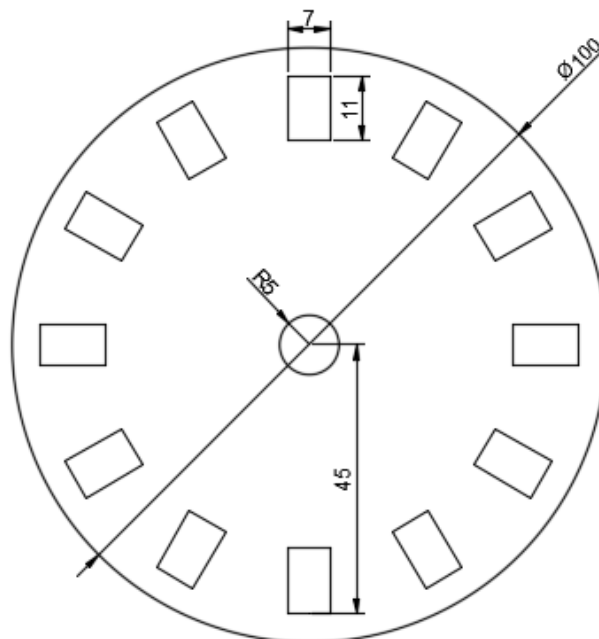


Figura 20. Disco inferior y superior módulo minas

Discos módulo borradores

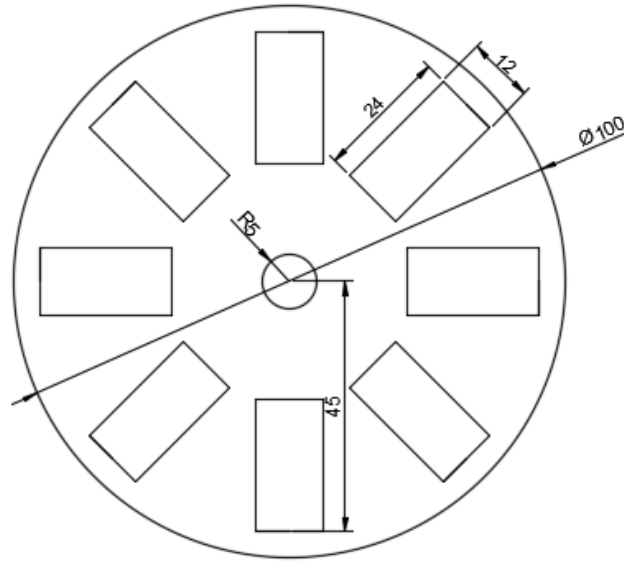


Figura 21. Disco inferior y superior módulo borradores

Los discos superior e inferior de los módulos de minas y borradores serán los mismos; es decir, el disco superior e inferior tiene las mismas dimensiones y diseño, debido a la geometría rectangular de los productos.

3.3 Manufactura de la estructura y carcasa

La manufactura de la estructura y la carcasa de la máquina dispensadora se rigen en el análisis de alternativas del Capítulo 2. Por ello, a continuación se presentará dos tablas que contienen información acerca de la manufactura de las partes antes expuestas.

Tabla 20. Características generales de manufactura de la estructura

Armadura o esqueleto	
Tipo de manufactura	Planeación de procesos asistida en taller
Material	Acero
Disponibilidad mcd.	A
Geom. del material	Ángulo "L" de 1 pulgada (normalizado)
Proceso de corte	Mediante cortadora de banco
Proceso de unión	Soldadura SMAW
Soldabilidad	B
Pintura base	Anticorrosivo de color gris. Imprimación de base al disolvente

Pintura final	Esmalte acrílico de color blanco
Pintado	B

Nota 1. E, excelente; B, buena; R, regular; A, alta; B, baja

Como se aprecia en la Figura 22. la estructura de la máquina es de ángulo de 90°, lo cual ayuda significativamente a ganar espacio en el interior de la máquina. Los resultados son rigidez estructural y exactitud dimensional.

El cálculo del peso de la armadura se obtiene a partir de la masa, misma que es igual a 3.495,70 [gr]

Entonces, el peso de la armadura se obtiene a partir de la fórmula planteada por Meriam J. [44]

$$w = m \cdot g$$

Ecuación 1

$$w_{armadura} = 3,4957 [kg] \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$w_{armadura} = 34,293 [N]$$

$$w_{armadura} = 34,293 [N] \cdot \frac{0,2248 [lbf]}{1 [N]}$$

$$w_{armadura} = 7.709 [lbf]$$

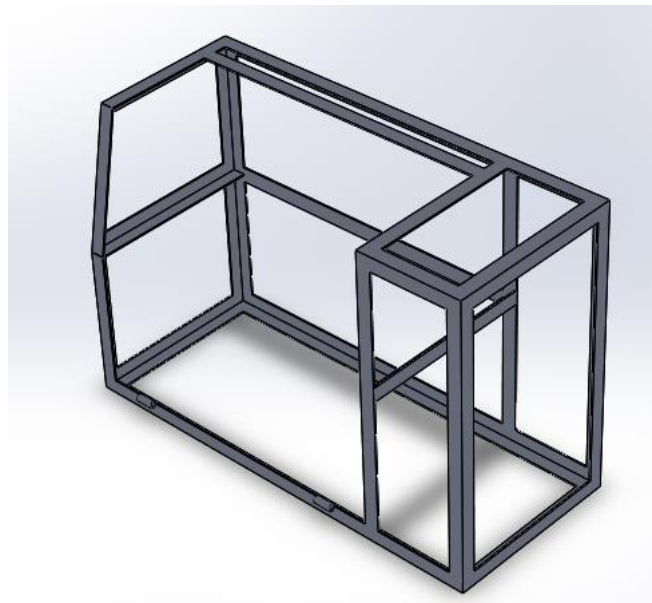


Figura 22. Estructura máquina dispensadora.

Tabla 21. Características generales de manufactura de la carcasa

Carcasa	
Tipo de manufactura	Planeación de procesos asistida en taller
Material	Acero laminado al calor (tol)
Disponibilidad mcdo.	A
Geom. del material	Plancha rectangular (normalizado)
Proceso de corte	Mediante amoladora
Proceso de unión	Doblado y soldadura MIG
Soldabilidad	B
Pintura base	Anticorrosivo de color gris. Imprimación de base al disolvente
Pintura final	Esmalte acrílico de color rojo
Pintado	B

Nota 2. E, excelente; B, buena; R, regular; A, alta; B, baja

Como se aprecia en la Tabla 21. la carcasa de la máquina es tol negro. En vista de que la máquina no estará a la intemperie, este material es adecuado para la aplicación.

3.4 Diseño de la estructura considerando criterios de esbeltez

En esta sección se presentará un proceso de cálculo estructural, que permitirá verificar si el perfil seleccionado para el diseño de la estructura es el adecuado, considerando que el peso de la máquina es de 18 [kg] dato que equivale a 0,039 [Klbf] en el sistema inglés. Mediante la siguiente ecuación establecida en el Manual American Institute of Steel Construction (AISC) [45], se verificará si el perfil seleccionado, ángulo de 90 ° de (1 x 1 x 1/8) [plg] y de acero A36 es el adecuado.

$$\lambda \leq 140 \text{ Esbeltez}$$

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r_{\min}}$$

De acuerdo a la tabla de perfil estructural de ángulo, establecida en la página 1-51 del Manual American Institute of Steel Construction (AISC) [45].

El radio mínimo del perfil es: $r_{\min}=0,196$ [plg]

La constante K, que depende del apoyo es igual: $K=1$

La longitud L es igual: $L=17,71$ [plg]

$$\lambda = \frac{1 \cdot 17,71 [\text{plg}]}{0,196 [\text{plg}]}$$

$$\lambda = 90,35$$

$$90,35 \leq 140$$

Por lo tanto, el perfil seleccionado es el adecuado ya que la esbeltez obtenida es menor al valor establecido para el diseño de la estructura.

3.5 Descripción de componentes electrónicos

- Motor de pasos

El motor de pasos empleado es el 28BYJ-48 de eje simple y control unipolar de 5 hilos. Se compone de 4 bobinas y 4 entradas para el controlador, su funcionamiento depende de un controlador que suministra la energía ideal al motor y este activa 2 bobinas al mismo tiempo en cada paso y posteriormente los 2 restantes [46].



Figura 23. Motor de pasos 28BYJ-48 [46]

Número de fases: 4

Voltaje: 5 [V]

Torque: 34 [Nm]

Consumo: 55 [mA]

Incorpora: Caja reductora

Relación de transmisión: 1/64

Peso: 30 [gr]

- Controlador del motor de pasos ULN2003

Es una matriz de transistores bipolares cuya resistencia es de 500 [mA], su ventaja más significativa es permitir la conducción de grandes corrientes y tensiones. Dispone de una toma de 5 cables donde el cable del motor paso a paso se conecta y los 4 LED para indicar qué bobina está alimentada actualmente. En el medio del tablero se tiene el chip

ULN2003, en la parte inferior están las 4 entradas de control que deben conectarse a cuatro pines digitales Arduino [38].



Figura 24. Controlador ULN2003 [38]

- Fuente de poder tipo switching

El modelo de fuente empleada es la ML-12V10A, se caracteriza por ser conmutada, lo cual permite mayor ahorro de energía, brinda 120 [W] de potencia, un máximo de 10 [A] de corriente y una salida constante de 12 [VDC] [47].



Figura 25. Fuente de poder

- Monedero electrónico

Su funcionamiento depende de una fuente de 12 [VDC], misma que es alimentada por los pines 12 [VDC] y GND. Es activado por pulsos eléctricos a través de su pin COIN, generando una señal de 5 [V]. El diámetro de las monedas que acepta va desde 12 [mm] a 30 [mm] y con un espesor de 1.2 [mm] a 3.5 [mm]. Cuenta con una hilera de switches que permiten calibrar el monedero para una o varias monedas y la velocidad del pulso [48].

Al ingresar la moneda esta pasa por un filtro mecánico en donde se compara las dimensiones de la misma. Si la moneda pasa el primer filtro, llega a compararse por sensores a fin de detectar las características de una moneda, entonces se activa una bobina que permite que la moneda pase al depósito.



Figura 26. Monedero electrónico

- **LCD alfanumérico 2004**

Posee una memoria interna que almacena 20 caracteres alfanuméricos en 4 líneas. Funciona con un voltaje de alimentación de 5 [V], la comunicación entre el LCD y la plataforma de programación es posible mediante un cable plano que se conecta a la interfaz de 16 pines del LCD [49].



Figura 27. Pantalla LCD [47]

3.6 Cálculos para la obtención del espesor de placa – viga rectangular

Se requiere calcular el espesor de placa mínimo adecuado para soportar las cargas del mecanismo, juntamente con los productos. Por ello en la Tabla 22. se expresan las cargas que forman parte de cada uno de los módulos:

Tabla 22. Cargas pertinentes a cada módulo

Módulo	Masa / Accesorios	Carga Total
Módulo Esferos	$m_{discos} = 99,79 \cdot 2 = 199,58 [gr]$ $m_{eje} = 117,934 [gr]$ $m_{rodamiento} = 27,215 [gr]$ $m_{tapas} = 36,287 \cdot 2 = 72,574 [gr]$ $m_{motor-pasos} = 32 [gr]$ $m_{esferos} = 6 \cdot 12 = 72 [gr]$	$m_1 = 524,303 [gr]$ $w_1 = 0,521 [Kg] \cdot 9,81 [m/s^2]$ $w_1 = 5,11 [N]$
Módulo Lápices	$m_{discos} = 99,79 \cdot 2 = 199,58 [gr]$ $m_{eje} = 117,934 [gr]$ $m_{rodamiento} = 27,215 [gr]$ $m_{tapas} = 36,287 \cdot 2 = 72,574 [gr]$ $m_{motor-pasos} = 32 [gr]$ $m_{lápices} = 4 \cdot 12 = 48 [gr]$	$m_2 = 497,295 [gr]$ $w_2 = 0,497 [Kg] \cdot 9,81 [m/s^2]$ $w_2 = 4,88 [N]$
Módulo Minas	$m_{discos} = 99,79 \cdot 2 = 199,58 [gr]$ $m_{eje} = 117,934 [gr]$ $m_{rodamiento} = 27,215 [gr]$ $m_{tapas} = 36,287 \cdot 2 = 72,574 [gr]$ $m_{motor-pasos} = 32 [gr]$ $m_{minas} = 4 \cdot 12 = 48 [gr]$	$m_3 = 497,295 [gr]$ $w_3 = 0,497 [Kg] \cdot 9,81 [m/s^2]$ $w_3 = 4,88 [N]$
Módulo Borradores	$m_{discos} = 72,574 \cdot 2 = 145,15 [gr]$ $m_{eje} = 117,934 [gr]$ $m_{rodamiento} = 27,215 [gr]$ $m_{tapas} = 36,287 \cdot 2 = 72,574 [gr]$ $m_{motor-pasos} = 32 [gr]$ $m_{borradores} = 20 \cdot 8 = 160 [gr]$	$m_4 = 554,864 [gr]$ $w_4 = 0,554 [Kg] \cdot 9,81 [m/s^2]$ $w_4 = 5,44 [N]$

En la Figura 28, se observa el posicionamiento de las cargas puntuales a lo largo de la placa – viga, que soporta tanto los mecanismos como las cargas que ejercen los productos.

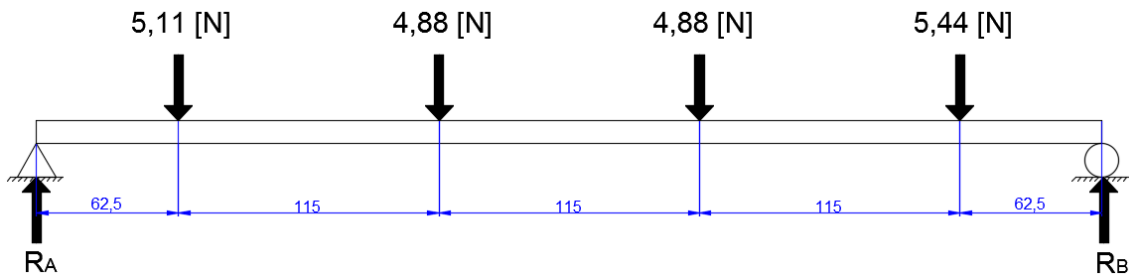


Figura 28. Posición de las cargas en la placa- viga

3.6.1 Momento flexionante

El momento flector M , se define como la suma algebraica de los momentos de todas y cada una de las fuerzas que actúan sobre una sección dada de la viga. Dicho momento provoca que la viga se flexione hacia abajo debido a las cargas; en este caso, la placa-viga tiende a flexionarse hacia abajo, provocando un momento de flexión positivo [50].

Para el cálculo de los momentos ejercidos sobre la Placa-Viga se tiene el cálculo de las reacciones en los apoyos:

$$\sum Y = 0$$

$$R_A - 5,11[N] - 4,88[N] - 5,44[N] + R_B = 0$$

$$R_A + R_B = 20,31[N]$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- 5,11[N].62,5[mm] - 4,88[N].177,5[mm] - 4,88 [N].292,5[mm] - 5,44[N].407,5[mm] + \dots$$

$$R_B [470] = 0$$

$$R_B = 10,27[N]$$

Reemplazando se obtiene:

$$R_A + R_B = 20,31[N]$$

$$R_A = 20,31[N] - R_B$$

$$R_A = 10,03[N]$$

Una vez obtenidas las reacciones en los apoyos, se procede a calcular el momento en cada tramo de la placa-viga de la siguiente manera:

TRAMO 1

$$0 \leq x \leq 62,5$$

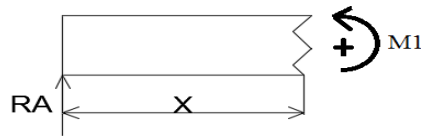


Figura 29. Tramo 1

$$\sum M_1 = 0$$

$$M_1 - R_{A,x} = 0$$

$$M_1 = 10,03 [N] \cdot 62,5 [mm]$$

$$M_1 = 626,87 [N \cdot mm]$$

TRAMO 2

$$62,5 \leq x \leq 177,5$$

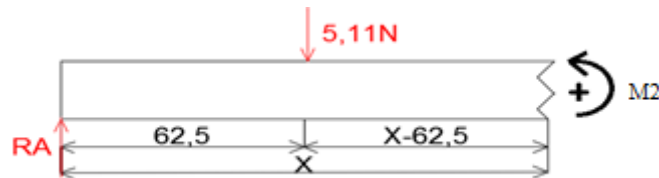


Figura 30. Tramo 2

$$\sum M_2 = 0$$

$$M_2 - R_A \cdot X + 5,11 [N] \cdot (X - 62,5 [mm]) = 0$$

$$M_2 = 10,03 [N] \cdot 177,5 [mm] - 5,11 [N] \cdot (177,5 [mm] - 62,5 [mm])$$

$$M_2 = 1.192,67 [N \cdot mm]$$

TRAMO 3

$$177,5 \leq x \leq 292,5$$

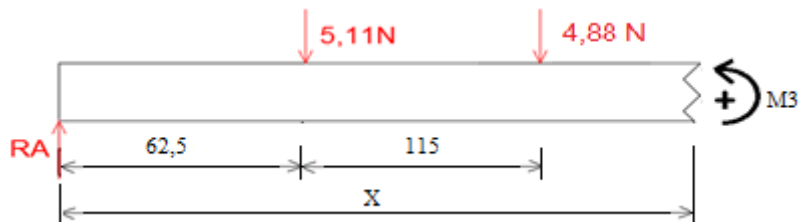


Figura 31. Tramo 3

$$\sum M_3 = 0$$

$$M_3 - R_A \cdot X + 5,11 [N] \cdot (X - 177,5 [mm] + 115 [mm]) + 4,88 [N] \cdot (X - 177,5 [mm]) = 0$$

$$M_3 = 1.197,28 [N \cdot mm]$$

TRAMO 4

$$292,5 \leq x \leq 407,5$$

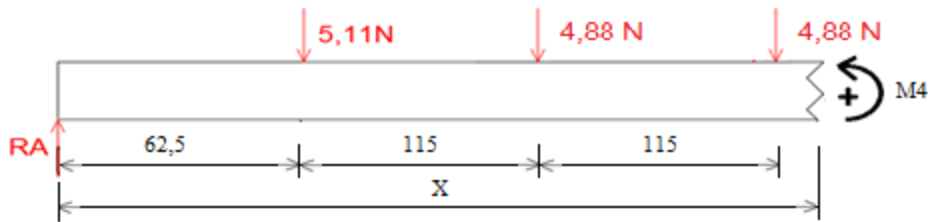


Figura 32. Tramo 4

$$\sum M_4 = 0$$

$$M_4 - R_A \cdot X + 5,11 [N] \cdot (230 [mm] + (X - 292,5 [mm])) + 4,88 [N] \cdot (115 [mm] + (X - 292,5 [mm])) + \dots + 4,88 [N] \cdot (X - 292,5 [mm]) = 0$$

$$M_4 = 640,67 [N \cdot mm]$$

Mediante los cálculos efectuados anteriormente, el momento máximo ejercido sobre la Placa-viga se genera en el tramo 3 correspondiente al módulo de los lapiceros, con un valor de 1197,28 [N mm], equivalente a 0,01059 [Klb plg] en el sistema inglés.

3.6.2 Esfuerzo admisible a flexión

También conocido como esfuerzo de diseño o de trabajo, este esfuerzo debe ser establecido cuando una parte de la máquina o equipo va a soportar cargas que actúen sobre la misma. El valor del esfuerzo admisible a flexión debe ser elevado a fin de evitar fallas, pero se debe considerar que en vigas cortas el esfuerzo flexionante alcanza valores reducidos [51].

Mediante la ecuación F2-1, establecida en la página 5-48 del Manual American Institute of Steel Construction (AISC) [45], podemos calcular el límite permisible, sabiendo que la bandeja que soporta los mecanismos es una sección rectangular sólida.

$$F_b = 0,75 \cdot F_y \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde; F_b = Esfuerzo admisible a flexión, F_y = Esfuerzo de fluencia.

Para la construcción de la máquina se utilizó una placa rectangular de madera MDF, donde el esfuerzo de fluencia del material es $F_y = 30 [Mpa] = 4,35 [Ksi]$ [52].

Por lo tanto, el esfuerzo a flexión obtenido es:

$$F_b = 0,75 \cdot 30 [Mpa]$$

$$F_b = 22,5 [Mpa]$$

$$F_b = 3,26 [Ksi]$$

3.6.3 Módulo de sección

Este parámetro sirve para calcular el esfuerzo en la sección de la fibra externa de la viga; es muy significativo para el diseño de miembros a flexión. El valor del módulo de sección se obtiene con el segundo momento de inercia entre la distancia del eje neutro a la fibra [53].

Según Budynas R. y Nisbett K. [54], el esfuerzo en flexión varía linealmente con la distancia desde el eje neutro y está dado por:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{Z} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Z = \frac{I}{c} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: σ : Esfuerzo en flexión, M= Momento máximo, c= Distancia al centroide, I=Segundo momento de área alrededor del eje x, Z= Módulo de sección.

Por lo tanto, el módulo de sección es:

$$Z = \frac{M}{\sigma}$$

$$Z = \frac{0,01059 [klb \cdot plg]}{3,26 \left[\frac{klb}{plg^2} \right]}$$

$$Z = 3,24 \cdot 10^{-3} [plg^3]$$

$$Z = 53,23 [mm^3]$$

3.6.4 Espesor de la placa plana rectangular

Si bien se conoce que las placas planas están sujetas a cargas laterales que generan flexión en todos los planos verticales, la placa-viga de la máquina dispensadora se considera una placa de espesor promedio en la cual predomina el esfuerzo de flexión [51]. La placa-viga aloja 4 mecanismos, los cuales son prácticamente cuatro cargas puntuales generando una sumatoria de fuerzas de 20,31 [N].

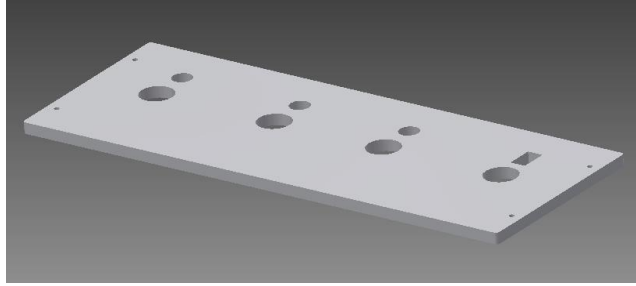


Figura 33. Placa-Viga. Soporte de mecanismos

Para el cálculo del espesor de la placa-viga se debe tener en cuenta el segundo momento de área alrededor del eje x, para ello se han obtenido los datos de la Tabla A-18 del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [54], para el caso de prisma rectangular:

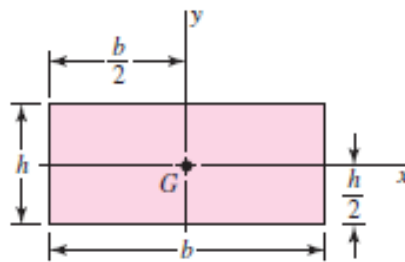


Figura 34. Propiedades geométricas, sección rectangular

De esta forma, la ecuación del segundo momento de área alrededor del eje x queda expresada por:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde: b=distancia de la base, h=espesor placa

Por lo tanto, con una distancia de la base de 175 [mm], el cálculo del espesor es:

$$Z = \frac{I}{c}$$

$$Z = \frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{\frac{b}{2}}$$

Despejando h, el espesor mínimo para que la placa soporte las cargas se tiene:

$$h = \sqrt[3]{6 \cdot Z}$$

$$h = \sqrt[3]{6 \cdot (53,23) [mm^3]}$$

$$h = 6,83 \approx 7 [mm]$$

Como se muestra en los resultados del cálculo, el espesor teórico de la placa-viga es de 7 [mm]. Sin embargo, el espesor a utilizar es de 10 [mm] considerando su disponibilidad en el mercado.

3.6.5 Esfuerzo de flexión máximo

Aplicando las ecuaciones planteadas anteriormente por Budynas R. y Nisbett K. [54], la inercia y el esfuerzo máximo son:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = \frac{(175 [mm]) \cdot (10 [mm])^3}{12}$$

$$I = 14.583,33 [mm^4]$$

Sabiendo que el momento máximo obtenido es de 1197,28 [N.mm] y la distancia al centroide es igual a 5 [mm], por tanto, el esfuerzo de flexión máximo es:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot c}{I}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1.197,28 [N \cdot mm] \cdot 5 [mm]}{14.583,33 [mm^4]}$$

$$\sigma_{\max} = 0,410 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\max} = 0,410 [MPa]$$

Considerando que el valor del esfuerzo a flexión de la madera MDF calculado en la sección 3.6.2 es de 22,5 [MPa] y el esfuerzo de flexión máximo es de 0,410 [MPa], se cumple lo siguiente:

$$\sigma_{\max} \leq F_b$$

$$0,410 [Mpa] \leq 22,5 [Mpa]$$

Por tanto, el esfuerzo máximo generado por la carga no excede el límite proporcional al esfuerzo del material, cumpliendo con las condiciones de diseño.

3.6.6 Factor de seguridad de la placa-viga.

El factor de seguridad permitirá garantizar la capacidad que posee la placa-viga para soportar las cargas ejercidas por los módulos.

$$F.S = \frac{F_b}{\sigma_{\max}}$$

$$F.S = \frac{22,5 [MPa]}{0,410 [MPa]}$$

$$F.S = 54,878$$

El valor del factor de seguridad calculado es de 54,878 ya que sobre la placa-viga, se ejercen cargas y esfuerzos bajos, considerando también las condiciones constructivas de la misma.

3.6.7 Análisis estático placa-viga mediante software Solidworks

Mediante el software Solidworks se obtuvo resultados que se podrán visualizar en las siguientes figuras:

Factor Seguridad

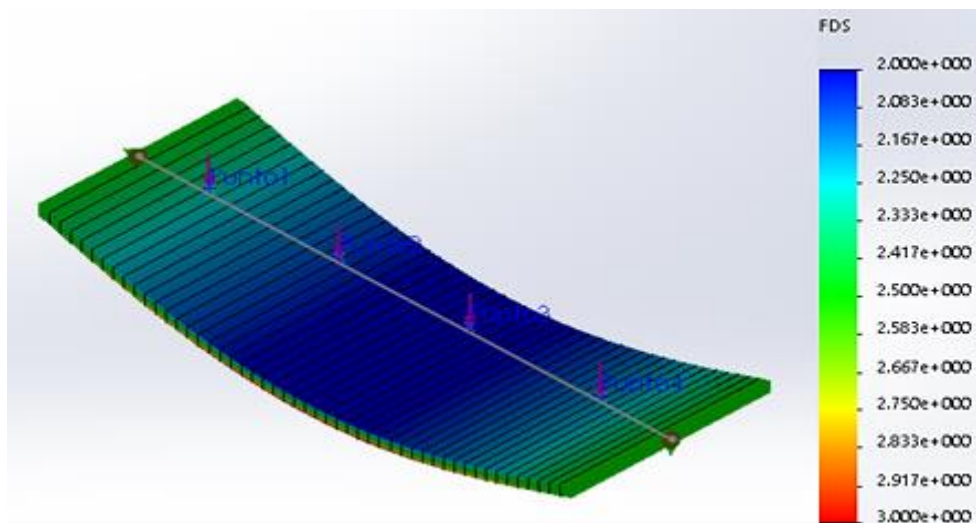


Figura 35. Factor de seguridad

En la Figura 35. se visualiza una escala del factor de seguridad correspondiente a la placa-viga. El factor de seguridad factible para el funcionamiento del mecanismo es de 2,5, valor que se utilizará en posteriores cálculos.

Momento máximo

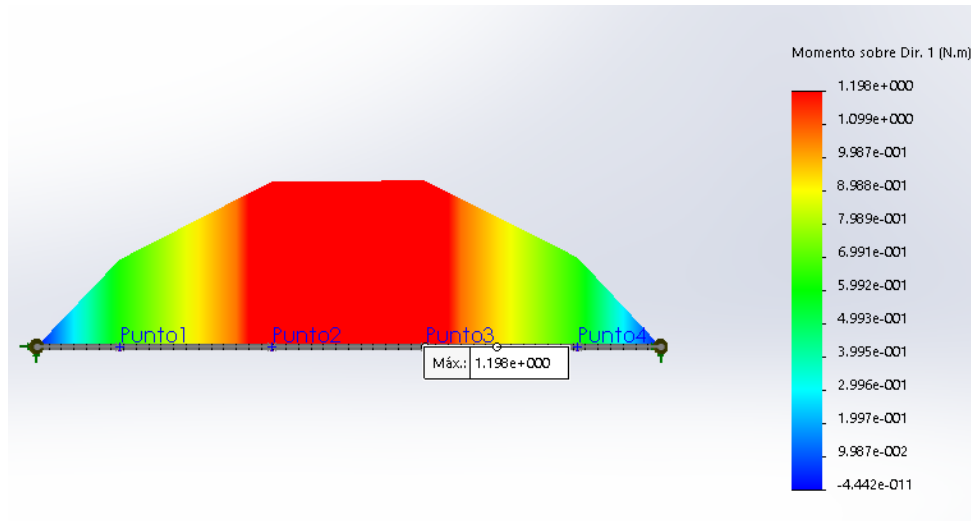


Figura 36. Diagrama de momento máximo

De acuerdo con los cálculos teóricos realizados en el apartado 3.5.1. se obtuvo un momento máximo de 1,197 [N.m], mientras que en el software el valor es de 1,198 [N.m]. Entre los resultados existe una variación de 0,08 %, dato que valida los cálculos realizados anteriormente.

Esfuerzo a flexión máximo

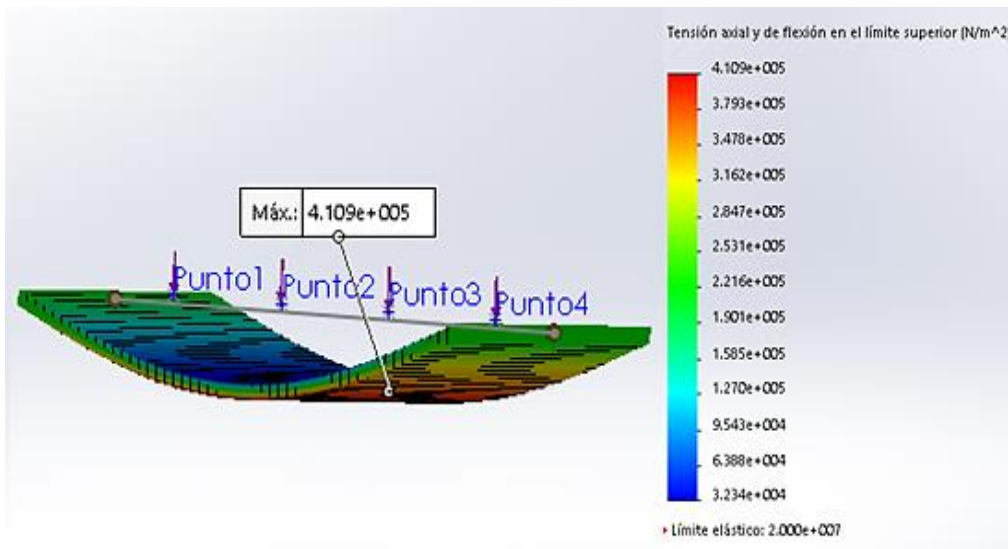


Figura 37. Diagrama esfuerzo flexión máxima

De acuerdo con los cálculos teóricos realizados en el apartado 3.5.5. se obtuvo un esfuerzo a flexión máximo de 410.496,09 [N/m²], mientras que en el software el valor es de



410.900 [N/m²]. Entre los resultados existe una variación de 0,09 %, dato que valida los cálculos realizados anteriormente.

3.7 Resistencia de soldadura

El cálculo de la junta soldada permite conocer el esfuerzo cortante en los cordones de soldadura, correspondientes a la placa que soportará el peso total de la máquina.

En la siguiente tabla se presenta datos importantes para obtener resultados.

Tabla 23. Características de la soldadura

Tipo de junta	Junta traslapada
Material de aportación	Electrodo revestido E6011
Tipo de soldadura	Soldadura SMAW
Símbolo de soldadura	
Junta ángulo - ángulo	

El esfuerzo cortante permisible para el electrodo E6011 es de 124 [MPa] [54].

Según Shigley [54], la fórmula que nos permite determinar el esfuerzo cortante principal de la junta es:

$$\tau' = \frac{V}{0,707 \cdot h \cdot l} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde: τ = Esfuerzo cortante principal, V= Fuerza aplicada a la junta (peso total de la máquina), h= Diámetro del electrodo, l= Longitud del cordón.

$$\tau' = \frac{176,6 [N]}{0,707 \cdot 0,0048 [m] \cdot 0,010 [m]}$$

$$\tau' = 5.203,91 [KPa]$$

$$\tau' = 5,20 [MPa]$$

El valor del esfuerzo cortante principal de la unión soldada, indica que la soldadura es satisfactoria, debido a que el esfuerzo cortante principal de soldadura de 5,20 [MPa] es menor al esfuerzo cortante permisible del electrodo de 124 [MPa].

3.7.1 Factor de seguridad de la estructura metálica

Debido a que este proyecto es un propósito de diseño, es fundamental incorporar un factor de seguridad para la estructura de la máquina.

Para ello se considera un tipo de carga cortante, cuyo esfuerzo permisible está dado por:

$$S_{sy} = 0,40 \cdot S_y, S_y = 248 [MPa] \text{ [54].}$$

$$F.S = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$F.S = \frac{0,40 \cdot 248 [MPa]}{5,20 [Mpa]}$$

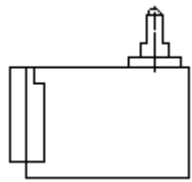
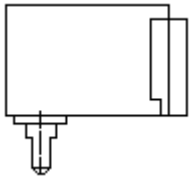
$$F.S = 19$$

3.8 Diseño de la junta, eje portadiscos - motor

3.8.1 Disposición del motor

Para el diseño de la junta o acople del eje portadiscos – motor, es preciso indicar la disposición del motor para esta aplicación específica del mecanismo diseñado. Las diferentes posiciones del motor de pasos con respecto a la placa – viga se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24. Posibilidad de montaje del motor de pasos

Posición	Motor	Esquema
I	Delantero con árbol vertical superior	
II	Delantero con árbol vertical inferior	

La disposición del motor de pasos que se adecua al diseño del mecanismo es la posición número I, pues como se muestra en el esquema, se caracteriza por permitir un montaje ordenado de los subconjuntos de arriba hacia abajo.

3.8.2 Junta eje portadiscos - motor

El eje rígido portadiscos se ubicará de forma vertical, acoplado al árbol del motor de pasos. Este tipo de junta se caracteriza por su simplicidad, debido a que no requiere de más componentes o elementos mecánicos para su sujeción, por otro lado, también es robusta. Todo lo anterior permite un montaje y desmontaje en un tiempo mínimo para actividades pertinentes de mantenimiento.

A continuación, se presentarán imágenes correspondientes a la junta diseñada.

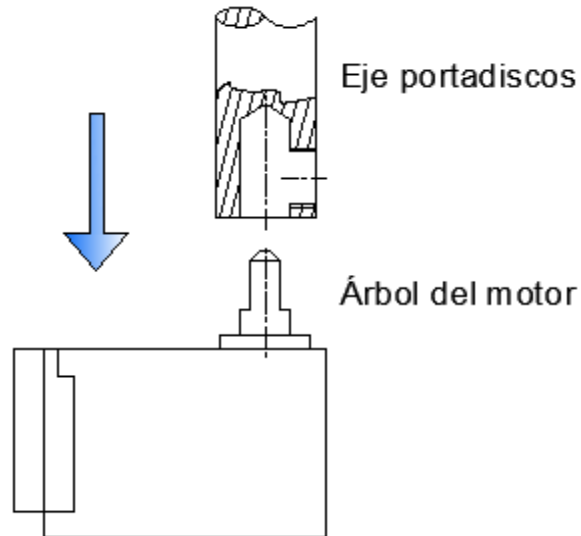


Figura 38. Componentes de la junta

3.8.3 Cálculo de ajustes de las superficies de encaje de la junta

El ajuste en la junta o acople permite una relación mecánica entre dos componentes mecánicos. Se dice que existe juego cuando las piezas pueden moverse con mínima o mayor facilidad, por otro lado existe apriete cuando hay dificultad de movimiento [55]. El ajuste recomendado es de clase: Forzado ligero, lo cual implica montaje y desmontaje sencillo. Su seguro antideslizamiento consiste en un tornillo prisionero M6.

A continuación se presenta el cálculo de ajuste para agujero único.

- El árbol del motor de pasos es de diámetro $5[\mu m]j9$ por fabricación.

$$di = -15[\mu m]$$

$$ds = +15[\mu m]$$

- El agujero ciego del eje portadiscos es de diámetro $5[\mu m]H8$

$$Di = 0[\mu m]$$

$$Ds = +18[\mu m]$$

Según la magnitud y posición de las tolerancias, los valores del agujero son mayores a los del eje, por tanto existe un ajuste móvil. Según Saucedo [56] las fórmulas para determinar los juegos mínimo y máximo son:

Juego mínimo:

$$J_m = Dm - dM \quad \text{Ecuación 7}$$

$$A_m = (5 + 0) - (5 + 0.015)$$

$$A_m = -0.015 [mm]$$

Juego máximo:

$$J_M = DM - dm \quad \text{Ecuación 8}$$

$$A_m = (5 + 0.018) - (5 - 0.015)$$

$$A_m = 0.033 [mm]$$

3.9 Procedimiento de selección de cojinete, su tamaño y vida útil

Los cojinetes son elementos mecánicos normalizados que se caracterizan por transferir las cargas en los miembros rotativos y estacionarios con un valor bajo de fricción [57].

En el diseño del mecanismo de la máquina se incluye un rodamiento rígido de bolas, mismo que se aloja en la placa - viga antes mencionada.

3.9.1 Consideración de factores operativos

Para la selección del cojinete, es importante definir algunos factores de funcionamiento del mecanismo diseñado para la máquina dispensadora. Estos factores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Factores de selección del cojinete

Tipo de carga	De empuje y relativamente ligera, debido al bajo peso de cada módulo.
Aplicación	Baja potencia.
Transmisión de calor	Despreciable. Debido a que los giros del eje son eventuales.
Velocidad	15 [r.p.m]
Precisión	Sensibilidad de desalineamiento. Importante que el producto desemboque por su canal hacia la tolva.

Lubricación	Requiere de mantenimiento mínimo debido a que la carga de empuje es mínima.
--------------------	---

3.9.2 Cálculo de la vida útil

En vista de que la aplicación a este proyecto no es común, no es posible encontrar en tablas la vida útil; por lo cual, se ve necesario determinar la vida útil del cojinete.

Según Cort L. [57] la fórmula que se presentará a continuación nos ayudará a determinar la vida nominal de los cojinetes en horas.

$$L_{10} = \frac{16.700}{N} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^K \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde: L_{10} : Vida nominal, C: Capacidad de carga básica en [lb], P: Carga radial equivalente en [lb], K: constante, 3 para cojinete de bolas, N: Velocidad de rotación en [r.p.m]

El valor de C se obtiene de la siguiente tabla, establecida por el mismo Cort L. [57]

Table 8.5.2 Approximate Basic and Static Load Ratings vs. Types and Sizes
(Ratings are in pounds) 1 lb = 4,448 N

Bearing bore, mm	Ball single-row 200 series		Ball single-row 300 series		Ball double-row 200 series		Roller cylindrical 300 series		Roller spherical 22200 series	
	C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C
10	600	1,040	850	1,430	800	1,210	1,020	1,960		
12	680	1,180	1,040	1,650	1,250	1,820	1,350	2,540		
15	780	1,330	1,220	1,970	1,430	2,030	1,520	2,820		
17	1,000	1,660	1,470	2,340	1,840	2,510	2,070	3,700		
20	1,390	2,220	1,760	2,730	2,540	3,480	2,560	4,490		
25	1,560	2,420	2,350	3,550	2,858	3,780	3,720	6,360		
30	2,250	3,360	3,120	4,600	4,110	5,140	5,070	8,460		
35	3,070	4,430	4,020	5,770	5,600	6,700	6,400	10,400		
40	3,520	5,040	5,020	7,060	6,430	7,680	7,930	12,500	11,800	15,200
45	4,000	5,660	6,130	8,430	7,320	8,620	9,310	14,700	12,600	15,900
50	4,450	6,070	8,010	10,750	8,130	9,220	11,600	17,900	13,600	16,800
55	5,630	7,500	9,400	12,410	10,300	11,400	12,600	19,100	16,500	20,300
60	6,950	9,070	10,902	14,179	12,700	13,800	15,200	22,800	20,800	25,200
65	7,660	9,900	12,516	16,051	14,000	15,000	19,900	29,000	25,500	30,200
70	8,410	10,714	14,240	18,030	15,400	16,300	21,400	30,800	27,500	31,900
75	9,190	11,610	16,080	19,600	16,900	17,300	23,200	32,900	29,100	33,100
80	10,010	12,550	18,020	21,230	18,300	19,100	27,000	38,100	32,100	36,800
85	11,750	14,490	20,080	22,880	19,500	19,700	30,900	43,300	38,200	43,200
90	13,630	16,540	22,250	24,580	22,100	22,600	35,200	48,800	44,500	49,800
95	15,650	18,740	24,530	26,300	28,600	28,600	39,500	54,200	48,800	54,700
100	17,800	21,130	29,430	29,940	32,500	32,100	44,700	60,800	55,700	61,900
110	20,100	23,000	32,040	31,800	30,500	30,700	53,200	70,500	72,000	78,400

El valor de P se obtiene mediante la siguiente fórmula y tabla.

$$P = XR + YT \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde: R: Carga radial, [lb], T: Carga axial, [lb], X e Y: Factores radial y empuje

Tabla 26. Factores radial y de empuje [57]

Tipos de cojinete	X	Y
Una hilera de bolas	0.56	1.40
Doble hilera de bolas	0.63	1.25
Rodillo esférico	1.0	0.0
Rodillo Cilíndrico	0.67	3.7

$$P = (0,56 \cdot 0,78 [\text{lb}]) + (1,40 \cdot 0,85 [\text{lb}])$$

$$P = 1,62 [\text{lb}]$$

$$L_{10} = \frac{16700}{15 [r.p.m]} \cdot \left(\frac{1040 [\text{lb}]}{1,62 [\text{lb}]} \right)^3$$

$$L_{10} = 781.356 \cdot 10^6 [h]$$

El resultado de este cálculo demuestra que la vida útil del cojinete es realmente elevada, esto se debe a que las cargas que actúan son bajas. Además, se debe considerar que el giro del cojinete es eventual e impredecible, pues está sujeto a las necesidades del usuario.

3.9.3 Tolerancia cojinete – eje para ajuste

Con el procedimiento anterior y el diámetro del eje portadiscos, se ha seleccionado un rodamiento rígido de bolas de diámetro interior 10 [mm] y exterior de 30 [mm].

Las tolerancias para el eje portadiscos son de interés, pues es este elemento que deberá adaptarse al cojinete seleccionado. Por ello se muestra a continuación una tabla resumen.

Tabla 27. Selección de ajuste para cojinete [55]

Cargas y condiciones de servicio	Aro interior, sin necesidad de desplazarse fácilmente sobre el eje.
Diámetro	Todos los diámetros.
Tolerancia	$h6, 10_{-9}^0 [mm]$
Tipo de ajuste	Asiento ligeramente forzado o forzado medio.

3.10 Diseño y selección del motor

3.10.1 Cálculo de torque y potencia

La potencia necesaria para proporcionar el giro de los ejes en cada módulo es transmitida a través de motores de paso, para lo cual se calcula el torque por medio de la ecuación planteada por Alonso M. [58].

$$L = W \cdot b \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

L= Torque

F= Fuerza

b= distancia, brazo de fuerza.

La fuerza necesaria para calcular el torque resulta ser la sumatoria del peso de los productos más el peso de los discos, para ello Meriam J. [44], define el peso a través de la siguiente ecuación:

$$W = m \cdot g \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

W= Peso de la carga

m= masa

g= gravedad.

Finalmente, la potencia requerida para el giro de cada eje en los módulos de la máquina se determina a través de la siguiente ecuación [58]:

$$P = L \cdot v \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

P= Potencia

L= Torque

v= Velocidad del punto de aplicación de la fuerza

A continuación, se tienen los respectivos cálculos en cada uno de los módulos de la máquina dispensadora, teniendo en cuenta que la velocidad máxima del motor de paso a utilizarse es de 15 RPM [46].

a) Módulo Esferos

Cálculo de la carga

$$W_1 = m \cdot g$$

$$W_1 = (0,19958 + 0,11793 + 0,072) [Kg] \cdot (9,81) \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_1 = 3,821 [N]$$

Cálculo del Torque

$$L_1 = W_1 \cdot b$$

$$L_1 = 3,821 [N] \cdot 0,005 [m]$$

$$L_1 = 0,01910 [N \cdot m]$$

Cálculo de Potencia

$$P_1 = L_1 \cdot v$$

$$P_1 = 0,01910 [N \cdot m] \cdot 15 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1 [min]}{60 [seg]} \cdot \frac{2\pi}{1 [rev]}$$

$$P_1 = 0,030 [W]$$

$$P_1 = 0,000030 [KW]$$

b) Módulo Minas

Cálculo de la carga

$$W_2 = m \cdot g$$

$$W_2 = (0,19958 + 0,11793 + 0,048) [Kg] \cdot (9,81) \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_2 = 3,585 [N]$$

Cálculo del Torque

$$L_2 = W_2 \cdot b$$

$$L_2 = 3,585 [N] \cdot 0,005 [m]$$

$$L_2 = 0,01792 [N \cdot m]$$

Cálculo de Potencia

$$P_2 = L_2 \cdot v$$

$$P_2 = 0,01792 [N \cdot m] \cdot 15 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1 [min]}{60 [seg]} \cdot \frac{2\pi}{1 [rev]}$$

$$P_2 = 0,0281 [W]$$

$$P_2 = 0,0000281 [KW]$$

c) Módulo Lapiceros

Sabiendo que los datos de las cargas en el módulo de los lápices son iguales al módulo de las minas, se obtiene la misma potencia requerida; por tanto:

$$P_3 = L_3 \cdot v$$

$$P_3 = 0,01792 [N \cdot m] \cdot 15 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1 [min]}{60 [seg]} \cdot \frac{2\pi}{1 [rev]}$$

$$P_3 = 0,0000281 [KW]$$

d) Módulo Borradores

Cálculo de la carga

$$W_4 = m \cdot g$$

$$W_4 = (0,145 + 0,11793 + 0,16) [Kg] \cdot (9,81) \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_4 = 4,15 [N]$$

Cálculo del Torque

$$L_4 = W_4 \cdot b$$

$$L_4 = 4,15 [N] \cdot 0,005 [m]$$

$$L_4 = 0,02074 [N \cdot m]$$

Cálculo de Potencia

$$P_4 = L_4 \cdot v$$

$$P_4 = 0,02074 [N \cdot m] \cdot 15 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1 [min]}{60 [seg]} \cdot \frac{2\pi}{1 [rev]}$$

$$P_4 = 0,03257 [W]$$

$$P_4 = 0,00003257 [W]$$

3.11 Diseño del eje macizo sujeto a torsión

El eje macizo de acero de transmisión tiene un esfuerzo de fluencia de 220 [MPa] [54]. Recibe un torque de 34 [Nm], una velocidad máxima de 15 RPM y una potencia máxima de 0,00003257 [Kw], por parte del motor de pasos.

La construcción del eje portadiscos se logró mediante procedimientos de torneado; tales como, cilindrado, refrentado, perforado, torneado de perfiles para las secciones cóncavas donde se aloja el tornillo prisionero que sostiene los platos.

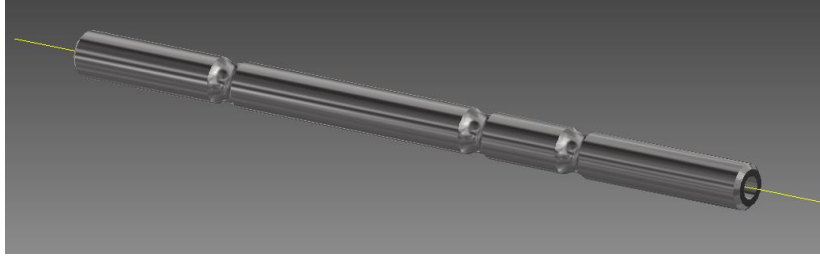


Figura 39. Eje macizo portadiscos

3.11.1 Cálculo del esfuerzo admisible del acero

Según Russell C. [59] el cálculo del esfuerzo admisible es la razón entre el esfuerzo de falla y el factor de seguridad. El valor del factor de seguridad es 2,5 a fin de garantizar la vida útil del mecanismo, dicho valor ha sido seleccionado tomando en cuenta conceptos como los tipos de cargas, la incertidumbre de falla, variaciones de propiedades de materiales debido a afectos ambientales o a la intemperie. Mientras que el valor del esfuerzo de falla es de 628 [Mpa], según la Tabla A-22 del mismo autor.

$$\tau = \frac{\sigma_{\text{falla}}}{\text{F.S}} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\tau = \frac{628 \text{ [Mpa]}}{2,5}$$

$$\tau = 251,2 \text{ [Mpa]}$$

3.11.2 Diámetro requerido del eje macizo

El diámetro requerido para eje portadiscos se obtiene mediante la fórmula planteada por Russell H. [59].

$$\tau = \frac{T \cdot c}{J} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde: T=Torque del motor, T=34 [N.m] [46], r= radio, J=momento polar de inercia.

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 34 \text{ [N} \cdot \text{m]}}{\pi \cdot 251,2 \text{ [Mpa]}}}$$

$$d = 0,00883 \text{ [m]}$$

$$d = 8,833 \text{ [mm]}$$

Como se muestra en los resultados del cálculo, el diámetro teórico del eje es de 8,833 [mm]. Sin embargo, el diámetro sobredimensionado del eje es de 10 [mm] a fin de aumentar la vida útil del mecanismo.

3.11.3 Factor de seguridad del eje

El factor de seguridad permitirá garantizar la capacidad que tiene el eje para soportar o transmitir cargas.

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma}$$
$$F.S = \frac{341 [MPa]}{220 [MPa]}$$
$$F.S = 1,55$$

El factor de seguridad es mayor que 1, lo que da garantía al diseño y al funcionamiento del mecanismo.

3.11.4 Cálculos de funcionamiento del motor de pasos

En este apartado se presenta datos de diseño importantes para el funcionamiento del mecanismo de la máquina dispensadora. Estos cálculos permiten conocer cuánto debe girar el motor, a fin de que el producto caiga hasta la tolva y el número de pulsos necesarios para alcanzar determinado ángulo.

3.11.5 Cálculo del ángulo de giro

Cada mecanismo será abastecido con un total de 12 productos en un ángulo de 360°

$$\alpha = \frac{\text{Ángulo total}}{\text{Número de productos}}$$
$$\alpha = \frac{360^\circ}{12}$$
$$\alpha = 30^\circ$$

El motor de pasos debe girar un ángulo de 30° a fin de que el producto pueda caer por acción de la fuerza de gravedad a la tolva y sea tomado por el usuario.

3.11.6 Cálculo del número de pulsos para girar un ángulo de 30°

El motor requiere de 512 pulsos para dar un giro de 360°, entonces:

$$Pulsos = \frac{512 \cdot 30}{360}$$

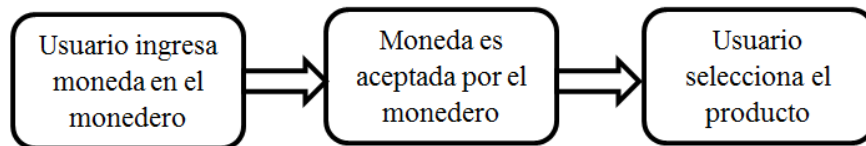
$$Pulsos = 42,666$$

Por tanto, para que el eje del motor de un giro de 30° son necesarios 42.666 pulsos.

3.12 Flujograma

Como se ha explicado en apartados anteriores, el diseño y la construcción de la máquina dispensadora de materiales de escritorio tiene como objetivo facilitar la adquisición de materiales de escritorio en poco tiempo. Por ello, el diagrama de flujo presente explica el proceso automatizado de la máquina dispensadora.

Ingreso



Salida

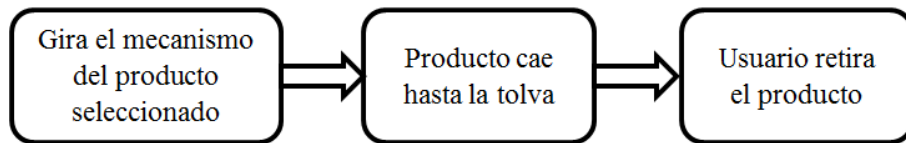


Figura 40. Celdas de trabajo y secuencia de operaciones

3.13 Programación Arduino Mega

El lenguaje C en la plataforma Arduino Mega permite la programación de los elementos electrónicos, logrando la automatización de la máquina, mediante el control de los motores de paso, que conforman la parte principal del mecanismo.

En la Figura 38. se muestra el inicio de la programación, misma que consta de la inclusión de la librería LiquidCrystal.h para el funcionamiento de la pantalla LCD y la configuración de los puertos que van conectados a la plataforma Arduino Mega. También se muestra la declaración de variables concernientes a los pulsadores, monedero electrónico y motores de paso.

```

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(25, 27, 29, 31, 33, 35);
//Identificación de pulsadores y motores
int buzz = 13;
int sens = 23;
int puls1 = 47; // El número del pin del pulsador
int puls2 = 49;
int puls3 = 51;
int puls4 = 53;

int var = 0; // Variable para leer el estado del pulsador
int gradosM1 = 30;
int gradosM2 = 30;
int gradosM3 = 30;

```

Figura 41. Sección inicial de programación

En la segunda parte de programación, Figura 39. se muestra la inclusión de la función void setup y seguidamente la asignación de entradas y salidas de datos desde el monitor serial, correspondiente a Serial.begin(9.600). La declaración de la pantalla LCD, correspondiente a lcd.begin(20, 4), que consiste en la configuración de filas y columnas, en este caso 20 filas y 4 columnas. Además se muestra la declaración de entradas y salidas en las líneas PinMode.

```

void setup() {
//Entrada y salida de datos desde el monitor
  Serial.begin(9600);
//Inicialización de pantalla LCD
  lcd.begin(20, 4);
//Asignación de entradas y salidas
  pinMode(buzz, OUTPUT);
  pinMode(sens, INPUT);
  pinMode(puls1, INPUT);
  pinMode(puls2, INPUT);
  pinMode(puls3, INPUT);
  pinMode(puls4, INPUT);
  pinMode(21, OUTPUT);
  pinMode(20, OUTPUT);
  pinMode(19, OUTPUT);
  pinMode(18, OUTPUT);
  pinMode(17, OUTPUT);
  pinMode(16, OUTPUT);
  pinMode(15, OUTPUT);
}

```

Figura 42. Sección segunda. Declaración de entradas y salidas

La tercera parte de programación consiste básicamente en una serie de instrucciones que se ejecutarán cíclicamente en función de la configuración del programa. Los elementos

electrónicos ligados a las instrucciones son los pulsadores, la pantalla LCD y los motores de paso.

En la figura 40. se indica la inclusión de la función void loop que contiene declaraciones que conforman el programa, mismo que se ejecutara en forma de bucle. La función if permite una comparación entre una señal HIGH y una variable igual a cero, misma que permitirá visualizar un mensaje en la pantalla LCD y activar una bocina pequeña.

```
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  //Declaración de condicion
  if (digitalRead(sens) == HIGH && var == 0)
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("2-PRESIONE BOTON");
    lcd.setCursor(4, 2);
    lcd.print("SEGUN PRODUCTO");

    digitalWrite(buzz, HIGH); //Activación de bocina
    delay(100);
  }
}
```

Figura 43. Parte tercera. Condición If

La Figura 41. muestra la programación de visualización de la pantalla LCD después de haber aceptado la moneda de 0,50 ctvs. La función digitalWrite envía un voltaje en un determinado pin haciendo que el mecanismo se active o funcione. Cabe señalar que la máquina podrá aceptar una nueva moneda de 0.50 ctvs. mas no se activará nuevamente el mecanismo, debido a que la variable, “var” es igual a 1.

```
if (digitalRead(puls1) == LOW && var == 1)
{
  digitalWrite(buzz, HIGH);
  delay(10);
  digitalWrite(buzz, LOW);
  Serial.println("var=0");
  var = 0;
  vargrados = (gradosM1 * 1.42);

  while (vargrados > num_paso) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("ESPERE");
    lcd.setCursor(5, 2);
    lcd.print("POR FAVOR");

    digitalWrite(9, LOW);
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
    digitalWrite(6, HIGH);
    delay(5);
  }
}
```

Figura 44. Programación de aceptación de moneda y funcionamiento de mecanismo

En la fase final de programación como se observa en la Figura 42, el mecanismo habrá dispensado el producto y en la pantalla LCD se podrá visualizar un mensaje que nos indicará que se ejecutó correctamente su funcionamiento. Solo después de visualizar este mensaje, se podrá ingresar otra moneda.

```
    }  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(1, 1);  
    lcd.print("RETIRE SU PRODUCTO");  
    delay(2000);  
}
```

Figura 45. Programación de finalización de funcionamiento del mecanismo

3.14 Grados de protección de la máquina dispensadora

La máquina dispensadora de materiales de escritorio se considera un equipo electrónico, puesto que en su interior resguarda una serie de elementos eléctricos y electrónicos, tales como:

- Plataforma Arduino MEGA
- Visualizador o Display
- Monedero electrónico
- Fuente de poder
- Conjunto de pulsadores
- Motores de paso
- Driver de motor paso a paso
- Conexiones eléctricas

3.14.1 El grado de protección IP

El grado de protección IP se interpreta como el grado de protección contra la intrusión; por ejemplo, partes del cuerpo humano como las manos o dedos y agentes ambientales como polvo, contacto accidental con agua [60].

La carcasa en la máquina dispensadora tiene principalmente los siguientes objetivos:

- Proteger los elementos internos de la máquina.
- Sirve para fijar/empotrar la máquina a una pared.

Además, la máquina dispensadora está protegida contra cuerpos sólidos superiores a 12 [mm] de diámetro. No obstante, no presenta ninguna protección contra la caída vertical de agua, pues la máquina dispensadora estará bajo techo, es decir, no a la intemperie.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS Y RENTABILIDAD

Este capítulo presenta los resultados económicos del diseño y construcción de la máquina dispensadora automática de materiales de escritorio, a fin de cumplir con cada uno de los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Para ello, se han tomado datos que permiten obtener resultados estadísticos del consumo de cada uno de los productos comercializados en la máquina. De este modo, se han realizado gráficas que denotan claramente los resultados, visualizando así los productos de preferencia por el usuario.

Por ende, el análisis que se presenta a continuación permitirá plantear recomendaciones de rediseño concernientes a la máquina dispensadora, a fin de que la misma pueda brindar un mejor servicio que satisfaga las necesidades del consumidor y a su vez permita la tranquilidad y confianza del propietario de la máquina, así como, una adecuada rentabilidad.

4.1 Descripción del producto

Los cuatro módulos de la máquina contienen un producto distinto. Las características y atributos de los productos se definen a continuación:

Dimensiones: Medida que identifica el tamaño del producto dentro de un espacio físico.

Costo: Cantidad de dinero que cuesta el producto, mismo que se paga a cada proveedor.

Precio de Venta: Valor monetario del producto y servicio de la máquina dispensadora.

Capacidad: Cantidad de unidades que contiene cada módulo o mecanismo.

Tiempo de recargo: Tiempo estimado en el cuál los productos se terminan, por lo que se deben cargar nuevamente en cada módulo.

Las siguientes tablas muestran información importante de cada producto.

Tabla 28. Descripción producto esfero


	Descripción	Esfero punta fina color azul
	Dimensiones	148 mm x 13 mm x 10 mm
	Costo	0,24 usd
	P.V.P	0,50 usd
	Capacidad	11 unidades
	Tiempo de recargo	5 días

Tabla 29. Descripción producto minas


	Descripción	Minas HB
	Dimensiones	70 mm x 10 mm x 6 mm
	Costo	0,219 usd
	P.V.P	0,50 usd
	Capacidad	11 unidades
	Tiempo de recargo	10 días

Tabla 30. Descripción producto lápiz portaminas



	Descripción	Lapicero
	Dimensiones	140 mm x 8 mm
	Costo	0,30 usd
	P.V.P	0,50 usd
	Capacidad	11 unidades
	Tiempo de recargo	3 días

Tabla 31. Descripción producto borrador

	Descripción	Borrador
	Dimensiones	57 mm x 22 mm x 10 mm
	Costo	0,22 usd
	P.V.P	0,50 usd
	Capacidad	7 unidades
	Tiempo de recargo	8 días

En la Tabla 32. se muestra el costo de cada producto, el porcentaje de rentabilidad y el P.V.P. Cabe señalar, que el porcentaje de ganancia depende del producto y del número de productos vendidos.

Tabla 32. Utilidad bruta y rentabilidad del producto

Descripción del producto	Costo (\$)	P.V.P (\$)	Utilidad Bruta (\$)	% de Rentabilidad
Esfero punta fina	0,29	0,50	0,21	42,00 %
Minas HB 0,5	0,22	0,50	0,28	56,20 %
Lapicero 0,5	0,30	0,50	0,20	40,00 %
Borrador	0,28	0,50	0,22	44,00 %

Mediante las siguientes gráficas podemos observar y hacer una comparación entre los costos de cada producto, así como la utilidad bruta y el porcentaje de rentabilidad.

Los valores detallados en las gráficas son para un solo producto, las ganancias totales se detallarán después de someter la máquina a prueba; consecuentemente, se determinará el producto de preferencia, donde además se podrá ver la aceptación de la máquina en el mercado.

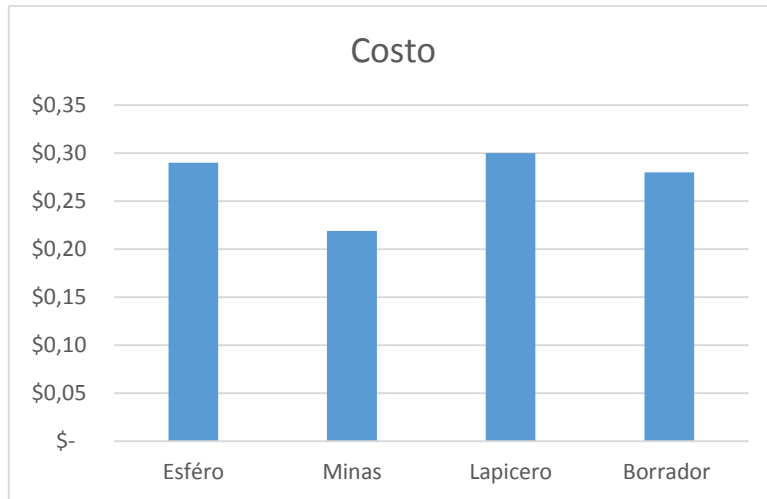


Figura 46. Gráfica comparación de costos

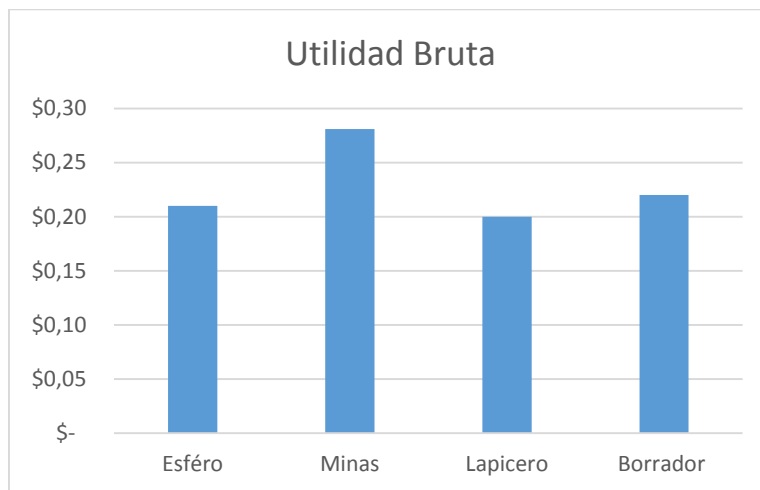


Figura 47. Gráfica utilidad bruta

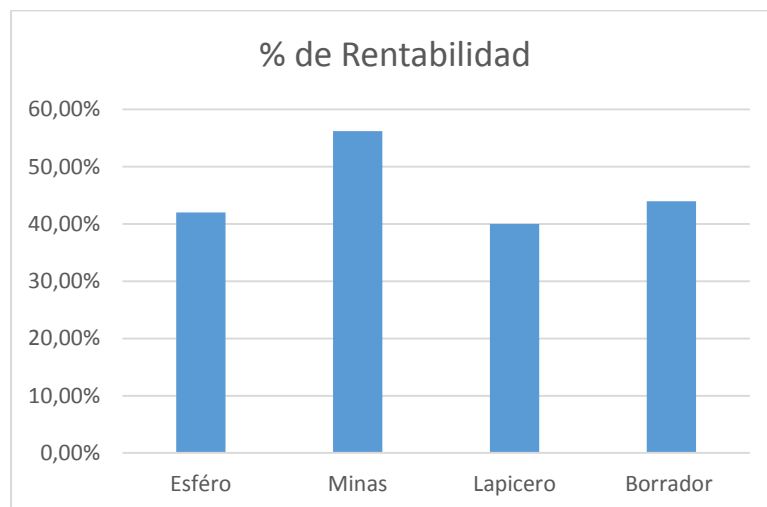


Figura 48. Gráfica porcentaje de rentabilidad

4.2 Fase de pruebas

La prueba de la máquina se realizó en la Unidad Educativa MASAY, ubicada al norte de la ciudad de Quito, el tiempo de prueba fue de 7 días desde 19/06/2018 hasta 25/06/2018. Previo a obtener resultados en esta sección, se presenta el cálculo del consumo energético de la máquina.

4.2.1 Consumo energético

La Tabla 33. representa el costo semanal por el consumo energético de la máquina dispensadora. De acuerdo a un estudio realizado por Madison Gas and Electric [61], el consumo de encendido corresponde a 60 [W] con base en una máquina de similares características.

Tabla 33. Cálculo consumo energético

Descripción	Cant.	ON (h)	OFF (h)	Consumo ON (W)	Consumo ON total (W)	Consumo OFF(W)
Máquina dispensadora	1	12	12	60	720	0
Días facturados	7					
Costo del KWH (\$)	0,0885					
Total ON-OFF (W)	720					
Consumo semanal (W)	5040					
Costo semanal (\$)	0,4460					

Según los datos obtenidos en la semana de prueba, se podría asumir un costo energético mensual aproximado de 1,78 \$, considerando que el funcionamiento de la máquina es de 12 horas diarias durante todo un mes y que los días domingos la máquina no funciona. En la Tabla 34. se detallan las unidades vendidas por la máquina dispensadora durante cada día de prueba, calculándose de este modo la utilidad bruta generada semanalmente.

Tabla 34. Detalle de ventas durante semana de prueba

Producto	Día	Unidades vendidas c/día	Costo (\$)	P.V.P (\$)	Unidades vendidas c/semana	Total dinero recaudado c/semana (\$)	Utilidad c/semana (\$)
Esfero Punta Fina	L	5	0,29	0,5	20	10	4,2
	M	4					
	M	4					
	J	2					
	V	3					
	S	2					
	D	0					
Minas 0,5 mm	L	3	0,22	0,5	17	8,5	4,76
	M	3					
	M	2					
	J	4					
	V	3					
	S	2					
	D	0					
Lapicero 0,5 mm	L	6	0,3	0,5	30	15	6
	M	5					
	M	7					
	J	4					
	V	5					
	S	3					
	D	0					
Borrador	L	2	0,28	0,5	16	8	3,52
	M	3					
	M	4					
	J	4					
	V	3					
	S	0					
	D	0					
						Total Utilidad Semanal	18,48

Consumo energético mensual (\$):	1,78
Utilidad bruta mensual (\$):	73,92
Utilidad operativa (\$):	72.14

En la Figura 46. se puede visualizar que el producto que mayor utilidad genera a la semana es el lapicero portaminas; a pesar que el costo de inversión es mayor que los otros productos, el lapicero es el de mayor preferencia por el consumidor.

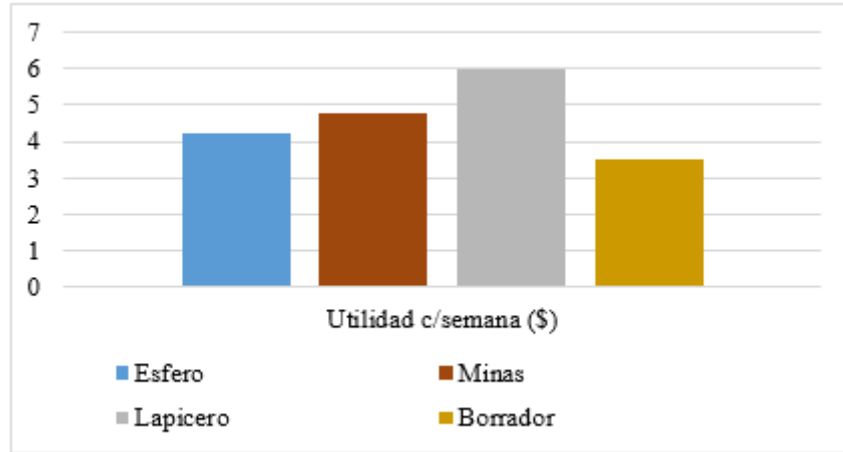


Figura 49. Gráfica utilidad semanal

La Figura 47. corrobora que el lapicero portaminas es el producto preferido por el usuario, con un total de 30 unidades vendidas durante la semana de prueba.

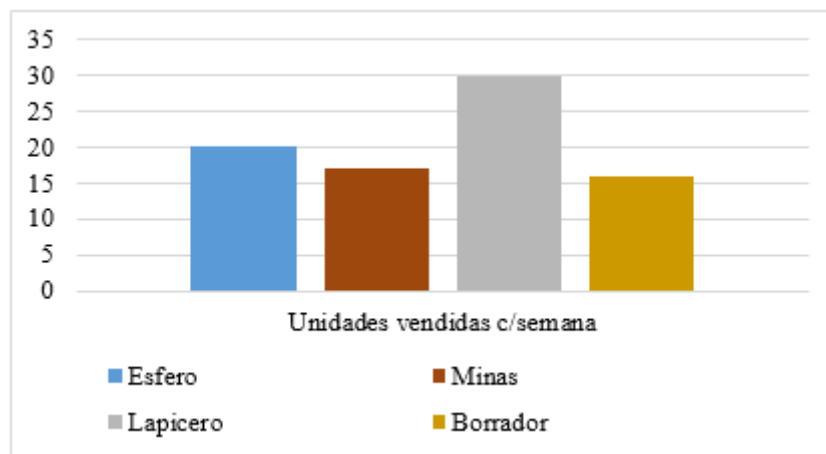


Figura 50. Cantidad de unidades vendidas durante semana de prueba

4.3 Rentabilidad del proyecto

La materialización de este proyecto, implicó la utilización de varios recursos por un tiempo determinado, para después obtener rendimientos.

A continuación, desde el punto de vista económico se sabrá si esta inversión puede ser o no rentable, en función de los costes de los recursos, pagos y cobros correspondientes.

4.3.1 Inversión inicial

La inversión del proyecto supuso la utilización de varios recursos e insumos necesarios para la construcción.

En la siguiente tabla se detalla de forma general lo empleado para la construcción de la máquina dispensadora.

Tabla 35. Costos de recursos

N°	Descripción	Cant.	Costo Unitario (\$)	Valor (\$)
1	Módulo Driver/Motor	4	10	40
2	Plataforma Arduino Mega	1	40	40
3	Fuente 12V	1	32	32
4	Regulador de voltaje 5 V	1	20	20
5	Baquelita	1	10	10
6	Manufactura carcasa	1	70	70
7	Manufactura Ejes	1	50	50
8	Discos	8	3	24
9	Rodamiento	4	1	4
10	Placa-Viga	1	2	2
11	Angulo de 90°	1	6	6
12	Manufactura Armadura	1	40	40
13	Tolva	1	40	40
14	Monedero electrónico	1	50	50
15	Display LCD	1	20	20
16	Pulsadores	4	1	4
18	Tornillos de sujeción	20	0,2	4
19	Diseño y manufactura	1	144	144
			Total \$	600

4.3.2 Movimiento de flujos

Para esta sección es fundamental establecer un considerado número de ventas en un plazo de estimación, deseando que desde el mejor punto de vista el período de retorno sea lo más breve posible.

En la siguiente tabla se muestra el movimiento de fondos, para una vida útil del proyecto de 5 años.

Tabla 36. Flujos de capital futuros

Horizonte (año)	Ingresos (\$)
0	
1	865,00
2	900,00
3	910,00
4	930,00
5	960,00

4.4 Indicadores de rentabilidad

En esta sección, lo que interesa fundamentalmente es la rentabilidad del proyecto. Por ello, el criterio base para tener una respuesta y tomar una decisión, radica en que el proyecto es rentable si el valor de los rendimientos es mayor al de los recursos empleados.

La viabilidad del proyecto, significativamente depende de los ingresos generados.

Por ello los indicadores de rentabilidad a evaluar son:

- **Valor presente neto, (VPN):** Es la diferencia entre los flujos de los ingresos y egresos a lo largo de un periodo de tiempo, originados por la inversión. Según Pascual y Subías [62], la siguiente es la fórmula para calcular el VPN

$$VPN = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_o \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde: C_t =movimiento de fondos, T =horizonte, r =interés, C_o =valor del desembolso inicial.

- **Tasa interna de retorno, (TIR):** Corresponde a la tasa de interés que hace que el VAN de todos los flujos de efectivo sea igual a cero. Pascual y Subías [62], establecen la siguiente fórmula para calcular el TIR.

$$-C_o + \sum_{t=1}^T \frac{F_t}{(1+r)^t} = 0 \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde: F_t =movimiento de fondos, T =horizonte, r =interés, C_o =valor del desembolso inicial.

- **PAY-BACK:** Tiempo necesario para recuperar el desembolso inicial.

$$P.p = \frac{\text{Costo Inversión}}{\text{Ingreso Mensual}} \quad \text{Ecuación 18}$$

4.4.1 Evaluación de VPN y TIR

La elaboración de la siguiente tabla es muy significativa en la evaluación del proyecto. Cabe señalar que la máquina dispensadora es un activo que genera ingresos financieros. Se considera que la tasa de interés según el Banco Central del Ecuador es de 17,3 [63].

Tabla 37. Movimiento de flujo en los 5 primeros años

Año	Inversión	Ingresos	Mantenimiento	Compra de productos	Flujo
0	\$ 600,00	\$ 600,00			
1		\$ 865,00	\$ 180	\$ 300	\$ 385
2		\$ 900,00	\$ 180	\$ 300	\$ 420
3		\$ 910,00	\$ 180	\$ 300	\$ 430
4		\$ 930,00	\$ 180	\$ 300	\$ 450
5		\$ 960,00	\$ 180	\$ 300	\$ 480
Tasa interna de retorno					63 %
Valor presente neto al 17,3 % de interés					\$ 753,73

La interpretación de la tasa interna de retorno permite observar que el proyecto sí genera valor debido a que el interés bancario es menor a la TIR, lo que significa que es conveniente invertir en este proyecto.

4.4.2 Período de retorno (PAY-BACK)

Este cálculo se basa en la utilización de un indicador sencillo, es decir el tiempo necesario para recobrar el desembolso inicial. Por lo tanto, se procede con la fórmula expuesta en la sección 4.4.

$$P.p = \frac{\text{Costo Inversión}}{\text{Ingreso Mensual}}$$

$$P.p = \frac{600}{72}$$

$$P.p = 8,33$$

Entonces, el tiempo de recuperación de la inversión es de 8 meses, el cual se considera aceptable para proyectarse a invertir en este proyecto.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un mecanismo con un factor de seguridad de 2,5 tanto para el eje como la placa-viga que soporta las cargas, teniendo en cuenta que no existe riesgo de daños a terceros.
- Los cálculos de momento y esfuerzo a flexión máxima pertinentes en la placa-viga fueron corroborados a través del software SolidWorks, teniendo una variación de 0,08% y 0,09% respecto a los resultados calculados de forma analítica.
- La estructura principal de la máquina es de perfil ángulo (1 x 1 x 1/8) [plg] en acero estructural A36, la cual equivale al 21,55 % del peso total de la máquina que es de 18 [kg].
- El espesor mínimo de la placa-viga calculado de forma analítica es de 8,10 [mm], considerando que el material utilizado es madera MDF. Finalmente, el espesor utilizado para soportar las cargas de los mecanismos y productos es de 10 [mm] por facilidad de adquisición en el mercado.
- Para el sistema automático que controla el mecanismo, se utilizó el microcontrolador Arduino Mega debido a su mayor capacidad de memoria, disponibilidad de entradas y salidas.
- El producto de mayor aceptación fue el lapicero, con un total de 30 unidades vendidas durante la semana de prueba en la “Unidad Educativa MASAY”. La utilidad bruta generada por la venta de los productos es de 18,03 dólares.
- El costo de fabricación de la máquina es de 600 dólares americanos. La tasa interna de retorno es de 63 %, considerándose como una inversión rentable y a la vez recuperable en un tiempo de 8 meses.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere implementar un sensor fotoeléctrico capaz de identificar si el producto fue transportado hacia la tolva, para así brindar un mejor servicio y confiabilidad al usuario.
- Se recomienda ampliar la capacidad de unidades en la máquina para generar mayores ventas y a la vez evitar un recargo constante por parte de terceros.
- Se recomienda utilizar un microcontrolador Arduino Mega original, debido a estar sometido a varias inspecciones de calidad en su fabricación, que garantiza un mayor tiempo de vida al sistema de automatización de la máquina.
- Se sugiere implementar sistemas de seguridad de alarma o cámara en la máquina, debido a que se encuentra expuesta a niveles de vandalismo considerables. Cabe indicar que durante el tiempo de prueba, la máquina sufrió daños en el tragamonedas por parte de alguno de los usuarios de la Unidad Educativa MASAY.
- Como parte de un nuevo diseño concerniente al sistema de cobro, se podría emplear un monedero electrónico multi-moneda, capaz de aceptar todo tipo de valor en monedas, lo cual permitirá al usuario, adquirir el producto cómodamente según sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Setting the Standard for Automation. ISA. [Online]. <https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation/>
- [2] Hostel Vending. (2015, Octubre) Hostel Vending.
- [3] Feng Cheng Lin, Hsin Wen Yu, Chih Hao Hsu, and Tzu Chun Weng, "Recommendation System for Localized Products in Vending Machines," *Expert Systems whit Applications*, pp. 1-3, 2011.
- [4] Angela Telma , Celina Leao, and Raquel Reis, "Consumer's Involvement in the use of Vending Machines," *Investigación Cualitativa en Ingeniería y Tecnología*, Julio 2015.
- [5] Luis Camilla, "Automatización Industrial," *Electro Industria*, p. 1, Julio 2006. [Online]. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=515>
- [6] Sharma KLS, *Overview of Industrial Process Automation*, Segunda ed., Ana Claudia Abad García, Ed. Bangalore, India: Elsevier, 2017.
- [7] Alexander Ibarra, Pedro Mechan, Alejandro Del Hierra, and Ruben ALban, "Diseño y construcción de un prototipo de máquina vending," *Publicaciones Científicas ESPE*, pp. 1-2, Marzo 2013.
- [8] G Miller, H.G Jendges, and N Crynen, "Vending type machine dispensing a redeemable credit voucher upon payment interrupt," 5,055,657, Octubre 8, 1991.
- [9] Mauro Falasca and John Kros, "Success factors and performance outcomes of healthcare industrial vending systems:An empirical analysis," *Technological Forecasting & Social Change*, p. 20, Junio 2016.
- [10] Sophia Hua and Jeannette Ickovics, "Vending Machines: A Narrative Review of Factors Influencing Items Purchased," *Eat Right*, p. 18, Agosto 2016.
- [11] Jaroslav Sobota, Roman Pisl, and Milos Schlegel, "Raspberry Pi and Arduino boards in control education," *International Federation of Automatic Control*, p. 8, Agosto 2013.
- [12] Gilberto Gonzáles Rodríguez, *Electrónica Digital. Ingeniería de Hardware*, Primera ed.: Macro EIRL, 2016.
- [13] T.C Poon, K.L Choy, C.K Cheng, and S.I Lao, "A real-time replenishment system for vending machine industry," p. 209, 2010.
- [14] André Navarro, Carlos Monteiro, and Carlos Cardeira, "A mobile robot vending machine for beaches based on consumers' preferences and multivariate methods," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 122-129, 2015.

- [15] EL Sol. (2017, Marzo) El Sol Colombia. [Online]. <https://elsolweb.tv/el-lucrativo-negocio-de-las-maquinas-dispensadoras-tiene-oportunidades-en-colombia/>
- [16] Amaya Murillo, "Máquinas Expendedoras: El Vending, la venta más directa," *Distribución Consumo*, no. 51, pp. 1-7, 2000.
- [17] Javier Herrán, "RENDICIÓN DE CUENTAS," Quito, 2016.
- [18] Ahmad Rusdiansyah and De-bi Tsao, "An integrated model of the periodic delivery problems," *Journal of Food Engineering*, no. 70, pp. 421-422, Diciembre 2004.
- [19] Carla Pomerol. (2016, Feb.) *Diarimés Digital*. [Online]. http://www.diarimes.com/es/noticias/tarragona/2016/02/24/los_trabajadores_bic_graphic_ven_peligrar_puesto_trabajo_171_1091.html
- [20] Evelyn Tapia. (2015, Abril) *EL COMERCIO*. [Online]. <http://www.elcomercio.com/actualidad/utilesescolares-ecuador-mercado-salvaguardias.html>
- [21] El Telégrafo. (2017, Abril) *El Telégrafo*. [Online]. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/priorizar-el-pago-en-efectivo-entre-los-consejos-para-comprar-los-utiles>
- [22] Andrew Buck, Simon Hakim, Charles Swanson, and Arye Rattner, "Vandalism of vending machines: Factors that attract professionals and amateurs," *Journal of Criminal Justice*, pp. 85-95, 2003.
- [23] Hostel Vending. (2010, Octubre) *Hostelvending*. [Online]. <https://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=1781>
- [24] Francisco Vergara. (2009, Julio) *Mecanismo dispensador en forma de husillo para máquinas expendedoras de productos encapsulados*.
- [25] Serope Kalpakjian and Steven Schmid, *Manufactura, ingeniería y tecnología*, Quinta ed., Luis Miguel Cruz Castillo, Ed. México: Pearson Education, 2008.
- [26] Theodore Baumeister and Eugene Avallone, *Marks Manual del Ingeniero Mecánico*, Octava edición ed. Naucalpan de Juárez, México: McGraw-Hill, 1984, vol. I.
- [27] Donald Askeland, *The Science and Engineering of Materials*, Tercera ed., René Garay, Ed. México: International Thomson Editores, 1998.
- [28] UltraPlas S.A. *Acrílico y policarbonato*. [Online]. <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico-propiedades.html>
- [29] Arduino. (2017) *Arduino*. [Online]. <https://www.arduino.cc/>

- [30] Venkat Arumuga Perumal, Krishnamoorthy Baskaran, and Suleman Khalid Rai, "Implementation of effective and low-cost building monitoring system (BMS) using Raspberry PI," *Energy Procedia*, vol. 143, p. 179, 2017.
- [31] Jonathan Kuziek, Axita Shienh, and Kyle Mathewson, "Transitioning EEG experiments away from the laboratory using a Raspberry Pi 2," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 277, p. 75, 2017.
- [32] Ephrem Alphonsus and Mohammad Abdullah , "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1186-1189, 2016.
- [33] Ralph Goodman. (2015, Septiembre) United Locksmith. [Online]. <https://unitedlocksmith.net/blog/what-is-a-tubular-lock>
- [34] Jamie O'Toole. (2016, Noviembre) Mr. Rekey. [Online]. <http://www.rekey.com/locksmith/types-of-locks/>
- [35] International Labour Organization, *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, Cuarta ed., Jeanne Mager Stellman, Ed. Geneva, 1998, vol. II. [Online]. https://books.google.com.ec/books?id=Ceuq9P4hLJMC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=Juan+Guasch+farras+Lighting&source=bl&ots=NMDtPYJgeL&sig=RKXcm1J6Jkn3QEbrP120EaTboM4&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiM9ODFxYTYAhWI5SYKHe_IA0oQ6AEISDAL#v=onepage&q&f=false
- [36] Energy Star. (2017) Energy Star. [Online]. https://www.energystar.gov/products/lighting_fans/light_bulbs/learn_about_led_bulbs
- [37] Andre Infante, "The Evolution of Touchscreen Technology," *Technology Explained*, p. 1, Julio 2014.
- [38] PROMETEC. (2017) PROMETEC. [Online]. <https://www.prometec.net/panel-tactil-tfts/#>
- [39] Thomas Floyd, *Principios de Circuitos Eléctricos*, Octava ed., Luis Miguel Cruz, Ed. México, México: Pearson Educación de México, S.A, 2007.
- [40] ABC Color. (2006, Mayo) ABC Color. [Online]. <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/tecnologia-de-los-pulsadores-e-interruptores-904222.html>
- [41] *Microsiervos, Cómo funcionan las máquinas que aceptan monedas y billetes*, 2016.
- [42] Ugo Fiore, Alfredo De Santis, Francesca Perla, Paolo Zanetti , and Francesco Palmieri, "Using generative adversarial networks for improving classification effectiveness in credit card fraud detection," *Information Sciences*, p. 4, 2017.

- [43] Parker Liu et al., "High throughput materials research and development for lithium ion batteries," *Journal of Materials*, vol. III, p. 202, 2017.
- [44] J Meriam, *Dinámica*, Segunda ed. Venezuela: Reverté.
- [45] American Institute of Steel Construction (AISC), *Manual of Steel Construction*, Novena ed.
- [46] 42 Bots. (2013) 42 Bots. [Online]. <http://42bots.com/tutorials/28byj-48-stepper-motor-with-uln2003-driver-and-arduino-uno/>
- [47] Master. (2018) Master Innovación que se vive. [Online]. <https://shop.master.com.mx/product/detail?id=6617>
- [48] Coin Acceptor , Especificaciones y manual de usuario.
- [49] Naylamp Mechatronics. Naylamp Mechatronics. [Online]. https://naylampmechatronics.com/blog/34_Tutorial-LCD-conectando-tu-arduino-a-un-LCD1.html
- [50] Tyler Hicks, *Manual Práctico de cálculos de ingeniería*. Barcelona, España: Reverté S.A., 1981.
- [51] Theodore Baumeister and Eugene Avallone, *Marks Manual del Ingeniero Mecánico*, Octava edición ed. Naucalpan de Juárez, México: McGraw-Hill, 1984.
- [52] FINSA. (2012) *Financiera Maderera*.
- [53] Cheeg Study. (2003) Cheeg Study. [Online]. <https://www.chegg.com/homework-help/definitions/section-modulus-8>
- [54] Richard Budynas and Keith Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Octava ed.: Mc Graw Hill.
- [55] *Prontuario de máquinas herramientas*.
- [56] Ladislao Saucedo and Javier García, *Tolerancias y Ajustes*.
- [57] Miller Cort and Washo Michael, Marks. *Manual del ingeniero mecánico*, Octava ed. Estados Unidos: McGraw Hill, 1984, vol. II.
- [58] Marcelo Alonso, *Física, Curso Elemental*. Guatemala: Mediterráneo, 1968.
- [59] Russell Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Octava ed., Luis Cruz, Ed. México: Pearson Educación, 2011.
- [60] Zanardo Enclosures. (2017) Zanardo Enclosures. [Online]. <http://www.zanardo.com/en/faq/che-cose-il-grado-ip/>

- [61] Madison Gas and Electric. (2018) MGE.
- [62] Ramón Pascual and Albert Subías, Planificación y rentabilidad de proyectos industriales. Barcelona, España: Marcombo.
- [63] Banco Central del Ecuador. (2018, Mayo) Tasas de interes. [Online].
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes052018.htm>
- [64] SNR. (2009) Catálogo General de Industria. Documento.
- [65] Luis Barragán and Ángel Sánchez , Mantenimiento De Equipos Electronicos.: Thomson/Paraninfo, 2002.
- [66] Jezdimir Knezevic, Mantenimiento, Cuarta ed. Madrid, España: Isdefe, 1996.
- [67] Theo Mang and Wilfried Dresel, "Lubricants and Lubrication," Angewandte Chemie, no. 20, pp. 3919-3920, 2001.
- [68] SKF. SKF. [Online]. <http://www.skf.com/uk/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html>
- [69] Juan Carlos Moreno Pérez, Montaje y Mantenimiento de equipos. Madrid, España: RA-MA S.A., 2014.
- [70] INDURA. Electroodos para aceros al carbono. Documento.

ANEXOS

Anexo 1 (Programación Arduino Mega)

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(25, 27, 29, 31, 33, 35);

int buzz=13;
int sens=23;
int puls1=47;
int puls2=49;
int puls3=51;
int puls4=53;

int var=0;
int gradosM1=30;
int gradosM2=30;
int gradosM3=30;
int gradosM4=30;
int vargrados=0;
int num_paso=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(20,4);
  pinMode(buzz,OUTPUT);
  pinMode(sens,INPUT);
  pinMode(puls1,INPUT);
  pinMode(puls2,INPUT);
  pinMode(puls3,INPUT);
  pinMode(puls4,INPUT);
  pinMode(21,OUTPUT);
  pinMode(20,OUTPUT);
  pinMode(19,OUTPUT);
  pinMode(18,OUTPUT);
  pinMode(17,OUTPUT);
  pinMode(16,OUTPUT);
  pinMode(15,OUTPUT);
  pinMode(14,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(2,OUTPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if(digitalRead(sens)==HIGH && var==0)
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print("2-PRESIONE BOTON");
    lcd.setCursor(4,2);
    lcd.print("SEGUN PRODUCTO");
  }
}
```

```

        digitalWrite(buzz, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(buzz, LOW);
        delay(100);
        digitalWrite(buzz, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(buzz, LOW);
        Serial.println("var=1");
        var=1;
    }

    if(digitalRead(puls1)==LOW && var==1)
    {
        digitalWrite(buzz, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(buzz, LOW);
        Serial.println("var=0");
        var=0;
        vargrados=(gradosM1*1.42);

        while(vargrados>num_paso){
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(7,1);
            lcd.print("ESPERE");
            lcd.setCursor(5,2);
            lcd.print("POR FAVOR");

            digitalWrite(9,LOW);
            digitalWrite(8,LOW);

            digitalWrite(7,HIGH);
            digitalWrite(6,HIGH);
            delay(5);
            digitalWrite(9,LOW);
            digitalWrite(8,HIGH);
            digitalWrite(7,HIGH);
            digitalWrite(6,LOW);
            delay(5);
            digitalWrite(9,HIGH);
            digitalWrite(8,HIGH);
            digitalWrite(7,LOW);
            digitalWrite(6,LOW);
            delay(5);
            digitalWrite(9,HIGH);
            digitalWrite(8,LOW);
            digitalWrite(7,LOW);
            digitalWrite(6,HIGH);
            delay(5);
            num_paso=num_paso+1;
        }
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(1,1);
        lcd.print("RETIRE SU PRODUCTO");
        delay(2000);
    }

    if(digitalRead(puls2)==LOW && var==1)
    {
        digitalWrite(buzz, HIGH);

```

```

delay(10);
digitalWrite(buzz, LOW);
Serial.println("var=0");
var=0;
vargrados=(gradosM2*1.42);

while (vargrados>num_paso) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print("ESPERE");
  lcd.setCursor(5,2);
  lcd.print("POR FAVOR");

  digitalWrite(5, LOW);
  digitalWrite(4, LOW);
  digitalWrite(3, HIGH);
  digitalWrite(2, HIGH);
  delay(5);
  digitalWrite(5, LOW);
  digitalWrite(4, HIGH);
  digitalWrite(3, HIGH);
  digitalWrite(2, LOW);
  delay(5);
  digitalWrite(5, HIGH);
  digitalWrite(4, HIGH);
  digitalWrite(3, LOW);
  digitalWrite(2, LOW);
  delay(5);
  digitalWrite(5, HIGH);

  digitalWrite(4, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
  digitalWrite(2, HIGH);
  delay(5);
  num_paso=num_paso+1;
}
lcd.clear();
  lcd.clear();
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("RETIRE SU PRODUCTO");
delay(2000);
}

if(digitalRead(puls3)==LOW && var==1)
{
  digitalWrite(buzz, HIGH);
  delay(10);
  digitalWrite(buzz, LOW);
  Serial.println("var=0");
  var=0;
  vargrados=(gradosM3*1.42);

  while (vargrados>num_paso) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("ESPERE");
    lcd.setCursor(5,2);
    lcd.print("POR FAVOR");

```

```

digitalWrite(14,LOW);
digitalWrite(15,LOW);
digitalWrite(16,HIGH);
digitalWrite(17,HIGH);
delay(5);
digitalWrite(14,LOW);
digitalWrite(15,HIGH);
digitalWrite(16,HIGH);
digitalWrite(17,LOW);
delay(5);
digitalWrite(14,HIGH);
digitalWrite(15,HIGH);
digitalWrite(16,LOW);
digitalWrite(17,LOW);
delay(5);|
digitalWrite(14,HIGH);
digitalWrite(15,LOW);
digitalWrite(16,LOW);
digitalWrite(17,HIGH);
delay(5);
num_paso=num_paso+1;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("RETIRE SU PRODUCTO");
delay(2000);
}
if(digitalRead(puls4)==LOW && var==1)
{

```

```

digitalWrite(buzz, HIGH);
delay(10);
digitalWrite(buzz, LOW);
Serial.println("var=0");
var=0;
vargrados=(gradosM4*1.42);

while (vargrados>num_paso) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print("ESPERE");
  lcd.setCursor(5,2);
  lcd.print("POR FAVOR");

  digitalWrite(18,LOW);
  digitalWrite(19,LOW);
  digitalWrite(20,HIGH);
  digitalWrite(21,HIGH);
  delay(5);
  digitalWrite(18,LOW);
  digitalWrite(19,HIGH);
  digitalWrite(20,HIGH);
  digitalWrite(21,LOW);
  delay(5);
  digitalWrite(18,HIGH);
  digitalWrite(19,HIGH);
  digitalWrite(20,LOW);
  digitalWrite(21,LOW);
  delay(5);

  digitalWrite(18,HIGH);
  digitalWrite(19,LOW);
  digitalWrite(20,LOW);
  digitalWrite(21,HIGH);
  delay(5);
  num_paso=num_paso+1;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("RETIRE SU PRODUCTO");
delay(2000);
}
if (vargrados==num_paso && var==0)
{
  digitalWrite(21,LOW);
  digitalWrite(20,LOW);
  digitalWrite(19,LOW);
  digitalWrite(18,LOW);
  digitalWrite(17,LOW);
  digitalWrite(16,LOW);
  digitalWrite(15,LOW);
  digitalWrite(14,LOW);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(8,LOW);
  digitalWrite(7,LOW);
  digitalWrite(6,LOW);
  digitalWrite(5,LOW);
  digitalWrite(4,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);}

```

```
digitalWrite(2,LOW);
num_paso=0;
vargrados=0;

lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("1-INSERTE MONEDA");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("SOLO DE $0.50");
lcd.setCursor(6,2);
lcd.print("GRACIAS");
delay(100);
}
}
```

Figura 51. Programación en software Arduino

Anexo 2 (Propiedades Mecánicas de la madera MDF)


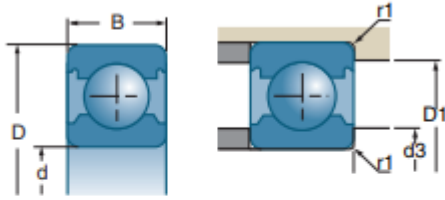
 FINSA <i>soluciones en madera</i>										
FIBRAPAN ®										
DATOS TECNICOS-VALORES MEDIOS										
Rev: 02/01/2012										
TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	ESPESORES mm							
			7/9	>9/12	>12/19	>19/30				
EN 323	DENSIDAD (*)	Kg/m ³	790/750	750/730	730/690	690/675				
EN 319	TRACCION INTERNA	N/mm ²	0,65	0,65	0,60	0,60				
EN 310	RESISTENCIA FLEXIÓN	N/mm ²	30	30	30	25				
EN 310	MÓDULO DE ELASTICIDAD	N/mm ²	2700	2500	2500	2100				
EN 317	HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	%	17	15	12	10				
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	%	0,4	0,4	0,4	0,3				
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	%	6	6	6	5				
EN 311	TRACCION SUPERFICIAL	N/mm ²	1,2	1,2	1,2	1,2				
EN 382-1	ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	mm	> 150	> 150	> 150	> 150				
EN 322	HUMEDAD	%	7+/-3	7+/-3	7+/-3	7+/-3				
ISO 3340	CONTENIDO EN SILICE	% Peso	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05				
EN-320	RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CANTOS	N	-	-	800	750				
EN-320	RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CARAS	N	-	-	1000	1000				

Figura 52. Ficha técnica madera MDF [52]

Anexo 3 (Selección de rodamiento)

Rodamientos de una hilera de bolas de contacto radial








d		D	B	 C	 C ₀		
mm	Referencias	mm	mm	10°N	10°N	r.p.m.*	r.p.m.*
3	623	10	4	0,64	0,23	70000	80000
4	624	13	5	1,30	0,49	54000	63000
	634	16	5	1,88	0,68	45000	53000
5	625	16	5	1,88	0,68	47000	55000
	635	19	6	2,46	1,05	34000	40000
6	626	19	6	2,46	1,05	35000	41000
7	607	19	6	2,46	1,05	37000	46000
	627	22	7	3,30	1,36	32000	37000
8	608	22	7	3,30	1,36	34000	42000
9	609	24	7	3,65	1,64	30000	37000
	629	26	8	4,60	1,97	26000	30000
10	61800	19	5	1,83	0,92	34000	42000
	61900	22	6	2,70	1,27	31000	38000
	6000	26	8	4,60	1,97	27000	34000
	6200	30	9	6,00	2,65	23000	27000
6300	35	11	7,60	3,45	19000	24000	
12	61801	21	5	1,92	1,04	30000	37000
	61901	24	6	2,90	1,46	27000	34000
	6001	28	8	5,10	2,37	25000	32000
	6201	32	10	6,80	3,05	21000	25000
	6301	37	12	9,70	4,20	18000	23000

Figura 53. Dimensiones de rodamientos SNR [64]

Anexo 4 (Motor paso a paso)

Rated voltage :	5VDC
Number of Phase	4
Speed Variation Ratio	1/64
Stride Angle	5.625°/64
Frequency	100Hz
DC resistance	50Ω±7%(25°C)
Idle In-traction Frequency	> 600Hz
Idle Out-traction Frequency	> 1000Hz
In-traction Torque	>34.3mN.m(120Hz)
Self-positioning Torque	>34.3mN.m
Friction torque	600-1200 gf.cm
Pull in torque	300 gf.cm
Insulated resistance	>10MΩ(500V)
Insulated electricity power	600VAC/1mA/1s
Insulation grade	A
Rise in Temperature	<40K(120Hz)
Noise	<35dB(120Hz, No load, 10cm)
Model	28BYJ-48 - 5V

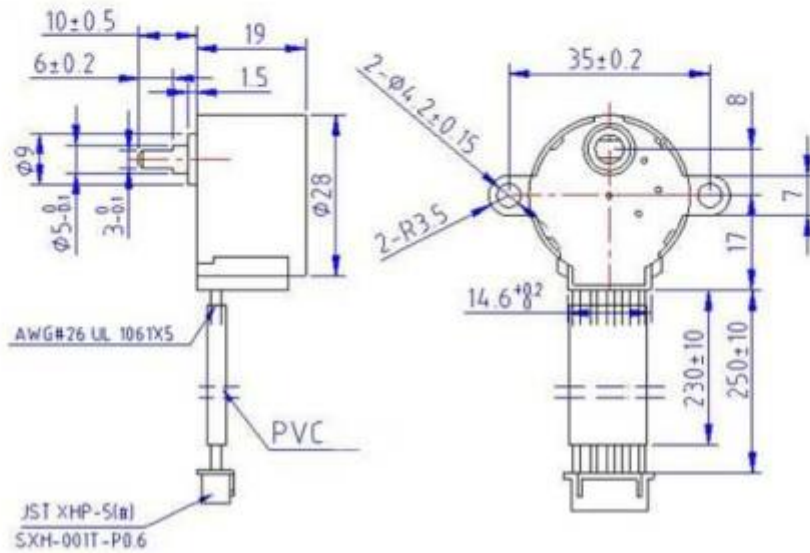
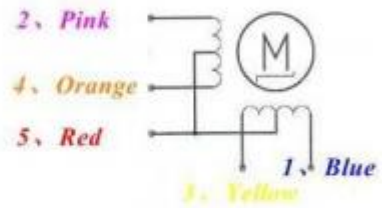


Figura 54. Características y plano del motor 28BYJ-48 [46]

Anexo 5 (Construcción de la estructura)



Figura 55. Estructura de la máquina

Anexo 6 (Ensamble de carcasa)



Figura 56. Ensamble de la carcasa

Anexo 7 (Etapa final de construcción)



Figura 57. Etapa final de construcción

Anexo 8 (Prueba de funcionamiento)



Figura 58. Prueba de funcionamiento en Unidad Educativa MASAY

Anexo 9 (Mantenimiento de la máquina)

PLAN DE MANTENIMIENTO

Parte de los parámetros de diseño y construcción de la máquina dispensadora es garantizar su funcionalidad y mantenibilidad. Por ello se aplicará el mantenimiento preventivo, mismo que consiste en ejecutar acciones antes de que las piezas o elementos fallen o empiecen a dar síntomas de daños. El problema del mantenimiento preventivo radica en la incertidumbre de poder determinar el momento oportuno y conveniente para efectuar un determinado cambio [65].

Por otro lado, la logística y el mantenimiento buscan gestionar el aprovechamiento de los recursos que sean necesarios para ejecutar las acciones de mantenimiento convenientes en el equipo [66].

A continuación se presentará las tareas o acciones de mantenimiento más importantes a ejecutarse en la máquina dispensadora:

Lista de comprobación

La lista de verificación de mantenimiento preventivo se ejecutará de forma constante, a fin de conservar y mantener la máquina en funcionamiento. Con la siguiente tabla se espera:

- Verificar la inexistencia de daños en la carcasa
- Probar el funcionamiento de los pulsadores
- Probar todos los motores de pasos
- Probar el monedero electrónico para un correcto funcionamiento
- Verificar el LCD y sus conexiones
- Comprobar la iluminación

Elementos	Daños	Fallas registradas	Identificación detallada
Carcasa			Parte exacta del daño
Pulsadores	X		Nombre del pulsador
Motores de paso		N	Número de motor
Monedero electrónico			Parte exacta del daño
Pantalla LCD			Parte exacta del daño
Iluminación			Parte exacta del daño

Si existe daño (x), número de fallas registradas en el equipo (N), en “Identificación detallada” se colocará que elemento es el averiado.

Lubricación o cambio del rodamiento

La fricción y el desgaste son temas que están relacionados con las acciones de mantenimiento, cuyo objetivo es recuperar la capacidad que tiene un sistema de realizar una función. Asimismo, la lubricación busca mantener la vida útil de la maquinaria y/o mecanismo [67].

El mecanismo de la máquina dispensadora consta básicamente de un rodamiento rígido de bolas. Este tipo de rodamientos son versátiles, adecuados para altas velocidades y distribuyen las cargas radiales y axiales en ambas direcciones; además, requieren de mantenimiento mínimo [68].

Si bien es cierto que todo rodamiento tiene una determinada vida útil, con el mantenimiento y la utilización de herramientas adecuadas se prolongará la duración estimada de los rodamientos en la máquina dispensadora.

Para lubricar o cambiar el rodamiento se procede a:

- Desmontar el motor de pasos del eje, aflojando el tornillo prisionero M5.
- Retirar los platos guía del eje, aflojando los tornillos prisioneros M4.
- Desmontar la placa-viga de los mecanismos.
- Retirar el eje del rodamiento desde la parte inferior, haciendo uso de un martillo de goma.

Para desmontar el rodamiento rígido de bolas se requiere:

- Quitar las placas protectoras superior e inferior del rodamiento.
- Retirar el rodamiento (solo si ha cumplido su vida útil) y reemplazarlo.
- Lubricar el rodamiento.

Revisión del sistema electrónico

Cuando observamos el interior de la máquina dispensadora se puede identificar una serie de componentes electrónicos interconectados, mismos que se pueden clasificar en componentes activos y pasivos [69].

Para realizar una revisión y/o mantenimiento a los elementos electrónicos y sus conexiones en la máquina se requiere:

- Desconectar el cable de poder de la fuente de 120 V.
- Desconectar el cable plano entre LCD y plataforma Arduino MEGA.
- Desconectar los enchufes de los 4 motores de paso, ubicados en la parte inferior de la placa-viga.

- Desmontar la placa-viga de los mecanismos.
- Desmontar la tolva.

Los anteriores pasos permitirán realizar acciones de mantenimiento en cuanto a la parte electrónica como:

- Revisión y/o reemplazo de cables.
- Limpieza de polvo en los elementos electrónicos (visualizador LCD, plataforma Arduino MEGA, conjunto de pulsadores y fuente de poder), haciendo uso de una brocha pequeña y un limpiador de contactos.

PLANOS