



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE ENVASADO Y SELLADO DE BOTELLAS
PARA PERFUMES DE LA EMPRESA RECUERDOS Y
FRAGANCIAS.**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

DIRECTOR: PHD. DANIEL ALEJANDRO MIDEROS MORA

QUITO, ECUADOR, 2014

DECLARACIÓN

Yo, Raúl Esteban Carpio Vallejo declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Raúl Esteban Carpio Vallejo

060414729-8

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un sistema de producción de envasado y sellado de botellas para perfumes de la empresa Recuerdos y Fragancias**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Mecatrónico** fue desarrollado por **Raúl Esteban Carpio Vallejo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Daniel Alejandro Mideros Mora

Director del Trabajo de Grado

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para salir adelante cada día y enseñarme que ante la adversidad debemos ser más fuertes y confiar totalmente en Él.

A la luz de mi vida que es mi madre y agradecerle por estar siempre a mi lado sin importar nada y brindarme todo su apoyo.

A mi sobrina en 2do grado Raquel por todo el amor que me brindo en momentos difíciles, ayudándome así a llegar a este punto tan importante de mi vida.

Por último pero no menos importante a mi padre que es mí ejemplo de superación, a quien amo con todo mi corazón y agradecerle por ser el pilar y el fomento de mi desarrollo académico.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por cualquier tipo de apoyo que me brindaron a lo largo de mi carrera y a lo largo de mi vida.

A mis amigos que estuvieron de una u otra manera a lo largo de mi desarrollo académico brindándome apoyo incondicional para poder realizar mi trabajo de tesis.

También debo dar las gracias a mi director el DR. Daniel Mideros, coordinador de la carrera Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica Equinoccial., y director de tesis del proyecto “Diseño y construcción de un sistema de producción de envasado y sellado de botellas para perfumes de la empresa Recuerdos y Fragancias.”

Igualmente debo expresar mi agradecimiento a los docentes que formaron parte de mi carrera en Ing. Mecatrónica por proporcionarme todo el conocimiento que adquirí durante este tiempo y que me sirvió para desarrollar este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	ix
SUMMARY.....	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. PLANTAS ENVASADORAS Y SELLADORAS DE BOTELLAS DE PERFUME	9
2.2. ENVASADORAS DE LÍQUIDOS.....	10
2.2.1. Envasadoras de baja capacidad.....	10
2.2.2. Envasadoras Lineales	13
2.2.3. Envasadora Rotativa.....	15
2.3. SELLADORAS DE BOTELLAS DE PERFUME.....	18
2.4. SENSORES INDUSTRIALES.....	20
2.4.1. Los sensores según requerimientos de fuente de energía se dividen en los siguientes:.....	20
2.4.2. Los sensores por la naturaleza de la señal son:.....	21
2.4.3. Los sensores según la variable física a medir son:	22
2.5. TRANSPORTADORAS	25
2.5.1. Transportadoras de transmisión por cadenas	26
2.5.2. Transportadores de banda.....	27
2.5.3. Transportadores de rodillos	28
2.5.4. Transportadores de charnela	29
2.5.5. Transportadores de banda modular	31
2.6. SISTEMAS DE CONTROL	32
2.6.1. Sistemas de control retroalimentados.....	33
2.6.2. Sistemas de control en lazo cerrado	34
2.6.3. Sistemas de control en lazo abierto	34
2.6.4. Plc (Controlador lógico programable)	35
2.7. ACTUADORES INDUSTRIALES.....	39
2.7.1. Motores	39

2.7.2.	Actuadores neumáticos.....	40
2.7.3.	Actuadores Hidráulicos.....	40
2.7.4.	Actuadores eléctricos	41
3.	METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	49
3.1.	METODOLOGÍA MECATRONICA.....	48
3.1.1.	Análisis de requerimientos del sistema	49
3.2.	Materiales.....	54
3.2.1.	Materiales Eléctricos.....	54
3.2.2	Materiales de arquitectura de control.....	59
3.2.3	Partes mecánicas.....	65
4.	DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	70
4.1.	Mecánica.....	70
4.1.1.	Banda transportadora	70
4.1.2.	Cálculos engranajes del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella.....	75
4.2.	Diseño de los componentes electrónicos	81
4.2.1.	Motorreductor.....	81
4.2.3.	Servomotor	83
4.2.4.	Portafusibles.....	84
4.2.5.	Motorreductor.....	84
4.2.6.	Bomba dosificadora	85
4.3.	Electrónica	85
4.3.1.	Circuito convertidor de voltaje de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC)	85
4.3.2.	Circuito de activación de servos	88
4.3.3.	Circuito inversor de giro para motor de corriente continua.....	91
4.4.	Arquitectura de control.....	91
4.4.1.	Sensor de presencia pololu	95
4.4.2.	Diagrama de bloques del sistema de envasado y sellado de botellas de perfume.	96

5. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	98
5.1. Construcción y pruebas del sistema mecánico	98
5.2. Construcción y pruebas del sistema eléctrico.....	103
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
6.1. CONCLUSIONES.....	112
6.2. RECOMENDACIONES	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Espinas de pescado sobre: falta de maquinaria para perfumería....	2
Figura 2: Participación total por categorías de productos de uso personal....	3
Figura 3: Participación línea productos de fragancias	3
Figura 4: Modelo de envasadora de baja capacidad por nivel.....	11
Figura 5: Modelo de envasadora de baja capacidad volumétrica	12
Figura 6: Modelo de envasadora lineal por nivel.....	14
Figura 7: Modelo de envasadora lineal por volumen	15
Figura 8: Modelo de envasadora rotativa por nivel	16
Figura 9: Modelo de envasadora rotativa por volumen	17
Figura 10: Tapas dosificadoras con rosca	18
Figura 11: Botellas con boquilla de rosca	18
Figura 12: Modelo de Engargoladora manual con disco de deformación	19
Figura 13: Modelo de Engargoladora automática	19
Figura 14: Grafica de un sensor analógico representada en V y T	21
Figura 15: Grafica de un sensor digital representada en voltaje y tiempo ...	22
Figura 16: Principio de funcionamiento de un sensor Inductivo	23
Figura 17: Principio de funcionamiento de un sensor capacitivo	24
Figura 18: Transmisión por cadena	27
Figura 19: Partes principales de una banda transportadora	28
Figura 20: Transportadora de tipo rodillos	29
Figura 21: Transportadora de tipo Charnela	30
Figura 22: Transportadora de tipo modular.....	32
Figura 23: Figura de un sistema	32
Figura 24: Diagrama de un sistema de control	33
Figura 25: Diagrama de un sistema de control retroalimentado	33
Figura 26: Diagrama de un sistema de control en lazo cerrado.....	34
Figura 27: Diagrama de un sistema de control en lazo abierto.....	35
Figura 28: Logo 230 RC Siemens.....	37
Figura 29: Estructura de un controlador lógico programable	38
Figura 30: Partes de un motor de corriente continua (DC)	42

Figura 31: Esquema de funcionamiento de un motor de corriente continua (DC)	43
Figura 32: Esquema de funcionamiento de un motor pasó a paso	44
Figura 33: Partes de un servomotor.....	46
Figura 34: Partes de un motor de corriente alterna (AC)	47
Figura 35: Componentes de un sistema mecatrónico.....	48
Figura 36: Motor DC del sistema mecánico a base de engranes.....	54
Figura 37: Medidas de luz piloto led	55
Figura 38: Servomotor Power HD	56
Figura 39: Portafusibles (10*38)	58
Figura 40: Motorreductor	58
Figura 41: Sensor pololu de presencia infrarrojo	59
Figura 42: Circuito de la placa del sensor de presencia pololu	60
Figura 43: Pulsador de marcha 1NA.....	61
Figura 44: Botonera de encendido y apagado	61
Figura 45: Botón de Emergencia	62
Figura 46: Controlador lógico programable (PLC) 230RC con Ethernet.....	65
Figura 47: Diagrama de procesos.....	69
Figura 48: Cargas y soportes fijos en la estructura de la banda transportadora.....	73
Figura 49: Análisis de esfuerzos de la estructura de la banda.....	74
Figura 50: Análisis de deformación de la estructura de la banda transportadora.....	75
Figura 51: Diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella	79
Figura 52: Vista lateral del diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella	79
Figura 53: Diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella con base.....	80
Figura 54: Motor de corriente continua	83
Figura 55: Servomotor HD Power	83
Figura 56: Portafusibles (10*38)	84

Figura 57: Motorreductor	84
Figura 58: Bomba dosificadora	85
Figura 59: Simulación del circuito convertidor de señales de corriente continúa en corriente alterna.....	86
Figura 60: Pistas del Circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna	87
Figura 61: Integrado ULN2803.....	88
Figura 62: Simulación de circuito de activación de servos.....	89
Figura 63: Pistas del Circuito de activación de servomotores.....	90
Figura 64: Pines del PIC16F877A.....	90
Figura 65: Simulación del Circuito inversor de giro	91
Figura 66: Cajetín de control abierto.....	94
Figura 67: Cajetín de control cerrado.....	95
Figura 68: sensor infrarrojo de presencia pololu	95
Figura 69: Sistema de Sellado con servo motor y motorreductor.....	96
Figura 70: Simulación del sistema elaborado en LOGO!soft Comfort V7.0 ..	96
Figura 71: Sistema de simulacion de envasado y sellado	97
Figura 72: Construcción de la banda transportadora	98
Figura 73: Instalación del rodillo secundario.....	98
Figura 74: Instalación del sistema de cadenas para la reducción de velocidad del motorreductor.....	99
Figura 75: Instalación del rodillo principal y chumaceras.....	99
Figura 76: Banda transportadora totalmente ensamblada	100
Figura 77: mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella	100
Figura 78: Base para el mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella	101
Figura 79: Motorreductor con acople de Tol	101
Figura 80: Servomotor con base y acople de tol.....	102
Figura 81: Sistema de sellado de botellas de perfume	102
Figura 82: Pruebas en el circuito convertidor de señales de corriente continúa en corriente alterna.....	103

Figura 83: Circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna	103
Figura 84: Pruebas en el Circuito de activación de servomotores	104
Figura 85: Circuito de activación de servomotores	105
Figura 86: Circuito Inversor de giro de un motor en corriente continua	106
Figura 87: Cajetín de control cerrado.....	107
Figura 88: Cajetín de control abierto.....	107
Figura 89: Contenedor de perfume de acrílico y bomba dosificadora.....	108
Figura 90: Banda transportadora con sistema de envasado y sellado de botellas de perfume	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales para realizar el control del sistema	6
Tabla 2: Actuadores usados en el proyecto	7
Tabla 3: Materiales desarrollo mecánico	7
Tabla 4: Materiales utilizados para el circuito convertidor de voltaje de corriente alterna (AC) en corriente continua (DC).....	7
Tabla 5: Materiales utilizados para el circuito Inversor de giro de motor en corriente continua (DC).....	8
Tabla 6: Materiales utilizados para el circuito que activa los servomotores...	8
Tabla 7: Tipos de actuadores industriales	39
Tabla 8: Características del motor RF-300FA-11420.....	54
Tabla 9: Características del servomotor Power HD	57
Tabla 10: Características del sensor Pololu.....	60
Tabla 11: Características Controlador lógico programable (PLC) 230RC siemens	64
Tabla 12: Datos técnicos del integrado ULN2803.....	88
Tabla 13: Protocolo de pruebas	120

RESUMEN

Recuerdos y Fragancias es una empresa dedicada a la fabricación de perfumes de distintos aromas y tamaños, su proceso de producción en su totalidad era manual, desde el envasado que se lo realizaba con jeringas de plástico hasta el sellado que se lo hacía por medio de engargoladoras manuales con las cuales se debía tener bastante precisión y aplicar una fuerza considerable para que la tapa dosificadora quede sellada en su totalidad, esto generaba desperdicios de tiempo y materia prima por el derrame del perfume o por la ruptura de la botella en cada envasado y sellado. Por lo que, el propósito de este proyecto fue construir un sistema automático de envasado y sellado de botellas de perfume de lazo abierto que minimice los desperdicios que se generan al tener un proceso manual. Para iniciar el proyecto, se realizó un análisis de las especificaciones y necesidades del sistema mecánico, electrónico, eléctrico y de control para realizar una envasadora y selladora de botellas de perfume; luego, se procedió a realizar simulaciones de las placas electrónicas, del PLC y del sistema mecánico de cada estación y de la banda transportadora mediante herramientas VSM y CAD, con lo que se obtuvo un modelamiento virtual del sistema. A continuación se efectuó el proceso de construcción, implementación y ensamblaje físico del prototipo y se concluyó con el protocolo de pruebas del sistema que dio a conocer la efectividad del mismo. Como resultado, se obtuvo una máquina capaz de envasar botellas de perfume en tiempos que fluctuaban de 35 a 45 segundos, dependiendo de la botella, y ejecutando el sellado en 7 segundos; por lo que, el envasado y sellado total de una botella tomará de 12 y 16 segundos. Con lo que se concluyó que es una máquina capaz de sustituir las tareas repetitivas, menorar los desperdicios ya que siempre se dispensará la misma cantidad de perfume y la selladora siempre será la misma ya que la tapa dosificadora es igual para todas las botellas. Finalmente se plasmó las conclusiones obtenidas y se procedió a realizar algunas recomendaciones para

implementarlas o ejecutarlas en un futuro con esto se dio como finalizado el proyecto.

SUMMARY

Recuerdos y Fragancias is a company dedicated to the manufacture of perfumes of different flavors and sizes, its production process as a whole was manually from the packaging it was carried out with plastic syringes to seal that made it through Binding Equipment manuals which should have enough precision and considerable force so that the dispensing cap is fully sealed, this generated waste of time and raw material for perfume leakage or rupture of the bottle filling and sealing each . So, the purpose of this project was to build an automatic filling and sealing of perfume bottles open loop which minimizes waste generated by having a manual process. To start the project, an analysis of the specifications and requirements of the mechanical, electronic, electrical and control system for a filling and sealing of bottles of perfume was made; then proceeded to perform simulations of electronic boards, PLC and mechanical system of each station and the conveyor belt by VSM and CAD tools, with a virtual modeling system was obtained. Then the construction process, implementation, and physical assembly of the prototype was performed and concluded with the test protocol system which released its effectiveness. As a result, a machine capable of packaging bottles of perfume in times that ranged from 35 to 45 seconds, depending on the bottle, and by executing the sealing was obtained in 7 seconds; therefore, the total packaged and sealed in a bottle takes 12 to 16 seconds. Bringing concluded that a machine is able to replace repetitive tasks, to cut back waste and always the same amount of perfume is dispensed and sealing is always the same as the measuring cap is the same for all the bottles. Finally the conclusions are reflected and proceeded to make some recommendations to implement or execute in the future with this project as he finished.

1. INTRODUCCIÓN

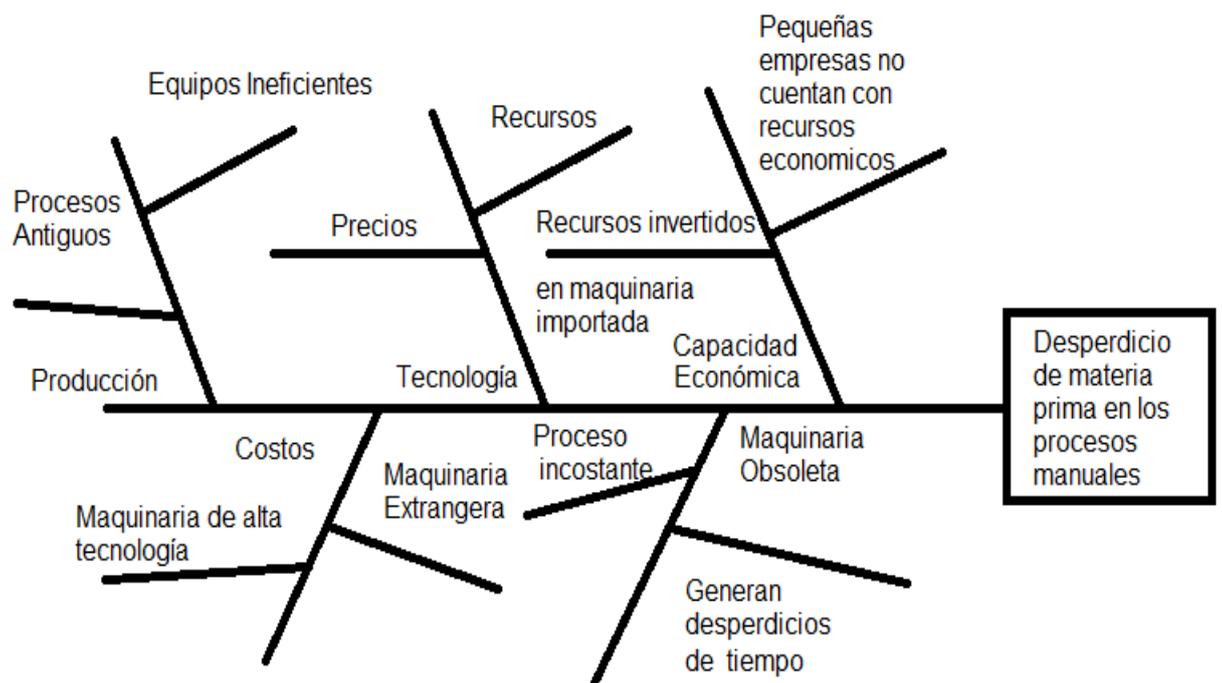
Los avances tecnológicos cada vez son más sorprendentes a nivel industrial y uno de los campos que se ha notado un gran desarrollo es el de envasado y sellado de cualquier tipo de producto ya sea alimenticio, cosmético, medicinal, etc. Hoy en día se ha dado mayor énfasis en el uso de tecnologías mecánicas, en la construcción de maquinarias que faciliten las tareas repetitivas que generan el envasado y sellado de las botellas, hasta llegar a lo que se conoce como producción en serie, siendo lo que busca la empresa Recuerdos y Fragancias ya que sus procesos de envasado y sellado son manuales. El proceso de envasado inicia con varios recipientes plásticos que contienen los diferentes perfumes preparados y de los cuales se toman cantidades arbitrarias con ayuda de una jeringa, la cual es utilizada para suministrar el perfume en las diferentes botellas de cristal que van desde los 40 ml a los 60 ml de capacidad. Este proceso hace generar desperdicios de tiempo y materia prima debido al derrame de perfume al traspasarlo del recipiente a la jeringa y por último a la botella. La selladora constituida por una máquina de tres pasos, que inicia al accionar una palanca que desciende un pistón que pisa la válvula dosificadora, a continuación se activa otra palanca horizontal hacia la derecha la cual activa un botón que acciona un motorreductor de 12 V que gira la base que soporta la botella y la hace girar para que el sello metálico abraza fuertemente al labio y cuello de la botella. Sin embargo, 3 de cada 10 botellas trabajadas, o se rompen o no sellan correctamente, debido a que se necesita bastante precisión para realizar cada una de las operaciones, produciendo el desperdicio de botellas de cristal, tapas dosificadoras y de perfume.

La mayoría de maquinarias enfocadas al envasado y sellado de botellas de perfumería son de uso manual ya que las máquinas que se fabrican en Ecuador son muy costosas y son difíciles de obtener, la mayoría de las máquinas existentes son neumáticas por lo que las empresas pequeñas no tienen la capacidad técnica ni económica para adquirir este tipo de maquinaria. Otro problema es que los repuestos de alta tecnología con los que cuenta una máquina de este tipo son complicados de obtener.

Por lo que se busca construir una máquina que pueda dosificar una cantidad de perfume predeterminada en una botella específica y también sellarla de manera que los procesos que generalmente son manuales se los automatice gracias a la interacción de sensores, actuadores y partes mecánicas que serán controladas por un controlador lógico programable.

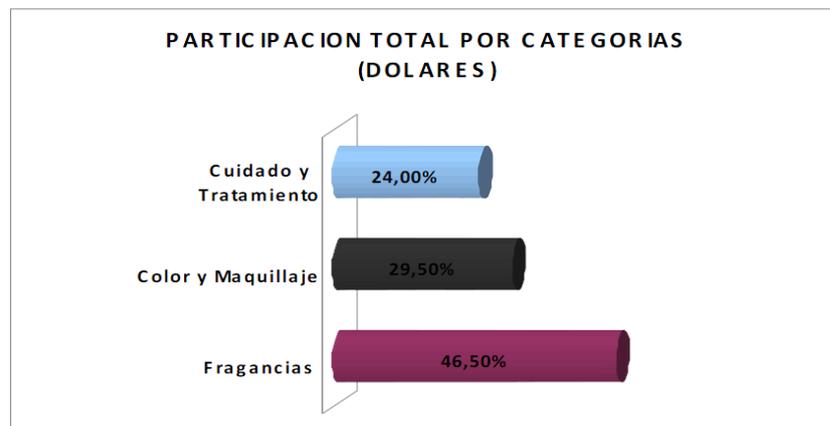
Se puede conseguir maquinarias para envasar y sellar pero generalmente por separado y habitualmente se debe interactuar con la maquinaria ya que contienen varias partes que se deben accionar manualmente. Por ejemplo en el proceso de llenado se debe ubicar la botella manualmente debajo de la dosificadora y también para accionar la dosificación del perfume se tiene que activar con algún botón o switch.

Figura1: Espinas de pescado sobre: escases de maquinaria para perfumería



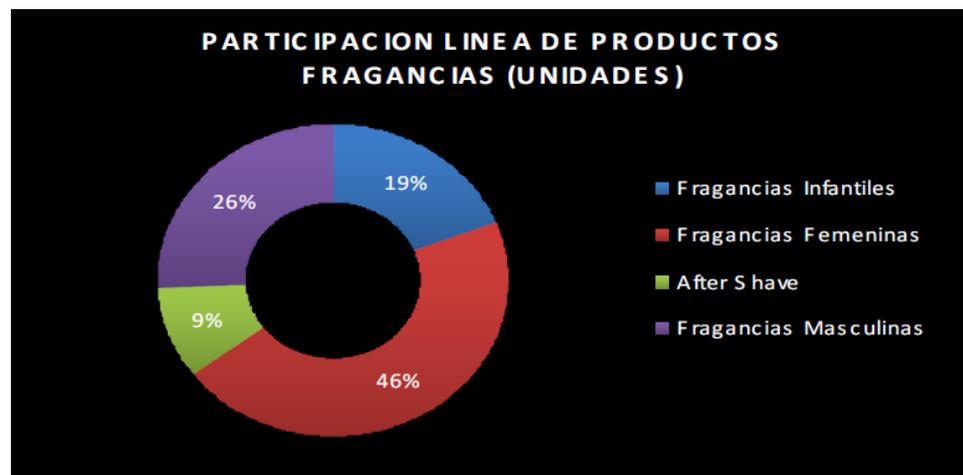
Actualmente la participación de la perfumería o fragancias en los productos de uso personal tienen un gran porcentaje en el consumo de mercado por lo que es necesaria la fabricación de maquinaria para su producción.

Figura 2: Participación total por categorías de productos de uso personal



Fuente: Sondeo investigadora de mercados. DIC/ 2009

Figura 3: Participación línea productos de fragancias



Fuente: Sondeo investigadora de mercados. DIC/ 2009

Se propone el diseño e implementación de un prototipo de maquinaria eléctrica que conste de sensores, actuadores, mecanismos y circuitos que interactúen mediante un controlador lógico programable (PLC) para realizar un envasado y sellado de distintas botellas de perfumería.

Con lo descrito anteriormente el diseño e implementación del prototipo es un proyecto viable ya que es una necesidad para la industria de perfumería, se dispone con una amplia información y tecnología suficiente para resolver el problema planteado. Con la interacción de todos los dispositivos eléctricos, electrónicos y de control que conforman el sistema se podrá mejorar el proceso manual existente, reduciendo los desperdicios de materia prima y tiempo.

El objetivo general del proyecto es diseñar y construir un sistema de envasado y sellado de botellas de perfume en la empresa Recuerdos y Fragancias.

Los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

- Diseño y construcción del sistema mecánico para el proceso.
- Diseño y construcción de un sistema de control automático para el envasado y sellado de perfumes.
- Implementar el sistema mecatrónico del proyecto.

La empresa Recuerdos y Fragancias busca que el envasado y sellado de cada perfume tenga un mayor control y precisión para que de esta manera pueda tener un ahorro de materia prima que permitirá evaluar eficientemente la cantidad de insumos que debe adquirir cada mes tomando en cuenta la cantidad deseada a fabricar. Es necesaria una producción con menores desperdicios de tiempo y materia prima para poder ser una empresa más rentable y mejorar los estándares de calidad en el producto terminado. Al finalizar el proyecto descrito en el presente documento tendrá el modelo de un sistema de envasado y sellado de perfume capaz de proporcionar cantidades exactas de perfume mediante una bomba dosificadora de 120v que se activara mediante la señal de 2 sensores de presencia que se acumularan en el PLC el cual accionara la bomba y también el mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora, las cantidades van desde

los 40ml, 50ml y 60ml de perfume a cada botella. Además este sistema tendrá la capacidad de realizar el sellado de la botella mediante un sistema de enroscado basado en un motorreductor y un servomotor que serán activados mediante un PLC dependiendo de la posición en la que se encuentre la botella en la banda que será controlada por 2 sensores de presencia y por supuesto podrá realizar un proceso continuo y eficaz. El desarrollo de un prototipo de maquinaria de envasado y sellado de botellas de perfume es factible técnicamente por las siguientes razones:

- Los recursos técnicos tanto los mecánicos eléctricos y de control están al alcance.
- Existen maquinarias realizadas en el país sobre el control de procesos mediante controladores lógicos programables.
- El envasado y sellado que se desea obtener para las botellas de perfumería son ampliamente conocidos y básicos.
- Existen profesionales que realizan este tipo de maquinarias, en su mayoría neumáticas pero el objetivo es el mismo.

El diseño mecánico se lo realizará en la herramienta CAD Solid Works ya que disponemos de un mejor manejo y practica del mismo. Dicho software brinda una gran cantidad de funciones que permiten obtener un entorno completo para el trabajo y estudio mecánico. Para realizar los diseños de los circuitos de control se usarán las herramientas de simulación PCB Wizard e ISIS Proteus los cuales nos permiten interactuar con los dispositivos eléctricos necesarios para este proyecto, también nos dan la posibilidad de verificar el funcionamiento de los circuitos antes de realizar las placas impresas. En cuanto a la factibilidad técnica la estructura de la banda transportadora es la más costosa de todo el proyecto ya que esta conlleva el motorreductor, la banda, los rodillos que deben ser fabricados con fresadoras, tornos y demás herramientas que tienen un costo elevado por su uso.

Los circuitos impresos también representan una parte significativa del coste de la maquina ya que en este proyecto se usarán tres principales los cuales son:

- Circuito convertidor de voltaje de corriente continua en corriente alterna que sirve para la activación del controlador lógico programable (PLC).
- Circuito que activa los servomotores mediante tren de pulsos generado por el microcontrolador (PIC16F877A).
- Circuito inversor de giro basado en puente H a base de relés.

A continuación se describe el costo de cada uno de los materiales que se utilizan en el proyecto:

Tabla 1: Materiales para realizar el control del sistema.

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
Controlador Lógico Programable PLC230 RC	1	230.52	230.52
Módulo de expansión Logo 4E/4S	2	63.56	127.12
Sensor de presencia pololu	4	13.90	55.60
Botones	3	8.35	25.05
Botón de emergencia	1	20.27	20.27
Botón de On/Off	1	10.50	10.50
Cajetín	1	30	30
TOTAL			371.94

Tabla 2: Actuadores usados en el proyecto.

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
Motorreductor	1	70	70
Mecanismo manguera	1	10	10
Bomba dosificadora de perfume	1	20	20
Servomotores	4	15	60
Selladora	1	200	200
Portafusibles	1	5	5
TOTAL			365

Tabla 3: Materiales desarrollo mecánico.

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
Banda	1	80	80
Rodillos	2	50	100
Estructura	1	580	420
TOTAL			600

Tabla 4: Materiales utilizados para el circuito convertidor de voltaje de corriente alterna (AC) en corriente continua (DC).

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
Relés	8	0.95	7.50
Integrado ULN3904	1	0.95	0.95
Leds	8	0.15	1.20
Borneras dobles	18	0.35	6.30
Switchs	8	0.4	3.2
Resistencias 1K	8	0.03	0.24
Diodo rectificador 1N4007	8	0.10	0.8

Zócalo 18 pines	1	0.15	0.15
Placa	1	15	15
TOTAL			35.34

Tabla 5: Materiales utilizados para el circuito Inversor de giro de motor en corriente continua (DC).

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
Relés	2	0.95	1.9
Transistores 3904	2	0.15	0.3
Diodo rectificador 1N4007	2	0.10	0.2
Borneras dobles	3	0.35	0.7
Resistencias 4.7K	4	0.03	0.12
Placa	1	4	4
TOTAL			7.22

Tabla 6: Materiales utilizados para el circuito que activa los servomotores

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. Total
PIC16f877A	1	7.50	7.50
Pulsador	1	0.25	0.25
Borneras dobles	10	0.35	3.50
Cristal 4MHZ	1	0.50	0.50
Capacitores cerámicos 22pf	2	0.05	0.10
Espadines triples	8	0.08	0.64
Resistencias 1K	16	0.03	0.48
Regulador 7805	1	0.75	0.75
Leds	8	0.15	1.20
Placa	1	9	9
TOTAL			23.92

2. MARCO TEÓRICO

Esta parte del proyecto corresponde al análisis bibliográfico, inicialmente se realiza una descripción general de las plantas envasadoras y selladoras de botellas de perfume, luego se muestran los dispositivos tanto eléctricos mecánicos y de control que se usan generalmente para estas maquinarias mostrando así los tipos y características de los mismos.

2.1. PLANTAS ENVASADORAS Y SELLADORAS DE BOTELLAS DE PERFUME

Una envasadora y selladora de botellas de perfume contiene componentes de control, mecánicos, eléctricos y varios tipos de software que dan soporte a los dispositivos implementados.

Las botellas generalmente son movilizadas por transportadoras mecánicas que usan motorreductores y su selección depende de la velocidad en revoluciones por minuto requerida para dicha transportadora que reposa sobre algún tipo de estructura que varía dependiendo del peso de la materia prima a transportar, las envasadoras son multicabezal ya que se necesita que el proceso sea rápido llenando varias botellas a la vez.

La dosificadora se selecciona según el tipo de líquido a dosificar ya sea de gran viscosidad, mediana viscosidad o de poca viscosidad y la tapadora o selladora de enroscado rotativo será seleccionada según la boquilla de la botella o la tapa a usarse.

El control automático del sistema puede ser realizado con varios dispositivos como un controlador lógico programable PLC, un Microcontrolador o con placas electrónicas que serán las encargadas de recibir los datos de entrada y salida de los dispositivos ya sean actuadores, sensores, captadores, sistemas mecánicos, sistemas hidráulicos o sistemas neumáticos.

2.2. ENVASADORAS DE LÍQUIDOS

Este tipo de máquinas están diseñadas para optimizar el proceso de cada producto en particular con lo que se logra líneas integrales de envasado, eficiente, confiable, fáciles de operar y mantener.

Entre las más envasadoras más utilizadas están:

- Envasadoras de baja capacidad.
- Envasadoras Lineales.
- Envasadoras Rotativas.

Estas máquinas son capaces de envasar cualquier tipo de líquido dependiendo de las exigencias y necesidades del cliente, cabe recalcar que existen maquinas con alta frecuencia de operación y de baja frecuencia dependiendo del nivel de producción de la planta. (Astimec 2000).

2.2.1. Envasadoras de baja capacidad

Estas son máquinas de baja capacidad debido a que su producción por hora es reducida al ser controlado con maquinaria semiautomática o en muchos casos manual. Este tipo de máquinas son usadas muy frecuentemente en las microempresas que requieren pequeños lotes de producción, dichas microempresas lo que buscan es mejorar su proceso con equipos sencillos, económicos y pequeños que no ameriten realizar adecuaciones en sus instalaciones (Equitek 1993).

Algunas ventajas que presenta este tipo de máquinas en las microempresas:

- Prácticas al momento de realizar la limpieza.
- Económicas, por lo que el desarrollo técnico no es muy avanzado.
- Confiables, por ser una máquina sencilla.

- Fácil de operar, esto ayuda a que nuevos empleados no necesiten un largo de tiempo de capacitación o adaptación.

Como desventajas de este tipo de máquinas se tiene que la producción dependerá de la destreza del operador al momento de envasar.

Podemos destacar dos modelos dependiendo del método con el cual se realiza el envasado:

- Envasadora por nivel.
- Envasadora volumétrica.

Envasadora por nivel

Este sistema se basa en una bomba la cual presuriza las mangueras con líquido para que al momento que estas se abren realicen un llenado rápido. Las botellas son colocadas en la parte inferior de las boquillas y al abrirse las válvulas de manera manual el líquido es introducido en las botellas. El número de válvulas utilizadas depende de la cantidad de botellas que se desean envasar por hora (Equitek, 1993).



Figura 4: Modelo de envasadora de baja capacidad por nivel.

Fuente: www.fillers.com

Envasadora volumétrica

El diseño de este tipo de máquinas se enfoca en pequeñas producciones de líquidos de baja, mediana o alta viscosidad que no sean espumosos.

El principio de funcionamiento se basa en un pistón volumétrico¹ de carrera controlado, el cual succiona el líquido del reservorio e inyecta la cantidad establecida o especificada.

Algunas desventajas de esta máquina es que la producción va a estar limitada al tiempo que se demore en la evacuación del producto que se alojan en los reservorios de alimentación (Equitek, 1993).



Figura 5: Modelo de envasadora de baja capacidad volumétrica

Fuente: www.equitek.com.mx

¹ Pistón volumétrico: Son los utilizados para realizar movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de elevadas viscosidades.

2.2.2. Envasadoras Lineales

Los equipos que se envasan linealmente, están enfocados para lograr velocidades de producción moderadas, la operación es de forma automática y están optimizados ergonómicamente para lograr un proceso eficiente y confiable.

Cada tecnología de envasado busca optimizar el proceso tomando en cuenta la presentación buscada y el comportamiento del producto al momento de envasar. Todos los equipos de envasado se pueden complementar con sistemas de tapado por presión o enroscado, en formato lineal o rotativo, dependiendo de qué tanta capacidad de producción se requiera de la envasadora y equipos de etiquetado para formar una línea de empaque integral y eficiente (Astimec 2000).

Existen varios líquidos a envasar pero los principales son:

- Envasado de productos líquidos de baja viscosidad
- Envasado de productos líquidos de alta viscosidad o pastas
- Envasado de productos sólidos, polvos o granulados

También se clasifican por proceso a realizar:

- Envasado por nivel
- Envasado por volumen

Envasadoras por nivel

El diseño de estas máquinas lineales se basa en un sistema de boquilla que se introducen y sellan el envase. El exceso de producto es recirculado al reservorio, logrando con esto un nivel de producto constante en los envases. De esta manera se consigue un llenado eficiente sin derrames.

Este sistema posee una banda transportadora en la cual se desplazan las botellas y con brazos neumáticos son colocados bajo las boquillas de envasado, las mismas son detenidas por medio de pistones neumáticos (Equitek 1993).



Figura 6: Modelo de envasadora lineal por nivel

Fuente: www.fillers.com

Envasadoras por volumen

La principal característica de estas máquinas es el pistón volumétrico de carrera controlada, el cual succiona de un reservorio una cantidad determinada de producto y dosifica unas pre-cámaras las cuales están diseñadas con una medida exacta y precisa con la cual se va a envasar cada recipiente por medio de la boquilla, se pueden envasar productos de media y alta viscosidad dependiendo de lo requerido (Equitek 1993).



Figura 7: Modelo de envasadora lineal por volumen.

Fuente: www.equitek.com.mx

2.2.3. Envasadora Rotativa

El envasado rotativo está enfocado a grandes lotes de producción y se puede implementar una alta velocidad de funcionamiento pero esto dependerá del número de boquillas que la maquinaria posea.

Estas máquinas poseen una frecuencia de operación muy alta ya que no se detiene al momento de envasar como lo hace en el tipo de envasado lineal (Equitek, 1993).

Se pueden envasar dos tipos de productos líquidos que son:

- Envasado de productos líquidos de baja viscosidad.
- Envasado de productos líquidos de alta viscosidad o pastas.

De acuerdo al proceso se clasifican en:

- Envasado por nivel.
- Envasado por volumen.

Envasadoras por nivel

Esta envasadora posee un sistema continuo de llenado el cual hace que no exista tiempos no productivos. Estas máquinas se diseñan con un gabinete cerrado el cual da protección y seguridad para las personas involucradas en la operación de la máquina.

Al realizar un modelo rotativo disminuye el espacio requerido por una envasadora lineal lo que ayuda a tener varias máquinas en un área pequeña dando así más ganancias a la empresa.

Una desventaja es el costo de mantenimiento que genera la maquinaria ya que posee un eje central por el cual circula energía eléctrica, presión de aire y el líquido a ser envasado. Por lo cual si se llega a deteriorar este elemento la maquina pierde todo su potencial y el cambio conlleva a tener que remover todas las piezas conectadas al eje y el tiempo de reparación llega a ser muy alto (Equitek 1993).



Figura 8: Modelo de envasadora rotativa por nivel.

Fuente: www.equitek.com.mx

Envasadoras por volumen

Estas máquinas son diseñadas para envasar productos de baja mediana o alta viscosidad. Su buen funcionamiento depende de la utilización de flujómetros² que pueden ser electrónicos, magnéticos y de tipo másico dependiendo del producto a envasar.

Cuenta con una banda transportadora lineal por la cual ingresará y se despachará las botellas a usarcé.

La velocidad de rotación de esta máquina depende del producto que se va a envasar y de la frecuencia de operación que exija el cliente (Equitek, 1993).



Figura 9: Modelo de envasadora rotativa por volumen.

Fuente: www.equitek.com.mx

² Flujómetros: Son instrumentos que miden el caudal o gasto volumétrico de un fluido.

2.3. SELLADORAS DE BOTELLAS DE PERFUME

Este tipo de maquinaria asegura las tapas dosificadoras de plástico o de aluminio con las boquillas en forma de rosca o las que cuentan con una extrucción para ser engargoladas o grafadas a las botellas de perfume, generalmente están conformadas con un motor de corriente continua (DC), un motorreductor o un motor de corriente alterna (AC), y una pieza moldeada de tol, aluminio o acero inoxidable la cual es la encargada de enroscar o engargolar la tapa dosificadora.



Figura 10: Tapas dosificadoras con rosca.

Fuente: es.aliexpress.com



Figura 11: Botellas con boquilla de rosca

Fuente: www.elartedelperfumelafabrica.com

Para que embone el dispositivo de sellado en la boquilla generalmente se usan palancas manuales para subir y bajar la selladora y la botella debe ser manipulada para ubicarla en la posición correcta para ser sellada o engargolada.



Figura 12: Modelo de Engargoladora manual con disco de deformación.

Fuente: Guershy Maquinas grafadoras de perfumería.

También se usan procesos automáticos conformados por dispositivos electrónicos como sensores para detectar la presencia de la botella en la posición óptima para sellar o engargolar y de esta manera con un inversor de giro cualquier motor realizará el movimiento vertical en ambos sentidos de manera automática y controlada.



Figura 13: Modelo de Engargoladora automática.

Fuente: www.logismarket.com.mx

2.4. SENSORES INDUSTRIALES

Un sensor es un dispositivo que convierte energía de tipo calórica lumínica, presión, acústica, movimiento, caudal, etc. En otra generalmente eléctrica para así poder medirla y controlarla. También son indispensables al momento de fabricar cualquier tipo circuito de control sobre todo si se lo emplea en una maquinaria de proceso continuo ya que se puede detectar fallas y errores que se generen eventualmente (Bolton, 2006).

2.4.1. Los sensores según requerimientos de fuente de energía se dividen en los siguientes:

Sensores Activos

Los sensores activos requieren fuente de energía externa o una señal de excitación para poder funcionar. Estos sensores trabajan en el rango de las microondas, razón por la cual es posible trabajar sobre cualquier condición atmosférica. Su funcionamiento se basa en que emiten energía sobre el objeto y reciben la señal reflejada por el mismo (Vignoni, 2003).

Sensores Pasivos

Los sensores pasivos, son aquellos que utilizan fuentes externas de energía para obtener información de los objetos. Estos sensores generalmente trabajan sobre el rango del visible dentro del espectro electromagnético.

También se lo puede definir como un captador magnético, que por lo general tiene solo dos terminales y generan señales de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar como por ejemplo sensores con medidas variables donde la resistencia es variable, la capacidad es variable o donde la inductancia es variable) (Vignoni, 2003).

2.4.2. Los sensores por la naturaleza de la señal son:

Sensores Analógicos

Un sensor analógico puede es capaz de generar una señal variable dentro de un determinado rango que varía en el tiempo y son proporcionales a los efectos que se están midiendo (todorobot, 2000).

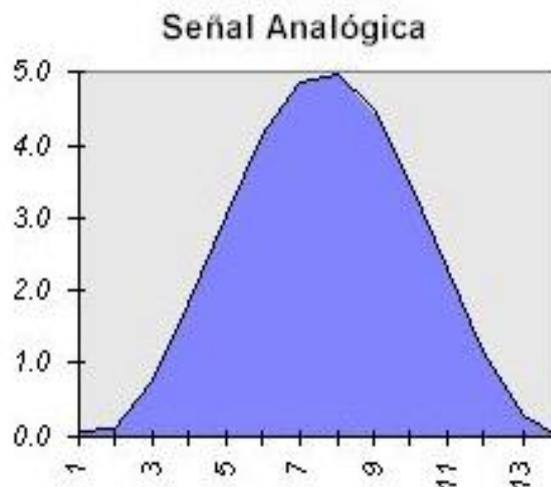


Figura 14: Grafica de un sensor analógico representada en voltaje y tiempo

Fuente: www.todorobot.com.ar

Sensores digitales

Un sensor digital es aquel que entrega una salida del tipo discreta que puede ser activo o pasivo, los estados de un sensor digital son absolutos y únicos, y se usan donde se desea verificar estados de "verdad equivalente a 1" o "negación equivalente a 0". En este caso no existen estados intermedios y los valores de tensión que se obtienen son únicamente dos, 5V y 0V y con un consumo de corriente bajo (todorobot, 2000).

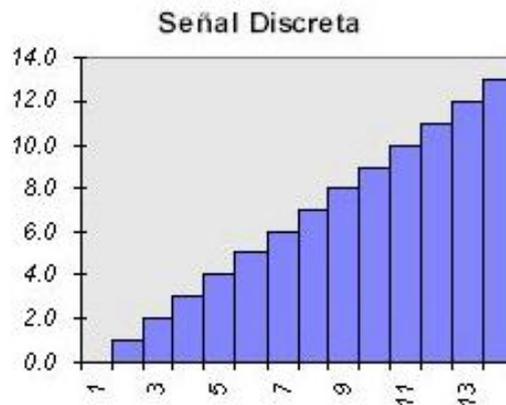


Figura 15: Grafica de un sensor digital representada en voltaje y tiempo

Fuente: www.todorobot.com.ar

2.4.3. Los sensores según la variable física a medir son:

Sensores Resistivos

Son aquellos que varían su resistencia en función de la variable a medir y son los sensores que más variedad tienen ya que son muchas las magnitudes físicas que afectan el valor de resistencia de un material (C. Canto).

Sensores Inductivos

El sensor inductivo trabaja por la variación de su inductancia³ al variar la permeabilidad magnética del núcleo y sirven para detectar materiales metálicos ferrosos sin necesidad de contacto físico. Se usan principalmente en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos (Fuente Aparicio).

Su funcionamiento se basa en que si un metal ferroso se mueve dentro de un campo magnético sobre dicho metal se generan corrientes eléctricas

³ Inductancia: Es un campo magnético que genera una corriente eléctrica cuando pasa a través de una bobina de hilo conductor enrollado alrededor de la misma.

conocidas como corrientes de Eddy o corrientes de Foucault⁴. La bobina censorsa que forma parte del circuito oscilador esta provista de un núcleo descubierto hacia el lado de la detección, al generar tensión al sensor la bobina produce un campo magnético alterno de alta frecuencia, dirigido hacia el lado activo(C. Canto).

Las oscilaciones pueden ser de dos maneras bruscas y suaves, las bruscas cambia rápidamente al alcanzar la distancia de detección sobre el objeto y la suave varia lentamente según el objeto se aproxime al sensor(Fuente Aparicio).

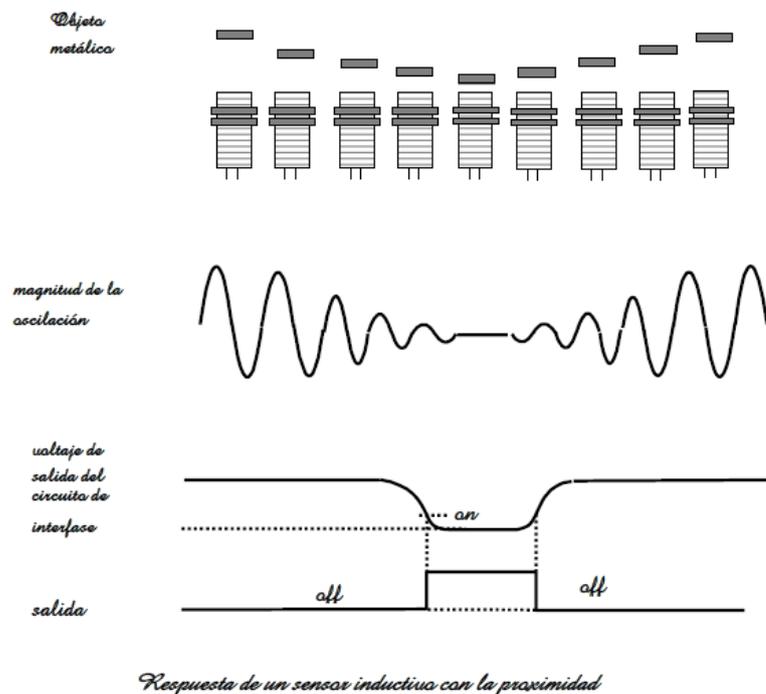


Figura 16: Principio de funcionamiento de un sensor Inductivo

Fuente: galia.fc.uaslp.mx

⁴ Corrientes de Foucault: Son un fenómeno eléctrico que se producen en un conductor que está expuesto a variación en el flujo magnético.

Sensores Capacitivos

Este tipo de sensor actúa por la variación de la capacidad del capacitor usado como sensor. Esto puede hacerse mediante la variación del dieléctrico o de la distancia entre placas por lo que a medida que el objetivo se acerca al sensor capacitivo las oscilaciones aumentan hasta llegar a un nivel límite lo que activa el circuito disparador que a su vez cambia el estado del switch (Fuente Aparicio).

El principio de funcionamiento consta de una sonda situada en la parte posterior de la cara del sensor el cual es una placa condensadora⁵. Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que genera cambios de la capacitancia causados por la presencia de cualquier objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando cualquier objeto se aproxima, se activa un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de alto y bajo (Fuente Aparicio).

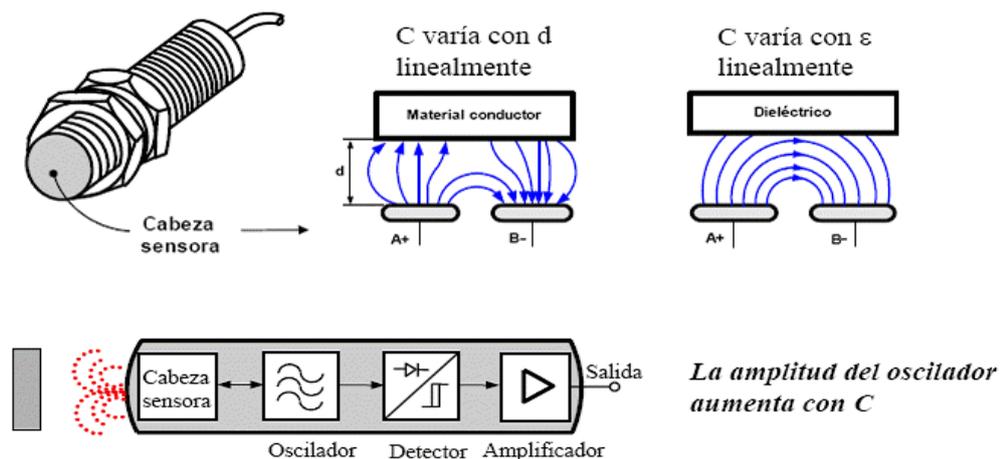


Figura 17: Principio de funcionamiento de un sensor capacitivo

Fuente: usuarios.multimania.es

⁵ Placa condensadora: Es un dispositivo cuya función es almacenar carga y energía.

Sensores Piezoeléctricos

Un sensor piezoeléctrico es un dispositivo que utiliza el efecto piezoeléctrico para medir presión, aceleración, tensión o fuerza; transformando las lecturas en señales eléctricas (Fuente Aparicio).

El efecto piezoeléctrico hace referencia a algunos materiales que son capaces de generar un potencial eléctrico en respuesta a una deformación mecánica. Este potencial se genera a lo largo de ciertos ejes cristalográficos⁶ que como respuesta a la deformación mecánica.

El material sufre un reordenamiento de las cargas internas, tanto positivas como negativas, y por lo tanto producen un potencial eléctrico (C. Canto).

2.5. TRANSPORTADORAS

Existe una amplia variedad de transportadoras, que tienen distintos modos de funcionamiento, medio y dirección de transporte, entre los cuales existen transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés. La diversidad de transportadoras se debe a que depende del producto que se va a desplazar dentro de la banda tanto por el peso, el ancho, la longitud del mismo, el material del que está compuesto y si la banda debe llevar el producto a algún lugar con una trayectoria que puede ser horizontal, inclinado, o una combinación de estas direcciones se deberá diseñar pensando en el ángulo de inclinación a emplearse (Vargas Guerrero, 2011).

Las transportadoras modulares y de banda son las que se usan generalmente para el traslado de botellas de vidrio ya que ambas generan estabilidad a las mismas para que se movilizan de una estación a otra sin ningún inconveniente y así el proceso y la producción sean continuas, cabe recalcar

⁶ Ejes cristalográficos: Son los que se seleccionan entre los ejes de simetría de un cristal

que la mayoría de transportadoras de botellas llevan consigo unas rieles de protección ajustables según el tamaño de la botella (Vargas Guerrero, 2011).

Algunas ventajas que tienen las transportadoras son:

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar un variedad grande de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se puede desplazar
- No altera el producto transportado

2.5.1. Transportadoras de transmisión por cadenas

Se usa para transmitir el movimiento de arrastre entre ruedas o catarinas que poseen una serie de salientes que se les denomina dientes y por esta se desplaza una cadena que tiene una serie de huecos por los que la rueda dentada encaja perfectamente.

Generalmente esta transmisión se usa para dejar de producir fricción como la que genera una correa conectada a un par de poleas por lo que no se genera ningún inconveniente en el desplazamiento (Mott, 2006).

Este tipo de diseño permite tener flexibilidad y también admite que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión. La cadena que está formada por rodillos sobre pernos permiten tener una fricción sumamente baja entre la misma cadena y la Catarina. La cadena de rodillos se caracteriza por su paso, que es la distancia entre las partes correspondientes de eslabones adyacentes (Mott, 2006).

Algunas ventajas que reúnen las transmisiones por cadena son:

- Se mantiene la relación de velocidades.
- El rendimiento es elevado al 98%.
- La carga repartida entre varios dientes del piñón prolonga la vida útil de la cadena.
- No se producen resbalamientos.

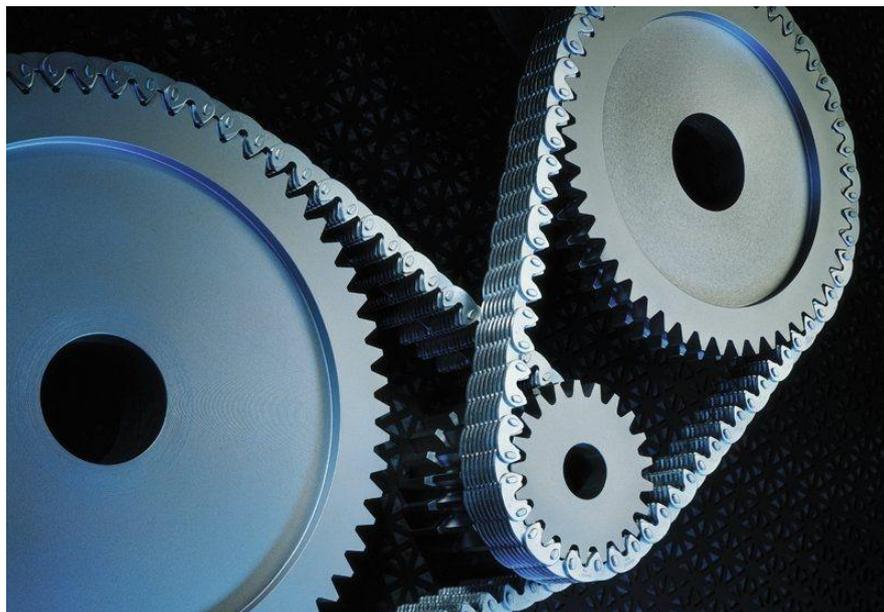


Figura 18: Transmisión por cadena

Fuente: www.directindustry.es

2.5.2. Transportadores de banda

Son un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda que se mueve entre dos tambores y es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motorreductor.

El otro tambor gira libremente, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es el soporte de retorno a la banda (Vargas Guerrero, 2011).

Este tipo de banda transportadora es utilizada en multitud de aplicaciones ya que cuentan con infinidad de posibilidades dada la enorme cantidad de tipos de banda disponibles en el mercado:

Transportadores de banda lisa o banda nervada⁷, fabricados en PVC, Poliuretano, Poliéster, Poliolefina y Silicona. Para transportar cajas, sacos, tierras, sobres, cubetas, libros, bandejas, alimentos, granos, carbón, minerales, etc. (Vargas Guerrero, 2011).

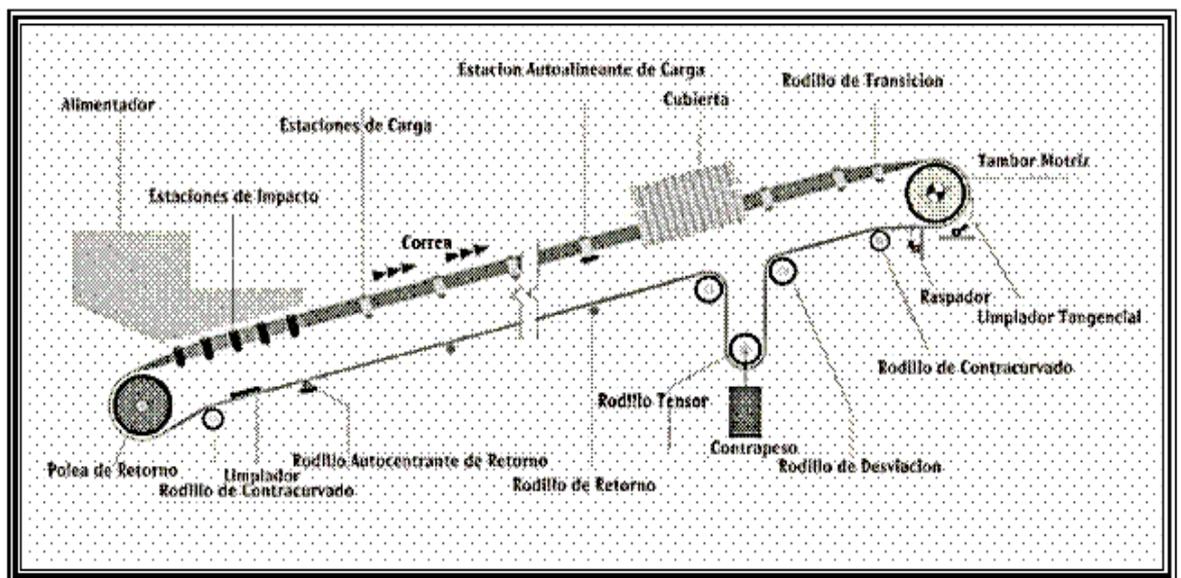


Figura 19: Partes principales de una banda transportadora

2.5.3. Transportadores de rodillos

Este tipo de transportador se lo fabrica Motorizados o de rodillos libres, es uno de los más utilizados en la mantención y transporte de cajas, tanto en almacenes con preparación de pedidos y estanterías. (Vargas Guerrero, 2011).

⁷ Banda nervada: Son las que están formadas con nervios que sirven para transportar materiales con inclinaciones no tan pronunciadas, máximo de 45 grados.

Su funcionamiento se basa en los rodillos metálicos que se utilizan para facilitar el manejo y conducirlo a otro punto a una gran diversidad de objetos, tales como cajas, tarimas, llantas, tambos, palés, paquetes, etc. (Vargas Guerrero, 2011).

Uno de los métodos más eficientes para el transporte de materiales es el uso de rodillos transportadores, ya que son muy sencillos y necesitan muy poco mantenimiento. (Vargas Guerrero, 2011).



Figura 20: Transportadora de tipo rodillos

Fuente: www.dexve.com/SP/transportadores.htm

2.5.4. Transportadores de charnela

La transportadora de cadena de charnela se trata de un conjunto formado por un bastidor compuesto de dos chapas laterales plegadas enderezadas entre sí mediante tubo redondo roscado.

La transportadora se construye a partir de piezas de plástico o bien a partir de piezas de acero inoxidable conformadas. Estos módulos se unen entre sí mediante pasadores de acero formando una estructura entrelazada a modo de cadena de la longitud que se especifique. (Vargas Guerrero, 2011).

Ya que la estructura está formada principalmente de las cadenas y las estructuras o bastidores que son livianos el peso total es bajo y de fácil manejo y se requieren motores de menor potencia con un menor costo y gasto energético.

Es un sistema de transporte muy sólido y estable gracias a las guías regulables con las que cuenta la máquina, es resistente tanto por sus diseños como por los materiales empleados.

Tiene un coeficiente de fricción mínimo, evitando los rociados de lubricación tradicionales, mejorando las condiciones de trabajo, reduciendo el mantenimiento y eliminando el problema de productos mojados. (Vargas Guerrero, 2011).



Figura 21: Transportadora de tipo Charnela

Fuente: www.bandascortes.com

2.5.5. Transportadores de banda modular

Esta transportadora se caracteriza por poder tener una utilidad que otro tipo de transportadores ya que pueden trabajar con mucho volumen de carga comparada con otro tipo de transportadora sin tener que aplicar velocidades elevadas.

Es una transportadora de banda muy apropiada cuando se requiere trabajar en grandes desniveles al momento de transportar la carga.

Las bandas transportadoras modulares están compuestas por módulos que unidos entre sí mediante varillas de articulación, conforman su superficie de transporte. Los módulos permiten realizar una banda a medida específica.

Dispone de un sistema de retención por tapa o clip extraíbles y reutilizables, siendo sumamente fácil el montaje y desmontaje de la banda, así como la reutilización de las varillas de articulación ya que no requiere ni materiales adicionales ni maquinaria especial para su ensamblaje. (Vargas Guerrero, 2011).

Las bandas transportadoras modulares tienen las siguientes ventajas:

- Ya que el peso de la banda modular es bajo, permite que la estructura de soporte sea liviana, de fácil manejo, con motores de menor potencia con un menor coste y gasto energético.
- Mínimo coeficiente de fricción que evita los rociados de lubricación tradicionales, mejorando las condiciones de trabajo, reduciendo el mantenimiento y eliminando el problema de productos humedecidos.



Figura 22: Transportadora de tipo modular
Fuente: www.bandascortes.com

2.6. SISTEMAS DE CONTROL

Para definir un sistema de control primero se debe conocer que es un sistema en general. Por lo tanto un sistema es la combinación de componentes que interactúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo. Un sistema no es necesariamente físico ya que puede atribuirse a fenómenos abstractos y dinámicos. (Katsuhiko Ogata 2010).

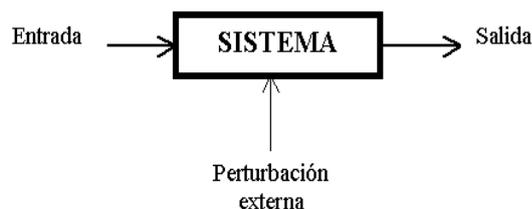


Figura 23: Figura de un sistema
Fuente: www.isa.cie.uva.es

La variable de entrada es una variable del sistema y que si genera algún tipo de cambio o fluctuación en su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema en cambio la variable de salida es la magnitud o condición que puede ser medida.

La perturbación es una señal que afecta el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que si es fuera del sistema se constituye como una entrada. (Katsuhiko Ogata 2010).

Por lo tanto un sistema de control es aquel que se forma por un conjunto de dispositivos que interactúan entre sí para lograr un objetivo determinado.

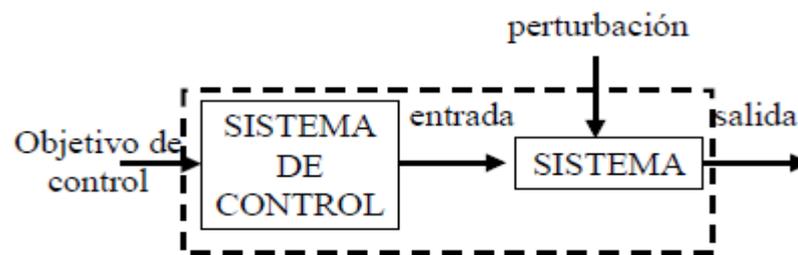


Figura 24: Diagrama de un sistema de control

Fuente: www.isa.cie.uva.es

2.6.1. Sistemas de control retroalimentados

Son aquellos sistemas que mantienen una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándola y usando la diferencia como medio de control. (Katsuhiko Ogata 2010).

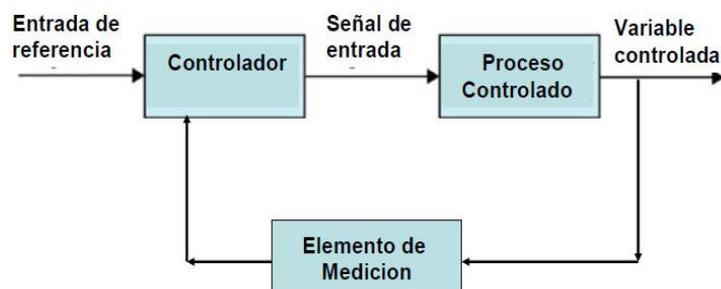


Figura 25: Diagrama de un sistema de control retroalimentado

Fuente: Carrillo (2008)

2.6.2. Sistemas de control en lazo cerrado

Los sistemas de control retroalimentados se denominan como sistemas de control en lazo cerrado, en dicho sistema se debe alimentar al controlador con la señal de error de actuación que se obtiene con la diferencia de la señal de entrada y la señal retroalimentada, esta puede ser la misma señal de salida o una función de la señal de salida ya sea con una derivada y/o una integral, este procedimiento se realiza con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. (Katsuhiko Ogata 2010).

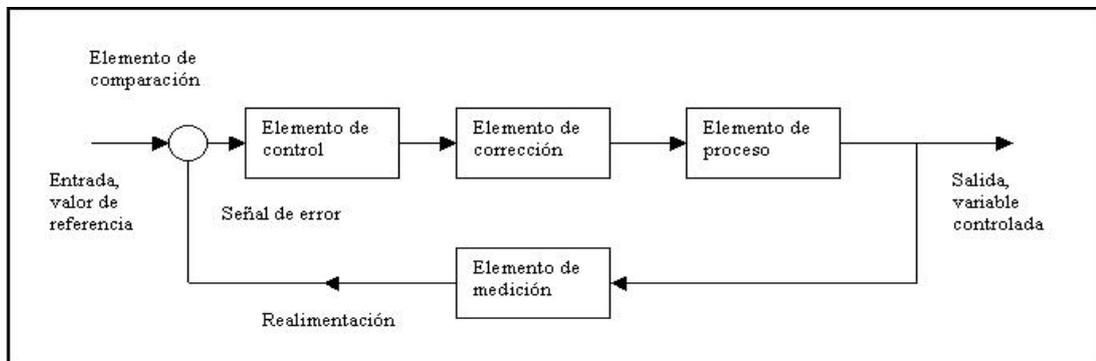


Figura 26: Diagrama de un sistema de control en lazo cerrado

Fuente: real2electronics.blogspot.com

2.6.3. Sistemas de control en lazo abierto

Un sistema de control en lazo abierto es aquel en el cual la salida no tiene efecto sobre la acción de control, este sistema no se mide la salida ni se realimenta para ser comparada con la entrada por lo tanto a cada entrada de referencia se le atribuye una condición de operación fija como resultado de esto la precisión del sistema depende de la calibración. Cuando se presenta una perturbación en un sistema de control en lazo abierto este no responde correctamente a su función especificada.

Por esto el control en lazo abierto solo es utilizado cuando se conoce la relación entre la entrada y salida también se toma en cuenta que no existan perturbaciones internas ni externas (Katsuhiko Ogata 2010).

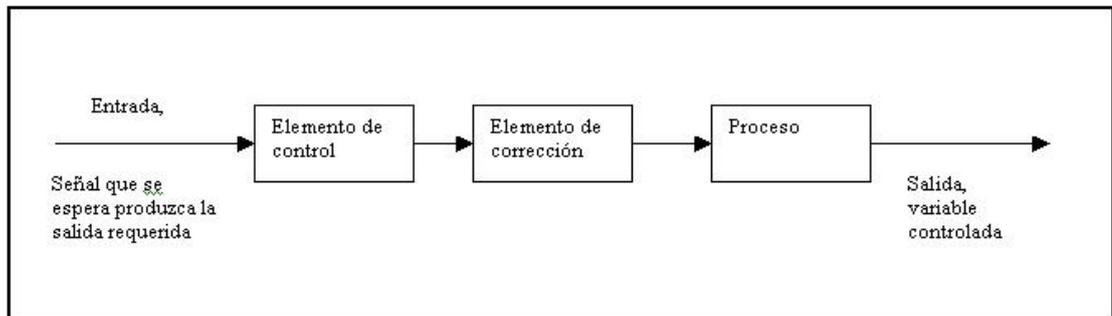


Figura 27: Diagrama de un sistema de control en lazo abierto

Fuente: real2electronics.blogspot.com

2.6.4. Plc (Controlador lógico programable)

Un Plc es un dispositivo de control de procesos eficiente ya que se emplea menor tiempo en la elaboración de proyectos debido a que:

- No se requiere diseñar el esquema de contactos y con lo que se evita simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, la capacidad del controlador lógico programable tiene un almacenamiento en el módulo de memoria que generalmente es lo suficientemente grande.
- Con un PIC es posible realizar cambios sin modificar el cableado ni añadir aparatos adicionales.
- El mínimo espacio que se ocupa para la instalación de un controlador lógico programable ayuda a que el costo de mano de obra por instalación sea bajo.

- El mantenimiento que requiere un Plc es mínimo y además aumenta la fiabilidad del sistema ya que se eliminan los contactos móviles con lo que se logra que con un mismo autómatas se controlen varias máquinas.

El control de procesos industriales hace pocos años se efectuaba cableando por medio de contactores y relees por lo que el operario que se encontraba manipulando y operando este tipo de instalaciones, necesitaba tener altos conocimientos técnicos.

Además con cualquier cambio en el proceso se debía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, Hoy en día para realizar un proceso complejo y continuo no se puede usar la técnica de cableado por lo que los controladores lógicos programadores son indispensables para este tipo de instalaciones. (Vignoni, 2007).

Un PLC (Controlador lógico programable) se puede definir como un aparato electrónico que sustituye circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos al que se conectan captadores⁸ como finales de carrera, pulsadores, sensores, etc. y actuadores como bobinas de contactores, lámparas, receptores, motores, etc. (Eloy Villafañe, 2010).

Los PLCs se pueden programar en diagramas de bloques (Logo), lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo. Dando así mayor facilidad de operación y permiten ver una simulación del funcionamiento e interacción de las entradas (sensores) y salidas (actuadores), permitiendo así una programación más controlada.

⁸ Captadores: son los que reaccionan al recibir una magnitud física para detectar y transmitir información.



Figura 28: Logo 230 RC Siemens.

Fuente: www.automation.siemens.com

2.6.4.1. Funcionamiento de un Controlador lógico programable como sistema de control

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son aparatos que generan instrucciones secuenciales que son previamente programadas y son indicadas en el programa de usuario que está almacenado en su memoria interna, generando unas órdenes de mando a partir de las señales de entrada leídas desde la planta. (Vignoni, 2007).

Cuando se detecta cambios en las señales, el autómata funciona según el programa establecido hasta obtener las órdenes de salida definidas. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entrada.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Acción de señales en la interfaz de salidas.

El funcionamiento del Controlador Lógico Programable es de tipo secuencial y cíclico por que las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómata esté bajo tensión. (Vignoni, 2007).

Según el libro de Bolton W. (2006) el hardware del PLC está compuesto por los siguientes elementos:

- La unidad de proceso
- La fuente de poder
- El dispositivo de programación
- La unidad de memoria
- Los puertos de entrada y de salida
- La interface de comunicación

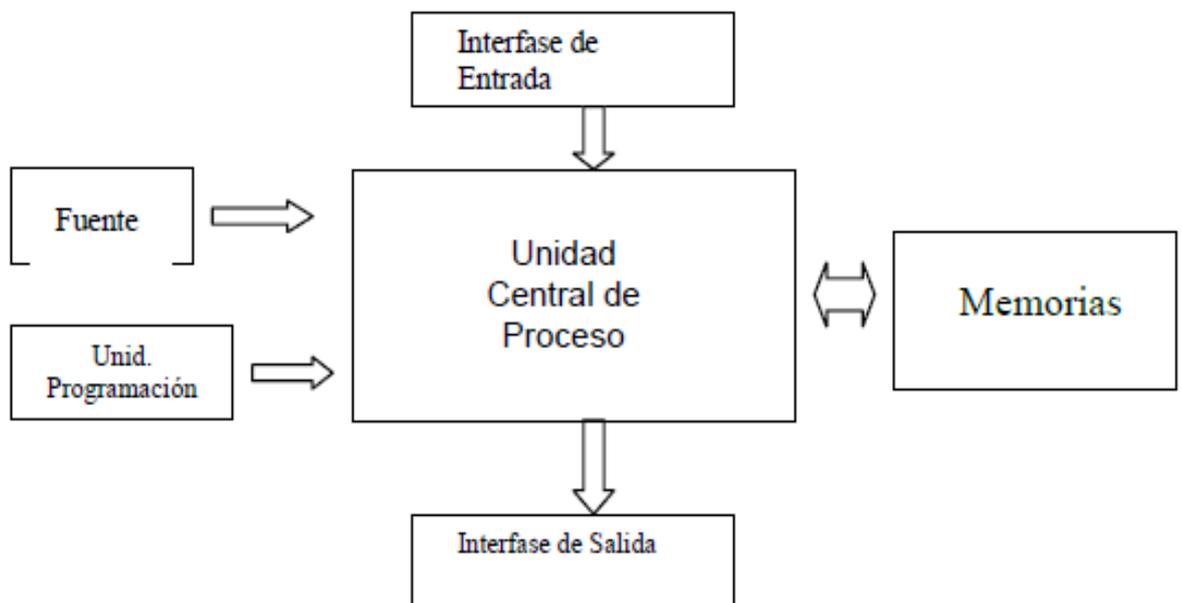


Figura 29: Estructura de un controlador lógico programable

Fuente: www.efn.unc.edu.ar

2.7. ACTUADORES INDUSTRIALES

Un actuador es un dispositivo mecánico que cumple la función de proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico dicha fuerza puede provenir de la energía eléctrica, hidráulica o a su vez neumática. (Posada, 2011).

Tabla 7: Tipos de actuadores industriales.

	<u>Actuador Neumático</u>	<u>Actuador Eléctrico</u>	<u>Actuador Hidráulico</u>
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
Conversión mecánica	Yugo o Piñón	- No hay -	Yugo o Piñón

Fuente: www.aie.cl

Con el tiempo, se hizo imperativo automatizar la acción de los dispositivos que se usan en la industria. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores:

- Lineales
- Rotatorios

Los actuadores lineales generan una fuerza en línea recta, como lo haría un pistón. Los actuadores rotatorios generan una fuerza rotatoria, como lo haría un motor eléctrico.

2.7.1. Motores

Un motor es la parte de una máquina que cumple la función de transformar algún tipo de energía generando un movimiento especificado por la unidad de control. (Ruiz del solar, 2003). Los tipos de motores son:

- Neumáticos (cilíndricos y motores)
- Hidráulicos (cilíndricos y motores)
- Eléctricos (motores DC, AC, Paso a Paso, Servomotores)

2.7.2. Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos poseen aire comprimido con el cual se mueve el actuador. Un actuador neumático realiza un trabajo que puede ser lineal o rotativo.

El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo⁹, también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera¹⁰.

También existen actuadores neumáticos de rotación continua, movimientos combinados e incluso de transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial. (Ruiz del solar, 2003).

2.7.3. Actuadores Hidráulicos

Los actuadores hidráulicos son los que utilizan un fluido a presión, generalmente algún tipo de aceite, para que el sistema donde sea utilizado pueda movilizar sus mecanismos.

Los actuadores hidráulicos se usan para manipular maquinaria grande, las cuales requieren mayor velocidad y mayor resistencia mecánica. (Ruiz del solar, 2003).

Para aplicaciones que requieran maniobrar con una carga útil, el dispositivo hidráulico es el que brinda algunas ventajas como:

- Los altos índices entre potencia y carga.

⁹ Émbolo: Es una barra con movimientos unidireccionales por lo que se los emplea como guías

¹⁰ Piñón: Es la rueda de un mecanismo de cremallera

- Mayor exactitud.
- Respuesta de mayor frecuencia con un desempeño más suave a bajas velocidades y el amplio rango de velocidad.

Para usar actuadores hidráulicos, se necesita de una bomba que envíen al líquido también a presión a través de una tubería o a su vez de mangueras especiales para el transporte del mismo. (Ruiz del solar, 2003).

2.7.4. Actuadores eléctricos

Es un dispositivo electromotriz, por lo tanto su función es convertir la energía eléctrica en energía motriz. Todos los motores disponen de un eje de salida para acoplar un engranaje, polea o mecanismo capaz de transmitir el movimiento creado por el motor. (Ruiz del solar, 2003).

Para que funcione un actuador eléctrico, se debe energizar los bornes para que el motor actúe en la dirección apropiada. En los procesos automatizados en el que se usan actuadores electrónicos se deben considerar variables de fuerza, señales de límites de carrera y torque, señales análogas o digitales de posición y torque, etc. (Polania, 2010).

Un actuador electrónico normalmente necesita trasladar una gran cantidad de fuerza y esto amerita que algunos necesiten utilizar mucho consumo eléctrico ya sea de modo continuo o alterno.

Existen dos tipos de actuadores eléctricos:

*Motores de corriente continua (DC)

- Controlados por inducido
- Controlados por excitación.

*Motores de corriente alterna (AC)

- Síncronos
- Asíncronos

2.7.4.1. Motores de corriente continua (DC)

El principio de funcionamiento se basa en que una bobina cerrada por la que circula corriente es sometida a un campo magnético y así se logra inducir una fuerza mecánica que a su vez hace girar al eje. (Polania, 2010).

La rotación se mantiene en el mismo sentido si se conmuta el sentido de la corriente. El campo magnético necesario se genera en el estator.

El control de un motor en corriente continua por inducción requiere un campo magnético constante y con corriente variable contrario a un control por excitación que requiere un campo magnético variable y una corriente constante. (Polania, 2010).

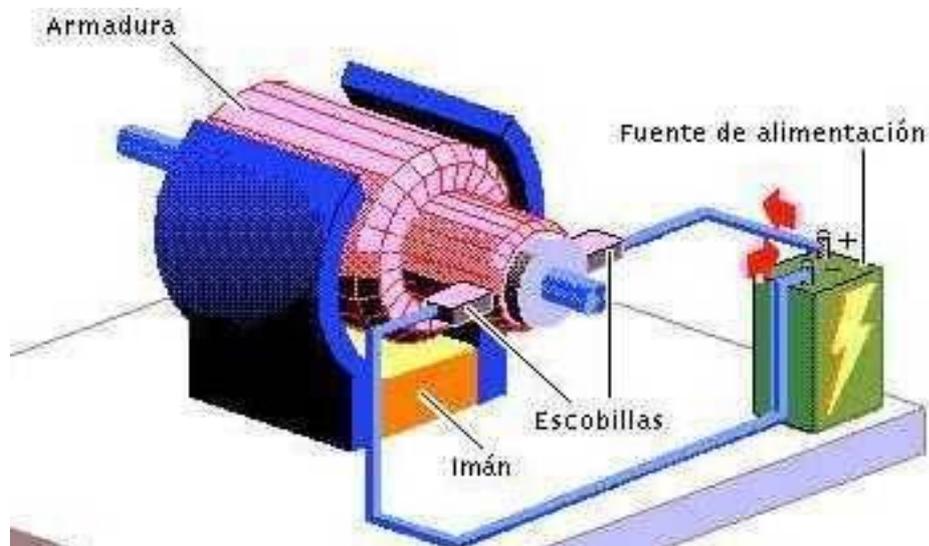


Figura 30: Partes de un motor de corriente continua (DC).

Fuente: www.fisicanet.com.ar

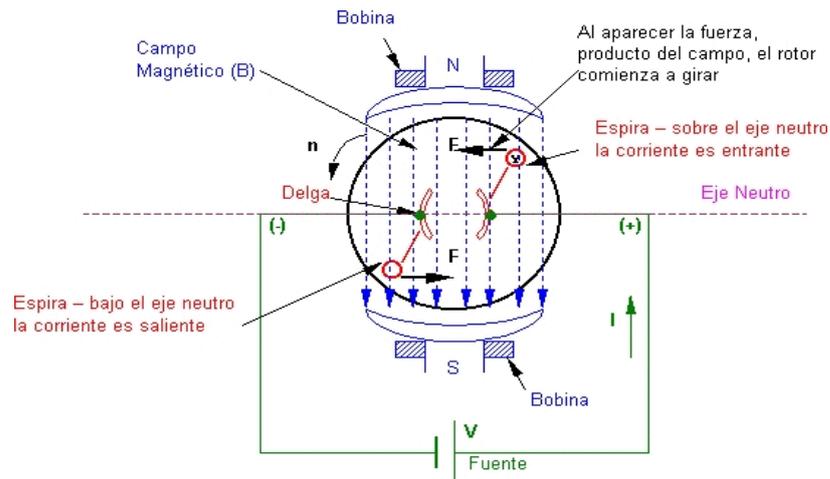


Figura 31: Esquema de funcionamiento de un motor de corriente continua (DC).

Fuente: www.fisicanet.com.ar

2.7.4.2. Motor paso a paso

Un motor paso a paso (PAP) permite el avance de su eje en ángulos y por pasos en las dos posibles direcciones de movimiento tanto izquierda como derecha por lo que un control de posición, velocidad, y sentido es fácilmente adaptable. Para generar este tipo de movimiento se requiere una determinada secuencia de señales digitales. (Polania, 2010).

Cada uno de los pasos tiene un ángulo muy exacto que se determina por el tipo de construcción del motor, esto permite que se realicen movimientos precisos sin necesidad de un sistema de control por lazo cerrado. El funcionamiento de los motores paso a paso se basa en el simple principio de atracción y repulsión que ocurre entre los polos magnéticos. (Polania, 2010).

Los motores paso a paso tanto unipolares como bipolares pueden trabajar en dos modos de operación: de paso completo y de medio paso.

En paso completo con cada secuencia el rotor gira un determinado ángulo dado por la fabricación del motor.

En el modo de medio paso, cada secuencia produce un giro en grados correspondiente a la mitad de su paso normal. (Polania, 2010).

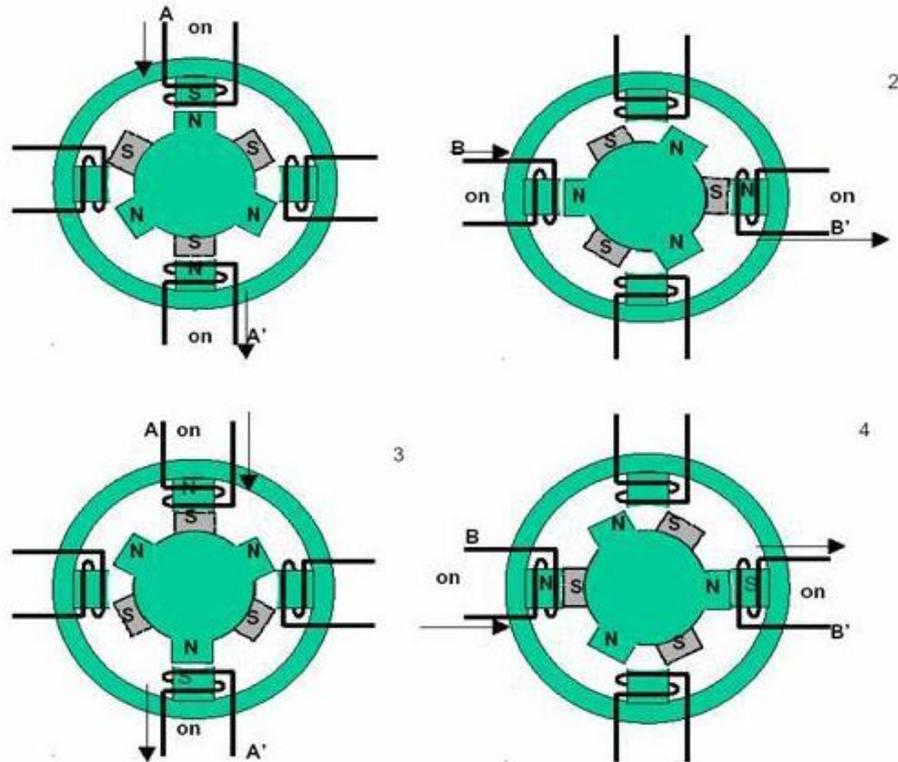


Figura 32: Esquema de funcionamiento de un motor pasó a paso.

Fuente: www.joanpola.com

Para el primer caso la bobina (A-A') se energiza haciendo circular la corriente de (A) hacia (A') por lo que el polo inferior se polariza positivamente, atrayendo al polo sur del rotor y el superior negativamente el cual atrae, al polo norte del rotor, de esta manera se realiza el primer paso . Para realizar el segundo paso en el mismo sentido se debe desactivar la bobina (A-A') y realizar la activación de las bobinas (B-B'), al momento que circula la corriente la bobina (B) polariza negativamente lo que genera que se atraiga al polo positivo del rotor (N) y la bobina (B') se polariza positivamente atrayendo al polo negativo (S) del rotor. Esto genera otro paso. (Polania, 2010).

Para que se lleve a cabo un tercer paso, se debe desactivar las bobinas (BB') y volver a activar las bobinas (A-A'), pero ahora circula la corriente de (A') hacia (A) por lo que el polo superior se polariza positivamente, atrayendo al polo sur del rotor y el inferior negativamente, el cual atrae, al polo norte del rotor. (Polania, 2010).

Finalmente para realizar un cuarto paso en el mismo sentido, sea la bobina B-B', ahora alimentada en sentido contrario, es decir haciendo circular la corriente de B' hacia B, con la bobina A-A' desactivada. El polo de la derecha se polariza positivamente atrayendo al polo sur del rotor y el de la izquierda negativamente, el cual atrae, al polo norte del rotor. (Polania, 2010).

2.7.4.3. Servomotores

Los servomotores son motores que tienen un mecanismo de control realimentado que les permite moverse y detectar su posición angular y mantenerse estable en dicha posición. La entrada de control al motor indica una posición deseada, y el circuito lógico al interior del motor lo colocará en esta posición. (Todorobot, 2000).

Los servomotores tienen un rango restringido de movimientos, el motor puede girar entre 0° y 180°. Para lograr controlar el movimiento se debe alimentar al servomotor con una señal modulada por un ancho de pulso, dicho pulso enviado a la entrada de control indica al motor la posición en la cual se desea colocar.

El motor del servomotor tiene un circuito de control y un potenciómetro que está conectado al eje central del servomotor. (Candelas Herías, 2007).

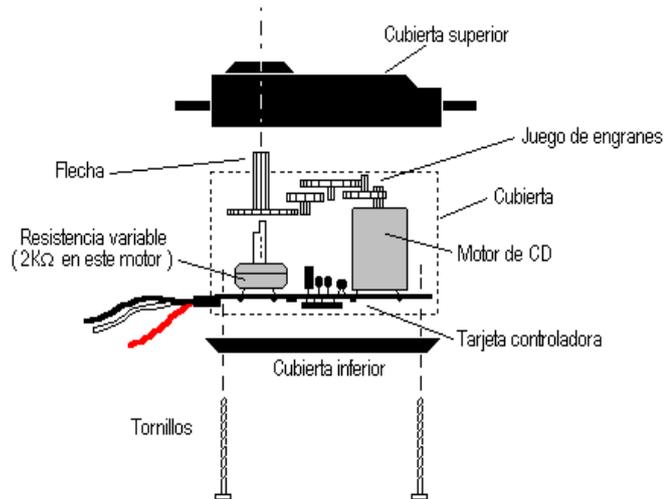


Figura 33: Partes de un servomotor

Fuente: www.info-ab.uclm.es

2.7.4.4. Motor de corriente alterna (AC)

Los motores de corriente alterna (AC) son los indicados para aplicaciones en las que se requieran de velocidad constante, ya que la velocidad está determinada por la frecuencia de la corriente alterna (AC) aplicada a los bornes del motor. (Polania, 2010). Los motores de corriente alterna (AC) necesitan un suministro de corriente monofásica o trifásica. Ya sea el motor monofásico o el trifásico funcionan basados en el mismo principio. Este principio se trata de que la corriente continua (AC) aplicada al motor produzca un campo magnético giratorio y a su vez este campo magnético giratorio hace girar al rotor del motor. (Polania, 2010).

Un motor de corriente alterna (AC) se clasifica por:

- a) Por su velocidad de giro
 - Asíncronos
 - Síncronos

- b) Por el tipo de rotor
- Motores de anillos rozantes
 - Motores con colector
 - Motores de jaula de ardilla
- c) Por su número de fases de alimentación:
- Monofásicos
 - Bifásicos
 - Trifásico

El motor sincrónico es un alternador al que se le hace funcionar como motor y en el cual al estator se le aplica corriente alterna y al rotor corriente continua. En cambio en el motor asincrónico el rotor no está conectado a fuente alguna de energía. (Andrés de Vandelvira, 2011).

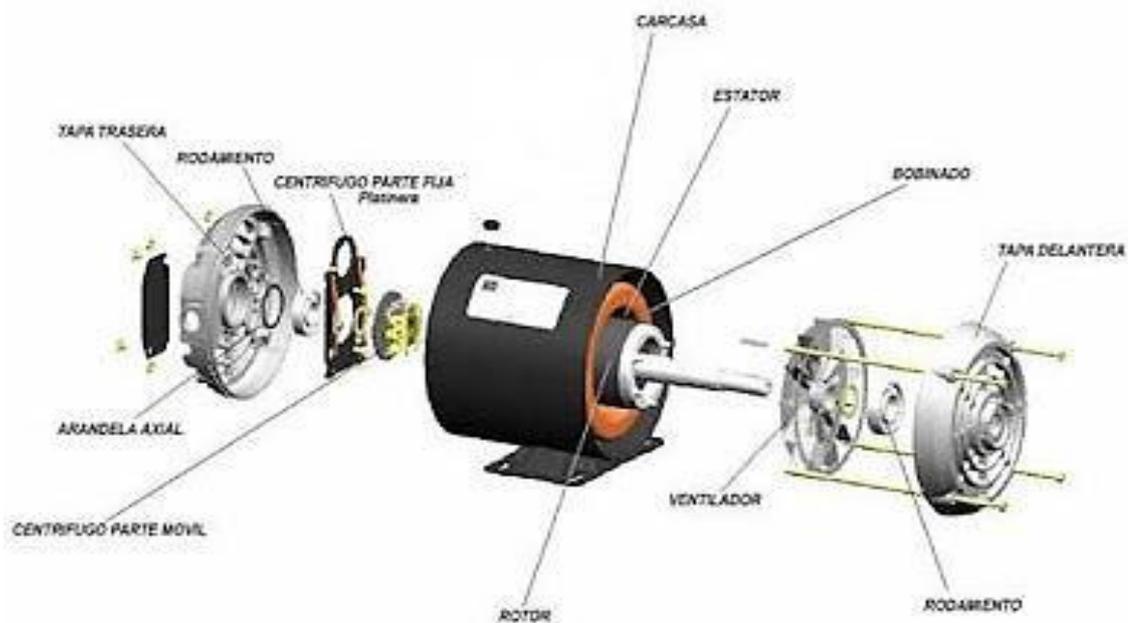


Figura 34: Partes de un motor de corriente alterna (AC)

Fuente: desarrolloelectronico.blogspot.com

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1. METODOLOGÍA MECATRONICA

Un sistema mecatrónico abarca un campo interdisciplinario de la ingeniería que se enfoca al diseño de maquinaria cuya función se basa en componentes mecánicos y electrónicos que son coordinados por una arquitectura de control que se conjuntan con áreas tecnológicas relacionadas con sensores, sistemas de medición, sistemas de mando y de accionamiento, análisis de accionamiento, análisis del comportamiento del sistema, sistemas de control y sistemas de microprocesadores. (W. Bolton 2da Edición).

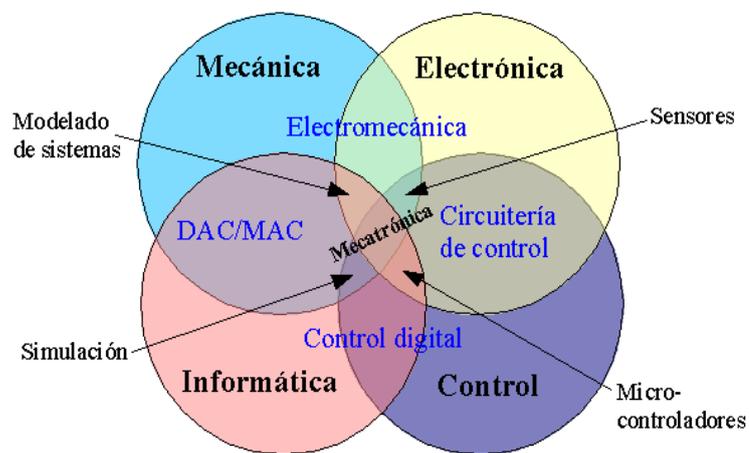


Figura 35: Componentes de un sistema mecatrónico

Fuente: teoriainformaticavho.webnode.es

La figura muestra una metodología usada en la cual se procede a realizar simulaciones sobre un proyecto, continuando con un modelado de sistemas, a continuación se efectúa un diseño del sistema mecatrónico el cual está compuesto por mecánica, electrónica, control e informática. Ya diseñado el sistema se procede a implementar un prototipo que se basara en todo lo planteado y realizado en el diseño del proyecto. Este proyecto inicia con el análisis del proceso manual de la envasadora y selladora que se realizaba en la empresa, posteriormente se analizó la mejor manera de automatizar el proceso de las botellas de perfume mediante sistemas mecánicos,

eléctricos, electrónicos y de control, ya realizado el análisis de movimientos para automatizar el proceso se realiza el diseño del sistema de control basado en placas electrónicas intervenidas por un controlador lógico programable (PLC) el cual activara y desactivara los diferentes sensores y actuadores del sistema. Finalmente se realizó el diseño mecánico conformado por un motorreductor, un sistema de cadenas, rodillos y una estructura sólida de acero de una banda transportadora la cual llevara a las botellas a las diferentes estaciones del proceso, llegando a envasar y sellar las botellas como se lo realizaba en los procesos manuales.

3.1.1. Análisis de requerimientos del sistema

En esta parte del proyecto se describen las características mecánicas, eléctricas y de control que se requieren para la realización de este proyecto y son:

- Descripción de componentes electrónicos como los motores DC, servomotores, leds pilotos, protección, selladora y motorreductor.
- Arquitectura de control, controlador lógico programable, sensores, botones.
- Partes mecánicas como la banda transportadora, rodillos, actuadores para los movimientos de engranes.

También se requieren cumplir variables físicas en el sistema descritas a continuación:

En la parte mecánica del proyecto debemos contar con un motorreductor que le de movilidad al rodillo principal de la banda transportadora y que genere un desplazamiento de un metro cada nueve segundos por lo que debemos contar con un motorreductor que tenga una velocidad en un rango de 150 a 175 revoluciones por minuto. La banda debe ser de dos metros y medio de largo, veinte centímetros de ancho estructural, quince centímetros de ancho de banda de PVC y una altura de noventa centímetros.

Estas dimensiones son las necesarias para el sistema de llenado y sellado de las botellas de perfume. En la parte de control se debe establecer tiempos de dosificación del perfume que varían en un rango de once a quince segundos dependiendo de la botella a usarse, también se generaran retrasos a la conexión y a la desconexión de tiempo en la activación de los servomotores, mecanismo de la manguera dosificador y selladora cabe recalcar que estos tiempos serán establecidos en el programa Logo! Soft que serán:

Para la construcción de la máquina prototipo se deberá tomar en cuenta variables de voltaje, potencia, corriente, resistencia, fricción y la flexibilidad del material que se usará.

Este proyecto se basa en el control de varios actuadores eléctricos que cumplen la tarea de envasar y sellar botellas de perfumería mediante un controlador lógico programable (PLC) el cual se encargará de recibir señales en sus entradas tanto analógicas como digitales para poder activar las salidas del mismo mediante un programa preestablecido.

En el sistema eléctrico para activar las entradas del PLC se requiere de un circuito extra que está compuesto de un integrado basado en transistores y en relés los cuales interactúan entre sí para poder recibir la señal de los sensores que es en voltaje DC y poder transformarlo a AC ya que las entradas del PLC requieren este voltaje para poder ser activadas.

Otro circuito eléctrico requerido para el correcto funcionamiento del sistema es el que activa los servomotores que está formado por un microcontrolador PIC16F877A el que será el encargado de recibir en cuatro de sus entradas señales digitales del controlador lógico programable (PLC) y las mismas generarán trenes de pulsos que activarán los servomotores. El último circuito que este proyecto requiere es el inversor de giro para un motor de corriente continua que está conformado de dos relés, dos transistores (3904), dos diodos rectificadores 1004 los cuales interactúan entre sí para generar un

punto H¹¹ el cual permite que el motor realice el giro tanto en sentido de las manecillas del reloj como al contrario del mismo.

En la parte mecánica del proyecto, la envasadora tiene un sistema de tres engranes rectos, una corredera de dientes rectos y dos poleas que se activará mediante una señal digital la cual activa un motor DC el cual en su eje se encuentra una de las poleas que transformará el movimiento circular en lineal ya que está conectada por una correa a otra polea que interactúa con uno de los engranes rectos con lo que la manguera dosificadora podrá ingresar y salir de la botella continuamente. También se usará una selladora eléctrica que será la encargada de sellar o engargolar la tapa dosificadora con la botella de cristal.

Por último en la parte mecánica se utilizará un motorreductor que no solo transforma un movimiento circular en lineal sino también reduce las revoluciones por minuto del motor y mantiene el torque del mismo con lo que se obtendrá un movimiento pasivo del rodillo principal de la banda transportadora.

Todos los actuadores, sensores, sistemas mecánicos y circuitos eléctricos serán controlados y activados por un controlador lógico programable (PLC) el cual mediante programación interactuará con todos estos dispositivos para así poder realizar el envasado y sellado de botellas de perfume.

Para aplicar la metodología mecatrónica en el proyecto planteado se conjugo el control, mecánica, electrónica y el diseño para así obtener una máquina de acuerdo a las especificaciones indicadas, con la interacción entre el control y la electrónica se logra mantener al sistema controlado de acuerdo a las necesidades del usuario.

¹¹ Puente H: Es un circuito electrónico que genera la inversión de giro en un motor dc mediante transistores.

La parte mecánica es aplicada en menor proporción en este proyecto ya que no se requiere de cálculos como esfuerzos o torques en los materiales ya que no se les aplica mayor fuerza, solo es necesario un diseño de acuerdo a las especificaciones planteadas para que el sistema de envasado y sellado quepan en una misma banda transportadora y se pueda mantener los parámetros necesarios.

Para simular el proceso que involucra la parte de control y actuadores que son analizados por el controlador lógico programable (PLC) se creará un diagrama de bloques en el programa Logo! Soft el cual indicará pasó a paso el proceso establecido.

Para empezar el diseño de la estructura mecánica de la maquina se realizará un prototipo virtual que se generará con una herramienta CAD donde se diseñará la banda transportadora que se forma por los rodillos, la estructura y las guías, el sistema de envasado que se forma de la bomba dosificadora y el sistema mecánico de la manguera dosificadora de perfume y el sistema de sellado, cada uno con los cortes y medidas necesarias.

Además se realizarán los diseños de los dispositivos de control y acción que serán ubicados en el prototipo como el cajetín de control con todos sus botones, focos, portafusibles, controlador lógico programable y extensores (entradas-salidas), también se diseñará los componentes mecánicos como el sistema a base de engranes, corredera y poleas que se usa para la manguera dosificadora ingrese y salga de la botella de cristal. Asimismo se realizará el diseño de los sensores y actuadores como los servomotores, motorreductor y motor de corriente continua a usarcé.

Cada uno de estos diseños irán con sus respectivas medidas para poder colocarlos sin dificultad en el ensamblado del dibujo y tener una perspectiva de cómo será en realidad. Cabe recalcar que cada pieza fue hecha por separado por lo que son piezas independientes que después serán unidas

en el entorno de ensamblaje de Solidworks 2012 el cual nos permite trabajar en un entorno de datos, de diseño 100% editables, relaciones de las piezas y ensamblajes entre sí. Además el modelado de las piezas son creadas fácilmente con extracciones, revoluciones, operaciones lámina, vaciados, patrones de relleno de áreas y taladros aprovechando así las funciones únicas del modelado de piezas basado en dichas operaciones. La simulación de los circuitos diseñados e implementados en este proyecto estará realizada en ISIS7 Professional el cual nos permite verificar el funcionamiento óptimo de los siguientes circuitos en un entorno VSM (Virtual System Modelling):

- Circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna.
- Circuito de activación de servomotores.
- Circuito Inversor de giro de un motor en corriente continua.

Este simulador permite trabajar con una gran cantidad de dispositivos electrónicos y tiene una colección de librerías de modelos tanto para dibujar, simular o para generar las placas. Al finalizar el diseño virtual del proceso de envasado y sellado de botellas de perfume se procederá a la construcción y pruebas del sistema. Por lo que se comenzará construyendo la banda transportadora la cual será la que conecte los procesos de envasado y sellado de botellas de perfume; luego se acoplará cada uno de los dispositivos diseñados para así obtener el sistema mecánico deseado, después se procederá a colocar la parte electrónica en el sistema, proporcionando también los voltajes requeridos para el mismo.

Para finalizar se acoplará el sistema de control a todos los actuadores, sensores, botones y sistemas mecánicos. Ya instalado todo el sistema se procederá a realizar las pruebas pertinentes tomando en cuenta los voltajes y corrientes que se requieren por los dispositivos usados para así verificar el correcto funcionamiento de la parte mecánica, electrónica y de control.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales Eléctricos

Motor de corriente continua (DC)

En este proyecto se usó un motor dc de 5v, para activarlos basta con aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes y para invertir el sentido de giro solo se necesita invertir la alimentación y el motor girará en sentido contrario.



Figura 36: Motor DC del sistema mecánico a base de engranes

Fuente: kinglymotor.en.alibaba.com

Tabla 8: Características del motor RF-300FA-11420

Motor	Modelo	RF-300FA-11420
Voltaje	Rango de operación	1.7~6.0
Voltaje	Nominal	3V constante
Velocidad	Rpm	2900
Corriente	A	0.017
Velocidad máxima	Rpm	2320
Torque	g-cm	4.3
Potencia	W	0.10

Fuente: www.kysanelectronics.com

Luces piloto Led

Para este proyecto se usarán luces piloto led de 22mm de diámetro que funcionan con un voltaje de 110 en corriente alterna (AC).

Las luces piloto led están conectadas directamente a las entradas del controlador lógico programable (PLC). Se usaron 3 luces piloto led las cuales cumplen la función de indicar el tipo de botella que se debe usar y dependiendo de cuál se seleccionó genera la variación de tiempos de llenado de cada una de las botellas. No se puede activar más de una luz piloto led a la vez ya que el programa está diseñado de esta forma para que no haya error entre los tiempos establecidos.

Los tiempos de funcionamiento son:

- Para el led verde se generará un tiempo de accionamiento en el llenado de doce segundos.
- Para el led rojo se generará un tiempo de accionamiento en el llenado de catorce segundos.
- Para el led amarillo se generará un tiempo de accionamiento en el llenado de dieciséis segundos

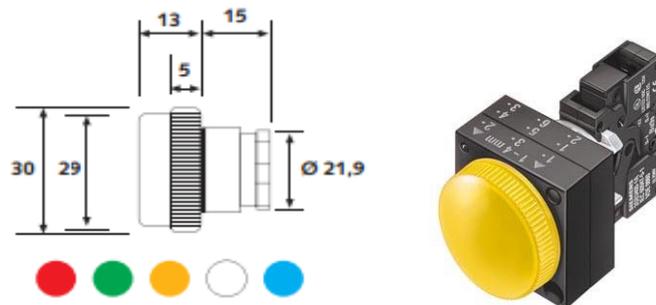


Figura 37: Medidas de luz piloto led

Fuente: www.lectro-ce.com

Servomotor

En este proyecto se utilizará tres servomotores, dos de 3.3kg y uno de 9kg de torque, estos requieren un voltaje de funcionamiento de 6v (DC) los cuales cumplirán la función de impedir el paso de una botella cuando las señales de los sensores de presencia sean activadas.

En cada estación se ubicará un servomotores el cual impedirá que pase la botella más allá del punto designado e impedirá que la siguiente botella entre en conflicto con la primera por lo que la botella en cada estación se detendrá de manera que en el caso del llenado la manguera dosificadora pueda entrar fácilmente a la botella y en la parte del sellado este en una posición fija para realizar el enroscado.

Los tiempos que permanecerá el servo activado será el mismo para los tres tipos de botellas por lo que se usará el mayor disponible.



Figura 38: Servomotor Power HD

Fuente: www.bricogeek.com

Tabla 9: Características del servomotor Power HD

Torque máximo	51 onzas-pulgada
Velocidad máxima	0,15 s/60 grados
Desplazamiento angular máximo	Puede operar hasta 180 grados aplicando pulsos de 600us a 2400us
Sistema de Control	Analógico. Control por ancho de pulso
Posición neutral	1,5ms (1.500us)
Pulso requerido	3-5 V pico a pico, onda rectangular
Voltaje de operación	4,8 - 6,0V
Velocidad (4,8V)	0,19 s/60 grados, sin carga
Velocidad (6,0V)	0,15 s/60 grados, sin carga
Torque (4,8V)	42 onzas-pulgada (3,0 kg-cm)
Torque (6,0V)	51 onzas-pulgada (3,7 kg-cm)
Consumo (4,8V): 7,4mA (reposo)	160mA en operación sin carga
Consumo (6,0V): 7,7mA (reposo),	180mA en operación sin carga
Peso:	43 gramos

Fuente: www.pololu.com

Protecciones

Se usará una única protección que se trata de un portafusibles que se conectará al controlador lógico programable (PLC), el fusible a usar será un cerámico de dos amperios. Esta protección se requiere ya el controlador lógico programable (PLC) está conectado con el motorreductor y la selladora. Si la corriente llegará a sobrepasar el nivel de corriente de 2 amperios el fusible cerámico llegaría a dañarse pero antes de esto se encarga de interrumpir el paso de dicha corriente.



Figura 39: Portafusibles (10*38)

Motorreductor

En este proyecto se usará un motorreductor que cuenta con 2 rodamientos en el eje para así evitar las vibraciones, su velocidad es de 175 revoluciones por minuto el rango de funcionamiento es de 110-220 voltios en corriente alterna (AC).

Este actuador será el encargado de darle movilidad al rodillo principal para que la banda de PVC se desplace por la estructura.

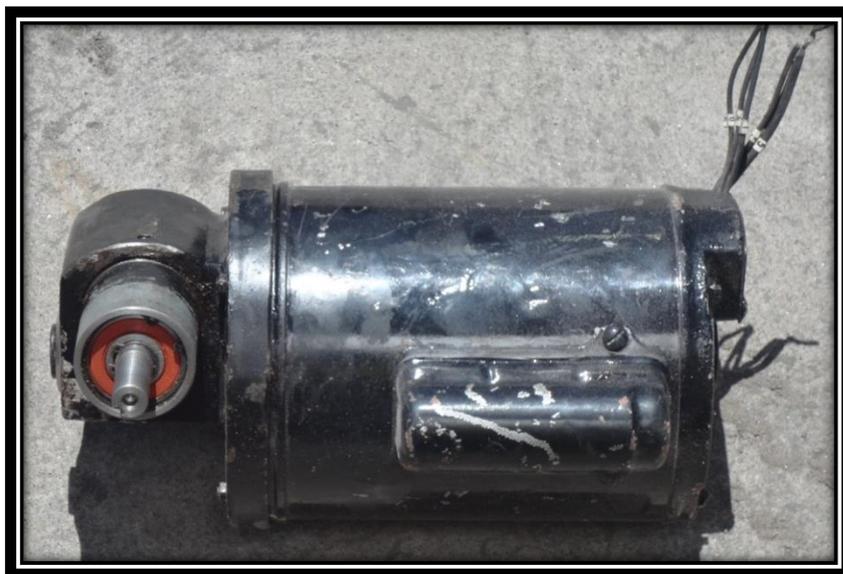


Figura 40: Motorreductor

3.2.2. Materiales de arquitectura de control

Sensor pololu de presencia infrarrojo

Para este proyecto se usará sensores de presencia que cumplirán la función de enviar una señal digital de 5v a una placa de control la cual transformará de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC) para así activar las entradas del controlador lógico programable con más de 72v en corriente alterna (AC). Al activar la entrada del controlador lógico programable permitirá al programa saber en qué parte de la banda se encuentra la botella y en qué proceso se encuentra de igual manera.

De las señales emitidas por estos cuatro sensores depende la activación de la mayor parte de los actuadores con los que se cuentan como la dispensadora de perfume, selladora, servos y motor DC.

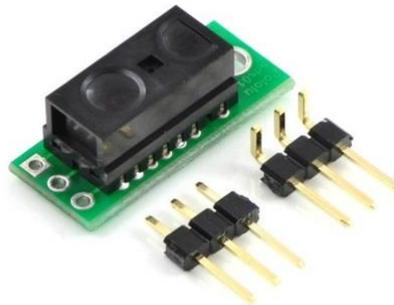


Figura 41: Sensor pololu de presencia infrarrojo

Fuente: www.pololu.com

Este tipo de sensores cuentan con un rango de operación de dos a diez centímetros. El sensor emite una señal activa (1) y cuando algún objeto se detecta pasa al estado inactivo (0).

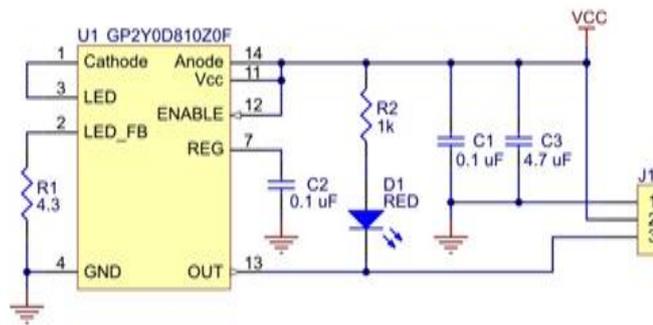


Figura 42: Circuito de la placa del sensor de presencia pololu

Fuente: www.pololu.com

Tabla 10: Características del sensor Pololu

Voltaje de funcionamiento	2,7 V a 6,2 V
Consumo de corriente	5 ma
Rango de medición	GP2Y0D810Z0F: 2 cm a 10 cm
Tipo de salida	Digital
Módulo de tamaño	21,6 x 8,9 x 10,4 mm
Tiempo de respuesta	2.56 ms típico (3,77 ms máx.)

Fuente: www.pololu.com

Pulsadores de marcha

Los pulsadores de marcha en este proyecto cumplen la función de seleccionar el tipo de botella que se deba usar , para establecer el tiempo de llenado dependen de tres pulsadores de marcha que operan a 110 voltios en corriente alterna (AC) los cuales al momento de accionarlos encenderán una de las tres luces piloto led. Si no se accionan uno de los botones el programa no arrancará hasta realizar el pulsado y si se acciona más de un botón el anterior accionado se apagará lo cual no permite el error al momento de escoger la botella y generar el tiempo de dosificación del perfume.

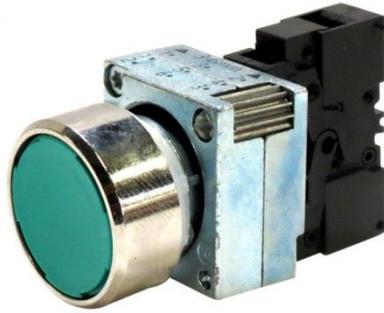


Figura 43: Pulsador de marcha 1NA

Fuente: www.vidri.com.sv

Botonera de encendido y apagado

Para encender y apagar la máquina de este proyecto se dispondrá de una botonera doble de simple acción el cual está formado por 2 contactos un abierto para el encendido y un cerrado para el apagado, el voltaje que se debe usar para su funcionamiento es de 110 voltios en corriente alterna (AC).



Figura 44: Botonera de encendido y apagado

Fuente: www.neonet.cl

Al momento que se acciona el botón de encendido la banda transportadora entra en funcionamiento y se enviará una señal activa (1) a cada uno de los actuadores con los que se dispone exceptuando en el caso que el botón de paro este en modo inactivo (0).

Botón de Emergencia

Al momento que ocurra un error o desperfecto en el proceso se contará con un botón de emergencia el cual detendrá cualquier proceso que se encuentre en marcha.



Figura 45: Botón de Emergencia

Fuente: spanish.alibaba.com

El botón de emergencia por default se encuentra en modo activo (1) por lo que si el botón está presionado cambiará inmediatamente a estado pasivo (0) y el proceso no podrá arrancar.

El botón de emergencia está conectado en serie con el controlador lógico programable (PLC) el cual mediante programación está unido a todos los actuadores con los que se dispone por lo que si dicho botón es presionado el proceso se detendrá o no se activará dependiendo de en qué proceso se encuentre la máquina.

Controlador lógico programable (PLC) 230RC Siemens

Para mantener un control en el proceso de este proyecto se dispondrá un Controlador lógico programable (PLC) 230RC con Ethernet el cual consta de ocho entradas y cuatro salidas digitales.

El rango de funcionamiento del controlador puede ir desde los 110 a 220 voltios en corriente alterna (AC). La función principal del controlador lógico programable (PLC) es tomar las señales del circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna y activar las entradas del PLC para que la lógica de programación que se configuro funcione mediante la activación o desactivación de los sensores y botones.

A las salidas del controlador lógico programable (PLC) se los alimentará con el voltaje requerido ya que se dispondrá de varios actuadores con diferentes voltajes tanto en corriente continua como en alterna.

Tabla 11: Características Controlador lógico programable (PLC) 230RC
siemens

Condiciones ambientales climáticas	0 ... 55 °C
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none">• 115 V CA• 240 V CA• 115 V CC• 240 V CC	<ul style="list-style-type: none">• 10 ... 40 mA• 10 ... 25 mA• 5 ... 25 mA• 5 ... 15 mA
Cantidad de entradas digitales	8
Tensión de entrada L1 <ul style="list-style-type: none">• señal 0• señal 1	<ul style="list-style-type: none">• <40 V CA• >79 V CA
Intensidad de entrada para	

<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<ul style="list-style-type: none"> • <0,03 mA • >0 08 mA
Tiempo de retardo para: <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 50 ms tip. 50 ms
Salidas digitales	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé
Corriente constante Ith	Máx. 10 A por relé
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactor potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactor potencia B16 900 A
Frecuencia de conmutación mecánica	10 Hz
Frecuencia de conmutación Carga óhmica/carga de Lámparas	2Hz
Frecuencia de conmutación Carga inductiva	0,5 Hz

Fuente: www.siemens.com



Figura 46: Controlador lógico programable (PLC) 230RC con Ethernet

Fuente: www.solucionesyservicios.biz

1.1.2 Partes mecánicas

Banda transportadora

Esta estructura mecánica permite movilizar la botella de cristal de una estación a otra mediante una banda de PVC la cual tendrá una dimensión de diecisiete centímetros de ancho por cinco metros de largo, la misma estará asentada sobre una estructura de Acero y el movimiento de la banda será mediante dos rodillos un principal y un secundario, en el rodillo principal estará acoplado al sistema de cadenas que permitirá que la banda se mueva con una velocidad de un metro cada nueve segundos, el sistema de cadenas está conformado de una rueda dentada grande, mediana y dos pequeñas, la grande tiene setenta y cinco dientes, la mediana tiene cincuenta dientes y las pequeñas cuentan con quince dientes cada una. Una de las ruedas dentadas pequeñas esta acoplada al eje del motorreductor el cual mediante una cadena está unida a la rueda dentada mediana, en la misma se

encuentra fijada una rueda dentada pequeña la cual mediante otra cadena se encuentra unida con la rueda dentada grande que a su vez esta acoplada a el eje del rodillo principal que será el encargado de dar movilidad a la banda de PVC a través de la estructura dándole movimiento también al rodillo secundario. Todo este sistema de cadenas permite la reducción de las revoluciones por minuto del motorreductor para así obtener una velocidad controlada y un poco baja para que las botellas de cristal se muevan en la banda transportadora sin sufrir caídas. Para generar estabilidad al momento que las botellas se movilizan a través de la banda se instalaron unas varillas de acero que son regulables tanto en sentido horizontal como vertical.

Mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella

El funcionamiento de este sistema mecánico se basa en la interacción de un motor de corriente continua (DC), una polea motriz, una polea conducida, una banda elástica, dos engranes rectos y un piñón cremallera los cuales generan un movimiento lineal en forma vertical y en ambos sentidos.

Al momento que accionamos el motor de corriente continua (DC) transmitirá el movimiento circular a una polea motriz la cual accionará la polea conducida, generando una reducción en la velocidad de giro de la polea conducida ya que el diámetro de la polea conducida es cinco veces mayor a la de la polea motriz por lo tanto la velocidad se disminuirá cinco veces pero la fuerza obtenida es del doble. Ya con la velocidad reducida uno de los engranes rectos que cuenta con quince dientes y que esta acoplado con la polea conducida se moverá e interactuará con otro engrane recto que cuenta con cincuenta dientes en el cual está fijado otro engrane de catorce dientes que interactúa con la corredera dando así el movimiento lineal vertical que es requerido para que la manguera dosificadora pueda ingresar y salir de la botella cuando el sistema lo requiera.

Mecanismo de sellado

El sellado para este proyecto estará conformado por un motorreductor de 12 v (DC) con un consumo de corriente de 0,75 A el cual estará acoplado con una pieza de tol torneada en forma de cilindro hueco sus medidas son de 7.5 cm de largo, 2.2cm de diámetro interior y 2.4 cm de diámetro exterior. Al momento en que el motorreductor es activado gracias a las señales de los sensores de presencia que indicarán que la botella está en el lugar correcto para enroscar la tapa dosificadora a la boquilla, contando con todas las señales necesarias iniciará el proceso desplazando el motorreductor en forma vertical hacia abajo, dicho desplazamiento se logrará con la interacción de un servomotor de 12v (DC) que funcionará como grúa, su posición inicial será de 90 grados lo cual mantendrá al motorreductor elevado para permitir el paso de las botellas, al momento que el servomotor reciba el tren de pulsos comenzará a cambiar el ángulo hasta llegar a 180 grados lo cual desplazará el motorreductor hacia abajo, el movimiento vertical será guiado por un estructura en forma de tubo la cual permitirá que el movimiento sea controlado, cuando el servomotor este en 180 grados el motorreductor y la pieza estarán acoplados a la boquilla de la botella con su respectiva tapa dosificadora iniciando así el enroscado que durará 4 segundos lo cual será suficiente para que la tapa este acoplada a la boquilla, pasado dicho tiempo el servomotor regresará a su posición inicial liberando la botella para que continúe su deslizamiento en la banda transportadora

4. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

En esta parte del proyecto se diseñarán todas las partes del sistema que compone una envasadora y selladora de botellas de perfume con sus respectivos cálculos, simulaciones y dimensiones, comenzando con la parte mecánica de la banda transportadora, el sistema de manguera dosificadora para que ingrese y salga de la botella de cristal en la parte que concierne al diseño de los actuadores o electrónica de potencia se contempla el motorreductor, selladora, servomotores, portafusibles y motores de corriente continua.

En la parte de la electrónica se mostrarán los diseños de las placas electrónicas disponibles que son la de convertidor de señal de corriente continua en corriente alterna, circuito de activación de servomotores e inversor de giro de motor de corriente continua.

Para finalizar se muestra el diseño de la arquitectura de control que conlleva el cajetín de control que está formado por el controlador lógico programable, botones, luces pilotos leds, botón de emergencia, botón de encendido apagado y portafusibles.

Todos los dispositivos diseñados son los requeridos para la correcta implementación del sistema de envasado y sellado de botellas de perfume. El diseño en tercera dimensión de los componentes se lo realizará en el programa de diseño asistido por computador (CAD) Solidworks 2012.

Los dispositivos diseñados, simulados y calculados se dividirán en mecánica, electrónica de potencia, electrónica y arquitectura de control.

Para el funcionamiento integrado del sistema de envasado y sellado de botellas de perfume es necesario un dispositivo de control que permita realizar el siguiente diagrama de procesos.

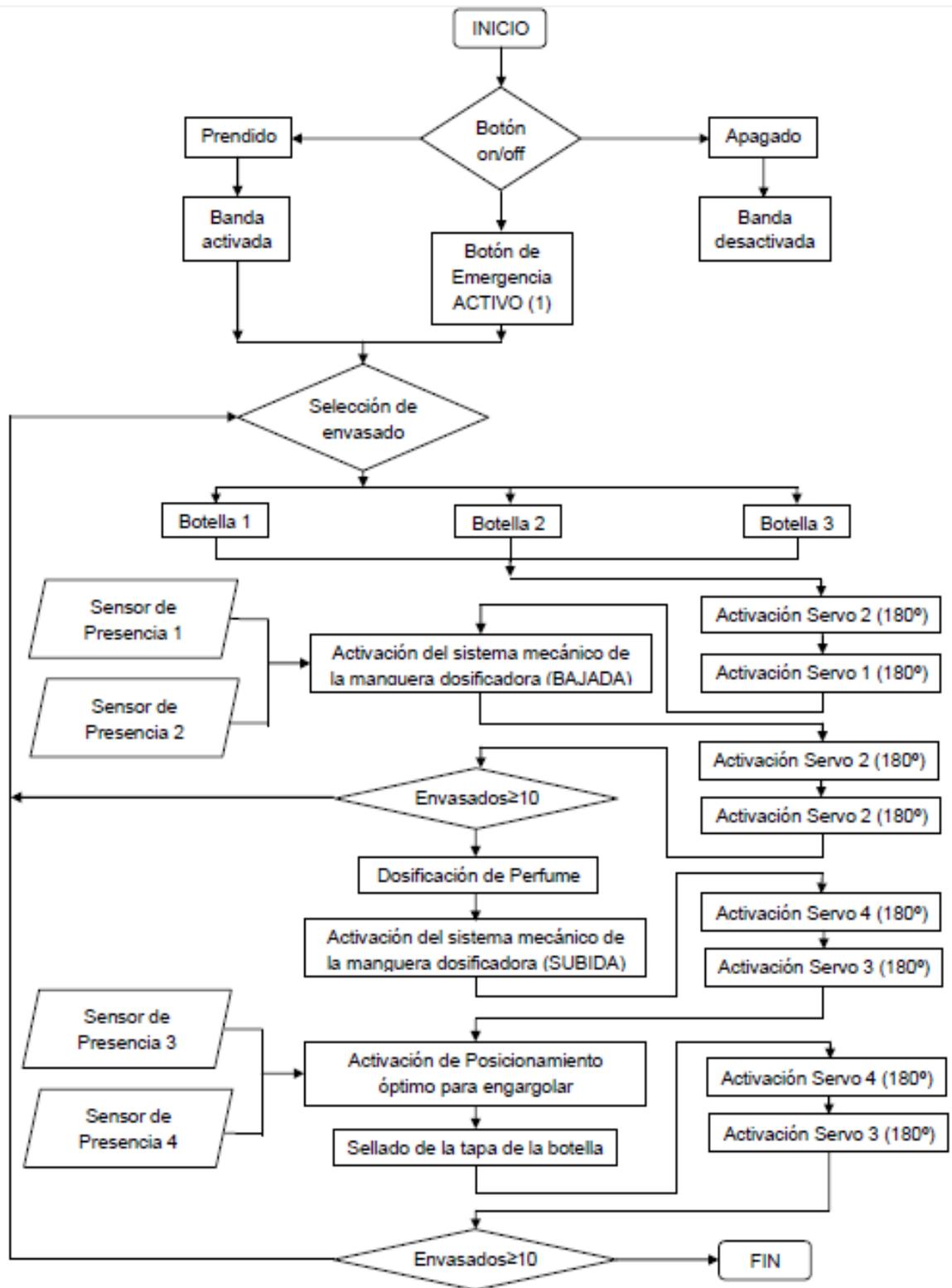


Figura 47: Diagrama de procesos.

4.1. Mecánica

4.1.1. Banda transportadora

Para el diseño de la banda transportadora se debe realizar en primer lugar los cálculos correspondientes al sistema de transmisión por cadenas ya que este generará la velocidad deseada en el eje del rodillo principal.

Los datos con los que se contará son los siguientes:

- Velocidad angular de entrada (W_o)
- Velocidad angular deseada (W_d)
- Potencia requerida (P)

Datos:

W	Wd	P	Fs
175 rpm	1)50rpm a 55rpm	$\frac{1}{2}$ Hp	1

El procedimiento de solución se desarrollan con los siguientes diez pasos y se calcularán simultáneamente para toda la transmisión:

Paso 1: En este paso se especifica un factor de servicio (F_s), el factor de servicio para este proyecto es de 1 ya que el tipo de carga es de una transportadora de carga ligera y también se calcula la potencia de diseño.

$$\text{Potencia de diseño} = F_s * P = 1 * \frac{1}{2} \text{ Hp} = \frac{1}{2} \text{ Hp (igual en las 2 transmisiones)}$$

Paso 2: Se especificará la relación deseada usando la parte media de las velocidades de salida deseadas.

$$\text{Relación} = \frac{W}{W_d} = \frac{175}{55} = 3.18 ; \text{Relación} = \frac{W}{W_d} = \frac{55}{17} = 3.24$$

Paso 3: Consultando la tabla del anexo 2 se seleccionará el paso de la cadena. Para una sola hilera, la cadena número 60, con $p = \frac{3}{4}$ pulg. Con una catarina de 15 dientes la capacidad es de 4 Hp a 175 rpm por interpolación.

Para la segunda transmisión se usará 13 dientes con capacidad de 1,12 Hp a 55 rpm por interpolación

Paso 4: En este paso se calcula la cantidad necesaria de dientes de la rueda grande.

$$N2 = N1 * \text{Relación} = 15 * 3.18 = 48 \text{ dientes}$$

$$N2 = N1 * \text{Relación} = 13 * 3.24 = 43 \text{ dientes}$$

Paso 5: Calculo de la velocidad de salida esperada.

$$n2 = n1 \left(\frac{N1}{N2} \right) = 175 \text{rpm} \left(\frac{15}{48} \right) = 54.69 \text{ rpm}$$

$$n2 = n1 \left(\frac{N1}{N2} \right) = 55 \text{rpm} \left(\frac{13}{43} \right) = 16.62 \text{ rpm}$$

Paso 6: Calculo de los diámetros de paso de las catarinas.

$$D1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N1}\right)} = \frac{0.75 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{15}\right)} = 3.61 \text{pulg}; \frac{0.75 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{13}\right)} = 3.13 \text{pulg}$$

$$D2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N2}\right)} = \frac{0.75 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{48}\right)} = 11.47 \text{pulg}; \frac{0.75 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{43}\right)} = 10.27 \text{pulg}$$

Paso 7: Especificación de la distancia entre centros nominal, se usará la parte media del intervalo recomendado $C = 31$ pasos y para la segunda transmisión $C = 28$ pasos

Paso 8: Cálculo de la longitud necesaria en pasos

$$L = 2C + \frac{N2 + N1}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4\pi^2 * C}$$

$$L = 2(31) + \frac{48 + 15}{2} + \frac{(48 - 15)^2}{4\pi^2 * 31} = 94.38 \text{ pasos}$$

$$L = 2(28) + \frac{43 + 13}{2} + \frac{(43 - 13)^2}{4\pi^2 * 28} = 84.81 \text{ pasos}$$

Paso 9: Cálculo de la distancia teórica entre centros, se usará 94 y 85 pasos.

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N2 + N1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N2 + N1}{2} \right]^2 - \frac{8(N2 - N1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} \left[94 - \frac{48 + 15}{2} + \sqrt{\left[94 - \frac{48 + 15}{2} \right]^2 - \frac{8(48 - 15)^2}{4\pi^2}} \right] = 30.75 * 0.75$$

$$= 23.06 \text{ pulg}$$

$$C = \frac{1}{4} \left[85 - \frac{43 + 13}{2} + \sqrt{\left[85 - \frac{43 + 13}{2} \right]^2 - \frac{8(43 - 13)^2}{4\pi^2}} \right] = 28.09 * 0.75$$

$$= 21.07 \text{ pulg}$$

Paso 10: Cálculo del ángulo de contacto de la cadena en cada catarina

Catarina pequeña

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{D2 - D1}{2C} \right]$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{11.47 - 3.61}{2(23.06)} \right] = 160.42^\circ$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{10.27 - 3.13}{2(21.07)} \right] = 160.42^\circ$$

Catarina grande

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{11.47 - 3.61}{2(23.06)} \right] = 199.58^\circ$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{10.27 - 3.13}{2(21.07)} \right] = 199.58^\circ$$

A continuación se procede a simular los esfuerzos y deformaciones de la estructura en la cual se aplicarán una serie de fuerzas puntuales como el peso que tiene la envasadora que es de 1.5 Kg, la selladora que tiene un peso total de 2 Kg y el peso de las botellas cuando se encuentran encima de la banda desplazándose de estación a estación el primer paso en esta simulación es la que se determinarán los puntos en los que la estructura va a tener sus bases o apoyos fijos estos como se puede observar en la figura 48 son de color verde después de establecer dichos puntos se procede a elegir el material de la estructura que para nuestro proyecto es el de Acero A-36. Después de ello se agregan las cargas que son las de color violeta estas van a estar presentes a lo largo del proceso de envasado y sellado.

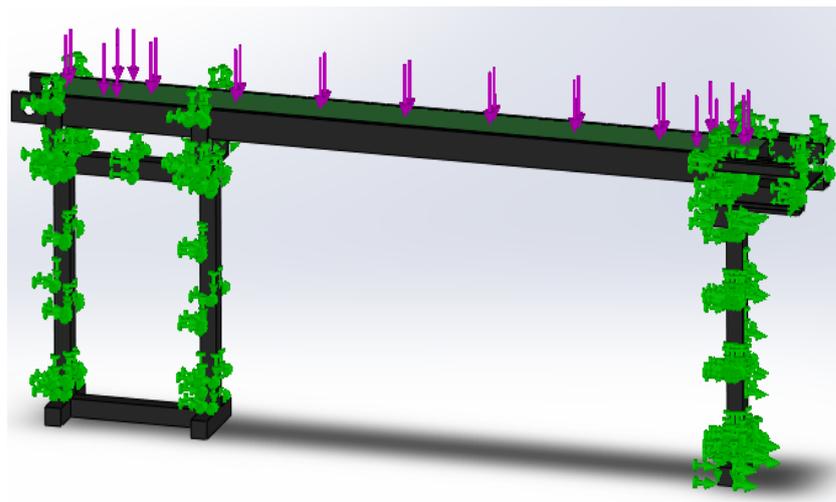


Figura 48: Cargas y soportes fijos en la estructura de la banda transportadora.

En la figura 49 se puede observar el análisis de esfuerzo de la estructura de la banda transportadora, ya que el límite elástico del Acero A-36 es de $1.9e+011 \text{ N/m}^2$ en ninguno de los puntos se debe tener precaución ya que las fuerzas que se aplican son menores al del límite elástico.

Las capacidades de las botellas van desde los 60ml de la botella más grande y 40 ml de la botella más pequeña, tomando esto en cuenta la fuerza que se genera con estas cargas no pueden deformar el Acero A-36 en ninguna ocasión.

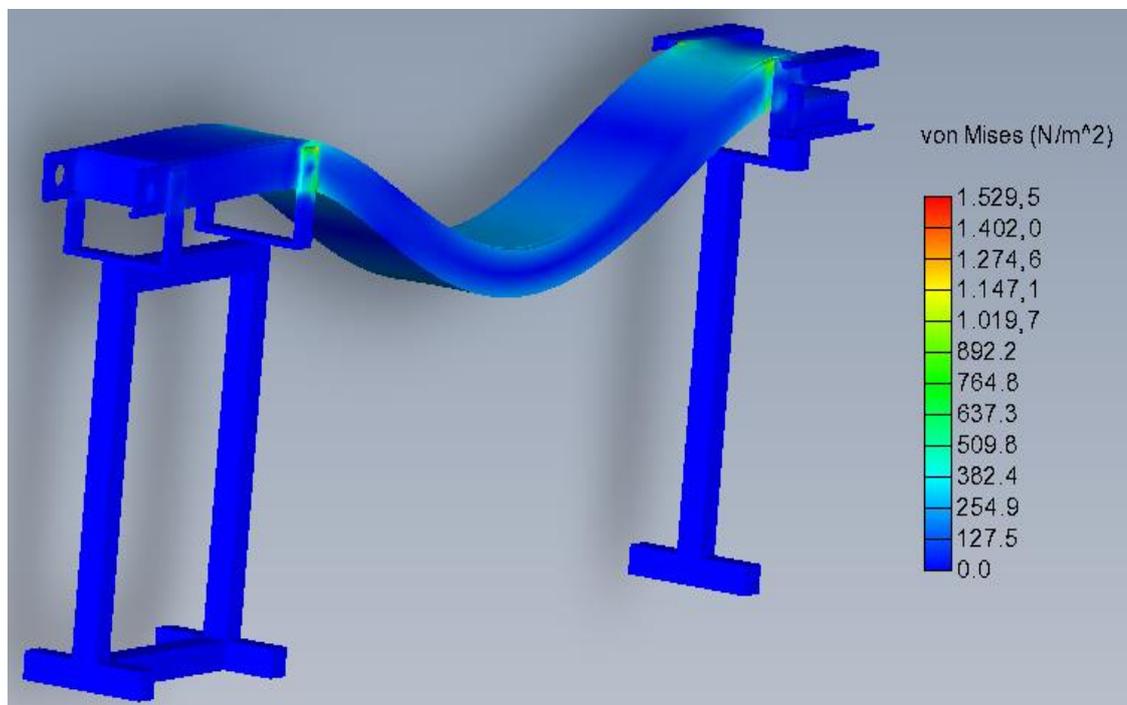


Figura 49: Análisis de esfuerzos de la estructura de la banda

En la figura 50 se puede observar la deformación que se genera a lo largo de la estructura, la simulación indica que existen puntos que al ser sobrepasados pueden sufrir algún tipo de ruptura dichos puntos aumentan su cuidado mediante colores indicando que el azul es el de menos cuidado y el rojo es el punto a tener en cuenta o el de más cuidado.

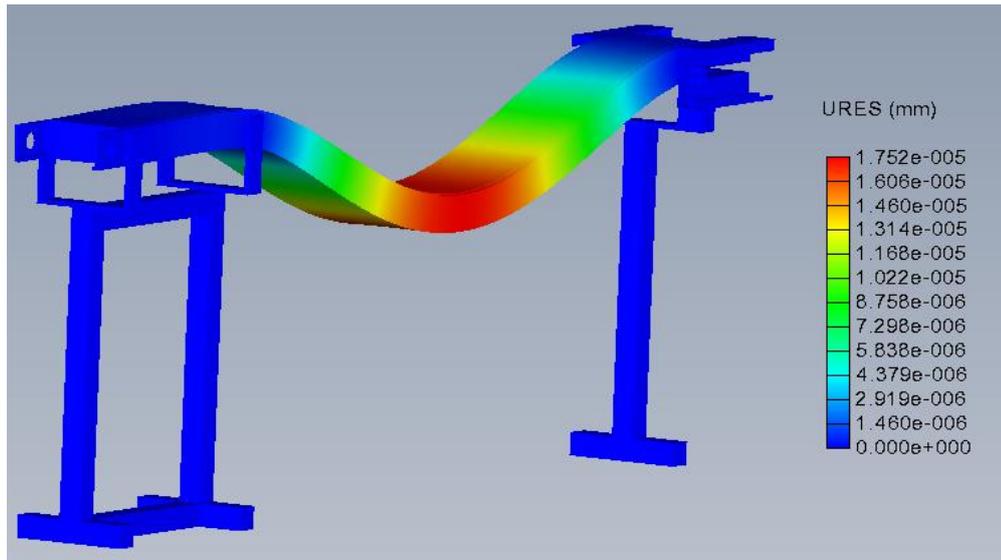


Figura 50: Análisis de deformación de la estructura de la banda transportadora.

4.1.2. Cálculos engranajes del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella

Para el cálculo de los engranes que interactúan con un piñón-cremallera se usarán datos conocidos como el número de dientes (Z) de cada engrane, número de dientes del piñón (h), la velocidad de inicio del motor por ende de la polea pequeña (V_1), el paso del piñón-cremallera (p), y el diámetro de las dos poleas (d_1 y d_2). Los cálculos a tener en cuenta para el sistema mecánico de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella son los siguientes:

- A) Velocidad de la polea grande (V_2).
- B) Velocidad del engrane uno y dos (N_m , N_s).
- C) Avance de la cremallera (V_A).

Datos:

Z_m	N_m	Z_s	N_s	V_1	V_2	d_1	d_2	p	H	V_A
15	-	60	-	2830rpm	-	7mm	24mm	15	2mm	-

A) Velocidad de polea a polea

$$\frac{V1}{V2} = \frac{d2}{d1} \rightarrow \frac{2830}{V2} = \frac{24}{7} \rightarrow V2 = Nm = 825,42 \text{ rpm}$$

B) Velocidad engrane dos

$$\frac{Nm}{Ns} = \frac{Zs}{Zm} \rightarrow \frac{825}{Ns} = \frac{60}{15} \rightarrow Ns = V = 206,25 \text{ rpm}$$

C) Avance de la cremallera

$$VA = p * h * v \rightarrow VA = 2 * 15 * 206 \rightarrow VA = 6180 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \neq 6,18 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Para obtener la propiedad que deben tener los dientes se contará con cuatro datos principales como el número de dientes del engrane grande como del pequeño (NG, Np), el ángulo de precisión (\emptyset) y el paso diametral (Pd). Cabe recalcar que el Angulo de precisión se obtuvo mediante datos conseguidos en el libro Diseño de elementos de máquinas de Mott los cuales fueron anexados.

Datos:

NG	Np	\emptyset	Pd
60	15	14.5	64

Diámetros de paso:

Engrane pequeño o piñón

$$Dp = \frac{Np}{Pd} = \frac{15}{64} = 0.234 \text{ pulg}$$

Engrane grande

$$DG = \frac{NG}{Pd} = \frac{60}{64} = 0.94 \text{ pulg}$$

Paso circular

$$p = \frac{\pi}{Pd} = \frac{\pi}{64} = 0.05 \text{ pulg}$$

Addendum

$$a = \frac{1}{Pd} = \frac{1}{64} = 0.016 \text{ pulg}$$

Dedendum

$$b = \frac{1.25}{Pd} = \frac{1.25}{64} = 0.019 \text{ pulg}$$

Holgura

$$c = \frac{0.25}{Pd} = \frac{0.25}{64} = 0.0039 \text{ pulg}$$

Diámetros exteriores:

Engrane pequeño o piñón

$$DoP = \frac{Np + 2}{Pd} = \frac{15 + 2}{64} = 0.27 \text{ pulg}$$

Engrane grande

$$DoG = \frac{NG + 2}{Pd} = \frac{60 + 2}{64} = 0.97 \text{ pulg}$$

Diámetros de raíz:

Engrane pequeño o piñón

$$DRP = Dp - 2b = 0.234 - 2(0.019) = 0.196 \text{ pulg}$$

Engrane grande

$$DRG = DG - 2b = 0.94 - 2(0.019) = 0.902 \text{ pulg}$$

Altura total

$$h1 = a + b = 0.016 + 0.019 = 0.035 \text{ pulg}$$

Profundidad de trabajo

$$hk = 2a = 2(0.016) = 0.032 \text{ pulg}$$

Espesor de diente

$$t = \frac{\pi}{2Pd} = \frac{\pi}{2(64)} = 0.025 \text{ pulg}$$

Distancia entre centros

$$C = \frac{(NG + Np)}{2Pd} = \frac{(64 + 15)}{2(64)} = 0.586 \text{ pulg}$$

Diámetro círculo base

$$DbP = Dp * \cos\phi = 0.234 * \cos(14.5) = 0.2265 \text{ pulg}$$

$$DbG = DG * \cos\phi = 0.94 * \cos(14.5) = 0.910 \text{ pulg}$$

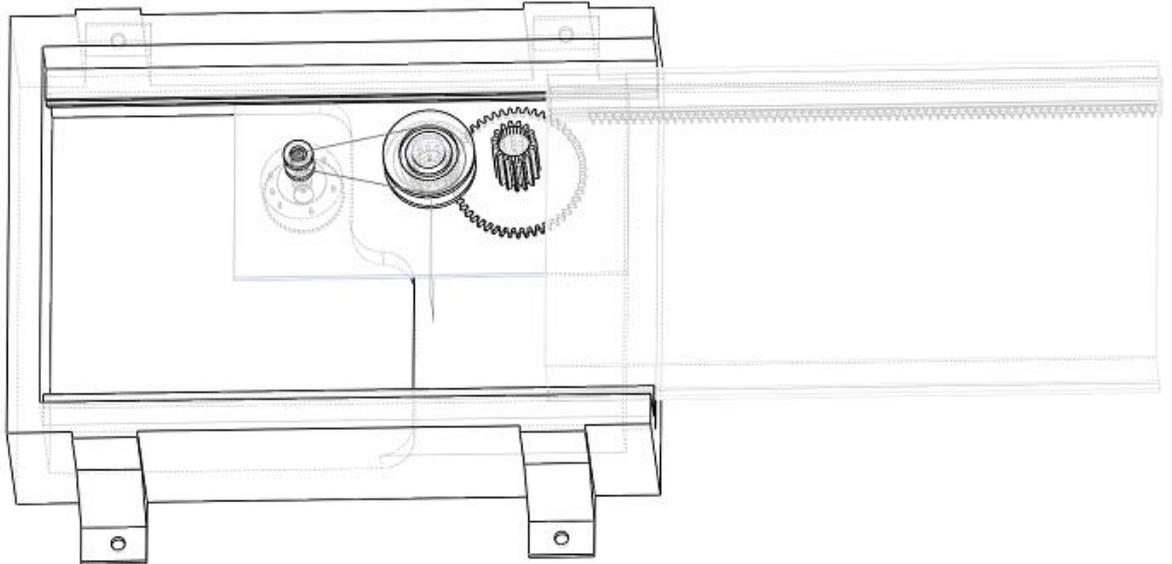


Figura 51: Diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella.

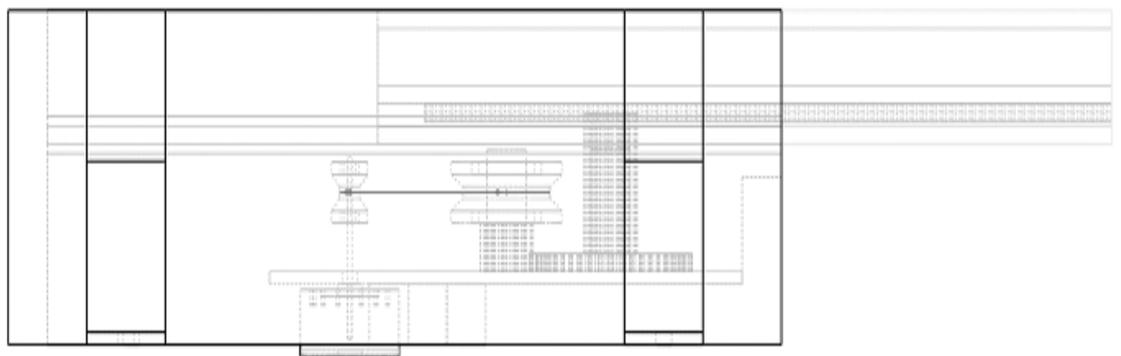


Figura 52: Vista lateral del diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella.

El mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella cuenta con una base de 17cm de largo, 21cm de ancho y 55 cm de alto. La estructura fue hecha en Tol que es un material resistente que se utiliza para fabricar tableros eléctricos, por esto fue seleccionado dicho material ya que es duro y resistente.

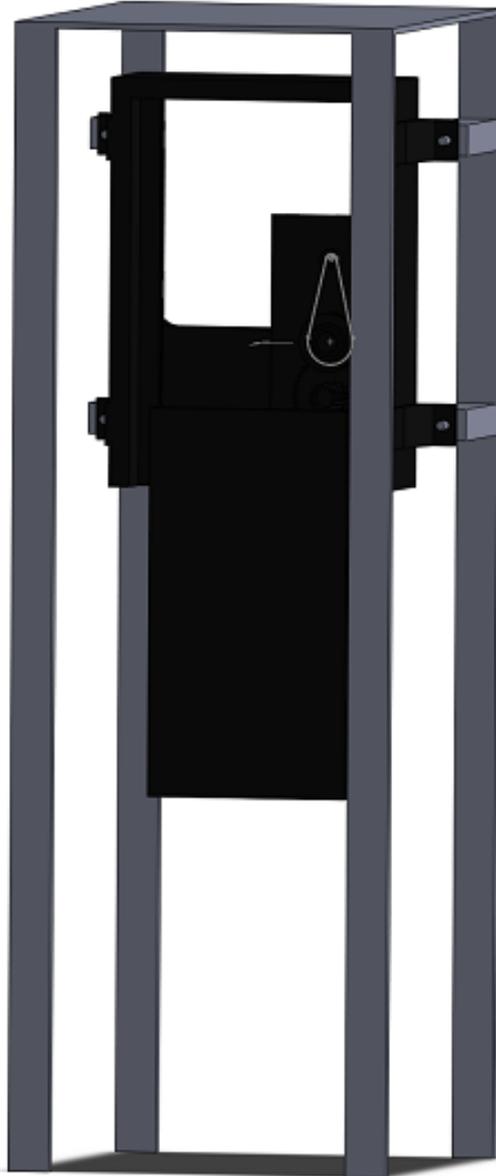


Figura 53: Diseño del mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella con base.

4.2. Diseño de los componentes electrónicos

4.2.1. Motorreductor

Para elegir de forma correcta las condiciones óptimas que necesita el motorreductor para ser incluido en el sistema mecánico de la banda transportadora se deberán realizar los siguientes cálculos:

- Torque (T)
- Corriente (I)
- Potencia activa (Pw)
- Cos ϕ
- Potencia reactiva

Datos:

Voltaje(V)	Potencia Aparente(Ps)	Velocidad angular(W)	Rendimiento N	Fuerza Neta	Velocidad lineal	(cos ϕ)
120v	?	175rpm	80%	100lbf	1m/9s	?

Fuerza Neta

$$FN = \frac{4T}{D} \text{ (Bandas planas)}$$

$$100 = \frac{4T}{8.202} = T = \frac{100\text{lbf} * 8.202\text{ft}}{4} = 205.05\text{lbf} * \text{ft}$$

Velocidad Angular

$$V = \frac{d}{t} = V = \frac{1\text{m}}{9\text{s}} = 0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$W = \frac{V}{R} = W = \frac{0.11\text{m/s}}{0.0925\text{m}} = 1.2012 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Potencia requerida

$$P = T * W = P = 205.05\text{lbf} * \text{ft} * 1.2012 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 246.31 \frac{\text{lbf} * \text{ft}}{\text{s}}$$

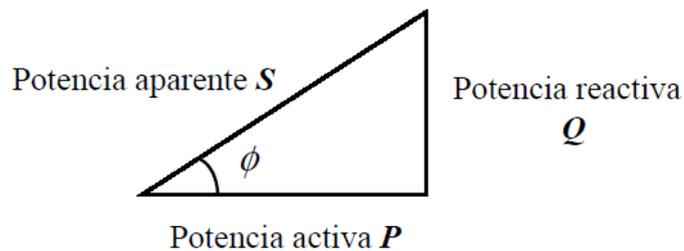
$$\neq 0.45 \text{ Hp se usara un motor de } 0.5 \text{ Hp} \neq 0.373\text{Kw}$$

Corriente

$$I = \frac{W}{V} = \frac{0.373Kw}{120v} = 3.11A$$

Torque del motorreductor

$$T = \frac{P}{W} = \frac{0.373Kw}{18.33 \frac{rad}{s}} = 20.35Nm$$



Potencia activa

$$P = \frac{P * 100}{n} = \frac{0.373Kw * 100}{80} = 0.46625Kw$$

Potencia Aparente

$$PS = V * I * \sqrt{3} = 120 * 3.11 * \sqrt{3} = 0.646Kw$$

Potencia reactiva

$$PQ = \sqrt{(PS^2 - P^2)} = \sqrt{466.25^2 - 373^2} = 279.75VAr$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{PS} = \cos\varphi = \frac{0.46625Kw}{0.646Kw} = 0.723 \Rightarrow \varphi = 43.8$$

4.2.2. Motor de corriente continua(DC) 5v

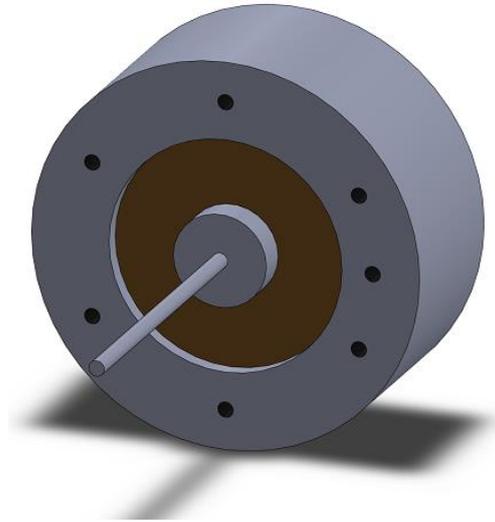


Figura 54: Motor de corriente continua

4.2.3. Servomotor

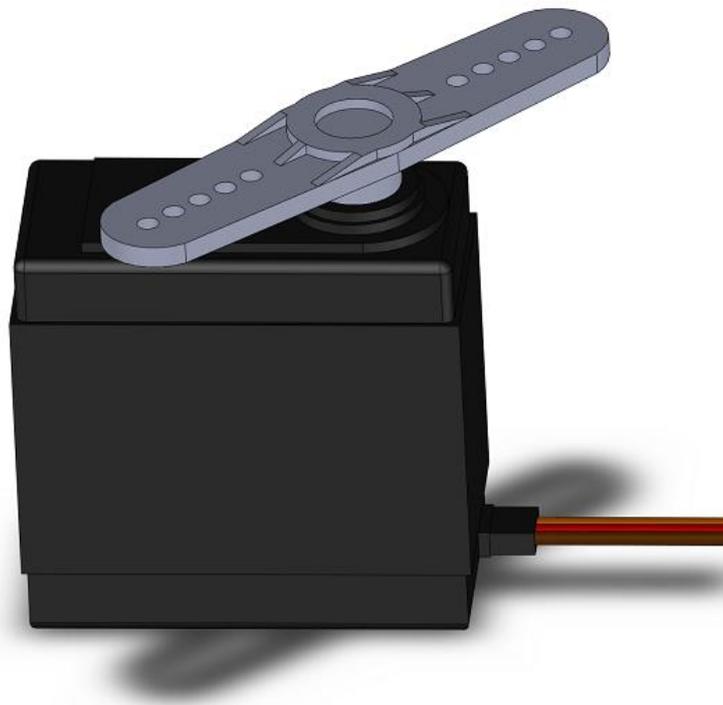


Figura 55: Servomotor HD Power

4.2.4. Portafusibles

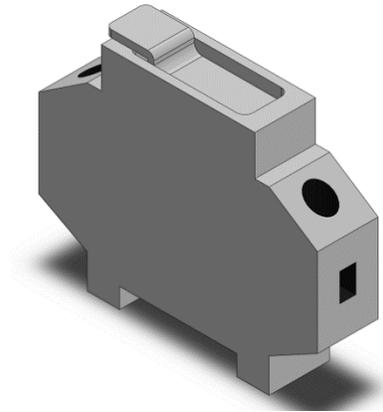


Figura 56: Portafusibles (10*38)

4.2.5. Motorreductor

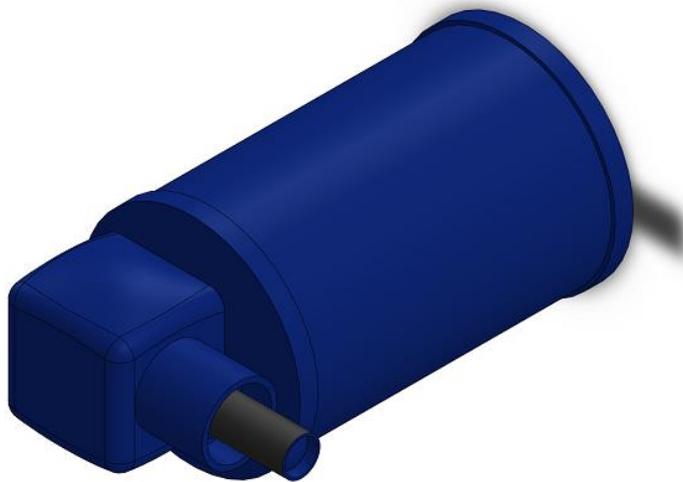


Figura 57: Motorreductor

El motorreductor que se uso en este proyecto es de 120v con una potencia de 1/2 Hp, dicha potencia es requerida para mover las catarinas conectadas por cadenas y realizar el movimiento lineal necesario para la banda transportadora.

4.2.6. Bomba dosificadora



Figura 58: Bomba dosificadora

La bomba dosificadora AC que se usará en este proyecto es de 9w de potencia y tiene un caudal de 600 litros/hora lo que es suficiente ya que se envasarán cantidades que van desde los 40ml a los 60ml, también se requiere 1.20 metros de altura de bombeo y esta bomba puede funcionar hasta con 2m de altura.

4.3. Electrónica

En este proyecto se ha diseñado una serie de placas electrónicas las cuales serán un complemento y soporte para el controlador lógico programable (PLC), tanto para activar sus entradas como para activar varios actuadores con los que cuenta el sistema. Su funcionamiento se basa en el flujo de electrones en los dispositivos electrónicos para generar, transmitir, recibir y almacenar datos o señales.

4.3.1. Circuito convertidor de voltaje de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC)

Para activar las entradas del controlador lógico programable PLC se requiere de más de setenta y dos voltios en corriente alterna y ya que los sensores

pololu emiten una señal de salida en corriente continua DC se requiere un circuito que convierta las corrientes de continua a alterna.

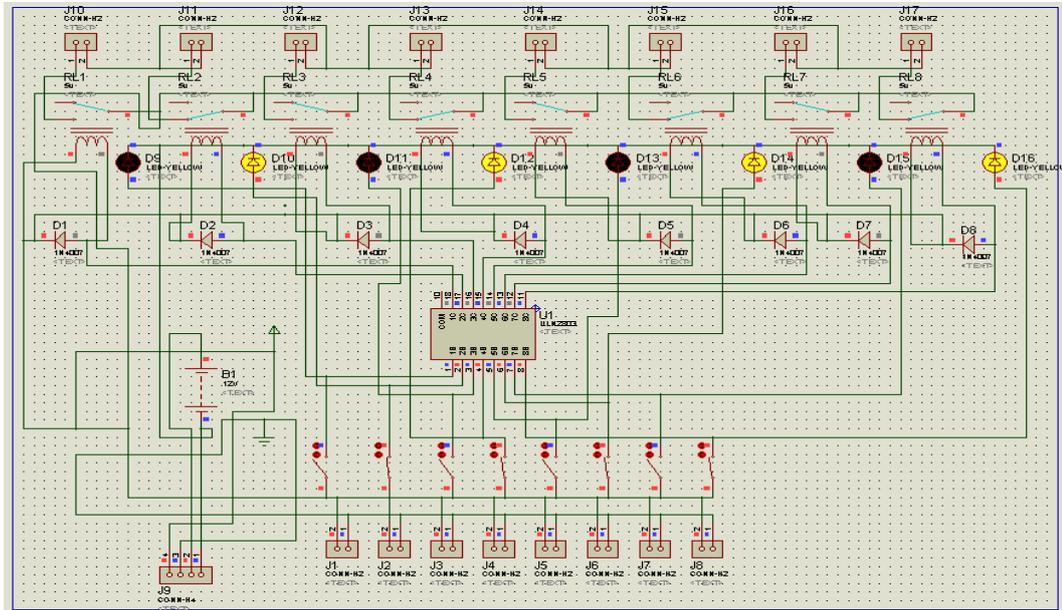


Figura 59: Simulación del circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna.

El circuito se basa en la activación de relés de doce voltios mediante señales de los sensores de presencia pololu los cuales emiten una señal de salida de cinco voltios en corriente continua dicha señal es filtrada por un circuito integrado (ULN2803) el cual toma el voltaje de alimentación DC que puede ir de 8 hasta 12 voltios y energizará las bobinas del relé que están protegidas por un diodo rectificador 1N4007 con lo que se activará el normalmente abierto del relé.

Para obtener la salida de 110 voltios en corriente alterna AC es necesario conectar el común del relé a la línea de 110 voltios AC y el común de AC se debe puentear con el negativo de DC ya que las tierras son las mismas tanto en corriente continua como alterna.

Cabe recalcar que se dispuso de unos switchs para poder habilitar o deshabilitar las entradas del circuito y también se usaron unos leds para saber si el voltaje está llegando a las bobinas del relé.

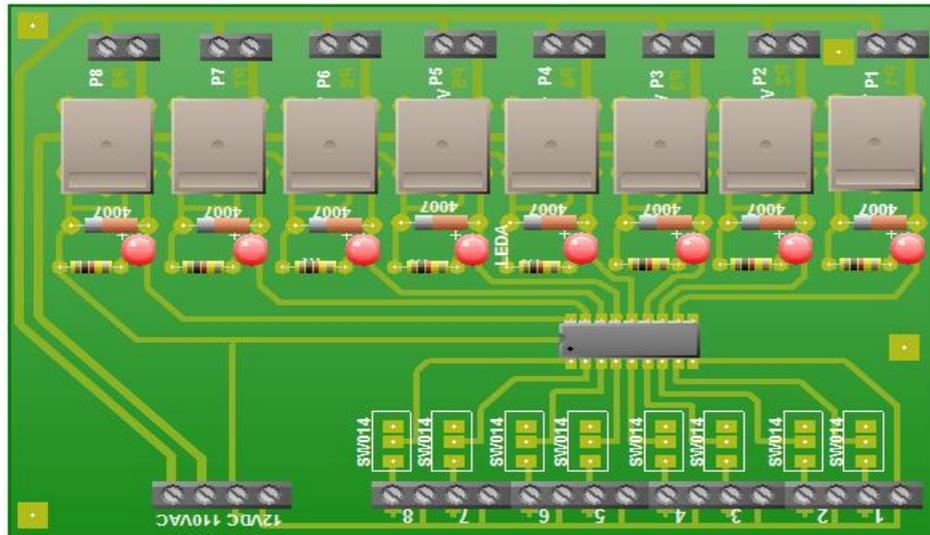


Figura 60: Pistas del Circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna.

4.3.1.1. Integrado ULN2803

Para operar los relés de 12 voltios se usará un integrado que contiene 8 transistores de arreglo Darlington¹² y diodos damper¹³, y se utiliza generalmente como interface, para acondicionar pulsos o señales digitales de baja intensidad por lo que puedan accionar dispositivos que requieren altas corrientes o voltajes. Su función se basa en que la señal eléctrica generada por los elementos digitales es aumentada tanto su tensión como su corriente por medio de transistores de potencia. Los diodos sirven como amortiguadores para reducir los pulsos transientes y las variaciones de pulso.

¹² Arreglo Darlington: Es un transistor que genera una alta ganancia de corriente.

¹³ Diodo Damper: Es un diodo que soporta una elevada tensión y amperaje.

El voltaje suministrado va a ser el mismo de los relés que será de doce voltios en corriente continua (DC) cabe recalcar el integrado soporta hasta 30 voltios (DC).

Tabla 12: Datos técnicos del integrado ULN2803

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	VO	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	VI	30	V
Collector Current – Continuous	IC	500	mA
Base Current – Continuous	IB	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	TA	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	Tstg	-55 to +150	°C
Junction Temperature	TJ	125	°C

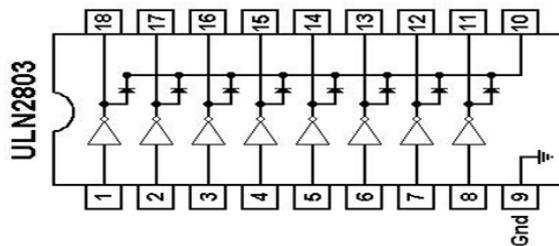


Figura 61: Integrado ULN2803

4.3.2. Circuito de activación de servos

La activación de los servomotores ROBOTEK (MS-311) depende del tren de pulsos que genere el microcontrolador (PIC16F877A), dicho tren de pulsos es el mismo para los cuatro servomotores con los que se dispone ya que se requiere que los tengan un posicionamiento angular igual, lo que cambia es el momento en que deben ser activados. El torque máximo de los servomotores usados en este proyecto es de 3.3Kg.m que es suficiente ya que no moverán, empujarán o jalarán ningún peso ya que su funcionamiento se basa en impedir el paso de las botellas cuando se encuentren en una posición angular de 180 grados.

El funcionamiento depende del (1) lógico que envié el controlador lógico programable a alguna de las entradas(S) del microcontrolador, al momento que la señal se genera en alguno de los pines previamente seleccionados mediante programación el microcontrolador pasará a estado activo (1) por un tiempo determinado lo cual genera el tren de pulsos necesario para que el servomotor este en ángulos que oscilan entre 0° a 180° dependiendo si es necesario detener o permitir el paso de las botellas. El circuito consta de dos distintos voltajes de funcionamiento en corriente continua (DC), el primero es de 5 voltios (DC) el cual se suministra al (PIC16F877A) y el segundo de 6 voltios (DC) que será el encargado de energizar a los servomotores, se dispone de estos 2 voltajes distintos para que la corriente que consume el Microcontrolador (PIC) no influya en la corriente que consumen los servomotores que es de 7.7mA en funcionamiento sin carga por motor y ya que los 4 servomotores distribuidos por la banda transportadora actúan al mismo tiempo el consumo de corriente aumenta.

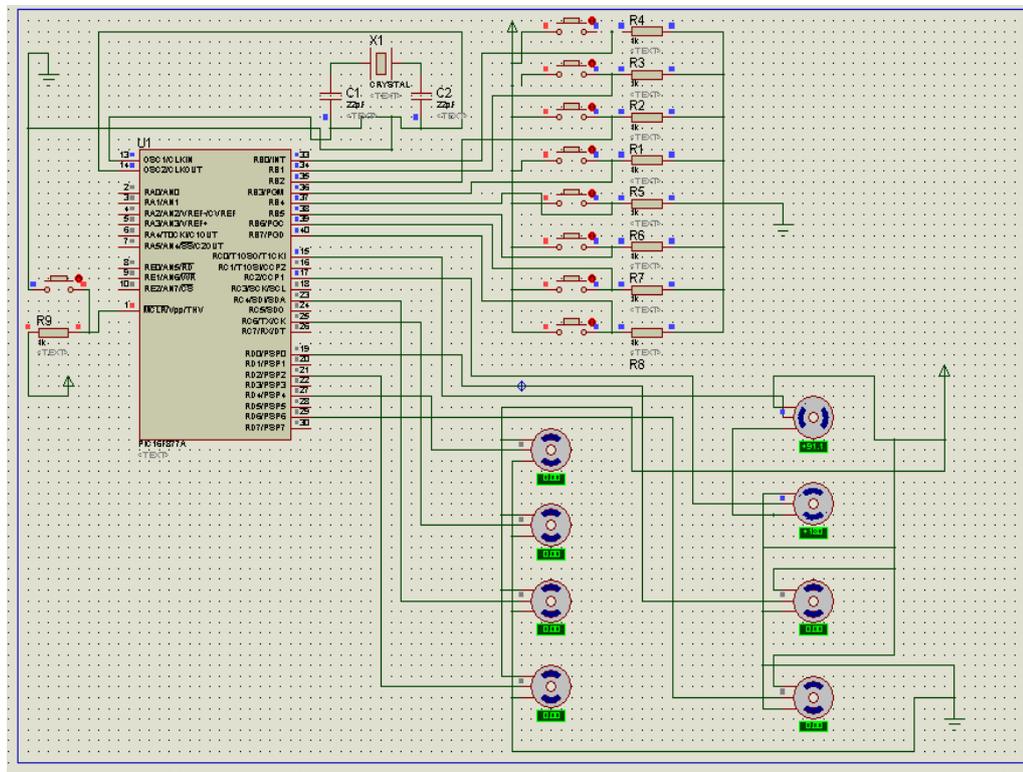


Figura 62: Simulación de circuito de activación de servos

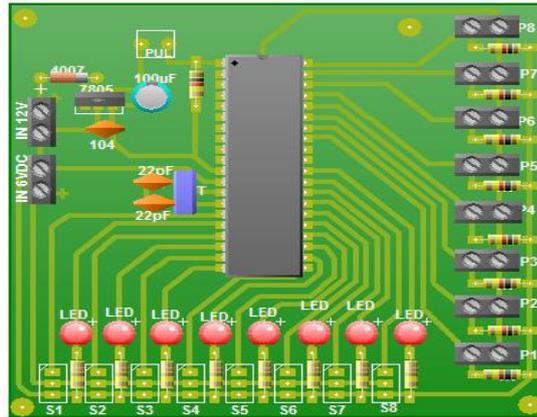


Figura 63: Pistas del Circuito de activación de servomotores

4.3.2.1. Microcontrolador (PIC16F877A)

Para este proyecto se dispondrá de un microcontrolador (PIC) el cual será el encargado de tomar las señales provenientes del controlador lógico programable y activar las salidas del mismo lo cual permite el movimiento de los servomotores. Para su correcto funcionamiento se debe usar un oscilador externo de 4 MHz el cual permite que los datos que maneja el microcontrolador (PIC) actúen a una velocidad constante.

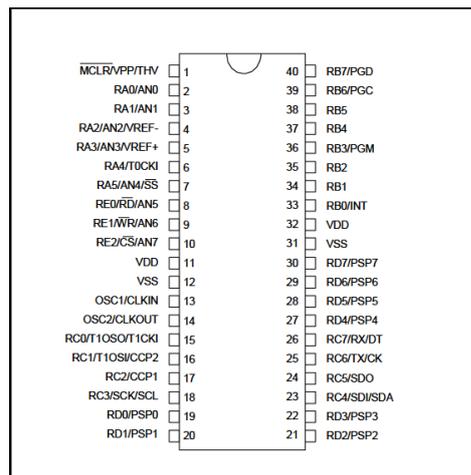


Figura 64: Pines del PIC16F877A.

4.3.3. Circuito inversor de giro para motor de corriente continua

En este proyecto para tener un movimiento vertical en ambos sentidos del mecanismo de la manguera dosificadora se usa un motor de corriente continua (DC), para esto se requiere invertir el giro del motor DC por lo que se usa un puente H que basa su funcionamiento en relés, el motor está conectado a los dos comunes de los relés, los normalmente abiertos y cerrados están puenteados a positivo (5v) y a negativo (tierra). Las bobinas de los relés se activarán mediante la señal que se envíe desde el controlador lógico programable hacia la base de los transistores 3904, el cual generará una señal en el colector que llegará al diodo rectificador 1N4007 con lo que se logrará la activación de los relés.

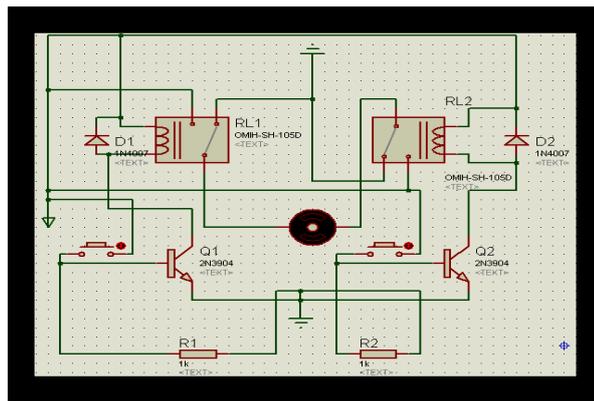


Figura 65: Simulación del Circuito inversor de giro.

4.4. Arquitectura de control

El cajetín de control consta de un controlador lógico programable (PLC) siemens 230RC con Ethernet conectado a 2 extensores de entradas y salidas, también cuenta con un portafusibles. En la parte de la puerta se encuentran los botones de encendido y apagado, los botones de selección, el botón de emergencia y los focos indicadores. Estos dispositivos interactúan entre sí para generar control al sistema de envasado y sellado de botellas de perfume, el controlador lógico programable (PLC) será el

encargado de recibir las señales de los sensores de presencia, pulsadores de marcha, botón de emergencia, botón de encendido y apagado del sistema. Con todos esos botones activos se encenderá la salida del controlador lógico programable en el que está conectado el motorreductor que estará accionado durante todo el proceso sin detenerse en las estaciones de envasado y sellado, el motorreductor después de accionado solo se detendrá si uno de los 3 botones antes mencionados pasa a estado pasivo.

Para inicializar el sistema el controlador lógico programable debe recibir varias señales como la del botón encendido en activo (1), el botón de emergencia en activo (1) y la señal activa (1) de uno de los pulsadores de marcha que serán los que indiquen al programa que botella se debe usar, al activar alguno de los botones de marcha se encenderá una de las luces piloto led lo que indicará al operario que botella se debe utilizar, con todas estas señales requeridas el sistema de envasado y sellado de botellas de perfume estará listo para su funcionamiento.

Para activar la primera estación de trabajo que es la de llenado el controlador lógico programable debe recibir las señales pasivas (0) de los sensores infrarrojos Pololu los cuales funcionan en un rango de dos a diez centímetros, cabe recalcar que los sensores estarán activos en todo momento y cuando una botella de cristal obstruya su rango de visión el sensor enviará una señal pasiva (0) pero para que una de las salidas del controlador lógico programable(PLC) sea activada se necesitará de dos de estas señales pasivas tanto en la estación de llenado como en la estación de sellado lo cual ocasionará que el controlador lógico programable(PLC) active una de sus salidas en la cual estará conectada una de las entradas del circuito de activación de servomotores por lo que se generará el tren de pulsos requerido para que los servomotores tomen una posición angular de 180 grados para así impedir el paso de la botella de cristal y regresen a una posición angular de 90 grados para que permitan el paso de la botella de

cristal cabe recalcar que se activará primero un servomotor el cual será el encargado de impedir el paso de la botella de; A continuación del accionamiento del servomotor se activará el sistema de envasado gracias a una señal retardada que envía el controlador lógico programable a una de sus salidas, la misma que se encuentra enlazada a una entrada del circuito inversor de giro de motor en corriente continua (DC) comenzando así con la puesta en marcha del sistema mecánico de la manguera con lo que se accionará el motor de corriente continua(DC) el cual generará movimiento circular igual al de las manecillas de un reloj y será transmitido al sistema de poleas por lo que será transferido a los engranes rectos del mismo con lo que se obtendrá un movimiento lineal vertical hacia abajo, después de ingresada la manguera en la botella se activará la bomba dosificadora con un tiempo establecido que varía dependiendo de la botella que se seleccionó con anterioridad, trascurrido este tiempo el controlador lógico programable envía una señal activa(1) a otra salida que está conectada a una de las entradas del circuito inversor de giro de motor en corriente continua (DC) generando un movimiento circular del motor(DC) sea ahora en sentido contrario a las manecillas del reloj. El siguiente paso en el proceso es la salida de las botellas de cristal de la estación de llenado el cual será posible cuando el servomotor que está en una posición angular de 180 grados que impide el paso de la misma pasa a su estado original de 90 grados con lo que permite el paso de la botella que se dirige hacia la siguiente estación, y así se repetirá el proceso

Al momento que la botella llega al primer sensor de la estación de sellado el mismo envía la primera señal requerida por el controlador lógico programable (PLC), al momento que la botella se encuentra la posición del segundo sensor de presencia el servomotor toma una posición angular de 180 grados con lo que impide el paso de la botella, un tiempo después de haber estabilizado la botella se accionará la selladora la cual enroscará la tapa dosificadora de plástico a la botella de cristal.

Cabe recalcar que la salida de la botella en esta estación de sellado es igual a la del sistema de envasado.

En este proyecto se usó un sistema de control en lazo abierto por que la salida del mismo no tiene efecto sobre la acción de control; esta salida no retroalimentará ni será comparada con la entrada de referencia, a la cual le corresponde una condición de operación fija, como resultado de esto la precisión del sistema se establecerá mediante una previa calibración, si existiera algún tipo de perturbación el sistema no realizará la tarea establecida.

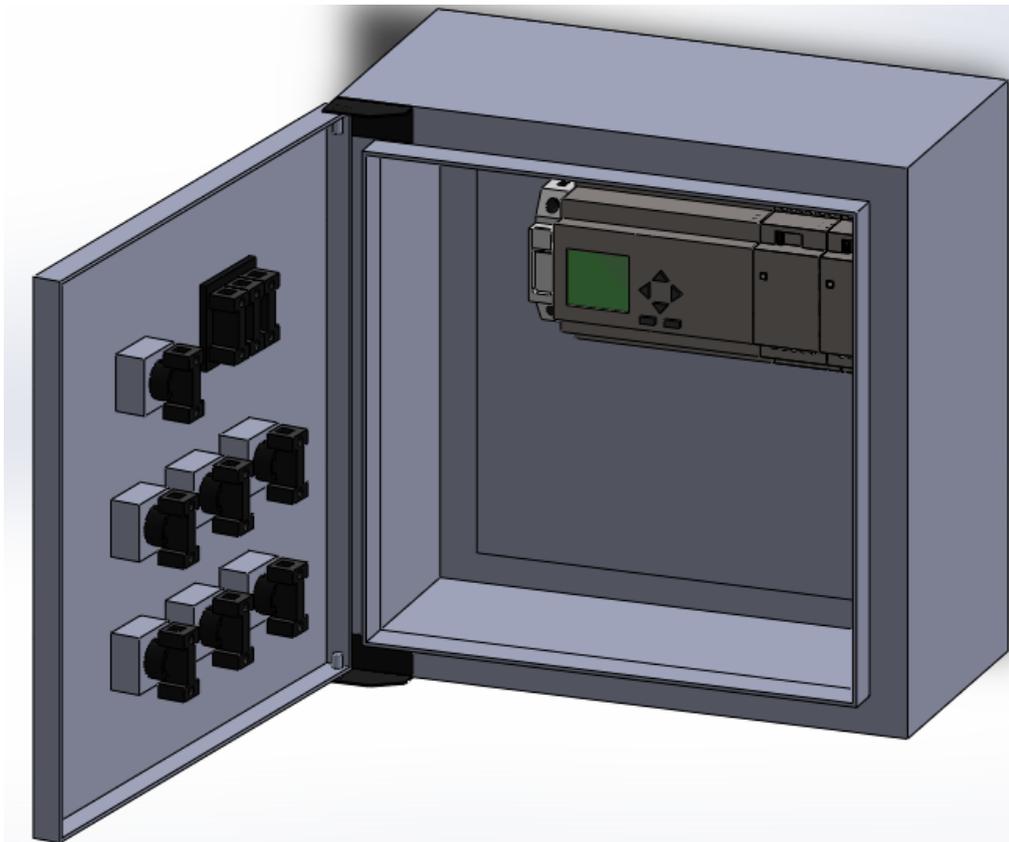


Figura 66: Cajetín de control abierto.

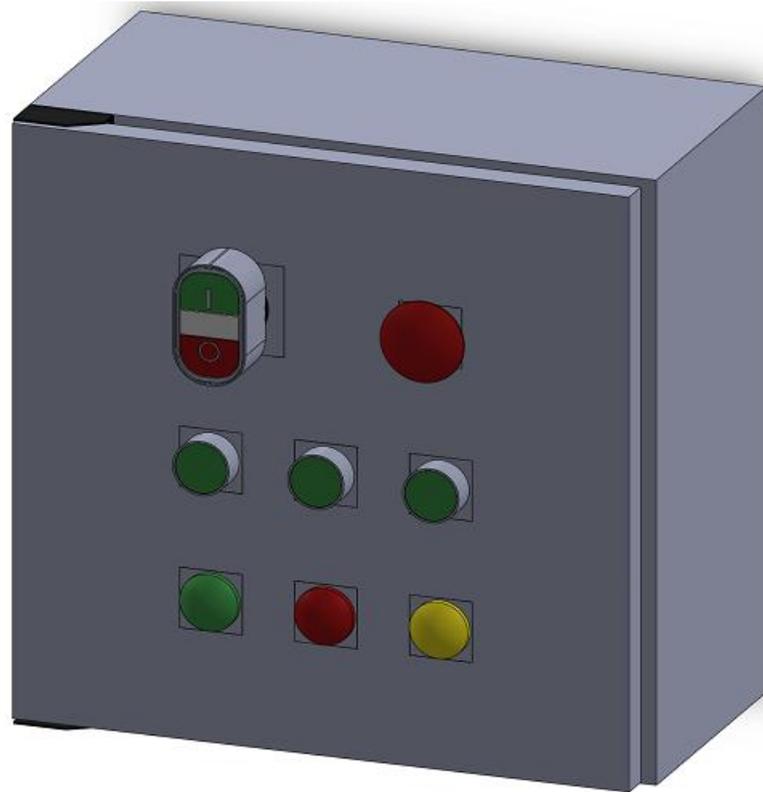


Figura 67: Cajetín de control cerrado.

4.4.1. Sensor de presencia pololu

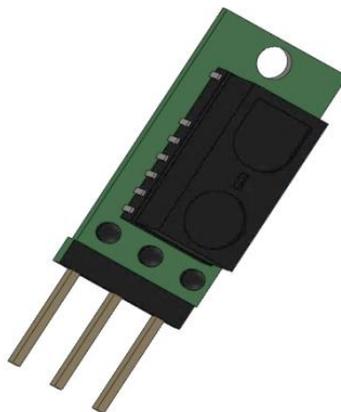


Figura 68: sensor infrarrojo de presencia pololu.

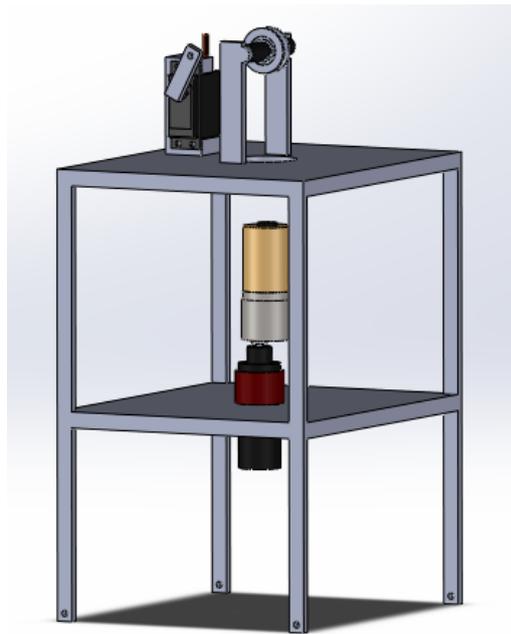


Figura 69: Sistema de Sellado con servo motor y motorreductor

4.4.2. Diagrama de bloques del sistema de envasado y sellado de botellas de perfume.

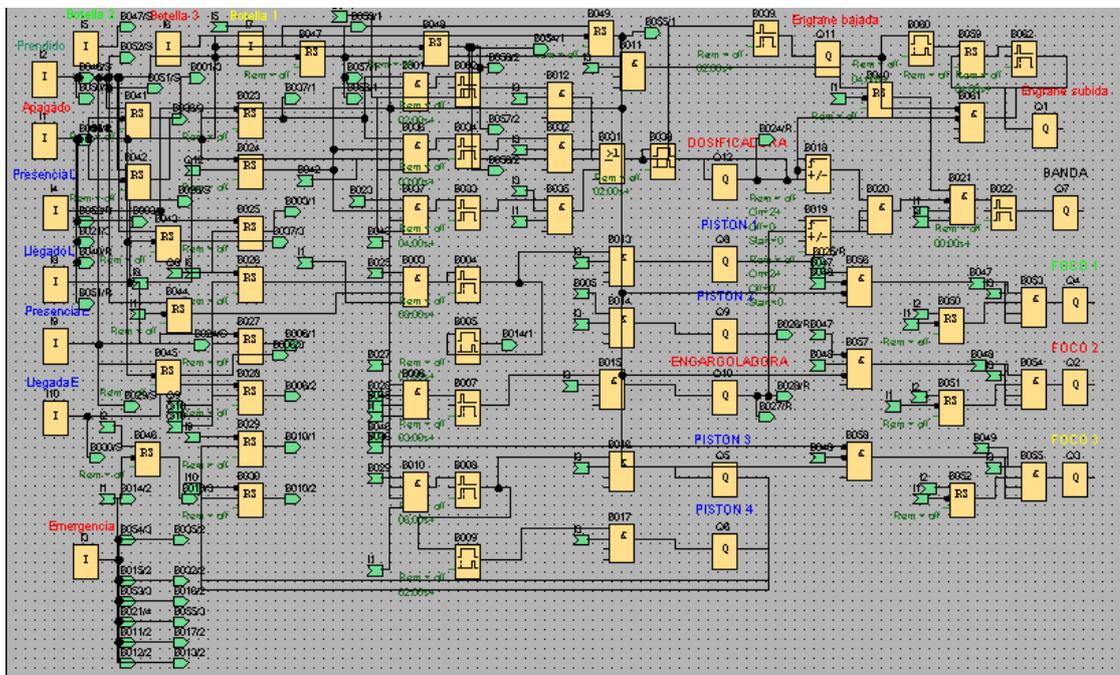


Figura 70: Simulación del sistema elaborado en LOGO!soft Comfort V7.0

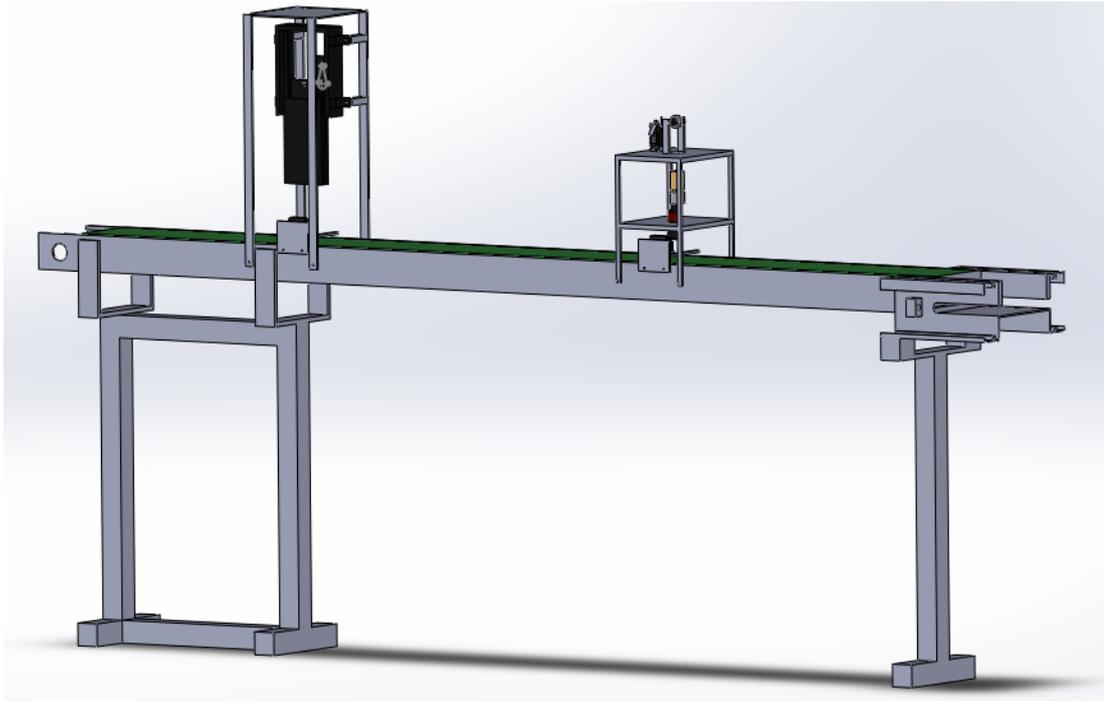


Figura 71: Sistema completo de envasado y sellado

5. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

5.1. Construcción y pruebas del sistema mecánico



Figura 72: Construcción de la banda transportadora



Figura 73: Instalación del rodillo secundario

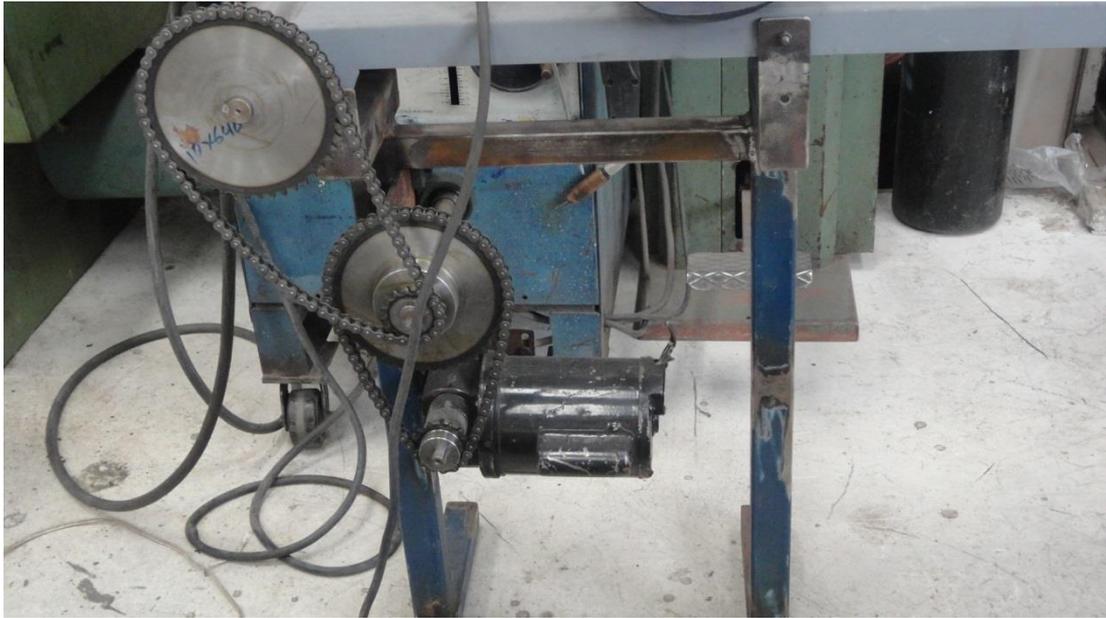


Figura 74: Instalación del sistema de cadenas para la reducción de velocidad del motorreductor.



Figura 75: Instalación del rodillo principal y chumaceras.



Figura 76: Banda transportadora totalmente ensamblada.

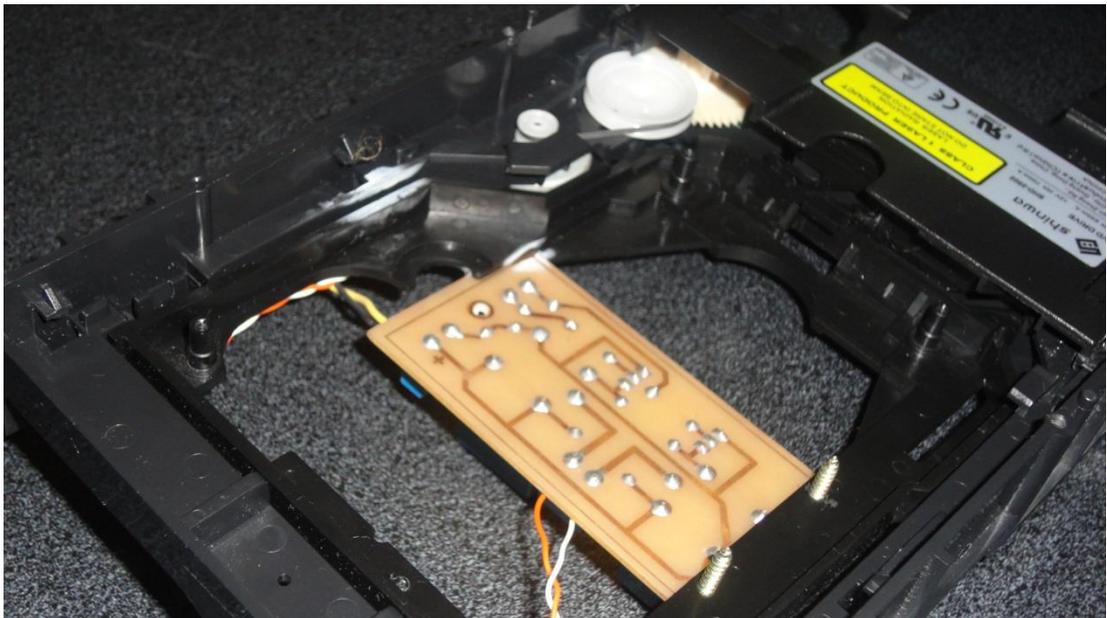


Figura 77: Mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella.



Figura 78: Base para el mecanismo de entrada y salida de la manguera dosificadora de perfume a la botella.



Figura 79: Selladora conformada por un motorreductor y un acople de duralón

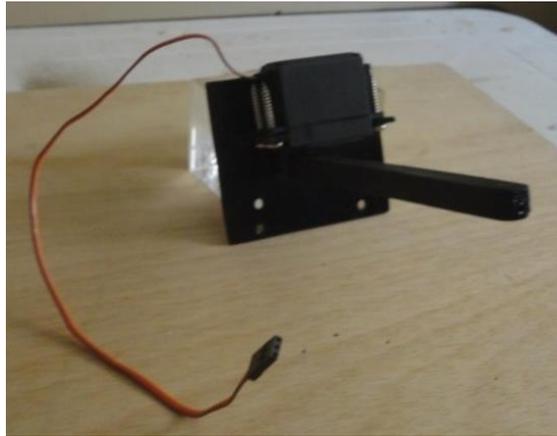


Figura 80: Servomotor con base y acople de duralón



Figura 81: Sistema de sellado de botellas de perfume

5.2. Construcción y pruebas del sistema eléctrico

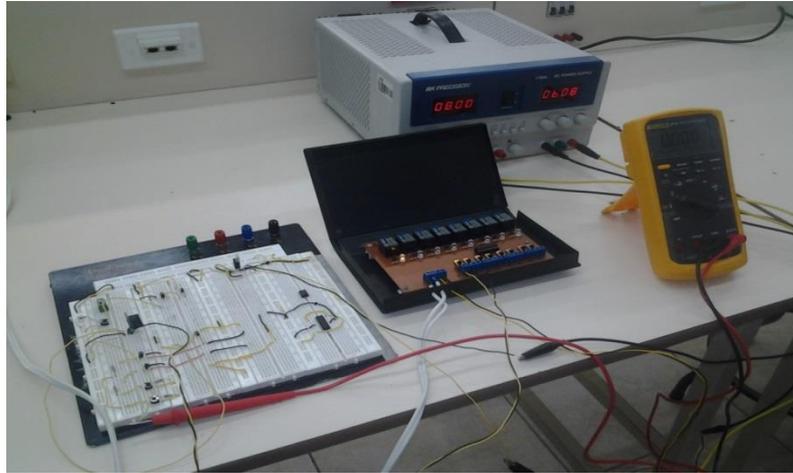


Figura 82: Pruebas en el circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna.

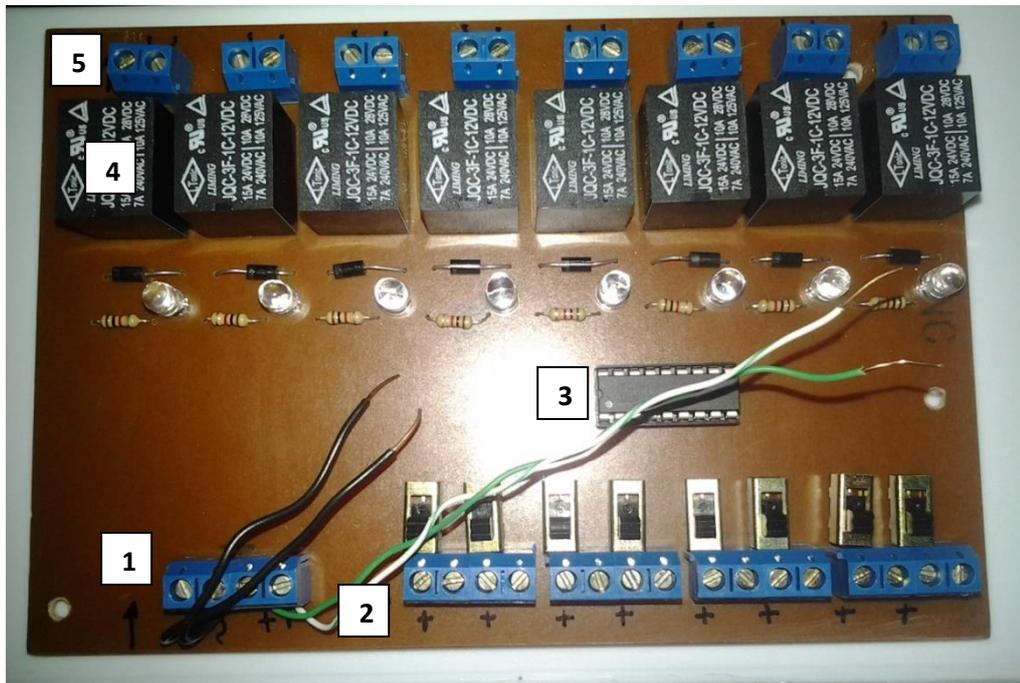


Figura 83: Circuito convertidor de señales de corriente continua en corriente alterna.

Las diferentes regiones señaladas en la figura 69 trabajan de la siguiente manera:

- En la región 1 se encuentra las fuentes de alimentación de la placa tanto de voltaje en corriente alterna como voltaje en corriente continua.
- En la región 2 se encuentran las entradas que recibirán las señales de 5v DC, esta región también dispone de switches que permitirán habilitar o deshabilitar dichas entradas.
- En la región 3 se encuentra el Integrado ULN2803 el cual recibirá las señales y funcionará como una interface que acondicionará las señales digitales y enviará la señal hacia los relés.
- En la región 4 se encuentran los relés los cuales al ser accionados emitirán una señal en corriente alterna requerida para el accionamiento de las entradas del PLC.
- Finalmente en la región 5 se encuentran las borneras de salida para que de ellas se tome la señal de salida del circuito.



Figura 84: Pruebas en el Circuito de activación de servomotores.

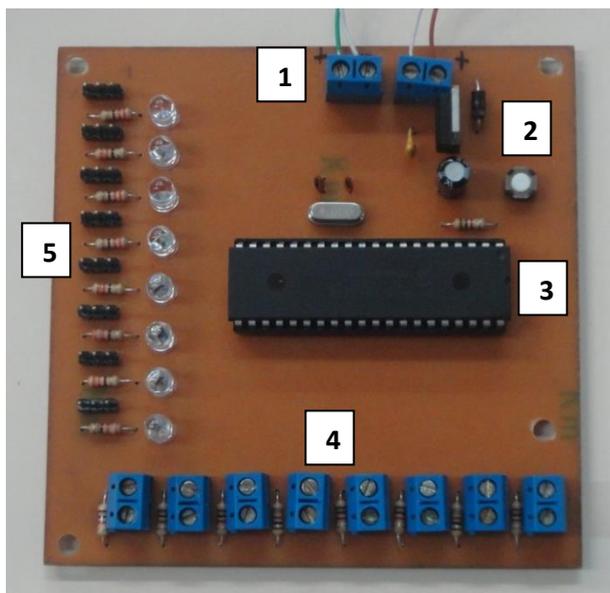


Figura 85: Circuito de activación de servomotores

El funcionamiento de las regiones en la figura 71 es el siguiente:

- En la región 1 están las fuentes de alimentación, ambas de voltaje en corriente continua, la de cable verde será la que alimente a los servomotores y la de cable café será la que alimente al microcontrolador.
- La región 2 es la que regulará el voltaje que recibe el microcontrolador ya que este solo puede operar con un máximo de cinco voltios en corriente continua, también en esta región se encuentra el master reset¹⁴ del circuito.
- En la región 3 se encuentra el microcontrolador PIC 16F877A el cual recibirá la señal digital del plc en sus entradas para emitir un tren de pulsos hacia los pines centrales de la región 5,

¹⁴ Master reset: Es un circuito que al ser encendido el sistema el microcontrolador pase a un estado de reset por un tiempo determinado hasta que se estabilizan todas las señales del sistema.

dependiendo de la entrada utilizada se activará una de las 8 salidas activas en la programación del PIC.

- En la región 4 se encuentran las entradas que están conectadas al PLC mediante borneras dobles.
- Finalmente en la región 5 se encuentran los pines donde están conectados los servomotores tanto el positivo, negativo y el de la señal del tren de pulsos, el funcionamiento de cada salida se comprobará mediante un led que se accionará cuando el tren de pulsos esté presente en el servomotor.

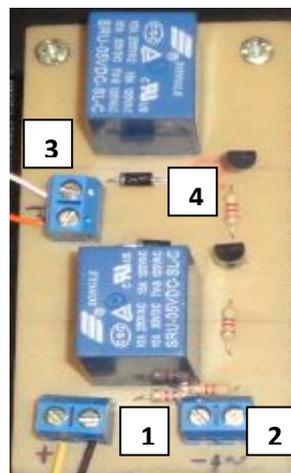


Figura 86: Circuito Inversor de giro de un motor en corriente continúa.

En la figura 72 se encuentran 3 regiones y su funcionamiento es el siguiente:

La región 1 es la parte de alimentación del circuito la cual es de corriente continua.

En la región 2 se observa una bornera doble la cual recibirá las señales del plc.

En la región 3 se encuentran las entradas donde se conecta el motor.

Finalmente en la región 4 las señales obtenidas del PLC se irán al colector del transistor 2n3904 y se enviarán al diodo rectificador 1n4007 el cual activará uno de los relés dependiendo la entrada que se activó en la región número 2.



Figura 87: Cajetín de control cerrado.

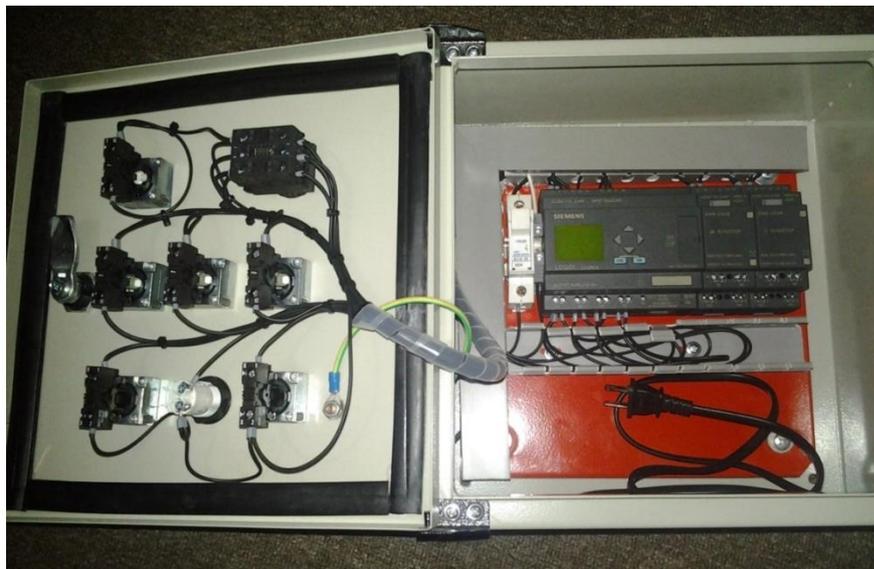


Figura 88: Cajetín de control abierto.



Figura 89: Contenedor de perfume en acrílico y bomba dosificadora.



Figura 90: Banda transportadora con sistema de envasado y sellado de botellas de perfume.

TABLA 13 DE PROTOCOLO DE PRUEBAS

Volumen, ml	Prueba	Tiempo de llenados	Tiempo de sellados	Tiempo de recorrido del sistema	Observaciones
40	1	12	7	16	El tiempo empleado fue el programado.
	2	13	7	17	El tiempo empleado vario en el llenado ya que el dispositivo mecánico de la manguera dosificadora llego al tope de su acoplamiento y por ende vario, también se presentó variación en el recorrido del sistema por la vibración y el rozamiento que produce la banda con la botella.
	3	12	7	16	El tiempo empleado fue el programado.
	4	12	8	17	El tiempo de sellado vario debido a que la base genero fricción entre el motorreductor y el orificio circular por donde pasa el acople de tol, también el recorrido se vio modificado por que el servomotor que impide el paso hizo un recorrido de unos pocos grados fuera de los programados.
	5	12	7	16	El tiempo empleado fue el programado.
50	1	14	7	19	El tiempo empleado fue el programado.
	2	14	8	19	El motorreductor no se acoplo rápidamente al dosificador de plástico de la botella debido a la vibración que genera el sistema por el motorreductor de la banda.

	3	15	7	19	El envasado tomo un tiempo más ya que el servomotor estuvo en una posición inicial diferente a la programada por lo que se generó este desfase de tiempo.
	4	14	7	19	El tiempo empleado fue el programado.
	5	14	7	19	El tiempo empleado fue el programado.
60	1	17	8	22	En esta prueba se desfasaron los 3 tiempos el de llenado se debió a que el mecanismo llego al tope de su acoplamiento y el inversor de giro tomo un segundo más para realizar el movimiento hacia abajo y en el sellado se generó un poco de fricción en el acoplamiento de tol y el dosificador de la botella por eso la demora.
	2	16	7	22	El tiempo empleado fue el programado.
	3	16	8	22	El acoplamiento de tol del motorreductor genero fricción con el dosificador de plástico y esto género que se demore más en acoplarse para ser sellado.
	4	16	7	22	El tiempo empleado fue el programado.
	5	16	7	22	El tiempo empleado fue el programado.

- Las botellas a envasar son de 40ml, 50ml y 60ml y el tiempo que se demora la bomba dosificadora en llenar cada una de ellas son de 12, 14 y 16 segundos respectivamente.
- El sellado de las tres botellas requiere el mismo tiempo de 7 segundos ya que las tapas dosificadoras son iguales para todas las botellas.

- El tiempo que requiere el sistema para envasar las botellas es de:
 - 35 segundos para la presentación de 40ml
 - 40 segundos se demora en llenar la botella de 50ml
 - 45 segundos en llenar el envase de 60 ml

- Estos son los tiempos con los que una botella queda envasada y sellada completamente ya que el envasado se lo hará de 12 a 16 segundos dependiendo de la botella y el sellado en 7 segundos en todas las botellas; Pero se debe tomar en cuenta el tiempo que transcurre mientras la botella se desplaza de una estación a otra.

- El sistema será capaz de envasar y sellar :
 - 102 botellas de 40 ml en 1 hora
 - 90 botellas de 50 ml en 1 hora
 - 80 botellas de 60 ml en 1 hora

- Este nivel de producción es más que suficiente para lo que se requiere a diario ya que la producción máxima que se realizaba en Recuerdos y Fragancias es de un máximo de 15 botellas al día por cada perfume ya que o no se disponía del tiempo, mano de obra o no se requería de la producción para un determinado mes.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se investigó con el fin de efectuar un proceso de selección de los mecanismos a implementar para así elegirlos de mejor manera y que estos puedan generar los trabajos que manualmente se realizan en la empresa Recuerdos y Fragancias requeridos en el proceso de envasado y sellado de botellas de perfume. Para el bastidor de la banda transportadora se seleccionó acero A-36 ya que es un material dúctil, maleable y es bastante resistente, ya que la estructura no va a recibir una carga excesiva de fuerzas, es más que suficiente para instalar la envasadora y selladora. Para los soportes de los sistemas tanto de envasado como sellado se usó tol negro ya que solo sirven de bases para placas electrónicas, servomotores o en el caso del envasado del pequeño sistema mecánico de la manguera dosificadora; estos elementos no son de un peso excesivo por lo que, el material no estará sometido a fuerzas considerables.
- En la empresa Recuerdos y fragancias se envasaban botellas de 40 ml en un tiempo de un 1 minuto con 30 segundos, una botella de 50 ml en 2 minutos con 15 segundos y una botella de 60 ml en 3 minutos aproximadamente, empleando estos tiempos se obtendrían un máximo de 40 botellas de 40 ml, 28 botellas de 50 ml y 20 botellas de 60ml en una hora. Con el sistema mecatrónico empleado la empresa será capaz de generar 102 botellas de 40 ml, 90 botellas de 50 ml y 80 botellas de 60 ml por hora, con lo que se puede apreciar la diferencia de producción automatizada hasta en un 4 a 1 comparando la anterior producción manual.
- El volumen de producción es un poco fluctuante ya que los mecanismos empleados en el sistema de envasado no son industriales, porque los costos serían muy elevados, pero los usados cumplen la misma función ya que se remplazó pistones por

servomotores y motores con un sistema de engranes con inversor de giro. El desfase que se genera es de un segundo y se presenta por el cambio leve de ángulo programado del servomotor o por el acople que realiza el sistema mecánico a base de engranes al final de su recorrido; en cuanto al perfume no se generan desperdicios ya que la bomba dosificadora controlada por el PLC siempre dosifica la misma cantidad de perfume a la botella dependiendo de la selección del operario. Por otro lado el margen de error en el volumen de producción dependiendo del sellado es más bajo ya que el acople sellador que se uso es el mismo para los tres tipos de botellas por el dosificador uniforme de plástico, el pequeño margen de error se genera por la fricción que se forma en el acoplamiento de la pieza de tol giratoria y la tapa de plástico, otro factor es la vibración que se genera en el sistema por el motorreductor de la banda, generando un movimiento inesperado de la pieza de tol ensamblada con el motorreductor de la selladora. Tomando en cuenta estos desfases que no son regulares la producción se mantendría en un mínimo de 3 a 1 comparada la producción manual que se realizaba.

- El sistema continuo de envasado y sellado de botellas de perfume mejoró la producción manual que se realizaba en Recuerdos y Fragancias ya que es un sistema constante y que no genera tantos desperdicios por los errores humanos que se producen en el día a día. Con el sistema automatizado no se requiere de técnica de envasado, ni calcular la fuerza para sellar las botellas y no se corre el riesgo de derramar perfume ni romper botellas de cristal.
- La reingeniería de varios elementos mecánicos fueron adecuados para sustituir elementos industriales que cumplían la misma tarea, como lo fue el sistema de envasado que se obtuvo de un DVD y se le adapto un nuevo motor de corriente continua y una placa que realiza el inversor del giro lo que genero ahorro en el costo final de la

maquina ya que se usó materiales reciclados. También en el sistema de sellado se adaptó un mecanismo con piezas electrónicas para sustituir lo que serían los pistones para dar movimientos verticales al motorreductor de corriente continua adaptado con una pieza de tol, y así realizar el mismo trabajo pero con elementos de menor costo y fácil accesibilidad.

6.2. RECOMENDACIONES

- En el caso de que se cree un sistema de envasado y sellado de botellas de perfume de mayor capacidad se debería implementar un sistema neumático que será de mayor inversión pero la implementación del mismo será más rápida y se podrá aumentar la producción de manera sencilla, al contrario de un sistema eléctrico que es sustancialmente más económico pero de más dificultad al momento de operar los sensores y actuadores.
- El prototipo de envasadora y selladora de botellas de perfume puede ser usado para investigaciones de cualquier tipo de líquido que deba pasar por un proceso similar al implementado en este trabajo de tesis.
- Implementar un sistema similar o mejor que cuente con más estaciones automáticas como lo es la colocación de la tapa dosificadora en la botella.
- Implementar y realizar una banda transportadora con un mejor material como lo es el acero inoxidable que durará más el paso del tiempo; y para las estaciones de envasado y sellado se debería usar un material más resistente a las vibraciones que pueda generar el sistema como lo es el acero estructural A-36.
- Si se va a implementar un sistema eléctrico se debería usar una fuente de voltaje diferente para cada estación para evitar problemas de corriente.
- Implementar un sistema paralelo que interactúe con el realizado en esta tesis ya sea de etiquetado o reconocimiento de tipos de botellas para ubicarla en el paquete respectivo ya que el Controlador Lógico Programable (PLC) cuenta con Ethernet el cual permite adquirir, usar y trasladar señales de un PLC a otro.

NOMENCLATURA Y GLOSARIO

V= voltios

PLC= Controlador lógico programable

DC = Corriente continua

AC = Corriente alterna

GND = Tierra

PAP = Paso a paso

RPM = revoluciones por minuto

PIC = Controlador programable de interrupciones

A = amperios

mA= mili Amperios

g = gramo

cm = centímetros

m= metros

P = Potencia

Kw= Kilowatt

Kg = Kilogramo

s = segundos

C = Capacitor

°C= Centígrados

Hz = Hertz

PVC = poli cloruro de vinilo

Cad = Diseño asistido por computadora

Wo = Velocidad angular de entrada

Wd = Velocidad angular de deseada

FS = Factor de servicio

Hp = Caballos de fuerza

Pulg = pulgadas

Sen = Seno

N = Newton

N m= Newton metro

V1, V2 = Velocidades

n = rendimiento

d = distancia

ϕ = ángulo de presión

m/s = metro por segundo

pulg/s = pulgadas por segundo

I = Corriente

T = Torque

Rad/s = radianes por segundo

Pw = Potencia activa

Ps = Potencia aparente

W = Velocidad angular

BIBLIOGRAFÍA

Alciatore, D. G. (2008). *Introducción a la Mecatrónica y los sistemas de medición*. (Tercera Edición). México: McGraw-Hill.

Angulo Usategui, J. M., (2007). *Microcontroladores PIC*. (Cuarta Edición). España: McGraw-Hill.

Bolton, W. (2006). *Mecatrónica. Sistemas de control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. (Tercera edición). México: Pearson Education Limited.

Boylestad, Nashelsky. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (octava edición). México: Pearson Prentice Hall.

Canto, C. (2006). *Sensores y Actuadores* Retrieved 14, Octubre, 2012, from galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES_CURSO/CAPITUL8.PDF

Katsuhiko, Ogata. (2010). *Ingeniería de control moderna* (Quinta Edición). España: Pearson.

Mengual, P. (2009). *STEP 7 Una manera fácil de programar PLC de Siemens* (Primera edición). México: Alfaomega.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta Edición). México: Pearson Prentice Hall.

Polania, J. (2010). *Motores Eléctricos* Retrieved 28, Noviembre, 2012, from <http://www.joanpola.com/resources/Motores%20el%C3%A9ctricos.pdf>

Posada. (2011). *Actuadores* Retrieved 18, Noviembre, 2012, from hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/capsulab101.pdf

Reyes, C. A. (2008). Microcontroladores PIC Programación en BASIC (Tercera edición). Ecuador: RISPERGRAF.

RUIZ DEL SOLAR,J., SALAZAR,R. Sensores, Actuadores y Efectores Retrieved 22, Noviembre, 2012, from robotica.li2.uchile.cl/EL63G/capitulo2.pdf

Vargas Guerrero. (2011). Transportadores Retrieved 2, Noviembre, 2012, from dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/795/3/CAPITULO%20II.pdf

Vignoni, J. (2003). Sensores Retrieved 15, Octubre, 2012, from www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Sensores.pdf

María Jesús de la Fuente Aparicio. (2005). Sensores Retrieved 23, Octubre, 2012, from www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

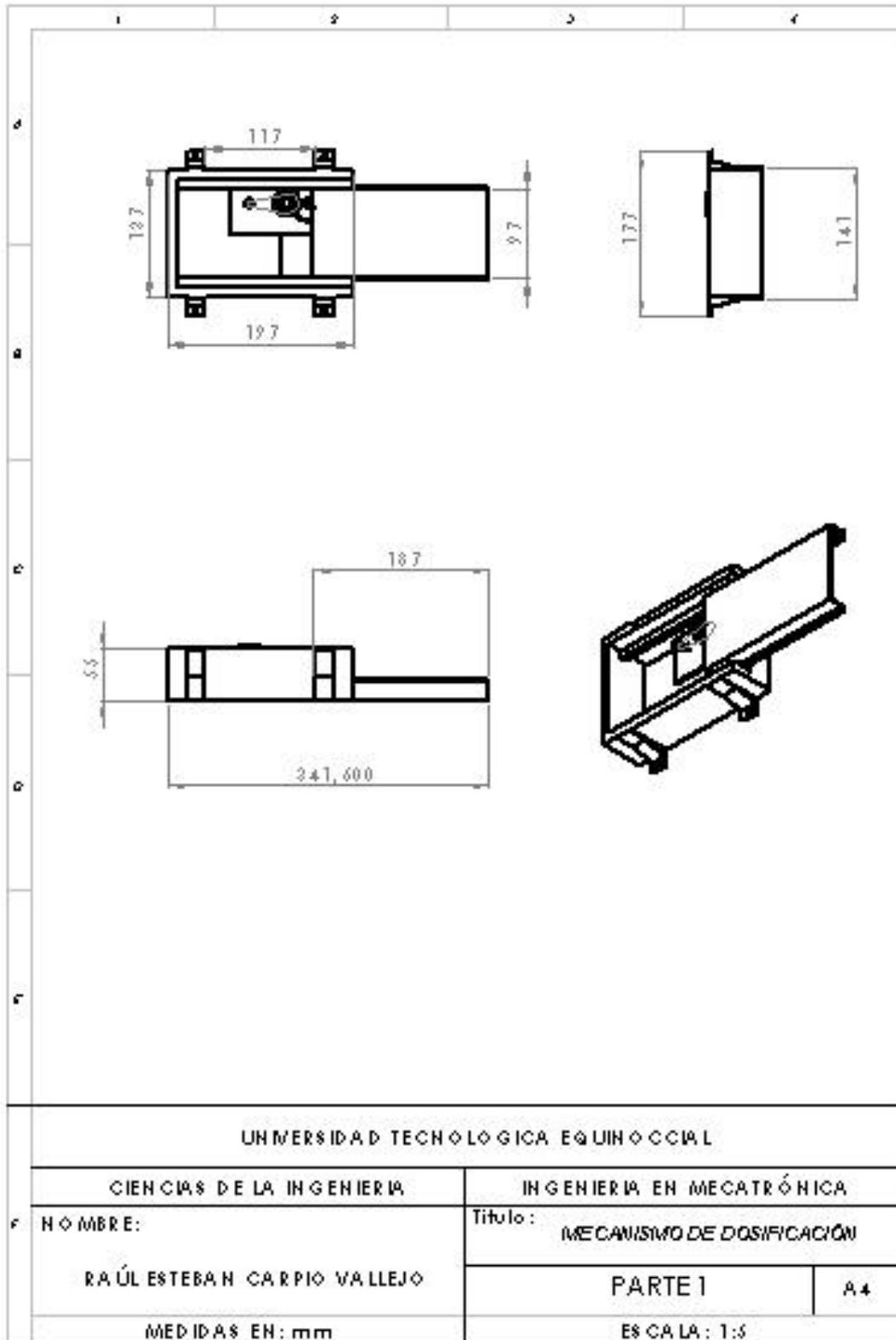
Vignoni, J. (2002). Control de procesos Retrieved 15, Noviembre, 2012 from www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Control_de_Procesos.pdf

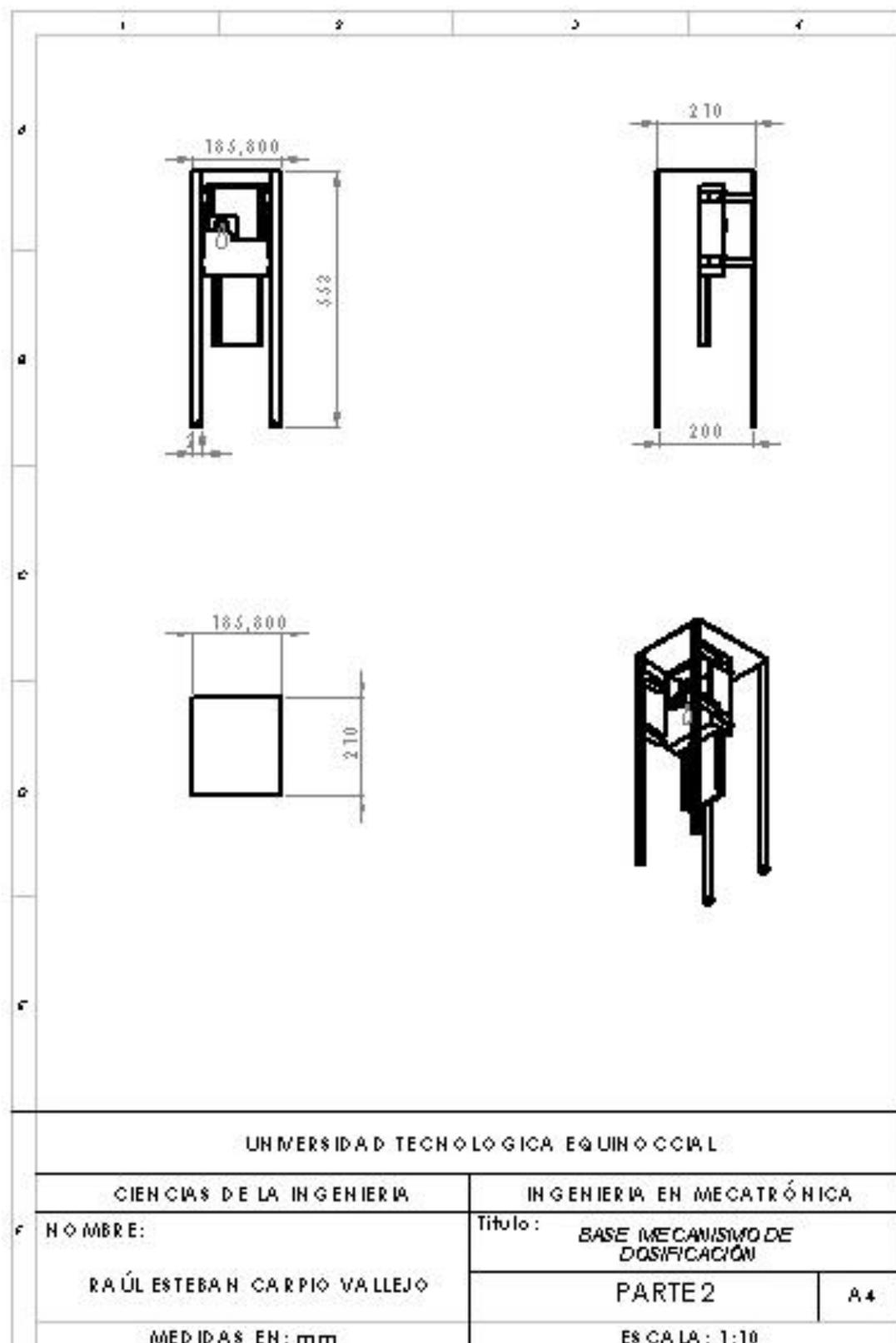
Vignoni, J. (2007). Instrumentación y Comunicaciones Industriales Retrieved 10, Noviembre, 2012, from <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>

Villafañe, E. (2010). Elementos y equipos Eléctricos Retrieved 10, Noviembre, 2012 from www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye.htm#staff

ANEXOS

ANEXO 1: PLANO DE LOS COMPONENTES





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

NOMBRE:

Título: *BASE MECANISMO DE DOSIFICACIÓN*

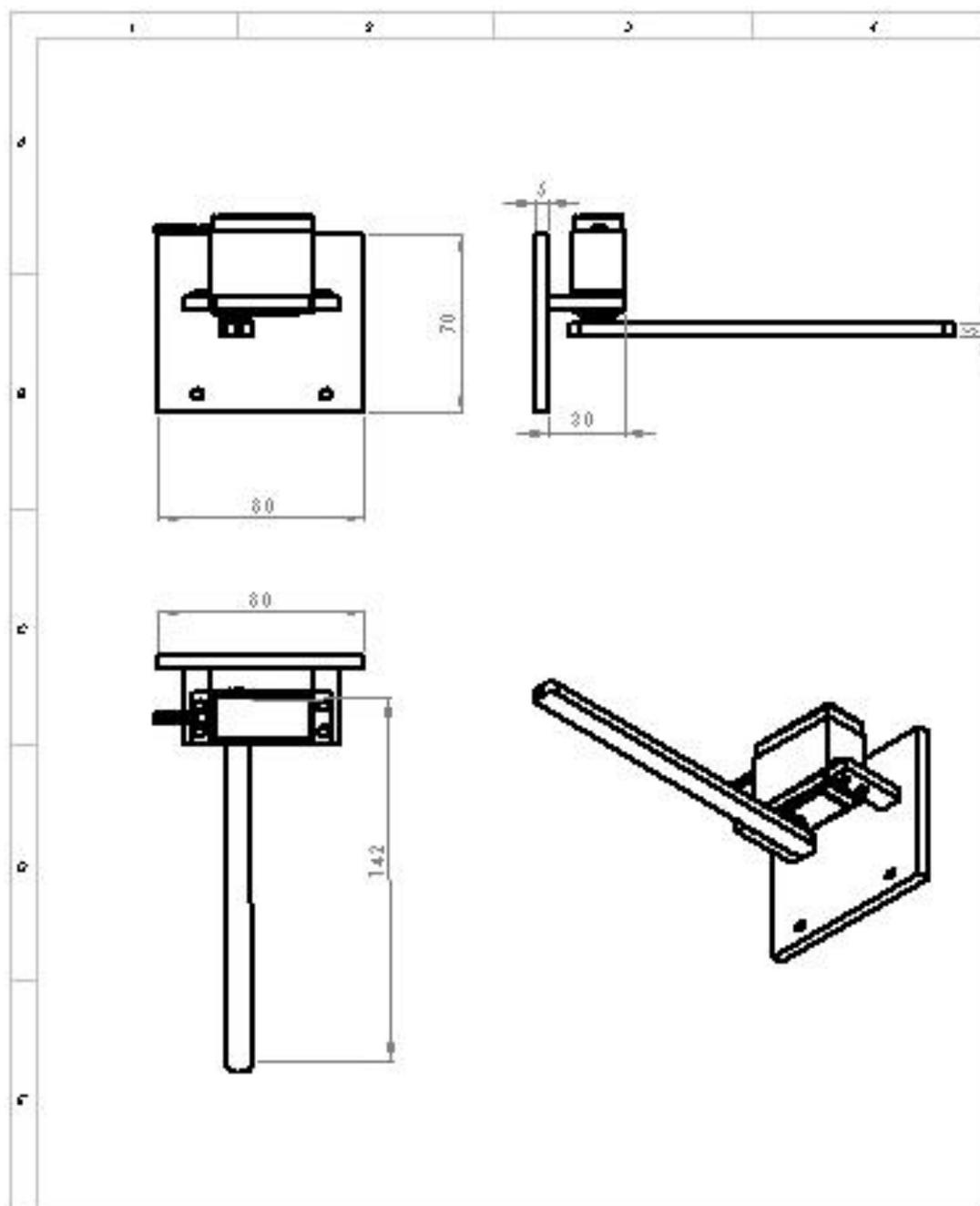
RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

PARTE 2

A 4

MEDIDAS EN: mm

ESCALA: 1:10



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

NOMBRE:

Título:

BASE DE SERVOMOTORES

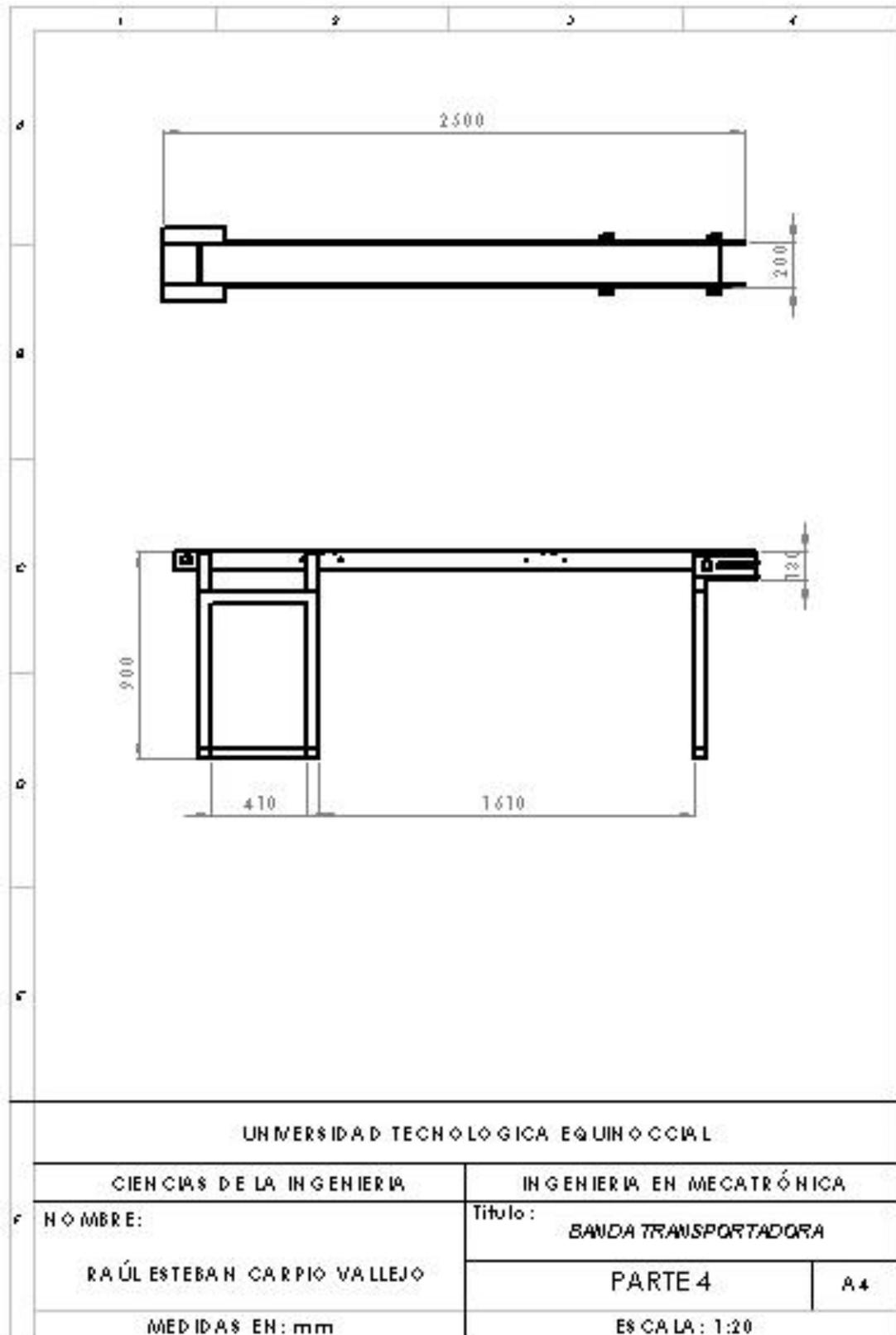
RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

PARTE 3

A 4

MEDIDAS EN: mm

ESCALA: 1:2



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

NOMBRE:

Título:

BANDA TRANSPORTADORA

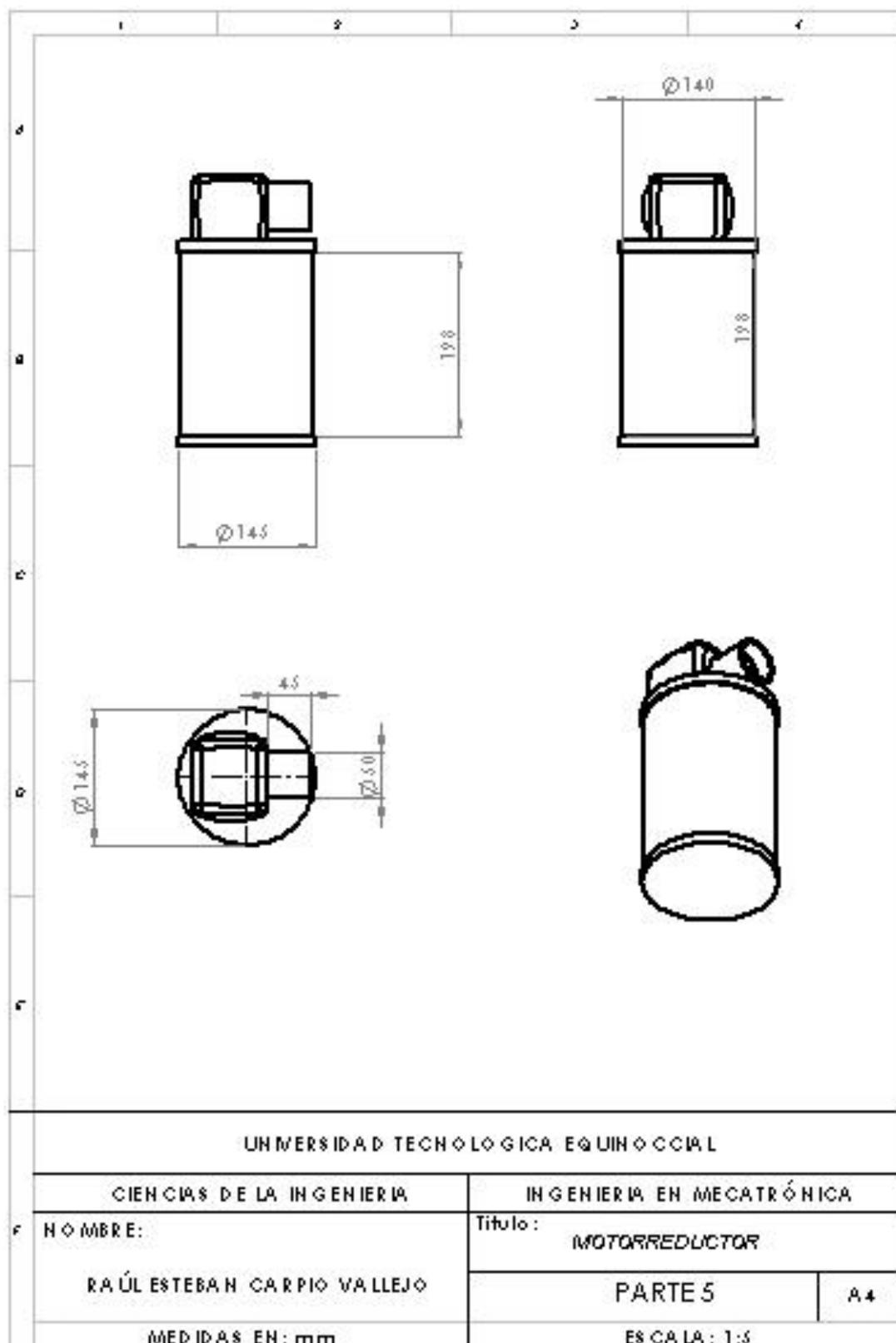
RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

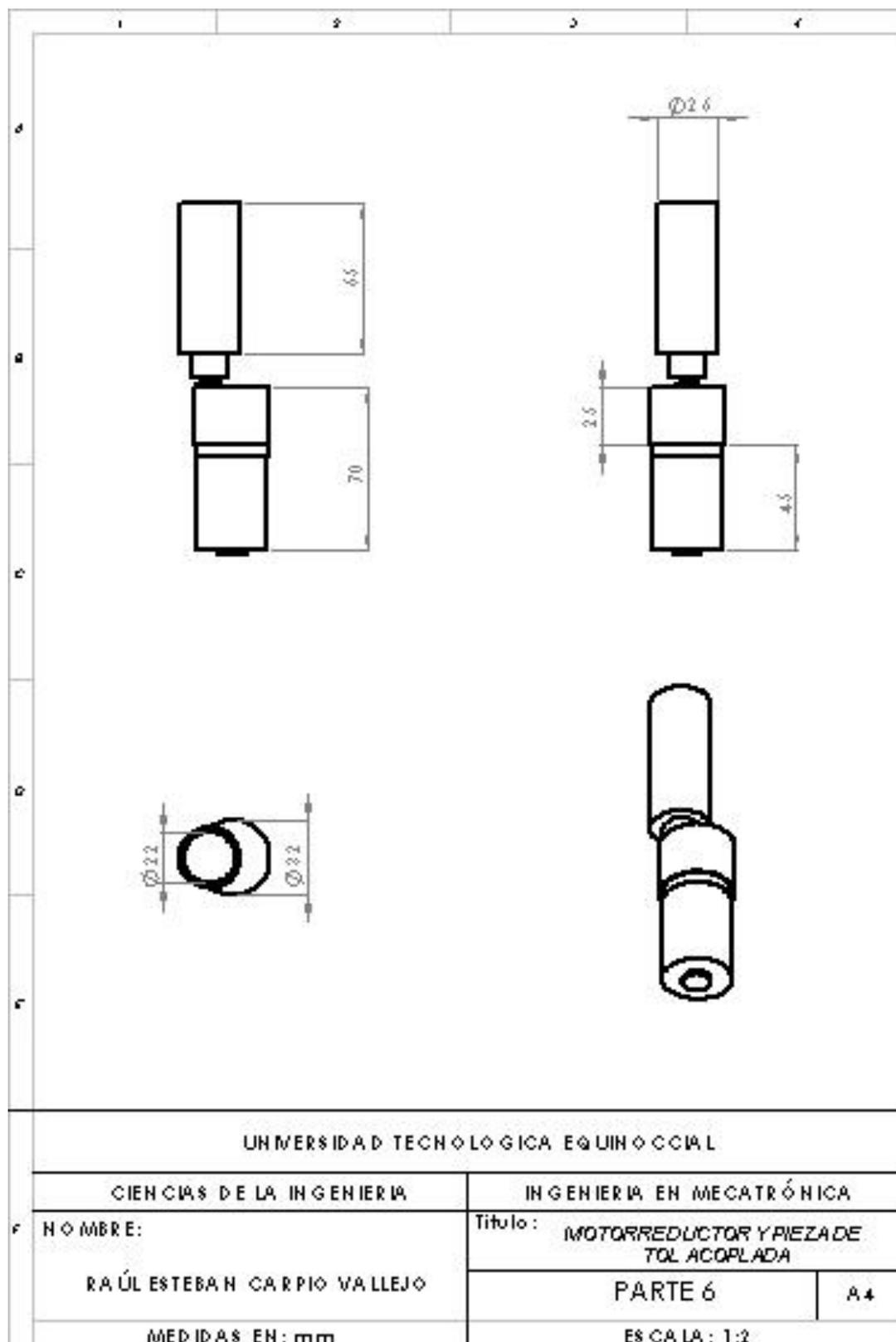
PARTE 4

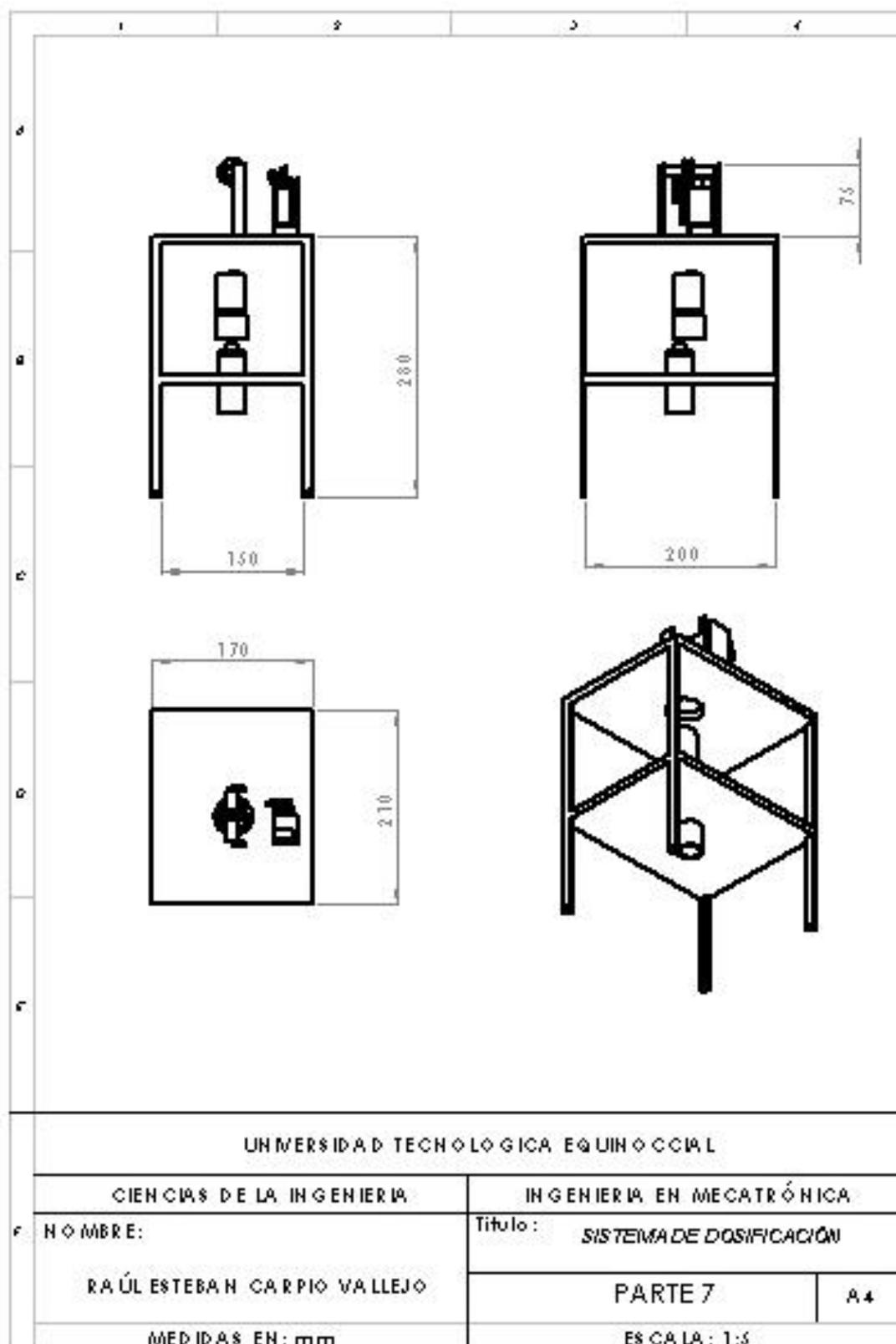
A4

MEDIDAS EN: mm

ESCALA: 1:20







UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

NOMBRE:

Título: *SISTEMA DE DOSIFICACIÓN*

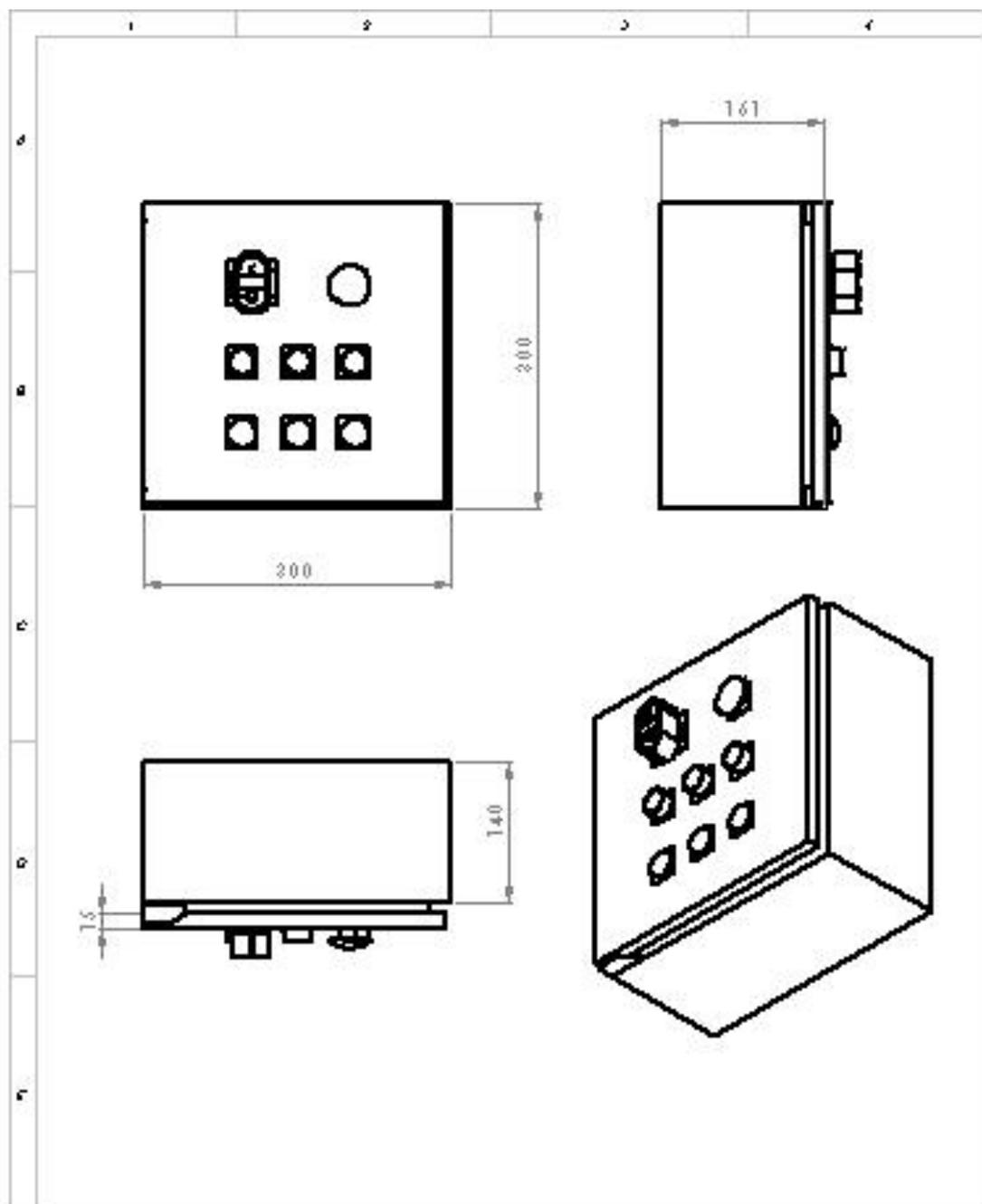
RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

PARTE 7

A 4

MEDIDAS EN: mm

ESCALA: 1:5



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

NOMBRE:

Título:

CAJETIN DE CONTROL

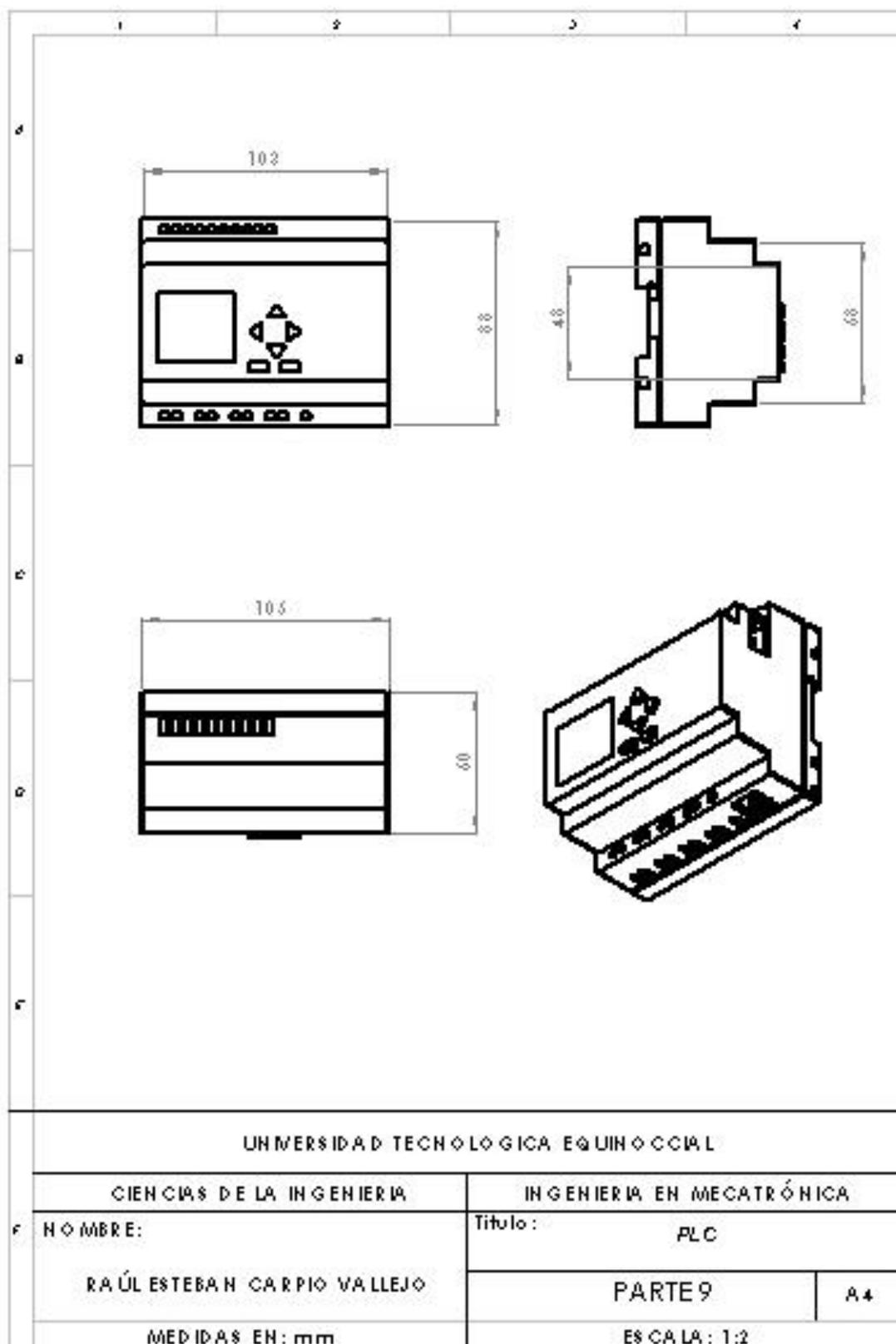
RAÚL ESTEBAN CARPIO VALLEJO

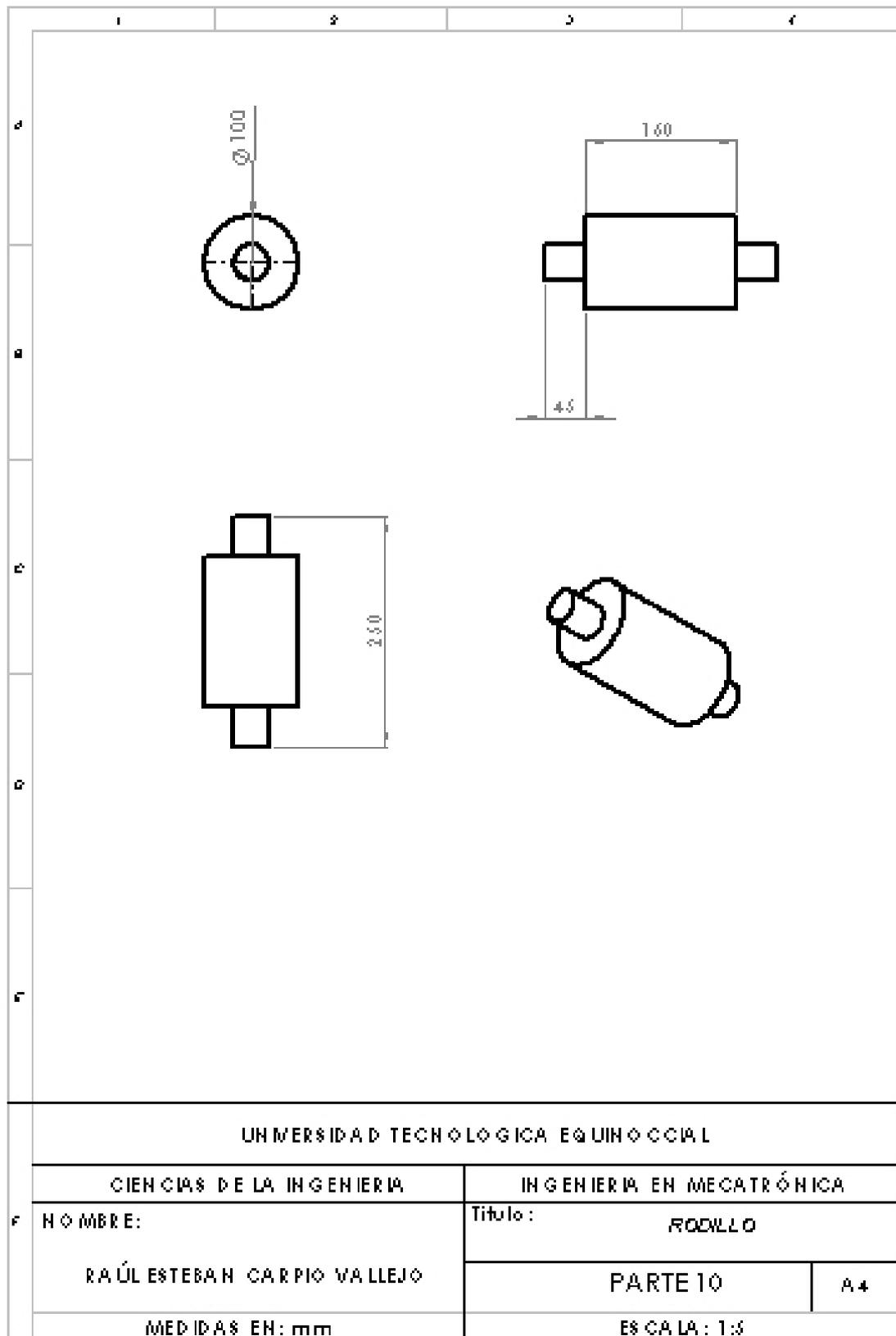
PARTE 8

A 4

MEDIDAS EN: mm

ESCALA: 1:5





ANEXO 2: TABLA CAPACIDAD EN CABALLOS DE FUERZA

TABLA 7-6 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 60

Núm. de dientes	0.750 pulgadas de paso															Velocidad mínima de giro de la casarita, rev/min														
	10	25	50	100	120	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000					
11	0.19	0.46	0.89	1.72	2.05	3.35	4.95	6.52	8.08	9.63	12.69	15.58	11.85	9.41	7.70	6.45	5.51	3.94	3.00	2.38	1.95	1.63	1.39	1.21	0.00					
12	0.21	0.50	0.97	1.88	2.24	3.66	5.40	7.12	8.82	10.51	13.85	17.15	13.51	10.72	8.77	7.35	6.28	4.49	3.42	2.71	2.22	1.86	1.59	1.38	0.00					
13	0.22	0.54	1.05	2.04	2.43	3.96	5.85	7.71	9.55	11.38	15.00	18.58	15.23	12.08	9.89	8.29	7.08	5.06	3.85	3.06	2.50	2.10	1.79	0.00						
14	0.24	0.58	1.13	2.19	2.61	4.27	6.30	8.30	10.29	12.26	16.15	20.01	17.02	13.51	11.05	9.26	7.91	5.66	4.31	3.42	2.80	2.34	0.41	0.00						
15	0.26	0.62	1.21	2.35	2.80	4.57	6.75	8.90	11.02	13.13	17.31	21.44	18.87	14.98	12.26	10.27	8.77	6.28	4.77	3.79	3.10	2.60	0.00	0.00						
16	0.27	0.66	1.29	2.51	2.99	4.88	7.20	9.49	11.76	14.01	18.46	22.87	20.79	16.50	13.51	11.32	9.66	6.91	5.26	4.17	3.42	1.78	0.00	0.00						
17	0.29	0.70	1.37	2.66	3.17	5.18	7.65	10.08	12.49	14.88	19.62	24.30	22.77	18.07	14.79	12.40	10.58	7.57	5.76	4.57	3.74	0.00	0.00	0.00						
18	0.31	0.75	1.45	2.82	3.36	5.49	8.10	10.68	13.23	15.76	20.77	25.73	24.81	19.69	16.11	13.51	11.53	8.25	6.28	4.98	4.08	0.00	0.00	0.00						
19	0.33	0.79	1.53	2.98	3.55	5.79	8.55	11.27	13.96	16.63	21.92	27.16	26.91	21.35	17.48	14.65	12.50	8.95	6.81	5.40	0.20	0.00	0.00	0.00						
20	0.34	0.83	1.61	3.13	3.73	6.10	9.00	11.86	14.70	17.51	23.08	28.59	29.06	23.06	18.87	15.82	13.51	9.66	7.35	5.83	0.00	0.00	0.00	0.00						
21	0.36	0.87	1.69	3.29	3.92	6.40	9.45	12.46	15.43	18.38	24.23	30.02	31.26	24.81	20.31	17.02	14.53	10.40	7.91	6.28	0.00	0.00	0.00	0.00						
22	0.38	0.91	1.77	3.45	4.11	6.71	9.90	13.05	16.17	19.26	25.39	31.45	33.52	26.60	21.77	18.25	15.58	11.15	8.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
23	0.40	0.95	1.85	3.61	4.29	7.01	10.35	13.64	16.90	20.13	26.54	32.88	35.84	28.44	23.28	19.51	16.66	11.92	9.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
24	0.41	0.99	1.93	3.76	4.48	7.32	10.80	14.24	17.64	21.01	27.69	34.31	38.20	30.31	24.81	20.79	17.75	12.70	9.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
25	0.43	1.04	2.01	3.92	4.67	7.62	11.25	14.83	18.37	21.89	28.85	35.74	40.61	32.23	26.38	22.11	18.87	13.51	10.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
26	0.45	1.08	2.09	4.08	4.85	7.93	11.70	15.42	19.11	22.76	30.00	37.17	43.07	34.18	27.98	23.44	20.02	14.32	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
28	0.48	1.16	2.26	4.39	5.23	8.54	12.60	16.61	20.58	24.51	32.31	40.03	47.68	38.20	31.26	26.20	22.37	16.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
30	0.52	1.24	2.42	4.70	5.60	9.15	13.50	17.79	22.05	26.26	34.62	42.89	51.09	42.36	34.67	29.06	24.81	17.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
32	0.55	1.33	2.58	5.02	5.98	9.76	14.40	18.98	23.52	28.01	36.92	45.75	54.50	46.67	38.20	32.01	27.33	19.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
35	0.60	1.45	2.82	5.49	6.54	10.67	15.75	20.76	25.72	30.64	40.39	50.03	59.60	53.38	43.69	36.62	31.26	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
40	0.69	1.66	3.22	6.27	7.47	12.20	18.00	23.73	29.39	35.02	46.16	57.18	68.12	65.22	53.38	44.74	38.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
45	0.77	1.86	3.63	7.05	8.40	13.72	20.25	26.69	33.07	38.39	51.92	64.33	76.63	77.83	63.70	53.38	12.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

Tipo A

Tipo B

Tipo C

Tipo A: Lubricación manual o por goteo
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco
 Tipo C: Lubricación con chorro de aceite

Fuente: American Chain Association, Naples, FL.

ANEXO 3: TAMAÑO DE DIENTES DE ENGRANE EN FUNCION DEL PASO DIAMETRAL



ANEXO 4: PASOS DIAMETRALES NORMALIZADOS (dientes/pulg)

Paso grueso ($P_d < 20$)				Paso fino ($P_d \geq 20$)	
1	2	5	12	20	72
1.25	2.5	6	14	24	84
1.5	3	8	16	32	96
1.75	4	10	18	48	120
				64	