



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

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

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA CLASIFICADOR  
Y DE EMPAQUE DE BOTELLAS PARA PERFUMES EN LA  
EMPRESA RECUERDOS Y FRAGANCIAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁTRONICO**

**SANTIAGO DAVID LOAIZA GÓMEZ**

**DIRECTOR: ING. MARCELA PARRA PINTADO, MGT**

**Quito, Febrero 2014**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción

# DECLARACIÓN

Yo **SANTIAGO DAVID LOAIZA GÓMEZ**, 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.

---

Santiago Loaiza Gómez

171600282-7

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un sistema clasificador y de empaque de botellas para perfumes en la empresa recuerdos y fragancias**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Mecatrónico** fue desarrollado por **Santiago Loaiza**, 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.

---

Ing. Marcela Parra Pintado, Mgt

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1803107596

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por iluminarme y guiarme por el buen sendero.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante sin importar el como, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. A mi gran amor y a mi pequeñita, por darme el impulso final que me hacía falta para sacar esto adelante, ser comprensivas y darme su apoyo con todo su amor incondicional. A mi hermana que sin saberlo fue una fuente inagotable de ánimos en los momentos complicados, a mis tíos, primos, abuelos y amigos. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Va por ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ilustre Universidad Tecnológica Equinoccial, lugar de conocimiento que nunca he de olvidar.

A mi director de tesis y asesores, quienes pusieron todos sus conocimientos para que yo pudiera realizar esta investigación. A mis compañeros de carrera, amigos de verdad que desde principio a fin pude contar con su compañía y apoyo en el área académica.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

## RESUMEN

## ABSTRACT

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1 LA EMPRESA .....	7
2.2 SISTEMAS EMBEBIDOS.....	9
2.2.1 PROCESO .....	12
2.2.2 SALIDAS.....	13
2.3 BANDAS TRANSPORTADORAS .....	13
2.3.1 DEFINICIÓN Y FUNCIÓN .....	13
2.3.2 APLICACION DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS. ....	14
2.3.3 MATERIALES A MOVILIZAR EN BANDAS TRANSPORTADORAS... 14	
2.4 MOTORES ELÉCTRICOS .....	14
2.4.1 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.....	15
2.4.2 MOTORES MONOFÁSICOS .....	15
2.4.3 PAR DE UN MOTOR .....	17
2.5 SISTEMAS CLASIFICADORES .....	17
2.5.1 IDENTIFICAR UN OBJETO .....	17
2.5.2 LUGAR FINAL DE AGRUPACIÓN POR CLASES .....	18
2.6 SENSORES INDUSTRIALES .....	19
2.6.1 CARACTERISTICAS IDEALES DE LOS TRANSDUCTORES.....	21
2.6.1.1 EXACTITUD .....	21
2.6.1.2 PRECISIÓN .....	21
2.6.1.3 VELOCIDAD DE RESPUESTA.....	22

2.6.1.4 FIABILIDAD .....	22
2.6.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PRESENCIA .....	22
2.6.3 SENSORES CAPACITIVOS .....	22
2.6.4 PARA LA DETECCIÓN DE POSICIÓN.....	23
2.6.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	23
2.6.6 SENSORES DE FIBRA OPTICA .....	24
2.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC .....	24
2.7.1 RESEÑA HISTORICA.....	25
2.7.2 FUNCION BASICA .....	25
2.7.3 VENTAJAS .....	26
2.7.4 ESQUEMA BASICO DE UN PLC.....	26
2.7.5 PARTES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE .....	27
2.7.6 MODO DE FUNCIONAMIENTO .....	28
2.7.7 ESTRUCTURA EXTERNA DE UN PLC .....	29
2.7.7.1 ESTRUCTURA COMPACTA .....	30
2.7.7.2 ESTRUCTURA SEMIMODULAR .....	30
2.7.7.3 ESTRUCTURA MODULAR.....	30
2.8 NEUMÁTICA .....	31
2.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS: EL AIRE .....	31
2.8.2 ALGUNAS UNIDADES DE PRESIÓN .....	31
2.8.3 CILINDROS NEUMATICOS.....	31
2.8.4 FUERZA DE EMPUJE EN LOS CILINDROS .....	32
2.8.5 TIPOS DE CILINDROS NEUMATICOS .....	32
2.8.6 CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS.....	32
2.8.7 MONTAJES .....	33
2.9 EMPAQUE DE BOTELLAS.....	34



2.10 SENSOR DE PRECENCIA .....	34
2.11 PROGRAMA CAD Y CAM .....	36
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>37</b>
3.1 METODOLOGIA MECATRONICA .....	37
3.1.1 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS .....	38
3.1.2 CONTROL ELECTRONICO.....	38
3.1.2.1 MÓDULO LÓGICO DE CONTROL PROGRAMABLE XINJE .....	38
3.1.3 OP, CONTROL OPERACIONAL.....	40
3.1.4 SENSORICA.....	41
3.1.4.1 SENSORES DE FIBRA OPTICA .....	41
3.1.4.2 SENSOR DE PRESENCIA .....	44
3.1.5 ACTUADORES .....	47
3.1.5.1 MOTOR .....	47
3.1.5.2 CONEXIÓN DEL MOTOR.....	49
3.1.5.3 PROTECCIONES .....	50
3.1.5.4 LUCES PILOTO.....	51
3.1.5.5 PULSADOR DE EMERGENCIA .....	51
3.1.5.6 INTERRUPTOR DOS POSICIONES .....	52
3.1.5.7 CILINDROS NEUMÁTICOS.....	52
3.1.5.8 ELECTROVALVULAS .....	53
3.1.5.9 UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	54
3.1.5.10 COMPRESOR .....	56
3.1.6 LOGICA DE PROGRAMACION .....	56
3.1.6.1 XCP PRO V3.3C.....	56
3.1.6.2 SOLID WORKS .....	58
3.2 CALCULOS .....	59

3.2.1 CALCULOS MECANICOS.....	59
3.2.1.1 CALCULO DE FUERZA DE IMPACTO EN OBJETOS .....	63
3.2.1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD JUSTO ANTES DEL IMPACTO .....	63
3.2.1.3 ENERGIA CINETICA .....	63
3.2.1.4 FUERZA DE IMPACTO .....	64
3.2.2 CALCULO DE IMPACTO DE LOS CILINDROS Y PARTE NEUMATICA .....	64
3.2.2.1 CALCULO DEL CONSUMO DE AIRE.....	66
3.2.2.2 VELOCIDAD DEL CILINDRO .....	67
3.2.3 CÁLCULOS ELECTRÓNICOS .....	69
3.2.3.1 CALCULO DEL MOTOR.....	70
3.2.3.2 CALCULO DE PROTECCIONES.....	73
3.2.3.3 CALCULO DEL MOTO-REDUCTOR .....	74
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>76</b>
4.1 DISEÑO DEL SISTEMA.....	76
4.2 DISEÑO MECANICO .....	77
4.2.1 BANDA TRANSPORTADORA.....	77
4.2.2 LOS RODILLOS .....	77
4.2.3 CILINDRO .....	78
4.2.4 GUIAS DE EMPAQUETAMIENTO.....	79
4.2.5 PATAS.....	80
4.2.6 EJE MOTOR.....	81
4.2.7 RAMPAS .....	82
4.2.8 TORNILLO TENSIONADOR.....	83
4.2.9 TORNILLO PASTAS.....	84
4.2.10 ENSAMBLAJE FINAL .....	84

4.2.11 ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA.....	85
4.3 DISEÑO NEUMÁTICO.....	87
4.4 DISEÑO CIRCUITO ELECTRICO.....	87
4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA EL PLC .....	89
4.6 PROGRAMACIÓN DE LA OP.....	90
4.7 SIMULACION DEL PROGRAMA EN XCPRO XINJE.....	97
4.7.1 TABLA DE VARIABLES.....	97
4.7.2 PROGRAMACIÓN.....	99
4.8 CONSTRUCCION DEL SISTEMA .....	108
4.9 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO ELECTRÓNICO .....	116
4.10 CIRCUITO NEUMÁTICO .....	119
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	122
5.2 RECOMENDACIONES.....	123

## BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b>	Comparación entre PLC's siemens y xinje .....	38
<b>Tabla 3.2.</b>	Entradas y salidas para el proyecto.....	40
<b>Tabla 3.3.</b>	Comparación sensor de fibra óptica vs sensor por Tacas .....	41
<b>Tabla 3.4.</b>	Características sensor GR620 .....	42
<b>Tabla 3.5.</b>	Detección del fondo del sensor de fibra óptica .....	43
<b>Tabla 3.6.</b>	Comparación sensores de presencia PR vs PZ .....	44
<b>Tabla 3.7.</b>	Características sensores tipo PS.....	45
<b>Tabla 3.8.</b>	Características del sensor de presencia PR-R300NP .....	45
<b>Tabla 3.9.</b>	Comparación de motor ¼ vs 1/16 HP .....	47
<b>Tabla 3.10.</b>	Especificaciones del Motor .....	48
<b>Tabla 3.11.</b>	Comparación cilindros C14 C13.....	52
<b>Tabla 3.12.</b>	Según el voltaje A11 .....	54
<b>Tabla 3.13.</b>	Fuerzas de impacto máximas de botellas.....	64
<b>Tabla 3.14.</b>	Presión de aire máxima en los cilindros .....	65
<b>Tabla 4.1.</b>	Materiales usados. ....	76
<b>Tabla 4.2.</b>	Tabla de variables parte1 .....	97
<b>Tabla 4.3.</b>	Tabla de variables parte 2 .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Ejemplo de maquina empaquetadora.....	8
<b>Figura 2.2.</b> Ejemplo esquema sistema embebido.....	9
<b>Figura 2.3.</b> Esquema básico de un sistema de control .....	10
<b>Figura 2.4.</b> Control lazo cerrado .....	11
<b>Figura 2.5.</b> Ejemplo lazo abierto.....	11
<b>Figura 2.6.</b> Ejemplo de banda transportadora .....	13
<b>Figura 2.7.</b> Esquema de motor monofásico con bobinado auxiliar.....	16
<b>Figura 2.8.</b> Puesta en marcha de motor monofásico manualmente.....	16
<b>Figura 2.9.</b> Partes generales de un motor .....	16
(Tirado, 2012).....	17
<b>Figura 2.10.</b> PLC Xinje.....	24
<b>Figura 2.11.</b> Diagrama PLC .....	26
<b>Figura 2.12.</b> Entradas PLC.....	27
<b>Figura 2.13.</b> Salidas PLC .....	28
<b>Figura 2.14.</b> Estructura externa de un PLC .....	29
<b>Figura 2.15.</b> Ejemplo de cilindro sujeto fijo.....	33
<b>Figura 2.16.</b> Ejemplo de sensor de presencia industrial .....	35
<b>Figura 3.1.</b> Mecatronica estructura.....	38
<b>Figura 3.2.</b> PLC Xinje XC3-24RT .....	39
<b>Figura 3.3.</b> OP compatible con Xinje .....	41
<b>Figura 3.4.</b> Sensor de fibra óptica GR620 .....	42
<b>Figura 3.5.</b> Dimensiones del sensor de fibra óptica.....	43
<b>Figura 3.6.</b> Sensor de presencia PS-T1M .....	44
<b>Figura 3.7.</b> Sensor de presencia PR-R300NP .....	45

<b>Figura 3.8.</b> Sensor PR-R300NP, detectando la botella.....	46
<b>Figura 3.9.</b> Sensor PR-R300NP, cuando no hay botella.....	47
<b>Figura 3.10.</b> Motor monofásico MOTIVE y caja reductora.....	48
<b>Figura 3.11.</b> Muestra el diagrama de conexión del motoreductor: .....	49
<b>Figura 3.12.</b> Breaker 1 polo a 2 A .....	50
<b>Figura 3.13.</b> Breaker 2 polo a 6A .....	50
<b>Figura 3.14.</b> Luz piloto verde y roja .....	51
<b>Figura 3.15.</b> Pulsador de emergencia seta.....	51
<b>Figura 3.16.</b> Interruptor de dos posiciones .....	52
<b>Figura 3.17.</b> Cilindro doble efecto C14 .....	53
<b>Figura 3.18.</b> Electroválvulas VEC1110.....	53
<b>Figura 3.19.</b> Simbología electroválvula VEC1110 .....	54
<b>Figura 3.20.</b> Unidad de mantenimiento .....	55
<b>Figura 3.21.</b> Compresor .....	56
<b>Figura 3.22.</b> Presentación programa XCP PRO.....	57
<b>Figura 3.23.</b> Guía básica de funciones de XCP xinje .....	58
<b>Figura 3.24.</b> Ensayo de fuerza de impacto.....	60
<b>Figura 4.1.</b> Banda transportadora.....	77
<b>Figura 4.2.</b> Rodillos .....	78
<b>Figura 4.3.</b> Cilindros .....	79
<b>Figura 4.4.</b> Guía y contenedor caja A.....	79
<b>Figura 4.5.</b> Guía caja B .....	80
<b>Figura 4.6.</b> Guía caja C .....	80
<b>Figura 4.7.</b> Patas de la banda .....	81
<b>Figura 4.8.</b> Eje.....	81
<b>Figura 4.9.</b> Diseño eje del motor .....	82

<b>Figura 4.10.</b> Diseño eje motor vista 2.....	82
<b>Figura 4.11.</b> Rampas de despacho .....	83
<b>Figura 4.12.</b> Tornillo tensionador.....	83
<b>Figura 4.13.</b> Tornillo de pastas.....	84
<b>Figura 4.14.</b> Ensamblaje final.....	85
<b>Figura 4.15.</b> Ensamblaje final.....	85
<b>Figura 4.16.</b> Estructura sometida a esfuerzos .....	86
<b>Figura 4.17.</b> Esfuerzos deformación finales .....	86
<b>Figura 4.18.</b> Diseño neumático .....	87
<b>Figura 4.19.</b> Diseño circuito eléctrico .....	88
<b>Figura 4.20.</b> Diagrama de flujo.....	89
<b>Figura 4.21.</b> Ventanas del programa op. ....	90
<b>Figura 4.22.</b> Ventana inicio .....	91
<b>Figura 4.23.</b> Ventana 2 menú.....	91
<b>Figura 4.24.</b> Lectura de registro 12345 .....	92
<b>Figura 4.25.</b> Salto a ventana 3 .....	93
<b>Figura 4.26.</b> Ventana 3 de monitoreo.....	93
<b>Figura 4.27.</b> Contador 1 general de botellas .....	94
<b>Figura 4.28.</b> Contador 2 valor total de paquetes ingresado por el usuario....	94
<b>Figura 4.29.</b> Contador 3 los valores de los contadores de cada tipo de botellas clasificadas.....	94
<b>Figura 4.30.</b> Configuración del registro de contadores. ....	95
<b>Figura 4.31.</b> Elección del registro de contador .....	95
<b>Figura 4.32.</b> Elección modelo op320 .....	96
<b>Figura 4.33.</b> Elección del plc Xinje xc.....	96
<b>Figura 4.34.</b> Programa PLC parte 1 .....	99

<b>Figura 4.35.</b> Programa PLC parte 2 .....	100
<b>Figura 4.36.</b> Programa PLC parte 3 .....	101
<b>Figura 4.37.</b> Programa PLC parte 4 .....	102
<b>Figura 4.38.</b> Programa PLC parte 5 .....	103
<b>Figura 4.39.</b> Programa PLC parte 6 .....	103
<b>Figura 4.40.</b> Programa PLC parte 7 .....	104
<b>Figura 4.41.</b> Programa PLC parte 8 .....	105
<b>Figura 4.42.</b> Programa PLC parte 9 .....	105
<b>Figura 4.43.</b> Programa PLC parte 10 .....	106
<b>Figura 4.44.</b> Programa PLC parte 11 .....	107
<b>Figura 4.45.</b> Programa PLC parte 12 .....	108
<b>Figura 4.46.</b> Eje del motor.....	109
<b>Figura 4.47.</b> Botellas y Cajas .....	109
<b>Figura 4.48.</b> Sensores de fibra óptica instalados.....	110
<b>Figura 4.49.</b> Sensor de presencia PS-T1M botellas A, instalado.....	111
<b>Figura 4.50.</b> Sensor de presencia PR-R300NP tipo C, instalado .....	111
<b>Figura 4.51.</b> Sensor de presencia PR-R300NP tipo B, instalado.....	112
<b>Figura 4.52.</b> Posicionamiento de cajas para su empaquetamiento .....	113
<b>Figura 4.53.</b> Ejemplo de botellas empaquetadas según su tipo. ....	114
<b>Figura 4.54.</b> Banda transportadora, empaquetamiento y clasificación. ....	114
<b>Figura 4.55.</b> Banda transportadora, empaquetamiento y clasificación vista 2. . .....	115
<b>Figura 4.56.</b> Banda final vista 3.....	115
<b>Figura 4.57.</b> Circuito electrónico parte 1.....	116
<b>Figura 4.58.</b> Circuito eléctrico parte 2 .....	116
<b>Figura 4.59.</b> Panel operador .....	117



<b>Figura 4.60.</b> OP pantalla 1 instalado .....	117
<b>Figura 4.61.</b> Op, seleccionar número de cajas ventana 2 .....	118
<b>Figura 4.62.</b> Op, ejemplo de selección de número de cajas .....	118
<b>Figura 4.63.</b> Clasificación por tipo de botella.....	119
<b>Figura 4.64.</b> Electroválvulas instaladas .....	119
<b>Figura 4.65.</b> Cilindros neumáticos instalados .....	120
<b>Figura 4.66.</b> Cilindros neumáticos instalados 2 .....	120
<b>Figura 4.67.</b> Resultado final vista 1 .....	121
<b>Figura 4.68.</b> Resultado final vista 2 .....	121

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	.....	129
<b>Anexo 2.</b>	.....	130
<b>Anexo 3.</b>	.....	131
<b>Anexo 4.</b>	.....	132
<b>Anexo 5.</b>	.....	133
<b>Anexo 6.</b>	.....	134
<b>Anexo 7.</b>	.....	135
	.....	136
	.....	137
	.....	138
	.....	139
	.....	140

## RESUMEN

El proyecto inicio con la definición de parámetros de necesidad de la empresa Recuerdos y Fragancias la cual trasmitió que necesitaba una maquina empacadora y clasificadora de botellas de tres tipos, las cuales variaban en su forma y capacidad. Para completar así el proceso de producción de perfumes. Se procedió a hacer un análisis de sus requerimientos y a continuación a plantear diversas alternativas de automatización. Se eligió la automatización a través de un Plc como controlador, y cilindros neumáticos como los encargados de dar movimiento a la máquina, que está construida en una banda transportadora. En su parte electrónica para la detección del tipo de botella se procedió a elegir la fibra óptica y sensores de presencia. Para la construcción se inició con la etapa de diseños tanto mecánicos electrónicos y de software a usar en la máquina, y por ende se realizó diseño mecatrónico. Finalmente en la etapa final del proyecto se mandó a construir la parte mecánica, una vez lista la parte mecánica se instaló la parte electrónica y neumática, para proceder a la programación adecuada del PLC. Como resultado final se obtuvo un proceso correctamente automatizado de una maquina clasificadora y empaquetadora de botellas de perfume de tres tipos.

## **ABSTRACT**

The project began with the definition of parameters of business necessity Recuerdos y Fragancias which conveyed that needed sorting and packing machine bottles of three types, which varied in shape and capacity. Thus completing the process perfumes of production. We proceeded to do an analysis of your requirements and then present various alternatives to automation. Automation was chosen through a PLC as controller, pneumatic cylinders as responsible for giving motion to the machine, which is built on a conveyor belt. In its electronic part for detecting the type of bottle we proceeded to choose the optical fiber sensors and presence. For the construction stage began with both electronic and mechanical design software for use in the machine, and hence mechatronic design was performed. Finally in the final stage of the project is to build mechanical control part, once the mechanical part list electronics and pneumatic components are installed, to proceed to the appropriate PLC programming. As a final result in a properly automated process of sorting and packing machine bottle perfume three types was obtained.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El ser humano desde siempre ha buscado crear herramientas y máquinas en general que le faciliten la ejecución de tareas complejas, que requieran esfuerzo físico, o que a su vez sean repetitivas. Un buen ejemplo de esto es el invento de la rueda que fue un gran avance para la época (aproximadamente 5000 A.C), la cual permitió simplificarse muchos trabajos a realizar por el hombre.

Sin embargo el origen de la automatización se remonta a la época de la revolución industrial (1750), la automatización buscaba transferir operaciones humanas a los artefactos, las bien conocidas máquinas de tejido que eran controladas con tarjetas perforadas permitían ya crear complejos diseños en esa época. Ya en años posteriores podemos encontrar hechos importantes como el primer torno automático inventado por Christopher Spencer en 1870, con la llamada la segunda revolución industrial o la revolución tecnológica llegan nuevas tecnologías a la industria, el surgimiento de controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos para máquinas de corte de trabajo automático en 1940.

El gran salto de la automatización se produce con la inserción de la manufactura computarizada.

Los procesos industriales principalmente de fabricación de objetos de uso cotidiano tales como botellas de todo tipo, juguetes, cajas, etc., se realizaban de manera manual desde la recolección de la materia prima hasta la entrega del producto final. Siendo los operadores los mismos que manipulaban los productos. Con el paso de los años las industrias se han ido simplificando el trabajo.

En los últimos años la automatización va cogiendo fuerza en Ecuador y el mundo, la creación de máquinas sofisticadas ha dado lugar al desarrollo de la automatización y del control de las tareas antes realizadas por el hombre. La mano de obra ha pasado de ser la que ejecutaba el proceso, a ser la que controla y supervisa el mismo.

No es menos cierto que hoy en día el automatizar simplifica mucho las producciones en las empresas.

(Isolve, 2000. Historia de la ciencia y la tecnología. Mexico df, Mexico. Editorial:Limusa).

Precisamente este proyecto se trata de la automatización de un proceso de empaque y clasificado de botellas de perfume en la micro empresa Recuerdos y Fragancias, lo que anteriormente se realizaba con la mano de obra humana será reemplazada por una maquina encargada de manipular las botellas de perfume y guiarla hasta su respectiva caja, ubicada de acuerdo a su tamaño y clasificarla según su modelo en grupos de paquetes de tres tipos. Las mismas quedaran clasificadas en compartimentos en columnas con capacidad para 3 botellas del mismo tipo.

Como se comentaba anteriormente la mano de obra antes encargada de realizar el proceso de producción, hoy deberá encargarse solo de supervisarla, evidentemente para supervisar una maquina no se requiere más que el encargado de la misma, mientras que para la producción manual de un producto varia la mano de obra dependiendo de las necesidades.

Con la creación del primer perfume se hizo necesaria la creación del primer envase, los egipcios crearon los primeros perfumes a base de ungüentos y resinas olorosas conteniéndolos en recipientes de diorita y alabastro, años después los griegos utilizaron cerámica para este fin. Sin lugar a dudas los perfumes franceses son los de mayor renombre, ganaron su fama en la revolución francesa al estar íntimamente asociados a miembros de la nobleza. (CAPA, 2010).

Generalmente cuando se adquiere un perfume este viene contenido en una botella de vidrio o plástico, pero la botella no viene de por sí sola, esta viene también contenida en una caja de cartón o en una bolsa. Este sería el producto terminado el perfume en su respectiva caja. Este proceso dependiendo de las empresas se realiza de manera manual o automatizada.

En el proceso manual el obrero recibe la botella sellada y la coloca en la caja respectiva para alistarla para su venta.

El proceso automatizado es igual pero mucho más preciso, con menos riesgos de maltrato de la botella y con un ritmo constante de producción.

Cabe recalcar que el proceso de empaque de botellas de perfume de manera automatizada, existe a nivel internacional y local, en grandes empresas que importan su maquinaria de países desarrollados pero a costos muy elevados, sustentados por su desarrollo tecnológico y económico.

Existen numerosas propuestas en el mercado internacional al respecto de máquinas de empaque desde las más básicas hasta las más complejas y costosas.

Las maquinas empacadoras de diferentes tipos oscilan entre los 10.000 a 120.000 dólares y más, dependiendo si son nuevas o usadas así como también la tecnología que estas incorporan.

Se puede recurrir a páginas de venta online donde hay máquinas que empacan pero no exactamente botellas y mucho menos de perfumes de la misma manera existen numerosas empresas que venden maquinas empacadoras de botellas de grupos de 4-6-8-10 botellas en cajas de cartón pero ninguna de ellas empaca una sola botella en su respectiva caja. Esto se presenta como un problema que ameritaba diseñar e implementar la máquina que realice este proceso.

Basta con ingresar a páginas conocidas como:

- MercadoLibre ecuador  
[http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC403727176-empacadora-flow-pack-horizontal-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC403727176-empacadora-flow-pack-horizontal-_JM)
- Ecuapack (<http://www.ecuapack.com/sitio/>)

Entre otras donde ya están diseñadas por lo que difícilmente se adecuan a nuestras necesidades, y al requerir una maquina específica los costos de



diseño y fabricación de la misma se disparan a los ya mencionados anteriormente.

En nuestro país si se requiere de este tipo de automatización se puede proceder de dos formas:

- Contar con un gran capital y realizar la importación del exterior.
- Comprarla en Ecuador pero en un mercado limitado que muy posiblemente no se ajuste a las necesidades exactas requeridas, por lo que se tendrían que hacer modificaciones, si es que se pudiese.
- Diseñarla y construirla desde cero, ahorrándote así varios impuestos y demás.

Como alcance del proyecto de titulación se llega a empacar las botellas de manera individual y clasificarlas de acuerdo a su modelo.

Para lo cual se recoge la señal del inicio del proceso determinando que tipo de botella es la que está circulando por la banda que transporta la misma, dependiendo de esta señal se activa la selección de las cajas donde una caja sale hacia el costado de la cinta principal en donde se detiene a la espera de recibir la botella de perfume.

Al llegar la botella de perfume al punto de empaque, un sensor de presencia activa el cilindro que empuje por medio de guías la botella hacia el costado de la banda donde reposa la caja.

Para finalizar ya empaquetada la botella en la caja se activa un cilindro que guía el paquete hacia el lugar de almacenamiento. Este almacenamiento se hace en capacidad de 3 paquetes, por cuestiones de espacio y diseño.

Debido a que la producción varía a un máximo de 10 botellas, y que estas vienen de forma aleatoria, se creó varios compartimentos intercambiables de paquetes si estos se llegaran a llenar debido a la cantidad de botellas iguales que se envíen a empaquetar el operario cambiara el compartimento.

Se propone que la empresa Recuerdos y Fragancias realice el proceso de empaquetamiento de los perfumes de manera automatizada para no tener que depender de un obrero para realizar esta labor, simplemente de un operario que maneje el proceso completo, debido a que es una pequeña empresa la producción no es la misma en todas las épocas del año, la maquina puede estar sin operar en caso de que no exista producción, contrario al tener un obrero subutilizado para esta operación cuando este mismo caso se dé.

De la misma manera como un operario manipula los productos, estos corren el riesgo de romperse y maltratarse. Así como el operario va acumulando cansancio al tener que hacer un proceso repetitivo. Se mejora la precisión en el proceso debido al control automático del mismo, evitando posibles fallas del operario en la manipulación, y como aspecto positivo una maquina puede operar sin parar días, mientras que un operario debe tener su respectivo descanso.

El presente estudio determina una óptima y calificada demostración de que es viable realizar el diseño de una banda transportadora de botellas para fragancias con los parámetros solicitados, ya que por medio de cálculos se llega a la viabilidad en el diseño del presente proyecto.

Debido a la necesidad de implementar en la industria en este caso de perfumería y fragancias, así se halla métodos y procesos que faciliten adecuadamente la producción en un porcentaje mayor en épocas del año requeridas, así como también el detener la producción cuando no exista mayor demanda, teniendo en cuenta calidad en beneficio del consumidor final, automatizando procesos, se implementa herramientas que mejoren la producción.

Por ello es importante en la industria contar con el mejoramiento de cada proceso, por lo que se toma en cuenta el automatizar y dar unos parámetros para el diseño de una transportadora de banda que ayudará y facilitará una adecuada producción en la industria.

Como objetivo general se diseñara y construirá un sistema de clasificación y empaque de botellas para perfumes de la empresa Recuerdos y Fragancias.

Para lo cual se debía ir cumpliendo una serie de objetivos específicos los cuales eran:

- Diseño y construcción del software de control del proceso.
- Diseño y construcción del sistema mecánico.
- Diseño y construcción del sistema electrónico del proceso.
- Diseño y construcción del sistema mecatrónico del sistema.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Para realizar este proyecto la consulta del marco teórico útil para cumplir con el mismo se realizó con los principales fundamentos teóricos que se utilizaran posteriormente en la elaboración de la parte física del mismo. Como se verá en próximos capítulos la metodología a usarse es la mecatrónica, por lo que se procedió a consultar los fundamentos teóricos tanto de la parte electrónica, como de la parte mecánica, así como también de la parte de control. Que estén acordes con los requerimientos del proyecto.

La parte teórica a usarse a lo largo de este trabajo está expuesta a continuación.

## **2.1 LA EMPRESA**

Recuerdos y Fragancias, es una microempresa situada en la ciudad de Quito, la cual basa su producción en lo que a perfumes y cosmetología se refiere.

Debido a la numerosa competencia que esta tiene de gigantes en el área y pequeñas empresas de igual manera, implementa distintas estrategias para promocionarse en el área del marketing, y solicita realizar su sistema de producción de perfumes de manera automatizada.

En la Empresa Recuerdos y Fragancias, se tiene el proceso de embotellamiento y empaque de los perfumes a cargo de operarios, al realizar la automatización del proceso de embotellamiento y tener un operario destinado solo al proceso de empaque y sabiendo que los procesos previos son automáticos hace que el costo de producción se aumente.

Internacionalmente en un mundo tan tecnológico y avanzado se puede encontrar numerosas gamas de máquinas empacadoras sin irnos muy lejos en Colombia o Brasil, con diversas cantidades de botellas desde una solo a empacar varias a la vez.

Existen numerosas empresas dedicadas a la fabricación de máquinas empacadoras de sellado de envasado las mismas que son altamente tecnológicas y cuentan con un nutrido grupo de ingenieros y obreros para su producción, como desventaja de estas empresas están el transporte de la maquinaria a nuestro país y los elevados costos que estas máquinas tendrían.

A nivel nacional existe maquinas empacadoras que se pueden encontrar en venta a medio uso o nuevas las mismas que ya disminuyen la tecnología que llevan incorporada y generalmente a elevados costos, sin embargo estas máquinas no son de fabricación ecuatoriana sino que también son importadas de países vecinos.

Siendo más específicos en lo que a nuestra ciudad respecta existen empresas que se dedican a la venta de máquinas empacadoras las cuales brindan maquinas tecnológicamente avanzadas también ya fabricadas pero a elevados costos.



**Figura 2.1.** Ejemplo de maquina empaquetadora  
(SynchronoPACK)

Siendo los costos de las maquinas un inconveniente así como también la estandarización de las máquinas que difícilmente se ajustan a los requerimientos de producción de la empresa recuerdos y fragancias, se presentan como inconvenientes que con el diseño e implementación de una

máquina como proyectos se puede realizar de una manera más económica y sobre todo que se ajuste a los requerimientos de la ya mencionada empresa.

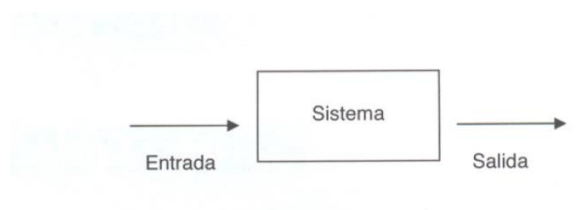
## 2.2 SISTEMAS EMBEBIDOS

Se entiende por sistemas embebidos a una combinación de hardware y software de computadora, sumado tal vez a algunas piezas mecánicas o de otro tipo, diseñado para tener una función específica. Es común el uso de estos dispositivos pero pocos se dan cuenta que hay un procesador y un programa ejecutándose que les permite funcionar. Esto ofrece un contraste con la computadora personal, que si bien también está formada por una combinación de hardware y software más algunas piezas mecánicas (discos rígidos, por ejemplo). Sin embargo la computadora personal no es diseñada para un uso específico. Si no que es posible darle muchos usos diferentes.

Muchas veces un sistema embebido es un componente de un sistema mucho más grande, como por ejemplo los sistemas de frenos o el sistema de inyección de combustible, en automóviles actuales son sistemas embebidos.

Esta combinación de software y hardware puede ser reemplazada en muchos casos por un circuito integrado que realice la misma tarea. Pero una de las ventajas de los sistemas embebidos es su flexibilidad. Ya que a la hora de realizar alguna modificación resulta mucho más sencillo modificar unas líneas de código al software del sistema embebido que reemplazar todo el circuito integrado.

(Antonio Nadal Galiana Llinares, 2007)



**Figura 2.2.** Ejemplo esquema sistema embebido

(Stereon, 2011)

Un sistema automático puede controlar desde la alarma de un despertador hasta el lanzamiento de una nave espacial.

Generalmente, los sistemas de control se componen de un dispositivo de entrada, una unidad de control y un dispositivo de salida.

El dispositivo de entrada suele ser un sensor que detecta las condiciones del entorno. Cuando se detectan variaciones en el entorno, se producen pequeñas variaciones en el sensor que se transforman en señales eléctricas. Esta señal eléctrica se amplifica, y se introduce en un circuito electrónico o en un sistema de control por ordenador para que se produzca una acción de control sobre los actuadores, como arrancar y parar un motor, encender y apagar una luz.



**Figura 2.3.** Esquema básico de un sistema de control

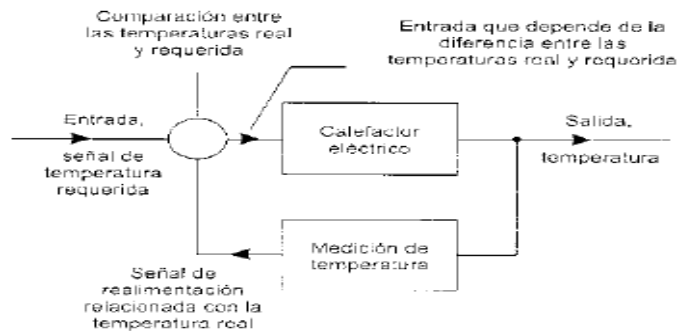
(Loaiza, 2014)

El control es un área de la ingeniería y forma parte de la Ingeniería de Control. Se centra en el control de los sistemas dinámicos mediante el principio de la realimentación, para conseguir que las salidas de los mismos se acerquen lo más posible a un comportamiento predefinido. Los mismos pueden ser controlados en sistemas de lazo cerrado o lazo abierto.

En ocasiones se quiere que la señal a controlar alcance un valor determinado, para ello el sistema tiene que medir continuamente dicha señal para alcanzar ese valor deseado. En este caso el sistema es realimentado, y se habla de un sistema automático de lazo cerrado.

Esta caracterizado por un control permanente por parte de las variables que controlan el proceso, la salida del proceso se conecta con la entrada del mismo consiguiendo con esto un proceso ininterrumpido.





**Figura 2.4.** Control lazo cerrado

(Bolton, 2006)

Por el contrario el sistema de lazo abierto está caracterizado por que las variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, por lo que desvincula a la salida del lazo de su entrada por completo.



**Figura 2.5.** Ejemplo lazo abierto

(Bolton, 2006)

Las entradas al sistema embebido son aquellas que están conectadas al mundo externo. Es decir que son las encargadas de detección de alguna variación en el sistema embebido y de avisar al bloque de control para que este reaccione de alguna manera enviando una reacción a las salidas. Existen físicamente y son las que reciben la señal de switches, sensores, pulsadores etc. (Navarro, 2001)

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores que se pueden conectar al módulo de entradas: Los Pasivos y los Activos.

Los Captadores Pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Ejemplo de ellos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

Los Captadores Activos son dispositivos electrónicos que necesitan de la alimentación por una tensión para variar su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos). (Prieto, 2011)

### **2.2.1 PROCESO**

En la etapa de proceso como su palabra lo indica, se procesa las señales o datos recibidos por las entradas del sistema embebido y se envía una acción hacia las salidas o actuadores del mismo.

Alguno de los más generales procesadores de datos en los sistemas embebidos son:

- Microcontroladores: es una computadora digital completa como un solo componente electrónico. De esta forma, este contiene al CPU, la memoria y la entrada y salida, I/O por sus siglas en ingles.

Entre algunas de sus ventajas están la económica ya que con una inversión baja con respecto a otros controladores se pueden realizar numerosos sistemas de control.

- Controlador Lógico Programable: o PLC es un microprocesador para uso de control general que emplea memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones lógicas, de secuencia, de temporización, de contacto y aritméticas. Generalmente manejan lenguaje sencillo de programación, centrandó su inmensa mayoría en la programación de escalera.

(Bolton, Ingenieria de control, 2006)

### **2.2.2 SALIDAS**

Basándonos en (Bolton, Ingeniería de control, 2006). Las salidas en un sistema embebido son las acciones finales a ejecutar mediante los actuadores, en otras palabras el resultado final del proceso.

Ejemplo:

- Pan tostado al tono requerido
- Giro eje del motor
- Etc.

### **2.3 BANDAS TRANSPORTADORAS**



**Figura 2.6.** Ejemplo de banda transportadora

(Loaiza, 2014)

#### **2.3.1 DEFINICIÓN Y FUNCIÓN**

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las bandas transportadoras.

### **2.3.2 APLICACION DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS.**

El empleo de las bandas transportadoras en la industria es muy extenso, ya que se encuentran en prácticamente todos los procesos de producción, entre las cuales se destacan los siguientes:

- Las industrias extractivas (minas subterráneas y a cielo abierto, canteras).
- Las Industrias Siderúrgicas.
- Instalaciones Portuarias de Almacenamiento, carga y descarga de barcos.
- Centrales Térmicas (Parques de almacenamiento y transporte a quemadores).
- Agroindustrias Azucareras.
- Industria Automotriz.
- Industria Químico farmacéutica.

### **2.3.3 MATERIALES A MOVILIZAR EN BANDAS TRANSPORTADORAS.**

Las bandas transportadoras manejan diversos materiales por ejemplo:

- Materiales empleados en la construcción: Arcilla, arena, asfalto, Cemento, cenizas, granito, hormigón, grava, tierras, etc.
- Combustibles: antracita, coque, carbón, hulla, lignito, etc.
- Fertilizantes: fosfato, nitratos, sulfatos, sales, urea, etc.
- Minerales: aluminio, alumbre, azufre, cobre, hierro, grafito, magnesio, plomo, yeso, etc.
- Alimentos y productos de origen vegetal: azúcar, aceitunas, algodón, café, cacao, guisantes, harinas, papas, maíz, nueces, remolachas, etc.

## **2.4 MOTORES ELÉCTRICOS**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos

de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. (Tirado, 2012)

Esta transformación de energía se presenta con un principio básico, el movimiento que se genera por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente, por lo que son máquinas eléctricas rotatorias.

El mismo principio pero revertido generaría energía eléctrica a partir de energía mecánica algunos motores lo pueden realizar llamados generadores.

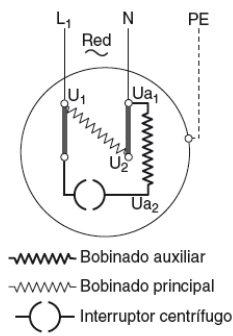
Existen dos tipos de motores eléctricos si los clasificamos según la corriente a saber motores de corriente alterna y motores de corriente continua, se utilizaran de corriente alterna en este trabajo de investigación.

#### **2.4.1 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

Como su nombre lo dice los motores de corriente alterna son aquellos que funcionan con corriente alterna. Existen una gran variedad de motores de corriente alterna los mismos que se utilizan en la industria debido a su gran rendimiento los tres tipos básicos de motores son: el universal, el síncrono y la jaula de ardilla.

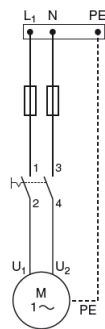
#### **2.4.2 MOTORES MONOFÁSICOS**

El motor monofásico de inducción, es un motor de corriente alterna, que se caracteriza por tener un par de arranque moderado, este motor se conecta normalmente a una red monofásica de alumbrado o de fuerza, este se encuentra provisto de un arrollamiento auxiliar desplazado magnéticamente respecto al arrollamiento principal y conectado en paralelo con este último. Este tipo de motor se caracteriza porque para poder llevar a cabo su puesta en marcha se auxilia de un devanado secundario llamado de arranque, el cual va conectado en serie a un capacitor y los dos se encuentran controlados por un interruptor que se abre cuando el motor ha alcanzado el 75% de su velocidad nominal.

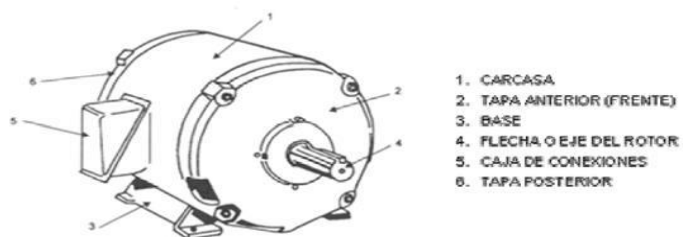


**Figura 2.7.** Esquema de motor monofásico con bobinado auxiliar  
(Mcgraw-Hill 2010)

La figura numero 2.8 muestra la puesta en marcha de un motor monofásico de corriente alterna:



**Figura 2.8.** Puesta en marcha de motor monofásico manualmente  
(Mcgraw-Hill 2010)



**Figura 2.9.** Partes generales de un motor

(Tirado, 2012)

### **2.4.3 PAR DE UN MOTOR**

El par o torque existe cuando:

Se ejerce una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, el cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque de la fuerza. (Inzunza, 2007)

## **2.5 SISTEMAS CLASIFICADORES**

Según el Diccionario de la real academia española, (2013) el significado de clasificar que más se adapta para este estudio es “Ordenar o disponer por clases”.

Dicho esto se puede proceder a identificar los tipos de sistemas clasificadores que podemos encontrar para realizar la selección de tipos de botellas.

Para poder elegir un tipo de sistema clasificador debemos tener en cuenta:

- Las características físicas del objeto a clasificar, ya que de esto dependerá la manera más adecuada de identificarlo.
- Lugar final de agrupación por clases.

### **2.5.1 IDENTIFICAR UN OBJETO**

Existen numerosas maneras para identificar un objeto según sus características físicas (tamaño, color, fuerza, temperatura, etc.) Las principales maneras de identificarlo son:

- Control visión artificial:

Sistema idóneo para clasificar objetos con la ayuda de una pc un determinado software y una cámara web capaz de detectar el mismo, es muy común utilizarlo para la detección de objetos de colores primarios (rojo, verde, azul). Basado en Universidad Rey Juan Carlos (Madrid), “Aplicaciones de la visión artificial y la biometría informática”, Librería-Editorial Dykinson, 2005 - 128 páginas.

- Control por peso:

Basándonos en el Manual electrónico Schneider, (1999). Una celda de carga es un transductor que convierte el peso de un objeto colocado sobre esta en una señal eléctrica. Esta conversión se alcanza por la deformación física de galgas extensiométricas.

El peso aplicado a la celda de carga ya sea por compresión o por tensión produce una deflexión en la viga lo cual introduce tensión a las galgas. La deformación producirá un cambio en la resistencia eléctrica proporcional a la carga.

- Detectores fotoeléctricos permiten detectar todo tipo de objetos (opacos, transparentes, reflectantes, etc.) en gran variedad de aplicaciones industriales y terciarias. Un detector fotoeléctrico detecta un objeto o una persona por medio de un haz luminoso. Sus dos componentes básicos son un emisor y un receptor de luz. La detección es efectiva cuando el objeto penetra en el haz de luz y modifica suficientemente la cantidad de luz que llega al receptor para provocar el cambio de estado de la salida.

Manual electrónico Schneider, (1999).

- Detectores de posición: Los interruptores de posición electromecánicos generalmente son interruptores de control cuyo papel, en el ámbito de los equipos de automatismo, consiste en detectar la presencia o el paso. Manual electrónico Schneider, (1999).

### **2.5.2 LUGAR FINAL DE AGRUPACIÓN POR CLASES**

El paso final para seleccionar un sistema clasificador es la manera en como los diferentes tipos de objetos van a quedar agrupados. Generalmente la clasificación puede darse por:



- Robots manipuladores: son básicamente brazos articulados. De forma más precisa, un manipulador industrial convencional es una cadena cinemática abierta formada por un conjunto de eslabones o elementos de la cadena interrelacionados mediante articulaciones o pares cinemáticos, que permiten el movimiento relativo entre los sucesivos eslabones. Controlados mediante un dispositivo de control se programa los mismos para que puedan manipular objetos y depositarlos en determinadas localizaciones.  
(Anibal Ollero Barurone. (2001). Robotica manipuladores y robots moviles. Barcelona, España: Editorial MARCOMBO, S.A)
  
- Cilindros clasificadores: se utilizan en operaciones que impliquen desplazamientos lineales cortos. Se accionan mediante electroválvulas conectadas a las salidas del controlador, para conseguir la clasificación mediante empujes y desvíos a otras bandas o compartimentos finales.  
(Arturo Gil Aparicio, 2011)

## **2.6 SENSORES INDUSTRIALES**

Uno de los aspectos de mayor importancia en el área de Automatización Industrial es el tema de los sensores, los cuales juegan un rol primordial en el sistema productivo.

Para comprender la importancia de los sensores, se debe comprender el significado de automatización, automatizar significa que en un proceso productivo no se cuenta con la participación del ser humano, y solo lo hace para fijar instrucciones o bien modificarlas.

Con este concepto se puede decir que en una operación controlada de manera automática se llevaran a cabo cuatro acciones: observar, juzgar y decidir y por ultimo actuar.

Se plantea ahora una analogía con referencia al ser humano; el ser humano realiza actividades similares, nosotros sensamos, el ser humano puede sensar utilizando sus cinco sentidos, como; mirar, oír, oler, probar y puede

tocar y esto le sirve para enviar información al cerebro que es el sistema pensante.

En los procesos industriales los sensores equivalen a los ojos, boca, nariz, lengua y estos sirven para proporcionar información al dispositivo de control que puede ser un microprocesador el cual va a hacer las funciones del cerebro.

Se dice entonces que se va a controlar una acción pensando; esto quiere decir que vamos a juzgar y decidir y por último vamos a actuar, así como el ser humano que puede mover músculos y esqueleto, es aquí donde encaja el juego de lo que es el sensar.

En un sistema, el sensar se realiza mediante la utilización de elementos tales como: un micro Switch, un limit Switch o sensores que pueden ser del tipo óptico, de proximidad, de color o de cualquier otro tipo de acuerdo a la necesidad de sensado, para controlar el sistema puede utilizar de un nivel básico de elementos tales como: relevadores, temporizadores, contadores o más sofisticados como serían un PLC, Microcontroladores, así mismo se vale de elementos tales como: motores, solenoides, válvulas y lámparas.

Entonces tenemos una idea del porqué utilizar sensores, que son los elementos que se van a utilizar para coleccionar la información.

Por otro lado un transductor, no es más que un dispositivo el cual tiene la capacidad de convertir un tipo de energía en otro y se clasifican en:

Transductores de Entrada, de tipo eléctrico, cuya característica es la de convertir cualquier tipo de energía en energía eléctrica (Corriente y Voltaje), como ejemplo podemos citar un micrófono que convierte la energía acústica en impulsos eléctricos.

Transductores de Salida, que convierten la energía eléctrica en cualquier tipo de energía como ejemplo: una bocina.

Sensores, son los dispositivos que son usados para detectar y en algunos procesos para medir la magnitud de algo, asocia la palabra sensar a detectar.

En la realidad, un sensor es un transductor el cual se utiliza para convertir variaciones del tipo mecánico, magnético, térmico, óptico o químico en señales del tipo eléctrico.

Las variaciones de tipo mecánico corresponden a un movimiento que se detecta mediante un sensor y se envía una información eléctrica, o bien cuando se genera un campo de origen magnético y este se ve afectado por la presencia de un elemento metálico, también cuando se detectan cambios de temperatura, o cambios en la intensidad luminosa (cambios ópticos), inclusive en campos experimentales agrícolas donde se detectan: la acidez, la salinidad y en los laboratorios el pH de sustancias.

Todos estos elementos no podemos utilizarlos de manera directa en un controlador sino que tenemos que convertir esas variaciones a señales del tipo eléctrico.

Los sensores en la industria son categorizados de acuerdo a la magnitud que miden, pero también al rol que juegan en el moderno proceso de control de manufactura.

(José J. Horta Santos, 1982)

## **2.6.1 CARACTERÍSTICAS IDEALES DE LOS TRANSDUCTORES**

### **2.6.1.1 Exactitud**

La exactitud en la medición debe ser tan alta como fuese posible. La diferencia entre el valor detectado y el valor real debe tender a ser cero.

### **2.6.1.2 Precisión**

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable, es decir que en varias mediciones del sensor si se conserva las características de medición los valores deberán ser lo más parecidos posible entre sí.

### **2.6.1.3 Velocidad de respuesta**

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

### **2.6.1.4 Fiabilidad**

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

(José J. Horta Santos 1982)

## **2.6.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PRESENCIA**

Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse.

Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, vidrio o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben seguir estos tres pasos:

- Forma de la carcasa a detectar.
- Distancia operativa.
- Datos electrónicos y conexiones a usar.

## **2.6.3 SENSORES CAPACITIVOS**

Los sensores capacitivos son interruptores electrónicos que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.

Los sensores capacitivos constan de un condensador que genera un campo eléctrico. Este condensador forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca a este campo, la capacidad aumenta y el circuito empieza a resonar.

También miden los cambios en una propiedad eléctrica llamada capacitancia. La capacitancia describe cómo dos objetos conductores con un espacio entre ellos responden a una diferencia de voltaje aplicada a ellos. Un voltaje aplicado a los conductores crea un campo eléctrico entre ellos, causando cargas positivas y negativas para coleccionar en cada objeto. Si se invierte la polaridad del voltaje, las cargas se invertirán.

Los sensores capacitivos usan un voltaje alternativo que causa que las cargas continuamente inviertan sus posiciones. El movimiento de cargas crea una corriente eléctrica que se detecta por el sensor. La cantidad de flujo de corriente se determina por la capacitancia, y la capacitancia se determina por el área de superficie y proximidad de los objetos conductivos. Los objetos más grandes y más cercanos originan mayores corrientes que los más pequeños o los situados a distancias mayores. La capacitancia también es afectada por el tipo de material no conductor en el hueco entre los objetos. Técnicamente hablando, la capacitancia es directamente proporcional al área de superficie de los objetos y la constante dieléctrica del material entre ellos, es inversamente proporcional a la distancia entre ellos.

#### **2.6.4 PARA LA DETECCIÓN DE POSICIÓN**

El sensor es básicamente un condensador variable, en el cual una de las placas es móvil, pudiendo de esta manera tener mayor o menor superficie efectiva entre las dos placas, variando también el valor de la capacitancia. Según sea la variación del estímulo del campo eléctrico que a su vez depende de la constante dieléctrica del material a detectar.

#### **2.6.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

La primera ventaja es que, detectan sin necesidad de contacto físico, pero además este sensor lo realiza de cualquier objeto. Además, debido a su funcionamiento tiene muy buena adaptación a los entornos industriales. La duración de este sensor es independiente del número de maniobras que realice y soporta bien las cadencias de funcionamiento elevadas. Entre los inconvenientes se encuentra el alcance, dependiendo del diámetro del sensor, puede alcanzar hasta los 60mm, igual que la modalidad inductiva.

Según la aplicación será necesario ajustar la sensibilidad para que se adapte al material, por ejemplo para materiales de constante dieléctrica débil como el papel, cartón o vidrio tendremos que aumentar la sensibilidad, y en caso de tener una constante dieléctrica fuerte tenemos que reducir la sensibilidad, por ejemplo con objetos metálicos o líquidos. (Mark Kretschmar, 2009)

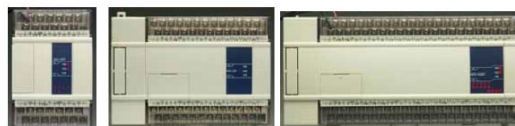
### **2.6.6 SENSORES DE FIBRA OPTICA**

Los sensores de fibra óptica son el resultado de la actividad productiva de los sensores con el intercambio existente entre los sentidos del hombre y los sensores. La transformación de los procesos y magnitudes físicas en señales ópticas que son transmitidas a una distancia considerable del foco del evento, por medio de un canal que en este caso, esta función la realiza la fibra óptica.

Los sensores de fibra óptica tienen características generales en común: por ejemplo, la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión de las señales producidas o como elemento sensitivo del dispositivo; fuentes de radiación (laser, súper luminiscente, etc).

(DR. G. Eduardo Sadoval Romero, 2003)

## **2.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC**



**Figura 2.10.** PLC Xinje

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos

electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLCs son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado

### **2.7.1 RESEÑA HISTORICA**

Los primeros PLC fueron diseñados para reemplazar los sistemas de relés lógicos. Estos PLC fueron programados en "Lenguaje Ladder", que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relés. Este sistema fue elegido para reducir las demandas de formación de los técnicos existentes. Otros autómatas primarios utilizaron un formulario de listas de instrucciones de programación.

Los PLCs modernos pueden ser programados de diversas maneras, desde la lógica de escalera de relés, a los lenguajes de programación tales como dialectos especialmente adaptados de BASIC y C. Otro método es la lógica de estado, un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programar PLCs basados en diagramas de estado.

### **2.7.2 FUNCION BASICA**

La función básica y primordial del PLC ha evolucionado con los años para incluir el control del relé secuencial, control de movimiento, control de procesos, Sistemas de Control Distribuido y comunicación por red. Las capacidades de manipulación, almacenamiento, potencia de procesamiento

y de comunicación de algunos PLCs modernos son aproximadamente equivalentes a las computadoras de escritorio.

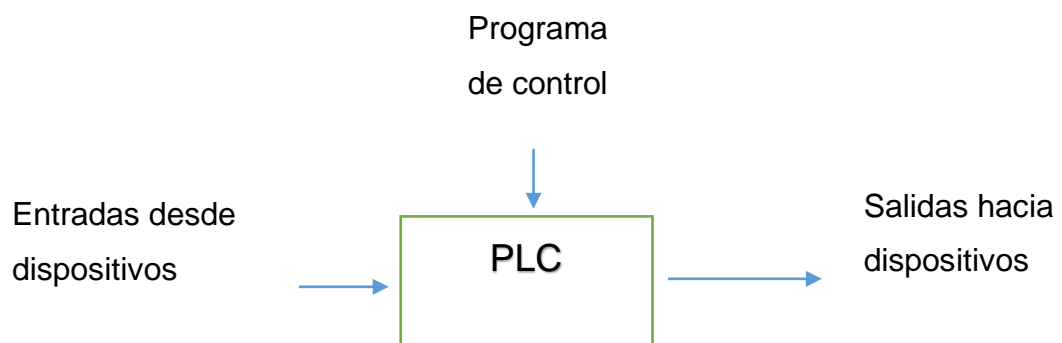
### 2.7.3 VENTAJAS

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos cualificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

(Controlador lógico programable, 2012)

### 2.7.4 ESQUEMA BASICO DE UN PLC

El funcionamiento de un PLC de una manera simplificada, controla mediante un programa un proceso en el cual el PLC recibe señales mediante sus entradas y las transforma en señales para actuar en el proceso mediante sus salidas, que van directamente conectadas a algún actuador.



**Figura 2.11.** Diagrama PLC

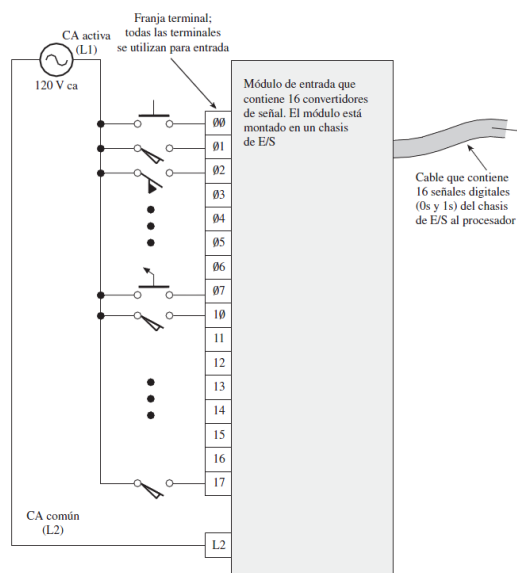


(Bolton, Ingeniería de control, 2006)

### 2.7.5 PARTES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

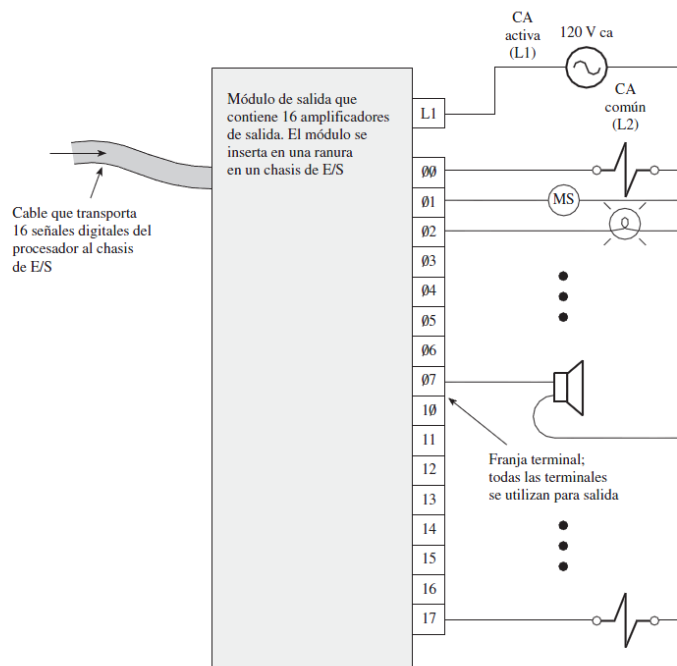
Se puede observar a continuación la estructura interna básica de un plc en general, el cual cuenta con su alimentación, así también con las entradas del plc, en donde se conectan sensores y receptores de datos.

De la misma manera se puede visualizar el procesador y finalmente sus salidas hacia los actuadores.



**Figura 2.12.** Entradas PLC

(Timothy J. Maloney, 2006)



**Figura 2.13. Salidas PLC**

(Timothy J. Maloney, 2006).

Se puede observar también que además de trabajar con voltajes como 120V también los plc pueden trabajar con voltajes de 24V Dc en sus entradas y salidas.

### 2.7.6 MODO DE FUNCIONAMIENTO

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

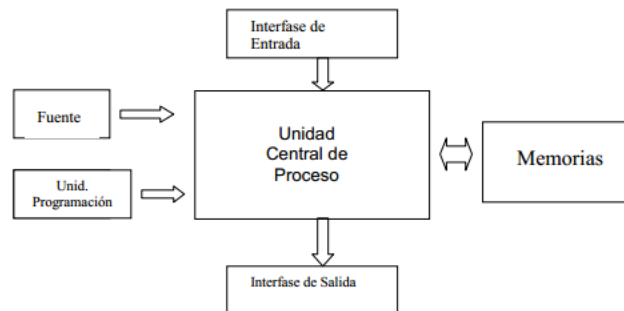
La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

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

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

(FCEfyN, elementos y equipos electrónicos, 2011)

### 2.7.7 ESTRUCTURA EXTERNA DE UN PLC



**Figura 2.14.** Estructura externa de un PLC

(Loaiza, 2014)

El término estructura externa o configuración externa de un Controlador Lógico programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta

- Estructura semimodular. (Estructura Americana).
- Estructura modular. (Estructura Europea)

#### **2.7.7.1 ESTRUCTURA COMPACTA**

Este tipo de Controlador Lógico Programable se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Son los PLC de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

#### **2.7.7.2 ESTRUCTURA SEMIMODULAR**

Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S . Son los Controlador Lógico Programable de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

#### **2.7.7.3 ESTRUCTURA MODULAR**

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde van alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

(FCEFYN, elementos y equipos electrónicos, 2011)

## 2.8 NEUMÁTICA

La neumática es la técnica que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido. En la actualidad, en la automatización de los distintos campos de fabricación, así como en los procesos de ensamblado y empaquetado de productos, es común la utilización de esta técnica para llevar a cabo estos procesos.

### 2.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS: EL AIRE

El aire comprimido que se emplea en la industria procede del exterior. Se comprime hasta una determinada presión, con respecto a la presión atmosférica, y se denomina presión relativa. El aire va a contener polvo, óxidos, azufre, por lo que se suelen utilizar filtros para eliminar impurezas previamente.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión atmosférica} + \text{Presión relativa} \quad [2,1]$$

### 2.8.2 ALGUNAS UNIDADES DE PRESIÓN

La unidad de presión en el sistema internacional es el Pascal (Pa), su equivalencia es:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad [2,2]$$

Sin embargo una de las unidades más utilizadas es El bar:

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 100 \text{ kN/m}^2 \quad [2,3]$$

Otra medida de presión importante a considerar es la atmosfera:

$$1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} \quad [2,4]$$

### 2.8.3 CILINDROS NEUMATICOS

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se

expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al embolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo.

#### **2.8.4 FUERZA DE EMPUJE EN LOS CILINDROS**

La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón:

$$F = p \cdot A \quad [2,5]$$

Donde:

F = Fuerza

p = Presión manométrica

A = Área del émbolo o pistón

#### **2.8.5 TIPOS DE CILINDROS NEUMATICOS**

- Cilindros de simple efecto: Los cilindros de acción simple utilizan la fuerza impartida por el aire para moverse en una dirección (generalmente hacia fuera), y un resorte a la vuelta a la posición inicial.
- Cilindros de doble efecto: Los cilindros dobles utilizan la fuerza del aire para moverse en extensión y contracción. Básicamente funcionan como un cilindro simple de ida y otro de regreso. Tienen dos puertos para permitir el aire adentro, uno para el empuje y uno para el regresar al estado inicial.

(Roldan, 2004)

#### **2.8.6 CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS**

El cálculo del consumo de aire en cilindros neumáticos es muy importante cuando se requiere conocer la capacidad del compresor necesario para abastecer a la demanda de una instalación.

Puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$Q = (\pi / 4) \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6}$$

[2,6]

Donde:

Q = Consumo de aire (NI/min)

d = Diámetro del cilindro (mm)

c = Carrera del cilindro (mm)

n = Número de ciclos completos por minuto

P = Presión absoluta=Presión relativa de trabajo + 1 bar

N = Número de efectos del cilindro

(N=1 para simple efecto, N=2 para doble efecto)

(Micro, 2011)

### 2.8.7 MONTAJES

En cuanto a la forma de sujetar un cilindro neumático, es propio de cada aplicación que modelo de montaje se utilizará. En general estará sujeto a condiciones de diseño, razones de espacio y características de los movimientos.

Las posibilidades de montaje en cilindros pueden tener las siguientes características:

- Montajes rígidos: el cuerpo del cilindro permanece fijo durante el desplazamiento del pistón.
- Montajes basculantes: el cuerpo del cilindro gira en torno a uno o más ejes durante el desplazamiento del pistón.

(Micro, 2011)



**Figura 2.15.** Ejemplo de cilindro sujeto fijo

(Loaiza, 2014)

## **2.9 EMPAQUE DE BOTELLAS**

Según el Diccionario de la real academia española, (2013) la definición más acertada para empaquetar en este proyecto es “Colocar convenientemente los paquetes dentro de bultos mayores” “Hacer paquetes”.

Dicho esto este proyecto empaqueta botellas en sus respectivas cajas dependiendo su modelo.

Tipos generales de empaquetamiento para botellas de vidrio:

- En diferentes modelos de cajas de cartón
- En bolsas plásticas
- Estuches de plástico
- Etc

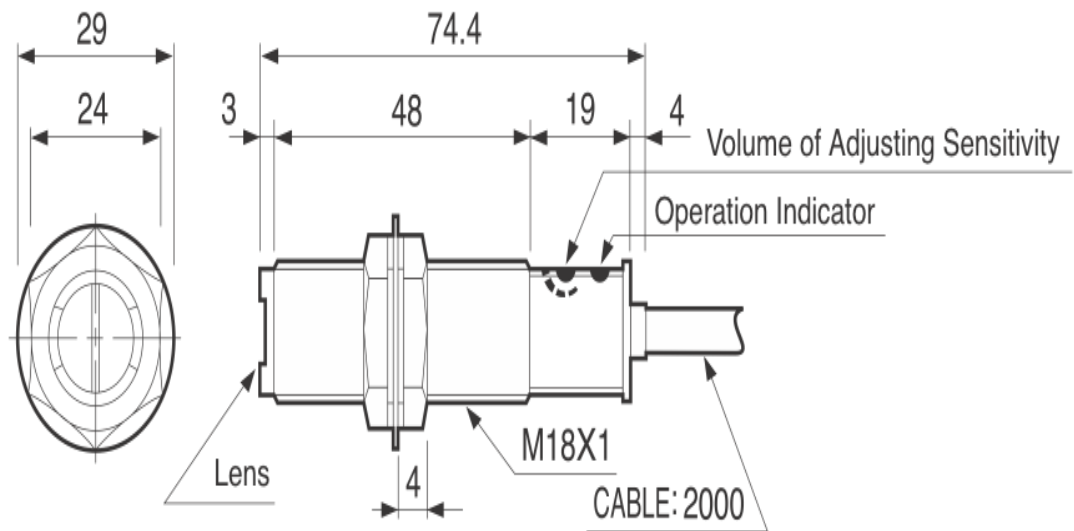
Para este proyecto las cajas serán empaquetadas en cajas de cartón.

De la misma manera para realizar la labor de empaquetamiento de cajas de cartón existen métodos varios, los principales (como ya se vio anteriormente) para manipulación de botellas en el mercado son tanto con brazo robótico manipulador, o a base de cilindros.

## **2.10 SENSOR DE PRESENCIA**

Se denomina sensor a todo elemento que es capaz de transformar señales físicas en señales eléctricas, estas señales físicas pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Las mediciones que realiza un sensor pueden ser de indicación directa (p.e un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano, estas últimas son de gran ayuda en áreas de aplicación como la Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica , etc.





**Figura 2.16.** Ejemplo de sensor de presencia industrial  
(hanyoung, 2005)

Se puede clasificar los sensores según el parámetro físico que miden: temperatura, presión, posición, longitud, nivel etc. En concreto, el sensor de presencia, es un tipo de sensor que activa o desactiva automáticamente el mecanismo eléctrico al que está conectado, cuando detecta o no, la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado.

Esta detección puede hacerse con o sin contacto con el objeto. En el primer caso, se trata siempre de un interruptor, abierto o cerrado, dependiendo de la aplicación que se quiera hacer, y segundo caso se utilizan diferentes principios físicos para detectar la presencia, dando lugar a los diferentes tipos de sensores.

Los sensores inductivos, se basan en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético, constan básicamente de una bobina y de un imán, su funcionamiento es sencillo: si se detecta una corriente en la bobina, algún objeto ferromagnético ha entrado en el campo del imán, tienen el inconveniente de que son limitados a objetos ferromagnéticos.

Los sensores capacitivos, se basan en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie próxima a éste. Constan de dos elementos; por un lado está el elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos) y por otra parte el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador).la gran ventaja que detectan la proximidad de objetos de cualquier naturaleza.

(ingeniatic, 2011)

## **2.11 PROGRAMA CAD Y CAM**

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto.

(ENCICLOPEDIA LIBRE WIKIPEDIA, 2013)

### **3. METODOLOGIA**

El capítulo que a continuación se redacta da el punto de partida para la elaboración de la parte física, debido a que se realiza el análisis de los requerimientos del proyecto siempre utilizando la metodología mecatrónica, se selecciona también los componentes tanto: físicos, electrónicos y de programación. Toda la elección de los componentes se sustenta con la elaboración de los correspondientes cálculos, los cuales buscan garantizar el correcto funcionamiento de la maquina a diseñar.

### **3.1 METODOLOGIA MECATRONICA**

Para la rama de la ciencia denominada mecatrónica existen numerosas definiciones, la más acertada para este trabajo de titulación seria la usada por la comunidad europea que cita:

“mecatrónica es la integración cinagética de la ingeniería mecánica con la electrónica y con el control de computadores inteligentes para el diseño y la manufactura de productos y procesos”

(Comunidad europea, 2002)

La palabra Mechatronic fue compuesta por el ingeniero japonés Tetsuro Moria en 1969, como una combinación de «Mecha» de Mechanisms y “tronics” de electronics, la nueva palabra muy pronto ganó aceptación y empezó a usarse desde 1982 por la industria moderna.

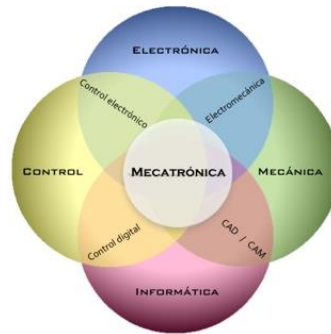
Al ser la mecatrónica una ciencia “nueva” tiene una amplitud conceptual variada por lo que no ha permitido normalizar un concepto general como ocurre al definir algunas otras ciencias. Las más comunes definiciones se centran en la fusión y unificación de ciencias.

Como se puede observar el termino mecatrónica desde sus orígenes hasta las definiciones más actuales conlleva prácticamente el mismo contexto unificar la mecánica con la electrónica y el control.

(Ing. Pablo Denis, 2013)

<http://prezi.com/hxbk5yhu2w7n/mecatronica/>

Como elementos claves de esta fusión de ciencias antes mencionados se tenía el siguiente cuadro:



**Figura 3.1.** Mecatronica estructura

(Juan Dolier, 2012)

Básicamente se podía confirmar que al usar la metodología mecatrónica en este trabajo final conseguiría involucrar el estudio de varias ciencias en una, y según se iban cumpliendo los objetivos se debía realizar los diseños tanto en la parte mecánica, como en la parte electrónica, así como también en la parte de control. Estas tres juntas darían el diseño automatizado final.

### **3.1.1 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS**

Llegado a este punto se analizó los requerimientos necesarios para la correcto diseño del proyecto, en los cuales se tuvo en cuenta tanto dispositivos mecánicos, como dispositivos electrónicos y de control.

Los cuales se pasara a analizar continuación, en base a la estructura mecatrónica planteada en la Figura 3.1

### **3.1.2 CONTROL ELECTRONICO**

Los componentes del control electrónico son:

#### **3.1.2.1 MÓDULO LÓGICO DE CONTROL PROGRAMABLE XINJE**

**Tabla 3.1.** Comparación entre PLC´s siemens y xinje

	<b>XC3-24RT</b>	<b>LOGO</b>
<b>Acción</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
TIEMPO DE PROCESAMIENTO SCAN	RAPIDA	LENTA
ENTRADAS DIGITALES	5 TIPO NPN A 24 VDC RAPIDAS	8 IN DIGITALES LENTAS
SALIDAS DIGITALES	8 SALIDAS A RELE	4 OUT RELE
MODULO DE AMPLIACION	8 SALIDAS A RELE	4 OUT RELE
CANTIDAD DE TEMPORIZADORES	MAYOR	MENOR
PUERTOS DE COMUNICACIÓN	2	1
COMUNICACIÓN RS-485	SI	NO
POSIBILIDAD DE HMI-SCADA	SI	LIMITADA
RESPUESTA DE CONTADORES	RAPIDA	LENTA

(Loaiza, 2014)

Los módulos lógicos son controladores programables, los cuales tienen la finalidad de hacer trabajar a grandes máquinas sin la necesidad de la intervención humana. Generalmente se los utiliza en las grandes industrias en las cuales se necesita automatizar muchos procesos, sin embargo se los utiliza también en el ámbito privado pero en menor cantidad.

Los módulos XCP Pro V3.3C ofrecen soluciones amplias y fiables en lo que se refiere a construcción y automatización. Poseen 8 funciones lógicas básicas y aproximadamente 35 funciones especiales, gracias a todas las características del XCP. Es muy fácil que éste tipo de módulos lógicos puedan reemplazar a un gran número de dispositivos de control por sus amplias ventajas, una de ellas es su facilidad de manejo. Una amplia gama de módulos permiten ampliar al XCP Pro, de una forma personalizada para proveer de más entradas y salidas tanto analógicas como digitales de acuerdo a las necesidades del programador.



**Figura 3.2.** PLC Xinje XC3-24RT

(Xinje, 2012)

Entre las principales características del XCP Pro se tienen las siguientes:

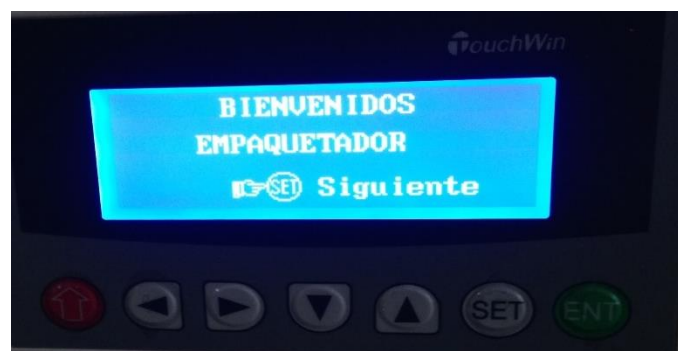
- Se puede ampliar con extensiones de módulos.
- Trabaja con voltajes de 24 V (AC/DC), 110/240 V (AC/DC).
- El software que se utiliza es del tipo ladder.
- Posibilidad de alternar idiomas

Se puede ver en la figura 3.2 como el PLC xinje puede expandir sus entradas y salidas con módulos adicionales.

**Tabla 3.2.** Entradas y salidas para el proyecto

AND	X0	ENTRADA
OUT	Y2	SALIDA
AND	X7	SALIDA
OUT	Y105	SALIDA
OUT	Y11	SALIDA
OUT	Y4	SALIDA
OUT	Y6	SALIDA
AND	X2	ENTRADA
AND	X4	ENTRADA
OUT	Y5	SALIDA
OUT	Y10	SALIDA
AND	X1	ENTRADA
AND	X3	ENTRADA
OUT	Y3	SALIDA
OUT	Y106	SALIDA
OUT	Y104	SALIDA
OUT	Y107	SALIDA

### 3.1.3 OP, CONTROL OPERACIONAL



### Figura 3.3. OP compatible con Xinje

(Loaiza, 2014)

El plc xinje al no venir con pantalla de programación incorporada, se le puede añadir si se desea una pantalla de operación en la cual se pueda indicar al plc algunos aspectos a tomar en cuenta.

Para este caso la OP permitirá al operario elegir el número de botellas a empaquetar, así como también adquirir información acerca del proceso de empaquetado de botellas. Información acerca del reinicio de la máquina en caso de que esta se detenga por acción del pulsador de emergencia, o por la extracción manual de alguna botella antes de hora.

#### 3.1.4 SENSORICA

En la parte de uso de sensores se seleccionaron los siguientes para el proyecto:

##### 3.1.4.1 SENSORES DE FIBRA OPTICA

**Tabla 3.3.** Comparación sensor de fibra óptica vs sensor por Tacas

(Loaiza, 2014)

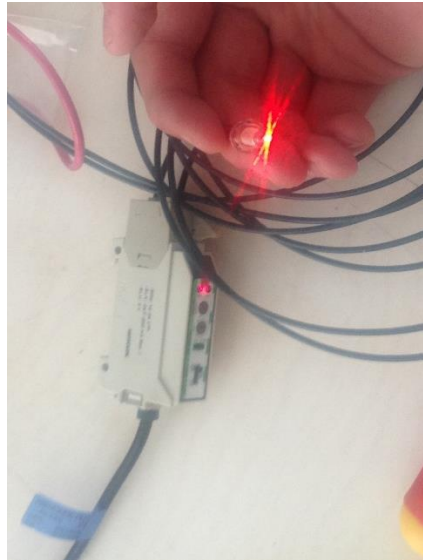
CARACTERISTICAS	FIBRA OPTICA	TACAS
COSTO	BAJO (180USD) X 2	ALTO (850USD)
RESPUESTA	MEDIA	RAPIDA
ALCANCE DE OBJETO	5mm	4mm
voltaje 24 vdc	24vdc	24vdc

Para la elección del sensor que detectara el tipo de botella según la etiqueta que esta lleva, que varía en sus colores entre combinaciones de blanco y negro. Se usó sensor de fibra óptica debido a su costo.

Siguiendo con el principio de funcionamiento de la fibra óptica, la cual dice que es capaz de transportar información a manera de haces de luz cuando esta existe.





Como tal básicamente los sensores de fibra óptica lo que detectan en este proyecto es precisamente eso la luz que genera la etiqueta blanca de nuestras botellas y de la misma manera no es capaz de leer las etiquetas negras de las botellas.



**Figura 3.4.** Sensor de fibra óptica GR620  
(hanyoung, 2007)

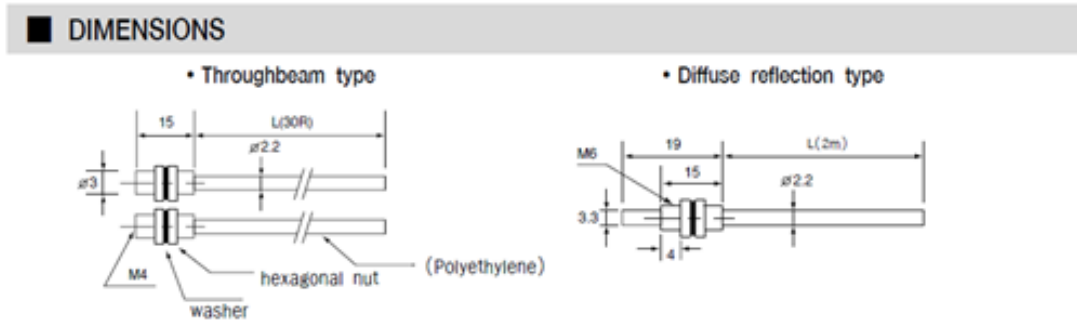
Sus características son:

**Tabla 3.4.** Características sensor GR620  
(hanyoung, 2007)

Apperance	Model	Length (m)	Diameter (mm)	Minimum detectable object (mm)	Ambient temperature (°C)	Sensing distance (mm)
						PG-3R
	GT420	2	φ 1	φ 1	-30~70	150
	GR620	2	φ 1	φ 1	- 30~70	55

Donde se puede ver que como aspecto a considerar no tiene un rango de detección muy amplio apenas llega a 55 mm, por lo que las botellas deberán pasar a 50 mm de distancia de los sensores para evitar lecturas erróneas.

No tienen problema en trabajar en temperaturas elevadas, a pesar que serán expuestos a temperatura ambiente.



**Figura 3.5.** Dimensiones del sensor de fibra óptica

(hanyoung, 2007)

Como podemos ver gracias a sus cortas dimensiones los sensores de fibra óptica pueden utilizarse en lugares estrechos para detectar presencia.

La tabla número 3.5, nos muestra la manera en cómo reacciona el sensor a el tipo de superficie a identificar.

**Tabla 3.5.** Detección del fondo del sensor de fibra óptica

(hanyoung, 2007)

State	Wire	White
Light		ON ○
Dark		OFF ●

la manera de comportarse ante un fondo de color blanco será como encendido, es decir emitiendo señal. Mientras que si el fondo que está detectando es de color negro este no emitirá señal alguna.

Es por eso que se decidió utilizar sensores del tipo fibra óptica ya que los modelos de botellas al tener sus etiquetas blancas y negras se podrán identificar y clasificar.

### 3.1.4.2 SENSOR DE PRESENCIA

**Tabla 3.6.** Comparación sensores de presencia PR vs PZ  
(Loaiza, 2014)

	fotoelectrico cilindrico PR-300NP	tipo cuadrado PZ
Alcance	5-10CM DIAMETRO 2cm	10 CM area 1 cm
Montaje	cilindrico	cuadrado
Voltaje	24vdc	24vdc

Por motivos del rango de alcance y montaje, se procedió a utilizar los dos tipos de sensores de presencia comparados. Que básicamente varían en estas características mencionadas, ya que su manera de operar es la misma.

Los sensores de presencia nos permitirán detectar cuando las botellas estén en la posición de empaque, y enviarán la señal al PLC para que este active el cilindro adecuado para su empaquetamiento.



**Figura 3.6.** Sensor de presencia PS-T1M

(hanyoung, 2012)

Como sus principales características tenemos:

**Tabla 3.7.** Características sensores tipo PS  
(hanyoung, 2012)

Appearance													
Type	Through beam			Retro reflection			Diffuse reflection			Convergent beam		Distance convergent beam	
Model	NPN type	PS-T1N	PS-T7N	PS-T10FN	PS-M2RN	PS-R7N	PS-R30N	PS-R40RN	PS-Z4N	PS-Z3FN	PS-D3RN	PS-D4RN	PS-D6RN
	PNP type	PS-T1P	PS-T7P	PS-T10FP	PS-M2RP	PS-R7P	PS-R30P	PS-R40RP	PS-Z4P	PS-Z3FP	PS-D3RP	PS-D4RP	PS-D6RP
Sensing distance	1 m, 7 m, 10 m			0.1 - 2 m			70 mm	300 mm	400 mm	1.40 m	3-30 m	10-80 m	10-40 m, 10-50 m
Detection object	φ6 mm			φ20 mm			White glossy paper 100-150 μm	White no-glossy paper 100-150 μm	White no-glossy paper 100-150 μm	White no-glossy paper 50-60 μm			
Power voltage	+12 - +24 V d.c. ±10 % (Ripple ±10 %)												
Current consumption	Tms	Max. 23 μA	Max. 20 μA	Max. 23 μA	Max. 23 μA	Max. 28 μA	Max. 23 μA	Max. 25 μA	Max. 23 μA	Max. 23 μA	Max. 23 μA	Max. 23 μA	Max. 30 μA
	Revr	Max. 20 μA	Max. 20 μA	Max. 20 μA									

Donde funciona con corriente continua, y tienes rango de detección amplia (hasta 1 metro). Para nuestro diseño debido a que la banda tiene un metro de longitud y nosotros necesitamos que el sensor de presencia empiece a detectar los últimos 200 mm deberemos regularlo.

El otro tipo de sensor de presencia que vamos a utilizar es:



**Figura 3.7.** Sensor de presencia PR-R300NP

(hanyoung, 2014)

Cuyas características de funcionamiento están expresadas en la siguiente tabla:

**Tabla 3.8.** Características del sensor de presencia PR-R300NP  
(hanyoung, 2005)

Sensing Method	Model	Sensing Distance	Applied Power Source	Operation Mode	Output
Diffuse Reflection	PR-R300NC	300 mm	12-24 V DC	Light ON Dark ON Selectable by Control Line	NPN voltage output
	PR-R300NP				
Retro Reflection	PR-M1NC	0.1 - 1 m			
	PR-M1NP				
	PR-M2NC	0.1 - 2 m			
	PR-M2NP				
Through-Beam	PR-T10NC	10 m			
	PR-T10NP				

Como podemos observar el rango de alcance es inferior al modelo PS de sensor, y esto es debido a que no necesitamos censar la botella a una distancia superior de 50 mm que es la distancia a la que pasan las botellas del sensor.



**Figura 3.8.** Sensor PR-R300NP, detectando la botella  
(Loaiza,2014)



**Figura 3.9.** Sensor PR-R300NP, cuando no hay botella  
(Loaiza,2014)

Las figuras 3.8 y 3.9 muestran pruebas preliminares.

### 3.1.5 ACTUADORES

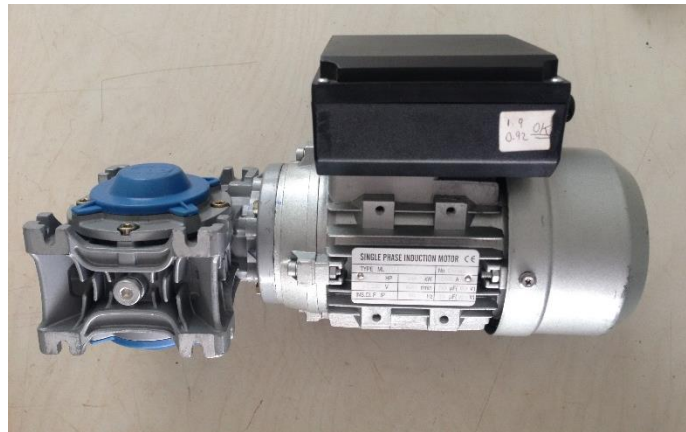
#### 3.1.5.1 MOTOR

**Tabla 3.9.** Comparación de motor ¼ vs 1/16 HP  
(Loaiza, 2014)

Características a comparar	Motor 1/4 HP	Motor 1/16 HP
Monofásico	si	si
Facil de encontrar	si	no
Ya adquirido	no	si
Mayor potencia en caso de aumentar peso	si	no

En este proyecto se usó un moto reductor monofásico de un dieciseisavo de hp, ya que se contaba con el mismo, y de esta manera se reducen costos, cumplirá específicamente con un solo trabajo, ser el encargado de dar movimiento a la banda transportadora.

Cuenta con 2 rodamientos en el eje para así evitar las vibraciones, su velocidad es de 1680 revoluciones por minuto sin el reductor de velocidad, El rango de funcionamiento es de 110-220 voltios en corriente alterna (AC).



**Figura 3.10.** Motor monofásico MOTIVE y caja reductora

(Loaiza, 2014)

**Tabla 3.10.** Especificaciones del Motor

(Loaiza, 2014)

TYPE ML 6324		No. 12100113
0,125 HP		3,12/1,56 A
110/220V	1680 r/min	60 Hz

**Características técnicas del motor:**

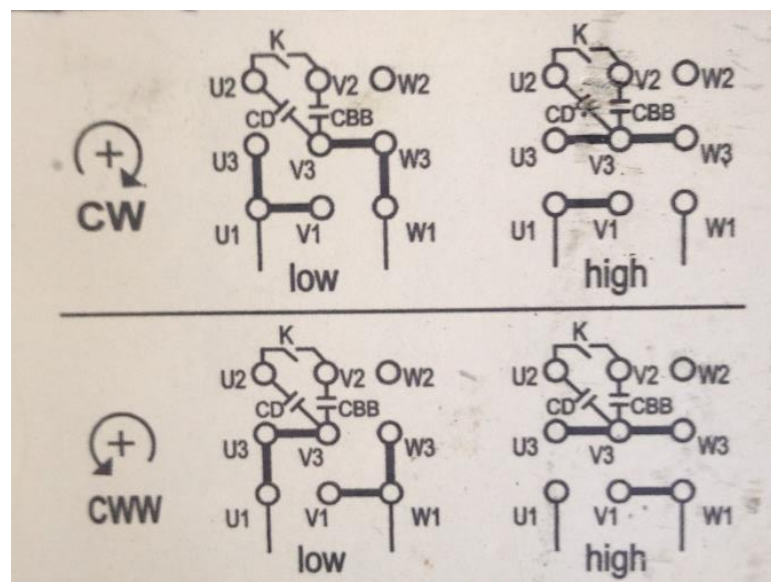
- La capa de pintura epoxy elimina los efectos negativos de la porosidad del aluminio y protege la carcasa de la oxidación.
- Las superficies apoyo están mecanizadas para obtener una perfecta planicidad durante el montaje
- A fin de mejorar el nivel de ruido, rendimiento y duración, el eje tornillo sinfín está fabricado en acero tratado, mientras que la corona está fabricada en aleación de bronce.

- El reductor se suministra con un kit completo de tapón de venteo, nivel y vaciado, permitiendo todas las disposiciones de montaje y facilitando la gestión del stock.
- La forma de la carcasa está diseñada para optimizar el drenaje del agua durante el lavado.
- La fabricación del motor es modular, por esta razón puede ser entregada por piezas para ser montada en cualquier tipo de motor reductor.
- No es necesario realizar un pre montaje de un piñón en el eje del motor.
- No se requiere ningún mantenimiento especial, el motor es entregado con un lubricante sintético.
- Este motor así como la amplia gama de motores de marca motive se pueden montar en cualquier posición sin necesidad de especificar un previo orden.

(BOX MOTIVE, 2013)

### 3.1.5.2 CONEXIÓN DEL MOTOR

El sentido del giro para el motor dependerá de la manera de conectarlo.



**Figura 3.11.** Muestra el diagrama de conexión del motoreductor:

(Loaiza, 2014)



### 3.1.5.3 PROTECCIONES



**Figura 3.12.** Breaker 1 polo a 1 A

(jaeceje, 2014)



**Figura 3.13.** Contactor 2 polo a 9A

(LSN, 2014)

La protección utilizada es un CIRCUIT-BREAKER 1P-1A, ya que la corriente nominal se aproxima a esta protección. Para la protección del motor un contactor trifásico de 9 A dejando una línea libre de conexión.

Para las electrovalculas se utiliza una protección de BREAKER 2A-1P

Como es un motor monofásico este eleva su corriente al arrancar pero estos BREAKERS que generalmente se utilizan para proteger los motores aplican.

#### 3.1.5.4 LUCES PILOTO



**Figura 3.14.** Luz piloto verde y roja

(TE, 2014)

La luz piloto de nuestro proceso usa dos indicadores uno de funcionando con normalidad verde, y el otro rojo de detenido.

Ambas funcionan con 24V DC.

#### 3.1.5.5 PULSADOR DE EMERGENCIA

Esta encargada de detener el proceso en el momento en que este se acciona, ya sea porque una botella se vira o una caja se trava, etc.

Con una longitud de la seta de 40 mm y su estado natural es de normalmente cerrado.

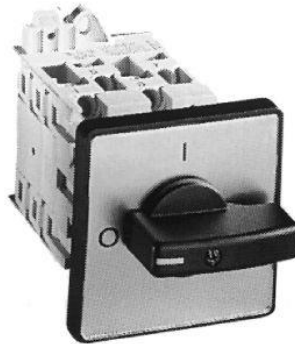


**Figura 3.15.** Pulsador de emergencia seta

(TE, 2014)

### 3.1.5.6 INTERRUPTOR DOS POSICIONES

Un interruptor a 24 V que enciende el PLC manualmente, posición apagado y encendido.



**Figura 3.16.** Interruptor de dos posiciones

(TE, 2014)

### 3.1.5.7 CILINDROS NEUMÁTICOS

**Tabla 3.11.** Comparación cilindros C14 C13  
(Loaiza, 2014)

Modelo	Diámetro(mm)	Longitud(mm)	Presion Max= $N/m^2$
C14	16	125	10
C13	16	100	10

Se selecciona los cilindros del tipo C14 de doble efecto para el empuje de empaquetamiento debido a su tamaño con respecto al ancho de la banda y lugar de empaquetamiento, ya que la medida requerida para poder empaquetar es de 125 mm justamente. Y de la misma manera la distancia de abastecimiento de cajas.

Para poder controlar de una manera adecuada el empaquetamiento se debe adquirir cilindros de doble efecto para poder regresar el vástago a su posición inicial para el siguiente movimiento.

Los cilindros neumáticos que se utilizaran para el caso son un total de 8.



**Figura 3.17.** Cilindro doble efecto C14

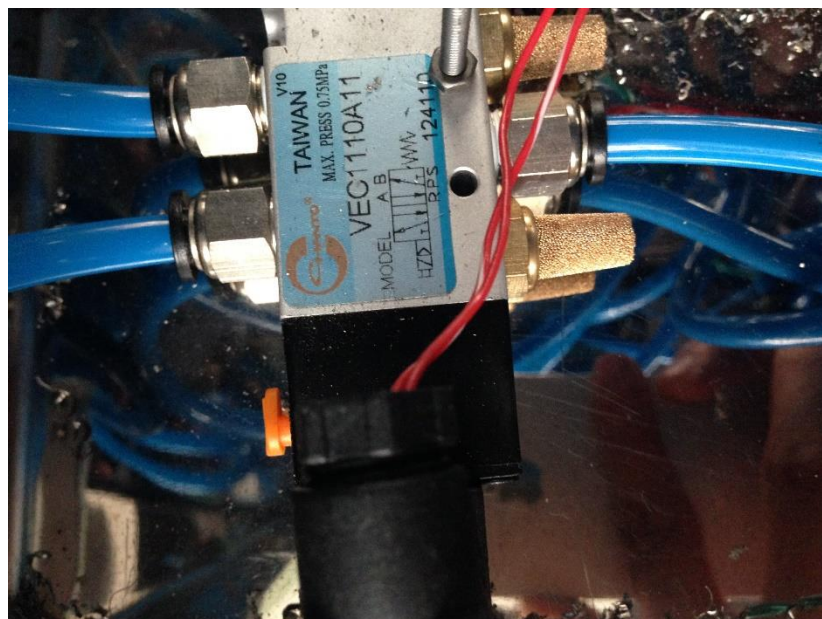
(Loaiza, 2014)

### 3.1.5.8 ELECTROVALVULAS

Las electroválvulas tienen la función de controlar el funcionamiento de los cilindros activándolos y desactivándolos dependiendo de la señal recibida del PLC.

Al tener 8 cilindros funcionando de manera independientes, se utilizaban la misma cantidad de electroválvulas.

La figura 3.18 muestra las electroválvulas a usarse del tipo 5 vías 2 posiciones con un solo solenoide con retorno por resorte, adecuadas para el tipo de cilindro y el trabajo requerido de control .



**Figura 3.18.** Electroválvulas VEC1110

(Loaiza, 2014)

Con su correspondiente simbología:








**Figura 3.19.** Simbología electroválvula VEC1110

(Chanto, 2013)

Seleccionando el tipo final de electroválvula A 11

**Tabla 3.12.** Según el voltaje A11

(Chanto, 2013)

VEC	1	1	1	0	A11	L	M2
Series	Model	Operation	Port size	Piping type	Standard of voltage	Electrical entry	Stations
	1 1000 2 2000 3 3000	1 5/2 single solenoid  2 5/2 double solenoid  3 5/3 closed center  4 5/3 exhaust center  5 5/3 pressure center 	1 G1/8" (For 1000) 2 G1/4" (For 2000) 3 G3/8" (For 3000)	0 Without manifold 1 With manifold	A11 AC110V 50/60Hz A22 AC220V 50/60Hz A24 AC24V D24 DC24V	Nil Standard connector DIN 43650 L Plug connector DIN 43650 with lamp S Plug connector DIN 43650 with lamp & surge suppressor	M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10

### 3.1.5.9 UNIDAD DE MANTENIMIENTO

La unidad de mantenimiento neumática es recomendable usarla debido a que, en las instalaciones neumáticas se presentan una serie de inconvenientes como:

Los compresores aspiran aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar esto, ni eliminar totalmente las partículas contenidas en el aire atmosférico del lugar donde esté situado el propio compresor.

La durabilidad y seguridad de funcionamiento de una Instalación neumática dependen en buena forma del acondicionamiento del aire:

- La suciedad del aire comprimido (óxidos, polvo, demás), las partículas líquidas contenidas en el aire, causan un gran deterioro en las instalaciones neumáticas y en todos sus componentes, provocando desgastes exagerados y prematuros en superficies deslizantes, ejes, vástagos, juntas, etc., reduciendo la duración de los distintos elementos de la instalación.
- Las conexiones y desconexiones del compresor o compresores, generan oscilaciones en la presión, que impiden un funcionamiento estable de la instalación, de los actuadores, etc.

La unidad de mantenimiento regula y soluciona todos estos inconvenientes que se pudiesen presentar.



**Figura 3.20.** Unidad de mantenimiento

(Loaiza, 2014)

### 3.1.5.10 COMPRESOR

La función del compresor básicamente es proveer de aire a presión, a todo el sistema neumático para que de esta manera se puedan accionar cada uno de los cilindros.

Las características del compresor están estipuladas en la siguiente imagen:



**Figura 3.21.** Compresor

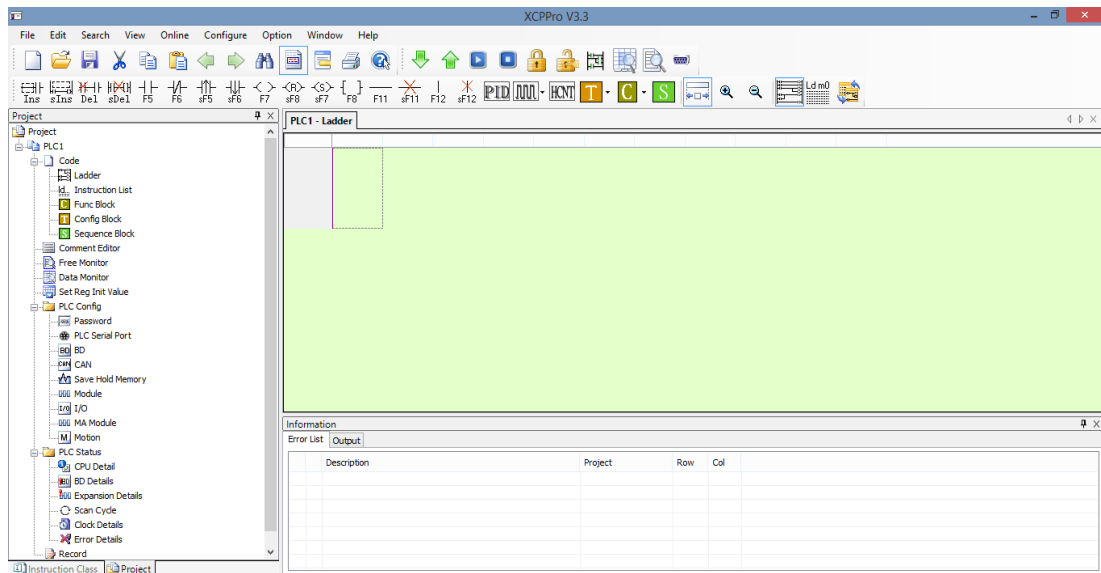
(Loaiza, 2014)

### 3.1.6 LOGICA DE PROGRAMACION

Los programas a utilizar para la programación y diseño del proyecto son:

#### 3.1.6.1 XCP PRO V3.3C

Para realizar la programación de un PLC Xinje en una computadora es necesario tener instalado el programa llamado XCP Pro. Debido a que es el software compatible con dicho PLC.



**Figura 3.22.** Presentación programa XCP PRO

(XCP PRO, 2013)

El cual se basaba en una programación del tipo ladder, escalera en español, a pesar de ser un programa extenso en comparación a la programación en bloques dependiendo del programador es más o menos complicado..

Se visualiza en la parte izquierda del programa las herramientas que se pueden aplicar en el software.

Mientras que en la parte superior vemos las marcas, contactos, timers, contadores, etc.

El programa es ejecutable por lo que no requiere instalación mayor y funciona en Windows a partir de XP.

Otra de sus características es que es de rápido aprendizaje, y de veloz programación.

Para funcionar adecuadamente al iniciar un nuevo proyecto se debe elegir también el tipo de PLC a programar.



**Title bar:** Behind the ECPPro , display the open ladder program file name and path.

**Menu bar:** Choose the operation to carry out in the drop-down menu.

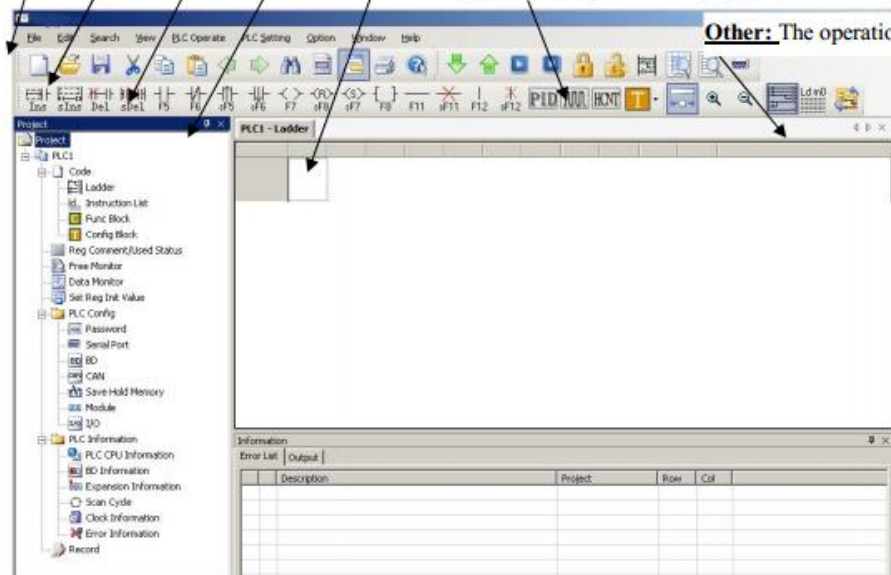
**Conventional Toolbar:** Display the icons of basic functions,such as copy, search.

**Ladder input bar:** When adding instruction symbol, select icon.

**Windows switch bar:** Switch windows

**PLC Toolbar :** Including upload, download, run, etc.

**Other:** The operation of ladder.



**Figura 3.23.** Guía básica de funciones de XCP xinje

(Manual de xinje, 2012)

En la figura 3.23 se puede observar la interfaz de xinje, con sus acciones básicas especificadas.

### 3.1.6.2 SOLID WORKS

Existen numerosos programas de diseño los cuales pueden presentar también variadas herramientas entre ellos podemos nombrar AUTO CAD, con una interfaz similar al Solid Works, pero se decidió usar Solid Works por mayor afinidad a la carrera en la universidad.

## **3.2 CALCULOS**

Apegado a lo que la metodología mecatrónica nos trasmite se procedió a hacer los cálculos de los diseños, que a continuación pasamos a presentar:

### **3.2.1 CALCULOS MECANICOS**

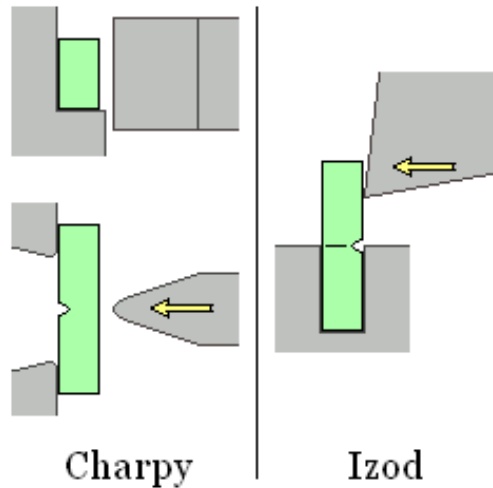
Se parte del hecho de que la banda transportadora tiene 1 metro de longitud y que vamos a empaquetar las botellas expulsando las botellas hacia los lados con la ayuda de cilindros neumáticos, estas botellas caerán a sus respectivas cajas hechas de cartón de acuerdo a su modelo.

Dicho esto se necesita determinar la distancia de caída que las botellas soportan para poder automatizar el proceso sin que la producción se vea afectada.

Para determinar la fuerza límite de impacto que las botellas podrán resistir y de esta manera proceder al diseño del proceso de la manera ideada, se procede a comprobar de la siguiente manera la resistencia de las mismas,

Existen pruebas de laboratorio para poder calcular la fuerza de impacto de manera rápida, pero en nuestro país este tipo de laboratorios no se encuentran a montones, por lo que en ocasiones son inaccesibles para el público en general y en otras ocasiones su costo por cada prueba resultan altos comparados con otros métodos que son viables también. Solo el valor de las probetas de cada tipo de vidrio de las botellas sale más costosos que utilizar las mismas botellas para averiguar la fuerza de ruptura.

La demostración se basó en utilizar el mismo fundamento que la prueba de laboratorio Charpy, que busca mediante el lanzamiento de un péndulo a determinada altura impacte con la probeta de un material x, posteriormente se visualiza si este péndulo fracciona o rompe por completo la probeta. De esta manera se obtiene las variables de altura velocidad de impacto tiempos y por ende fuerzas de impacto.



**Figura 3.24.** Ensayo de fuerza de impacto

(León, 2013)

Se lanzó las botellas de una determinada altura para saber a qué altura estas colapsan y de esta manera obtener el dato  $h$  para posteriormente calcular la fuerza de impacto máxima que las botellas tipo A,B,C pueden soportar.

Como superficie de impacto se tomó el mismo cartón del que están hechas las cajas por encima del acero inoxidable, ya que es el material del que está hecho la banda. Y se utilizó como tamaño de muestra 5 botellas de cada tipo.

#### PARTE 1:

En primera instancia se lanzó las botellas de la altura que estas van a caer al ser empujadas por el cilindro en el proceso:

La botella tipo A cayo 20cm quedando su estructura intacta

La botella tipo B cayo 20cm quedando su estructura intacta

La botella tipo C cayo 20cm quedando su estructura intacta

Nota: Se aseguró de esta manera que la botella al caer la distancia de empaquetamiento no sufriría daños.

#### PARTE 2:

En segunda instancia se procedió a hacer caer la botella tipo A ya empaquetada de una distancia 0.6 metros (de manera vertical) dando como resultado la botella y la caja intactas.

Nota: de esta manera se aseguró el correcto funcionamiento del proceso en su parte A al culminar la agrupación de las cajas.

Para los casos B,C las botellas se dejaron caer en sus respectivas cajas a una altura de 0.6 metros (de manera vertical) dando como resultado las cajas y botellas intactas.

Nota: de esta manera se aseguró el correcto funcionamiento del proceso en su parte B y C al culminar la agrupación de las cajas.

#### PARTE 3:

Una vez realizado esta parte del experimento con 5 botellas de cada tipo, se procedió a determinar la altura máxima en que las botellas se romperían para de esta manera poner un límite de seguridad y para futuros ajustes en la maquina empacadora.

Se lanzó las 5 botellas aumentando la altura cada 0.2 m hasta empezar a ver resultados, detallando a continuación alturas con novedades y la respuesta de las botellas:

Altura de 1 metro:

Botella A perfecto estado

Botella B en perfecto estado

Botella C en perfecto estado

Altura de 1.45 metros

**Botella A perfecto estado. Quedando esta altura como el límite de trabajo**

Botella B en perfecto estado

Botella C en perfecto estado

Altura de 1.5 metros

Botella A se fracciona en su base sin derrame de líquido.

Botella B en perfecto estado

Botella C en perfecto estado

Altura de 1.60 metros

**Botella B en perfecto estado, quedando como altura límite para el trabajo adecuado.**

Botella C en perfecto estado.

Altura de 1.65 metros

Botella B la botella se fracciona en su base sin derrame de líquido

**Botella C en perfecto estado, quedando como altura límite para el trabajo adecuado**

Altura de 1.70 metros

Botella C se fracciono en su base sin derrame de líquido.

Nota: se deja un margen de 5 cm de seguridad.

### **3.2.1.1 CALCULO DE FUERZA DE IMPACTO EN OBJETOS**

Una vez pesadas las botellas llenas de perfume se obtuvo los siguientes valores:

Botella A= 180 g = 0.18 Kg

Botella B= 320 g = 0.32 Kg

Botella C= 390 g = 0.39 Kg

La recopilación de datos del ensayo de caídas de botellas dejó:

#### **Altura de impacto máximo sin consecuencias**

Botella A ha = 1.45 m

Botella B hb= 1.60 m

Botella C hc= 1.70 m

### **3.2.1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD JUSTO ANTES DEL IMPACTO**

$$V_f = \sqrt{2gh} \quad [3.1]$$

### **3.2.1.3 ENERGIA CINETICA**

Con la que llega al impacto la botella se calcula:

$$K.E. = \frac{1}{2} mv^2 \quad [3.2]$$

### 3.2.1.4 FUERZA DE IMPACTO

$$F = \frac{K.E}{D} \quad [3.3]$$

Dándo como resultado:

**Tabla 3.13.** Fuerzas de impacto máximas de botellas.  
(Loaiza, 2014)

Botella	Vf (m/s)	K.E. (J)	F (N)
A	5.33	2.56	1.76
B	5.6	5.01	3.13
C	5.77	6.49	3.81

Esta es la fuerza máxima de impacto que soporta cada botella antes de fracturarse.

### 3.2.2 CALCULO DE IMPACTO DE LOS CILINDROS Y PARTE NEUMATICA

Como aspectos iniciales a tomar en cuenta se debe saber que se cuenta con:

- Un compresor
- Banda = 1 metro de largo

Ahora se ha calculado anteriormente la fuerza de impacto máxima que las botellas pueden soportar antes de fracturarse, se puede calcular con esto la presión requerida en los cilindros para no llegar a romperlas.

$$F_{avance} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40} \quad [3.4]$$

$$P_{aire} = \frac{40 * F_{avance}}{\pi * D^2} \quad [3.5]$$

Diámetro del cilindro MCR16x125 es de  $D = 16 \text{ mm}$

La fuerza de fricción del pistón debido a su movimiento equivale entre el 3 y 10% de la fuerza calculada.

Para el proyecto se utiliza el 3% de fuerza de fricción

Se ve que Favance con la Presión de aire son directamente proporcionales, dando como resultados de presión máxima:

**Tabla 3.14.** Presión de aire máxima en los cilindros  
(Loaiza, 2014)

Tipo de botella	F máxima (N)	F Fricción (N)	Paire máxima (Bar= 1kN/m <sup>2</sup> )
A	1.76	NA	NA
B	3.13	3.04	0.15
C	3.81	3.7	0.18



### 3.2.2.1 CALCULO DEL CONSUMO DE AIRE

El compresor con el que se cuenta tiene un almacenamiento de aire de 24 litros en su tanque, y se utilizara para mover un total de 8 cilindros

Volumen del cilindro:

$$V = \pi r^2 l \quad [3.6]$$

$$V = \pi * 8^2 * 125$$

$$V = 25132,74 \text{ mm}^3 = 25,133 \text{ cm}^3$$

Ahora que se tiene el volumen se puede proceder a calcular el consumo de aire:

$$V = \frac{R}{I} \quad [3.7]$$

$$Q = \frac{0.987 + P \text{ aire}}{0.987} * V * n \quad [3.8]$$

$$Q = \frac{0.987 + 0.12}{0.987} * 25,13 * 1$$

$$Q = 28.19 \frac{cm^3}{min}$$

Al ser cilindros doble efecto el consumo de aire se debe multiplicar por 2:

$$Q_{doble\ efecto} = 28.19 * 2 = 56.38 \frac{cm^3}{min} = 0.056l \quad [3.9]$$

Se usa un total de 8 cilindros:

$$Q_{final} = 0.056 * 8$$

$$Q_{final} = 0.448 l$$

Este es el consumo de aire por cada vez que un cilindro se activa.

### 3.2.2.2 VELOCIDAD DEL CILINDRO

La velocidad del cilindro es regulable y varía dependiendo en un rango de 0,1m/s a 1,5 m/s, en los que se encuentran con facilidad en el mercado.

Se debe tener en cuenta que la velocidad de los cilindros solo afecta a los dos cilindros de empuje de las botellas hacia las cajas ya que desde el momento en que la fibra óptica detecta la botella hasta que esta impacta con el cilindro hay cortas distancias para evitar que alguna persona quite la botella una vez iniciada la detección.

#### 3.2.2.2.1 ESTIMADO DE REGULACIÓN

Velocidad de la botella= 5.8 cm/s

Distancia entre detectores de fibra óptica y primer sensor de presencia = 4 cm

Distancia entre detectores de fibra óptica y segundo sensor de presencia = 8 cm

Distancia del cilindro al punto de impacto = 3.7 cm

Punto A = fibra óptica

Punto B = sensor de presencia 1

Punto C = sensor de presencia 2

$$v = \frac{d}{t} \quad [3.10]$$

Se calcula el tiempo en que la botella llega al punto B (sensor 1) desde el punto A:

$$t_{ab} = \frac{d}{v} \quad [3.11]$$

$$t_{ab} = \frac{4}{5.8}$$

$$t_{ab} = 0.69 \text{ s}$$

Este tiempo es el que debería tener el cilindro en su recorrido para que exista impacto

**Calculo de velocidad de impacto:**

$$d = v_o * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \quad [3.12]$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} \quad [3.13]$$

Si se reemplaza ecuación 13 en 12, teniendo en cuenta que  $t_f = t$ , y se toma los valores de  $V_i = 0$  y  $t_i = 0$ , :

$$d = \frac{1}{2} * \frac{V_f}{t} * t^2 \quad [3.14]$$

Despejando  $V_f$ :

$$V_f = \frac{2 * d}{t} \quad [3.15]$$

$$V_f = \frac{2 * 3.7}{0.69}$$

$$V_f = 10.72 \frac{cm}{s} = 0.11 \frac{m}{s}$$

Esta dentro del rango de regulación.

### **3.2.3 CÁLCULOS ELECTRÓNICOS**

Se debe considerar que un PLC será el encargado de recibir las señales de los sensores y accionar las salidas dependiendo de la necesidad.

Teniendo en cuenta que la producción al ser una empresa pequeña varia de acorde al año se estimara que se producirán lotes de 10 botellas pero se debe tener en cuenta que, de acuerdo al diseño mecánico, si un compartimento de clasificado se llena con 3 botellas del mismo tipo ya empaquetadas y clasificadas (sea el A, B o C) este se detendrá hasta que el operador vacié dicho compartimento y continúe así la producción.

Dicho esto se dice que cada botella se empaquetaba desde que está situada en el inicio de la banda hasta que queda debidamente empaquetada y clasificada en un rango de tiempo de 17 segundos a 17.5 segundos. Para que la producción final sin interrupciones llegue a menos de 3 minutos.

$$Produccion_{final} = 17.3 * 10 = 173 \text{ segundos} \quad [3.16]$$

$$Produccion_{final} = 2 \text{ minutos } 53 \text{ segundos}$$

### **3.2.3.1 CALCULO DEL MOTOR**

Al ser una pequeña empresa la tarifa eléctrica contratada es la residencial con la cual opera con normalidad.

Es conveniente adaptarse a las condiciones de la empresa e instalar el motor monofásico a 110 V AC, se seleccionara el motor de acuerdo al criterio de los hp que este posea.

Se procede a calcular la fuerza que genera la masa de la banda más las botellas:

$$F_{banda} = F_{botellas} + F_{extremo1} + F_{extremo2} \quad [3.17]$$

La velocidad requerida de la banda es:

$$V_{banda} = \frac{d}{t_{producción}} \quad [3.18]$$

$$V_{banda} = \frac{1m}{17.3 \text{ seg}}$$

$$V_{banda} = 0.06 \text{ m/s}$$

La aceleración de la banda es:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d} \quad [3.19]$$

$$a = \frac{0.06^2 - 0^2}{2}$$

$$a = 0.02 \text{ m/s}^2$$

Fuerza de las botellas:

$$F_{botellas} = m a \quad [3.20]$$

$$F_{botellas} = 5kg * 0.02 \text{ m/s}^2$$

$$F_{botellas} = 0.1 N$$

Fuerza en extremo1 de la banda.

$$F_{extremo1} = \mu N + m * a \quad [3.21]$$

$$F_{extremo1} = 0.4 * 56.42 \text{ Kg} * 10 \text{ m/s}^2 + 56.42 \text{ Kg} * 0.02 \text{ m/s}^2$$

$$F_{extremo1} = 226.81 \text{ N}$$

Fuerza en extremo1 de la banda.

$$F_{extremo2} = \mu N + m * a \quad [3.22]$$

$$F_{extremo2} = 0.4 * 36.41 \text{ Kg} * 10 \text{ m/s}^2 + 36.41 \text{ Kg} * 0.02 \text{ m/s}^2$$

$$F_{extremo2} = 146.41 \text{ N}$$

Reemplazando en 3.17

$$F_{banda} = 373.33 \text{ N}$$

**Para calcular la potencia que la banda genera debemos tener en cuenta que:**

$$P = \frac{W}{t} \quad [3.23]$$

Se sabe que el trabajo es fuerza por distancia:

$$P = \frac{F * d}{t} \quad [3.24]$$

Entonces se tiene que:

$$V = \frac{d}{t} \quad [3.25]$$

Se reemplaza en 3.26

$$P = F * V \quad [3.26]$$

Reemplazando los resultados de la ecuación 3.17 y 3.18 en 3.26:

$$P = 22.4 \text{ Watt}$$

A la hora de seleccionar un motor se debe tener en cuenta el factor de seguridad de carga:

$$P_{final} = 22.4 * 1.25 \quad [3.27]$$

$$P_{final} = 28 \text{ Watt}$$

Se utiliza un motoreductor el cual obtiene la potencia final de salida de la potencia del motor dividido por su eficiencia.

$$P_{finalsalida} = \frac{P_{final}}{e} \quad [3.28]$$

$$P_{finalsalida} = \frac{28W}{0.7}$$

$$P_{finalsalida} = 40 \text{ W}$$

Como se observa el motor cumple con la potencia requerida para operar el sistema ya que es de 1/16HP= 46W.

### 3.2.3.2 CALCULO DE PROTECCIONES

La corriente nominal I nominal del motor para motores monofásicos:

$$P = V * I * n \quad [3.29]$$



$$I = \frac{P}{V * n} \quad [3.30]$$

$$I = \frac{40}{110 * 0.7}$$

Donde

n es la eficiencia del motor en este caso 0.7

$$I = 0.49 A$$

Multiplicado por la corriente de arranque

$$I = 0.49 A * 2$$

$$I = 0.98 A$$

En el mercado se encuentra breakers de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y de 4 A por lo que se elige el de 1A para usar.

Cuando el motor arranca la corriente se eleva aproximadamente 2 veces el valor de la corriente nominal. Por lo que lo se protege con un contactor de 9A trifásico dejando 1 fase sin conectar.

### 3.2.3.3 CALCULO DEL MOTO-REDUCTOR

El moto-reductor permitirá acceder a la velocidad de salida adecuada en la banda.

Diámetro del rodillo actuador = 2 cm

Velocidad lineal de la banda = 5.8 cm/s

$$\omega = \frac{V}{r} \quad [3.31]$$

$$\omega = \frac{5.8 \text{ cm/s}}{2 \text{ cm}}$$

$$\omega = 2.9 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60 \text{seg}}{1 \text{min}} * \frac{1 \text{rev}}{2\pi \text{rad}} = 28 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Que es precisamente la cantidad de revoluciones finales que el motoreductor termina proporcionándonos.

## **4. ANALISIS DE RESULTADOS**

El resultado final que se obtuvo se visualiza a continuación conlleva: los diseños realizados para poder realizar el armado final del sistema de una manera más óptima, tanto de los elementos electrónicos, físicos y de control seleccionados en el capítulo anterior. También se “cargo” los programas de control del sistema tanto al plc como a la op.

Al finalizar este proceso se obtuvo una maquina clasificadora y empaquetadora de tres tipos de botellas de perfumes con una medida de 1 metro de largo, 1 metro de ancho y una altura de 0,9 metros. Para lo cual se utilizaron los siguientes materiales:

**Tabla 4.1. Materiales usados.**

Cant	Descripción	Punitario	Ptotal
1	ESTRUCTURA METALICA	1170	1170
1	PLC XC3-14RT	234	234
1	PANEL OPERADOR OP-320	270	270
1	CABLE PLC-PC SERIAL	40,5	40,5
8	CILINDROS 16X125 DOBLE EFECTO	95	760
8	ELECTROVALVULA 5/2, ROSCA MACHO 110V	90	720
8	BANYOT 6mm	12	96
1	MOTORREDUCTOR 1/8 MONOFASICO 30RPM	315.81	315,81
1	BREAKER 1P-1A	10.8	10,8
1	BASE PORTAFUSIBLE 1A	5.4	5,4
3	SENSOR FOTOELECTRICO	99	297
2	SENSOR FIBRA OPTICA	162	324
1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	91.8	91,8
1	ACCESORIOS NEUMATICOS	180	180
1	GABINETE METALICO 30x30x16	45	45
2	LUZ PILOTO VERDE Y ROJA	8.96	17,93
1	PULSADOR DE EMERGENCIA	22.5	22,5
1	SELECTOR 2 POSICIONES	18	18
1	MANO DE OBRA	400	400
1	MATERIAL MENUDO Y VARIOS	200	180
		Subtotal	4694
		I.V.A	563.28
		Total	5257.28

## 4.1 DISEÑO DEL SISTEMA

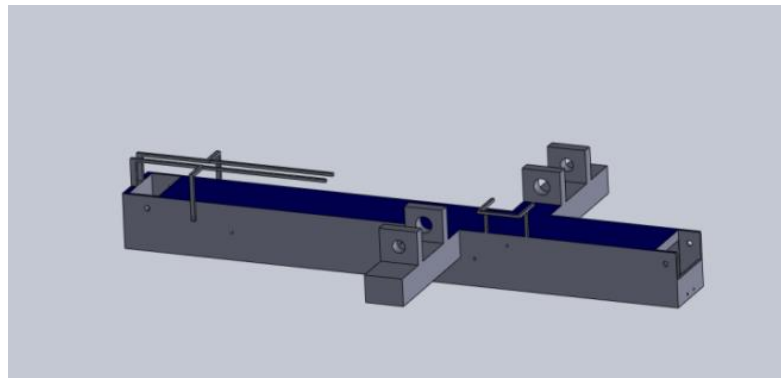
El diseño del sistema está sujeto a los diseños a los cálculos realizados, así como también sujeto a los requerimientos, cabe recalcar que cada parte del diseño se sujeta a los valores anteriormente expuestos.

## 4.2 DISEÑO MECANICO

Para la construcción del prototipo primero se procede a diseñar sus partes en el programa Solid Works.

### 4.2.1 BANDA TRANSPORTADORA.

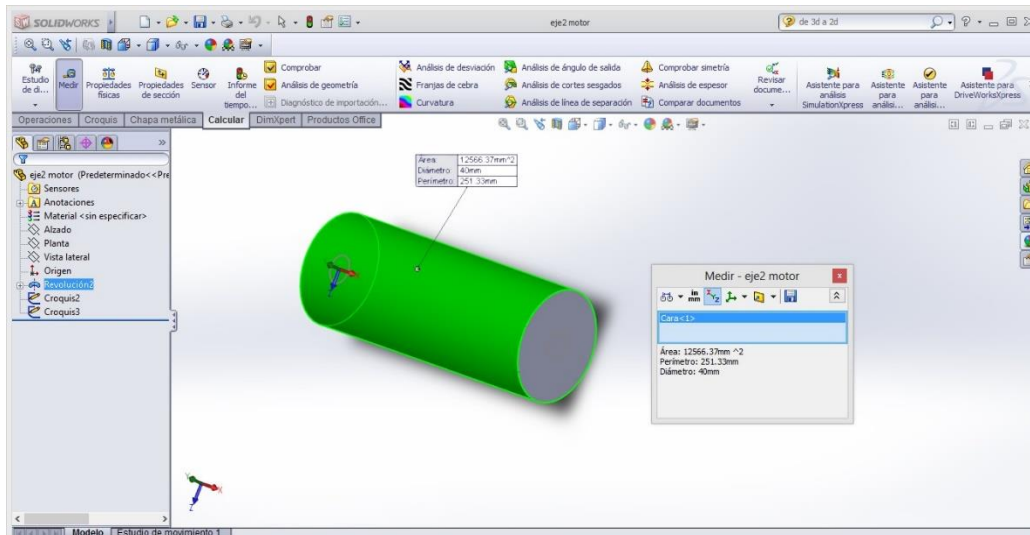
La función principal de la banda transportadora en este sistema es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga.



**Figura 4.1.** Banda transportadora  
(Loaiza, 2014)

### 4.2.2 LOS RODILLOS

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma.



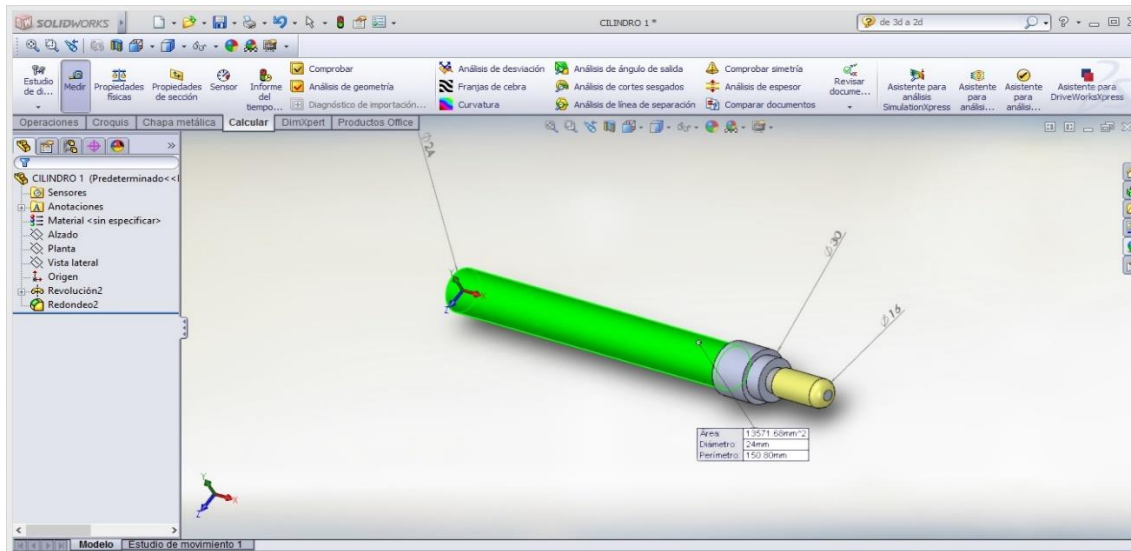
**Figura 4.2. Rodillos**  
(Loaiza, 2014)

Las funciones a cumplir son principalmente estas:

- Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior; los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.
- Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a decentarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra en parte mediante la adecuada disposición de los rodillos.

### 4.2.3 CILINDRO

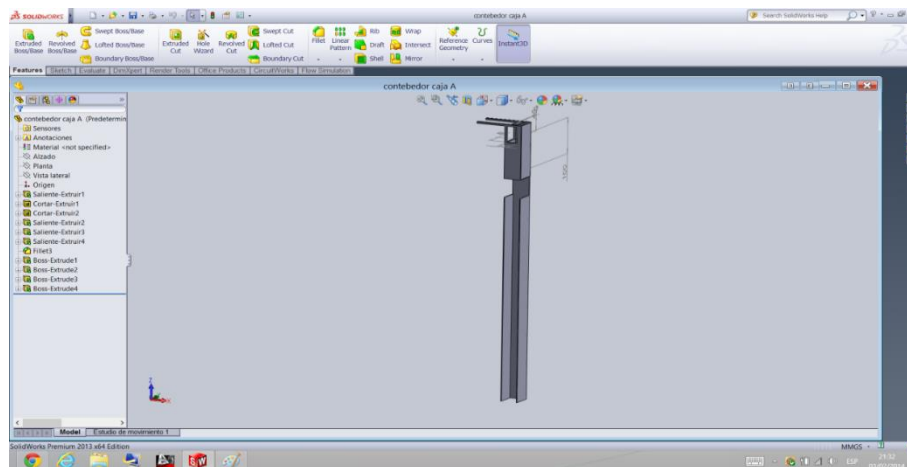
La función de los cilindros será empujar los objetos sean botellas cajas, o compuerta final.



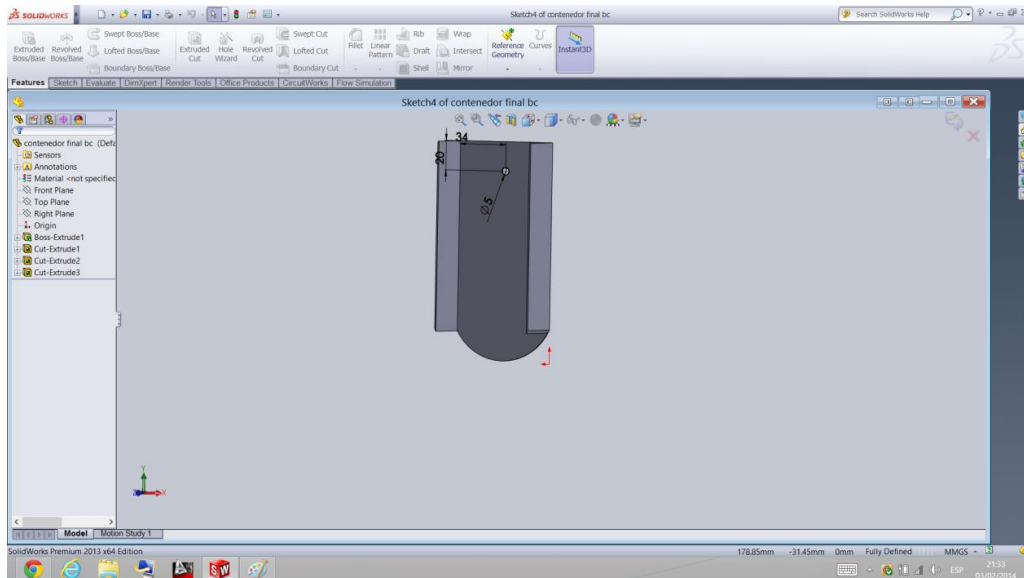
**Figura 4.3. Cilindros**  
(Loaiza, 2014)

#### 4.2.4 GUIAS DE EMPAQUETAMIENTO

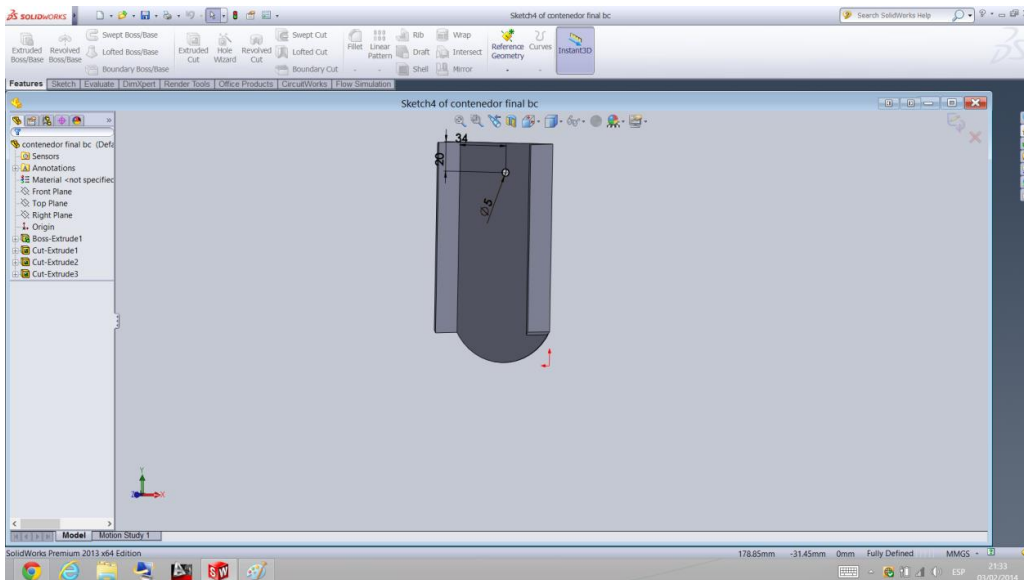
Las guías de empaquetamiento como su nombre lo indica son las que van a contener las cajas y sus respectivos perfumes. Por el proceso de selección que se da en esta banda transportadora tenemos 3 contenedores (A, B, C).



**Figura 4.4. Guía y contenedor caja A**  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.5.** Guía caja B  
(Loaiza, 2014)

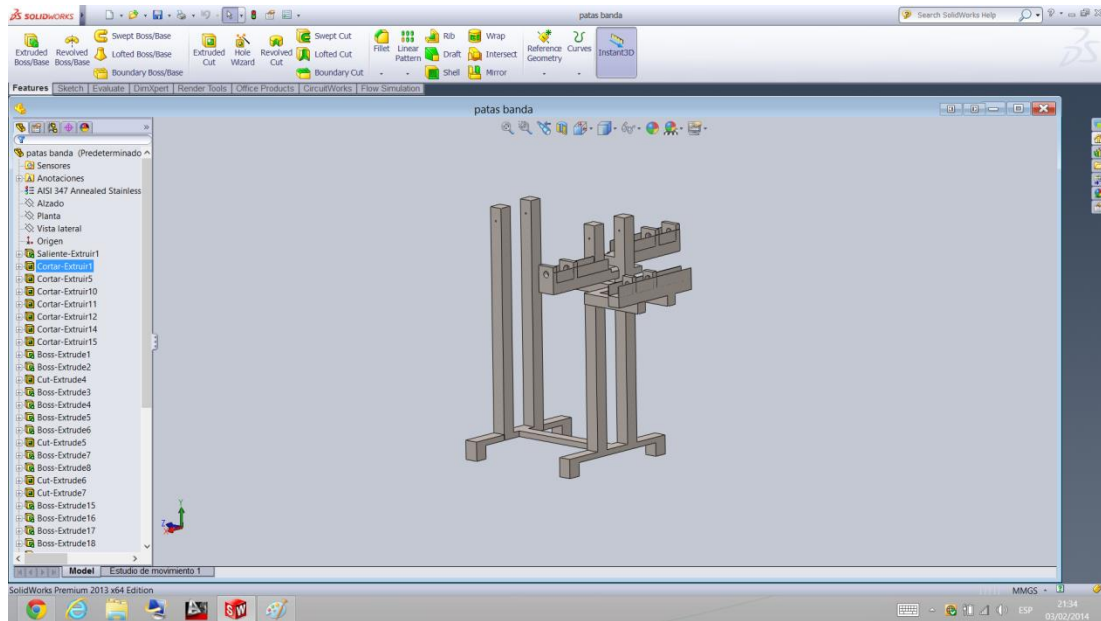


**Figura 4.6.** Guía caja C  
(Loaiza, 2014)

#### 4.2.5 PATAS

Proporciona una base estable para que todo el proceso se realice sin riesgo alguno.

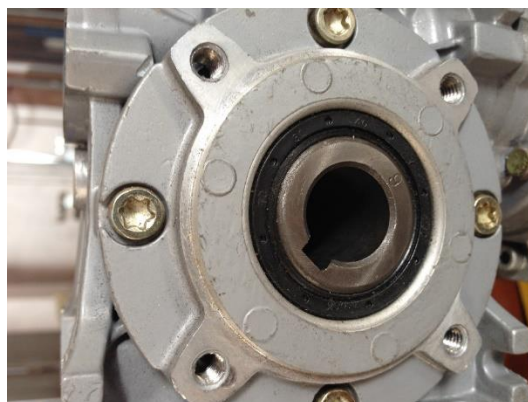




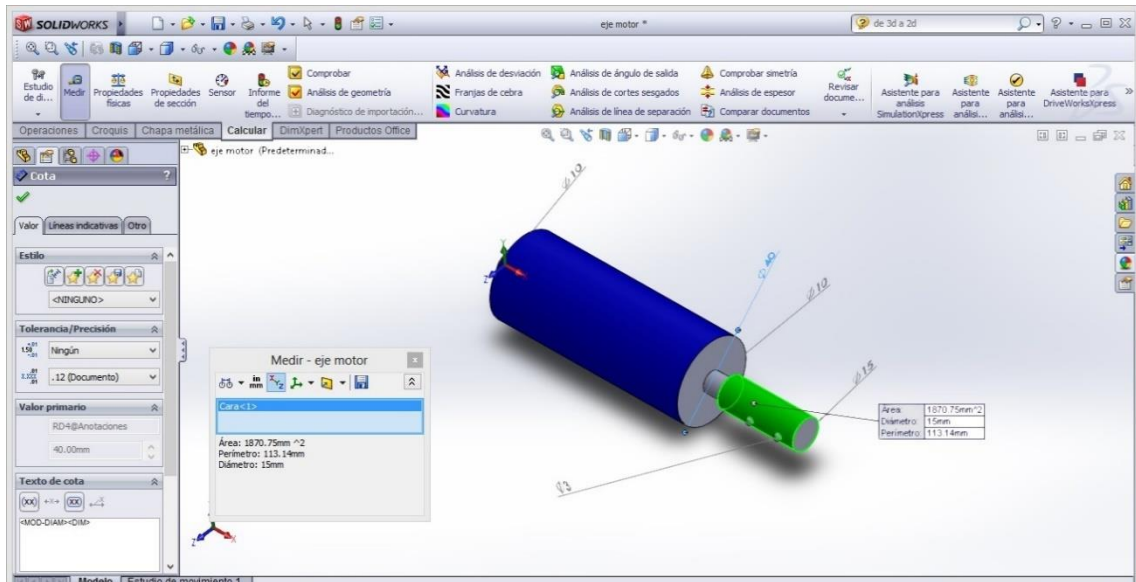
**Figura 4.7.** Patas de la banda  
(Loaiza, 2014)

#### 4.2.6 EJE MOTOR

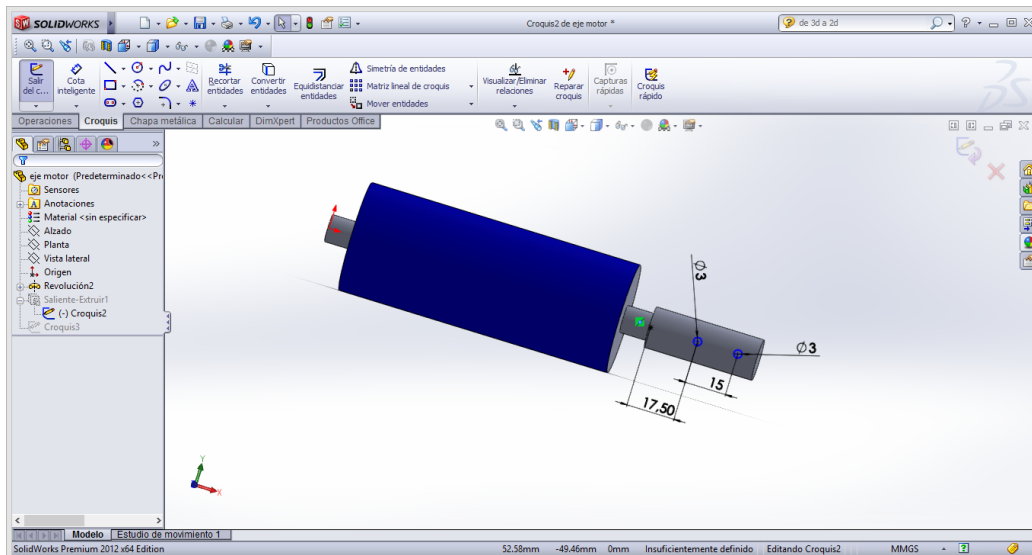
El eje transfiere el trabajo del motor hacia la cinta aportándole tracción, así la banda transportadora se mantiene en movimiento llevando las botellas de perfume a su destino. Diseñado a partir de la figura 4.8



**Figura 4.8.** Eje  
(Loaiza, 2014)



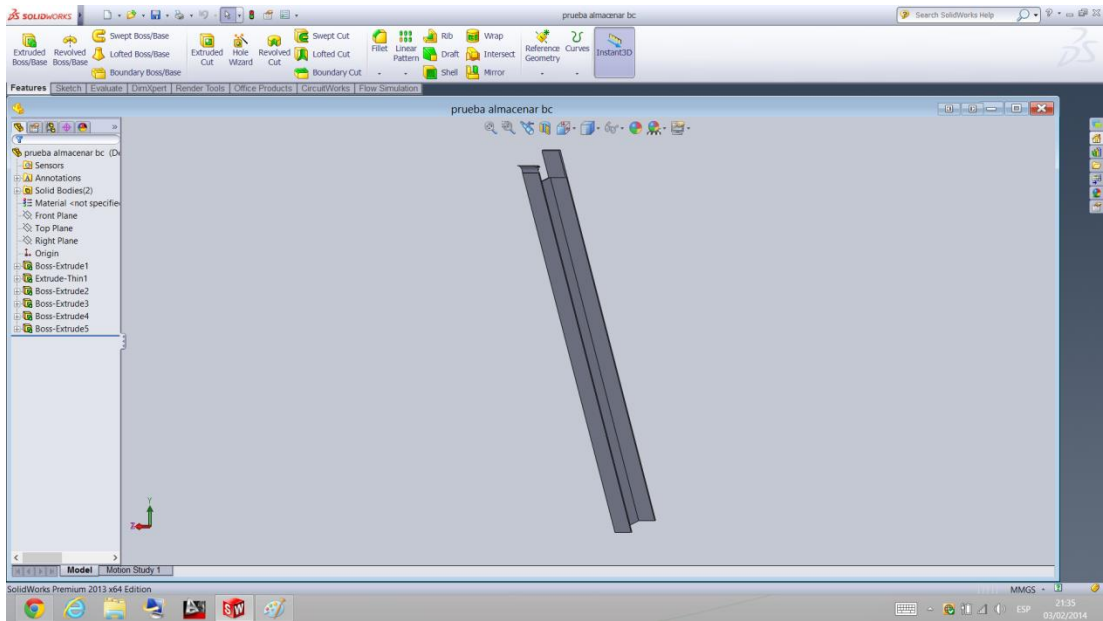
**Figura 4.9.** Diseño eje del motor  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.10.** Diseño eje motor vista 2  
(Loaiza, 2014)

## 4.2.7 RAMPAS

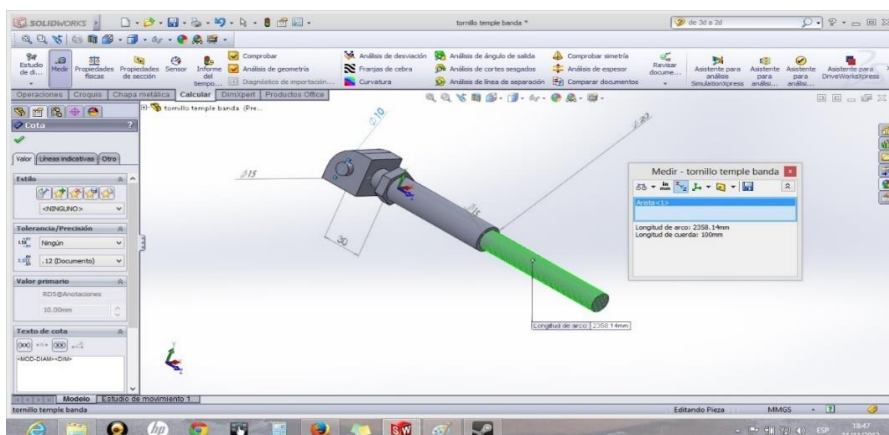
Las rampas permiten que sea más ágil el despacho después de haberse realizado el proceso de empaçado.



**Figura 4.11.** Rampas de despacho  
(Loaiza, 2014)

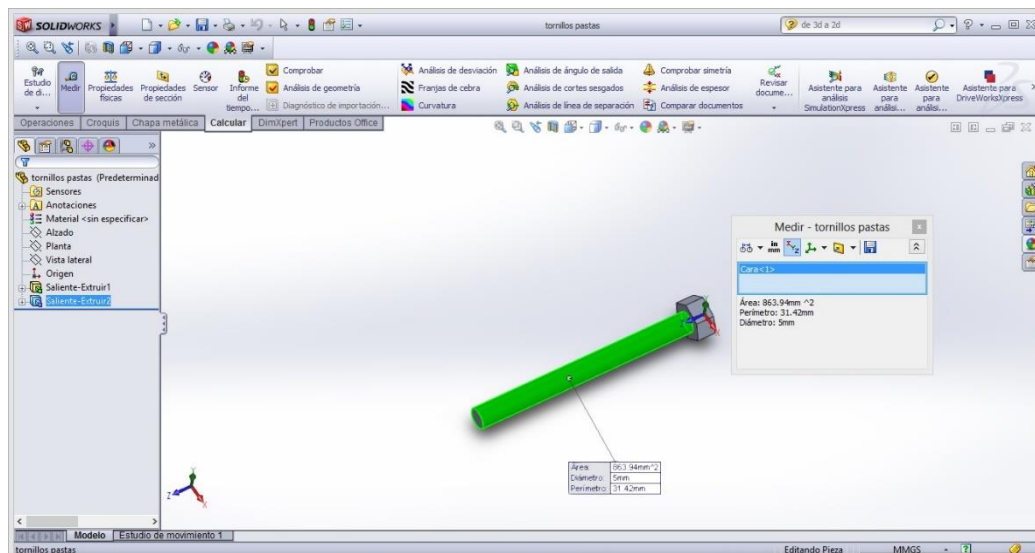
#### 4.2.8 TORNILLO TENSIONADOR

Si la banda transportadora se descentra hacia cualquier lado, se procede a ajustar los tornillos tensores hasta que vuelvan a su posición original y se encuentren totalmente alineadas.



**Figura 4.12.** Tornillo tensionador  
(Loaiza, 2014)

## 4.2.9 TORNILLO PASTAS

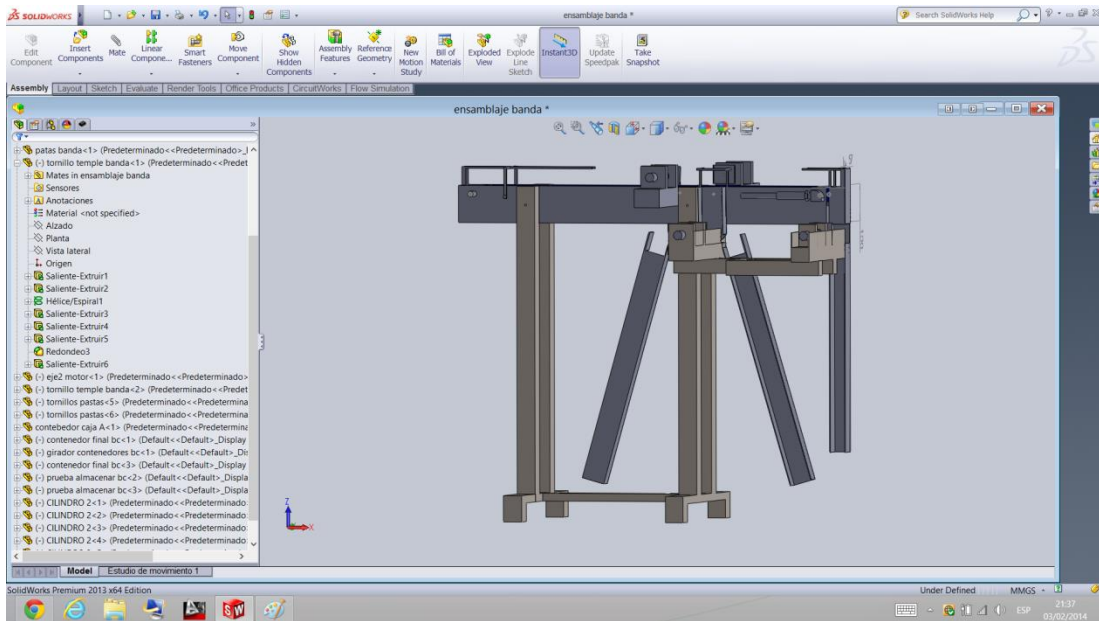


**Figura 4.13.** Tornillo de pastas  
(Loaiza, 2014)

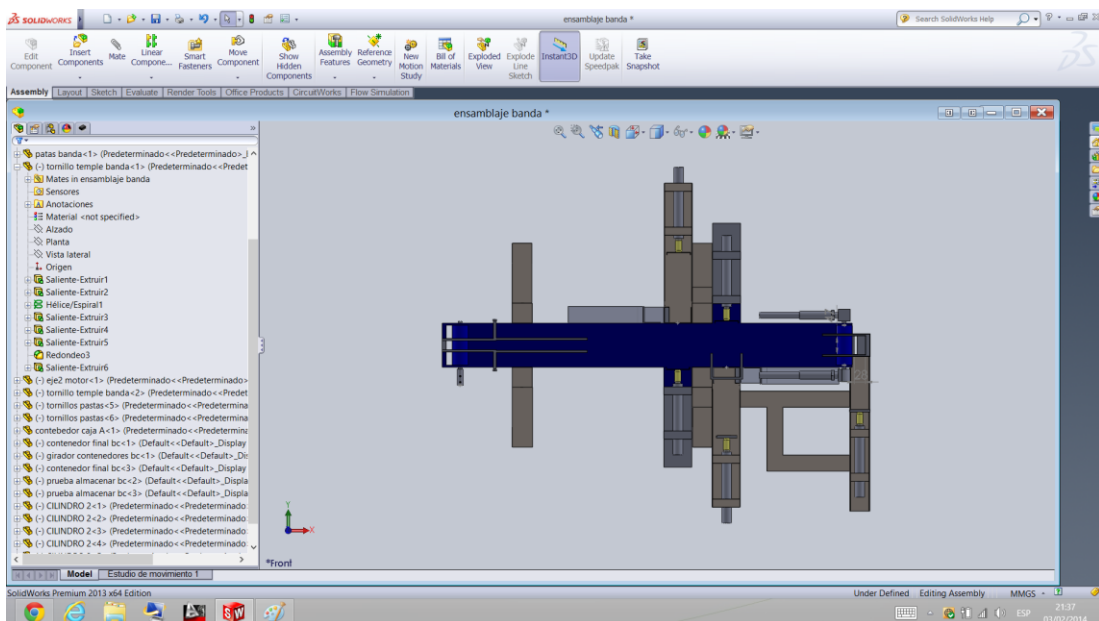
## 4.2.10 ENSAMBLAJE FINAL

Esta estructura mecánica permite movilizar la botella de cristal de una estación a otra mediante una banda de PVC, 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 el eje del motor que permitirá que la banda se mueva.



**Figura 4.14.** Ensamblaje final  
(Loaiza, 2014)

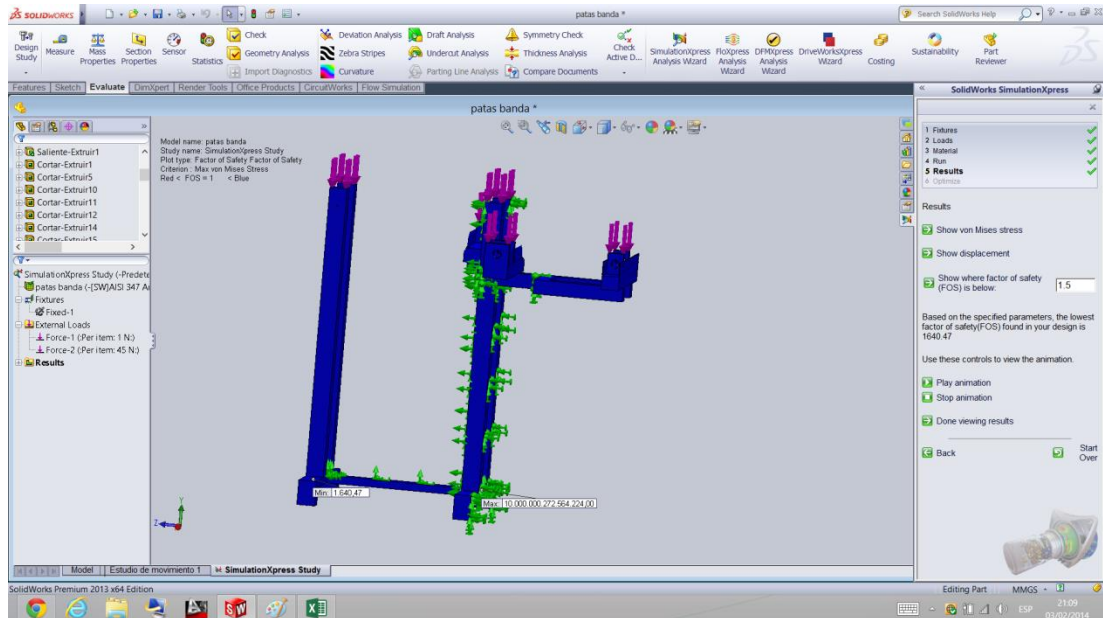


**Figura 4.15.** Ensamblaje final  
(Loaiza, 2014)

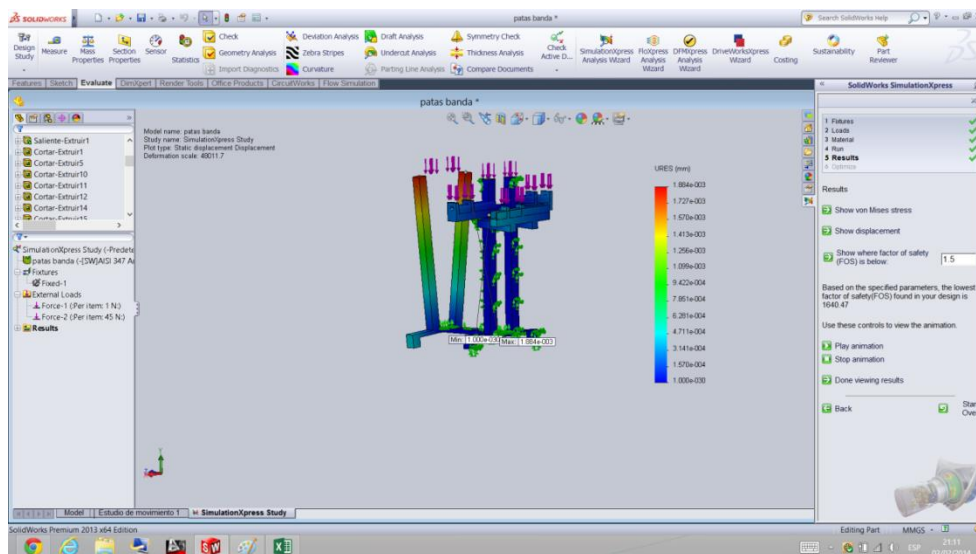
#### 4.2.11 ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA

Como se puede observar en las figuras a continuación los esfuerzos de deformación para la estructura son a una escala muy grande y la parte más

afectada en la simulación serán las patas delanteras en las cuales se puede encontrar una deformación mayor, a pesar de ser una deformación en color rojo, que indica la mayor deformación en el diseño esta es insignificante debido ya que su magnitud es pequeña.



**Figura 4.16.** Estructura sometida a esfuerzos  
(Loaiza, 2014)

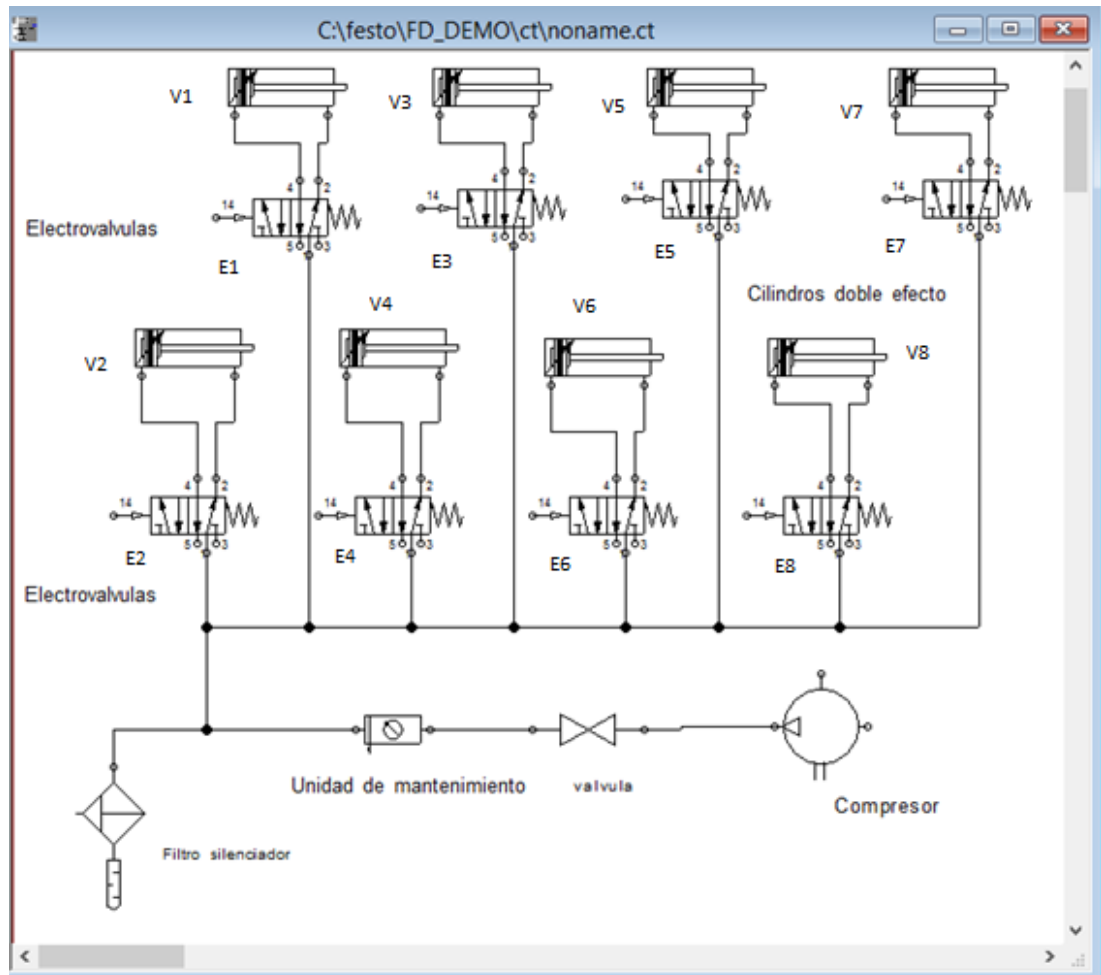


**Figura 4.17.** Esfuerzos deformación finales  
(Loaiza, 2014)



### 4.3 DISEÑO NEUMÁTICO

El diseño neumático a partir del cual se podrá construir el circuito neumático real. Este diseño se realizó de acuerdo a lo estipulado en los cálculos.



**Figura 4.18.** Diseño neumático  
(Loaiza, 2014)

### 4.4 DISEÑO CIRCUITO ELECTRICO

A partir del cual se podrá construir el circuito eléctrico real. Este diseño se realizó de acuerdo a lo estipulado en los cálculos.

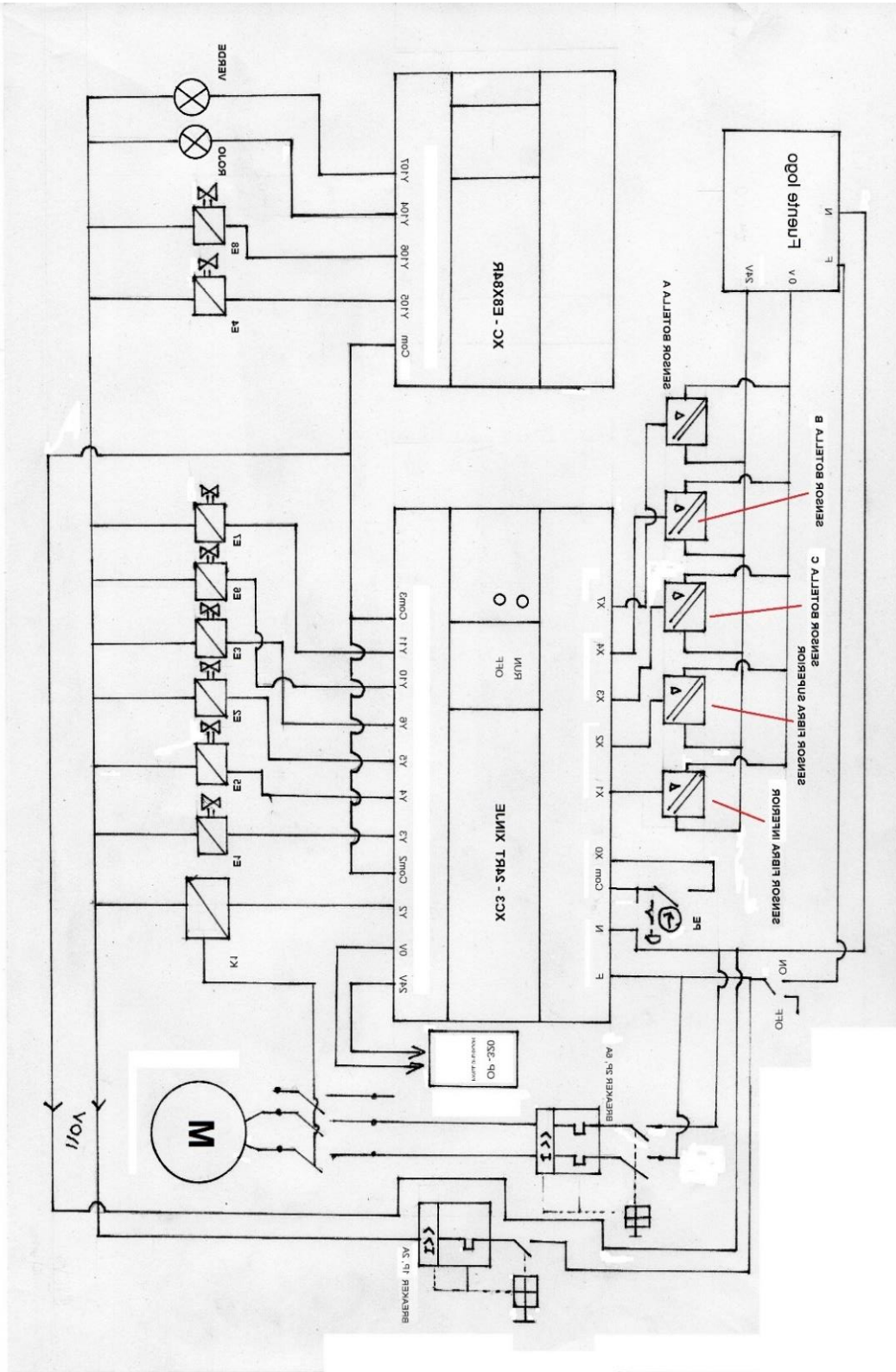
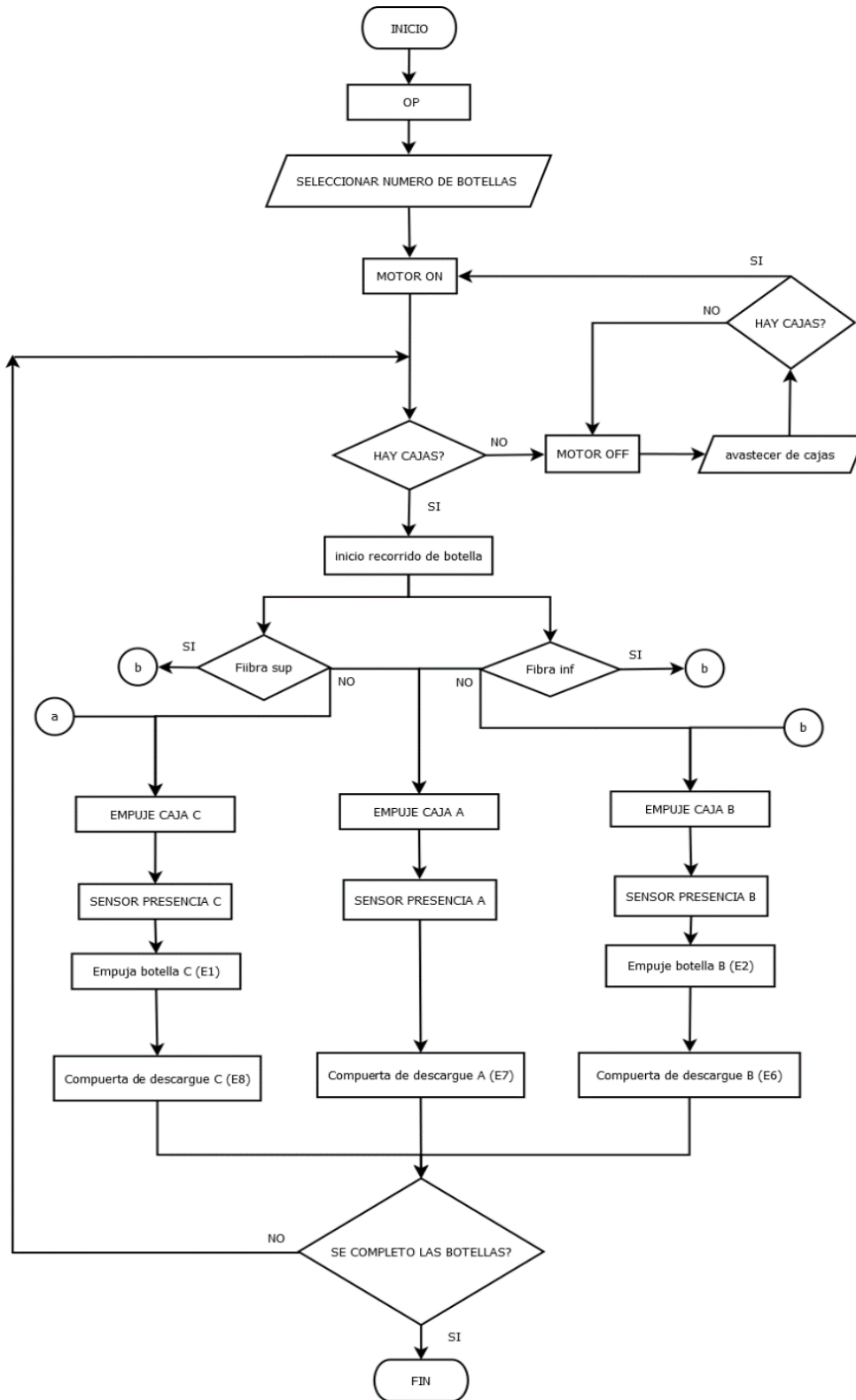


Figura 4.19. Diseño circuito eléctrico  
(Loaiza, 2014)



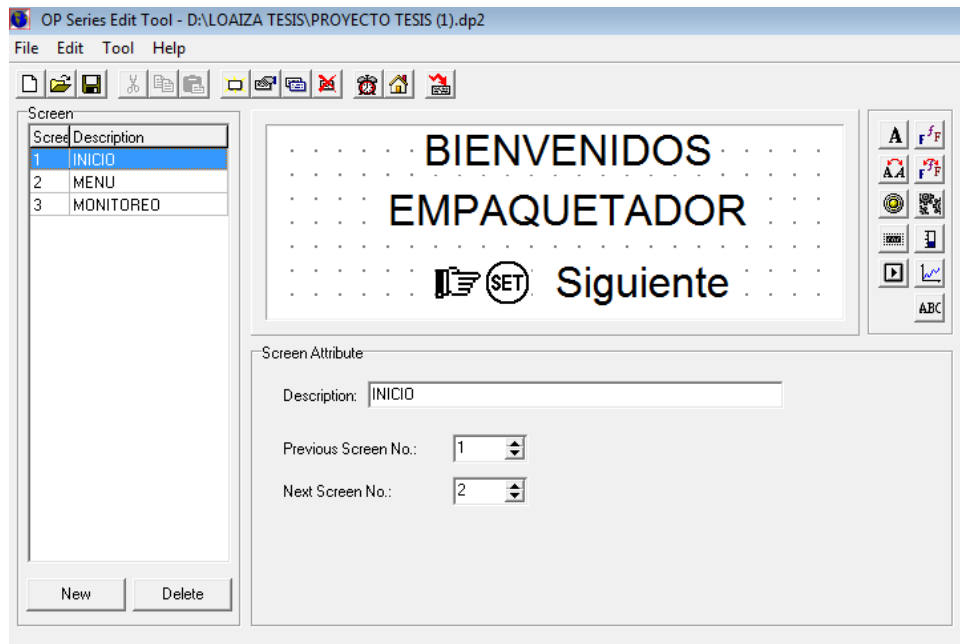
## 4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA EL PLC



**Figura 4.20.** Diagrama de flujo  
(Loaiza, 2014)

## 4.6 PROGRAMACIÓN DE LA OP

Programa controlador del panel operacional se procede a:



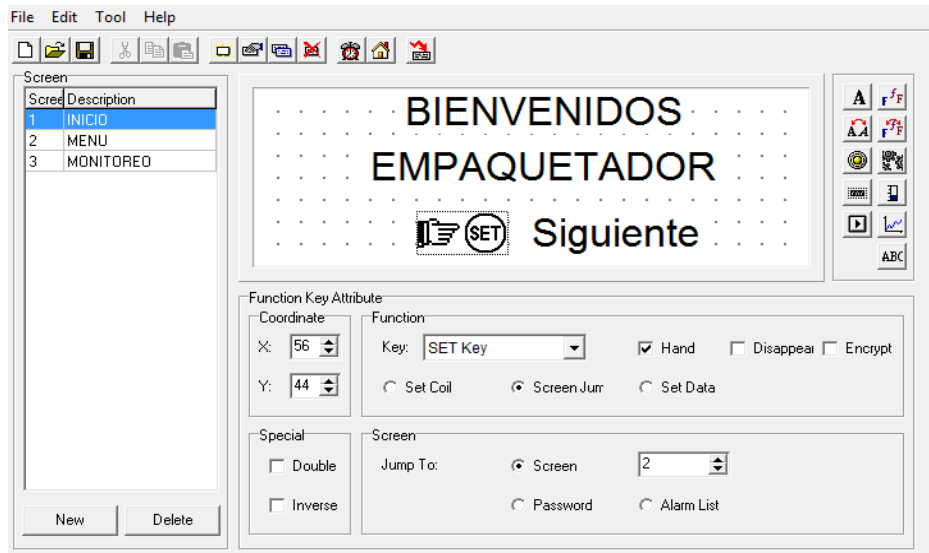
**Figura 4.21.** Ventanas del programa op.  
(Loaiza, 2014)

El programa op, contiene 3 ventanas

1. inicio
2. menú
3. monitoreo

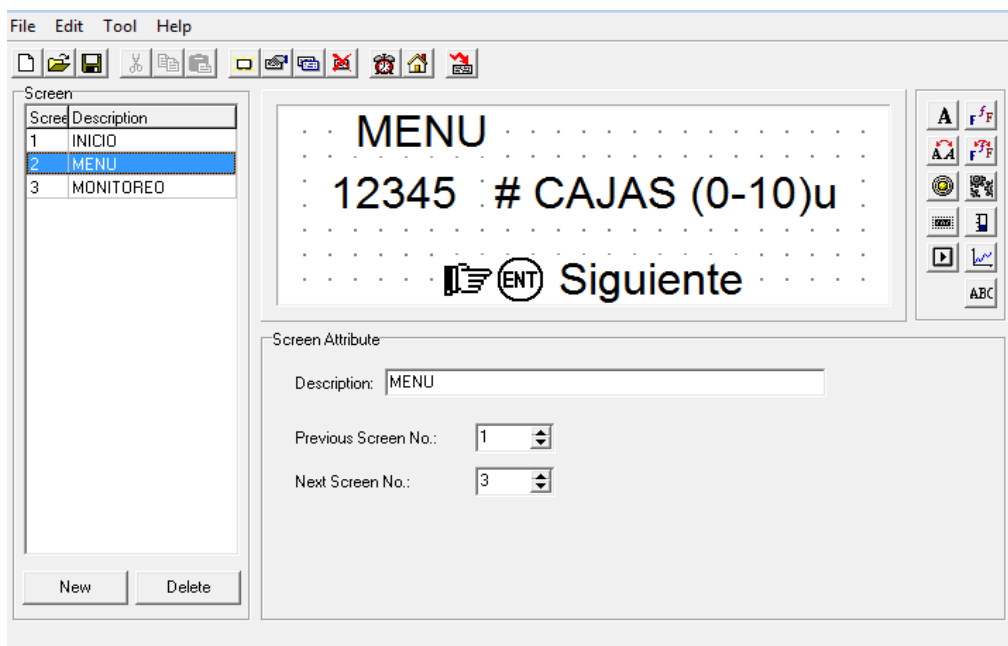
La primera es una ventana de bienvenida solo hace una presentación, el botón set indica que podemos ir a la siguiente ventana que es en este caso a la ventana numero dos menú.

Cabe recalcar que la ventana número uno es la ventana de inicio.



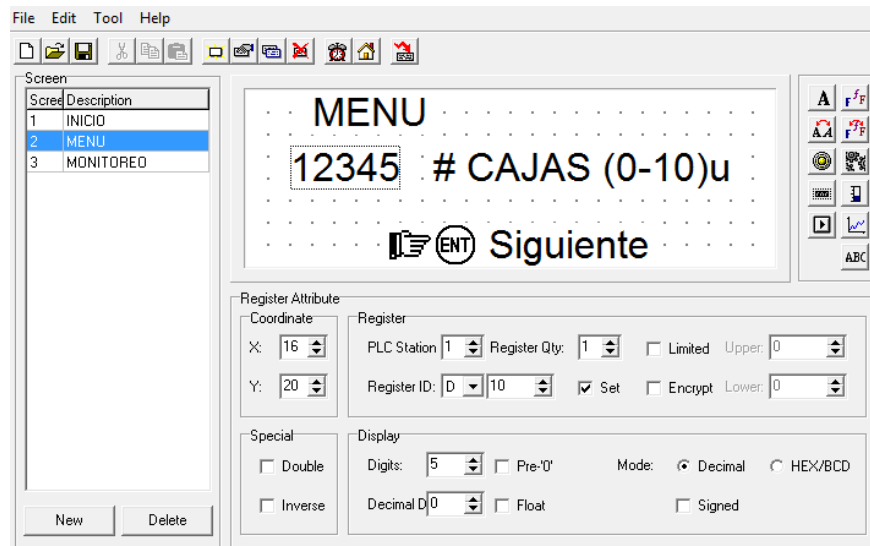
**Figura 4.22.** Ventana inicio  
(Loaiza, 2014)

Al seleccionar el botón (set), se le configura como un botón de control o un botón de salto (screen jump) y posteriormente se elige al número de ventana a la que saltara, en este caso a la ventana 2 menú (screen 2).



**Figura 4.23.** Ventana 2 menú  
(Loaiza, 2014)

En esta ventana, el usuario puede realizar el ingreso de la cantidad de botellas totales a producir las cuales van desde un rango de (1-10). Una vez que el usuario ingrese el dato requerido el proceso seguirá de forma continua hasta el valor ingresado en esta ventana.



**Figura 4.24.** Lectura de registro 12345  
(Loaiza, 2014)

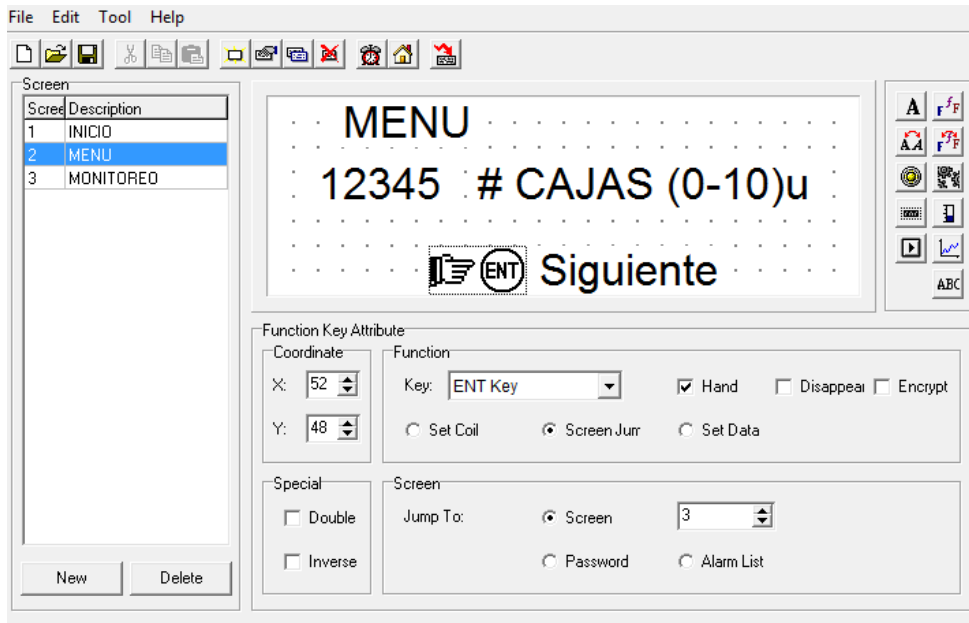
La opción de registro señalado (12345) puede tener 2 opciones

- Lectura de registro
- Valor de ingreso a un registro interno del plc.

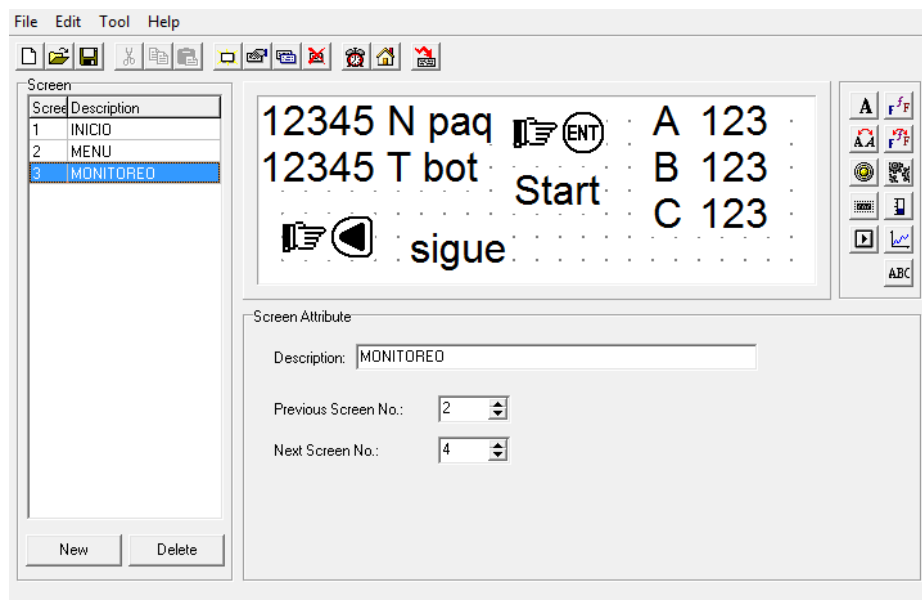
Si se setea la opción (set), esta opción será un valor ingresado de registro y en este caso se escribirá en el registro (d10).

La opción display, permitirá visualizar el número de dígitos del 1 al 5 seleccionando 5 como dígitos para este programa cabe recalcar que también acepta poner decimales.

A continuación el botón (set), realizara un salto a la siguiente ventana.



**Figura 4.25.** Salto a ventana 3  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.26.** Ventana 3 de monitoreo  
(Loaiza, 2014)

En esta ventana se puede visualizar todos los contadores utilizados:

12345 T bot

**Figura 4.27.** Contador 1 general de botellas  
(Loaiza, 2014)

12345 N paq

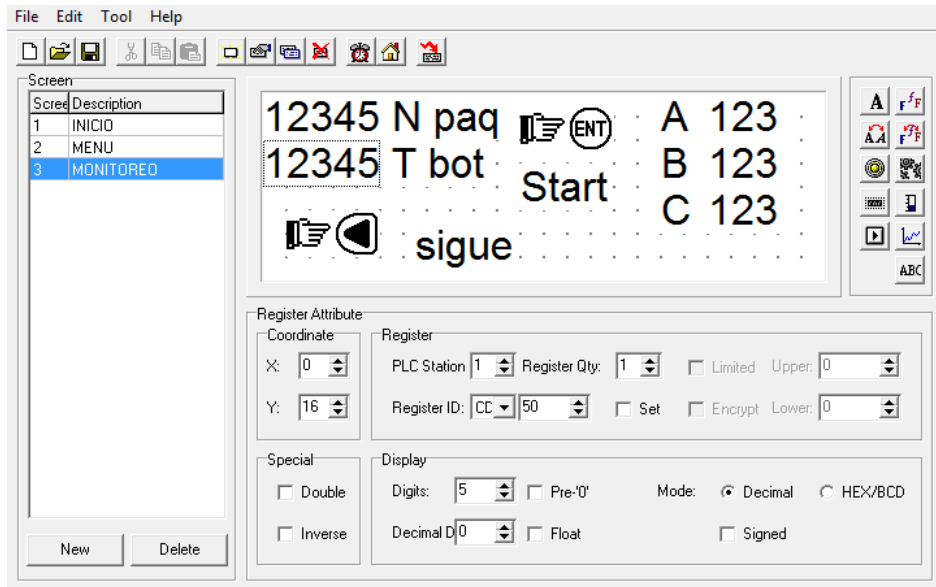
**Figura 4.28.** Contador 2 valor total de paquetes ingresado por el usuario  
(Loaiza, 2014)

A 123  
B 123  
C 123

**Figura 4.29.** Contador 3 los valores de los contadores de cada tipo de  
botellas clasificadas  
(Loaiza, 2014)

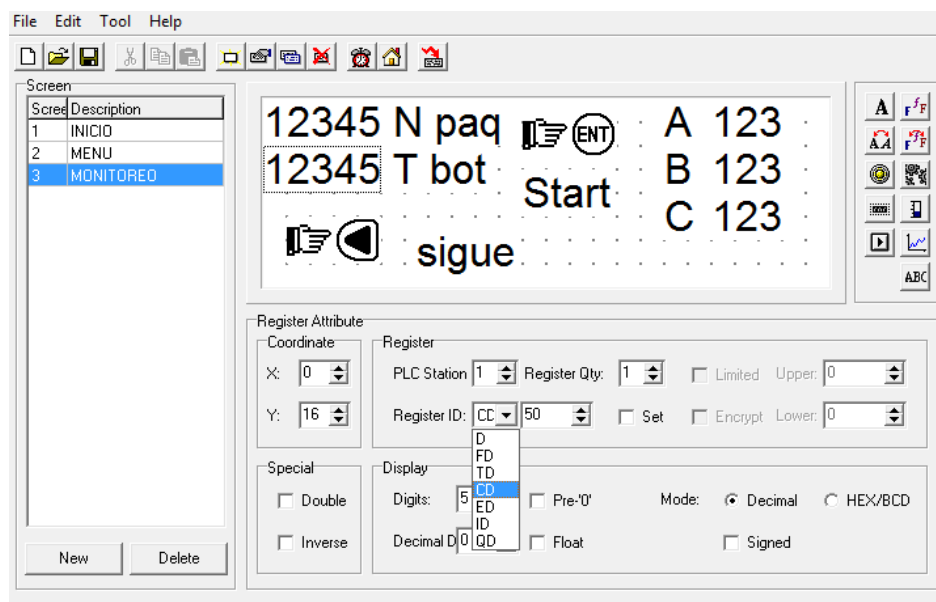
Con esta opción se puede almacenar el valor de botellas de cada tipo empacadas y clasificadas.

Para la configuración de esta opción de registro consiste en:



**Figura 4.30.** Configuración del registro de contadores.  
(Loaiza, 2014)

El registro elegido puede visualizarse si desactivamos la opción (set), y en este caso elegimos el tipo de registro o contador que visualizaremos.

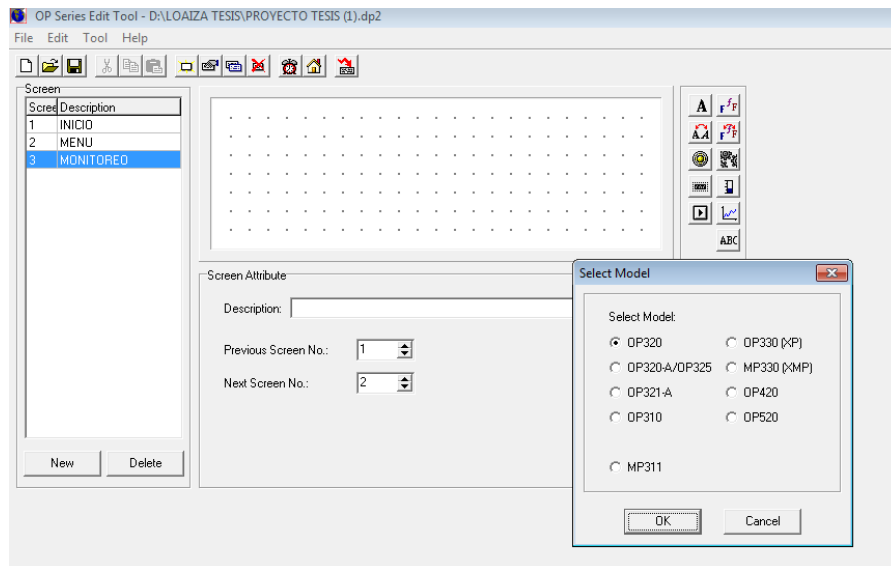


**Figura 4.31.** Elección del registro de contador  
(Loaiza, 2014)

Y así se elige el adecuado en este caso es el cd 50 (registro del contador 50), que en este caso corresponde al contador total en el programa del plc.

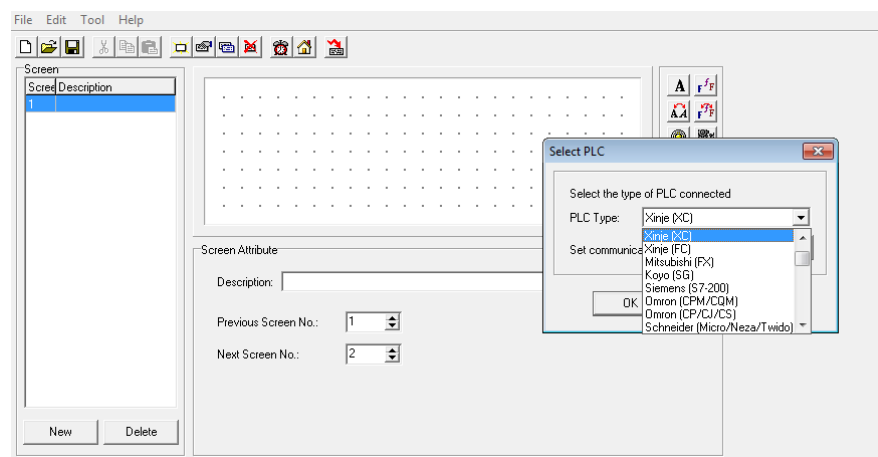
De esta manera se procede con cada uno de los contadores.

Llegado a este punto solo falta configurar la op, por lo que se procede a abrir nuevo proyecto, selección modelo. Donde se va a elegir el modelo de la op.



**Figura 4.32.** Elección modelo op320  
(Loaiza, 2014)

En la ventana de los modelos de op, se elige la op320. Posteriormente se debe seleccionar el tipo de plc a elegir, el cual puede ser de varios fabricantes compatibles con la op.



**Figura 4.33.** Elección del plc Xinje xc.  
(Loaiza, 2014)



Finalizando con este paso ya se tiene comunicación virtual entre el panel de operación y el PLC con la ayuda de la conexión física por el cable de datos.

## 4.7 SIMULACION DEL PROGRAMA EN XCPRO XINJE

Para la simulación del programa se utilizó el propio del PLC Xinje XCP.PRO Xinje, el cual dio como resultado:

### 4.7.1 TABLA DE VARIABLES

Para la programación escalera es importante ir construyendo una tabla de variables a usar, las cuales tienen como misión facilitar la programación:

**Tabla 4.2.** Tabla de variables parte1

(Loaiza, 2014)

<b>X0</b>	parada de emergencia
<b>X1</b>	sensor fibra1 inferior
<b>X2</b>	sensor fibra 2 superior
<b>X3</b>	sensor detección botella C
<b>X4</b>	sensor detector botella B
<b>X7</b>	sensor detector botella A
<b>Y2</b>	Motor
<b>Y3</b>	cilindro empaque C
<b>Y4</b>	cilindro alimentador B
<b>Y5</b>	cilindro empaque botella B
<b>Y6</b>	cilindro alimentador C
<b>Y10</b>	cilindro compuerta B
<b>Y11</b>	cilindro compuerta A
<b>Y104</b>	luz roja paro
<b>Y105</b>	cilindro alimentador A
<b>Y106</b>	cilindro compuerta C
<b>Y107</b>	luz verde marcha
<b>M0</b>	marca principal
<b>M3</b>	paro momentáneo cajas
<b>M5</b>	start op
<b>M8</b>	auxiliar para motor
<b>M14</b>	apagado conteo independiente
<b>M19</b>	apagado conteo
<b>M44</b>	auxiliar Y4
<b>M55</b>	marca seteada proceso B

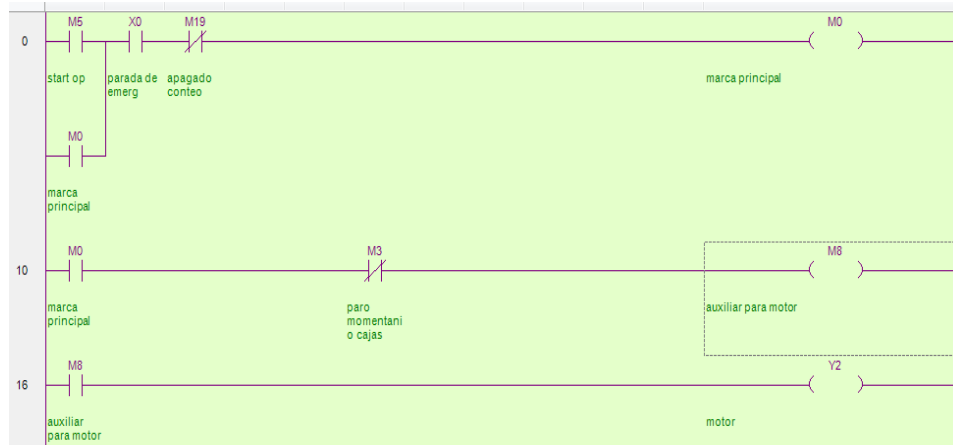
**Tabla 4.3.** Tabla de variables parte 2

(Loaiza, 2014)

<b>M66</b>	marca seteada empaque C
<b>M85</b>	marca seteada proceso C
<b>M100</b>	marca botella A
<b>M200</b>	marca botella B
<b>M300</b>	marca proceso C
<b>T11</b>	tiempo empaque B off
<b>T22</b>	tiempo off de empaque C
<b>T50</b>	tiempo off para alimentador A
<b>T55</b>	tiempo salida de botella A
<b>T60</b>	temporizador compuerta A
<b>T65</b>	tiempo off alimentador B
<b>T66</b>	tiempo fin de proceso B
<b>T69</b>	tiempo on compuerta B
<b>T71</b>	tiempo off compuerta B
<b>T82</b>	tiempo cierre detección B
<b>T83</b>	tiempo cierre de detección C
<b>T85</b>	tiempo off alimentador C
<b>T86</b>	tiempo fin proceso C
<b>T88</b>	tiempo on compuerta C
<b>T91</b>	tiempo off compuerta C
<b>C6</b>	CONTADOR TEMPORAL A
<b>C7</b>	CONTADOR TEMPORAL B
<b>C8</b>	CONTADOR TEMPORAL C
<b>C50</b>	contador botellas
<b>C60</b>	contador botellas A
<b>C65</b>	contador botellas B
<b>C70</b>	contador botellas C

## 4.7.2 PROGRAMACIÓN

Una vez definida a tabla de variables procedemos a la programación.



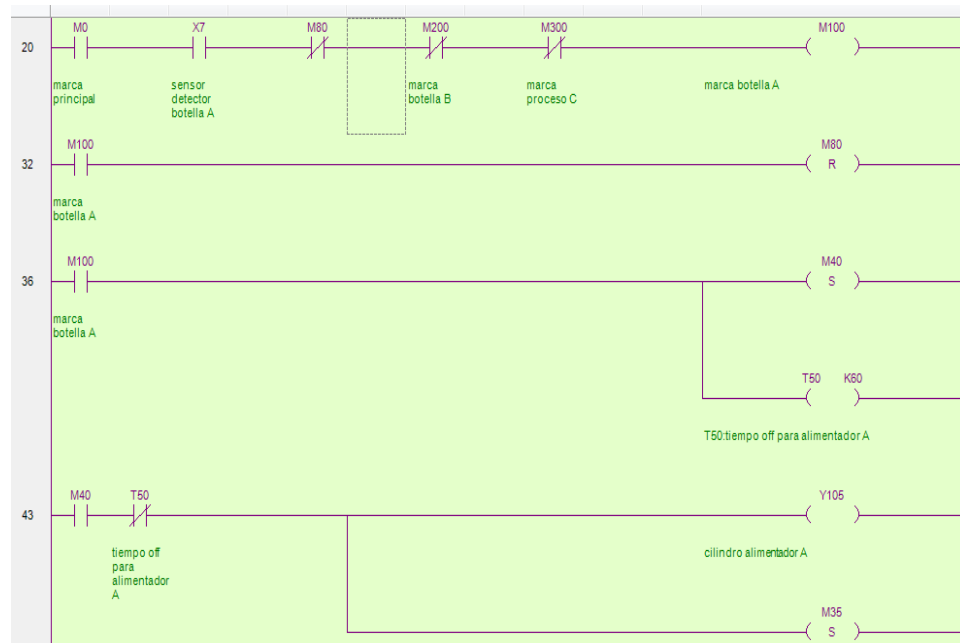
**Figura 4.34.** Programa PLC parte 1  
(Loaiza, 2014)

Línea 0: control de marca principal para habilitar todo el sistema.

- m5 Marca desde la op para dar inicio
- x0 Paro de emergencia
- m19 Marca que una vez que el contador general llegue al valor seteado de (1-10) se abre y para el sistema
- m0 para enclavar el sistema, y sirve a su vez para controlar todo el sistema

Línea 10 y 16 se encargan del control del motor y de parar el mismo el momento en que ya no hay cajas en el alimentador.

- m0 marca principal del sistema
- m3 marca que se abre cuando se terminan 4 cajas en el alimentador
- m8 marca auxiliar controla el motor
- y2 salida del motor



**Figura 4.35.** Programa PLC parte 2  
(Loaiza, 2014)

Línea 20 y línea 32: encargadas del proceso de la botella a.

- x7 sensor de presencia botella a
- m80 Marca de conteo solo detectara una vez
- m200 Marca de proceso botella b, para asegurar que no afecte otros procesos
- m300 Marca de proceso botella c
- m100 Marca de proceso botella a, inicio proceso a

Línea 36:

- m40 Marca seteada para asegurar todo el proceso a y arranca el proceso
- Activa el cilindro de alimentador de cajas a
- t50 temporizador que cuenta el tiempo que estará el cilindro alimentador de cajas encendido

Línea 43: El cilindro y105 alimentador de cajas se enciende cuando m40 se activa

y a la vez el t50 cuenta 6s (es un temporizador de 100ms x 60 = 6000ms = 6 s) llega a los 6s se activa t50, abre la salida y el cilindro alimentador de cajas 105.

Se activa m35 que activa al cilindro de compuerta a.



**Figura 4.36.** Programa PLC parte 3  
(Loaiza, 2014)

Línea 51:

- m35 da la señal para activar el temporizador t60 durante 3 s luego de ese tiempo una vez la botella está en la caja, abre la compuerta.

Línea 56:

- Se activa y11 cilindro de la compuerta a.

Línea 60 y 67:

- Se activa t56, durante 5s, mientras cae la botella a su receptáculo y se resetea m35 para volver al proceso.



**Figura 4.37.** Programa PLC parte 4  
(Loaiza, 2014)

En esta imagen se describe el proceso alimentadores de cajas b y c.

Línea 71:

- Una vez activado el motor, se activa simultáneamente m44, y este a su vez conecta y4

Línea 77:

Se activa y4 que es el alimentador de cajas b

Línea 81:

- Una vez activado el motor, se activa simultáneamente m64, y ese a su vez conecta el alimentador de cajas y6

Línea 87:

- Se activa y6 alimentador cajas c



**Figura 4.38.** Programa PLC parte 5  
(Loaiza, 2014)

En esta parte del programa se trabaja con las botellas tipo b.

Línea 91: se detecta con el sensor de fibra la marca blanca 1 que diferencia entre la botella b y tipo c. El t82 es el temporizador para terminar la detección y continuar otra vez, m200 la marca del proceso b.

Línea 103: Se activa el temporizador 82 por 5s y cierra cilindro de empaque b.

Línea 108: Detecta presencia de botella b y acciona m34 que setea m36 para no parar todo el proceso.



**Figura 4.39.** Programa PLC parte 6  
(Loaiza, 2014)

Línea 118: m36 activa el cilindro de empaque y empuja la botella a la caja a la vez activa un temporizador por 2s y se detiene el cilindro ese tiempo.

Línea 125: Resetea m36 y regresa el cilindro de la salida y5 a la normalidad.

Línea 129 y 133: Setea una marca auxiliar para contar un tiempo t65 4s para accionar cilindro de compuerta.

Línea 138: Activa otro temporizador t69 para activar compuerta.



**Figura 4.40.** Programa PLC parte 7  
(Loaiza, 2014)

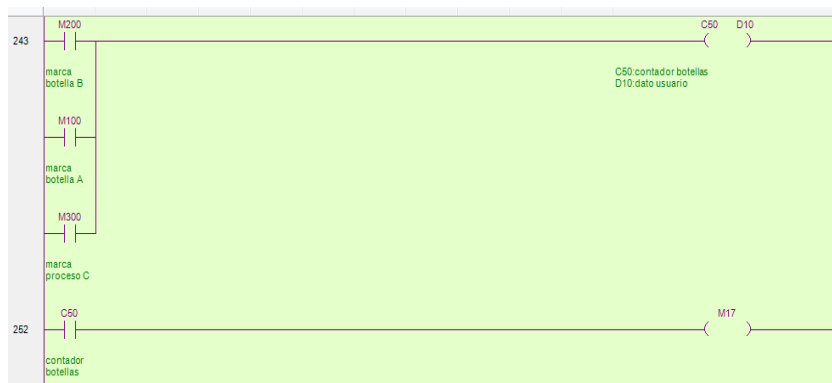
Línea 143 y 147: luego de un tiempo activa compuerta con y10 se abre.

Línea 153: se cuenta otro tiempo para cerrar la compuerta, usamos m70 para otro temporizador que cuente 3s y active y7 el cual resetea compuerta b, regresa al paso anterior.

Línea 163: con ese temporizador final t66 resetea el proceso y se vuelve a otra botella.

La línea 167-239 es similar para empaque c.





**Figura 4.41.** Programa PLC parte 8  
(Loaiza, 2014)

En esta figura 4.41 se puede observar la etapa de conteo total y el fin del proceso.

Línea 243: las señales de cada sensor y marca de cada proceso cuenta uno a uno y al estar en configuración or se suman las señales siendo el contador general c50 cuenta hasta d10.

- d10 es el registro del panel operador ( se puede introducir valores de 0-10)

Línea 252: una vez que la cuenta total de botellas a + b +c llega a d10 se activa c50

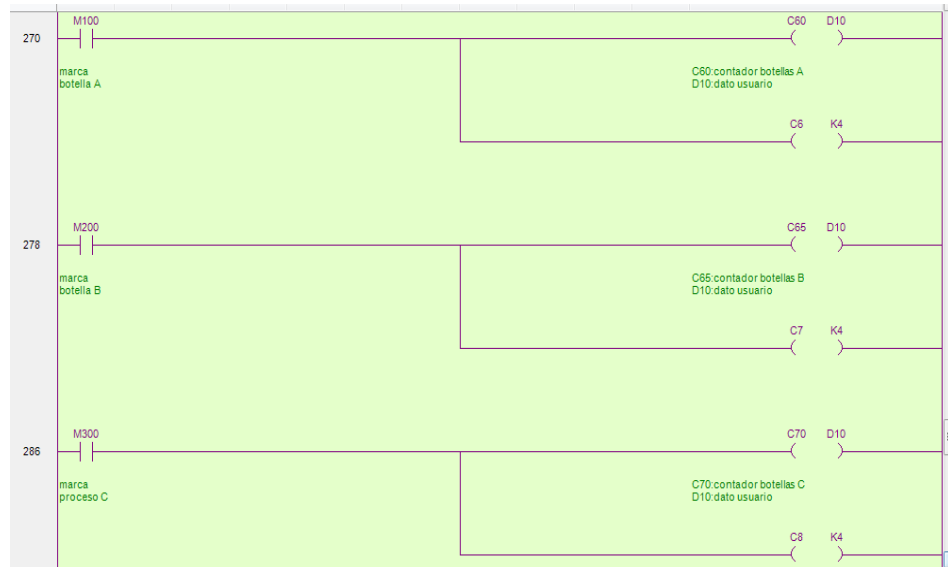
- c50 activa una marca m17.



**Figura 4.42.** Programa PLC parte 9  
(Loaiza, 2014)

Línea 256: al activarse m17 una vez activado el último contador ya una vez terminado cada proceso a, b o c se activa m19.

- Con este se desactiva la marca principal m0 y se desactiva todo el sistema, se resetea también el valor del contador general a 0



**Figura 4.43.** Programa PLC parte 10  
(Loaiza, 2014)

La figura 4.43 representa los contadores individuales de cada tipo de botella que en el panel operador podemos visualizar el conteo de los 3 tipos de botella.

Línea 270:

- c60 contador botella a
- doble contador un acumulativo que puede ser de 1-10 c60 que cuenta un valor en d10, que se ingresa desde el panel operador
- el otro restrictivo solo hasta 4 en c6 hasta un valor de 4, para cargar botellas una vez completado

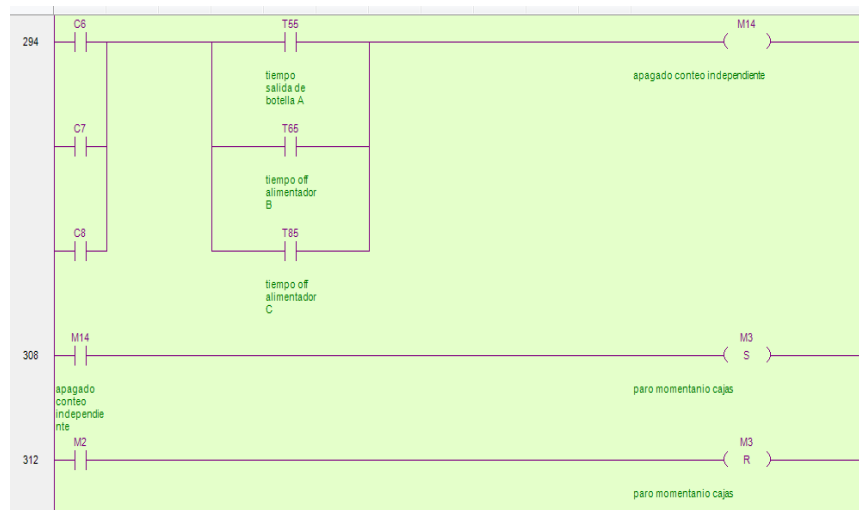
Línea 278:

- c65 contador botella b

- doble contador un acumulativo que puede ser de 1-10 c60 que cuenta un valor en d10, que se ingresa desde el panel operador
- el otro contador restrictivo solo hasta 4 en c6 hasta un valor de 4, para cargar botellas una vez completado

Línea 286:

- C70 contador botella c
- doble contador un acumulativo que puede ser de 1-10 c60 que cuenta un valor en d10, que se ingresa desde el panel operador
- el otro restrictivo solo hasta 4 en c6 hasta un valor de 4, para cargar botellas una vez completado



**Figura 4.44.** Programa PLC parte 11  
(Loaiza, 2014)

Línea 294: una vez terminado el proceso de cada botella se da una señal de 4 botellas a la marca m14 y se activa y setea una marca m3.

Línea 306: la marca seteada m3, activa un contacto cerrado y se abre el motor parcialmente hasta el llenado de más cajas.

Línea 312: con una marca m2 que esta desde el panel operador el usuario puede retornar para continuar con el proceso.



**Figura 4.45.** Programa PLC parte 12  
(Loaiza, 2014)

La figura 85 representa el final del proceso.

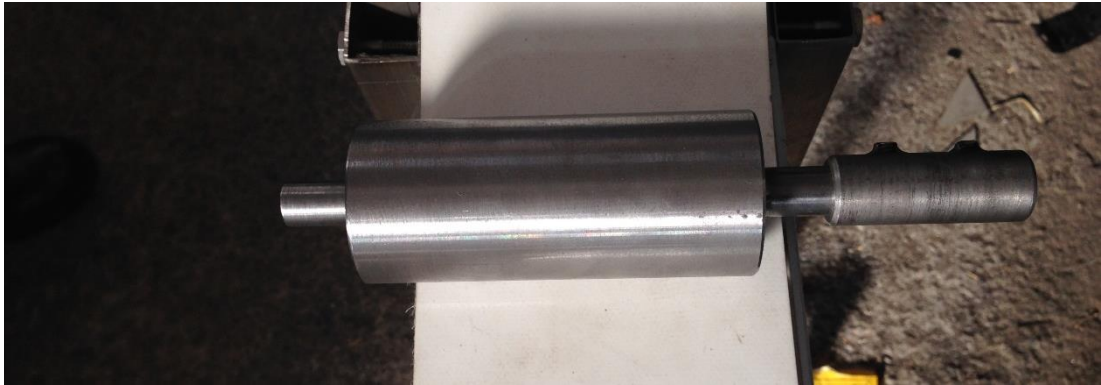
Línea 316:

- m14 una vez alimentadas nuevas cajas se activan los contadores de 4 unidades y resetea los contadores para volver a contar de 1 a 4
- Los otros contadores siguen llevando el acumulativo
- con m8 activamos luces pilotos una vez que se enciende el motor o está parado.
- end fin del programa

## 4.8 CONSTRUCCION DEL SISTEMA

Después de haber finalizado con todos los diseños, se procedió a la construcción del diseño mecatrónico del proceso.

Se fueron cumpliendo diseño por diseño con cada uno de ellos, empezando por el eje del motor que podemos divisar en la siguiente figura.



**Figura 4.46.** Eje del motor  
(Loaiza, 2014)

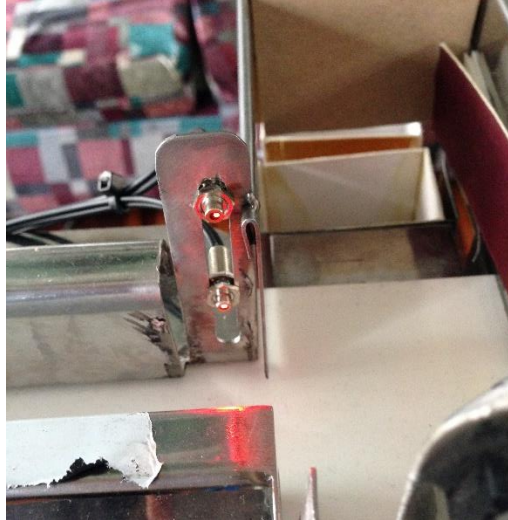
El proceso del empaque de botellas de perfume da inicio con la alimentación de los tres tipos de botellas en la entrada de nuestra banda transportadora, estas pueden ser del tipo A, B, C las cuales varían en su forma y capacidad. La producción se realiza con un máximo de 10 botellas por vez.



**Figura 4.47.** Botellas y Cajas  
(Loaiza, 2014)

Hay que tener en cuenta que la capacidad de almacenamiento una vez empaquetado y clasificado las botellas por su tipo es de 4 cajas por lo que si en las 10 botellas hay más de 4 botellas de un mismo tipo la banda se

detiene para que el operario pueda reemplazar las cajas ya empaquetadas y así dejar espacio a la continuidad del proceso, este mensaje de alerta saldrá en pantalla.



**Figura 4.48.** Sensores de fibra óptica instalados  
(Loaiza, 2014)

Con la ayuda de unas guías se asegura que las botellas van a ir por el lugar adecuado de la banda para su correcta identificación van a pasar por el primer sensor (fibra óptica) que es el encargado de clasificar las botellas según el criterio de etiquetado que esta tenga, los mismos pueden ser:

Botella tipo A etiqueta negro-negro

Botella tipo B etiqueta blanco-negro

Botella tipo C etiqueta negro-blanco

Dependiendo de cuál de los tipos de botella etiqueta detecte el sensor, enviara una señal al cilindro adecuado para que por medio de las electroválvulas accione el mismo cuando la botella este pasando por la posición de empaquetamiento.



**Figura 4.49.** Sensor de presencia PS-T1M botellas A, instalado  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.50.** Sensor de presencia PR-R300NP tipo C, instalado  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.51.** Sensor de presencia PR-R300NP tipo B, instalado  
(Loaiza, 2014)

El sensor de presencia será el encargado de avisar que la botella llegó. Se tiene 3 sensores de presencia ubicados encima de los cilindros, si es la botella correspondiente al modelo de caja de la posición activará el cilindro para empaquetarla, caso contrario solo detectará la botella para asegurarse de que nadie quitó la botella de la banda y dejará pasar la misma manteniendo apagado el cilindro de empaque, la botella seguirá al punto de empaque número 2 donde otro sensor de presencia alertará de que la botella llegó siguiendo el mismo procedimiento, si corresponde al modelo a empaquetar activará el cilindro caso contrario solo verificará que la botella sigue en la banda y dejará pasar al último punto de empaque donde no contamos con cilindro de empaque si no que al final de la banda está el empaque de la caja A con una caída tipo embudo la botella llegará a su respectiva caja, no sin antes pasar por el sensor de presencia final que tiene como función simplemente asegurarse que nadie quitó la botella de la banda. Si en todo



este tiempo alguien quita la botella de la banda con la ayuda de los sensores de presencia podemos verificar esto y avisar al operador.



**Figura 4.52.** Posicionamiento de cajas para su empaquetamiento  
(Loaiza, 2014)

Otro aspecto a considerar es que un proceso simultáneo se va ejecutando a la vez que la botella va circulando por la banda y es el posicionamiento de la caja acorde con el modelo de botella a empaquetar con la ayuda de los cilindros de 125 mm de recorrido. Que tenemos en los costados de la banda, los mismos se encargan de posicionar siempre una caja lista para ser empaquetada.

Una vez que tenemos posicionada caja en el compartimento de empaque adecuado y tenemos la botella identificada se procede al empaque con la ayuda del cilindro que desvía de la banda la botella hacia la caja, finalmente un cilindro ubicado al posterior del compartimento de empaque enviara el paquete final hacia el almacenamiento de botellas apiladas con una capacidad de 4 botellas por lo que tocara reiniciar el proceso en caso de que estos se hallan llenado como ya mencionamos.

Como resultado final del proceso se tiene las cajas clasificadas empaquetadas y almacenadas de acuerdo a su modelo.



**Figura 4.53.** Ejemplo de botellas empaquetadas según su tipo.  
(Loaiza, 2014)

En la siguiente figura se ve el diseño final de la estructura mecánica, en el proceso completo



**Figura 4.54.** Banda transportadora, empaquetamiento y clasificación.  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.55.** Banda transportadora, empaquetamiento y clasificación vista  
2.  
(Loaiza, 2014)

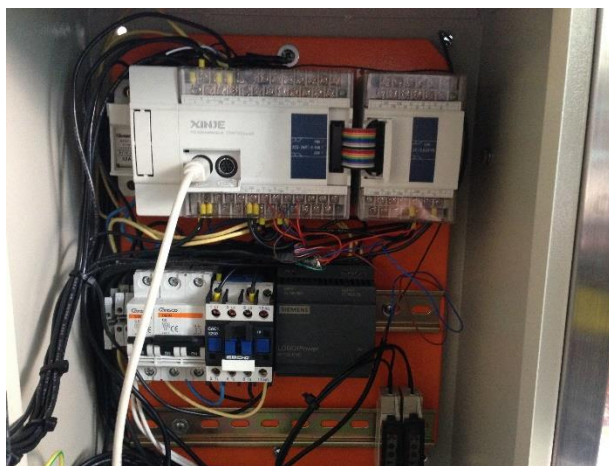


**Figura 4.56.** Banda final vista 3  
(Loaiza, 2014)

## 4.9 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO ELECTRÓNICO



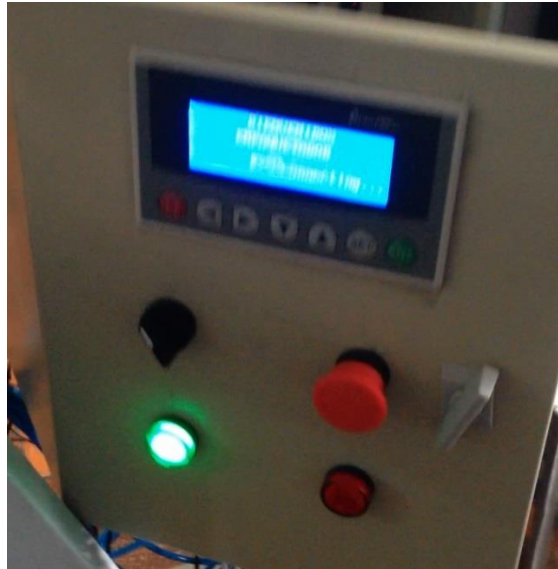
**Figura 4.57.** Circuito electrónico parte 1  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.58.** Circuito eléctrico parte 2  
(Loaiza, 2014)



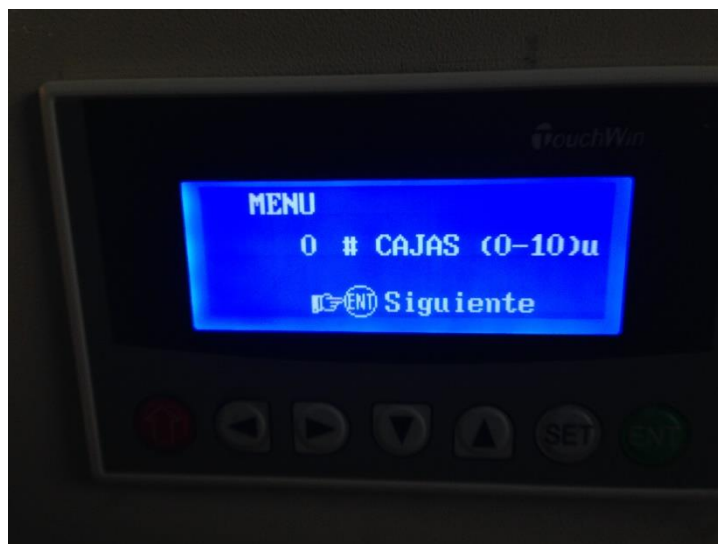
En las figuras 4.57 y 4.58 se construyó a partir del diseño con exactitud, la parte electrónica del proceso, en el que se visualiza desde el PLC hasta las protecciones, la op, se puede ver también el botón de parada de emergencia, etc.



**Figura 4.59.** Panel operador  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.60.** OP pantalla 1 instalado  
(Loaiza, 2014)

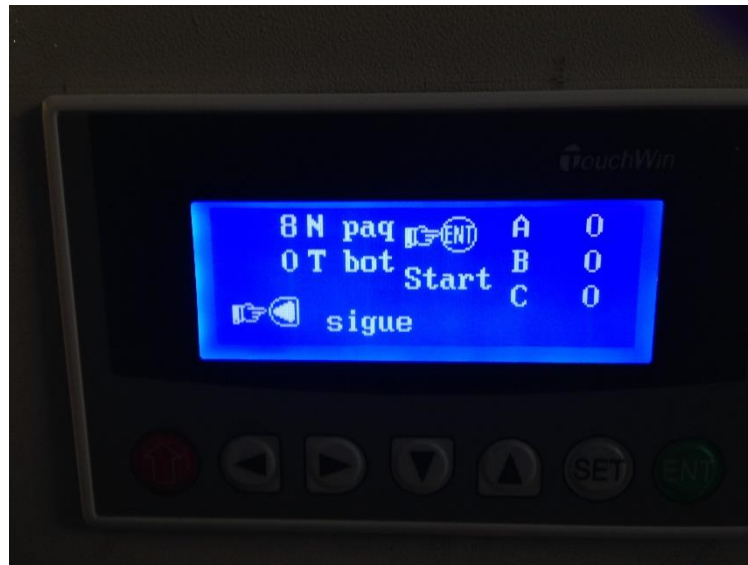


**Figura 4.61.** Op, seleccionar número de cajas ventana 2  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.62.** Op, ejemplo de selección de número de cajas  
(Loaiza, 2014)

En las figuras 4.59 y siguientes se visualiza la programación de la OP y la interfaz de manejo para el usuario, sencilla que requiere poca capacitación ya que es muy fácil de comprender y maniobrar.



**Figura 4.63.** Clasificación por tipo de botella  
(Loaiza, 2014)

#### 4.10 CIRCUITO NEUMATICO

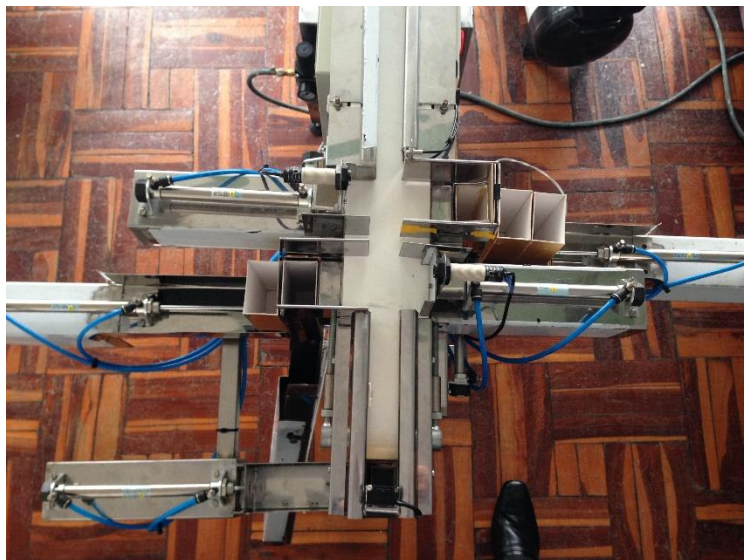


**Figura 4.64.** Electroválvulas instaladas  
(Loaiza, 2014)

Finalmente el circuito neumático con todas sus conexiones a electroválvulas, así como también la conexión a los cilindros neumáticos



**Figura 4.65.** Cilindros neumáticos instalados  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.66.** Cilindros neumáticos instalados 2  
(Loaiza, 2014)

Resultado final un sistema mecatrónico combinado por sus diferentes ciencias de estudio en una máquina que clasifica y empaqueta botellas de tres tipos diferentes de frascos de perfumes.





**Figura 4.67.** Resultado final vista 1  
(Loaiza, 2014)



**Figura 4.68.** Resultado final vista 2  
(Loaiza, 2014)

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

- A la hora de diseñar y construir una maquina se debe tener en cuenta las necesidades del cliente, para optimizar tiempo de diseño.
- El diseño del software se puede realizar en primer lugar sin inconvenientes, siempre y cuando se tenga una idea ya de las entradas y salidas a utiliza, así como también quedara sujeto a modificaciones en la parte del diseño mecatrónico.
- El diseño mecánico se debe realizar tomando en cuenta tanto las necesidades del cliente como el espacio en donde se instalara el mismo.
- El diseño electrónico debe ser diseñado de manera óptima junto con el diseño mecánico por cuestión de acople ideal de sus elementos en el mismo.
- El diseño mecatrónico busca integrar los tres diseños en uno solo conformando así la maquina en su totalidad.
- Se diseñó un sistema de control embebido capaz de realizar ciclos de selección y empackado de perfumes automáticamente.
- La automatización reduce la mano de obra, ya que reemplaza la misma por maquinas.
- Las simulaciones realizadas sirvieron para fijar la construcción final de la máquina tal como se había diseñado.
- Para el operario encargado de supervisar el funcionamiento de la máquina, el panel de operaciones le servirá para poder iniciar el

programa y contiene un botón de paro de emergencia en caso de existir la misma.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- La banda transportadora debe de llevar las botellas de perfume a una velocidad de 0.06 m/s, para que no se viren y no se interrumpa el proceso.
- Implementar rampas de mayor cantidad de almacenamiento de paquetes a futuro, si es que la demanda aumenta.
- Continuar realizando proyectos de esta naturaleza que contribuyan tanto con el desarrollo de nuevos productos y automatizaciones como también a la vinculación con la pequeña industria, tomando en cuenta que en próximos proyectos se pueda tomar énfasis en ahorro del consumo de energía y recursos económicos para aumentar el tiempo de vida útil de los equipos y que más pequeñas industrias puedan adquirirlos.
- El operario encargado de manipular la máquina, debe hacer un seguimiento de la misma y reportar cualquier anomalía para proceder a corregirla por parte del técnico.

## NOMENCLATURA

Pa= Pascal

N= Newton

bar= bar

k= kilo

N= normal

$\mu$ = coeficiente de rozamiento

atm= atmosfera

P= potencia

F = Fuerza

p = Presión manométrica

A = Área del émbolo o pistón

Q = Consumo de aire

d = Diámetro del cilindro

c = Carrera del cilindro

n = Número de ciclos completos por minuto

P = Presión absoluta

Pr = Presión relativa de trabajo

N = Número de efectos del cilindro

mm= milímetros

Vf = velocidad final

g = gravedad

h= altura de lanzamiento

K.E. = energía cinética justo antes del impacto

$m$  = masa

$F$  = fuerza de impacto

$D$  = distancia recorrida por el objeto

$P_{\text{aire}}$  = presión de aire

$V$  = volumen

$r$  = radio base cilindro

$l$  = longitud del cilindro

$W$  = trabajo

$V$  = velocidad uniforme

$d$  = distancia

$t$  = tiempo

$V_0$  = velocidad inicial

$a$  = aceleración

$V_i$  = velocidad inicial

$t_f$  = tiempo final

$t_i$  = tiempo inicial

$V$  en electrónica = voltaje

$I$  = corriente

$\omega$  = *velocidad angular*

rad = radianes

rev = revoluciones

## BIBLIOGRAFIA

A., B. L., & Bryan, E. (1997). *Programmable Controllers: Theory and Implementation* (Segunda ed.). Estados Unidos: Industrial Text Company.

*Apuntes de Electrónica*. (s.f.). Obtenido de Apuntes de Electrónica:  
<http://www.efn.uncor.edu>

Bishop, R. H. (2008). *The Mechatronics Handbook: Mechatronic Systems*. Estados Unidos: CRC Press.

Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers* (Cuarta ed.). Reino Unido: Newnes.

Boltón, W. (2008). *Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico*.

*Control de velocidad de motores de inducción*. (15 de Agosto de 2011). Obtenido de Control de velocidad de motores de inducción:  
<http://catarina.udlap.mx>

*Empaquetadoras*. (s.f.). Obtenido de Empaquetadoras:  
<http://www.mecanizadosvillarreal.com>

*Empaquetar*. (s.f.). Obtenido de <http://lema.rae.es>

*Ensayo de resiliencia*. (2013). Obtenido de <http://enciclopedia.us.es>

*Fibra Óptica 2*. (s.f.). Obtenido de <http://www.monografias.com>

Hackworth, J., & Hackworth F. (1997 ). *Programmable Logic Controllers* . Prentice Hall.

*Importancia de la mecatronica y otras*. (2013). Obtenido de <http://ingenieriamecatronicadecolombia.blogspot.com>

*Ingeniería Electrónica*. (s.f.). Obtenido de Capítulo Taller de ElectrónicaIV:  
<http://www.urp.edu.pe>

*Ingeniería Mecánica y Eléctrica* (Vol. II). (2005). México: Alfaomega.

*Lenguajes de Programaciónj.* (10 de Junio de 2011). Obtenido de <https://docs.google.com>

Loaiza. (2014).

Lombard, M. (2011). *SolidWorks Assemblies Bible*. Estados Unidos: Wiley Publishing Inc.

Marrufo, E. (2010). *Instalaciones Electricas Básicas. Grado Medio* (Primera ed.). Madrid: McGraw- Hill.

*Motores Monofásico.* (s.f.). Obtenido de Motores Monofásico: <http://es.scribd.com>

Nise, N. (2004). *Control Systems Engineering* (Cuarta ed.). Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Ogata, K. (2002). *Modern Control Engineering* (Cuarta ed.). Estados Unidos: Prentice Hall.

Petruzella, F. (2005). *Programmable Logic Controllers* . Estados Unidos: McGraw-Hill.

Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial* . España: RA-MA.

Pons, J. (2005). *Emerging Actuator Technologies*. Gran Bretaña: John Wiley & Sons, Inc.

Radionics. (17 de Abril de 2013). *Electronic and electrical Components Retrieved* . Obtenido de Electronic and electrical Components: [www.radionics.rs-online.com](http://www.radionics.rs-online.com)

*Reductor sin fin corona serie box, Motive Manual.* (2013). Italia.

Sinclair, I. (2001). *Sensors and Transducers* . Reino Unido: Newnes Tirabasso.

*Tecnologías.* (s.f.). Obtenido de Sensor de Presencia: <http://ingeniatic.euitt.upm.es>



Vignoni, J. (Noviembre de 2012). *Instrumentación y Comunicaciones Industriales* . Obtenido de Instrumentación y Comunicaciones Industriales : <http://www.ing.unpl.edu.ar>

*XC series Edit Tool XCP Pro, User Manual* . (2013). Xinje Electronic Co. Ltd.

**ANEXOS**

# Anexo 1.

MLUSU1EUSUSU

## Photo sensor PR series

### INSTRUCTION MANUAL

We appreciate you for purchasing HanYoung NUX Co., Ltd product. Before using the product you have purchased, check to make sure that it is exactly what you ordered. Then, please use it following the instructions below.

#### MAIN PRODUCTS

- DIGITAL : Temperature Controller, Counter, Timer, Speedmeter, Tachometer, Panel Meter, Recorder
- SENSOR : Proximity Switch/Photo Electric Sensor, Rotary Encoder, Optical Fiber Sensor, Pressure Sensor
- ANALOG : Timer, Temperature Controller

#### HEAD OFFICE

1381-3, Juan-Dong, Nam-Gu Incheon, Korea  
TEL: (82-32)876-4697 FAX: (82-32)876-4696

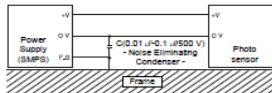
HANYOUNG



## Safety Information

### CAUTION

- The contents of this manual may be changed without prior notification.
- If you use the product with methods other than specified by the manufacturer, there may be bodily injuries or property damages.
- Avoid continuously switching the power source On and Off.
- Use a dry cloth to wipe off the substance when cleaning the lens or cases. Never use thinner or organic solvents.
- Do not use this product at any place with much dust, vibration or impact.
- Before inserting power source, make sure that the circuit wiring is properly connected.
- In the case of wiring loaded inductors such as DC Relay and others to output, use diode, varistor and others to prevent surge.
- To avoid malfunction caused by noise, do not put high voltage or power line with sensor wire in a same conduit.
- Make its wiring be shorter as possible and wire extension shall be within 100 m.
- Consider the fact that the sensing distance may be varied in accordance with the size, color, surface condition, material, glossy, non-glossy or others of a sensing object.
- Prevent strong disturbance light such as sunlight and others which directly enter into the directional angle of the sensor by putting a glare shield.
- In the case of using multiple sensors (more than 2 sensors), there is a possibility of malfunction caused by mutual interference so, for Through-Beam type, sensors shall be installed in a divergent way or there shall be proper distance between them.
- When using the Switching Power Supply as the power source, earth the Frame Ground (F.G) terminal and be sure to connect the noise-eliminating condenser between O V and F.G.



※ If you do not follow the contents described in the safety information then it is possible to be a cause of the product's malfunction so please follow them.

## Product Classification

Sensing Method	Model	Sensing Distance	Applied Power Source	Operation Mode	Output
Diffuse Reflection	PR-R300NC	300 mm	12-24 V DC	Light ON Dark ON Selectable by Control Line	NPN voltage output
	PR-R300NP				
Retro Reflection	PR-M1NC	0.1 - 1 m			
	PR-M1NP	0.1 - 2 m			
	PR-M2NC				
Through-Beam	PR-T10NC	10 m			
	PR-T10NP				

## Operation Chart

Operation Mode	Sensing Status	Stability Level
Light ON (Light On Operation)	TR Output and Light ON Indicator (Red LED)	ON Operation
Dark ON (Dark On Operation)	TR Output and Light ON Indicator (Red LED)	OFF Operation
Stability Indicator (Green LED) (Except Through-Beam)		ON Operation
		OFF Operation

## Ratings

Model	Diffusion Reflection		Retro Reflection		Through-Beam	
	PR-R300NC	PR-R300NP	PR-M1NC	PR-M2NC	PR-T10NC	PR-T10NP
Sensing Distance	300 mm		1 m(0.1-1 m)	2 m(0.1-2 m)	10 m	
Sensing Object	non-glossy and white paper above 200 × 200 mm		transparent, translucent, opaque object above φ25 mm		opaque object above φ10 mm	
Hysteresis	Below 20 % of sensing distance					
Response Time	Below 1 ms					
Rated Voltage	12 - 24 V DC (± 10 %)					
Current Consumption	Below 35 mA				Transmitter: 15 mA Receiver: 20 mA	
Light Source	Infrared LED (Modulation Method)					
Adjusting Sensitivity	Built-in Adjusting Sensitivity Volume (but, Through-Beam has only in the receiver)					
Control Output	NPN Voltage Output, Loaded Voltage: below 30 V DC, Loaded Current: below Max. 200 mA, Residual Voltage: below 1 V					
Operation Mode	By control line, Light ON/ Dark ON Selecting Mode Switching (but, Through-Beam has only in the receiver)					
Operation Indicator	Operation Indicator (Red LED), Stability Indicator (Green LED) (but, the transmitter (Red LED) of Through-Beam is Power Indicator)					
Protection Circuit	Built-in Protection Circuit from reversed power supply connection, Output Short-Circuit Overcurrent circuit protection					
Operating Ambient temp.	Operating: -10 ~ 60 °C, Storage: -25 ~ 70 °C (without freezing)					
Operating Ambient Humidity	35 - 85 % R.H.					
Operating Ambient Illumination	Sunlight: below 11000 Lux, Incandescent lamp: below 3000 Lux					
Case Protection	IP67 (IEC Standard)					
Vibration Resistance	10 ~ 50 Hz (cycle for 1 minute), double amplitude: 1.5 mm, in each direction X · Y · Z for 2 hours					
Shock Resistance	500 m/s <sup>2</sup> (approx. 50 G), X · Y · Z for 3 times					
Dielectric Strength	500 V AC (at 50/60 Hz for 1 minute)					
Insulation Resistance	Above 20 MΩ (500 V DC)					
Connection Method	Cable Length: 2 m (φ4 mm, 4P) but, the length of the transmitter of Through-Beam: 2 m (φ4 mm, 3P)					
Accessories	Individual	Reflector (Mirror 50 × 50)				
	Common	Screw driver for adjusting sensitivity, nuts, washers (But, the nuts of Plastic Type are injection molding products. (except washers))				

※ Sensing distance can be varied with size, surface condition, glossy, non-glossy or others of sensing object so that consider these facts.

· The Sensing Distance of PR-300NC, PR-R300NP is the distance of when using non-glossy white paper 200 mm × 200 mm.

· The Sensing Distance of PR-M1NC, PR-M1NP, PR-M2NC and PR-M2NP is the distance of when using MIRROR 50 × 50.

· PR-T10NC is one set of PR-TL10NC (transmitter) and PR-TR10NC (receiver).

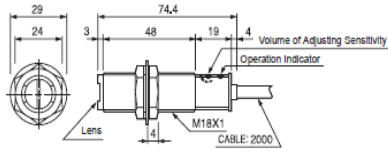
· PR-T10NP is one set of PR-TL10NP (transmitter) and PR-TR10NP (receiver).

## Anexo 2.

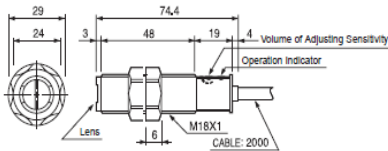
### Dimension

#### Brass CASE TYPE

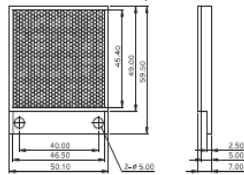
[Unit: mm]



#### Plastic CASE TYPE

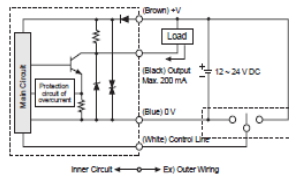


#### Reflector (MIRROR 50 × 50)



### Control Output Circuit

#### Receiver Circuit Diagram of Diffusion Reflective, Retro Reflective and Through-Beam

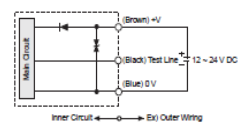


(Note) Wiring method of selecting Light ON/Dark ON mode

Light ON: Connecting Control line to +V or OPEN

Dark ON: Connecting Control line to 0 V

#### Transmitter of Through-Beam

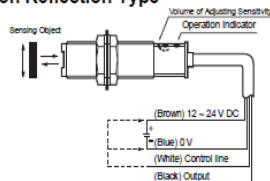


(Note)

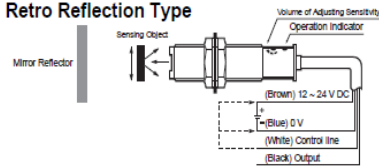
1. If you connect Test line to 0 V then POWER LED is OFF and if you do not connect Test line then it will operate normally so that the product can be tested.
2. During the operation, Test line should be OFF.
3. If there are unused wires then they should be insulated.

### Wiring Diagram

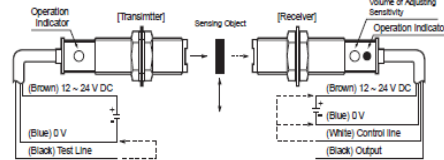
#### Diffusion Reflection Type



#### Retro Reflection Type



#### Through-Beam Type



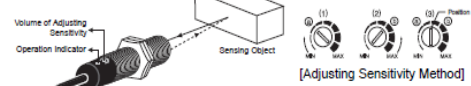
※ Unused wires should be insulated.

### How to Install

#### Diffusion Reflection Type

1. Normally, it is used after setting sensitivity to the maximum but without a sensing object it may be affected by walls, supporters and others so please adjust it with considering this fact.
2. In the case of setting sensitivity to be higher level unreasonably there is a possibility of not working properly so please pay attention.
3. After placing a sensing object in the sensing place, gradually increase the sensitivity. Let's say Position ①, where the operation indicator lights.
4. After removing the sensing object in the sensing place, gradually decrease the sensitivity from the maximum. Let's say Position ②, where the operation indicator turns off. If the operation indicator turns off at the maximum of the sensitivity then the maximum point will be ③.
5. Let the middle point between ① and ② be the best suitable position.

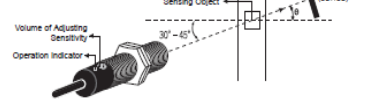
[Picture 1]



#### Retro Reflection Type

1. After placing the sensor and mirror reflector to be face to face, adjust the position of the mirror reflector in the direction of top, bottom, left and right. After confirming the range of where the operation indicator turns off, place it in the middle.
2. After considering the sensing distance, sensing object and others, adjust the volume of adjusting sensitivity in the best suitable position.
3. In the case of installing multiple sensors (more than 2 sensors), place them with a distance of longer than 30 cm.
4. In the case of sensing a glossy surfaced object, install it with tilting 30° ~ 45° from the moving direction of the sensing object to avoid its malfunction.

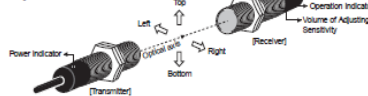
[Picture 2]



#### Through-Beam Type



1. After placing the transmitter and receiver to be face to face in the straight line and confirming the wires have been connected properly then turn the power on.
2. Pick either transmitter or receiver then fix it. As adjusting the other one in the direction of top, bottom, left and right, confirm the range of where the operation indicator turns off then place it in the middle.
3. If you finish the set-up, confirm whether it is properly operating or not after placing a sensing object in the optical axis of the sensing place.
4. Pay attention the case of not sensing a sensing object because the object is translucent or small object, below φ 8 mm.
5. Use it in the range of 95 % of the maximum operation distance.
6. After considering the sensing distance, sensing object and others, adjust the volume of adjusting sensitivity in the best suitable position.

[Picture 3]



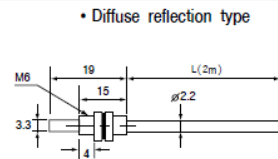
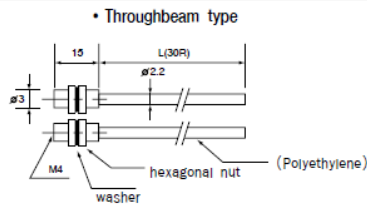
## Anexo 3.

### ■ FIBER MODELS(Throughbeam and Diffuse reflection type)

Apperance	Model	Length (m)	Diameter (mm)	Minimum detectable object (mm)	Ambient temperature (°C)	Sensing distance (mm)
						PG-3R
	GT420	2	φ 1	φ 1	-30~70	150
	GR620	2	φ 1	φ 1	- 30~70	55

\* Sensing distance of diffuse reflection type is the value to a target of non-glossy white paper(50X50mm)  
According to the treatment on cut section of fiber, sensing distance may be reduced up to 20%

### ■ DIMENSIONS




















### ■ PRECAUTIONS

#### (1) Sensitivity adjustment

- ① Sensitivity adjustments are required to follow the procedure below so as to determine the optimum sensitivity
- ② Adjust volume as per indicator, but operation of indicator is variable according to detection state and function selection.

State	Wire	White	Green
	Light	ON ○	OFF ●
Dark	OFF ●	ON ○	

White wire → Light-ON  
Green wire → Dark-ON

Order	Detection		Adjustment	COARSE volume	FINE volume
	Reflection	Through beam			
1	Initial setting		Set coarse volume to MIN position, fine volume to center(▼).		
2			Turn coarse volume slowly clockwise, check the point at which the indicator turns on in the "light" state.		
3			Turn the fine volume counter clockwise until the indicator turns off in the "light" state, then return it slowly and check the point at which the indicator turns on at "light" state(Ⓐ)	COARSE volume remained	
4			Turn fine volume counter clockwise until the indicator turns on in the "un-light" state, then return it slowly and check the point at which the indicator turns off at "un-light" state(Ⓑ)		
5	—	—	Set the volume at the center between point Ⓐ and point Ⓑ.		
6			In case of failure with above procedure, turn fine volume clockwise to MAX(+) and adjust.		

In checking of point Ⓑ, MAX to be the point Ⓑ if the indicator is not turning-on

## Anexo 4.



### SOLENOID VALVE

### VEC Series

#### Specifications

Series	VEC1000	VEC2000	VEC3000
Fluid	Compressed air		
Operating pressure range	0.17~0.8MPa (1.7~8kgf/cm <sup>2</sup> )		
Max. operating pressure	1.0MPa (10kgf/cm <sup>2</sup> )		
Temperature range	5°C~60°C (41°F~140°F)		
Lubrication	Lube or non-lube available		
Response time	0.05sec		
Cylinder range	Ø12~Ø40mm	Ø40~Ø63mm	Ø63~Ø100mm
Duty cycle	100% ED		
Electrical connection	DIN 43650 electrical connector		
Voltage tolerance	±10%		
Protection	IP65 waterproof / dustproof		
Coil insulation	Class F		
Ambient tem. range	30°C (86°F)		
Power consumption	DC24V: 2.5W AC110V 50Hz: 4.8VA AC110V 60Hz: 4VA	DC24V: 2.5W AC110V / 220V 50Hz: 6.0VA AC110V / 220V 60Hz: 4.9VA AC24V 60Hz: 6.4VA	

Series	Configuration		Port size		Effective area	Weight
			R, S	P, A, B	P → A / B	
VEC1110	5 port 2 position	Single solenoid	G 1/8"	G 1/8"	12mm <sup>2</sup> (0.67CV)	103g
VEC1210		Double solenoid				
VEC1310	5 port 3 position	Closed center	G 1/8"	G 1/8"	9mm <sup>2</sup> (0.5CV)	170g
VEC1410		Exhaust center				
VEC1510		Pressure center				
VEC2120	5 port 2 position	Single solenoid	G 1/8"	G 1/4"	18mm <sup>2</sup> (1CV)	180g
VEC2220		Double solenoid				
VEC2320	5 port 3 position	Closed center	G 1/8"	G 1/4"	12mm <sup>2</sup> (0.7CV)	310g
VEC2420		Exhaust center				
VEC2520		Pressure center				
VEC3130	5 port 2 position	Single solenoid	G 1/4"	G 3/8"	30mm <sup>2</sup> (1.68CV)	260g
VEC3230		Double solenoid				
VEC3330	5 port 3 position	Closed center	G 1/4"	G 3/8"	22mm <sup>2</sup> (1.2CV)	310g
VEC3430		Exhaust center				
VEC3530		Pressure center				

2 06.11

VEC Series

## Anexo 5.

XC3 Series PLC: A PLC has built in I/O and is expandable  
(Transistor Output Version can do Pulse Output Motion Control)

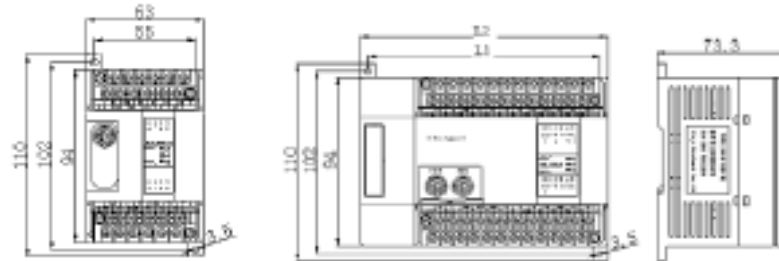


Item	Specification		
	XC3-14	XC3-24 / XC3-32	XC3-48 / XC3-60
Program executing format	Loop scan format, time scan format		
Program format	Both Ladder Logic and Statement List		
Contact Execution	0.5us		
Retentive Memory	Use Flash ROM and Library		
User program's capacity	2,500 steps	8,000 steps	
Built in digital I/O points	Inputs: 8 Output: 6	Inputs: 14 / 18 Output: 10 / 14	Input: 28 / 36 Output: 20 / 24
Maximum I/O Points	Can not connect with any expansion or BD	7 Expansion Modules plus one XC-2AD2PT-BD board, 228 points additional	
Pulse Outputs	Transistor Output Version (Two)		
Hardware interrupts	1	3	
Internal coil's points (M)	8,512 points		
Timer (T)	Points	620 points	
	Spec.	100ms timer: Set time 0.1~3276.7 seconds 10ms timer: Set time 0.01~327.67 seconds 1ms timer: Set time 0.001~32.767 seconds	
Counter (C)	Points	635 points	
	Spec.	16 bits counter: set value K0~32,767 32 bits counter: set value K0~2,147,483,647	
Data Register (D)	8,512 words		
Floating Point Math	Yes		
Flash ROM Register (FD)	2,048 words		
High speed dispose function	High speed count, pulse output, external interrupt		
Scan Time	0 ~ 99 ms		
Password protection	6 bits ASCII		
Self diagnose function	Power on self-diagnose, Monitor timer, grammar check		
Real Time Clock/Calendar	Yes		

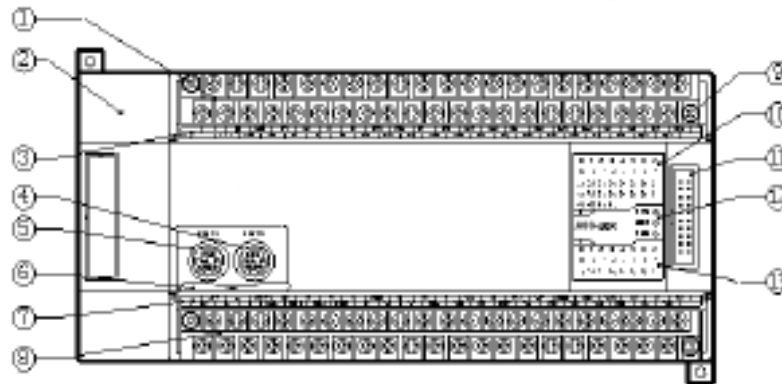
## Anexo 6.

### Dimensions:

#### XC3-14 family PLC controller



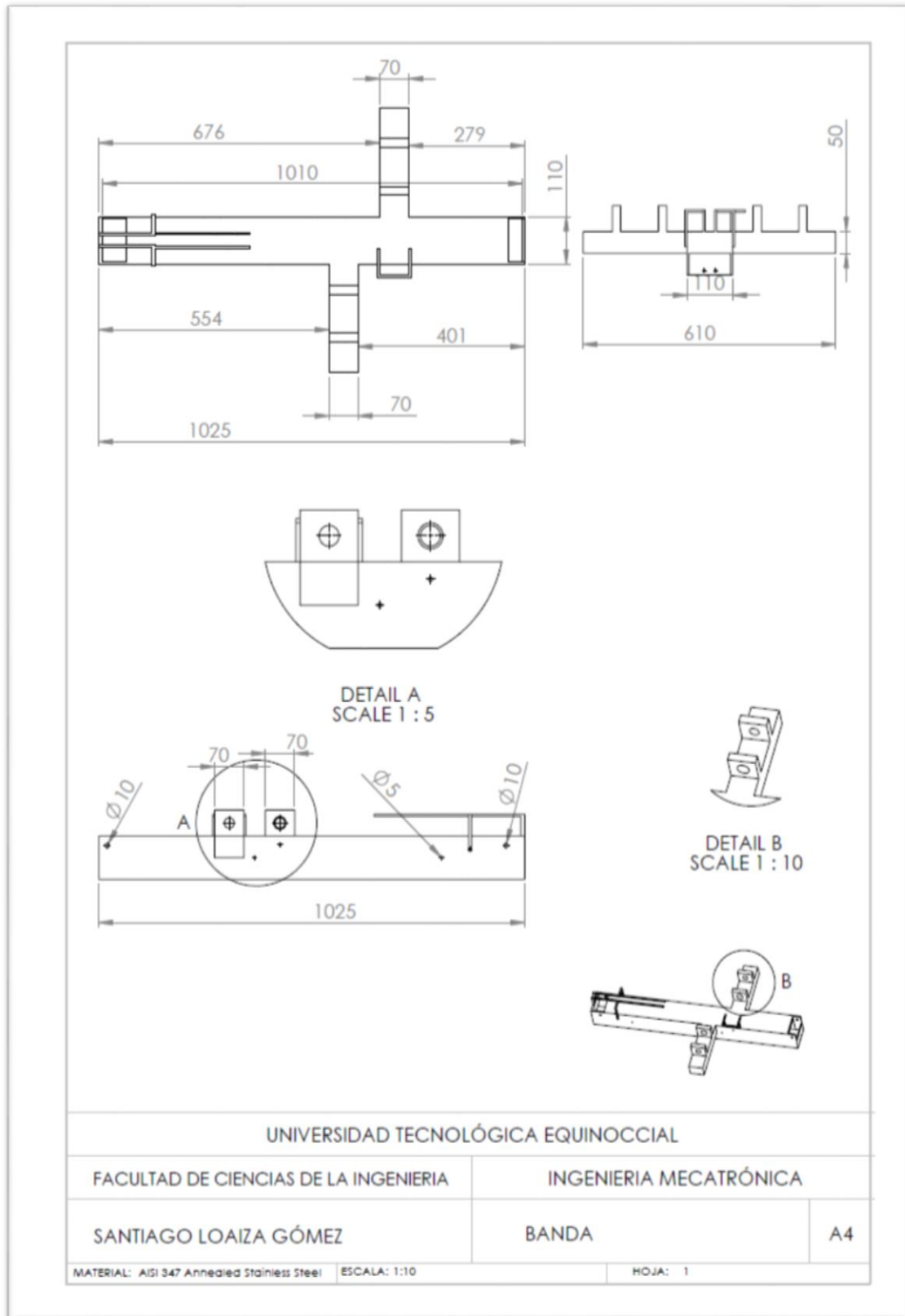
XC3 Other Types	L1 (mm)	L2 (mm)
XC3 -24 / 32 family PLC Controller	131	139
XC3 -48 / 60 family PLC Controller	199.4	207.4

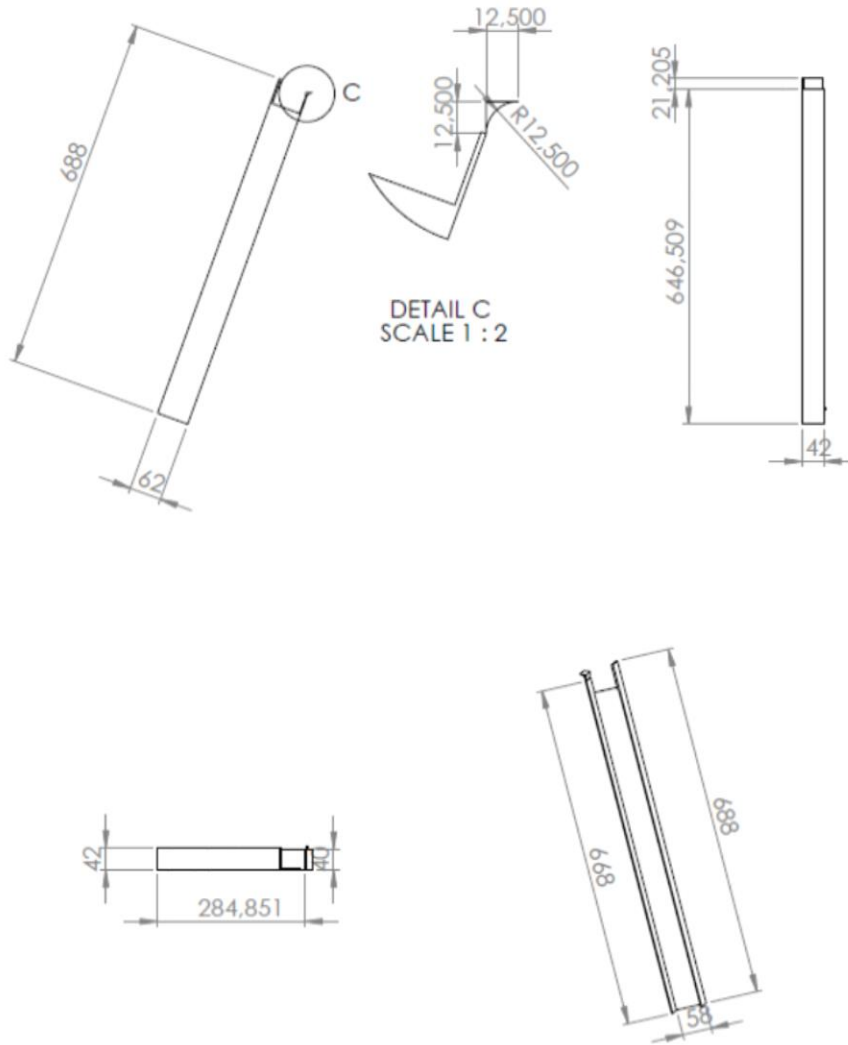


- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Input Terminals      | 2. BD Expansion Slot        |
| 3. Input Labels         | 4. COM 1 Port               |
| 5. COM 2 Port           | 6. COM 3 Port               |
| 7. Output Labels        | 8. Output Terminals         |
| 9. Screws               | 10. Input Indicate LED      |
| 11. Expansion Slot      | 12. PLC Status Indicate LED |
| 13. Output Indicate LED |                             |



## Anexo 7.





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

INGENIERIA MECATRÓNICA

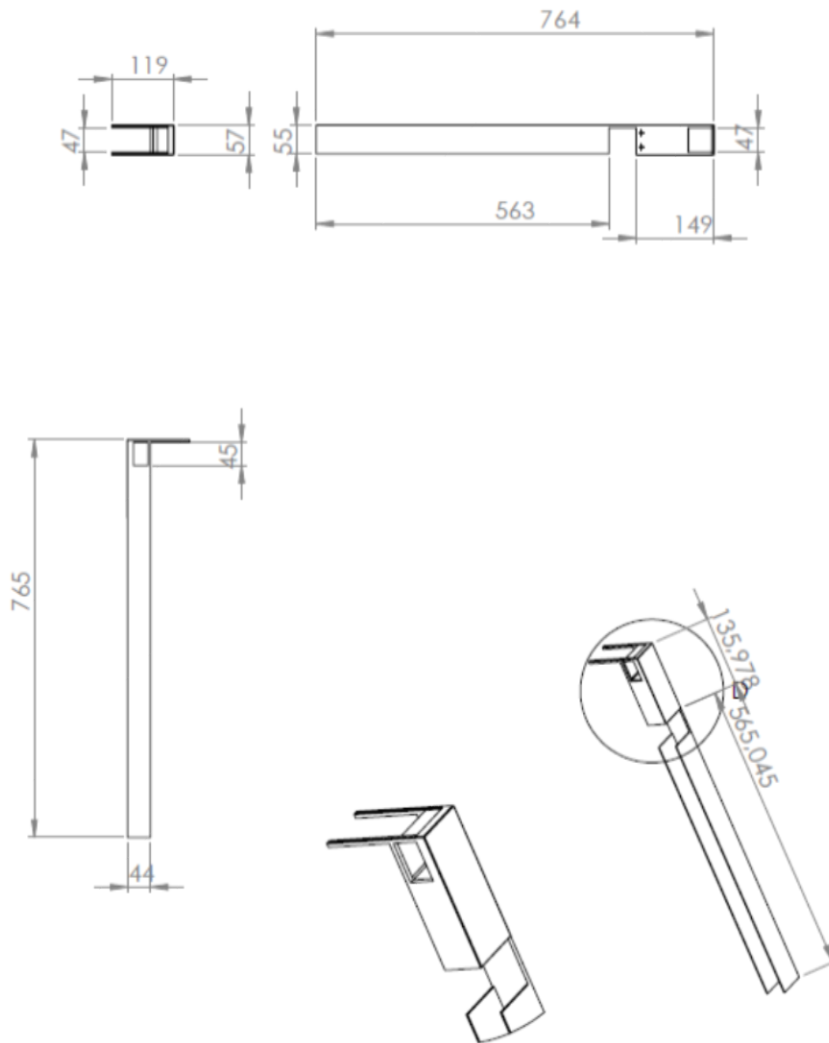
SANTIAGO LOAIZA GÓMEZ

CONTENEDOR B-C

A4

MATERIAL: AISI 347 Annealed Stainless Steel ESCALA: 1:10

HOJA: 2



DETAIL D  
SCALE 1 : 5

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

INGENIERIA MECATRÓNICA

SANTIAGO LOAIZA GÓMEZ

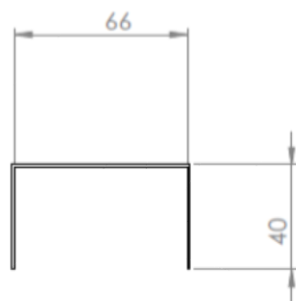
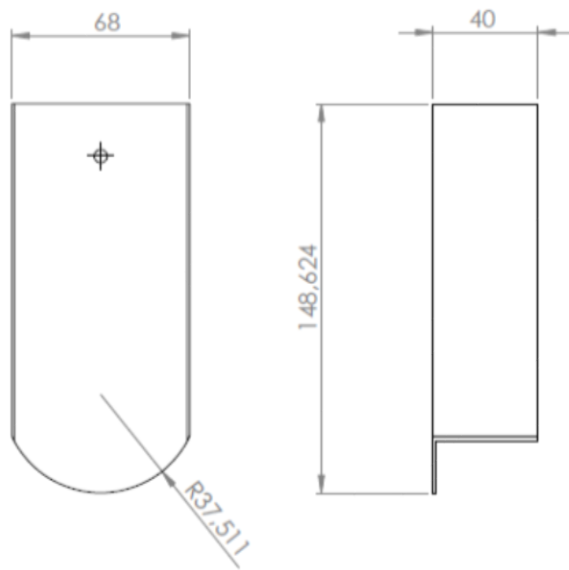
CONTENEDOR A

A4

MATERIAL: AISI 347 Annealed Stainless Steel

ESCALA: 1:10

HOJA: 3



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

INGENIERIA MECATRÓNICA

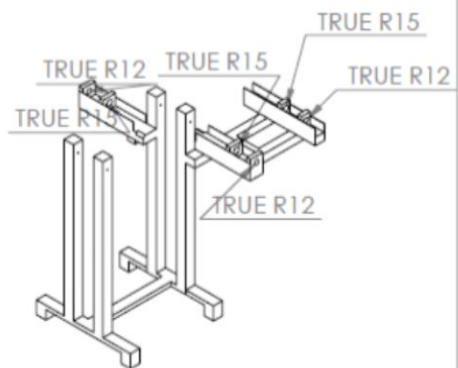
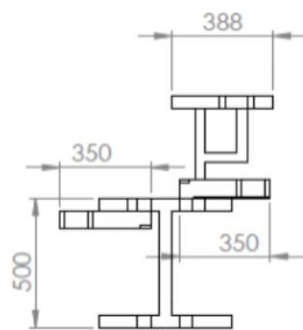
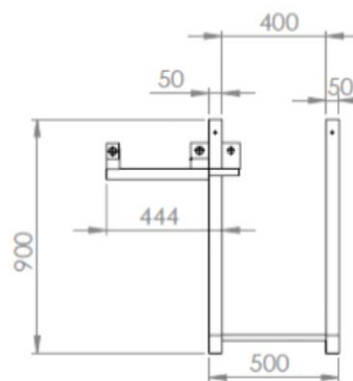
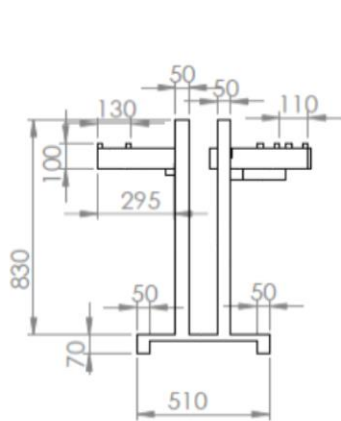
SANTIAGO LOAIZA GÓMEZ

CONTENEDOR CAJA B-C

A4

MATERIAL: AISI 347 Annealed Stainless Steel ESCALA: 1:2

HOJA: 4



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

INGENIERIA MECATRÓNICA

SANTIAGO LOAIZA GÓMEZ

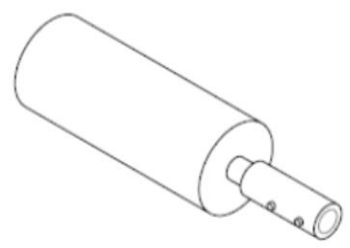
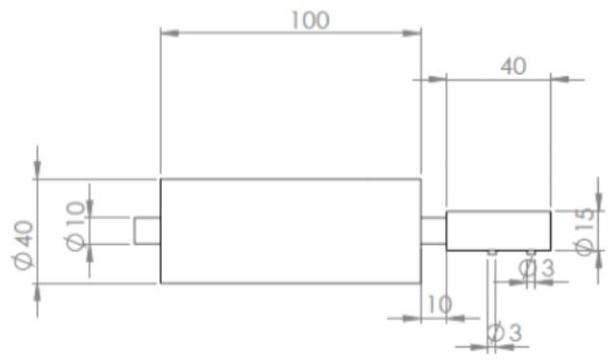
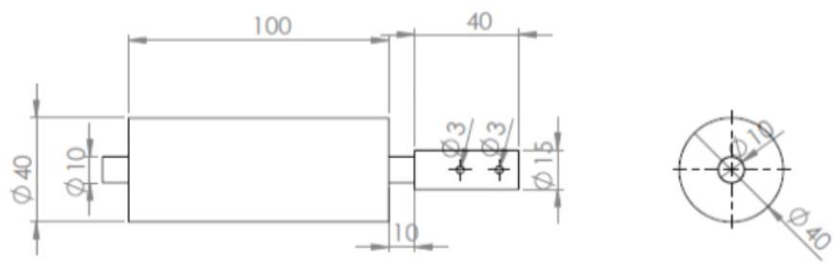
PATAS BANDA

A4

MATERIAL: AISI 347 Annealed Stainless Steel

ESCALA: 1:2

HOJA: 5



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

INGENIERIA MECATRÓNICA

SANTIAGO LOAIZA GÓMEZ

EJE DEL MOTOR

A4

MATERIAL: Steel

ESCALA: 1:2

HOJA: 6