



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE PROTOTIPO A ESCALA REDUCIDA DE UNA
MÁQUINA AUTOMATIZADA ENVASADORA DE BEBIDAS DE
CAFÉ PARA PEQUEÑAS PRODUCTORAS EN LAS ISLAS
GALÁPAGOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Fernando Fabricio Arrata Tubón
Kevin Sebastián Naranjo Sánchez
TUTOR: Christopher Rubén Reyes López

Guayaquil - Ecuador

2024


CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Fernando Fabricio Arrata Tubón** con documento de identificación N° **0941564684** y **Kevin Sebastián Naranjo Sánchez** con documento de identificación N° **2000116463**; manifestamos que:

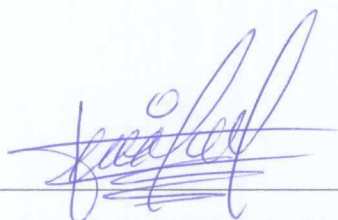
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



Fernando Fabricio Arrata Tubón
0941564684



Kevin Sebastián Naranjo Sánchez
2000116463

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Fernando Fabricio Arrata Tubón** con documento de identificación N° **0941564684** y **Kevin Sebastián Naranjo Sánchez** con documento de identificación N° **2000116463**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: DISEÑO DE PROTOTIPO A ESCALA REDUCIDA DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA ENVASADORA DE BEBIDAS DE CAFÉ PARA PEQUEÑAS PRODUCTORAS EN LAS ISLAS GALÁPAGOS**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



Fernando Fabricio Arrata Tubón
0941564684



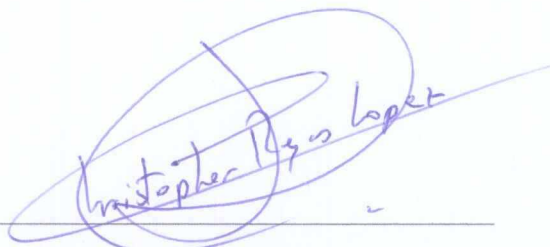
Kevin Sebastián Naranjo Sánchez
2000116463

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Christopher Ruben Reyes López**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE PROTOTIPO A ESCALA REDUCIDA DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA ENVASADORA DE BEBIDAS DE CAFÉ PARA PEQUEÑAS PRODUCTORAS EN LAS ISLAS GALÁPAGOS**, realizado por **Fernando Fabricio Arrata Tubón** con documento de identificación N° **0941564684** y por **Kevin Sebastián Naranjo Sánchez** con documento de identificación N° **2000116463**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Christopher Rubén Reyes López
0923848691

DEDICATORIA

A mi querida familia, conformada por mi madre, mi padre, Jimmy, mis abuelas, mi abuelo y mi tía, les dedico este logro académico. Su respaldo incondicional ha sido mi mayor fortaleza a lo largo de esta travesía. Agradezco la invaluable formación que me han brindado, marcada por principios y valores.

A Paola Toro, mi sincero agradecimiento. Su apoyo constante y motivación incansable han sido fundamentales para mi perseverancia.

Fernando Fabricio Arrata Tubón

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor y apoyo han sido mi fortaleza. A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y a mis hermanos, por ser mi fuente constante de inspiración y alegría.

Asimismo, dedico este esfuerzo a mis profesores en la Universidad Salesiana, en particular a Ing. Christopher Ruben Reyes López, por alimentar mi curiosidad y fomentar en mí el espíritu crítico y analítico necesario en la ciencia. Su compromiso con la excelencia y su genuino interés en el éxito de sus estudiantes han dejado una huella imborrable en mi vida.

Kevin Sebastián Naranjo Sánchez

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios por el inmenso regalo de mi familia, mi constante respaldo en los desafíos. Reconozco a mi universidad, donde forjé mi camino académico, y a cada ingeniero cuyas enseñanzas y experiencias han sido piedras angulares en mi crecimiento. Su contribución significativa ha sido esencial en mi desarrollo académico y en la consecución de mis metas.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Christopher Ruben Reyes López, mi guía en la tesis, por brindarme la oportunidad de acceder a su vasta capacidad y conocimiento. La paciencia y dirección que me proporcionó durante el proceso de elaboración de la tesis fueron cruciales para mi éxito.

Finalmente, expreso mi gratitud a todas aquellas personas que, con su generosidad y esfuerzo, aportaron su colaboración para que este logro se hiciera realidad. Su contribución ha sido esencial en este trayecto hacia el cumplimiento de mis metas académicas

Fernando Fabricio Arrata Tubón

Ante todo, mi más sincero agradecimiento a Dios, cuyo apoyo incondicional ha sido el faro en mi viaje académico. Su amor, misericordia y comprensión han sido los pilares que me han sostenido en los momentos más desafiantes. A mis padres, por su sabiduría y sacrificios, a mis hermanos por su constante aliento, y a todos los que, de alguna manera, han sido parte de este hermoso trayecto.

Igualmente, extiendo mi gratitud a los profesores de la Universidad Salesiana, quienes no solo han impartido conocimientos, sino que han modelado la pasión por el aprendizaje y la investigación. Su guía y mentoría han sido fundamentales en mi desarrollo académico y personal.

Kevin Sebastián Naranjo Sánchez

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un prototipo a escala reducida de una máquina automatizada para el envasado de bebidas de café, dirigida específicamente a pequeñas productoras en las Islas Galápagos. Este prototipo se fundamenta en un diseño clásico, cuya calidad busca minimizar los errores de envasado y, por consiguiente, reducir el desperdicio de materia prima. Para lograrlo, se ha diseñado un sistema dinámico estable y de fácil manejo.

El prototipo incorpora un sistema eléctrico diseñado para clasificar los envases, determinar la ubicación precisa del recipiente, y medir la cantidad exacta de materia prima necesaria para cada proceso de llenado, así como otros utensilios requeridos en el envasado. Incluye también mecanismos de dosificación eficaces que permiten reducir significativamente el tiempo de espera de los envases de café sin sellar a tan solo 10 segundos por unidad. Una vez que los envases se posicionan adecuadamente cerca de los inyectores, se emite una orden para que los tubos se abran y el café sea depositado en el recipiente correspondiente de manera eficiente y dentro de un marco temporal que garantiza la calidad de producción.

Finalmente, es importante destacar las ventajas del diseño concurrente empleado en este proyecto, tales como la habilidad para vincular de manera eficaz los requisitos del cliente con las soluciones ingenieriles propuestas. Dado que se trata de un equipo destinado al procesamiento de alimentos, todas las partes que entran en contacto directo con el producto están fabricadas con acero con norma AISI 304, garantizando así la seguridad y conformidad con los estándares de higiene alimentaria.

Palabras claves: Sensores industriales, Dosificación de líquidos, envasado automatizado de café, Microemprendimientos, Desarrollo local sostenible.

ABSTRACT

The purpose of this project is to develop a small-scale prototype of an automated machine for the packaging of coffee beverages, specifically aimed at small producers in the Galapagos Islands. This prototype is based on a classic design, the quality of which seeks to minimize packaging errors and, consequently, reduce raw material waste. To achieve this, a stable and easy-to-use dynamic system has been designed.

The prototype incorporates an electrical system designed to classify the containers, determine the precise location of the container, and measure the exact amount of raw material required for each filling process, as well as other utensils required for packaging. It also includes efficient dosing and sealing mechanisms, which significantly reduce the waiting time of unsealed coffee containers to as little as 10 seconds per unit. Once the containers are properly positioned near the injectors, a command is issued so that the tubes are opened and the coffee is deposited in the corresponding container in an efficient manner and within a time frame that guarantees production quality.

Finally, it is important to highlight the advantages of the concurrent design employed in this project, such as the ability to effectively link the client's requirements with the proposed engineering solutions. Since this is a food processing equipment, all parts that come into direct contact with the product are made of AISI 304 steel, thus ensuring safety and compliance with food hygiene standards.

Keywords: prototype design, small scale, packaging, automated, coffee, small producers, raw materials, threading, dosing process, injectors.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos específicos	3
IV.	Fundamentos Teóricos	5
IV-A.	Sistema Mecatrónico	5
IV-A1.	Mecánica	5
IV-A2.	Electrónica	5
IV-A3.	Arduino	5
IV-A4.	El PLC	5
IV-A5.	Elementos de procesamiento.....	7
IV-B.	Historia del café en Galápagos	7
IV-C.	Máquinas envasadoras de líquidos	7
IV-D.	Envases bebidas no alcohólicas	8
IV-E.	Máquinas envasadoras de líquidos horizontal	8
IV-E1.	Calidad del producto envasado	9
IV-E2.	Procesos manuales.....	9
IV-E3.	Procesos automatizados.....	10
IV-F.	Máquina envasadora de café	11
IV-G.	Elementos a considerar en el diseño	12
IV-G1.	Banda transportadora.....	12
IV-G2.	Bandas	12
IV-G3.	Rodillos.....	13
IV-G4.	Estructura metálica	13
IV-G5.	Tambor.....	14
IV-G6.	Motor eléctrico para banda transportadora	14
IV-G7.	Relación rodillo motor	15
IV-G8.	Diagrama de eventos para el accionamiento de la máquina envasadora	15
V.	Marco Metodológico	17
V-A.	Variable de referencia.....	18
V-B.	Elementos y diseño del modelo	19
V-C.	Validación del prototipo	33
VI.	Resultados	36
VII.	Cronograma	38
VIII.	Presupuesto	39
IX.	Conclusiones	40
X.	Recomendaciones	41
	Referencias	42

Anexo A: Código Arduino	44
Anexo B: Planos	46
Anexo C: PLC	53

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Máquina envasadora de líquidos automática	8
2.	Envasadora horizontal.....	9
3.	Cinta transportadora.....	12
4.	Rodillo de Banda Transportadora.....	13
5.	Estructura Metálica de Cinta Transportadora	14
6.	Tambor	14
7.	Motor Eléctrico	15
8.	Parámetros de carga de alimentación por rodillo	15
9.	Diagrama de eventos discretos	16
10.	Diagrama de bloques que engloba el proceso	18
11.	Esquema del diseño referencial	19
12.	Modelo de PLC delta.....	20
13.	Modelo de fuente de 24vdc delta.....	20
14.	Modelo de cable de programación	21
15.	Modelo de bornera de PLC programación	22
16.	Modelo de sensor de proximidad.....	22
17.	Modelo de SSR 40ª.....	23
18.	Modelo de bomba de agua de diafragma R385 de 6-12V 150L/H	23
19.	Modelo de tornillo infinito, gu'ia.....	24
20.	Modelo de filamento 3D.....	24
21.	Modelo de cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro,.....	25
22.	Modelo de pantalla LCD 2004 Azul, 20x4, interfaz 12C,.....	25
23.	Modelo de fuente 12 vdc,.....	26
24.	Modelo de motor 6vdc,	26
25.	Modelo driver 5a.....	27
26.	Modelo E18-d80n,	27
27.	Modelo servo motor 180 grados,	27
28.	Modelo attiny85,.....	28
29.	Modelo f5305 optocoplador,.....	28
30.	Modelo baquelita perforada circuito 5x7cm,	29
31.	Modelo termoencogible	29
32.	Modelo step down Lm2596 3ª,	30
33.	Modelo de caja plástica industrial,	30
34.	Modelo de botonera,	30
35.	Modelo motor carro 12vdc ,.....	31
36.	Empleabilidad de la baquerita	31
37.	Prueba de los diferentes nodos en el tablero baquerita.....	32
38.	Moldeo del motor y su colocación en el sistema de la máquina	32
39.	Diseño de la máquina una vez efectuadas las pruebas pertinentes para su ensamblado	33
40.	Prueba de optimización del área de envasado	33
41.	Prueba de optimización de la botonera	34
42.	Proceso de envasado de botellas de 250ml, con margen del 100 % de eficiencia.....	35
43.	Modelo establecido en el SolidWorks.....	36
44.	Conexiones del Arduino UNO medianta la placa PCB con la PC, sensor infrarrojo y servomotores.....	37
45.	Cronograma de actividades.....	38
46.	Banda superior	46
47.	Base porta pasamano	46
48.	Recipiente.....	47
49.	Banda.....	47

50.	Soporte para servo	48
51.	Base para sensor	48
52.	Eje para rodillo	49
53.	Porta guía	49
54.	Accesorio de tornillo.....	50
55.	Rodillo	50
56.	Botella de vidrio	51
57.	Chumacera de 2 agujeros 12.7	51
58.	Pasamano.....	52
59.	PLC.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Matriz de objetivos	4
II.	Tipos de envases	8
III.	Procesos Manuales Ventajas y Desventajas	10
IV.	Procesos automatizados ventajas y desventajas	11
V.	Tipos de Bandas y su designación Abreviada	13
VI.	Parámetros iniciales establecidos en el diseño	36
VII.	Rendimiento del diseño	37
VIII.	Comparación de rendimiento entre el sistema manual y con máquina	37
IX.	Comparación entre ventas tradicionales y ventas automatizadas	37
X.	Presupuesto de materiales necesarios	39

I. INTRODUCCIÓN

Los diversos ecosistemas del Ecuador permiten que se cultive café en todo el país. Yendo a las Islas Galápagos. Ecuador tiene una fuerte capacidad de producción de café y es uno de los pocos países del mundo que exportan diversas variedades de cafés: arábica lavado y arábica natural cultivados y cosechados entre marzo y octubre; y robusta cosechada entre febrero y noviembre.

La exportación de café de las Islas Galápagos se caracteriza por un proceso de elaboración manual que preserva las costumbres locales y reduce el impacto ambiental. Los productores locales preparan el café correctamente desde la selección hasta el empaque, exhibiendo la calidad y el sabor únicos de la región. La logística de exportación se optimiza para llegar a mercados internacionales, demostrando el compromiso de Galápagos con la sustentabilidad y la excelencia.

El café orgánico de Galápagos, cultivado en la tradición centenaria de San Cristóbal, muestra un compromiso profundo con la sostenibilidad y la excelencia. Este café "Bourbon antiguo" se produce respetando el entorno natural y los altos estándares de calidad exigidos por productores y consumidores, empleando prácticas que excluyen agroquímicos para proteger su biodiversidad única. Su exportación a mercados europeos, donde es considerado un producto gourmet, resalta no solo su originalidad y alta calidad, sino también cómo equilibra la protección ambiental y el crecimiento económico local.

Por ende, el objetivo de la investigación se basó en crear un prototipo a escala reducida de una máquina automatizada envasadora de bebidas de café para pequeñas productoras en las islas Galápagos, de modo que, además de colocar las bebidas en sentido longitudinal, también fuera posible clasificarlas en contenedores identificando su tipo y sabor.

Para el funcionamiento de la planta, se utilizarán dos servomotores para crear el mecanismo de rotación. El primero representará el cambio de desplazamiento angular introducido en el sistema, que es la posición de los filtros donde se posicionará el producto (Café), y el segundo formará parte de las vigas del sistema abierto, el cual se encarga de la clasificación de los contenedores que efectuarán los diversos tipos de producto.

Además de implementar una máquina automatizada envasadora de bebidas y utilizar sensores calentamiento para recopilar datos del sistema, los mismos serán controlados por válvulas de control en las variables de estado diseñadas para controlar el posicionamiento longitudinal de la forma en la que caerá la bebida, y se verificarán utilizando PLC y conexiones neumáticas, el mismo que se desarrollará en este estudio.

II. PROBLEMA

Actualmente, varias pequeñas empresas de las Islas Galápagos dedicadas a la producción y comercialización de café enfrentan importantes problemas debido a la falta de equipos automatizados para llevar a cabo procesos agroindustriales. Esta situación les obliga a depender en gran medida de métodos manuales, lo que a su vez aumenta significativamente el tiempo de producción [1].

Además, este procesamiento manual aumenta el riesgo de incumplimiento de las normas sanitarias, lo que puede derivar en problemas de contaminación de los alimentos como la presencia de bacterias peligrosas como salmonella y E. coli [2]. En la isla Santa Cruz, las pequeñas empresas de bebidas de café carecen de equipos de envasado de líquidos debido a los altos costos del mercado.

Esto los obliga a importar bebidas embotelladas desde la ciudad de Guayaquil para satisfacer las necesidades de residentes y turistas. La mayoría de estos productos se entregan en envases de plástico, que al ser utilizados causan contaminación ambiental en la isla, ya que muchos de estos envases no se reciclan adecuadamente [3].

En las Islas Galápagos, como en muchos otros lugares, puede ocurrir escasez de mano de obra, lo que puede dificultar la gestión de los procesos de embalaje manual. La falta de equipos automatizados significa que las tareas de embalaje dependen en gran medida de procesos que pueden consumir mucho tiempo y ser ineficientes, y la falta de equipos automatizados puede causar problemas e interrupciones en el proceso de producción [4].

Sin equipos automatizados, es posible que aún se requiera mantenimiento, pero las necesidades de mantenimiento manual pueden ser más difíciles de identificar y gestionar. En resumen, el problema que enfrentan las pequeñas empresas cafetaleras en las Islas Galápagos debido a la falta de equipos automatizados es un desafío multifacético, que incluye la eficiencia de la producción, la calidad del producto, la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica.

Depender de métodos manuales conlleva tiempos de producción más prolongados y posibles riesgos de higiene de los alimentos que amenazan la competitividad y la seguridad del producto. La falta de instalaciones de envasado de líquidos en la isla Santa Cruz crea otro problema, y los productos de envases de plástico importados contribuyen a la contaminación ambiental.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de envasadora automatizada para bebidas de café que mejore tiempos de proceso y producción.

III-B. Objetivos específicos

- Diseñar el sistema de control integral que permita la coordinación y la regulación de cada etapa del embotellamiento.
- Desarrollar un prototipo a escala reducido de la máquina envasadora de líquidos, considerando los sistemas mecánicos y eléctricos.
- Validar mediante análisis técnicos y económicos el desempeño de la máquina envasadora.

Tabla I.
Matriz de objetivos. Fuente: Los autores

Objetivos	Descripción	Metas	Indicador
O.E.1	Diseñar el sistema de control integral que permita la coordinación y la regulación de cada etapa del embotellamiento.	5 piezas de la maquina 3 modelos mecánicos 1 modelo eléctrico	Planos esquemáticos de piezas y la máquina. Dimensionamiento y capacidad de la máquina
O.E.2	Desarrollar un prototipo a escala reducido de la máquina envasadora de líquidos, considerando los sistemas mecánicos y eléctricos.	Un 90% de éxito en las pruebas de desempeño de el embotellamiento que consiste en ubicación y llenado de botellas	Pruebas de desempeño del sistema de control.
O.E.3	Validar mediante análisis técnicos y económicos el desempeño de la máquina envasadora.	Análisis técnico económico que demuestre un 90% de éxito.	Análisis técnico económico de prueba que considere gastos de fabricación y mantenimiento durante su tiempo de vida útil versus un modelo comercial

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IV-A. Sistema Mecatrónico

IV-A1. Mecánica: Mecánica es la rama de la física que estudia el movimiento de los objetos y su respuesta a las fuerzas. Las descripciones modernas del movimiento comienzan con definiciones cuidadosas de cantidades como el desplazamiento, el tiempo, la velocidad, la aceleración, la masa y la fuerza [5].

Sistema de información, es un sistema de referencia para la implementación del desarrollo planificado que por lo general se reconoce como punto de partida, generando una herramienta para todos aquellos que de una forma u otra estarán involucrados en el proyecto [6].

Contempla las especificaciones detalladas del sistema para satisfacer las necesidades del usuario y formar la base principal para un mayor diseño del sistema. Es decir, llegados a este punto existen ciertos requisitos que el sistema debe cumplir, como por ejemplo el uso del diagrama del caso. Un diagrama que representa intuitivamente cómo los usuarios que son los actores principales, interactúan con el sistema [7].

IV-A2. Electrónica: La electrónica es una de las muchas ramas de la física y la disciplina de la ingeniería responsable del control, la conducción y el flujo de electrones o partículas cargadas eléctricamente [8]. Los productos electrónicos se dividen en:

Control de equipos electrónicos: en un sistema general, hay una serie de entradas del sistema controlado (llamado objeto controlado) y el sistema está diseñado para modificar ciertos parámetros del sistema del objeto controlado en función de estas entradas, de modo que si se realizan cambios ocurre, la señal volverá a la normalidad [9].

Telecomunicaciones: Las telecomunicaciones incluyen muchas tecnologías como la radio, la televisión, el teléfono y los teléfonos móviles, las comunicaciones de datos, las redes informáticas o Internet. Muchas de estas tecnologías surgieron para satisfacer necesidades militares o científicas y ahora se están combinando con otras tecnologías no profesionales orientadas al consumo llamadas tecnologías de la información y la comunicación, que son muy importantes en la vida cotidiana de personas, empresas o instituciones [10].

Electrónica de Potencia: Se utiliza para distinguir el tipo de aplicación de los equipos electrónicos, en este caso utilizados para transformar y controlar niveles importantes de voltaje y corriente. Por tanto, este tipo de aplicación se diferencia de otras aplicaciones electrónicas denominadas de baja potencia o baja corriente [11].

IV-A3. Arduino: Es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto basada en hardware y software flexible y fácil de usar. Está destinado a artistas, diseñadores, aficionados y cualquier persona interesada en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede detectar el entorno al recibir información de varios sensores y puede afectar el medio ambiente controlando luces, motores y otros dispositivos. El microcontrolador de la placa se programa utilizando el lenguaje de programación Arduino (basado en cables) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en procesamiento). Los proyectos Arduino pueden ser independientes o pueden comunicarse con el software que se ejecuta en una computadora (por ejemplo, usando Flash, Processing, MaxMSP, etc.) [12].

IV-A4. El PLC: Es un dispositivo electrónico que puede programarse en un lenguaje no informático y está diseñado para controlar procesos secuenciales en tiempo real en un entorno industrial. El PLC funciona en base a la información recibida del sensor y al programa lógico interno que actúa sobre el actuador del dispositivo. Debido a sus características especiales de diseño, el PLC tiene una gama muy amplia de aplicaciones. Los continuos desarrollos en hardware y software continúan expandiendo el campo para satisfacer las necesidades que existen dentro de sus capacidades prácticas [13].

Se utiliza principalmente en equipos que requieren manipulación, control y procesamiento de señales. Así, su aplicación abarca desde cualquier tipo de proceso de producción industrial hasta transformación industrial, control

de fábrica y más. Su pequeño tamaño lo hace sumamente fácil de ensamblar, pudiendo guardar el programa para un uso posterior rápido, modificarlo o cambiarlo [14]. Por lo que su efectividad se reconoce fundamentalmente en el proceso cuando surgen necesidades tales como: espacio pequeño, cambios periódicos en el proceso de producción, proceso secuencial, equipos de procesamiento variable, instalación de procesos complejos y extensos, control procesal centralizado de todas las partes del proceso. Ejemplos de aplicaciones generales, manipulación mecánica, equipos plásticos industriales, transportador, equipos de embalaje, pasos de instalación: Instalar aire acondicionado, calefacción y dispositivos de seguridad, señalización y control: Control de programas y señalización del estado de los procesos [15].

No todos los PLC tienen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, esto se debe principalmente a la gran variedad de modelos que existen en el mercado y a la constante aparición de innovaciones tecnológicas [16]. Estas son algunas de las ventajas de las máquinas automáticas medianas, pues, se dedican a agilizar la producción en menos tiempo frente a la preparación de proyectos: no es necesario dibujar un diagrama de circuito, no es necesario simplificar las ecuaciones lógicas porque la capacidad de memoria del módulo de memoria suele ser bastante grande, las listas de materiales se reducen significativamente y el problema de diferentes proveedores y diferentes plazos de entrega se elimina parcialmente al preparar los presupuestos en consecuencia, capacidad de realizar modificaciones sin cambiar el cableado ni agregar nuevos equipos, Espacio mínimo requerido, reducir los costos de instalación, economía de mantenimiento. Además de mejorar la confiabilidad del sistema al eliminar los contactos móviles, el mismo PLC puede indicar y detectar errores, se pueden controlar varias máquinas mediante el mismo PLC, proceso de inicio más corto debido al tiempo de conexión reducido, si la máquina deja de funcionar por cualquier motivo, el PLC aún se puede utilizar en otra máquina o sistema de producción [17].

Además de esto, el PLC también permite la comunicación con otras partes del control (red de comunicación). Las redes industriales permiten la comunicación instantánea y el intercambio de datos entre mecanismos de sistema. En pocos milisegundos es posible enviar información relevante e intercambiar tablas de memoria compartida, así como comunicarse con ordenadores equipados con programas de vigilancia industrial o sistemas de vigilancia. Esta comunicación se realiza a través de una red industrial o una simple conexión a través de un puerto serie en una computadora [18].

Además del control diseñado para sistemas de simple conexión, los PLC también tienen funciones integradas que permiten el control de procesos continuos. Tienen módulos de entradas y salidas analógicas y pueden implementar controladores PID programados por PLC. Los módulos de entradas y salidas no necesitan estar ubicados en el armario del PLC, se pueden distribuir por toda la instalación, ya que pueden comunicarse con la unidad central del PLC mediante cables de red. Además, los actuadores y sensores se pueden conectar a través de un plus de campo mediante un único cable de comunicación, en sustitución de los cables tradicionales. El PLC consulta cíclicamente el estado del sensor y actualiza el estado del actuador [19].

Lo anterior trata sobre algunas de las funciones de un PLC, pero cuando se habla de su parte física, es necesario hacer referencia a su estructura y componentes, y del mismo modo en que los bloques se divide [20]. Actualmente existen tres estructuras principales en el mercado:

Estructura compacta. La característica de este tipo de PLC es que todos sus elementos están representados en una única unidad, a saber, fuente de alimentación, CPU, memoria y E/S, etc. Se trata de un autómatas o nanoautómata de bajo coste, normalmente de estructura compacta. Por lo general, tiene una potencia de procesamiento muy limitada y está diseñado para controlar máquinas o paneles de control muy pequeños. Posee una estructura semimodular. Dispone de entradas y salidas separadas del resto del PLC de manera que la CPU, la memoria de usuario o de programa y la fuente de alimentación, así como los dispositivos de entrada y salida, quedan integrados en una unidad compacta. Por ende, las máquinas intermedias suelen tener una estructura semimodular [21].

Estructura de Rack o Bastidor. En la configuración de rack, los distintos componentes del PLC, incluyendo la

CPU, módulos de I/O, fuente de alimentación y módulos de comunicación, se montan en un chasis o bastidor. Este tipo de estructura es adecuado para sistemas complejos con una gran cantidad de I/O y requisitos de procesamiento intensivo. Ofrece una excelente capacidad de expansión y facilita el mantenimiento [21].

Estructura modular. Su función principal es que cada uno de los diversos componentes que posee un PLC, como fuente de alimentación, CPU, entradas y salidas, entre otros, tenga un módulo. Se montan mediante carriles DIN, paneles perforados o racks equipados con buses o plus externos que conectan los distintos módulos que los componen. Las máquinas avanzadas suelen tener una estructura modular que permite una gran flexibilidad en su diseño. En cuanto a la estructura interna, función y funcionamiento de cada uno de los diferentes elementos que componen el autómatas, cabe destacar que consta de diferentes elementos [10]. Pero tres son básicos:

IV-A5. Elementos de procesamiento: PROCESADOR. Es la parte inteligente del sistema. Se dedica a interpretar instrucciones del programa de usuario y consultar el estado de las entradas [22]. En función de estos estados y programas, ordena que se ejecute la salida deseada. LA CPU. Consta de los siguientes componentes: procesador, memoria del monitor del sistema, circuito adicional, entrada (digital y analógica), salidas (digitales y analógicas). Con las piezas anteriores, puedes pensar que ya tienes una máquina expendedora, pero necesitas otros elementos para que funcione correctamente, como, por ejemplo: fuente de alimentación, interfaz, aplicaciones o consola, equipamiento periférico.

Actualmente, los sistemas de automatización son una herramienta esencial para aumentar la eficiencia de los procesos industriales, por lo que la industria agroalimentaria debe mejorar constantemente la eficiencia de todo el proceso productivo, introducir estándares de calidad y controles estrictos para poder entregar productos certificados [14]. De esta manera, la iniciativa de este proyecto da paso a la automatización en el proceso industrial en el envasado de café, la cual será descrita en los siguientes apartados de este documento.

IV-B. Historia del café en Galápagos

A partir de 1879, Manuel Julián Cobos, un residente de la isla de San Cristóbal, se dedicó a la agricultura, estableciendo un centro agrícola avanzado para cultivar caña de azúcar y café, que eran los principales cultivos para los emprendedores locales. Las primeras semillas de café fueron importadas desde las colonias francesas del Caribe a través de Panamá. Se comenzó a cultivar la variedad "Bourbon Arábica", que se consideraba la más adecuada para producir café de calidad. Los cafetales de San Cristóbal tienen más de 100 años de antigüedad.

En 1897, Antonio Gil y su familia se establecieron en la isla de Isabela para cultivar café, caña de azúcar y yuca, principalmente. En Santa Cruz, las plantaciones son más recientes y fueron iniciativa de colonos noruegos, que establecieron pequeñas fincas [23].

Lo más importante de resaltar en este punto es que no existe una producción de café en grano, sino que persiste la comercialización del producto terminado, por ende, se ejerce esta propuesta de presentación de bebidas del café.

IV-C. Máquinas envasadoras de líquidos

Las máquinas envasadoras de líquidos se construyen dentro de un marco o configuración estándar basado en un formato de envase estándar. Estas máquinas son utilizadas en aplicaciones de empaque y permiten un alto rendimiento en la conversión y envasado de películas de polímero orientadas mecánicamente y térmicamente. Las películas orientadas tienen propiedades mecánicas y térmicas mejoradas, como mayor resistencia a la tracción, rigidez y estabilidad dimensional, lo que permite el uso de películas más delgadas y reduce los costos de material [24].

Además, las películas orientadas tienen una mejor estabilidad térmica y planitud, lo que resulta en una mayor velocidad de conversión y fabricación. También se mejora la calidad óptica de las películas, incluida la reducción de

la turbidez y el aumento del brillo. Sin embargo, las películas orientadas tienen una menor resistencia al desgarro, lo que puede mitigarse mediante estructuras de laminación. El costo del equipo de orientación es alto, lo que dificulta que las empresas pequeñas y medianas entren en el mercado (Abdullah et al., 2020). Sin embargo, el costo relativo de fabricación por peso unitario no es alto y se requiere un alto volumen de ventas de películas para cubrir el costo de iniciar y operar una línea de alta capacidad [25]. La figura 1 muestra la máquina envasadora de líquidos automática.

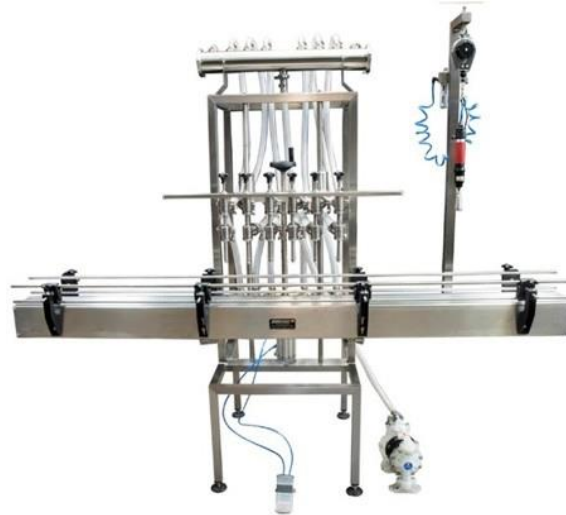


Figura 1. Máquina envasadora de líquidos automática [25]

IV-D. Envases de bebidas no alcohólicas

Los envases utilizados en las bebidas no alcohólicas han evolucionado con el tiempo para garantizar la calidad e inocuidad de la bebida, así como para facilitar su consumo, los envases son un elemento importante porque su finalidad es proteger el producto de los efectos de microorganismos, insectos, y otros contaminantes. elementos, también ayudan a preservar el sabor del producto [26].

Las principales funciones que los envases cumplen son : almacenar y transportar refrescos por estaciones de producción, protege las bebidas de daños físicos y químicos, informar a los consumidores sobre las características e ingredientes del producto.

El recipiente utilizado para envasar refrescos depende de la elección del fabricante, la tabla muestra las preferencias actuales de los fabricantes a la hora de elegir materiales de embalaje para refrescos:

IV-E. Máquinas envasadoras de líquidos horizontal

Las máquinas de envasado horizontal ofrecen ventajas como alta velocidad de producción, llenado y sellados precisos y la capacidad de manejar una amplia gama de productos y tamaños de contenedores. Estas máquinas se utilizan para producir una amplia gama de productos, desde snacks y alimentos congelados. Como se observa en la tabla 2 a continuación.

Tabla II: Tipos de envases [26]

Material	Utilización
Plástico PET	50 %
Metal	30 %
Vidrio Rellenable No rellenable	15 % 11.85 % 3.15 %
Envases dispensadores Acero rellenable BIB no rellenable	4 % 0.44 % 3.56 %
Cartón para bebidas	1 %

La figura 2 que se muestra a continuación describe la envasadora horizontal.

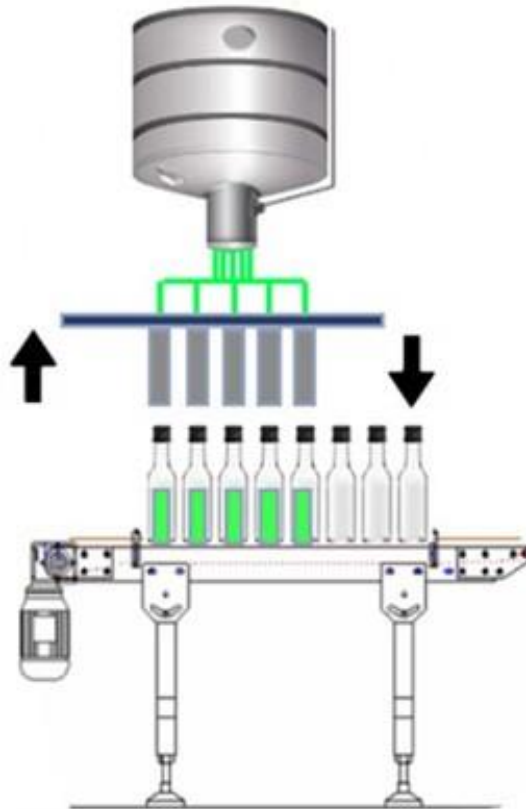


Figura 2. Envasadora horizontal [18]

IV-E1. Calidad del producto envasado: Se define como el conjunto de rasgos, características o herramientas de un servicio o producto que lo hacen aceptable, destinado a satisfacer las necesidades del cliente. En este caso particular las bebidas de café. En esta oportunidad se busca activamente estimular algunos atributos sensoriales, entre los que se puede destacar la vista, el olfato, el gusto, el color, la textura, creando así una sensación de satisfacción y bienestar en el consumidor [11]. Para mantener la calidad del producto es necesario estandarizar el proceso para que siga siendo el mismo.

IV-E2. Procesos manuales: Serie de operaciones realizadas por el esfuerzo humano, generalmente sin la intervención de herramientas, para transformar insumos específicos en calidad de materias primas, en unidades específicas de salida denominadas productos. Teniendo en cuenta lo anterior y poniéndolo en el contexto de la producción de bebidas relevante, se destaca que además de la experiencia y amplio conocimiento del tema relevante es decir las bebidas, es necesario realizar varias acciones [7]. Entre las que se puede destacar: la recepción de pedidos directamente de clientes o servidores, enumera las diferentes bebidas que componen el sistema de envasado y la cantidad exacta necesaria para mantener una producción de calidad.

Además, se debe crear un mapa mental entre ellos. Prepara la mezcla. Al consumir bebidas, preste atención a su apariencia. Sirva bebidas de café. Cabe señalar que el cliente espera que las actividades antes mencionadas puedan realizarse en un lugar higiénico y de manera armoniosa, rápida y profesional. Y eso es por una bebida, independientemente de la demanda actual [12].

Ventajas y desventajas: Los pros y los contras que se pueden evidenciar de los procesos manuales se relacionan en la siguiente tabla 3.

Tabla III: Procesos Manuales Ventajas y Desventajas. Fuente: Los autores

Procesos Manuales	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Costo inferior en corto período de tiempo	Falta de estimulación
Mayor flexibilidad	Menor estabilidad y fiabilidad
No requiere gastos de mantenimiento	No optimización de recursos
Servicio más personalizado	Exigencia de mayor nivel de conocimiento operarios
Control de calidad más bajo	
Exige mayor tiempo de proceso	

IV-E3. Procesos automatizados: Se conoce como conjunto de tareas en las que se minimiza la implicación humana ya que su intervención se limita al seguimiento o supervisión. Dejando este concepto y pasando al proyecto propuesto, se enfatiza que la máquina desarrollada no necesita ser operada por una persona que tenga muchos conocimientos sobre mecánica, electrónica envasada [27]. Y que se deben seguir los siguientes pasos para preparar la bebida: recibir órdenes de pago, ejecuta el programa, tomar y servir bebidas.

Todo esto, con el fin de enfatizar la reducción de tiempo, los gerentes de las cafeterías tendrán espacio para realizar otras tareas, lo que a su vez puede generar más ingresos para el establecimiento, así como reducir el estrés del personal al acelerar el cumplimiento de los pedidos [5]. Por ende, se deja en claro que la automatización es un sistema en el que las tareas de producción que normalmente realizan los operadores se transfieren a un conjunto de elementos tecnológicos. Por tanto, el sistema de automatización consta de dos partes principales: la parte de mando y la parte de operación. La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina [28].

Estos son los componentes que hacen que la máquina se mueva y realice las acciones necesarias, incluidos actuadores de la máquina como motores, cilindros y compresores, y sensores como fotodiodos e interruptores de límite y sensores [20]. Así como los humanos necesitan sentidos para percibir lo que sucede en su entorno, los sistemas automatizados necesitan sensores para obtener información sobre: cambios en determinadas cantidades físicas del sistema, estado físico de los ingredientes. El dispositivo encargado de convertir cantidades físicas en energía eléctrica se llama sensor y se puede clasificar según el tipo de señal que envía, sensores todo o nada: Proporcionan diferentes señales binarias. Por ejemplo, el final de una carrera. Digitalizadores: Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Por ejemplo, un codificador, sensores analógicos: Proporcionan señales continuas que representan con precisión los cambios en las cantidades físicas medidas. Por ejemplo, un sensor de temperatura.

Algunos de los sensores más utilizados en la industria son: finales de carrera, fotocélulas, pulsadores, entre otros. Estos representan mecanismos ejecutivos. Que son más que actuado, o representan el componente de control final que actúa sobre las variables del proceso o componentes finales en respuesta a las señales de comando recibidas [22].

Además, el actuador convierte la energía de salida de la unidad de control en otra energía que es útil en un entorno de trabajo industrial. Los actuadores se pueden dividir en tres tipos: eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los cilindros (pistones), los motores de CA y los motores de CC son los más utilizados en la industria. Los actuadores están controlados por la sección de control, pero pueden ser controlados directamente por la sección de control o requerir una acción previa para amplificar la señal de control [29].

Esta preamplificación activa o interrumpe la circulación de energía desde la fuente al actuador. Un cable conductor tiene una sección de control o control responsable de conmutar conexiones eléctricas, hidráulicas o neumáticas entre cables o conductores en un circuito de potencia. Hoy en día, la parte de control de los equipos suele realizarse mediante un controlador programable que se reconoce como tecnología de programación, aunque hasta hace poco

se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos tecnología cableada [30].

En los sistemas de fabricación automatizados, los controladores programables son el corazón del sistema. Debe poder comunicarse con todos los componentes que conforman la base del sistema de automatización, llamada tecnología de alambre. Con este tipo de tecnología la automatización se consigue conectando los distintos elementos que la componen. Su función está determinada por dichos elementos y cómo están conectados.

Esta fue la primera solución para la creación de máquinas industriales, pero tenía varias desventajas. Los dispositivos utilizados en la tecnología de cableado para la automatización son: relés electromagnéticos, módulos lógicos neumáticos y tarjetas electrónicas que van destinados a formar parte de la tecnología de programación [5].

Por lo cual, el desarrollo de los microprocesadores en los últimos años ha contribuido a la difusión de métodos de programación en la creación automatizada. Los equipos fabricados para este fin son: computadoras y controladores programables. Como parte de control de un sistema de automatización, la computadora tiene la ventaja de ser muy flexible para procesar cambios. Pero al mismo tiempo, debido a su diseño no específico para un entorno industrial, es un componente frágil para trabajar en un entorno de línea de producción. Frente a lo cual, el controlador programable representa un componente resistente diseñado para funcionar en un entorno de taller con prácticamente cualquier componente de computadora [8].

Objetivos de la automatización: En cuanto a los objetivos se describen: Incrementar la productividad de la empresa, al reducir los costos de producción y mejorar la calidad, mejorar las condiciones de trabajo del personal, eliminar tareas complejas y mejorar la seguridad, realizar acciones que no se pueden controlar de forma inteligente o manual, mejorar la disponibilidad del producto y poder entregar las cantidades requeridas en el momento adecuado, mantenimiento simplificado para que los operadores no necesiten amplios conocimientos para manipular el proceso de producción, y la integración de gestión y producción [8].

Ventajas y desventajas: La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas observables de los procesos automatizados, como se presenta en la tabla 4 a continuación.

Tabla IV: Procesos automatizados ventajas y desventajas. Fuente: Los autores

Ventajas	Desventajas
Disminución de la mano de obra necesaria	Alto costo inicial
Optimiza recursos	Requieren método de respaldo
Incremento del rendimiento	Poca flexibilidad
Estandarización de proceso	Gastos de mantenimiento
Control de calidad	Control de calidad más bajo
Facilita obtención de estadísticas	Exige mayor tiempo de proceso

IV-F. Máquina envasadora de café

La función principal de la envasadora de café es colocar sustancias en recipientes con una estructura química y física adecuadamente seleccionada y transformarlos en productos destinados al consumo alimentario. Para garantizar esto, las máquinas están equipadas con un sistema de entrega de ingredientes, un sistema de mezcla que garantiza que el calor llegue a cada grano de café y espacio suficiente para contener el café durante el proceso de envasado [20]

Las máquinas más comunes cuentan con un cilindro que realiza dos funciones: cargar el café necesario y remover durante el procesamiento. Se utilizan diversos movimientos para remover los productos destinados a consumo, el más común de los cuales es un tambor ovalado o cilíndrico que se encarga de contener la mezcla, de los granos de café, agua, leche y demás componentes, en cualquier caso, todo esto dentro del tambor. Además de los tambores, existen otros recipientes como platos o bolas que también se pueden girar para remover el café, pero la diferencia

entre ellos es el tiempo que los granos de café están constantemente en contacto con el recipiente y la velocidad a la que se mueven [19]

El método habitual de transferencia de calor es a través de aire caliente, que no contamina los granos, es seguro de calentar y no provoca ninguna reacción si se producen cambios químicos y físicos en el café. La principal ventaja de estas máquinas es que por su forma y componentes pueden utilizarse con fines domésticos e industriales. En esta oportunidad se tiene la tarea de automatizar procesos personalizando controles que lo ayudan a responder más rápidamente y cambiar el tiempo de envasado sin generar alteraciones químicas y de temperatura de manera más eficiente [31].

Por lo tanto, se pueden tener múltiples niveles de envasado según los requerimientos de los clientes finales y el tipo de producto. A pesar de las altas temperaturas que se utilizan, son equipos seguros, respetuosos con el medio ambiente y fáciles de usar. La principal desventaja de estas máquinas es que son difíciles de limpiar debido a su gran tamaño y elementos que la conforman, lo que puede provocar un deterioro de la estructura al utilizar la máquina [30].

El material del tanque en el que se realiza el proceso es decir el metal del tambor restringe la visión del proceso, por lo que se necesita una pequeña puerta para tomar muestras del café en medio del proceso, pero abrir esta puerta provoca transferencia de calor, lo que puede generar un descenso innecesario de la temperatura. Por otro lado, no todas las máquinas pueden adaptarse a un sistema de control para automatizar el proceso, el cual depende más del conocimiento y todo de necesidad del operador frente a la demanda de los clientes lo que define el funcionamiento de la máquina [17].

IV-G. Elementos a considerar en el diseño

IV-G1. Banda transportadora: En general, la cinta o banda transportadora analiza los tipos de materiales que se pueden transportar; puede estar hecho de hilo de urdimbre, que es un material ideal para crear tensión longitudinal; puede soportar fuerzas secundarias como el impacto. Principalmente, las correas pueden tener un revestimiento exterior de materiales como PVC, caucho, entre otros. Las cintas transportadoras tienen grandes ventajas, por ejemplo, en el transporte de mercancías, absorben la tensión que se produce al inicio, son resistentes a los efectos de la temperatura y a los químicos como calor, aceite, grasas presentes en el material, entre otros [20]. Como se muestra en la figura 3 con la cinta transportadora.

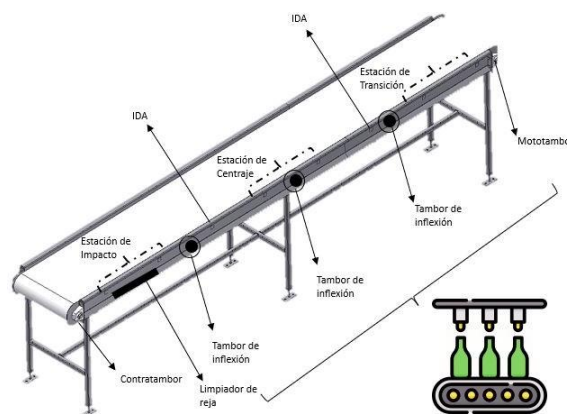


Figura 3. Cinta transportadora [20]

IV-G2. Bandas: El objetivo principal de una cinta transportadora es soportar y deslizar el tipo de material que se transporta de un punto a otro. Considerando así los principales componentes que integran un transportador. También se puede considerar como una parte avanzada del sector mecánico en general, muy utilizado en las fábricas, cuyo

principal objetivo es automatizar la etapa de transporte y reducir el tiempo de producción. En la Tabla siguiente se muestra cómo se pueden ver las bandas y cuales son sus nombres abreviados [8]. Como se observa en la tabla 5.

Tabla V: Tipos de Bandas y su designación Abreviada. Fuente: Los Autores

Nombre común	Designación abreviada
Algodón	B
Rayón	Z
Políester	E
Poliámida	P
Cable de acero	St

IV-G3. Rodillos: Un rodillo es un elemento que tiene un cuerpo cilíndrico y puede girar. Es uno de los componentes principales de la cinta transportadora. El buen funcionamiento de una correa de reloj depende en gran medida de su tamaño y calidad. La mayoría de ellos provocan el desgaste de la correa y, por tanto, reducen la vida útil del material. La distancia entre los rodillos depende del ancho de la cinta y de la densidad del material transportado. Además, los rodillos pueden trabajar en diversas áreas de la automatización, por ejemplo, en el transporte de productos, bebidas, alimentos, entre otros, pero su ventaja principal es que ayuda en la eficiencia de la producción en masa [31]. En la figura 4 se visualiza el rodillo de banda transportadora.



Figura 4. Rodillo de Banda Transportadora [31]

IV-G4. Estructura metálica: La base principal de la construcción de la cinta transportadora es la estructura. En sí mismo es el elemento más simple de la correa, y su función principal es transportar la carga de material, correas, rodillos y demás elementos que conforman la parte de entrada y salida del material [17]. En la figura 5 se observa la estructura metálica de la cinta transportadora.



Figura 5. Estructura Metálica de Cinta Transportadora [17]

IV-G5. Tambor: Básicamente, el tambor solista es el tambor principal que puede transmitir la fuerza de la orquesta, en cambio, el tambor no solista suele cambiar la trayectoria de la orquesta [14]. Al igual que los tambores, los tambores suelen estar cubiertos, pueden tener un revestimiento de goma para aumentar su potencia de transmisión, lo cual es causado por una mayor fricción entre las bandas [18]. La figura 6 muestra el tambor.



Figura 6. Tambor [18]

IV-G6. Motor eléctrico para banda transportadora: Los motores eléctricos se utilizan principalmente para convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Este tipo de motor se utiliza en la industria de cintas transportadoras, especialmente en la industria alimentaria. Son compactos trifásicos, están especialmente diseñados para niveles de humedad y temperatura. En las empresas industriales se trabaja con motores de transportador de rodillos [12]. Este paso requiere de una serie de motores eléctricos que funcionan de manera sincrónica, además son motores eléctricos que se pueden regular a diferentes velocidades según las necesidades de producción requeridas o el tiempo requerido para el proceso. Las principales características de estos motores son su alta potencia, construcción robusta, versatilidad y su capacidad para ser utilizados con convertidores de frecuencia de alto rendimiento [16]. La figura 7 que se presenta a continuación muestra el motor eléctrico del prototipo.



Figura 7. Motor Eléctrico [16]

IV-G7. Relación rodillo motor: La condición para la carga de alimentación del rollo en descripción general, representa la situación de carga de alimentación de rodillos, está diseñada para alimentar materiales planos, por ejemplo, para poder transportar hojas, envases o placas [18]. Por ejemplo, la figura 10 representa los parámetros de carga de alimentación del rollo estos se organizan: 1 eje de entrada, 2 movimiento giratorio en el eje de entrada 3 Carga: placa o plato, 4 rodillos motores, 5 rodillos impulsores, 6 movimiento lineal de una carga caracterizado por una curva de movimiento [9]. Como se observa en la figura 8 los parámetros de carga de alimentación por rodillo.

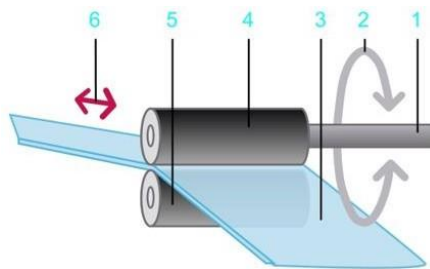


Figura 8. Parámetros de carga de alimentación por rodillo [9]

IV-G8. Diagrama de eventos para el accionamiento de la máquina envasadora: Esta sección muestra un diagrama de eventos discretos, el mismo diagrama que se creó para activar la fase de envasado de botellas. El diagrama comienza con la activación de la energía; si se activa la energía, emitirá un pulso para encender la máquina envasadora [19]. Cuando se enciende, también activa la cinta y las etiquetas. Si están todas activadas, la válvula inyectora recibirá un pulso para abrirse y permitir el paso del flujo de aire durante el proceso de llenado de la botella y posterior etiquetado. Si las circunstancias lo permiten, no se cumple ninguna de las condiciones anteriores. De esta manera la maquina no lo hará. Hay un diagrama estándar el cual sirvió de base en primera instancia el cual se describe a continuación [20]. La figura 9 muestra el diagrama de eventos discretos.

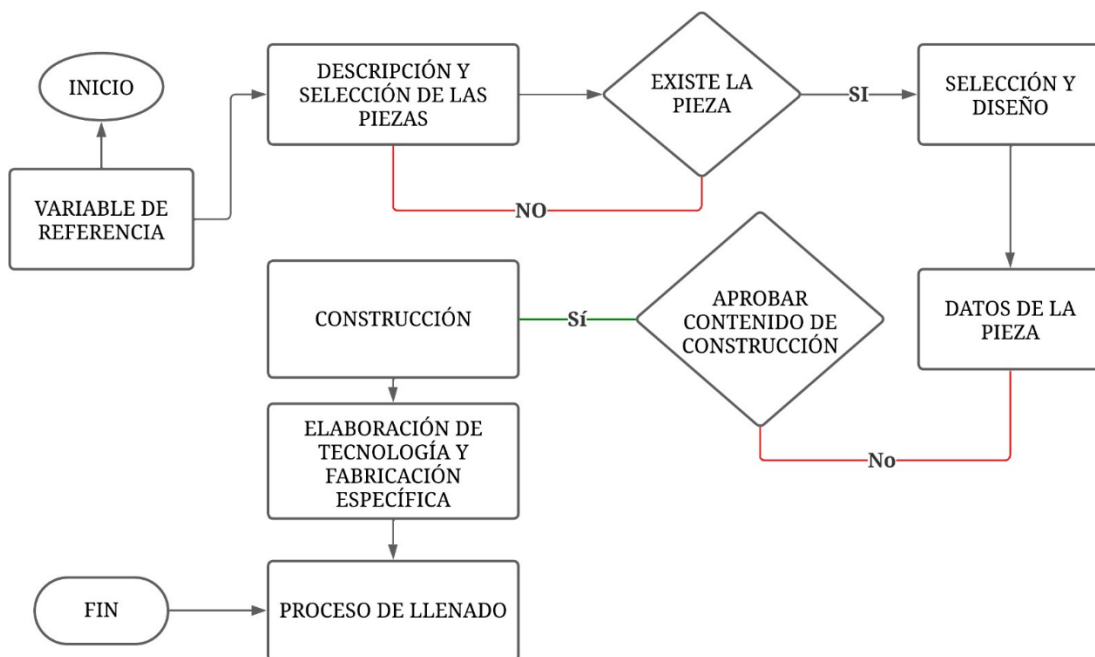


Figura 9. Diagrama de eventos discretos. Fuente: Los Autores

V. MARCO METODOLÓGICO

La metodología propuesta para llevar a cabo esta investigación se configura como un enfoque minucioso y estratégico que busca desarrollar integralmente el prototipo de la maquina envasadora de líquidos, orientada específicamente a las pequeñas productoras de café en las Islas Galápagos, con el fin de transformar y mejorar significativamente la producción de café soluble en esta región única.

En su fase inicial, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con el envasado de líquidos y la tecnología de producción de café soluble. Este análisis bibliográfico se realizará de manera meticulosa, priorizando la identificación de las tendencias más actuales en tecnologías de envasado y la selección de materiales idóneos para la construcción del chasis del prototipo. Dada la importancia de la durabilidad y la seguridad alimentaria en el contexto de las Islas Galápagos, se otorgará especial énfasis a la elección de materiales que sean resistentes, sostenibles y apropiados para el entorno.

Una vez que los componentes clave estén en su lugar, se avanzara al desarrollo del sistema de control integral. Esta fase desempeñara un papel crucial en la garantía del funcionamiento óptimo de la maquina envasadora. Se procederá a la selección cuidadosa de la plataforma de control más adecuada y se programará la lógica de control necesaria para asegurar la eficiencia y la seguridad durante el proceso de envasado. Asimismo, se diseñará una interfaz de usuario intuitiva que permita a los operadores controlar y supervisar fácilmente cada aspecto del proceso.

Además de los aspectos técnicos, se prestará una atención constante a las consideraciones éticas y ambientales a lo largo de todo el proceso de desarrollo. Se recopilarán y analizarán datos de rendimiento relacionados con la sostenibilidad y la seguridad alimentaria. El objetivo principal es garantizar que el proyecto se desarrolle de manera responsable y en total respeto al entorno natural de las Islas Galápagos, contribuyendo de manera positiva a la conservación de este ecosistema único.

En síntesis, esta metodología progresiva y meticulosa busca no solo optimizar las operaciones, la calidad y la sostenibilidad en la producción de café soluble en las Islas Galápagos, sino también generar un impacto positivo en el contexto local. Además, se tomará inspiración en el proyecto previamente realizado por Andrés González, Luis en la figura 10 que se muestra a continuación se observa el diagrama de bloques que engloba el proceso.

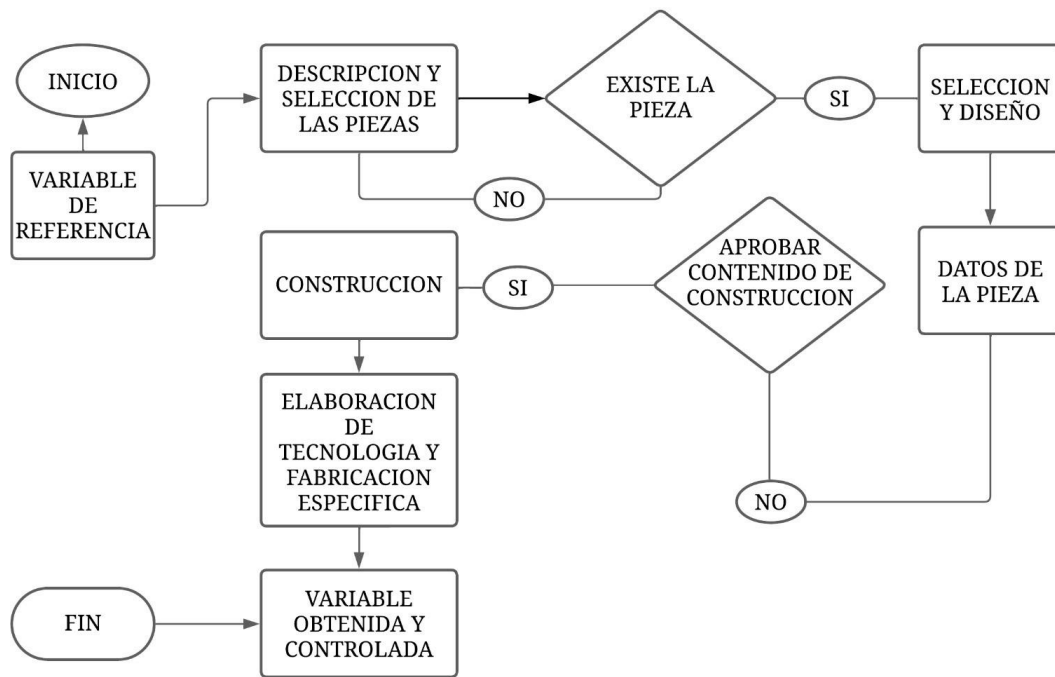


Figura 10. Diagrama de bloques que engloba el proceso. Fuente: Los Autores

V-A. Variable de referencia

En primera instancia se procede a determinar una máquina con las herramientas necesarias que combina gráficamente la automatización de procesos a fin de proyectar un buen entendimiento para su uso correcto y eficiente, hecho por el cual se establece como premisa principal en este punto la obtención física de un producto de alta calidad, pero con un fácil manejo que conduzca a un nivel oportuno de comprensión por parte del usuario. Por ello, el sistema facilita el llenado de café en un recipiente que tiene las siguientes funciones; el llenado de una base de metal tipo cóncava destinada a garantizar el correcto funcionamiento de tres estaciones diferentes, incluidas la base transportadora, que cumplieran sin problemas las tareas asignadas. Además del envasado de café, este prototipo de máquina también se puede utilizar para diversos productos, como por ejemplo el café espresso, americano, el frappe entre otros. El siguiente paso de este prototipo es ajustar y verificar la tabla de adquisición de productos y los requisitos necesarios, teniendo. En la figura 11 que se muestra se observa el esquema del diseño referencial.

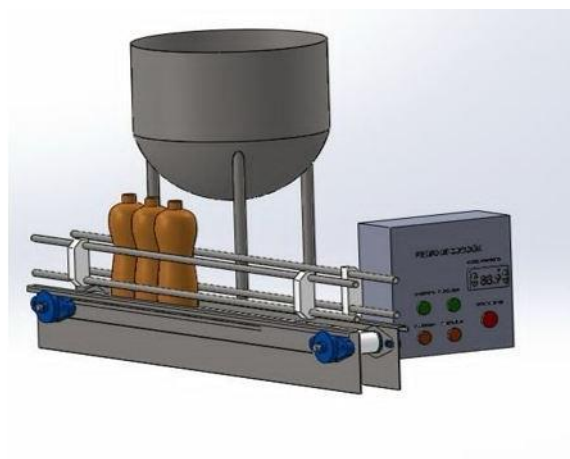


Figura 11. Esquema del diseño referencial. Fuente: Los Autores

V-B. Elementos y diseño del modelo

En la tabla 6 se observa la lista de materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla VI: Lista de materiales para el proyecto

Cantidad	Elemento
1	PLC delta
1	Fuente 24vdc delta
3	Cable de programación
1	Bornera de PLC
1	Sensor de proximidad
1	SSR 40 ^a
1	Bomba de agua de diafragma R385 de 6-12V 150L/H
-	Tornillo infinito, guía
-	Filamento 3D
1	Cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro, placa
1	Pantalla LCD 2004 Azul, 20x4 caracteres, interfaz 12C
1	Fuente 12 vdc
1	Motor 6 vdc
1	Diver 5a
1	E18-d80n
1	Servo motor 180 grados
1	Attiny85
1	F5305 optocoplador
1	Acondicionador Attiny13a Attiny25a Attiny85a Attiny45a
1	Lcd 12c 2004 20x4
1	Baquelita perforada circuito 5x7cm
1	Termoencogible
1	Step down Lm2596 3 ^a
1	Arduino nano
1	Caja plástica industrial
1	Botonera
1	Motor carro 12vdc

La primera fase del sistema electrónico utiliza un PLC delta

Se emplea el controlador lógico programable delta fase dado que se reconoce que tiene una capacidad y flexibilidad para conectar varios dispositivos como servomotores, interfaz de usuario, otros controladores para este diseño se entiende que es necesario en primera instancia la necesidad de compatibilidad con diferentes dispositivos como una fuente delta entre otros, este elemento se reconoce básicamente en la fuente de la tecnología de automatización industrial, es decir con el PLC delta se destina monitorear el equipo y la optimización de los componentes metálicos.

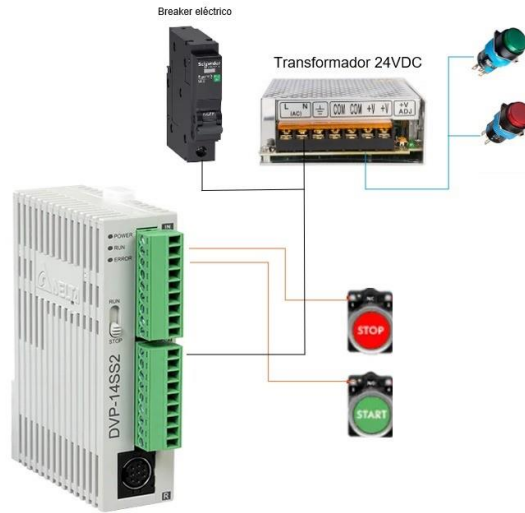


Figura 12. Modelo de PLC delta [1]

Una fuente 24vdc delta, la fuente de alimentación de 24 voltios se utilizará principalmente como fuente de alimentación para los circuitos a emplear, así como los diversos partes de equipos electrónicos como los cables de programación y boneras de PLC

Esta fuente de tensión variable trazara los rangos de salida de rigidez que puede regularse, es decir, en aquellas variables que no presentan un valor fijo y se puede cambiar según la aplicación. Es aquí donde su tarea principal será asegurar una corriente eléctrica constante durante el funcionamiento de la máquina. A fin de que la corriente entrante siempre este de manera continua y alterna, lo que significa que su potencia siempre sea la misma. La figura 13 demuestra el modelo de fuente de 24vdc delta.

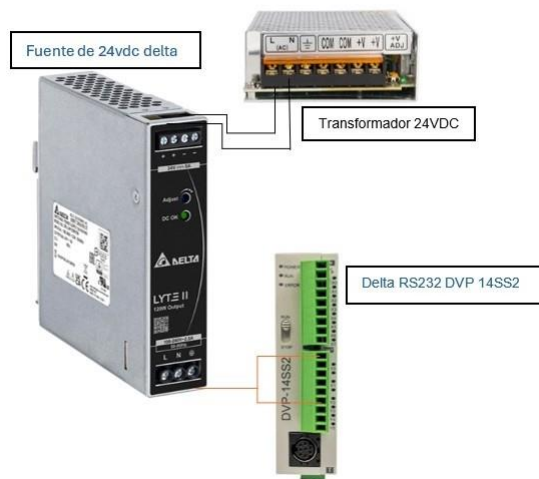


Figura 13. Modelo de fuente de 24vdc delta [9]

Cable de programación USB 1PIN es un cable que se utiliza en este punto para programar el sistema de la máquina. El cable tiene un conector USB en un extremo y un conector unipolar en el otro, por lo que es compatible con las ratios unipolares como el PLC delta y modelos similares, donde el indicador de encendido está conectado

a un cable de programación estándar. Frente a lo cual en este proceso el indicador de alimentación es ópticamente aislado se representa en el color negro y el indicador de alimentación no ópticamente aislado es amarillo. Detecta automáticamente si el cable está aislado ópticamente. La figura 14 muestra el modelo de cable de programación.



Figura 14. Modelo de cable de programación [9]

Borneras PLC, todas estas tienen terminales que proporcionan conexiones que brindan elementos para que permite la conexión eléctrica eficiente necesaria para el correcto funcionamiento de la máquina. En el caso del apartado de entradas se puede ver esto, no sólo tiene entradas digitales, posee una regleta de terminales que también llamada regleta o tripleta de terminales, que es un conector eléctrico en el que el cable se fija a una pieza de metal mediante tornillos.

La misma se emplea para utilizar una línea de Ethernet para conectar el PLC principal al enrutador y un conector cerca del enrutador. Donde al agregar un PLC secundario a la sala a la que desea conectarse, se posiciona los botones de sincronización generalmente están en ambos extremos de la línea del PLC, que se traduce como comunicación a través de líneas eléctricas. Es decir, este proceso se trata de un conjunto de tecnologías que permiten transmitir la energía eléctrica necesaria de un punto a otro mediante cables procedentes de las instalaciones eléctricas del lugar donde la misma será conectada. Dado que la instalación se realiza muy fácil: basta con enchufar el dispositivo en enchufes separados. La figura 15 expresa el modelo de bornera de PLC programación.



Figura 15. Modelo de bornera de PLC programación [9]

La segunda fase, sistema mecánico utilizado se basa en los sensores de proximidad, que en este diseño se consideran módulos, es decir, que se utilizan para detectar objetos cercanos en sistemas de tráfico sin contacto físico. En este punto, frente al prototipo se reconoció la importancia de los sensores de aparcamiento, ante los sistemas de alerta y los dispositivos de movilidad. La figura 16 muestra el modelo de sensor de proximidad.

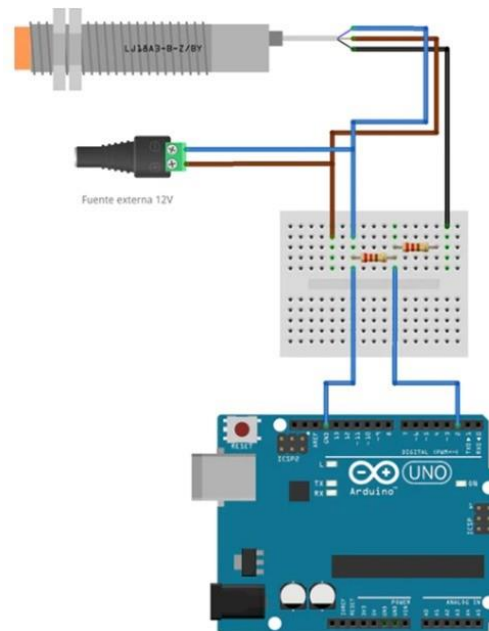


Figura 16. Modelo de sensor de proximidad. Fuente: Los Autores

SSR 40a, estos relés electromecánicos se emplean a través de un estado sólido (SSR) es un dispositivo de conmutación electrónica que conmuta una corriente eléctrica cuando se aplica una pequeña corriente a sus terminales

de control. Por ende, los relés de estado sólido se utilizan en este caso como semiconductores de potencia, como tiristores y transistores, para conmutar corrientes de hasta 100 amperios. Es decir, los relés SSR se emplean para cambiar a velocidades muy altas en milisegundos y no tienen contactos mecánicos portátiles. La figura 17 muestra el modelo de SSR 40a

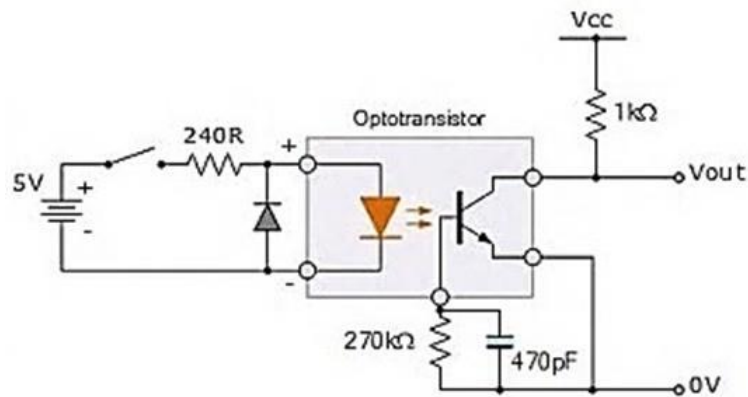


Figura 17. Modelo de SSR 40a [9]

Bomba de agua de diafragma R385 de 6-12V 150L/H, el funcionamiento es sencillo y fácil. El agua ingresa a través del tubo de entrada de la bomba y luego es impulsada por el motor que genera un campo magnético con una bobina y un imán para mantener el impulsor girando continuamente. A medida que el rotor gira, el fluido suministrado a la bomba se mueve. Por ende, estas bombas son muy utilizadas para bombear todo tipo de líquidos ya que están diseñadas para bombear líquidos con alto índice de sólidos y sobre todo con los corrosivos que se pueden presentar en el café, punto del cual es muy importante para evitar goteo. La figura 18 muestra el modelo de bomba de agua de diafragma.



Figura 18. Modelo de bomba de agua de diafragma R385 de 6-12V 150L/H [9]

Tornillo infinito, guía, en este caso se utiliza un tornillo sin fin con una rosca profunda y continua en toda su longitud. Esta gira la contratuerca que permite que el eje se mueva. Los tornillos se utilizan como máquinas laminadoras en líneas de montaje. Utilizando un dispositivo helicoidal que transfiere el movimiento entre ejes verticales en ángulo recto, cada eje puede realizar un movimiento decisivo durante todo el proceso automatizado de la máquina envasadora. La figura 19 muestra el modelo de tornillo infinito.



Figura 19. Modelo de tornillo infinito, guía [9]

El filamento 3D es un material termoplástico que se utiliza en el proceso deslizamiento de las piezas que van directo al envasado es decir al proceso de impresión donde los mismos no deben ser bajo elementos tóxicos y sean aptos en cualquier zona poco ventilada. La figura 20 muestra el modelo de filamento 3D.



Figura 20. Modelo de filamento 3D [9]

Cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro, placa, esto es un producto esencial para todo el proyecto, perfecto para conectar el Arduino o módulos electrónicos entre sí esto con el fin de crear con eficiencia el prototipo de placas perfectamente organizadas por color. Por ello, se emplea 10 paquetes de cables de 4 hilos cada uno en un color diferente dispuestos como un cable plano de 10 hilos, cada cable tiene su propio conector individual, perfecto para

conectar circuitos. También se conectaron estos entre sí para crear cables más largos, que permitiera un prototipo más amplio y práctico, pero sobre todo fácil de usar, permitiéndole crear conexiones entre protoboards, sensores, actuadores y placas de forma profesional y completamente funcionales. La figura 21 muestra el modelo de cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro.



Figura 21. Modelo de cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro, [9]

Pantalla LCD 2004 Azul, 20x4 caracteres, interfaz 12C, esta herramienta fue empleada como un monitor LCD de 20x4 tipo dispositivo que permite mostrar caracteres alfanuméricos y otros símbolos en 4 líneas en un formato de 20 caracteres por línea. Se empleó este dado que es compatible con el controlador Hitachi HD44780, es decir refleja una pantalla LCD, o de cristal líquido, que consta de muchos píxeles coloreados o monocromáticos colocados frente a una fuente de luz o reflectante. Lo único de este dispositivo es que el mismo corresponde al uso de los dispositivos electrónicos que funcionan con baterías porque puede manejar cantidades muy pequeñas de electricidad. La figura 22 muestra el modelo de pantalla LCD.

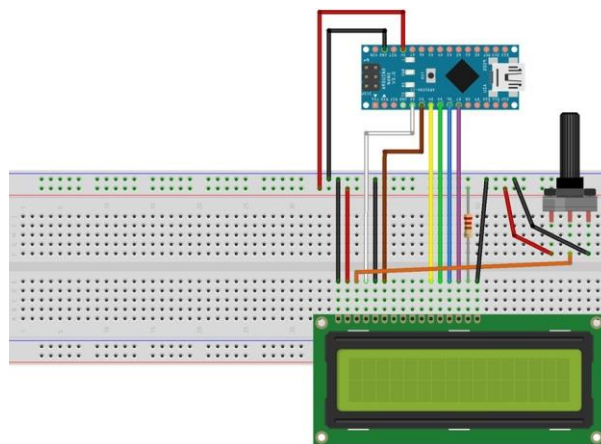


Figura 22. Modelo de pantalla LCD 2004 Azul, 20x4, interfaz 12C. Fuente: Los Autores

Fuente 12 Vdc, la fuente de alimentación conmutada de 12vdc se emplea a fin de convertir energía de VCA a VDC, que pueda controlar todos los dispositivos electrónicos sujetas al modelo, como: motores de alimentación, tiras de luces LED, pantalla, placas o módulos arduino, sensores, amplificadores de rendimiento, amplificadores, circuito integrado, entre otros. Es decir, este se emplea como convertidor de 12 VCA a VDC con el propósito de brindar compatibilidad entre sistemas que proporcionan un voltaje de salida de VCA y dispositivos que requieren un voltaje de entrada VDC. Es el responsable de realizar los cambios necesarios para garantizar la compatibilidad entre estos dispositivos. La figura 23 muestra el modelo de fuente 12 Vdc.



Figura 23. Modelo de fuente 12 Vdc [9]

Motor 6 vdc, el motor de 6vdc para este caso se emplea como herramienta compacta y potente que sirve como una herramienta versátil en este tipo de proyectos, de fácil disponibilidad y rápida implementación, pero su uso final varía dependiendo de la creatividad y necesidades del diseñador. Al ser un pequeño motor de VCC con un diámetro de 21 mm y un rango de voltaje de 6 V a 12 V, es reconocido como la opción más popular debido a su pequeño tamaño, control de velocidad preciso, fácil instalación, durabilidad, alto par de arranque y ahorro de energía. La figura 24 muestra el modelo de motor 6Vdc.

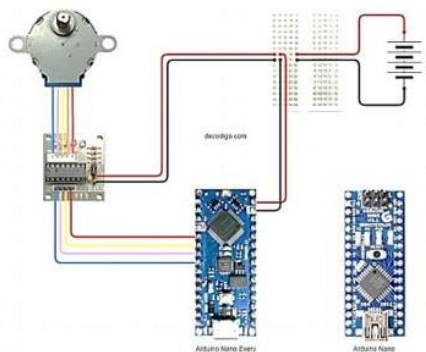


Figura 24. Modelo de motor 6Vdc. Fuente: Los Autores

Driver 5a, este es un motor clase 5 que es una herramienta compacta y potente que en este caso sirve como una herramienta versátil para este tipo de proyectos, de fácil acceso y rápida implementación, pero su uso final variará dependiendo de la creatividad y necesidades del diseñador durante la construcción. Representa un pequeño instrumento como el controlador de puente H L298N 2A que actúa como un controlador de puente H dual para controlar la rotación y velocidad de motores paso a paso bipolares de 6 V CC de hasta 2 A. La figura 2 muestra el modelo de driver 5a.

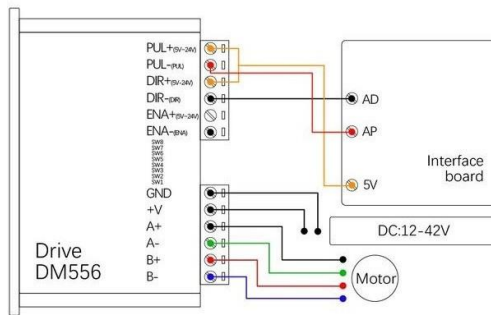


Figura 25. Modelo driver 5a. Fuente: Los Autores

E18-d80n, por otro lado, se determina este tipo de sensor infrarrojo que detecta la presencia a través del cuerpo humano pasando por el haz que proyecta o por cambios de temperatura, es decir, cuando alguien está presente reconoce los cambios de temperatura en el ambiente y cuando se activa cierto grado. Estos sensores se utilizan para detectar los rayos de luz reflejados por los objetos, así como las barrera se utilizan para medir los cambios en la cantidad de luz causados por un objeto que pasa a través del eje óptico. La figura 26 muestra el modelo E18-d80n.

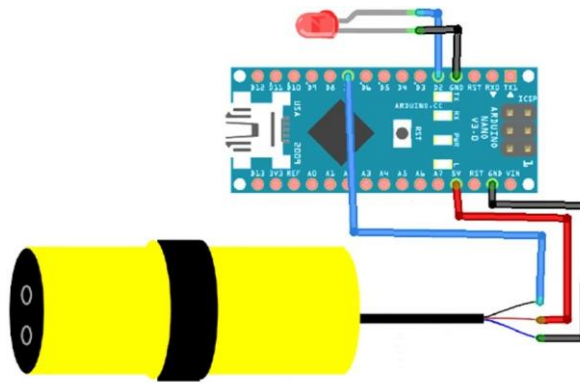


Figura 26. Modelo E18-d80n. Fuente: Los Autores

Servo motor 180 grados, en el caso del servomotor se trabajó como un dispositivo similar a un motor que se puede posicionar en cualquier punto de su rango de funcionamiento en este caso de 0° a 180° a fin de permanecer en esta posición. Por ende, al programarlo se puede cambiar su velocidad y ángulo. Tanto así que la duración de este pulso puede variar dependiendo del pulso mínimo, pulso máximo y tasa de repetición. En general, el servomotor sólo puede girar 90° en cualquier dirección para un total de 180° de movimiento, pero esta característica es que se proyecta su uso en este caso. La figura 27 muestra el modelo servo motor 180 grados.

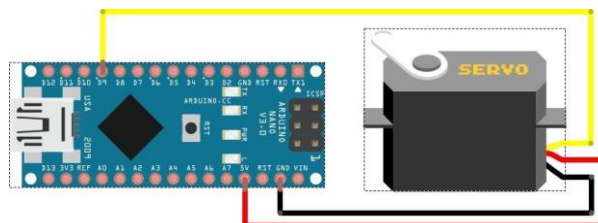


Figura 27. Modelo servo motor 180 grados. Fuente: Los Autores

Attiny85, un servomotor en este proyecto se empleó como un dispositivo similar a un motor que se puede colocar en cualquier lugar dentro de su rango de funcionamiento de 0° a 180° en nuestro caso, aunque hay 360° y permanecer en esa posición. Programándolo podemos cambiar su velocidad y ángulo. La duración de este pulso puede variar dependiendo del pulso mínimo, pulso máximo y tasa de repetición. En general, el servomotor sólo puede girar 90° en cualquier dirección para un total de 180 grados de movimiento. La figura 28 muestra el modelo attiny85.

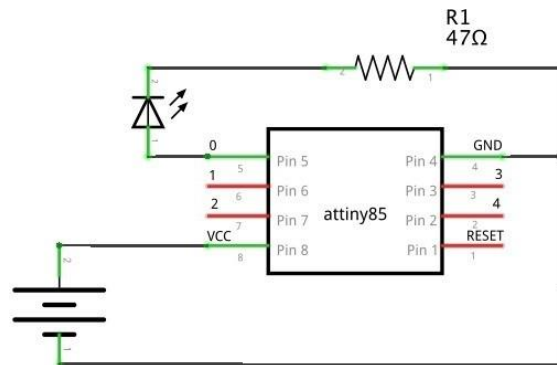


Figura 28. Modelo attiny85. Fuente: Los Autores

F5305 optocoplador, por su parte los optoacopladores buscan convertir las señales eléctricas en señales ópticas moduladas y nuevamente en señales eléctricas. En este paso se reconoce que la principal ventaja de los optoacopladores es que pueden crear aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Esto se debe a que la corriente máxima del emisor de 60 mA con un voltaje del emisor inverso de 3 voltios y tensión del receptor en estado apagado de 400 voltios. La figura 29 muestra el modelo f5305 optocoplador.



Figura 29. Modelo f5305 optocoplador [9]

Baquelita perforada circuito 5x7cm, la tarjeta electrónica perforada, también conocida como baquelita perforada o tablero fenólico perforado, en este punto representa para el proyecto un material que permite la realización de prototipos electrónicos. Esta enmarca el proceso de diseño electrónico que requiere una PCB perforada para probar ciertos circuitos electrónicos. Pues, se reconoce que el término baquelita es una palabra común que se refiere a los soportes o bases de circuitos de componentes antiguos unidos por cables. La figura 30 muestra el modelo de baquelita perforada circuito 5x7 cm.

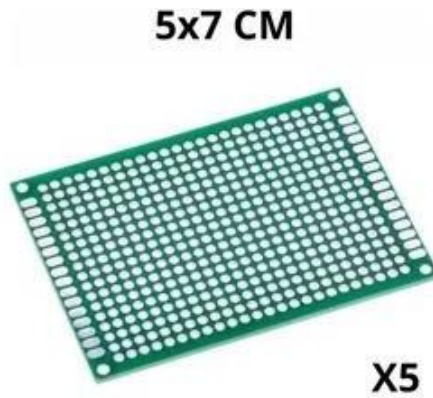


Figura 30. Modelo baquelita perforada circuito 5x7cm [9]

Termoencogible, ssí mismo, se emplea las bolsas calientes que son un producto muy común que se utiliza en este proyecto debido al procesamiento o tráfico de materiales, estas son bolsas de plástico que han caído a cierta temperatura y después del tiempo. En palabras más simples, el film retráctil es de embalaje terciario que protege la caja con el producto final, se adhiere como una película activada termicamente. La figura 31 muestra el modelo termoencogible.



Figura 31. Modelo termoencogible [9]

Step down Lm2596 3^a, del mismo modo, el Step down represento para este modelo un dispositivo electrónico capaz de regular o reducir el voltaje de entrada a un circuito desde una fuente de energ'ia de mayor voltaje. Pues esta soporta corriente hasta 3A, voltaje de entrada de 4 a 35V y voltaje de salida de 2 a 28V esta es ajustable, es una fuente de alimentación reductora de CC a CC, permite ajustar el voltaje de entrada para obtener un voltaje de salida más bajo de acuerdo a las determinaciones del proyecto una vez puesta en practica. La figura 32 muestra el modelo step down

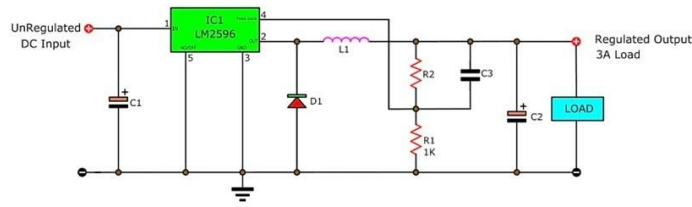


Figura 32. Modelo step down Lm2596 3ª. Fuente: Los Autores

El Arduino Nano representa para este proyecto una placa pequeña que permite crear rápidamente una placa de pruebas. Es una herramienta útil con un puerto USB integrado. En síntesis, esta placa permite el desarrollo compacto, completo y compatible con los dispositivos integrados para formar la maquina con el microcontrolador ATmega328P.

Caja plástica industrial, como material de producción se determina utilizar el polipropileno (PP) o polietileno de alta densidad (HDPE). La caja de almacenamiento empleada es ideal para aprovechar al máximo el espacio disponible, dado que el diseño se adapta a las necesidades presentes en este proyecto, por ende, puede almacenar una amplia gama de productos o materiales de muy diferentes formas y tamaños. La figura 33 muestra el modelo de caja plástica industrial.



Figura 33. Modelo de caja plástica industrial [9]

La botonera representa en este proyecto una caja rectangular con dos botones, cuando son instalados el usuario reconocerá la funcionalidad de encendido y apagado como una interfaz de uso común. La figura 34 muestra el modelo de botonera.

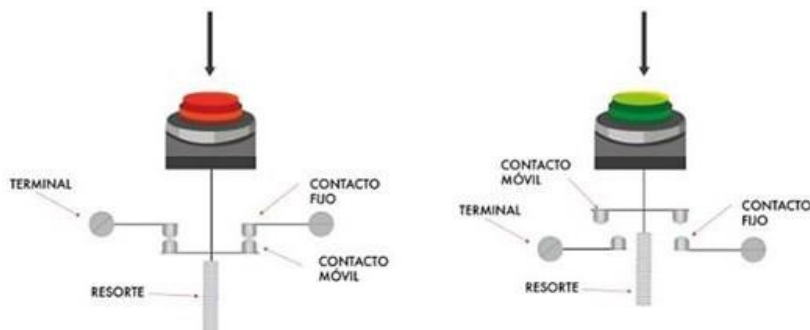


Figura 34. Modelo de botonera. Fuente: Los Autores

Motor carro 12vdc, debido a que este es un motor que se puede usar en una variedad de aplicaciones, tiene una fuente de alimentación de 12v y puede producir hasta 5300 rpm, además de ser un motor muy económico que cumple con las características del proyecto. La figura 35 muestra el modelo de motor de carro.

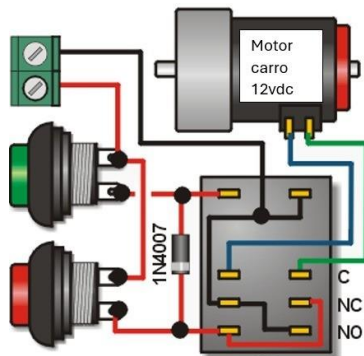


Figura 35. Modelo motor carro 12vdc. Fuente: Los Autores

La tercera fase consta de la construcción que parten en primera instancia al sistema eléctrico, en cuanto a la baquelita perforada de material sintético donde en la capa inferior posee una capa de cobre que permite la soldadura con estaño a través del patrón cabe destacar que el patrón fue trazado con un marcador permanente, para luego perforar y colocar los componentes tal cual como se muestra en la siguiente imagen. La figura 36 muestra la empleabilidad de la baquerita.

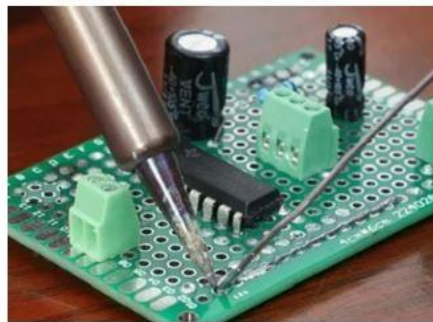


Figura 36. Empleabilidad de la baquerita [9]

Luego de esto se paso a verificar la pantalla LCD a través de una prueba sin poner en marcha aun el monitor externo. Esta prueba se efectuó a fin de conocer si el dispositivo muestra una pantalla negra cuando se enciende. Lo que permitió el ensamblaje de los demás dispositivos a la baquerita central logrando ver luz e imágenes nítidas lo que permitió corroborar los niveles de arranque tal como se puede observar en la figura 37.



Figura 37. Prueba de los diferentes nodos en el tablero baquerita. Fuente: Los Autores

En la parte mecánica se pasó a la construcción de la barra de deslizamiento, así como a los rieles que permitirán el desplazamiento por la transportadora en el área de envasado. Posterior a esto se determina las pruebas al motor el cual consistió en efectuar encendido del mismo y dar valides de su optimización para luego pasar a su correcta instalación dentro del cuerpo de la máquina para posicionar el encendido eficiente. La figura 38 muestra el modelo de motor y su colocación.



Figura 38. Moldeo del motor y su colocación en el sistema de la máquina. Fuente: Los Autores

Esto condujo al armado de la base donde ira el producto así como la base deslizadora donde se producirá el envasado teniendo como referencia la figura 39 en el diseño de la máquina una vez efectuadas las modificaciones.



Figura 39. Diseño de la máquina una vez efectuadas las pruebas pertinentes para su ensamblado. Fuente: Los Autores

V-C. Validación del prototipo

Se efectuaron pruebas de eficiencia a cada parte de la maquina iniciando por la parte deslizadora y transportadora comida como área de envasado. Obteniendo una eficiencia del 90 % en primera instancia luego de la instalación de una base de los nodos se logro obtener un 100 % de eficiencia, tal y como se denota a continuación en la figura 40.

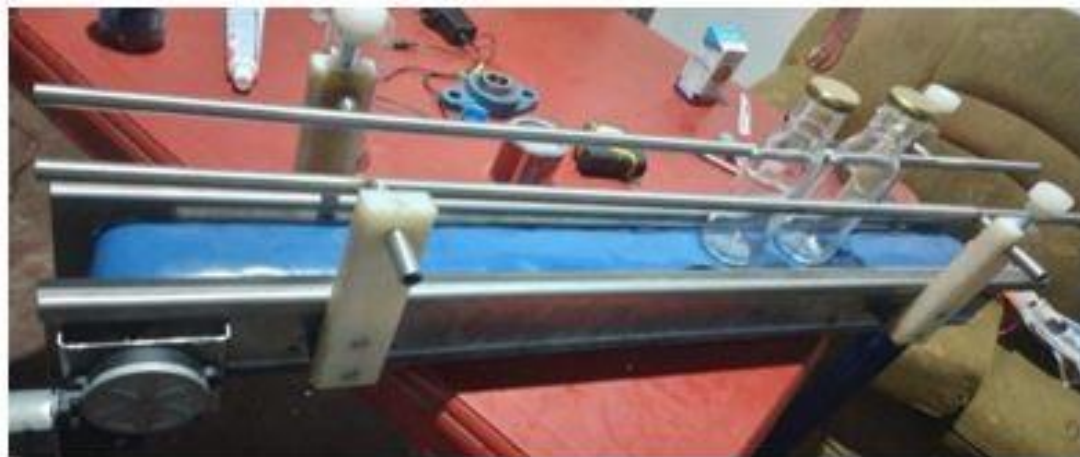


Figura 40. Prueba de optimización del área de envasado. Fuente: Los Autores

Después de ello se procede a determinar la eficiencia de la botonera. Obteniendo un margen de eficiencia del 100 % dado que la misma en la primera conexión se obtuvo un encendido eficiente y sin interferencia como se observa en la figura 41.



Figura 41. Prueba de optimización de la botonera. Fuente: Los Autores

Todo esto condujo a la determinación de una prueba de optimización de toda la maquina una vez puesta en marcha, obteniendo en primera instancia una señal de arranque del 70 % por errores en la baquerita lo que condijo a revisión macro con un segundo intento teniendo un arranque del 90 % donde se denoto errores en los conectores al motor, echo que fue subsanado en un periodo de dos días, para posterior encendido teniendo como resultado una proyección del 100%. En la figura 42 se observa el envasado de botellas de 250 ml.



Figura 42. Proceso de envasado de botellas de 250ml, con margen del 100 % de eficiencia. Fuente: Los Autores

VI. RESULTADOS

Los parámetros iniciales obtenidos ante el diseño mecatrónico de una maquina envasadora de botellas de vidrio, se presentan en la tabla IV.

Tabla VI: Parámetros iniciales establecidos en el diseño. Fuente: Los Autores

Parámetros	Resultados
Presión constante de trabajo	90psi → 4, 99Bar
Presión máxima a utilizar	110psi → 6, 99 Bar
Ancho de cinta transportadora	30 cm
Espacio total de construcción	80 cm de alto por 1,20 cm
Velocidad del motor de la cinta transportadora	1440 rpm
Espacio entre botellas	3 cm
Caudal constante utilizado	6,22 m3/h
Diámetro de inyectores o tubería de flujo de liquido	0,081in

Después de realizar todos los cálculos relacionados con el diseño mecatrónico de la envasadora de botellas de vidrio, se realizó una simulación dinámica de los inyectores del líquido en este caso Café, con respecto a la botella. A modo de simulación, la condición de contorno es 6,99 bar, es decir, la presión y el caudal aplicados son constantes, y la simulación se realiza en el software SolidWorks con un 88 % de mallado. Se obtienen resultados de simulación para comprobar el área de envasado, la calidad del mismo y la efectividad por minuto en la producción de envases de café ante los inyectores frente a la botella para demostrar el valor requerido por el diseño. como se observa en la figura 4.

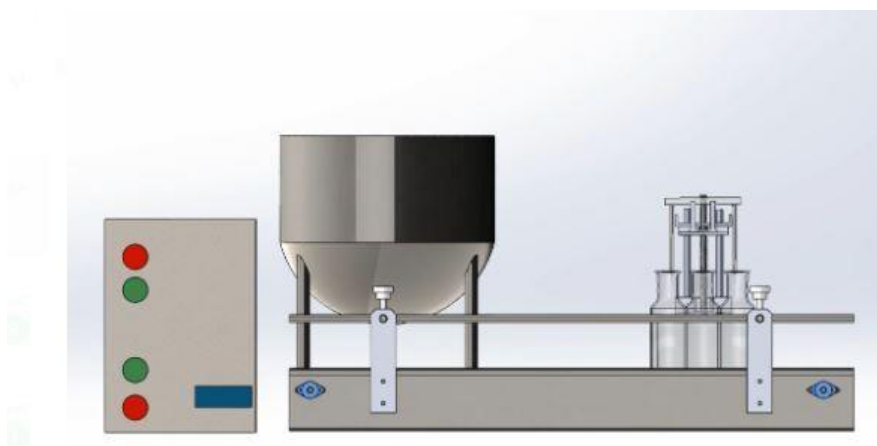


Figura 43. Modelo establecido en el SolidWorks. Fuente: Los Autores

Tomando en cuenta los parámetros iniciales, cálculos y simulaciones, se realizó el diseño de la estructura con base en todo lo anterior, el diseño incluyó el diámetro de la tubería, geometría de la estructura, materiales, área y prueba de operación, se explicaron y mostraron los resultados finales del diseño se presenta al final de este apartado.

En la simulación dinámica del área de envasado de botellas de vidrio se pueden observar los valores obtenidos en cada salida, siendo el valor de presión obtenido de 6.99 bar, logrando así resultados satisfactorios de acuerdo al requerimiento de condiciones de arranque constantes. Lo que condujo a la simulación que utiliza los límites anteriores con una cuadrícula del 88 %, como se describe arriba.

Finalmente, para evaluar el diseño mecatrónico, se construyó un pequeño prototipo para probar su funcionamiento. Se construyó una cinta transportadora de rodillos con motor eléctrico con 24vdc Delta y 3 boquillas de salida para

flujo de líquido de café, se verifico el área de envasado y la separación de las botellas para lograr el área requerida para la calidad y efectividad en el llenado y posterior envasado, logrando verificar el llenado de 6 botellas en 1 minuto, cumpliendo así las condiciones de diseño como se muestra en la figura 44.

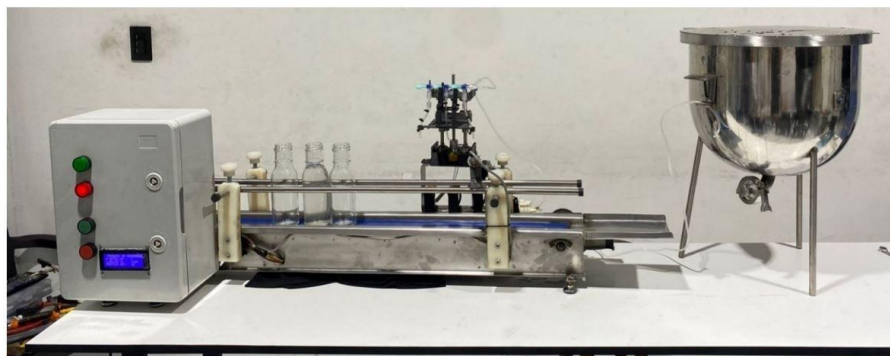


Figura 44. Conexiones del Arduino UNO mediante la placa PCB con la PC, sensor infrarrojo y servomotores. Fuente: Los Autores

A continuación se presentan en la tabla 8, 9 y 10 el rendimiento del diseño, comparación de diseño, y comparación de ventas

Tabla VIII: Rendimiento del diseño. Fuente: Los Autores

Volumen (L)	Tiempo de llenado máquina (s)	Tiempo de Transporte máquina (s)	Error de llenado (%)	Tiempo de llenado Manual (min)	Tiempo de Transporte manual (min)	Error de llenado (%)
0,25	1,20	3	0,5	3 minuto	5	20
0,50	2	4	0,5	6 minuto	10	23
1	4	4	0,8	10 minuto	16	25
1,50	5	5	0,10	13 minuto	18	38

Tabla VIII: Comparación de rendimiento entre el sistema manual y con máquina. Fuente: Los Autores

Producción al mes	Venta Del mes sistema manual	Ganancias aproximadas	Ventas con la máquina	Ganancias aproximadas
1500 órdenes	800 órdenes (Capacidad para cubrir solo 800 órdenes al mes)	800\$	1500 órdenes (capacidad para cubrir 1500 órdenes o más hasta 3000 al mes)	1,500\$ a 3000\$

Tabla IX: Comparación entre ventas tradicionales y ventas automatizadas. Fuente: Los Autores

Evaluación del equipo por ventas tradicional	Evaluación del equipo por ventas automatizadas (Máquina)
Se necesita la intervención de varios empleados operador, despachador, envasador	Se requiere solo la orden por parte del cliente y un supervisor
Propenso a errores y desperdicios en materia prima	El proceso lo efectúa el equipo de manera automatizada sin margen de error ni desperdicios de materiales
Manipulación a conveniencia	La data es integral; el proceso es uniforme y continuo

VII. CRONOGRAMA

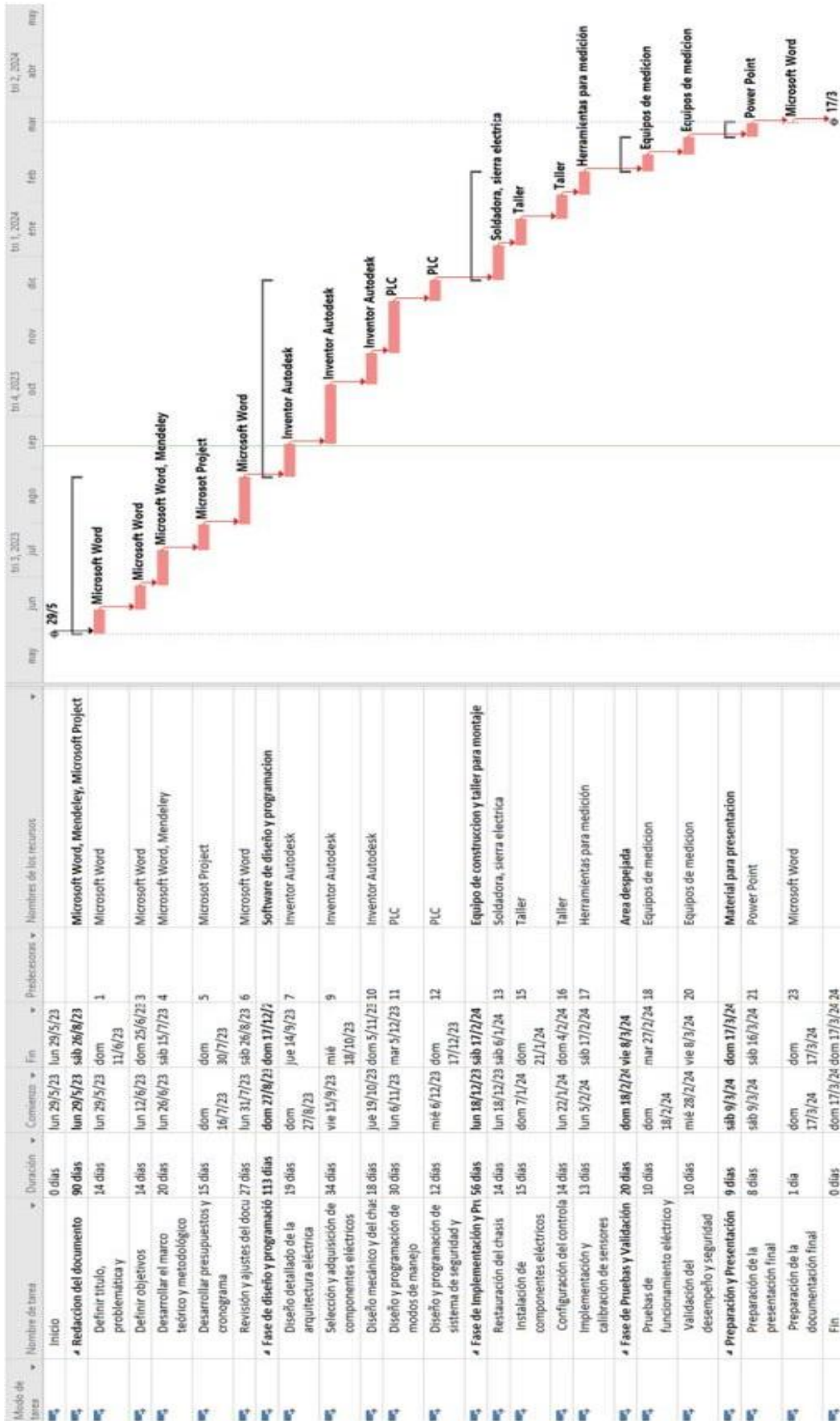


Figura 45: Cronograma de actividades.

VIII. PRESUPUESTO

Tabla X: Presupuesto de materiales necesarios. Fuente: Los Autores

Nombre del material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Chasis de acero	1	70\$	70\$
Banda transportadora	1	50\$	50\$
Estructuras de soporte	3	45\$	135\$
Sensores de proximidad	4	12\$	48\$
Componentes eléctricos	1	60\$	60\$
Paneles de control	2	25\$	50\$
Válvulas de control	3	15\$	45\$
Tubos y conexiones	5	10\$	50\$
Cajas de protección	2	20\$	40\$
Válvulas de seguridad	1	20\$	20\$
PLC	1	350\$	350\$
Elementos de ensamblaje	3	20\$	60\$
Conexiones neumáticas	3	8\$	24\$
TOTAL MAQUETA			1.032\$

IX. CONCLUSIONES

La fase de diseño, por supuesto, requiere de las herramientas informáticas adecuadas para diseñar y probar los distintos elementos necesarios para fabricar correctamente el producto. El equipo está diseñado para cumplir con los requisitos específicos de sus usuarios, pues el autor verificó personalmente que se sigue todo lo especificado desde su protocolo de inspección. El envase de 250ml es 100 % más eficiente y funcionalmente produce 6 envases por minuto. Lo que, sin embargo, determina que la producción de café en una misma máquina aumentará un 200 %, pasando de 6 envases por minuto a 24.

Al realizarse uno tras otro los procesos de dosificación y roscado, el tiempo de permanencia de los envases de cafés sin sellar se reduce considerablemente a 10 segundos por envase, reduciendo la posibilidad de contaminación con algún microorganismo o materia extraña. Como la dosificación es completamente automática, el desperdicio de café se puede reducir significativamente colocando solo la cantidad exacta, la cual consta de 10 gramos de café para cada 180 mililitros de agua.

Las ventajas del diseño concurrente son evidentes, como la capacidad de conectar fácilmente los requisitos del cliente con posibles soluciones propuestas por el ingeniero. Al tratarse de equipos de procesamiento de alimentos, las partes que puedan entrar en contacto directo con el producto deberán utilizar acero AISI 304.

Como resultado la estructura base para la elaboración parte de PLC delta, fuente 24vdc delta, cable de programación, bornera de PLC, sensor de proximidad, SSR 40^a, bomba de agua de diafragma R385 de 6-12V 150L/H, tornillo infinito, guía, filamento 3D, cable dupont de 4 hilos y longitud de 1 metro, placa, pantalla LCD 2004 Azul, 20x4 caracteres, interfaz 12C, fuente 12 vdc, motor 6 vdc, diver 5^a, E18-d80n, servo motor 180 grados, attiny85, F5305 optocoplador, acondicionador Attiny13a Attiny25a Attiny85a Attiny45a, Lcd 12c 2004 20x4 Baquelita perforada circuito 5x7cm, Termoencogible, Step down Lm2596 3^a, arduino nano caja plástica industrial, botonera, así como un motor carro 12vdc garantizando así la resistencia y estabilidad mecánica.

X. RECOMENDACIONES

Implementar un sistema de verificación automatizado para las fuentes de alimentación de 110 V y 220 V, así como para la red de aire comprimido. Este sistema puede incluir sensores de tensión y presión que alerten al operario en caso de una conexión incorrecta antes de iniciar la máquina, evitando riesgos de daño o fallo.

Desarrollar un algoritmo que, mediante el uso de sensores y cámaras, verifique que el ensamblaje de la máquina se ha realizado correctamente antes de iniciar la producción. Esto puede incluir la comprobación de la colocación correcta de las pistolas dosificadoras y otros componentes críticos.

Para el cambio de producción entre lotes de diferentes tamaños (250 ml a 500 ml), integrar un sistema de control automático que ajuste las pistolas dosificadoras de forma dinámica. Este ajuste puede ser controlado por un software que, dependiendo del lote a producir, configure automáticamente la posición de las pistolas.

Incorporar un sistema automatizado de limpieza antes y después de la producción. Este sistema puede utilizar sensores para detectar el inicio y el fin de los lotes de producción y activar ciclos de limpieza que aseguren las condiciones higiénicas óptimas de la maquinaria.

Evaluar el consumo de energía de la máquina y desarrollar estrategias para su optimización. Esto puede incluir el uso de componentes de bajo consumo, sistemas de gestión de energía inteligentes y la optimización de ciclos de producción para minimizar el uso de energía.

Implementar un sistema de mantenimiento automatizado para analizar los datos de operación de la máquina. Este sistema puede predecir fallos o necesidades de mantenimiento antes de que ocurran, reduciendo los tiempos de inactividad y prolongando la vida útil de la máquina.

Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva para la operación de la máquina, que permita a los operarios manejarla de manera eficiente y con mínima capacitación. La interfaz debe permitir fácilmente el cambio entre diferentes tamaños de lotes, ajustes de producción y monitoreo del estado de la máquina.

Integrar tecnologías de visión artificial para supervisar en tiempo real la calidad del envasado. Este sistema detectaría automáticamente defectos como sellados inadecuados o contaminación en los envases, alertando al operario y, si es posible, ajustando automáticamente el proceso para corregir el error.

Utilizar modelos de machine learning para analizar los datos operativos de la máquina y predecir necesidades de mantenimiento o posibles fallos. Esto permitiría realizar intervenciones preventivas, minimizando paradas no programadas y mejorando la confiabilidad del sistema.

Evaluar y optar por materiales sostenibles y reciclables en la fabricación de partes no críticas de la máquina. Esta medida no solo reduciría el impacto ambiental del proyecto sino que también alinearía el producto con las crecientes demandas de sostenibilidad en la industria.

Realizar un análisis profundo de la cadena de suministro para identificar y aplicar mejoras en la adquisición de materiales y la distribución de productos. Optimizar la logística podría resultar en reducciones significativas de costos y emisiones de carbono.

Desarrollar e implementar un plan de formación continua para todo el personal operativo y técnico. Este programa debería cubrir desde la operación y mantenimiento básicos de la máquina hasta conceptos avanzados en automatización y sostenibilidad, asegurando que el equipo esté siempre al frente de las innovaciones tecnológicas y mejores prácticas.

REFERENCIAS

- [1] C. Inman, «Organicos,» 2011.
- [2] K. Beal, «Uso de limpiadores de botellas para reducir la contaminación antes del llenado,» 2016.
- [3] A. Buendía, «Combatiendo la contaminación por plásticos en Galápagos,» 2019.
- [4] S. Stone, «Cinco defectos comunes de la automatización de la fabricación y cómo solucionarlos,» 2013.
- [5] I. Callata, «Diseño e implementación de mecanismos para optimizar el proceso de envasado de aceite de soya en la empresa de conservas de pescado Beltrán E.I.R.L,» 2021.
- [6] A. Guio, *Estudio de caso diseño de producto con énfasis en emprendimiento arepa slicer*, Repositorio institucional Universidad Santo Tomas, Huachipa, Lima, 2023.
- [7] S. Valencia, «Estudio de caso diseño de producto con énfasis en emprendimiento arepa slicer,» 2024.
- [8] D. Ferro, «Diseño de una envasadora automatizada de productos líquidos de la línea de bioseguridad en la Empresa Laboratorios Eufar S.A., Bogotá, Colombia,» 2023.
- [9] R. López, «Diseño mecatrónico de una máquina secadora de botellas de vidrio en una línea de producción de cerveza artesanal,» 2020.
- [10] L. Márquez, «Diseño de un prototipo funcional de embalaje de granos automatizado,» 2020.
- [11] A. Mantilla, «Diseño y construcción de una envasadora automática vertical de granos secos,» 2019.
- [12] A. Álvarez, *Gestión de las pymes para mejorar la comercialización en cultivos de café*. Bogotá, Colombia: Área de innovación y desarrollo, economía, 2021.
- [13] K. Loyos, «Diseño y construcción de una máquina semiautomática mezcladora y envasadora de mascarillas capilares para Bitta Center,» 2022.
- [14] P. Ordoñez, «Diseño de modificaciones a máquina envasadora de Choco-gol,» 2019.
- [15] J. Roque, «Sistema de control basado en PLC y HMI para la automatización de una máquina de moldes de plástico en una fábrica de Chiclayo,» 2022.
- [16] S. Cortez, «Automatización de una máquina envasadora de productos pastosos en vasos y tarrinas para la empresa Astimec S.A. en Quito,» 2019.
- [17] S. Becerra, «Diseño e implementación de mejoras en máquina envasadora de leche para producción en formato de litro y medio,» 2020.
- [18] C. Sánchez, «Diseño de la automatización de una máquina de fertilizantes líquidos,» 2019.
- [19] G. Medina, «Desarrollo de una máquina envasadora y tapadora de yogurt para la Fábrica Lácteos San Francisco,» 2019.
- [20] R. Luis, «Programación de un sistema operacional para máquina envasadora de aceite comestible mediante un controlador lógico programable plc en la planta la alianza, vereda la alianza pasto-nariño,» 2022.
- [21] A. Centeno, «Diseño, construcción e implementación de una máquina envasadora y dosificadora de refrescos para la industria de lácteos Santillán “PRASOL,» 2021.
- [22] O. Cevallos, «Análisis de los niveles de automatización de los procesos industriales en empresa envasadora de agua,» 2020.
- [23] M. de Turismo de Ecuador, «Café de Galápagos,» 2020.
- [24] T. Majschak, «Máquina de llenado de agua,» 2020.
- [25] D. Diseyco, «Diseño de maquina llenadora,» 2020.
- [26] J. Miñano, «Automatizacion de envasadora de liquidos con interfaz html,» 2018.
- [27] C. Evangelista, «Desarrollo, modelado y simulación de un sistema automatizado para el llenado y envasado de agua,» 2020.
- [28] H. Mamani, «Diseño y fabricación de una máquina automática envasadora de gas para mejorar el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ Gas S.A.C. en el distrito de Sicuani - Cusco - 2019,» 2019.
- [29] E. Mancisidor, «Propuesta de implementación de un Sistema Automatizado de envasado y sellado de vacunas para mejorar la productividad en una empresa estatal de rubro farmacéutico,» 2019.
- [30] R. Centeno, «Repotenciación de una máquina envasadora y dosificadora rotativa de yogurt de la Fábrica de Lácteos “PRASOL” ubicada en la parroquia San Luis- Riobamba,» 2022.

[31] D. Hernández, «Gestión y monitoreo de máquinas envasadoras de leche,» 2021.

ANEXO A
CÓDIGO ARDUINO

Prueba Display I2C LCD20x4

```
/*
Programa: Prueba del Display I2C LCD 20x4
Autor: Humberto Higinio
Web: www.humbertohiginio.com
Canal de Youtube: https://www.youtube.com/user/HHSolis
Video Exclusivo para mi canal de Youtube
Todos los Derechos Reservados - 2017
Código de Dominio Público
Conecte Vcc y Ground, SDA a A4, SCL a A5 sobre Arduino
*/

#include <Wire.h> // Lo trae Arduino IDE
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Incluimos la libreria del LCD

// Seteamos la direccion LCD a 0x27 o 0x3F for un display de 20 caracteres
// 4 lineas
// Seteamos los pines sobre el chip I2C usados para las conexiones del LCD:
//                               addr, en, rw, rs, d4, d5, d6, d7, bl, blpol
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // Seteamos
la direc void setup()
{
  lcd.begin(20,4);          // Inicializamos el lcd para 20 caracteres 4 lineas,
  Ence

  // ----- Rápidos 3 blinks para el backlight -----
  for(int i = 0; i < 3; i++)
  {
    lcd.backlight();
    delay(250);
    lcd.noBacklight();
    delay(250);
  }
  lcd.backlight(); // terminamos con el backlight on

  //----- Escribimos caracteres sobre el display -----
  // NOTA: Posicion del Cursor: Lineas y Caracteres empiezan en 0
  lcd.setCursor(5,0); //Empiezo en la posicion 6 (caracter) sobre la linea 0
  lcd.print("Hola, Mundo!");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Bienvenidos a mi");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(2,2);
  lcd.print("Canal de Youtube");
  lcd.setCursor(2,3);
  delay(1000);
  lcd.print("HUMBERTO HIGINIO");
}
```

```
delay(5000);
lcd.setCursor(1,0); //Start at character 0 on line 0
lcd.print("Esta es una prueba");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Display I2C LCD 20x4");
delay(3000);

for(int i = 0; i < 5; i++)
{
  lcd.backlight();
  delay(250);
  lcd.noBacklight();
  delay(250);
}
lcd.backlight(); // terminamos con el backlight on
delay(3000);
}

void loop()
{

}
```

ANEXO B
PLANOS

A continuación se muestran los planos de las piezas empleadas en el proyecto en el 2024:

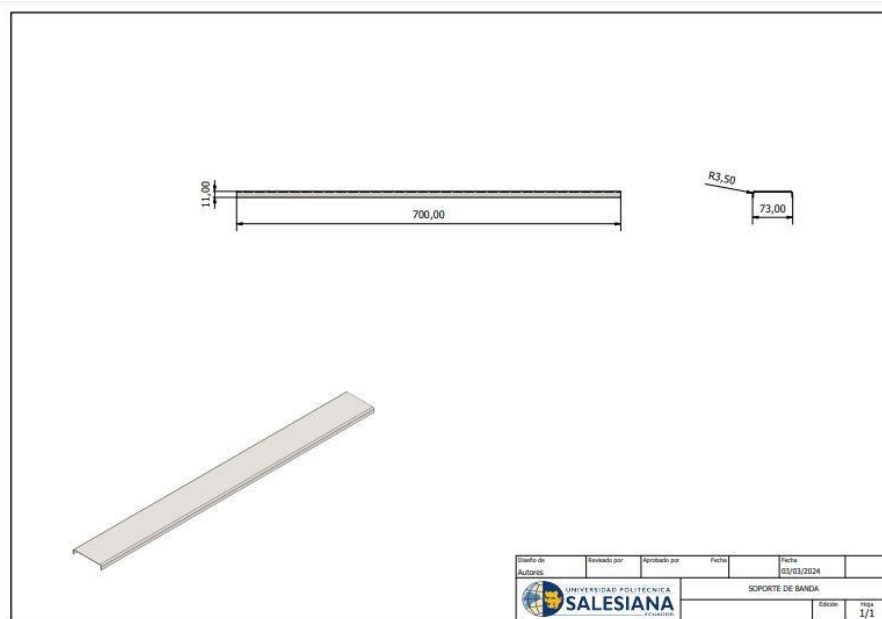


Figura 46. Banda superior

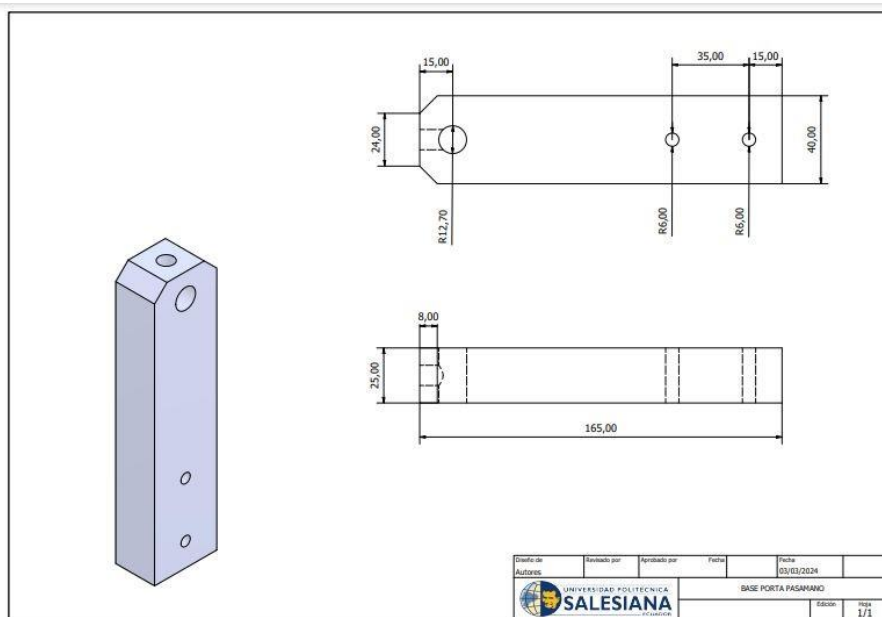


Figura 47. Base porta pasamano

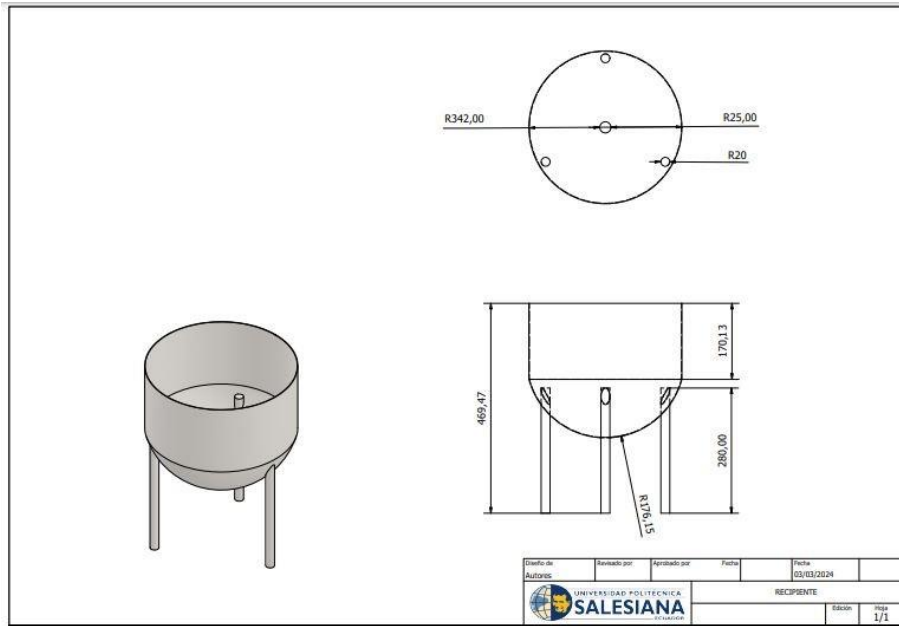


Figura 48. Recipiente

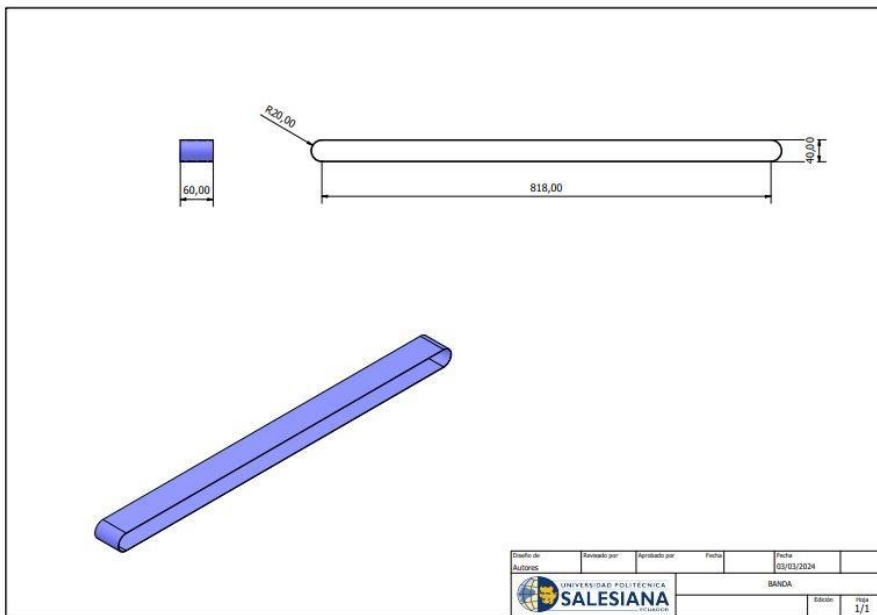


Figura 49. Banda

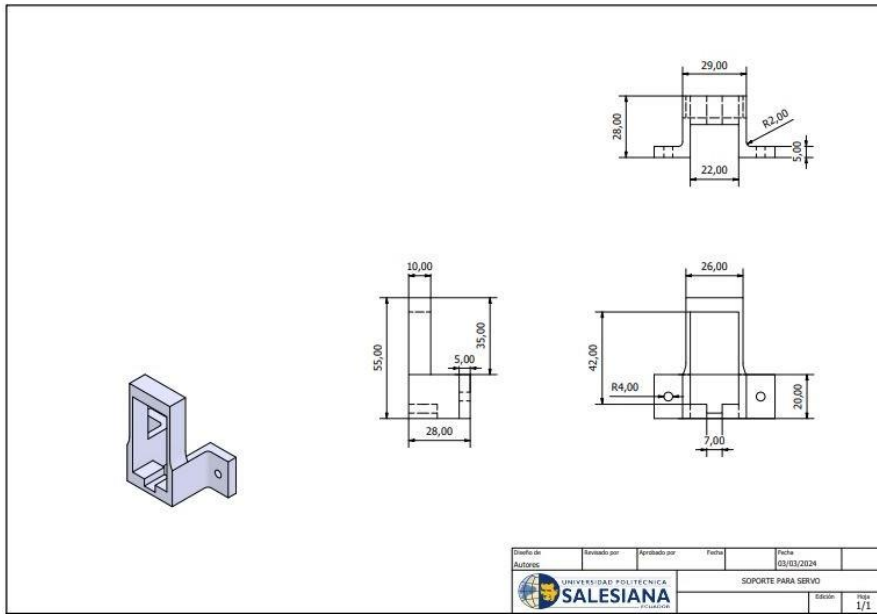


Figura 50. Soporte para servo

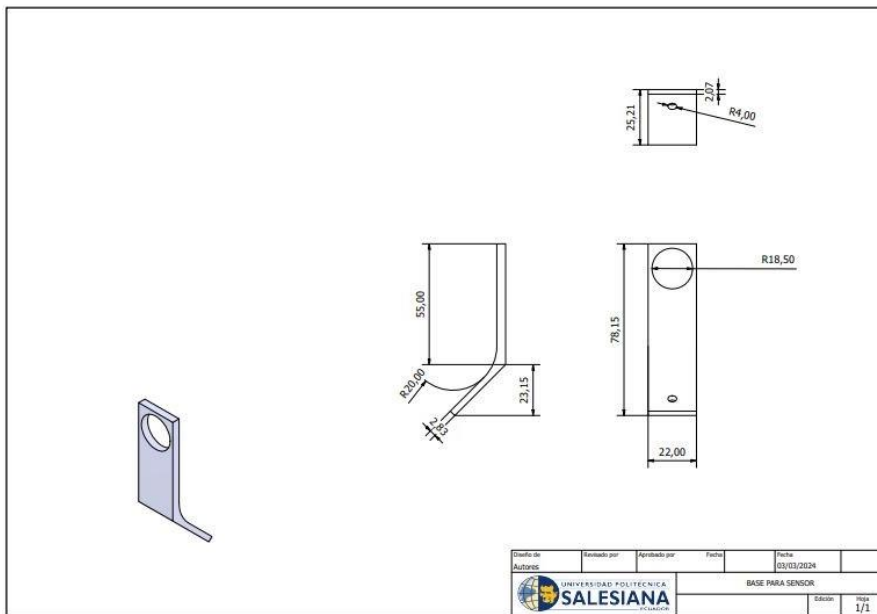


Figura 51. Base para sensor

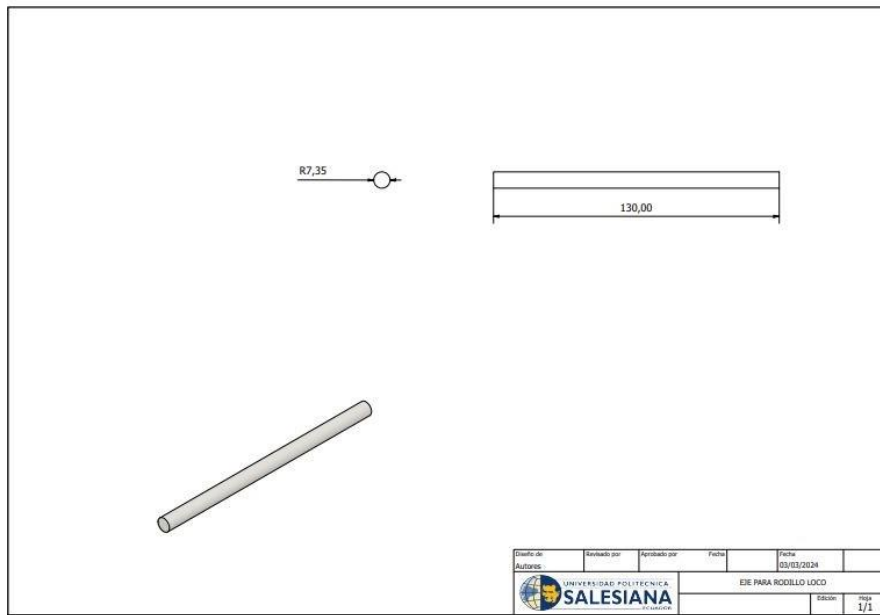


Figura 52. Eje para rodillo

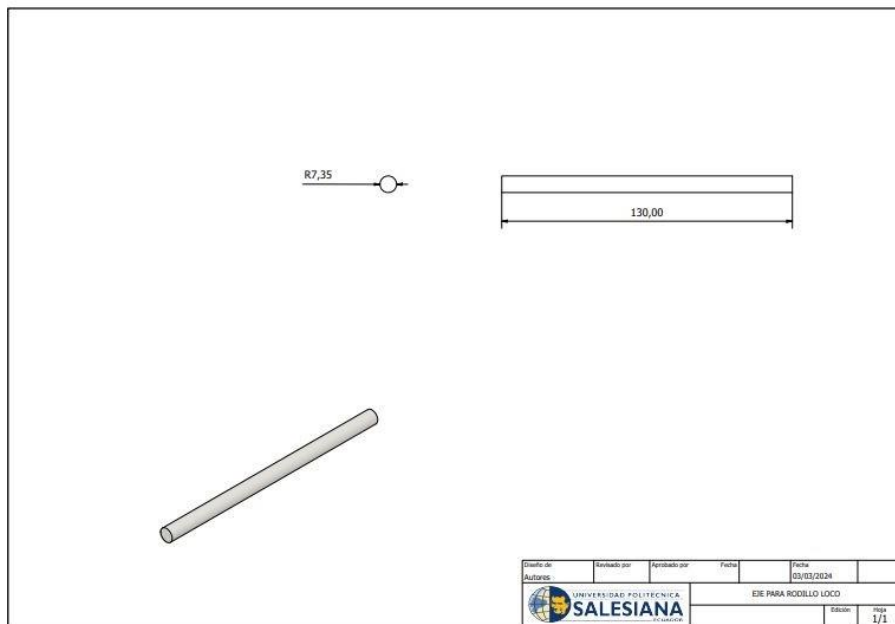


Figura 53. Porta gu'ia

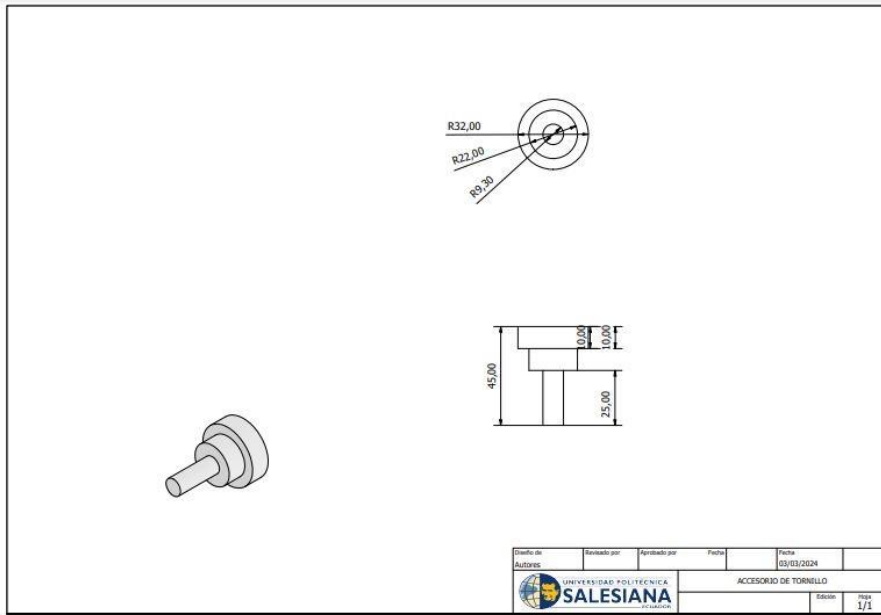


Figura 54. Accesorio de tornillo

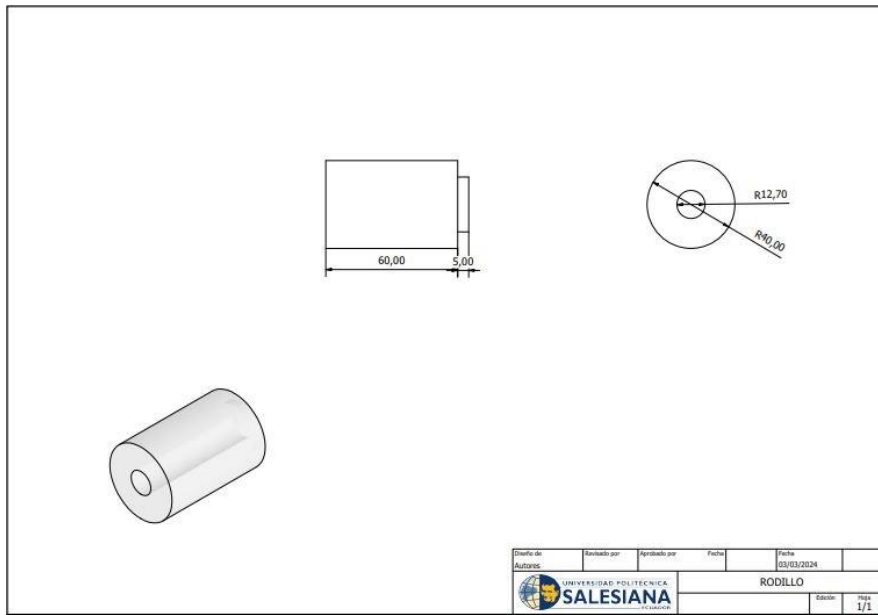


Figura 55. Rodillo

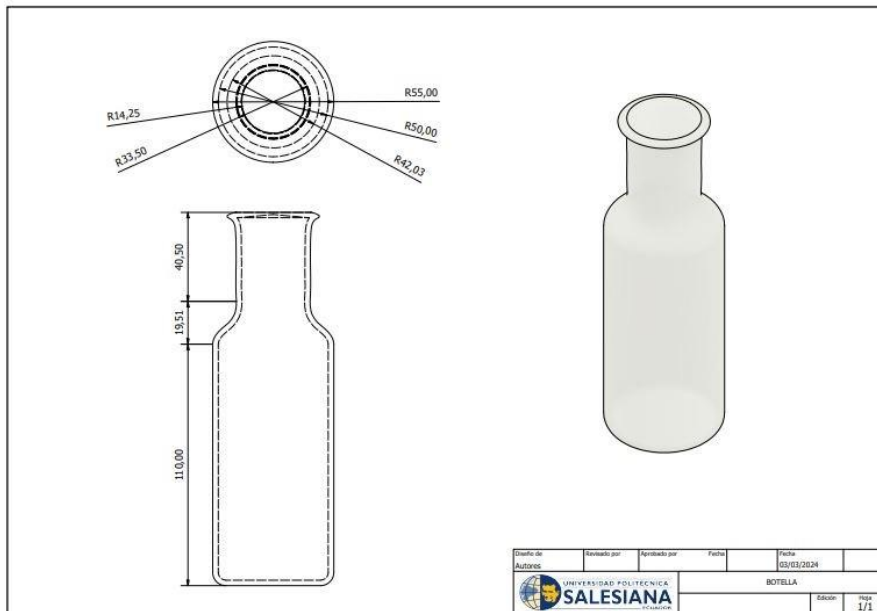


Figura 56. Botella de vidrio

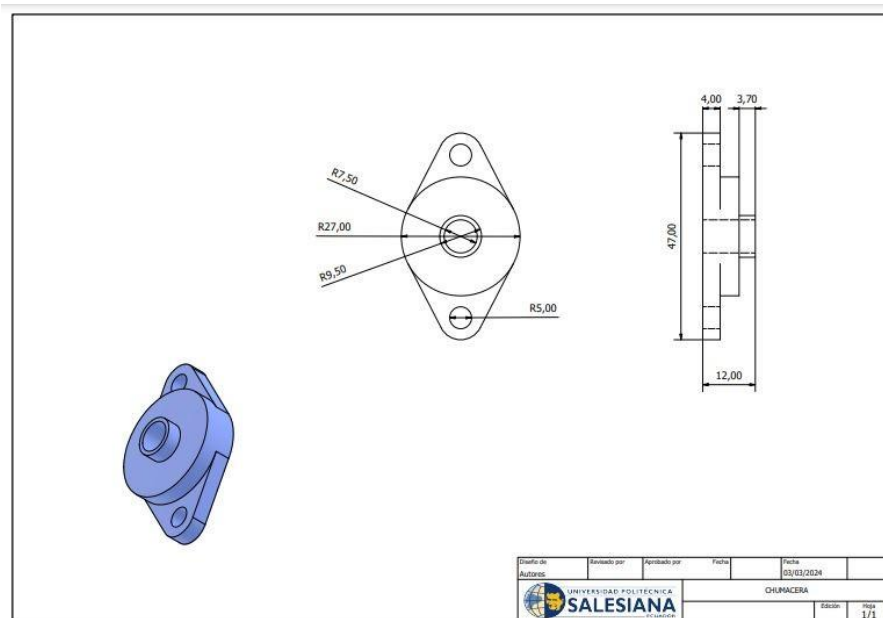


Figura 57. Chumacera de 2 agujeros 12.7

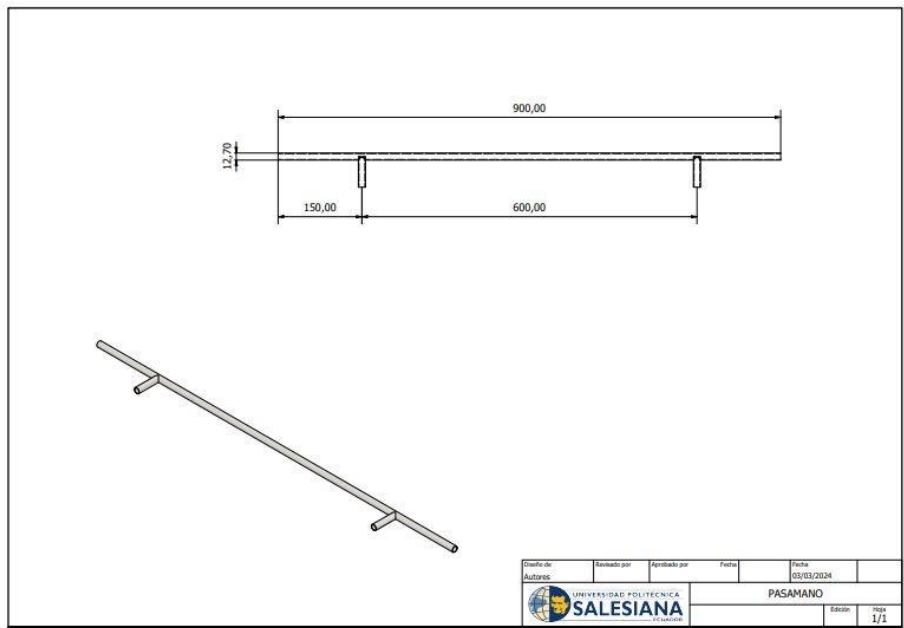


Figura 58. Pasamano.

ANEXO C PLC

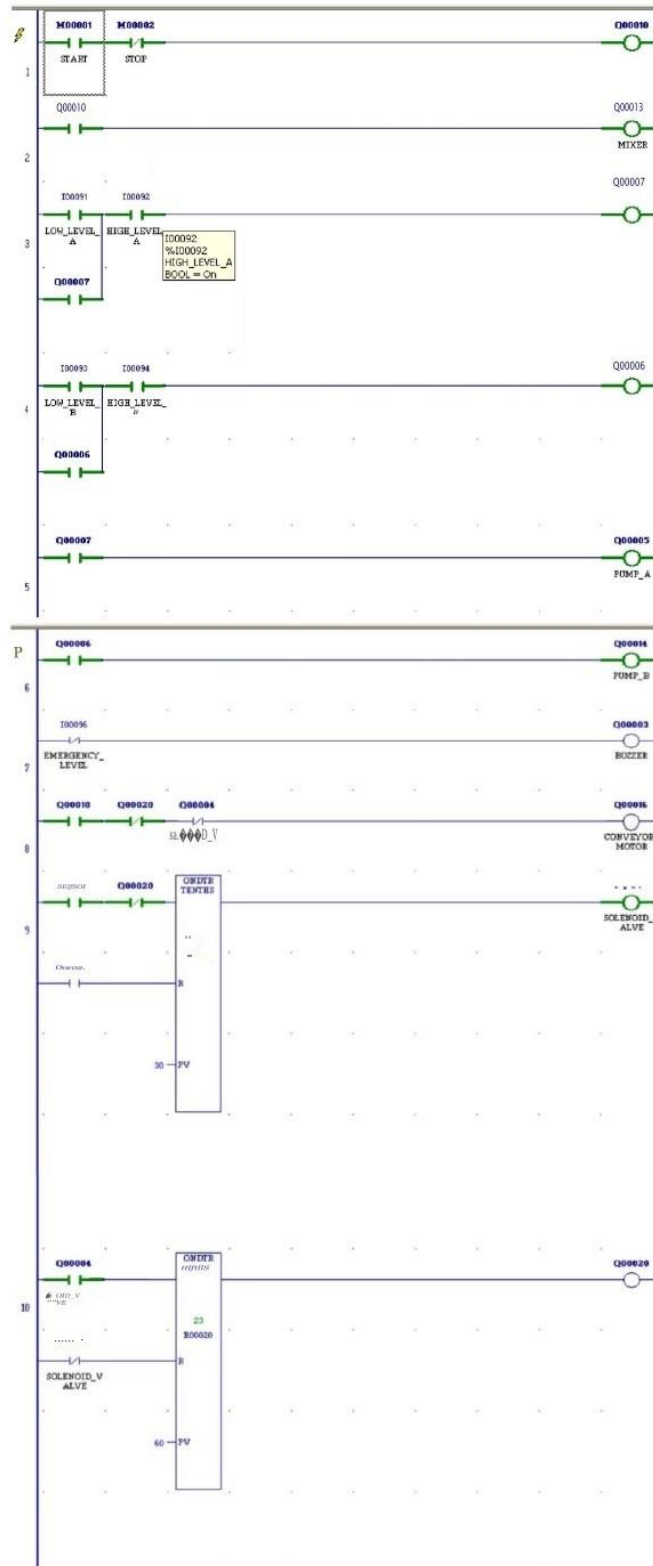


Figura 59. PLC. Fuente: Los Autores