



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE EJECUCIÓN  
EN ELECTROMECAÁNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO DE EJECUCIÓN EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA:**

**DISEÑO , CONSTRUCCIÓN , OPERACIÓN Y MONITOREO  
DE UN DESPACHADOR AUTOMÁTICO DE PRODUCTOS  
TERMINADOS**

**REALIZADO POR:**

**EDISON XAVIER CEVALLOS VISCAÍNO  
BYRON WILFRIDO IZA COFRE**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**JULIO DEL 2002**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que este trabajo fue realizado en su totalidad por los señores Edison Xavier Cevallos Viscaíno y Byron Wilfrido Iza Cofre .

---

Ing. Marco Singaña

DIRECTOR

---

Ing. Washington Freire

CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros mas sinceros agradecimientos a la Escuela Politécnica del Ejercito sede LATACUNGA y en especial a los Ingenieros Marco Singaña y Washington Freire por su acertada dirección y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Un profundo agradecimiento al Ingeniero Armando Álvarez por habernos brindado su apoyo en la realización de la tesis .

Y a todas aquellas personas que ayudaron de una u otra forma a la exitosa culminación de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedicamos a Dios que ha sabido guiarnos por el camino del bien y en especial a nuestros padres por habernos brindado su amor y comprensión incondicional durante todos los días de nuestra existencia .

Xavier Cevallos V.

Byron Iza C.

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
<b>I. GENERALIDADES</b>	
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Antecedentes	5
1.4 Alcance	6
<b>II. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO</b>	
2.1 Operación	9
2.2 Partes constitutivas	13
2.2.1 El sistema Mecánico	14
2.2.2 El sistema neumático	15
2.2.3 El sistema eléctrico y electrónico	16
2.2.4 El sistema de monitoreo	16
2.3 Técnica de control	16
2.4 Aplicaciones	18
<b>III. DISEÑO Y CONSTRUCCION</b>	
3.1 Especificación de elementos y/o dispositivos	20
3.1.2 La banda transportadora	20
3.1.3 Rodillos	24
3.1.4 La estructura metálica	25
3.1.5 Topes y guías	26
3.1.6 Sistema de transportación superior	27
3.1.7 El tornillo sinfín	27
3.1.8 Las guías del tornillo	28

3.1.9 Chumaceras	29
3.1.10 Sistema neumático	30
3.1.11 Sistema eléctrico y electrónico	35
3.1.12 El PLC	42
3.1.13 Motores	45
3.1.14 Reguladores de velocidad	48
3.1.15 Sistema de monitoreo	54
3.2 Diseño y construcción del sistema mecánico	56
3.2.1 Diseño y construcción de la estructura metálica	56
3.2.2 Selección de rodillos	59
3.2.3 Diseño y construcción del tornillo sinfín	66
3.3 Montaje de dispositivos	75
3.4 Diseño y construcción de circuitos electrónicos	78
<b>IV. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	
4.1 Generalidades	88
4.1.1 Definición	88
4.1.2 Ventajas e inconvenientes de los PLC´s	89
4.2 Programación del PLC para el control del proceso	90
4.2.1 Lenguajes de programación	91
4.2.2 Entradas del PLC	94
4.2.3 Salidas del PLC	95
4.2.4 Especificaciones del PLC Mitsubishi	96
4.2.5 Programación	97
4.2.6 Funciones del sistema de control	100
4.3 Estudio del software para el monitoreo del proceso	101
4.3.1 Panel frontal	101
4.3.2 Diagrama de bloques o programación	102
4.3.3 El ambiente de programación de Labview	103
4.3.4 La adquisición de datos	107
4.4 Desarrollo del software	109
4.4.1 Pantallas de presentación	110

4.4.2 Simulación del proceso	114
4.2.3 Ingreso de datos a la tarjeta de adquisición	118
<b>V . PRUEBAS Y RESULTADOS</b>	
5.1 Pruebas individuales de dispositivos y/o elementos	123
5.2.- Pruebas del sistema neumático , eléctrico , electrónico y de control.	125
5.2.1 Pruebas del sistema neumático	126
5.2.2 Pruebas del sistema eléctrico	127
5.2.3 Pruebas en el sistema electrónico	131
5.2.4 Pruebas en el sistema de control	134
5.3 Pruebas en el sistema de monitoreo	135
5.4 Pruebas generales	137
5.4.1 Conexiones eléctricas	137
5.4.2 Arranque y parada normal del prototipo	138
5.4.3 Detección de fallas	139
5.4.4 Recomendaciones técnicas	140
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1 Conclusiones	142
6.2 Recomendaciones	145
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	150
<b>REFERENCIAS</b>	151
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO A .</b> Tipo de bandas transportadoras	
<b>ANEXO B .</b> Tipos de transportadores	
<b>ANEXO C .</b> Características de la tubería utilizada en la construcción de la estructura metálica del prototipo	
<b>ANEXO D.</b> Fotografías del despachador automático de productos terminados	

## **PLANOS**

### **I.- GENERALIDADES**

El presente capítulo hace referencia a las generalidades que corresponde a la parte introductoria del proyecto y en el cual se incluye los objetivos, los antecedentes , el alcance y la justificación que llevaron a elegir y realizar el proyecto.

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El proyecto que se realiza esta relacionado con un tema de mucha importancia , para la empresa industrial, que es la automatización de procesos. Se analizaran sus aplicaciones, las ventajas y desventajas que éste presenta y un sin numero de aspectos que nos ayudara a entender este tema para posteriormente aplicarlo a nuestro prototipo.

La automatización es muy importante , ya que nos da una visión mucho más amplia de lo que ésta puede hacer en una empresa .En muchas de ellas se dan procesos de mecanización , transporte , control de diferentes actividades industriales , que conllevan entre otras situaciones a reducir la mano de obra y simplificar el trabajo , es por esto que se utilizan las máquinas para que realicen las operaciones de manera automática; por lo que se da un proceso más rápido y eficiente.

Es obvio , que al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, se logrará que la industria disminuya por ejemplo la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto se incrementará la calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las máquinas automatizadas; todo esto ayudará a que la empresa mediante inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a su competencia ; de lo contrario , la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagada.

El proyecto específicamente corresponde a la posibilidad real de dar una solución técnica al transporte de productos , por medio de un Despachador Automático de Productos Terminados , el mismo que se diseñará y construirá utilizando diferentes elementos disponibles en el mercado nacional.

Teniendo en cuenta las necesidades actuales de la industria y para estar acorde con los avances tecnológicos en el campo de la instrumentación virtual, se ha decidido realizar un sistema tecnificado para el transporte de productos , el mismo que tendrá como complemento la incorporación de un sistema de monitoreo de variables en tiempo real mediante la utilización de un software de aplicación industrial.

Se espera que con este proyecto se pueda incorporar en la industria un proceso automatizado para el despacho de productos y el monitoreo de éste a través de un sistema computacional y de esta manera lograr alcanzar el objetivo que es profundizar mas acerca de este importante campo que es la automatización y sus aplicaciones.

Existen diferentes técnicas para la realización de automatismos : la electromecánica , la electrónica , la neumática etc. Al realizar el proyecto se va a combinar estas tres técnicas principales entre si y además como se mencionó antes se incorporará un programa de monitoreo que nos permitirá desarrollar un trabajo acorde a las exigencias del medio.

La presente tesis esta compuesta por seis capítulos distribuidos de la siguiente manera :

El capítulo I , en el cual se detallan conceptos generales relacionados con el proyecto.

En el capítulo II que se denomina Descripción del Equipo se hará una explicación general de los componentes , elementos y dispositivos del prototipo así como el

de su operación , aplicaciones y las técnicas de control que se van a utilizar en el desarrollo del mismo.

El capítulo III , se refiere a la parte de diseño y construcción del prototipo , en este punto se deben realizar las especificaciones de los elementos y/o dispositivos , el diseño y construcción del sistema mecánico y electrónico y el montaje de dispositivos ; además, se describirá con detalles los elementos que se van a emplear y cómo elegir el mejor para esta aplicación , tomando en cuenta consideraciones técnicas y económicas

El capítulo IV , se refiere a la implementación del sistema de control y se analiza la parte de programación del PLC. De igual forma dentro del mismo se considera el estudio y desarrollo del software que será utilizado para el monitoreo . En conjunto tanto la parte de programación como la de monitoreo viene a constituir el punto mas importante del proyecto ya que aquí se realiza la mayor parte de investigación y debido a que el prototipo que se construirá es tomado de un proceso de producción real , se deberá realizarlo de la mejor forma utilizando nuestros conocimientos y complementándolos con otros que surgirán en el desarrollo del mismo.

En el capítulo V , se desarrollan todas las pruebas en el prototipo para determinar si en éste existen fallas que se deben corregir de tal forma que en lo posterior no afecte al funcionamiento del mismo , dichas pruebas se realizarán en los puntos más importantes del equipo como son los dispositivos y/o elementos , la parte electrónica , eléctrica y neumática ; a través de la realización de las pruebas podremos adquirir destrezas y habilidades que en el futuro nos serán de gran utilidad en la resolución de problemas .

En el último capítulo , se detallan las conclusiones y recomendaciones acerca de la realización del trabajo , constituyen a su vez una parte muy importante ya que por medio de éstas podemos constatar si los objetivos planteados se han cumplido así , como obtener experiencias que se presentaron durante el

desarrollo del proyecto que nos ayudará a plantear nuevas y mejores soluciones a problemas que se presenten en sistemas similares a éste.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVOS GENERALES**

**a.-** El objetivo del presente proyecto es el Diseño , construcción , operación y monitoreo mediante un software de aplicación industrial de un prototipo de “Despachador Automático de Productos Terminados” que sirva de base a industrias que deseen automatizar sus procesos , este proyecto se realizará utilizando recursos económicos y físicos propios.

**b.-** Reducir costos debido a la utilización de elementos de fácil adquisición en el mercado local , los mismos que en conjunto con tecnología propia que se empleará , permitirá que esta nueva alternativa tecnológica sea rentable y de fácil utilización.

**c.-** Utilizar un software de aplicación industrial para el monitoreo de variables involucradas en el proceso, lo que permitirá que el prototipo abarque un campo más real y necesario hoy en día en cuanto al desarrollo de nuevas tecnologías de automatización.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**a.-** Asimilar nuevos conocimientos y experiencias que se presentan durante el desarrollo de nuestro proyecto.

**b.-** Comprender de mejor manera la importancia y la utilización de las diferentes asignaturas que intervienen en la realización del proyecto de grado.

c.- Diseñar y determinar todos los elementos que intervienen en la construcción de este prototipo.

d.- Aportar con un material didáctico a las futuras generaciones que se eduquen en la ESPE-LATACUNGA específicamente en el área de Electromecánica , que permita tener una visión mas amplia de una parte de un proceso de producción real , así como en algún momento poder realizar practicas utilizando este prototipo.

### **1.3. ANTECEDENTES**

Actualmente las industrias tienen planteado el desafío constante de producir más y con mejor calidad , a menores costos y menor cantidad de tiempo y éste ha sido el motor impulsor del desarrollo de la mayoría de industrias. Uno de los puntos necesarios para lograr este objetivo es el control de procesos , el cual actúa en todas las áreas y en todos los niveles de una empresa.

Prácticamente todas las actividades de una empresa están bajo alguna forma de control o monitoreo ; por ejemplo , el control de producción busca el incremento de la eficiencia, la reducción de costos, y la uniformidad y mejora de la calidad del producto, aplicando diversas técnicas como, programación, monitoreo de procesos y la automatización de los mismos ; esto es básicamente lo que se trata de desarrollar al realizar éste proyecto

Hoy en día la necesidad de automatizar la producción no afecta únicamente a las grandes empresas sino también a la pequeña industria , por lo que éstas se ven en la necesidad de desarrollar métodos de producción racionales que excluyen el trabajo manual y no dependan de la habilidad humana.

La fuerza muscular y la habilidad manual deben sustituirse por la fuerza y precisión mecánica , así mismo la fuerza neumática puede utilizar muchas funciones , mejor y más rápidamente de forma regular y sobre todo durante mas tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga.

La energía neumática casi nunca se utiliza en forma individual ; en la mayoría de los casos se necesita de tecnologías complementarias como por ejemplo la electrónica aplicada , la instrumentación industrial y modernos sistemas de control a base de PLC's , que en conjunto con una serie de mecanismos permiten estar a la altura de los requerimientos del mercado , ofreciendo así un mejor producto con mayor calidad eficiencia y garantía.

El desarrollo tecnológico existente hoy en día nos permite contar con herramientas sofisticadas para el control y manipulación de los procesos industriales , especialmente en el ámbito computacional , es por esta razón que en muchos casos de automatización se utilizan a menudo programas que permiten un mejor control del proceso , uno de ellos es el denominado LABVIEW una herramienta muy completa , versátil y de fácil utilización , el mismo que permite un monitoreo y control en tiempo real de una determinada variable del proceso. En la actualidad este software es uno de los mas utilizados en la industria por la grandes ventajas que ofrece , y es por eso que se ha decidido incorporar esta tecnología a nuestro proyecto .

#### **1.4. ALCANCE**

Al abarcar el proyecto la parte del diseño , construcción , operación y monitoreo mediante un software de aplicación industrial de un prototipo de “despachador automático de productos terminados” este involucra la utilización de una serie de elementos como son : eléctricos , electrónicos , neumáticos , mecánicos etc.

Para un mejor entendimiento del alcance que tiene éste proyecto se ha decidido dividirlo en dos partes importantes que son:

- El control
- El monitoreo

Es así que para la parte del control de los motores , pistones y en general de los diferentes mecanismos que intervienen en el prototipo , se hace necesario la

utilización de un PLC , el mismo que permite la maniobra de todos estos elementos ; para lograr este propósito el PLC tiene que recibir señales , las cuales son proporcionadas por los diferentes sensores colocados en el prototipo, igualmente se utilizará un sistema de control de velocidad a través de elementos electrónicos , ya que el prototipo así lo amerita.

En la parte del monitoreo se tendrá que visualizar determinadas variables, para lo cual se utiliza , al igual que en el sistema de control , sensores que cumplan este propósito.

En consecuencia el alcance del proyecto es amplio debido a que en el desarrollo de éste intervienen una gran cantidad de elementos y dispositivos que necesitan ser controlados adecuadamente.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

La automatización de los procesos industriales en las empresas se ha convertido en prioridad para disminuir su tiempo de producción y entrega a sus clientes.

La gran cantidad de productos terminados que manejan la mayoría de las empresas crea la necesidad de hacer uso de nuevas y sofisticadas tecnologías , es así que las industrias se proponen diseñar y construir sistemas de transportación que faciliten el despacho de sus productos terminados.

El fin más importante que abarca el proyecto es el de optimizar procesos industriales en los que no intervengan la fuerza y habilidad del hombre en tareas repetitivas. En éste caso se trata de diseñar y construir un prototipo de Despachador Automático de Productos Terminados ( D.A.P.T) , y monitoreo del mismo con un software de aplicación industrial , para lo cual se utilizará tecnología y elementos que se puedan conseguir en el mercado local , lo cual implica una reducción de costos, que no se lograría talvez al adquirir maquinaria con tecnología extranjera.

Teniendo en cuenta la competitividad que existe hoy en día en el mercado y el desarrollo tecnológico se ha determinado la necesidad de implantar mejores niveles de control de los procesos , mayor aprovechamiento del tiempo y mejor calidad en el producto , por esta razón nuestro proyecto va encaminado a proporcionar una guía a industrias en donde aún no se tenga una automatización de un determinado proceso , la cual se lograría si aprovechamos correctamente los recursos existentes en mercado local tanto materiales como humanos.

## **II.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

En este capítulo se hace referencia a la operación , partes constitutivas , técnica de control y aplicaciones típicas que tiene el despachador automático de productos , en este punto se pretende dar una visión mas amplia de las características y funcionamiento del proyecto.

### **2.1.- OPERACIÓN**

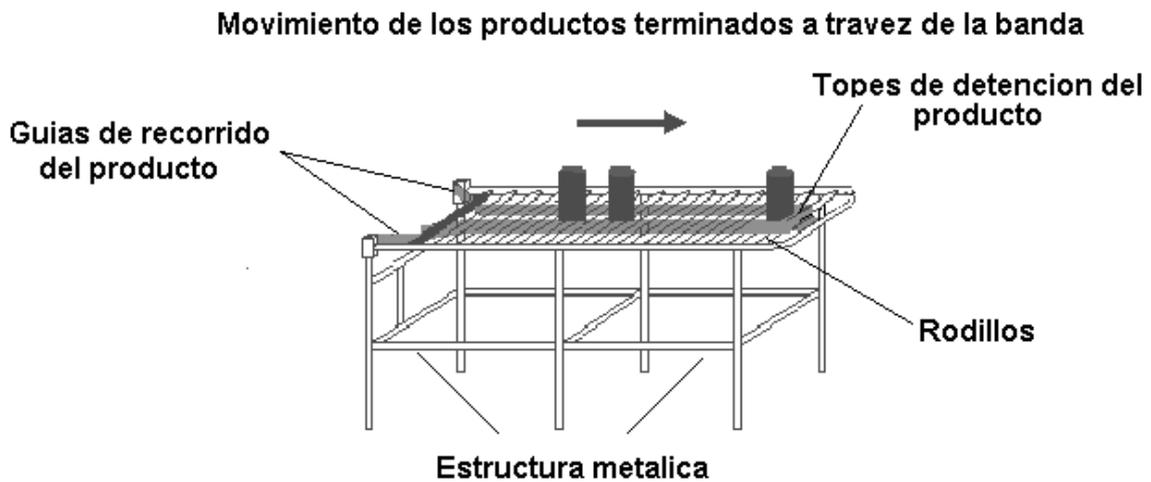
El prototipo a construir tiene una función primordial que es la transportación de productos, este aspecto dentro de una industria constituye un proceso de producción real razón por la cual este equipo debe operar de manera similar a modelos existentes en la industria.

Se debe recordar que en todo proceso existen varios elementos que permiten a éste desarrollar la tarea para el cual fue creado, de igual manera este prototipo posee elementos que intervienen en el funcionamiento del mismo y sobre los cuales se habla a continuación.

El despachador cuenta con una banda transportadora que aprovecha la fuerza de un motor para mover las superficies de transporte ya sean éstas, bandas o rodillos vivos sobre estos elementos van los productos a transportarse.

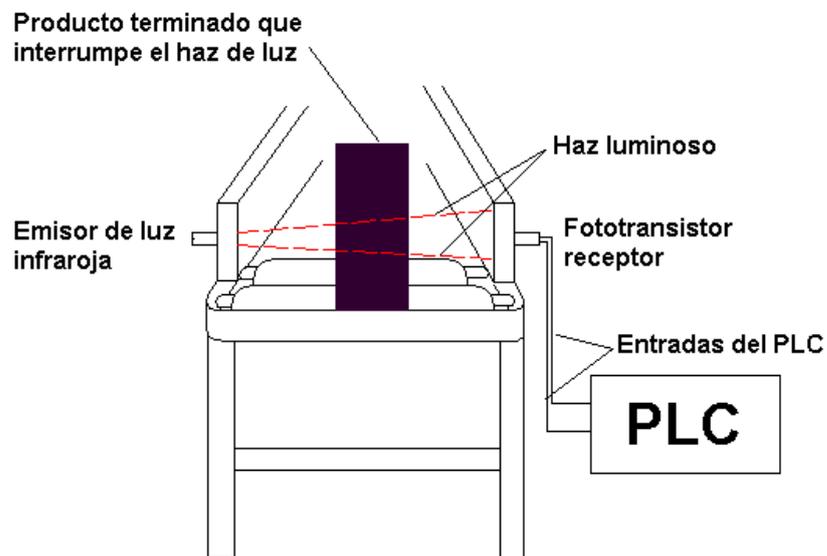
Estos sistemas permiten automatizar el manejo de materiales así como hacer más eficiente y rápido el traslado de los mismos.

La figura 2.1 muestra una idea mas precisa del proceso de transportación sobre la banda.



**Figura 2.1** Transportación d e productos terminados sobre la banda

A lo largo de la banda se encuentran guías tal como lo indica la figura 2.1 cuyo propósito es alinear a los productos al momento del recorrido así como servir de soporte para ubicar los sensores ópticos cuya función es detectar el paso de los productos (fig. 2.2) y enviar las señales al PLC para que dependiendo del número de productos terminados que atraviesen el haz luminoso propio de estos elementos permita el control de los motores los cuales desarrollan la siguiente función:



## Figura 2.2 Funcionamiento de los sensores fotoeléctricos

Realizar el avance de la banda transportadora en un solo sentido mientras que en el tornillo sinfin el movimiento se realiza en los dos sentidos (véase figura 2.5) , el tornillo se ubica en la parte superior del prototipo porque desde esta posición se realiza la transferencia de los productos desde un sitio a otro, además el prototipo cuenta con reguladores de velocidad que se utilizan para establecer una velocidad adecuada y acorde a la producción tanto en la banda como en el tornillo.

Los productos terminados recorren la banda hasta un determinado punto en donde son detenidos por un tope mecánico , posteriormente un brazo neumático formado por 3 pistones sujetos a la tuerca que va acoplada al tornillo descende y debido a la presión del aire que es inyectado en las electro válvulas hace que estos pistones aprisionen los productos de tal forma que estos no puedan sufrir una caída al momento de la transportación , tal como lo indica la figura 2.3

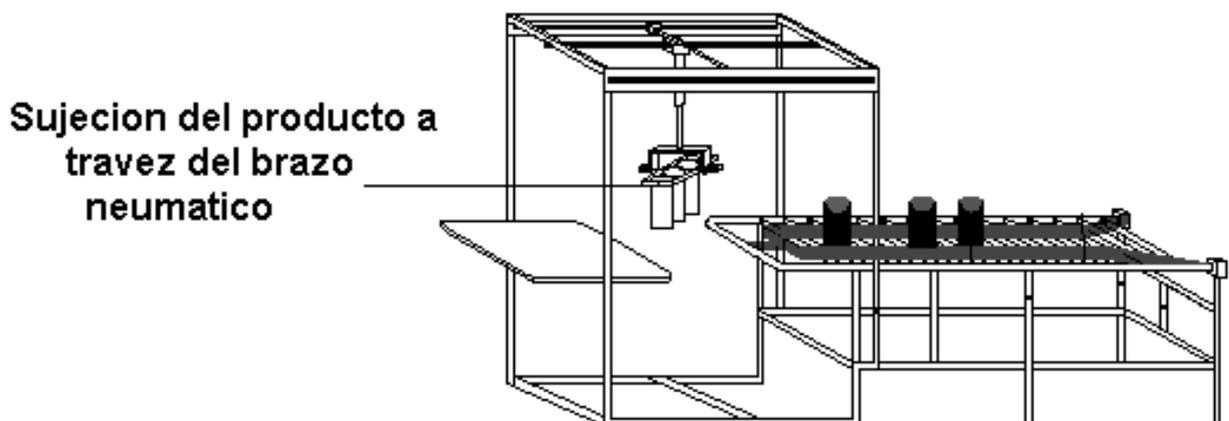
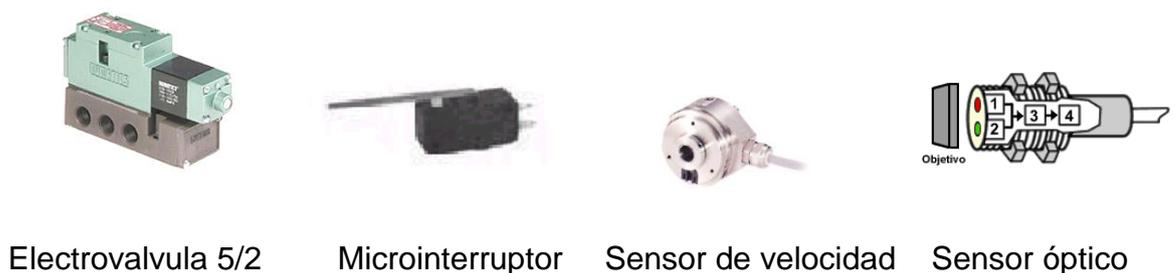


Figura 2.3.- Sujeción del producto

Una vez que el brazo neumático sujeta a los productos este asciende y mediante la acción de un motor que se encuentra acoplado al eje del tornillo sinfín permite que este recorra una determinada distancia logrando de esta forma el transporte de los productos.

Cabe señalar que el objetivo general del proyecto es la automatización de este , por esta razón se deben utilizar elementos que permitan realizar este propósito , desde este punto de vista se determinó que todos los cilindros neumáticos van a tener como elemento de gobierno electroválvulas ya que éstos elementos permiten tener un control mas exacto del flujo de aire inyectado a los pistones , en el caso de los motores las señales son tomadas de los sensores ópticos ( motor banda transportadora ) por una parte , y de los microswitches ( motor transportador superior ) por otra .

La figura 2.4 muestra los elementos utilizados para la automatización del prototipo.

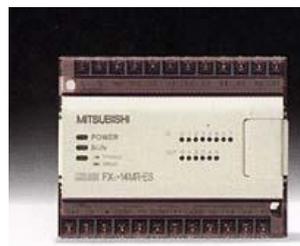


Electrovalvula 5/2

Microinterruptor

Sensor de velocidad

Sensor óptico



Controlador lógico programable

**Figura 2.4 Elementos utilizados en el prototipo para realizar la tarea de automatización**

Por último diremos que el control de los motores y electroválvulas esta a cargo de un PLC, y el monitoreo del proceso se realiza utilizando un software de aplicación industrial ideal para este tipo de tarea.

## 2.2.- PARTES CONSTITUTIVAS

El proyecto consta de una infinidad de dispositivos y mecanismos. Tal como se indica en la figura 2.5

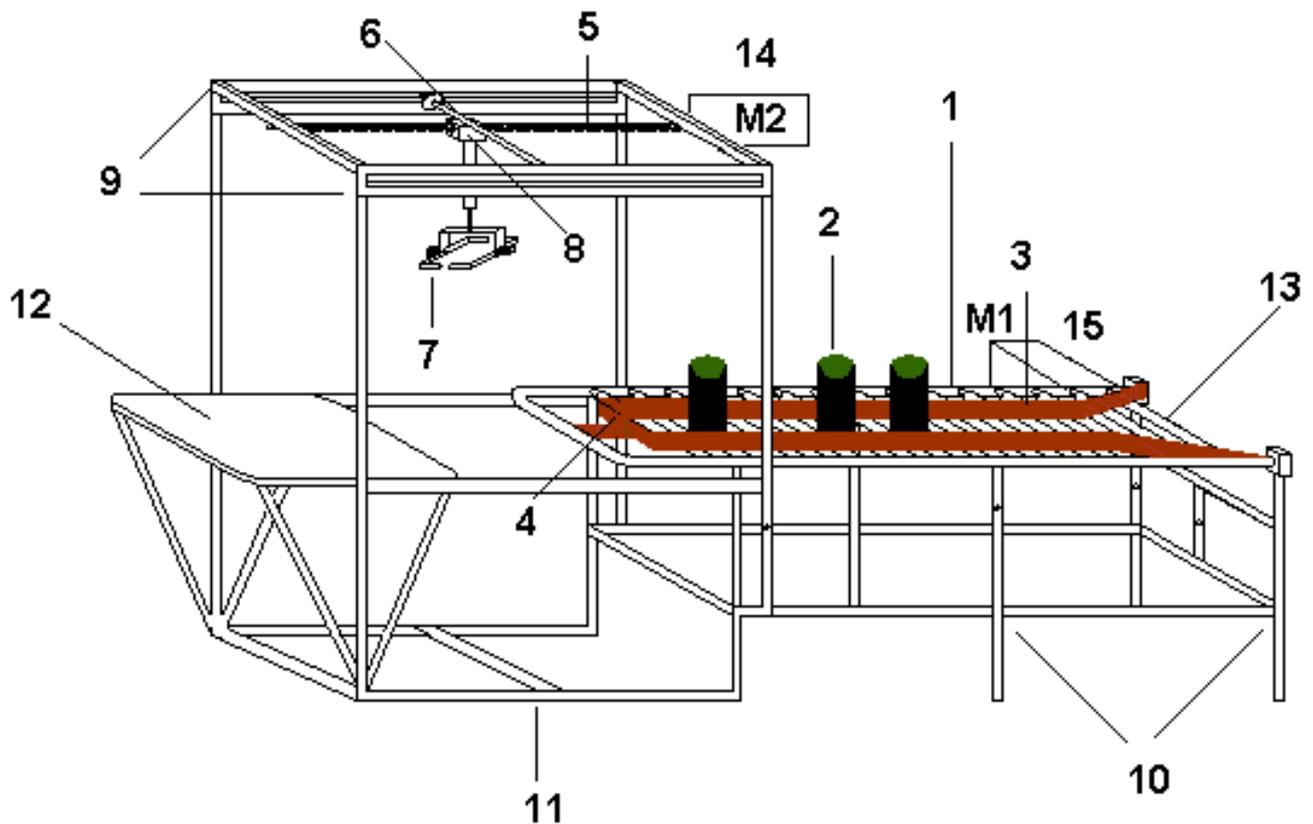


Figura 2.5.- Esquema general del despachador automático de productos terminados

El prototipo esta compuesto por las siguientes partes:

1. Banda transportadora
2. Productos terminados
3. Guías de recorrido del producto

4. Topes para la detención del producto
5. Tornillo sin fin
6. Eje soporte del tornillo
7. Brazo neumático
8. Tuerca acoplada al tornillo sin fin
9. Guías de recorrido del eje
10. Estructura de la banda transportadora
11. Estructura del transportador superior
12. Mesa para depositar los productos terminados
13. Rodillos de la banda transportadora
14. Motor tornillo sin fin
15. Motor banda transportadora

Esta diversidad de elementos hacen que el despachador funcione de una manera correcta y acorde a los requerimientos de la industria , cada elemento del prototipo tiene dispositivos adicionales los cuales se detallan a continuación

### **2.2.1- El sistema mecánico.**

Corresponde a la parte relacionada con la infraestructura, mecanismos, y otros elementos adicionales que combinados adecuadamente permiten que el prototipo sea capaz de desempeñar su labor de una manera eficaz y óptima.

Dentro de lo que significa la parte mecánica se puede realizar una división de los principales elementos que lo conforman, de igual forma una subdivisión donde se describen las partes constitutivas de cada uno de estos elementos, es así que tenemos y de acuerdo a la figura 2.1:

#### **a.- La banda transportadora o sistema de transportación inferior**

Compuesta por:

- El sistema de rodillos
- La banda
- La estructura metálica
- Guías para el recorrido y topes para la detención del producto

## **b.- Transportador superior (véase figura 2.5)**

Compuesto por:

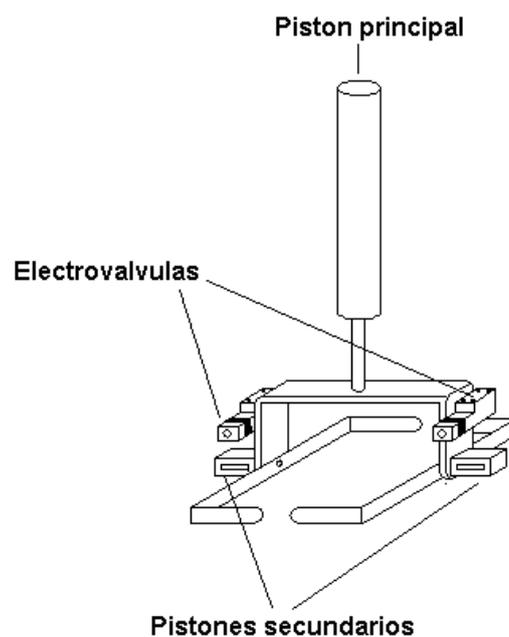
- El tornillo sinfin
- Eje soporte del tornillo sinfin
- Las guías de recorrido del eje
- Estructura metálica
- Mesa para depositar los productos terminados

### **2.2.2 El sistema neumático**

En la actualidad, muchos sistemas de transportación cuentan con elementos neumáticos que realizan diferentes tareas dentro de un proceso de producción como por ejemplo: sujetar productos, como es el caso de este prototipo, para lograr este propósito el sistema neumático del despachador cuenta con los siguientes elementos :

#### **a.- Pistones**

#### **b.- Electro válvulas**



## **Figura 2.6.- Componentes del sistema neumático**

### **2.2.3 El sistema eléctrico y electrónico**

Con respecto al sistema eléctrico y electrónico el proyecto cuenta con varios dispositivos que permiten el control y automatización de éste ( véase figura 2.4) , entre ellos tenemos:

#### **a.- Sensores**

- Ópticos
- Microinterruptores
- De velocidad

#### **b.- PLC**

#### **c.- Motores**

#### **d. Reguladores de velocidad**

### **2.2.4 El sistema de monitoreo**

Constituye uno de los elementos fundamentales del prototipo puesto que mediante este sistema se podrá visualizar las variables del proceso, tal como se planteó dentro de los objetivos del proyecto.

Este sistema cuenta con herramientas necesarias tales como :

#### **a.- El software de aplicación industrial**

#### **b.- La tarjeta de adquisición de datos**

#### **c.- Otros**

## **2.3.- TECNICA DE CONTROL**

En la actualidad existen diversas técnicas de control de procesos entre las cuales se enumeran las siguientes:

- Control electrónico
- Control electromecánico
- Control hidráulico y neumático
- Control a base de autómatas programables
- Control computarizado, etc.

Para la automatización de un determinado proceso dentro de una industria se necesita contar la técnica y los dispositivos adecuados, que en conjunto cumplan con este fin , en el caso del Despachador Automático de Productos Terminados, se involucran e interrelacionan la mayor parte de los controles antes señalados , debido a que en el proyecto intervienen diversos elementos cuyo funcionamiento esta regido por diferentes principios .

Consecuentemente y debido a la disponibilidad y factibilidad que se tiene para utilizar un controlador lógico programable , se optó precisamente por usar este tipo de técnica, la mayor ventaja existente al usar este tipo de control es la facilidad que existe en interlazar las otras técnicas en una sola , en este caso utilizar el PLC como elemento de centralización , en donde se puedan recibir todas las señales de entrada , sean estas digitales o analógicas provenientes de elementos electromecánicos , electrónicos , etc. para posteriormente enviar señales de activación o desactivación a los diferentes elementos , que en el caso del prototipo constituyen las bobinas encargados del control de los motores y las bobinas de las electroválvulas que gobiernan el avance o retroceso de los pistones , estos elementos constituyen salidas en el PLC , El controlador lógico programable al ser en un pequeño microprocesador requiere de un software para realizar la programación durante esta etapa los datos enviados a las entradas del PLC son organizadas de acuerdo al funcionamiento y restricciones del proceso , en si para activar o desactivar las salidas correspondientes.

Primordialmente los dispositivos que necesitan una técnica de control dentro del prototipo son:

Los motores y las electroválvulas

Todos estos elementos estarán siendo controlados a través de un PLC .

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se realizaba de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las

conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede realizar un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El control a base de autómatas programables ha intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan sustituido por otras controladas de forma programada logrando un control mas preciso , eficaz y rápido de las diferentes etapas dentro de proceso de producción.

Un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, sensores , etc...) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, bobinas de electrovalvulas , etc..)

En los capítulos III y IV se detallarán con mayor profundidad lo referente a la utilización del PLC como elemento de control , así como de los reguladores de velocidad.

## **2.4. -APLICACIONES**

Los sistemas de transportación constituyen en la actualidad un herramienta de gran valor en la solución del despacho de diferentes productos , las empresas hoy en día se ven en la necesidad de automatizar sus procesos para de esta forma estar a la par con el avance tecnológico impuesto por el mercado industrial .

El prototipo esta diseñado con el fin de usar la capacidad de diferentes elementos para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

Los sistemas de transportación por medio de bandas aprovechan la fuerza de un motor para mover las superficies de transporte ya sean, éstas bandas o rodillos vivos. Estos sistemas permiten automatizar el manejo de materiales así como hacer más eficiente y rápido el traslado de los mismos. Permiten además

establecer ritmos de trabajo en las diferente estaciones de proceso colocadas a lo largo del transportador. Se justifican cuando la producción y/o el manejo de materiales es intensivo y se busque mayor eficiencia en las operaciones.

A continuación se indica las diversas aplicaciones que podría tener el prototipo al ser implementado en un proceso de producción.

- Este tipo de despachadores son los mas utilizados a nivel industrial sus aplicaciones van desde el transporte de pequeños productos tales como: cajas, cartones , bolsos etc, hasta cargas pesadas como : tarimas y barriles.
- El prototipo puede ser utilizado en empresas lácteas para el transporte de envases con contenidos derivados de la leche , debido a que estos necesitan ser almacenados en cuartos fríos y en donde los obreros no tiene la facilidad de estar expuestos a bajas temperaturas por un largo periodo de tiempo.
- Su utilización también puede tener un aplicación importante en una industria textil para el transporte de rodillos de hilo .
- Otra aplicación del prototipo puede estar dado en industrias alimenticias encargadas de la fabricación de conservas , galletas, enlatados etc.
- En empresas dedicados a la elaboración de pintura puesto que estos productos pueden ser fácilmente despachados por el prototipo únicamente realizando pequeñas modificaciones constructivas.
- En general la aplicación del despachador automático de productos es amplia y diversa , debido a que en toda empresa existe precisamente productos que deben ser despachados y el proyecto en si constituye una alternativa adecuada para esta tarea , por tratarse de un prototipo lógicamente el despachador cuenta con restricciones que limitan su aplicación en forma mas amplia ; sin embargo , realizando adecuaciones constructivas su implementación en la industria puede abarcar un importante campo de aplicación.

### **III.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

Este capítulo tiene como objetivo profundizar más en el conocimiento de las especificaciones de los elementos y/o dispositivos , montaje de los mismos , diseño del sistema mecánico y el diseño del sistema electrónico , en esta parte se realiza un mayor estudio de los elementos y del diseño que rige la construcción del prototipo.

#### **3.1.- ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS**

##### **3.1.2.- LA BANDA TRANSPORTADORA**

###### **Principio de funcionamiento**

Las bandas transportadoras son una invención maravillosa , mueven grandes cantidades de materiales con rapidez y seguridad. Permiten que los trabajadores reduzcan la cantidad de materiales que se manejan a mano aumentando así la capacidad de trabajo y el rendimiento de la producción. La reducción del manejo de material también reduce las probabilidades de lesiones a la columna y las manos de los trabajadores.

En su forma más elemental, consisten en una banda que recibe su tracción mediante rodillos especiales los cuales a su vez son conducidos por moto reductores. La banda es fabricada, según su aplicación, con materiales y dimensiones diferentes y sirve directa o indirectamente para transportar los materiales.

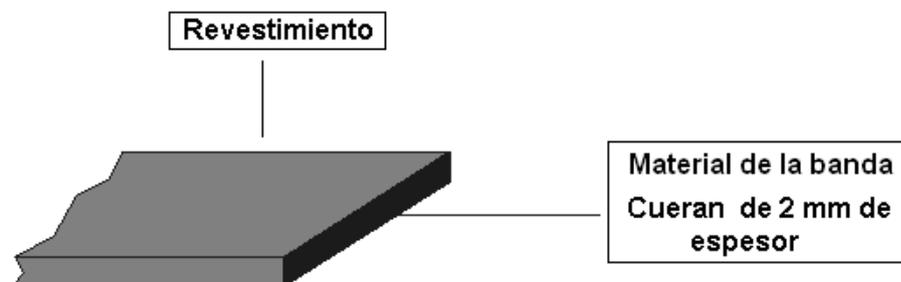
El material del que esta fabricado la banda del prototipo es CUERAN de color negro cuyo espesor es 2 mm , su longitud 1.38 mts y su ancho 31.5 mm , se

utilizó este material porque en el mercado normalmente las bandas son hechas de materiales de gran espesor y debido a que el proyecto es mas enfocado a la parte didáctica se utilizó el material antes descrito.

A continuación se muestra un ejemplo de las características técnicas que debe poseer una banda.

<b>COBERTURA SUPERIOR</b>	
MATERIAL COBERTURA	CUERAN
COLOR COBERTURA	NEGRO
ESPESOR [MM]	2.00
<b>COBERTURA INFERIOR</b>	
MATERIAL COBERTURA	CUERAN
COLOR COBERTURA	NEGRO
ACABADO COBERTURA	TEJIDO
<b>BANDA</b>	
ESPESOR [MM]	2.00
PESO (LB)	0.4
ANCHO MÁX. FABRICACIÓN [MM]	31.5

### **ESTRUCTURA GRÁFICA**



## **Consideraciones generales**

Las bandas transportadoras son seguras cuando se las usa correctamente, pero pueden ser peligrosas e incluso mortales si los trabajadores no siguen los procedimientos de seguridad al trabajar con ellas o cerca de ellas.

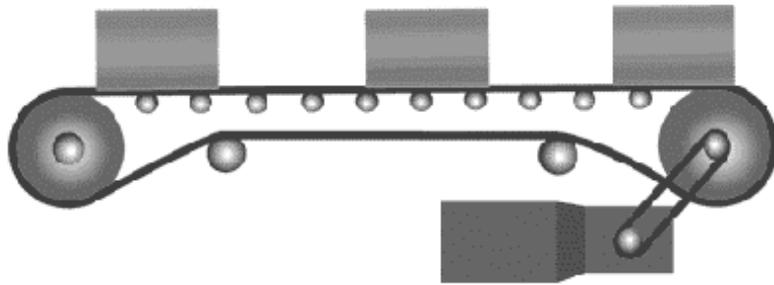
Se debe colocar los materiales sobre la banda transportadora para trasladarlos de manera segura. Al retirar los materiales de las bandas transportadoras, los trabajadores deben permanecer alerta y salvaguardar sus manos; el material en movimiento puede crear puntos de aplastamiento. La manera de vestirse —ropa suelta, cabello largo y joyas— al trabajar en las bandas transportadoras o cerca de ellas puede representar el riesgo de quedar atrapado en la banda transportadora. Es por esta causa que el prototipo pretende eliminar la intervención humana mediante la automatización del proceso.

## **Tipos de banda**

### **a.- BANDAS SOBRE PLANCHAS O CAMA DESLIZANTE**

La figura 3.1 muestra este tipo de banda la cual consiste en una plancha o lámina soportada entre dos perfiles que conforman la estructura del soporte. La banda se desliza sobre la lámina soportando y transportando directamente los materiales. Este tipo de banda es la utilizada en el despachador automático de productos terminados (D.A.P.T)

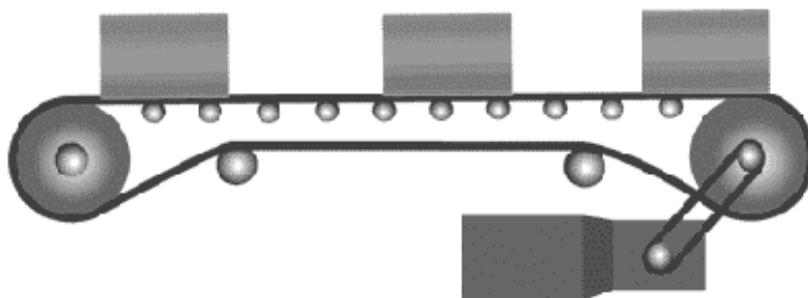
El transportador de banda sobre lámina es una buena alternativa para el transporte de grandes mezclas de pequeños productos que no necesariamente van empacados. Resulta a su vez una alternativa más económica que la banda sobre rodillos, pues éstos se sustituyen por una simple lámina que sirve de soporte para la banda. Normalmente se utiliza este sistema en tramos relativamente cortos y con cargas de liviano a mediano peso debido a la excesiva fricción que pueda generarse entre la banda y la lámina.



**Figura 3.1.- Bandas sobre planchas o cama deslizante**  
**b.- BANDAS SOBRE RODILLOS**

En este sistema la banda se mueve sobre una superficie de rodillos. El sistema como tal ofrece una gran capacidad para el transporte de materiales pesados ya que los rodillos sólo ofrecen una superficie estructuralmente fuerte, sino también porque su libre rodamiento permite transportar cargas más pesadas en forma más eficiente , el despachador de productos posee precisamente este tipo de banda debido a las ventajas antes señaladas .

Seguidamente en la figura 3.2 se muestra el diagrama de funcionamiento de este tipo de bandas .



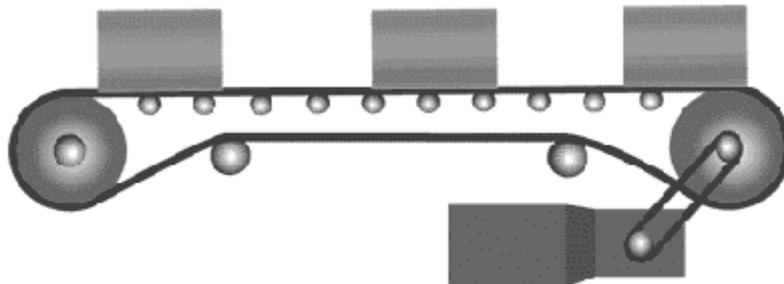
**Figura 3.2.- Banda sobre rodillos**

### **C.-RODILLO VIVO**

En este sistema la banda corre por debajo de los rodillos dándole tracción a los mismos. Su principal ventaja es la posibilidad de lograr diferentes niveles de acumulación en los materiales a ser transportados.

Ajustando la presión que realiza la banda contra los rodillos se puede lograr desde sistemas con muy poca posibilidad de acumular hasta sistemas donde los materiales pueden ser frenados muy fácilmente.

Es útil para cargas medianas o pequeñas transportadoras en cajas, bandejas o tarimas



**Fig. 3.3.- Banda sobre rodillos vivos**

### **3.1.3.- RODILLOS**

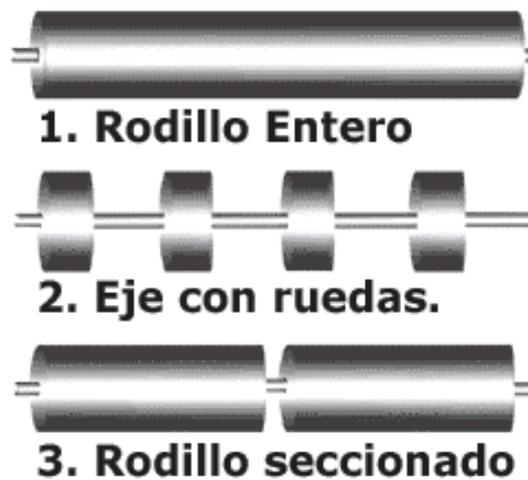
Los rodillos son elementos mecánicos de forma circular tal como lo indica la figura 3.4 , estos facilitan el movimiento de los objetos a ser trasladados son utilizados primordialmente cuando es necesario hacer un cambio en la dirección de la carga, ya sea por límite de espacio o que la posición de las estaciones por las que debe pasar dicha carga no puedan ser alcanzadas solamente con tramos rectos, las curvas ofrecen la flexibilidad de ajustarse al espacio y ruta.

La utilización de rodillos en el prototipo se justifica debido a que es la forma mas factible de trasladar los productos terminados , ya que la banda transportadora necesita de un soporte o punto de fijación en este caso los rodillos constituyen estos elementos.

De igual manera que en los tramos rectos, el diseño se hace considerando la carga que se debe transportar, además es posible utilizar diferentes tipos de rodillos.

Los rodillos pueden ser enteros para aplicaciones comunes como es el caso del sistema de transportación mediante bandas , o pueden ser seccionados para curvas o intersecciones de soportes .

Para aplicaciones de carga liviana, se pueden utilizar ruedas formando tramos rectos, curvas o intersecciones, y siendo su gran ventaja el poco peso del soporte terminado.



***Figura 3.4 . Rodillos para bandas transportadoras***

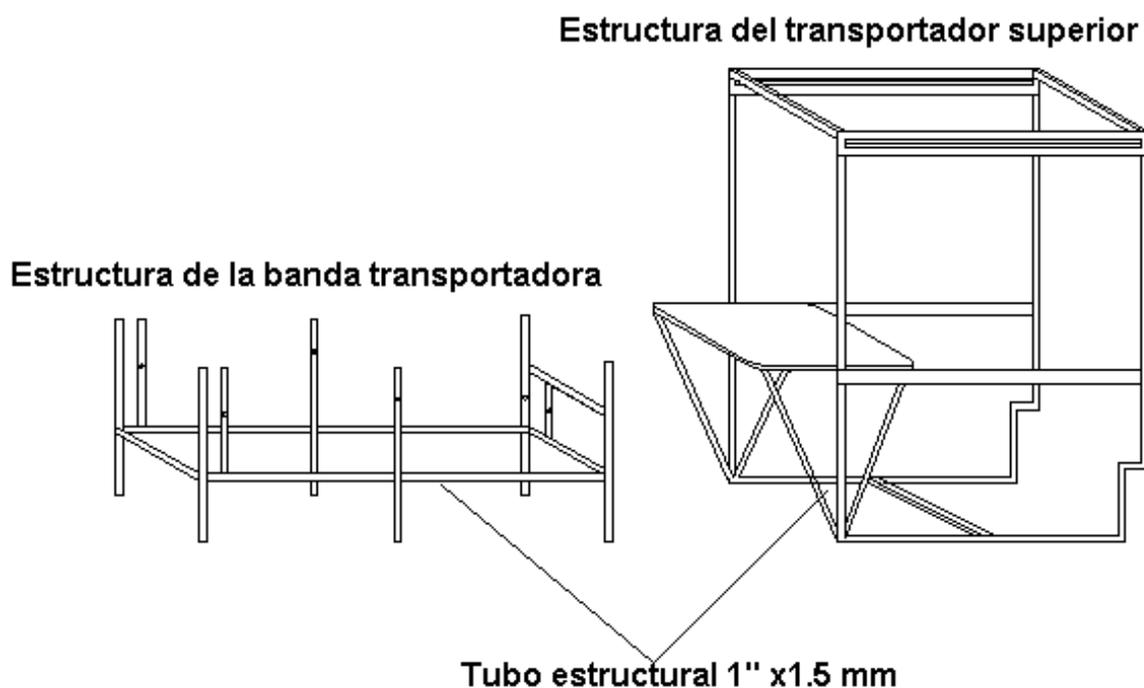
#### **3.1.4.- ESTRUCTURA METÁLICA.**

La estructura metálica corresponde a la parte vital del proyecto puesto que esta sirve para alojar los diferentes elementos y dispositivos que intervienen en la construcción del despachador .

Su buena o mala construcción influye de gran manera en el correcto funcionamiento del proyecto deben utilizarse los materiales en las dimensiones y cantidades adecuadas.

Este armazón metálico es el encargado de alojar a los diferentes elementos del prototipo por consiguiente deben tener un material adecuado para evitar vibraciones propias de los motores, roturas y pandeos propias del peso en conjunto de los elementos .

La figura 3.5 muestra las estructuras utilizadas en la elaboración del despachador.



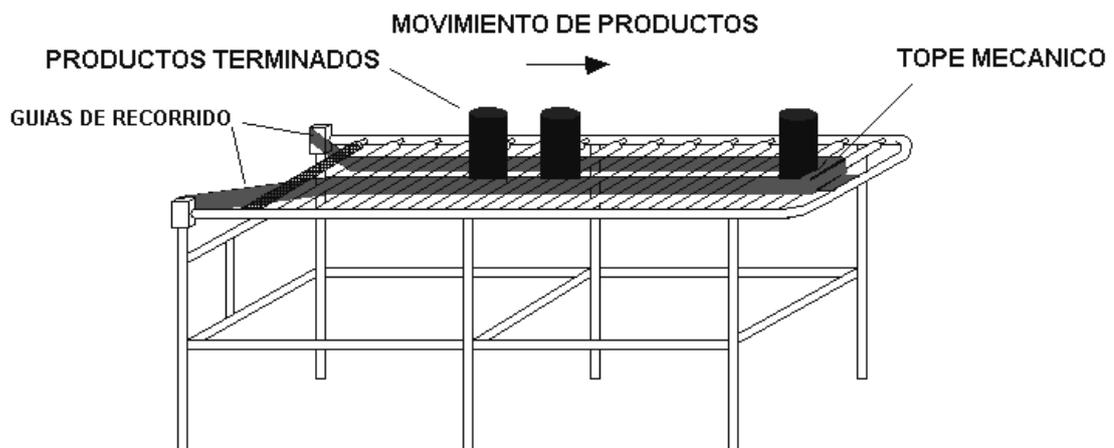
***Figura 3.5 Estructura del prototipo***

### **3.1.5.- TOPES Y GUIAS**

A lo largo de la banda se ubican guías y topes mecánicos fabricados de platina de 2" x 1/8" la longitud de las guías es 160 cm , la función de estos elementos es permitir el correcto deslizamiento del producto a través de la banda, y también , alojar a los sensores que estarán ubicados en estos.

Por otra parte en el final de la banda se encuentran topes mecánicos que permiten detener al producto ( figura 3.6 ), para que el brazo neumático pueda sujetarlos sin problemas.

Además , cabe señalar que mientras los productos son detenidos la banda continuará girando hasta que todos estos sean situados adecuadamente .



***Figura 3.6 Topes y guías de recorrido del producto***

### **3.1.6 SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN SUPERIOR**

En lo referente al transportador superior su material de fabricación es similar la de la banda es decir tubo estructural de 1"x 1.5mm . En este armazón se encuentra ubicado tanto la mesa que es el punto de llegada de los productos la misma que esta elaborada de madera y que se acopla a la estructura metálica

mediante tornillos , igualmente en este transportador se halla el tornillo sinfín elemento primordial para la transmisión de movimiento (figura 3.5).

### 3.1.7.- EL TORNILLO SINFIN

Como se mencionó anteriormente el objetivo de este elemento es trasladar el producto desde la banda transportadora hasta la mesa situada en el otro extremo la figura 3.6 muestra un esquema del tornillo sinfín utilizado en el prototipo. Dentro de las principales especificaciones técnicas que se puede dar al tornillo se encuentran las siguientes:

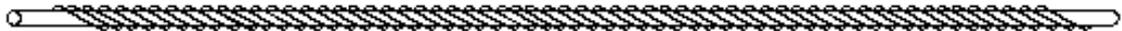


Figura 3.6 Tornillo sinfín

#### DATOS DEL TORNILLO

**Sistema empleado para la fabricación:** SEGUN NORMA DIN 379 y 103

<b>Tipo de rosca:</b>	Rosca basta trapecial ( Tr= 25 x8 )
<b>Diámetro exterior :</b>	25mm
<b>Diámetro del núcleo:</b>	16.5 mm
<b>Paso :</b>	8mm
<b>Número de entradas:</b>	1
<b>Altura del filete:</b>	4.25 mm
<b>Longitud de roscado:</b>	1012 mm
<b>Tipo de material :</b>	Acero de construcción
<b>Tipo de hilo:</b>	Grueso

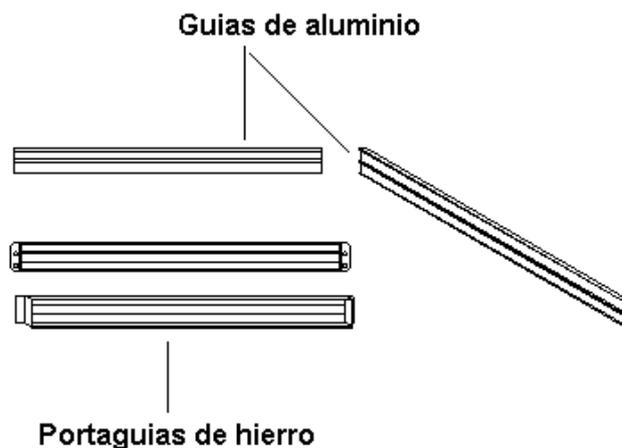
#### DATOS DE LA TUERCA

<b>Diámetro exterior:</b>	25.5 mm
<b>Diámetro del núcleo:</b>	18 mm
<b>Longitud de la tuerca:</b>	70mm

**Tipo de hilo:** Grueso

### 3.1.8.- GUIAS DEL TORNILLO

Las guías del tornillo están fabricadas de aluminio y van dispuestas sobre rieles de hierro su longitud es de 105 cm, la función específica de estas guías es permitir el deslizamiento de la tuerca acoplada al tornillo mientras este gira, la tuerca se une mediante soldadura a un eje provisto de 2 rodamientos a los extremos los mismos que se introducen dentro de las cavidades existentes en las guías y permiten el movimiento de todo este mecanismo., además estas guías soportan todo el peso del brazo neumático, por lo que constituyen un elemento primordial del prototipo a continuación la figura muestra la forma de las guías utilizadas para el recorrido del tornillo



**Figura 3.7. Guías del tornillo**

### 3.1.9.- CHUMACERAS

Estos elementos son los encargados de centrar el tornillo mientras este se encuentra girando, las chumaceras son elementos que están compuestos por un elemento fijo ( el armazón) y un elemento móvil ( rodamiento), la combinación de estos dos elementos ayudan a que el movimiento del tornillo sea mas suave y preciso, las chumaceras están ubicadas en los extremos del transportador superior y se encuentran sujetos a este mediante pernos su diámetro es de  $\frac{3}{4}$ " y esta en función del diámetro del tornillo. Adicionalmente en los extremos del

tornillo se alojan tanto un matrimonio que sirve de unión entre el eje del motor y el tornillo, mientras que en el otro extremo se ubica el sensor de velocidad . La figura 3.8 muestra un chumacera para soporte de ejes en movimiento la misma que fue utilizada en el prototipo.



**Figura 3.9 Esquema de una chumacera**

### **Características**

Marca: Beaning

Seie: UCP 204-12

Diámetro interior :19 mm

Material de fabricación del armazón : Hierro fundido

Tipo de rodamiento: Esferas

Diámetro de los agujeros para sujetarlos contra una base fija : 11 mm

Tipo de lubricación : Grasa Liviana

Diámetro de los prisioneros usados para fijar el rodamiento contra el eje del tornillo: 6 mm

### **3.1.10.- SISTEMA NEUMÁTICO**

Como punto de partida, debemos tomar en cuenta el rango de presiones que se utilizan en los componentes neumáticos: la presión máxima empleada en neumática es de 12.5 bares y, que en aplicaciones normales, la presión oscila entre 4 y 6 bares , este rango de presiones es el que se utilizó para alimentar a los pistones del brazo neumático .

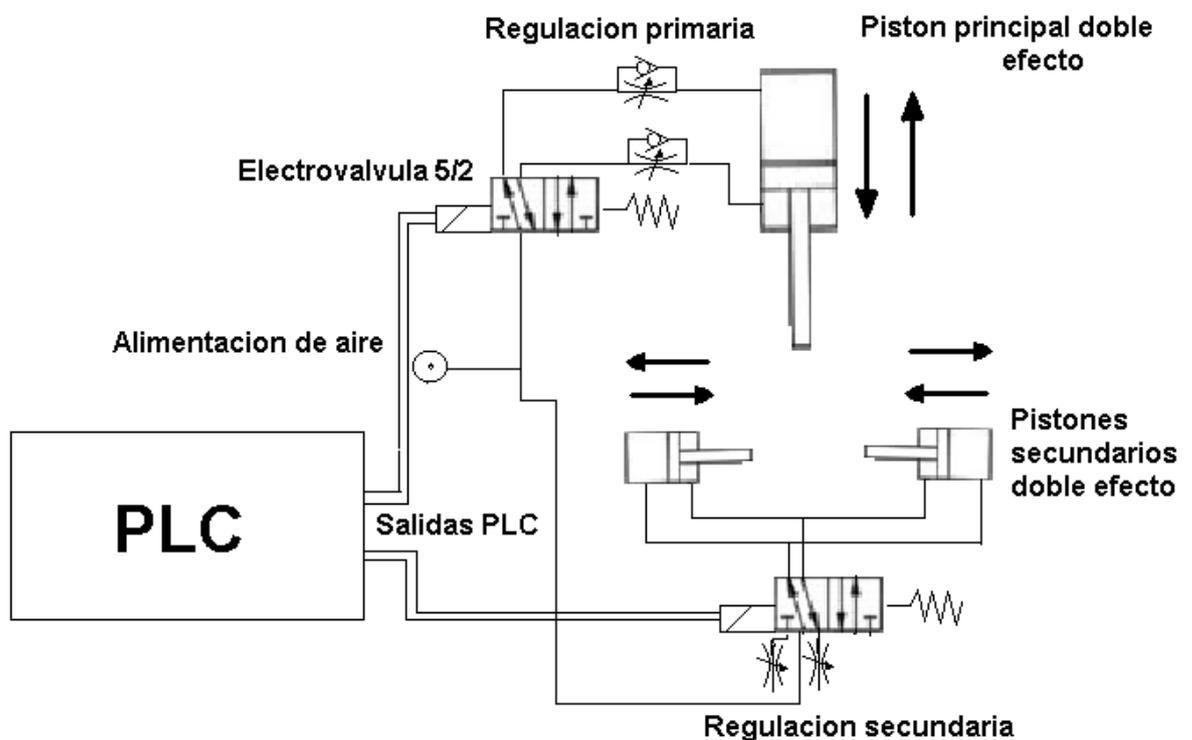
En nuestro país se emplean las siguientes unidades de presión; psi = libras por pulgada cuadrada y los bares o su equivalente aproximado, los kilogramos fuerza por centímetro cuadrado. Aunque el estándar métrico es el Mega Pascal absoluto o MPa, en estos apuntes se encontrarán los bares por ser la unidad métrica de mayor difusión en el mundo.

Como referencia,  $1.00 \text{ bar} = 14.5037 \text{ psi} = 0.9807 \text{ Kg/cm}^2 = 0.1 \text{ MPa}$

En sistema métrico, una fuga por un orificio de 1 mm 2 a 6 bares, desperdicia 1 litro por segundo!

Se debe tener en cuenta este aspecto ya que puede afectar considerablemente al funcionamiento normal del prototipo en lo referente al brazo neumático puesto que una disminución de presión se vería reflejada en un apriete débil de los productos por parte del mismo.

Seguidamente se muestra el esquema de conexiones neumáticas para el mecanismo del brazo transportador.



## **Figura 3.10 Esquema de conexiones neumáticas para el brazo del prototipo**

### **PISTONES**

Los cilindros neumáticos son empleados donde se requiere de fuerza y de rapidez en efectuar dicha acción pero, no donde se requiera control exacto de la trayectoria del movimiento. Esto debido a que los gases son compresibles.

Existen diversos tipos de cilindros según su aplicación:

- Cilindros de un vástago
- Cilindros de dos vástagos
- Cilindros sin vástago
- Cilindros compactos
- Cilindro Tándem
- Cilindros Giratorios
- Cilindros de Membrana
- Cilindros de émbolos múltiples

Los cilindros sin vástago se emplean en posicionadores por su limpieza y el poco espacio que ocupan. De éstos hay dos tipos, los que se mueven mediante un acoplamiento magnético y los que tienen un accionamiento directo.

Los cilindros de Membrana, son parecidos a una cámara de neumático, que empujan al ser llenados de aire. Los cilindros de émbolos múltiples sirven para obtener hasta cuatro veces (con cuatro émbolos) la fuerza que se pudiera obtener de un cilindro normal. Aunque la desventaja es que son bastantes veces más largos que aquellos últimos.

Todos los cilindros siguen la fórmula básica de presión, y con ella se pueden calcular los diámetros básicos. Aunque se debe considerar que la fricción estática de un cilindro poco lubricado puede ser muy elevada y, que se debe tomar en cuenta un margen de seguridad para que nunca falle el cilindro en la operación diseñada.

En el caso del proyecto se utilizaron básicamente dos tipos de cilindros

- Compactos
- Membrana

En los cilindros compactos (figura 3.11) el aire comprimido provoca las carreras de avance y retroceso, tienen la ventaja de poseer orificios en su armazón lo que facilita la ubicación de estos en diferentes áreas, y es precisamente por esta razón por la cual se decidió escoger este tipo de cilindros para el proyecto, debido a su versatilidad, tamaño compacto, etc. son muy utilizados para este tipo de aplicaciones es decir sujeción de piezas.

El cilindro de membrana (figura 3.12) genera un movimiento lineal de avance y retroceso viene a constituir el cilindro principal del brazo porque es este el que soporta todo el peso de los demás componentes como pistones compactos y electro válvulas que están unidos a este cilindro, además en el extremo del vástago hay una rosca exterior, la cual permite acoplar el cilindro con cualquier mecanismo adicional en el caso del prototipo permite unir la parte de sujeción con la parte de elevación.

Todos los pistones utilizados en la fabricación del proyecto son de doble efecto ya que al ser gobernados por electro válvulas necesitan esta particularidad para que su operación sea controlada de mejor manera.



**Figura 3.11 Cilindro compacto de doble efecto**

**Características:**

Carrera: 25 mm

Diámetro embolo: 12 mm

Diámetro cámara: 35 mm

Longitud cámara : 72 mm



**Figura 3.12 Cilindro de membrana de doble efecto**  
**Características**

Carrera: 160 mm

Diámetro embolo: 13 mm

Diámetro cámara: 45 mm

Longitud cámara : 220 mm

## **ELECTROVALVULAS**

Son elementos de gobierno diseñados para actuar sobre los pistones haciendo que estos se desplacen o contraigan según la necesidad. La misión de una electroválvula es abrir o desviar vías de circulación del aire comprimido.

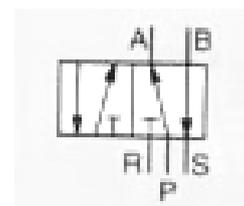
Para la elaboración del brazo neumático se utilizaron electroválvulas 5/2 similares a las indicadas en las figuras 3.13 y 3.14 las cuales poseen cinco empalmes y dos posiciones. El empalme (P) es la entrada de aire comprimido, el empalme (A y B) son las salidas de aire comprimido y los empalmes (R y S) sirven de purga de aire.

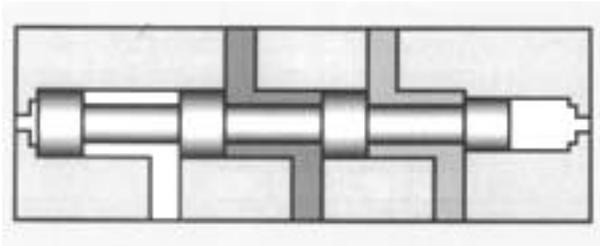
Para comandar un cilindro de doble efecto se necesita una válvula 4/2.

Debido a los principios constructivos se usan también en la practica válvulas 5/2.

Diferencia entre una válvula 4/2 y 5/2:

- Válvula 4/2: un conducto de retorno para ambas conexiones del cilindro.
- Válvula 5/2: cada lado del cilindro tiene su retorno.





**Construcción.**

**Válvula 5/2.**

**Figura 3.13 Esquema interior y simbología de una válvula 5/2**

Estas válvulas son de accionamiento eléctrico directo . Después de la conmutación, la válvula conserva la posición adoptada sólo mientras existe la señal de cambio de posición que son enviadas a través de los microswitches alojados en las guías de recorrido del tornillo.

Después de la desconexión de esta señal, la válvula es repuesta por un muelle neumático.

A continuación se indica el grafico y las características de las electroválvulas utilizadas en el proyecto .



**Figura 3.14 Electroválvula 5/2**

**Características**

- En la posición básica (de reposo) está cerrada.

- De accionamiento directo.
- Para tensión alterna ( 120V / 60Hz)
- Marca: NUMATICS
- Serie: 887-833B
- Max. Presión: 150 Psi.
- Max. Corriente de consumo : 0.8A

### 3.1.11.- SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRÓNICO

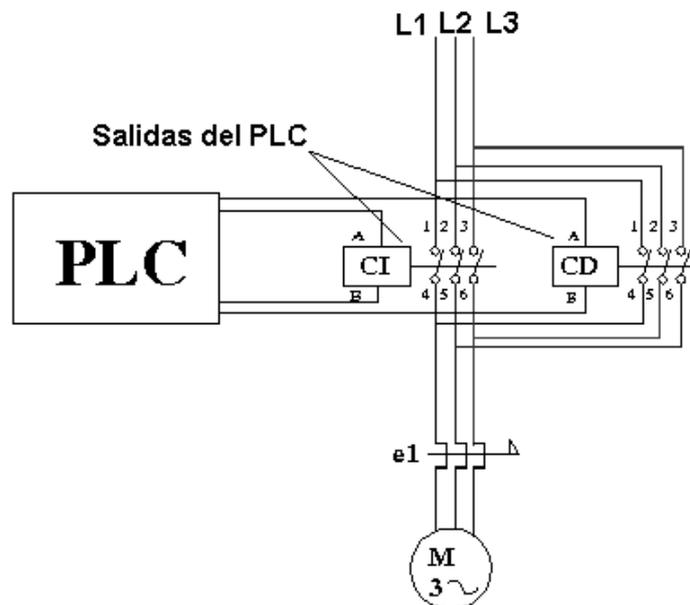


Figura 3.15 Sistema eléctrico para la inversión de giro del motor trifásico del transportador superior

El sistema eléctrico implica la parte de los motores mientras que la parte electrónica tiene que ver con lo referente a los sensores y demás dispositivos que funcionan bajo el principio de la electrónica teniendo en cuenta este aspecto a continuación se detalla todos los elementos que se ven involucrados en este sistema que es parte fundamental del prototipo.

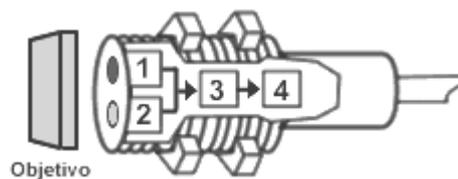
### SENSORES

Los sensores son tan diversos como los principios físicos en los que se basan. En la actualidad para medir cualquier variable física tenemos diversos tipos de sensores, con sus ventajas y desventajas.

### **a.- Sensores ópticos o fotoeléctricos**

Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, una aplicación muy común es detectar el paso de productos a través de un sistema de transportación como es el caso del proyecto , los sensores fotoeléctricos utilizados cumplen la función de contadores es decir sensan el paso de un determinado número de productos y envían una señal al PLC para que en conjunto con circuitos electrónicos necesarios para la alimentación de dicho sensor realice el control del encendido o apagado del motor de la banda transportadora, los sensores reemplazan una palanca mecánica por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20 mm hasta de varias centenas de metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados, la distancia mínima requerida para el sensado de los productos terminados es de 10 cm por lo que se utilizó un sensor óptico formado por un diodo emisor de luz y un fototransistor que cumplan con las características de longitud impuesta por el prototipo.

La mayoría de sensores fotoeléctricos están compuestos fundamentalmente por los siguientes elementos ( figura 3.16 ) : Una fuente de luz (LED) [1], un receptor (Fototransistor) [2], un convertidor de señal [3] y un amplificador[4].



**Figura 3.16 Componentes de un sensor fotoeléctrico**

Los pulsos de luz que son recibidos por el fototransistor son convertidos en señales eléctricas, las cuales son analizadas para determinar si corresponden a una trasmisión de luz. Realizada la verificación la salida del sensor cambia de acuerdo a la señal.

Los fotodetectores son típicamente fotodiodos o fototransistores, inclinándose los fabricantes por los primeros por su insensibilidad a campos de radiofrecuencia, que podrían causar interferencia.

Los diferentes tipos de sensores se agrupan por el tipo de detección:

- **Sensores de Transmisión Directa.**- Cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro. Tiene este método el más alto rango de detección (hasta unos 60 m). Este tipo de transmisión fue la utilizada para el sensado de productos en el despachador .
- **Sensores Reflex.** - Cuando la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe ( 9 m de alcance).
- **Sensores Reflex Polarizados.**- Son prácticamente iguales a los del tipo anterior, excepto que, el emisor tiene un lente que polariza la luz en un sentido y el receptor otro que la recibe mediante un lente con polarización a 90 ° del primero. Con ésto, el control no responde a objetos muy brillosos que pueden reflejar la señal emitida (5m de alcance).
- **Sensores de Foco Fijo.**- Cuando la luz es reflejada difusamente por el objeto y es detectado por el hecho de que el transmisor y el receptor están estereoscópicamente acoplados, evitando con ello interferencia del fondo (3.5 m de alcance).
- **Sensores de detección difusa.**- Iguales a los anteriores pero los lentes son divergentes, y se usan para detectar objetos muy próximos (1.5 m de alcance).
- **Sensores de Fibra Optica.**- En este tipo, el emisor y receptor están interconstruídos en una caja que puede estar a varios metros del objeto a sensar. Para la detección emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el pequeño volumen o espacio ocupado en el área de detección.

Existen diversos métodos de detección empleando sensores fotoeléctricos entre ellos están: Proximidad difusa, retro-reflexivos, y de barrera. La fuente de luz

empleada en los diversos métodos viene de un LED o diodo emisor de luz, estos pueden estar diseñados para emitir una luz de color visible (rojo, amarillo o verde) o una luz invisible (infrarroja) Los LED visibles se emplean como indicadores del estado del switch y en aplicaciones retro-reflexivas.

### **b.- Microinterruptores**

Los microinterruptores son de muy diversas formas pero todos se basan en la operación por medio de un actuador mecánico. Este actuador mecánico mueve a su vez una lengüeta metálica en donde están colocados los contactos eléctricos, y los abre o cierra de acuerdo con la disposición física de estos contactos.

Desde el punto de vista eléctrico son extremadamente simples, ya que consisten en uno o varios juegos de contactos con cierta capacidad de conducción a cierto voltaje.

Estos contactos pueden ser de apertura instantánea ("snap") o lenta, y de contactos de operación traslapada o de abre y cierra.

La figura 3.17 muestra el tipo y características del microinterruptor utilizado para enviar las señales al PLC.

Microswitch  
10A / 250V



***Figura 3.17 Microinterruptor utilizado en el prototipo***

En la fabricación del despachador de productos se utilizó el microinterruptor de la figura 3.17, estos se encuentran alojados en la guías del tornillo, los microswitches al tener un pequeño pulsante independientemente del tipo que sea

necesitan ser presionados en el caso del prototipo esta función la realizan los rodamientos alojados en los extremos del eje que recorre las guías , al ser pulsados estos elementos envían señales al PLC para que realice el control de los motores.

### **c.- Sensores de velocidad**

#### **ENCODERS**

Para la medición angular se utiliza un disco codificado montado en un eje. La transformación de la codificación mecánica en una señal eléctrica proporcional se consigue por la posición del disco utilizando sensores electromagnéticos (tipo Inductosyn), inductivos o acopladores ópticos. En el caso de posicionado inductivo, el código del disco tiene la forma de segmentos de cobre en serie. Con este método, el transductor consiste en un sensor tipo herradura, cuyo consumo eléctrico varía de acuerdo con el grado de interferencia de su campo magnético. Esta señal es empleada a continuación por el equipo de control.

El posicionamiento óptico de un disco segmentado es el método más usual, y el que se utilizó para sensar la velocidad del tornillo y de la banda en el prototipo , la codificación consiste en sectores transparentes y opacos. Cuando el disco gira, el recorrido de la luz al sensor óptico se abre y se bloquea alternativamente, produciendo así una salida digital en proporción con el movimiento y la posición , esta señal es la que se requiere enviar al computador a través de la tarjeta de adquisición de datos para que se pueda realizar el monitoreo de la variable en este caso la velocidad

Existen dos tipos de "Encoders":

#### **Encoders Incrementales**

Los "encoders" incrementales suministran un número específico de impulsos por cada revolución completa del eje. Esta cuenta de impulsos está determinada por el número de divisiones o segmentos del disco de codificación. El disco de

codificación consta de 360 segmentos, por lo tanto por revolución del eje, se obtendrán 360 impulsos. Es decir, un impulso por grado angular.

Hay disponibles tres versiones del generador de impulsos rotativo: canal simple, doble y triple.

El tipo de canal simple (Señal A) es empleado donde el sentido del movimiento no cambia, ni se tienen vibraciones. En el caso contrario, son mejores los de doble canal (Señales A y B), también llamados de señales en cuadratura porque una señal está desfasada en 90 grados de la otra, lo cual sirve para detectar el sentido del giro. El tercer canal (Señal Z) es una señal de posición que aparece una vez por revolución, y es empleado para regresar a ceros contadores en sistemas controlados digitalmente (CNC, PLCs, etc.).

### **"Encoders" Absolutos**

A diferencia de los "encoders" incrementales, los del tipo absoluto proporcionan una combinación única de señales para cada posición física. Esto resulta una ventaja importante, ya que no es necesario un contador para la determinación de la posición.

La combinación de señales se establece mediante un patrón de código de sectores transparentes y opacos en varias pistas de un disco rotativo. El número de pistas de código disponibles determina la resolución máxima del codificador en la totalidad de los 360 grados. En el caso de las pistas codificadas en binario, la resolución máxima es de  $2^n$  siendo "n" el número de pistas. Por consiguiente, para 10 pistas, la resolución es de  $2^{10} = 1024$ .

Una característica importante de la lectura de modo paralelo es que la posición real se registra inmediatamente cuando se conecta inicialmente la alimentación eléctrica, o después de un cambio de posición sin potencia aplicada o si se excede del número de revoluciones por minuto permitidas electrónicamente (desventajas del tipo incremental).

Para el proyecto se utilizaron encoders del tipo incrementales , los cuales están alojados en los dos transportadores superior e inferior , es decir , tanto en el eje motriz de la banda como en el eje del tornillo si fin , la razón por la cual se colocaron en estos lugares a los sensores es que para el monitoreo se necesita conocer valores reales de velocidad lo que permite tener un mejor control de estas variables , los encoders del proyecto están constituidos tanto por un diodo emisor de luz como por un receptor en el espacio existente entre estos dos elementos se ubica un dispositivo mecánico ( rueda dentada o placa con orificios) encargado de interrumpir el haz de luz provocado por los elementos antes señalados , los dispositivos mecánicos adicionalmente poseen un número determinado de agujeros o ranuras según sea el caso esta disposición constructiva permite crear pulsos que sirven de información que posteriormente son enviados al computador para el monitoreo , como el elemento a sensarse es la velocidad de la banda y del tornillo el elemento encargado de interrumpir el haz luminoso recibe movimiento de los motores haciendo que el numero de pulsos que son enviados al computador sean directamente proporcionales a la velocidad de los motores , de esta forma se consigue el sensado una variable física como es la velocidad.

La figura 3.18 muestra el tipo de sensores de velocidad utilizados en el prototipo.



**3.18**  
**velocidad**



**Sensores**

### **3.1.12.- PLC**

Un controlador lógico programable también llamado PLC es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas tales como: Operaciones lógicas, secuencias, temporizados, conteos, operaciones aritméticas

con el objeto de automatizar maquinas y procesos , algunas de estas funciones serán realizadas por el PLC en el proyecto permitiendo tener un proceso mas automatizado y controlado.

### **Selección del PLC.**

A continuación se muestra un cuadro comparativo de algunos PLC's existentes en el mercado que cumplen con ciertas características necesarias para su implementación en el sistema de control del prototipo .

#### **LOGO**

Tensión nominal = 115/230V  
 Frecuencia = 50-60Hz  
 Corriente nominal = 10/30mA  
 Numero de entradas = 12  
 Numero de salidas = 8

#### **MICRO ONE**

Tensión nominal = 115/230V  
 Frecuencia = 50-60Hz  
 Reles internos = 16  
 Numero de entradas = 8  
 Numero de salidas = 6

#### **mitsubishi**

Tensión nominal = 115/230V  
 Frecuencia = 50-60Hz  
 Reles internos = 640  
 Numero de entradas = 8  
 Numero de salidas = 6

#### **ZELIO**

Tensión nominal = 115/230V  
 Frecuencia =50-60Hz  
 Corriente nominal =10/30mA  
 Numero de entradas = 8  
 Numero de salidas = 4

Entre las funciones que debe desempeñar el PLC seleccionado dentro del control del proceso se destacan las siguientes :

- Permitir la entrada de señales digitales provenientes de los diferentes sensores.

- Tener el suficiente número de entradas y salidas según lo requiera el prototipo .
- Que sus características tanto de voltaje, corriente y demás parámetros eléctricos sean los adecuados como para permitir la instalación de los diversos elementos del prototipo .

En base a estos requerimientos el tipo mas adecuado de PLC que se escogió para implementarlo en el sistema de control del prototipo luego de haber realizado una comparación entre varios modelos similares fue el MITSUBISHI FX0S , la razones principales por las que se escogió este PLC son las siguientes: Las entradas pueden ser conectadas en configuración PNP o NPN , facilidad de montaje y conexiones y facilidades de poder adquirirlo ( existente en el Laboratorio de PLC´s )

## **MITSUBISHI ELECTRIC**

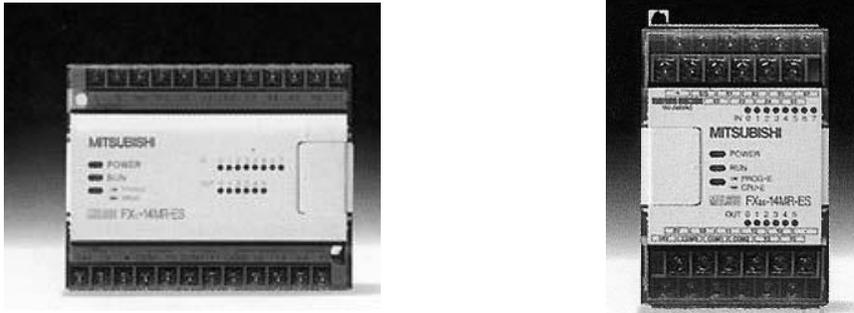
### **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES MODELO FX0S**

Este tipo de PLC ( figura 3.19) es el más pequeño dentro de la familia "FX". La fuente de alimentación, la CPU y los componentes de I/O de los FX0S están integrados en una unidad compacta.

#### **Características**

- Amplio rango de tensiones de alimentación. Como en toda la línea de controladores FX, el FX0S posee una fuente de alimentación de amplio rango de manera de poder usarlo con en cualquier lugar del mundo.
- Memoria de Backup libre de mantenimiento. Con el uso de una memoria interna tipo EEPROM, todas las aplicaciones del programa y datos que se deban retener se guardarán en una memoria no volátil .
- Fuente de alimentación de corriente continua interna Todos los FX0S alimentados en corriente alterna y con entradas de corriente continua, están equipados con una fuente de 24 Vcc a 200 mA .

- Facilidades para el usuario. Los FX0S disponen de una llave "Run/Stop" incluida que permite una fácil operación. También incluye un potenciómetro de fácil acceso para poder cambiar el valor de las constantes de un temporizador, contador o registro de datos simplemente con el uso un destornillador.



**Figura 3.19 PLC usado en el despachador de productos.**

### **Características del set de instrucciones**

El FX0S tiene un poderoso grupo de 20 instrucciones básicas y 35 instrucciones de aplicación. Las Instrucciones de Aplicación ayudan al usuario con funciones definidas previamente de manera de disminuir el tiempo de programación. Los programas realizados para los FX0S pueden ser usados en todos los controladores de la línea FX (con mínimas modificaciones de ser necesarias).

### **Programación y Comunicación con el usuario**

La programación se hace muy sencilla a través de los programadores de mano o por medio de una computadora con un software tipo Melsec-Medoc, con ambos sistemas se puede programar y monitorear el funcionamiento del programa en ejecución. Estos controladores nos ofrecen también la conexión a pantallas de texto y/o gráficas para que el usuario pueda acceder a los datos del programa, cambiar constantes de temporizadores y/o contadores, textos de alarma y comportamiento de la máquina

### **3.1.13.- Motores**

Los motores son los encargados de proporcionar el movimiento tanto a la banda transportadora por medio de poleas acopladas al eje motriz de esta , como al tornillo a través de un matrimonio entre el eje del mismo y el eje del motor.

Los motores utilizados en el proyecto se dividen en dos tipos:

**a.-** Motor de corriente continua

**b.-** Motor de corriente alterna

#### **a.- Motor de corriente continua**

La corriente en este tipo de motores es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que este no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover la armadura , obviamente este no es el caso del motor utilizado en el prototipo el cual si tiene que trabajar bajo la acción de una carga en este caso el de los productos que se deslizan a lo largo de la banda transportadora , por tal motivo se usan motoredutores a base de engranajes que permitan mantener un torque constante aun si la velocidad varia ya que así lo requiere el despachador , por otro lado al utilizar un tren de engranajes a la salida del motor permiten obtener velocidades adecuadas para la transportación de productos . Bajo carga, la armadura gira más lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en la misma. El motor puede así recibir más potencia eléctrica de la fuente, suministrándola y haciendo más trabajo mecánico.

La velocidad a la que funciona un motor depende de la intensidad del campo magnético que actúa sobre la armadura, así como de la corriente de ésta.

Cuanto más fuerte es el campo, más bajo es el grado de rotación necesario para generar un voltaje inducido lo bastante grande como para contrarrestar el voltaje aplicado. Por esta razón, la velocidad de los motores de corriente continua puede controlarse mediante la variación de la corriente del campo es por esta causa que para este tipo de motor se necesita adicionalmente un control de

velocidad que permita la variación de esta mientras se desarrolla el trabajo de transporte de productos cabe señalar que para el proyecto se diseñara y construirá un controlador de velocidad en base a elementos electrónicos.



**Figura 3.20 Motor de corriente continua**

**Características del motor:**

Marca: GROSHOPO

Frecuencia: 60 Hz

Voltaje: 125 V ac/dc

Velocidad en d.c = 8000 r.p.m

Velocidad en a .c = 300 r.p.m

**Características del motoreductor:**

Marca: Calypsol

Tipo: SG 80

Md mcm: 800 N .cm

i = 33

**b.- Motor de corriente alterna**

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción.

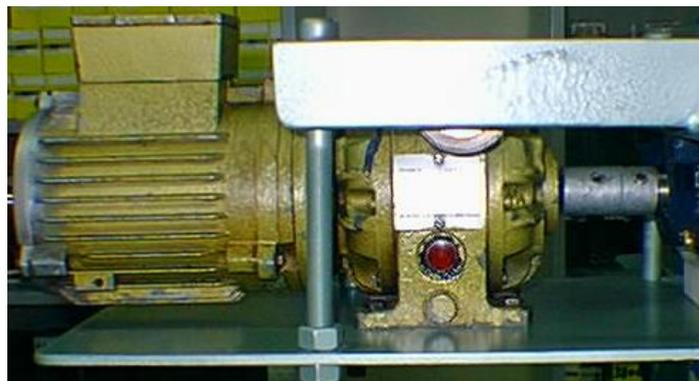
El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa.

La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos y el que se utilizó en el proyecto es el motor de inducción de jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono.

El movimiento del tornillo sin fin va a estar dado a través de este tipo de motor en el cual se puede realizar una regulación de velocidad más óptima únicamente mediante la utilización de reguladores de velocidad disponibles en el mercado sin embargo el motor a utilizar presenta la particularidad de tener incorporado en su armazón un regulador de velocidad mecánico lo que facilita enormemente la tarea de control su funcionamiento depende únicamente del movimiento de una perilla graduada que permite ir desde una velocidad lenta a la nominal .

La figura 3.21 muestra el tipo de motor utilizado en el transportador superior para mover al tornillo sinfín.



*Figura 3.21 Motor trifásico de corriente alterna*

**Características:**

Marca: SIEMENS

Serie: 1LA 063 – 4AB22-2

50 Hz 220 / 380 V  $\Delta$  Y

I = 1.06/ 0.61

Cos  $\phi$  = 0.75

P= 0.25 CV / 0.8 KW

Velocidad = 1320 r.p.m

60Hz 440 V - Y

I= 0.6 A

P= 0.29 CV

Cos  $\phi$  = 0.74

Velocidad = 1620 r.p.m

Seguidamente se detalla con mayor exactitud el principio de funcionamiento de los reguladores de velocidad que intervinieron en el proyecto.

### **3.1.14.-Reguladores de velocidad**

Los reguladores de velocidad son dispositivos electrónicos o mecánicos que permiten variar la velocidad de los motores tanto asíncronos trifásicos, como de corriente continua convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos

Para motores trifásicos asíncronos de rotor jaula de ardilla como es el caso del despachador .

La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red.

En el caso del motor utilizado para generar el movimiento del tornillo sinfín en el despachador este posee un regulador de velocidad mecánico acoplado al eje del motor cuyo funcionamiento es descrito a continuación

#### **Funcionamiento del regulador de velocidad mecánico**

El control de velocidad en estos reguladores se da cuando se altera la relación de transmisión de los engranajes al mover una perilla incorporada en el cuerpo del regulador esta alteración hace que los engranajes se acoplen en diversas posiciones y por ende se logra que el motor gire desde una velocidad mínima = 100 rpm hasta la velocidad nominal 1200 rpm ( velocidades del tornillo sinfín). Con este tipo de regulador incorporado al motor se evita la tarea de diseñar y construir un circuito de variación electrónico el cual cumple la misma función que el regulador mecánico.

El dimensionamiento de los engranajes y demás elementos mecánicos existentes en el regulador depende directamente del tipo de motor , de las características que este tenga y de las necesidades o requerimientos que exija en este caso la carga que va a soportar.

A mas de realizar la variación de velocidad este tipo de reguladores mecánicos permiten obtener torques constantes bajo condiciones de carga debido al tren de engranajes que poseen en su interior.

La figura siguiente indica el regulador de velocidad mecánico utilizado en el prototipo:



**Figura 3.22 Regulador de velocidad mecánico**

**Características:**

Marca: Koop – sincron

N.- : 79V170

Tipo: 12 – VFM

Potencia ( Cv) : 1 /4

Rpm. Entrada: 1420

**Regulador de velocidad electrónico**

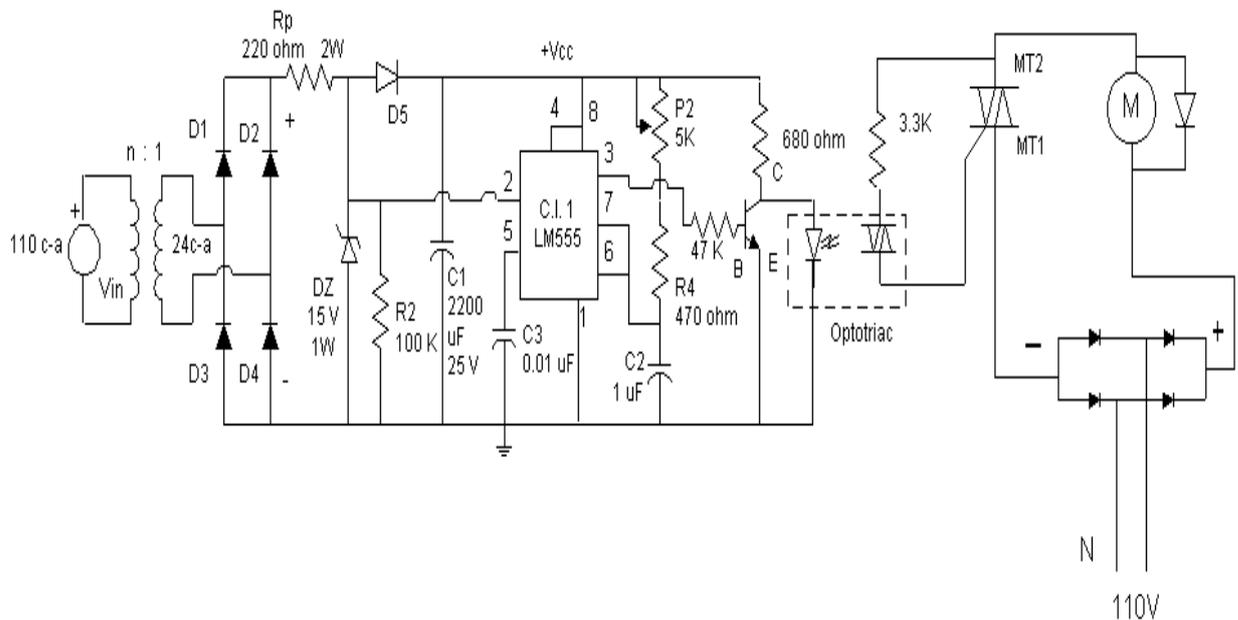
El tipo mas común de reguladores electrónicos y el que se utilizó para variar la velocidad del motor de c-c del prototipo esta basada en el uso de tiristores ( SCR's , TRIACS ) como elementos de potencia . Para obtener voltajes de salida

controlados se puede hacer uso de estos elementos. En los cuales se logra variar la velocidad del motor controlando el ángulo de disparo de los tiristores es decir aumentándolo ó disminuyéndolo esto hace que a su vez se controle el voltaje suministrado a la carga .

Un tiristor que haga este trabajo se puede activar aplicándole un pulso corto a la compuerta y desactivar debido a la conmutación natural o de línea.

Los rectificadores controlados de esta forma permiten hacer un montaje bastante sencillo y de bajo costo, su eficiencia es superior al 95%. La aplicación de estos convertidores a nivel industrial es muy amplia, como por ejemplo en controles de velocidad, las potencias en estos casos va desde unos cuantos W hasta los MW.

La figura 3.22 muestra el circuito electrónico utilizado en la regulación de velocidad del motor de corriente continua de la banda transportadora.



**Figura 3.22 Circuito de regulación de velocidad para un motor de C-C**

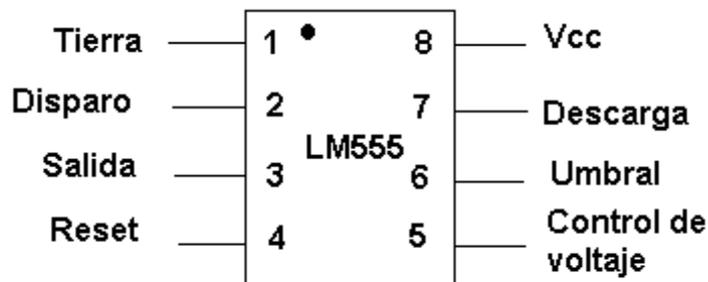
Seguidamente se detalla la función que cumplen cada uno de los elementos que interviene en el circuito de control de velocidad.

Para iniciar diremos que este circuito corresponde a un control de fase directo en donde los impulsos requeridos para activar la compuerta del tiristor ( TRIAC) son

tomadas desde un circuito generador de pulsos ( circuito de control )el cual esta compuesto de los siguientes elementos:

Un transformador de 120V a 24 V , estos valores se asumieron para condiciones de diseño ( alimentación del circuito) , la tensión del secundario del transformador 24V a-c alimenta a un puente rectificador que transforma el voltaje alterno en voltaje continuo pulsante en el cual existen cruces por cero necesario para el desactivado natural del tiristor , la tensión de 24 Vcc proveniente del puente pasa a través de un diodo zener el cual recorta la señal y fija el voltaje en un valor adecuado, en este caso 15 V ( dependiendo del valor del diodo) , el resto del voltaje es absorbido y disipado en forma de calor por una resistencia Rp la cual deber ser de potencia por las condiciones antes señaladas , el diodo D5 permite que la corriente fluya en un solo sentido y así evitar que una retroalimentación de corriente proveniente de una capacitor C1 llegue al terminal 2 del LM555 , la resistencia R2 sirve para limitar la corriente que va hacia el terminal de disparo del 555 .

El circuito integrado 555 en este caso es utilizado como monoestable , posee 8 terminales como lo indica la siguiente figura:



**Figura 3.23 Disposición de un LM 555**

En el terminal 1 tal como lo indica la figura 3.22 se conecta a tierra , el terminal 2 es la entrada de disparo , los pulsos son enviados a esta terminal a través de una fuente externa en este caso el diodo zener , el terminal 4 se conecta tanto al terminal 8 como al terminal positivo de una capacitor C1 lo que garantiza que el reseteo del 555 sea por una señal positiva , el terminal 5 se lo envía a tierra a través de un capacitor cerámico C3 cuyo propósito es eliminar el ruido , el

terminal 6 es el umbral su función principal es permitir que el capacitor C2 llegue a cargarse hasta un valor de  $2/3$  de  $V_{cc}$  luego de que esto sucede el terminal 7 que está cortocircuitado con el terminal 6 descarga el capacitor haciendo que  $V_{ct} = 0$  y dejando listo a este elemento para recibir nuevamente una señal de disparo, cuando llega el pulso de disparo C2 comienza a cargarse desde 0 con una constante de tiempo de carga.

$$\tau_{\text{carga}} = R1 \times C2$$

donde:  $R1 = R2 + R4$

La duración del pulso de salida del circuito de disparo  $t_p$ , es aproximadamente  $1.1 \times \tau_{\text{carga}}$  esto es porque se requiere de 1.1 constantes de tiempo (555 como monoestable) para pasar por el 67% de un evento de carga.

Teniendo en cuenta esta consideración podemos describir que:

$$t_p \approx 1.1 \times \tau_{\text{carga}} = 1.1 R1 C2$$

Partiendo de esta fórmula se puede conocer el valor de R1 sabiendo el valor  $t_p$  que en nuestro caso es 8.33 ms y asumiendo el valor de C2.

En la parte del diseño de circuitos electrónicos se profundizará más en el cálculo de estos parámetros.

El terminal 8 se conecta a  $V_{cc}$  que en nuestro caso es 14 V, por último del terminal 3 se obtienen pulsos de onda cuadrada que van a un inversor formado por un transistor y una resistencia  $R_G$  que limita la corriente de paso tanto del transistor como del fotoemisor del optoacoplador, los cuales invierten la señal de salida para tener un control desde 0 lógico a 1 lógico, antes de enviar las señales del terminal 3 del LM555 hacia el inversor esta debe pasar por una resistencia de 47 K que se utiliza como limitante de corriente para la base del transistor este elemento actúa como un interruptor para lo cual en saturación = 1 lógico y en corte = 0 lógico.

El colector del transistor envía las señales a la gate del TRIAC para que este pueda controlar el ángulo de fase necesario para la regulación de velocidad del

motor , cabe señalar que por seguridad y con el objeto de tener un correcto aislamiento entre el circuito de control y el de potencia se utilizó un optotriac que se compone de un optoacoplador con una etapa de salida formada por un triac en uno de los terminales del optotriac se colocó una  $R = 3.3K$  como limitante de corriente .

Como la carga a controlar obviamente es un motor este posee bobinados los cuales almacenan energía que no permiten tener un control del ángulo de disparo del TRIAC debido a que este elemento se dispara desde que empiezan los cruces por cero , pero al tener una energía almacenada en la bobina del motor hace que el control de fase se pierda debido a que no existe un punto de referencia desde donde se empiece a variar el ángulo de disparo lo que precisamente proporcionan los cruces por cero , por esta razón se colocó un diodo de potencia en paralelo y en polarización inversa con la bobina del motor para corregir este problema con esto garantizamos que siempre exista un control del ángulo de disparo desde 0 grados .

Como el motor a controlar es de Corriente continua necesita de una etapa de rectificación la cual proviene de un puente que es alimentado a 120 Vca y que entrega un voltaje continuo de 100 V cc , las terminales de continua del puente son conectados tanto al pin MT1 del TRIAC como al positivo del motor tal como lo indica la figura 3.22

### **3.1.15.- El Sistema de Monitoreo**

Actualmente la tecnificación de los procesos en las industrias tiene gran importancia y valor sobre todo si se considera el alto grado de desarrollo y avance de la tecnología en los últimos tiempos.

El control en diferentes etapas de un proceso es vital para el desarrollo de una determinada industria , desde esta perspectiva en los últimos años aparecieron diversos y novedosos sistemas de monitoreo que se componen de un sinnúmero de elementos necesarios para cumplir este fin , con el propósito de automatizar de una mejor forma al prototipo este cuenta con un sistema de

monitoreo en tiempo real cuyo fin es principalmente proporcionar información de determinadas variables presentes en el despachador lo cual nos ayudara como se menciona anteriormente a controlar y supervisar el correcto funcionamiento del prototipo .

Para poder realizar esta tarea es necesario utilizar tanto un programa computacional apropiado para esta aplicación al igual que una tarjeta de adquisición de datos por donde ingresan señales de las variables del proceso que posteriormente son enviadas al computador para su visualización el detalle y especificaciones de estos elementos se describen a continuación.

#### **a.- La tarjeta de adquisición de datos**

Es la utilización de una computadora personal (PC) en tareas asociadas a la lectura de variables físicas provenientes de una extensa variedad de procesos. \*

Una PC es un procesador de señales digitales, las cuales consisten en niveles de voltaje discretos (0 ó 1). Por otra parte, la gran mayoría de las señales son analógicas, es decir, pueden tomar cualquier valor dentro de un rango dado.

La Adquisición de Datos, consiste en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en tensiones eléctricas, de tal manera que se puedan utilizar en la PC. Se requiere una etapa de acondicionamiento que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es la Plaqueta de Adquisición de Datos (PAD). Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales dentro de la memoria de la PC, se las puede procesar con un programa de aplicación adecuado al uso que el cliente desea, y/o archivarlas en disco duro, graficarlas en pantalla, enviarlas por modem-fax, imprimirlas por impresora, etc.

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital dentro del ordenador, se puede tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica, en este caso el elemento que hace la transformación es una Plaqueta de Adquisición de Datos (PAD) de salida o plaqueta de control.

La señal dentro de la memoria de la PC la genera un programa adecuado a las aplicaciones que quiere el usuario y luego de procesada es recibida por mecanismos que ejecutan movimientos mecánicos, a través de servomecanismos, que también son del tipo transductores.

### **Ventajas**

Flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores, gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización, etc.

### **3.2.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECANICO**

El correspondiente subcapitulo tiene como finalidad profundizar sobre el diseño y construcción de toda la parte mecánica del prototipo y en especial de los sistemas mas importantes que lo conforman y en los que verdaderamente tienen que tomarse criterios técnicos que permitan su construcción previo a la realización de un diseño .

Primordialmente los elementos en los que se realizaron análisis y cálculos en algunos casos y selección en otros para su construcción son los siguientes:

- Estructura metálica
- Rodillos
- Tornillo sin fin
- Eje de soporte del tornillo

#### **3.2.1.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA METALICA**

Para elegir el tipo y características del material utilizado en la estructura se tomo en cuenta aspectos relacionados con : peso , tamaño y forma de los elementos que van a incorporarse al cuerpo metálico del despachador

Los perfiles utilizados en el prototipo corresponden a los soportes que dan la rigidez al la estructura metálica por esta razón se decidió utilizar para este fin tubo estructural cuadrado de 1" x 1.5 mm ya que este material es resistente y soporta perfectamente vibraciones y grandes pesos como lo indican las tablas 3.1 y 3.2 de

características para este tipo de tubería mostradas en la parte inferior , por otro lado el armazón de la banda esta fabricado con tubo redondo común de 7/8" x 1mm doblado en base a la dimensión de los rodillos la función de este armazón es determinar la posición de los rodillos sobre los cuales ira dispuesto la banda transportadora . Al igual que los rodillos, los perfiles se eligen según las dimensiones y pesos de las cargas que deban transportar.

**Características generales de la tubería del prototipo:**

Tipo de acero: A36

Limite de fluencia ( mínimo) :  $S_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

<b>TUBO REDONDO DE 7/8 " X 1.5 mm</b>					
<b>Peso</b>		<b>Área</b>	<b>Propiedades de la sección</b>		
(Kg/m)	(Kg/ 6m)	(cm <sup>2</sup> )	x=ly (cm <sup>4</sup> )	Sx=Sy (cm <sup>3</sup> )	rx=ry (cm)
0.77	4.66	0.98	0.53	0.47	0.73

**Tabla 3.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL TUBO REDONDO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA.**

**TUBO CUADRADO DE 1" X 1.5 mm**

<b>TUBO REDONDO DE 7/8 " X 1.5 mm</b>					
<b>Peso</b>		<b>Área</b>	<b>Propiedades de la sección</b>		
(Kg/m)	(Kg/ 6m)	(cm <sup>4</sup> )	x=ly (cm <sup>2</sup> )	Sx=Sy (cm <sup>3</sup> )	rx=ry (cm)
1.11	6.68	1.43	1.22	0.96	0.95

**Tabla 3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL TUBO CUADRADO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO**

**Simbología:**

I<sub>x</sub> = Momento de inercia respecto al eje X

I<sub>y</sub> = Momento de inercia respecto al eje y

S<sub>x</sub> = Módulo resistente respecto al eje x

$S_y$ = Módulo resistente al eje Y

$r_x$ = radio de giro respecto al eje x

$r_y$ = radio de giro respecto al eje y

Las figura 3.24 muestran algunos de los criterios tomados para la construcción de la estructura metálica del prototipo , de igual forma se enmarcan los puntos críticos de la estructura y en donde se realizó un mayor énfasis para su construcción.

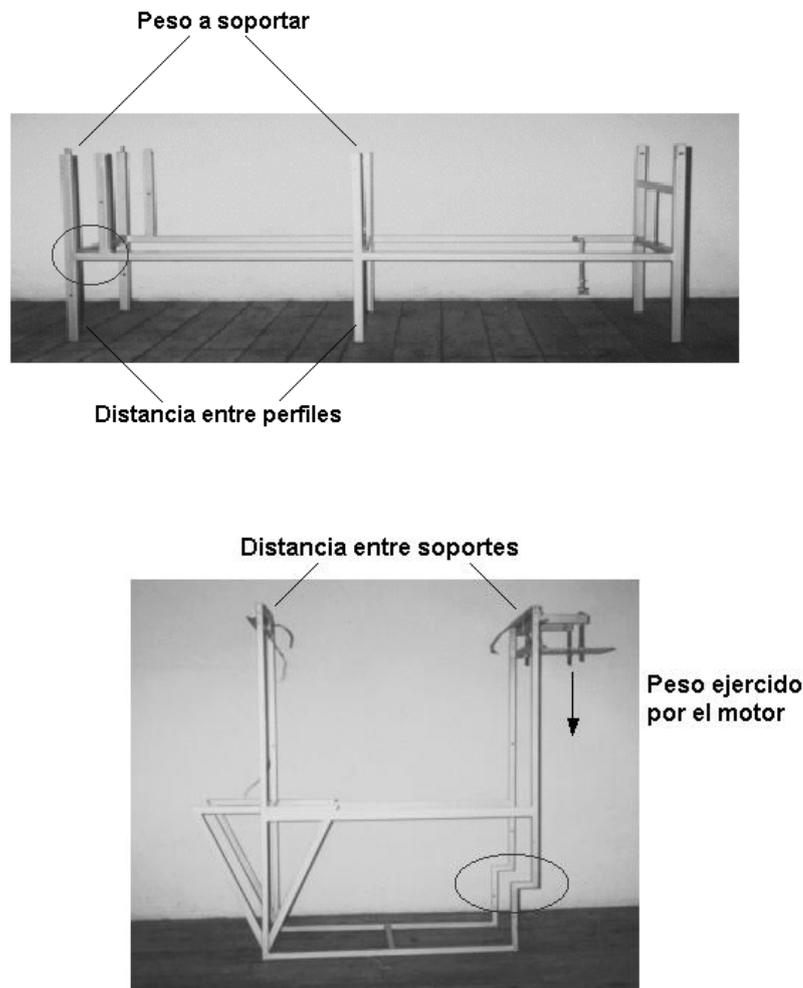


Figura 3.24 Parámetros a considerar para la construcción de estructuras metálicas

La distancia entre soportes depende directamente de la longitud de la banda , para determinar la altura de los soportes de la banda se tomo en cuenta la altura promedio de los trabajadores pero mas que esto el proyecto es la construcción de

un “**prototipo**” por esta causa se escogió una altura adecuada con el fin primordial de ahorrar espacio .

Cabe señalar que toda la estructura posee travesaños para facilitar la estabilidad y rigidez de la misma .

Una vez definido el tipo de perfil a utilizar en el despachador faltaría únicamente definir el tamaño del marco del prototipo principalmente en la parte correspondiente a la banda transportadora .

Esto queda determinado por el ancho de las cargas que se deslizan sobre esta , sin embargo ; en el caso de este despachador los productos a transportar son de pequeño tamaño y por consiguiente no se vería bien que el marco sea igualmente pequeño en comparación con el resto de la estructura .

Por esta razón se decidió adaptarse a las circunstancias es decir construir el marco de la banda en proporción con la longitud de los rodillos y colocar guías sobre la banda que permitan el fácil desplazamiento de los productos y al mismo tiempo mantenga una simetría con el resto de la estructura.

En el caso de la estructura del transportador superior este posee mas elementos que ejercen un peso sobre el mismo , por esta causa se colocaron refuerzos en los puntos críticos que garantizan una mayor rigidez del cuerpo metálico y ayuden a controlar las vibraciones propias del despachador .

### **3.2.2.- Selección de Rodillos:**

Para escoger el tipo de rodillos que se usó en la banda transportadora se determina la carga que se debe mover sobre esta y así se determina el tipo de rodillo a utilizar.

Se define la longitud y material del rodillo así como el tipo de rodamiento que éste debe llevar.

Es importante también considerar el ambiente dentro del cual el transportador será utilizado ya que ambientes muy húmedos o corrosivos exigen materiales y rodamientos especiales para las bandas .



**Figura 3.25 Rodillos utilizados en bandas transportadoras**

**Rodillos Para:**

- Servicio liviano
- Servicio de media carga
- Servicio pesado para ambiente húmedo (libre de mantenimiento)
- Servicio extrapesado para ambiente húmedo (libre de mantenimiento).

La tabla 3.3 muestra criterios para el escogitamiento adecuado de rodillos teniendo en cuenta principalmente el tipo de aplicación además se muestran las dimensiones y otros aspectos relacionados con estos elementos , estas ideas sirvieron de base al momento de construir la banda transportadora .

RODILLO	TIPO TUBO	DE GRUESO DE	TIPO DE LA Ejes	TIPO de Rodamiento	TIPO de Espacio Entre	Carga por
---------	-----------	--------------	-----------------	--------------------	-----------------------	-----------

	<b>-Nombre común- del material -diámetro exterior</b>	<b>PARED DEL TUBO (mm)</b>			<b>Perfiles</b>	<b>Rodillo</b>
Servicio Liviano de 1,5"	industrial acero 1,0"	1,5 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Abierto/19 balines de 3mm	6" - 26" 150-660mm	45 Kg 100 Lb.
Servicio medio de 2,0"	industrial acero 2"	1,5 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Abierto/11 balines de 1/4"	6" - 26" 150-660mm	120 Kg. 260 Lb.
Servicio pesado para ambiente húmedo o polvoriento en 2"	industrial acero 2"	1,5 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Sellado 8 balines de 17/64"	6" - 26" 150-660mm	170 Kg. 380 Lb.
Servicio extrapesado para ambiente húmedo o polvoriento en 2 3/8"	2" cédula 40 acero 2"	3,9 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Sellado 8 balines de 17/64"	6" - 26" 150-660mm	570 Kg. 1250 Lb.
Servicio liviano para ambientes corrosivos en 1,9"	1,9 PVC SDR 17 PVC 1,9"	3,0 (0,118")	Aluminio de 7/16"	Plástico 14 balines de acero inoxidable de 3/16"	6" - 26" 150-660mm	23 Kg. 50 Lb.

**Tabla 3.3 Características de los rodillos y sus elementos**

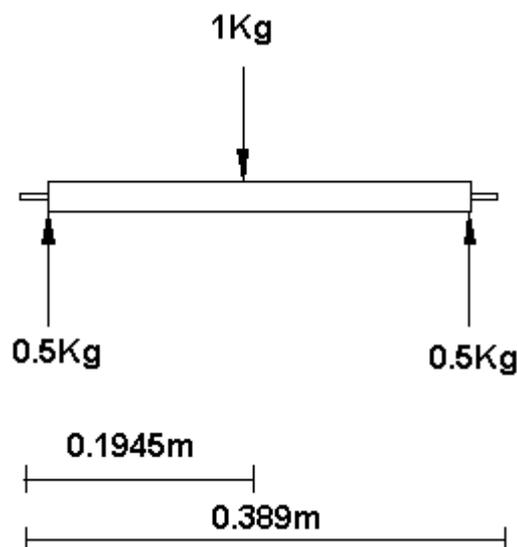
Entonces según esta tabla el rodillo recomendado y el que se escogió para nuestra aplicación fue:

Rodillo	Tipo de tubo -Nombre común- del material -diámetro exterior	Grueso de la pared del tubo (mm)	Tipo de los ejes	de Tipo de Rodamiento	Espacio de Entre Perfiles	Carga por Rodillo
<b>Servicio Liviano de 1,5"</b>	Industrial acero 1,0"	1,5 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Abierto/19 balines 3mm	6" - 26" de 150- 660mm	45 Kg 100 Lb.

Esta selección de rodillos tiene que ir complementada con el diseño de los mismos , a continuación se realiza el análisis mecánico necesario para un correcto funcionamiento y operación de estos elementos:

**Diseño mecánico de los rodillos utilizados en la banda transportadora.**

Las fuerzas actuantes sobre los rodillos de la banda transportadora son las que se indican en la siguiente figura:



## Fuerzas actuantes sobre el rodillo

### Cálculo del momento torsionante

#### Datos:

$$S_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Diámetro del rodillo} = 0.0254 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad de los rodillos} = 100 \text{ rpm}$$

$$\text{Potencia del motoreductor de la banda transportadora} = 50 \text{ W}$$

Transformamos la velocidad de rpm a rad/seg

$$V = 100 \frac{r}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$V = 10.46 \text{ rad/seg}$$

$$T = \frac{P}{W}$$

#### Donde:

$$P = \text{Potencia ( W)}$$

$$W = \text{Velocidad angular ( rad/seg)}$$

Entonces:

$$T = \frac{50 \text{ W}}{10.46 \text{ rad / seg}}$$

$$T = 4.78 \text{ N.m}$$

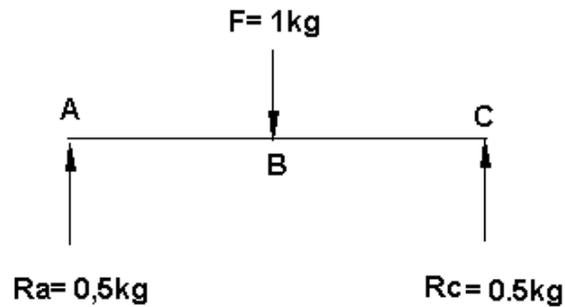
$$T = 4.78 \text{ N.m} / 9.8 = 0.487 \text{ Kg.m ( momento torsionante)}$$

## Cálculo del momento flexionante

### Datos:

Peso del producto terminado = 1Kg

Este peso es ejercido en el centro del rodillo por lo que en los extremos de este existen reacciones que soportan 0.5 kg cada una tal como lo indica el diagrama de cuerpo libre mostrado a continuación.



### Diagrama de cuerpo libre del rodillo

Aplicando las condiciones de equilibrio de los cuerpos:

$$\Sigma F_y = 0 \quad (3.1)$$

$$1\text{kg} = R_a + R_c \quad (3.2)$$

Despejando  $R_a$  tenemos:

$$R_a = 1\text{kg} - R_c \quad (3.3)$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad (3.4)$$

$$1\text{kg} \times 0.1945\text{ m} - R_c \times 0.389\text{ m} = 0$$

$$0.1945\text{ kg.m} = R_c \times 0.389\text{ m}$$

Despejando  $R_c$  tenemos:

$$R_c = 0.5\text{kg} \quad (3.5)$$

Remplazando 3.5 en 3.3 tenemos:

$$R_a = 0.5\text{ kg}$$

Conociendo el valor de las reacciones procedemos a calcular las fuerzas cortantes y momentos flectores en la superficie del rodillo.

**Tramo AB**

$$V_{AB} = 0.5 \text{ kg} \text{ ( fuerza cortante en este tramo )} \quad (3.6)$$

$$M_{AB} = 0.5 \text{ kg} \cdot X \text{ ( Momento flector en este tramo )} \quad (3.7)$$

Donde  $X$  = distancia al punto de análisis

**Tramo BC**

$$V_{BC} = 0.5 \text{ kg} - 1 \text{ kg} \text{ ( fuerza cortante en este tramo)}$$

$$V_{BC} = -0.5 \text{ kg} \quad (3.8)$$

$$M_{BC} = 0.5 \text{ kg} \cdot X - 1 \text{ kg} ( X - 0.1945 \text{ m} ) \text{ ( Momento flector en este tramo )}$$

$$M_{BC} = -0.5 \text{ kg} \cdot X + 0.1945 \text{ kg.m} \quad (3.9)$$

Cuando reemplazamos  $X$  por las distancias de 0 y 0.1945 m en la ecuación 3.7 tenemos:

Cuando  $X = 0 \text{ m}$

$$M_{AB} = 0$$

Cuando  $X = 0.1945 \text{ m}$

$$M_{AB} = 0.09725 \text{ Kg.m}$$

Cuando reemplazamos  $X$  por las distancias de 0.1945 m y 0.389 m en la ecuación 3.9 tenemos:

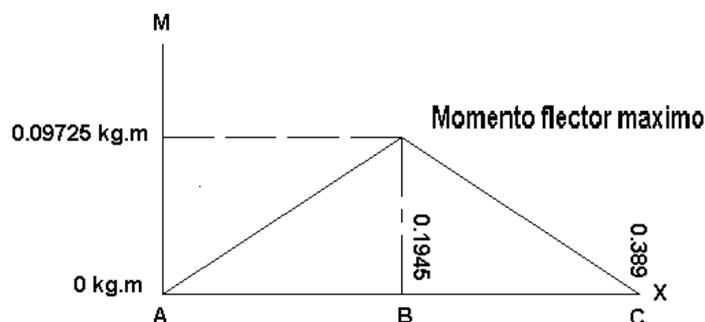
Cuando  $X = 0.1945 \text{ m}$

$$M_{BC} = 0.09725 \text{ kg.m}$$

Cuando  $X = 0.389 \text{ m}$

$$M_{BC} = 0$$

Graficando estos valores obtenemos el momento flector máximo en el punto B que es el mas crítico tal como lo indica la siguiente figura :



### **Diagrama de esfuerzo flector**

Una vez que conocemos tanto el momento torsionante como el momento flector calculamos el factor de seguridad utilizando la teoría del esfuerzo cortante máximo que se manifiesta en la siguiente ecuación.

$$\frac{S_y}{2n} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$\frac{S_y}{2n} = \frac{16}{\pi (0.0254)^3} \sqrt{(0.09725)^2 + (0.487)^2}$$

$$n = 777.7$$

Debido a que el peso que van a soportar los rodillos es mínimo y que el material de construcción de los rodillos es Acero A36 cuyo diámetro es 1" involucra para que el factor de seguridad sea extremadamente elevado para la carga que va a soportar, sin embargo este valor nos permite concluir que los rodillos pueden soportar productos de un mayor peso que el establecido, lo que resulta conveniente para aplicaciones donde se requiera mayor esfuerzo sobre los rodillos.

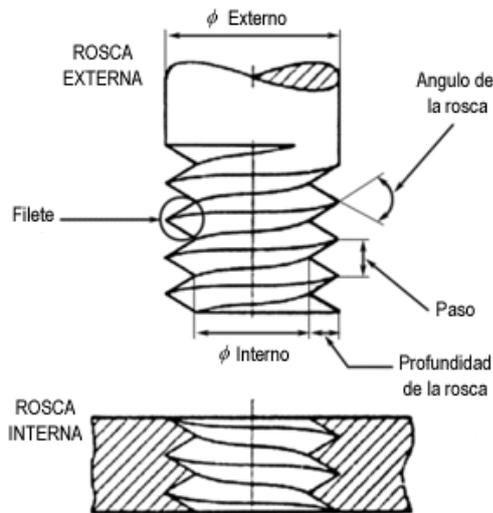
### **3.2.3.- Diseño y construcción del tornillo sinfín**

Los elementos básicos de una rosca o hilo son el diámetro exterior, el diámetro interior, el paso, el tipo de hilo, el sentido de avance, la cantidad de entradas y el ajuste, tal como lo indica la figura 3.26.

Los diámetros interior y exterior limitan la zona roscada; el paso es el desplazamiento axial al dar una vuelta sobre la hélice; el tipo de hilo es determinado por el tipo de filete y el paso, existiendo un gran número de hilos estandarizados. El sentido de avance puede ser derecho o izquierdo.

Esto significa que una rosca derecha avanza axialmente al girarla de acuerdo a la ley de la mano derecha.

En una rosca izquierda esta ley no se cumple. El sentido de avance izquierdo se usa principalmente por seguridad, como en las válvulas de balones de gas.



**Figura 3.26 Elementos de una rosca**

La cantidad de entradas indican cuántas hélices están presentes. Generalmente sólo hay una hélice presente.

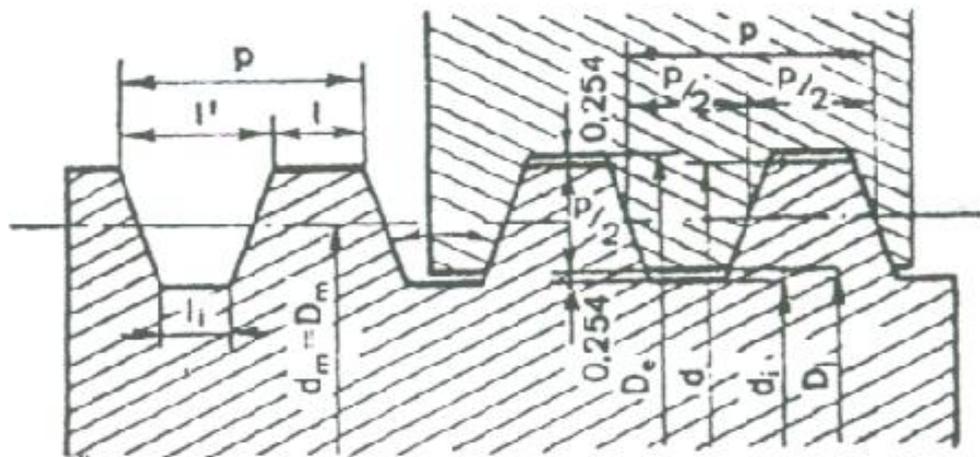
Por ejemplo si se desea unir una tuerca a un perno, se tiene una oportunidad por vuelta, o sea, una entrada; en tapas de frascos y bebidas se desea una colocación fácil y se utilizan 3, 4 o más entradas, es decir 3, 4 o más hélices presentes.

Esto necesariamente aumenta el paso, lo cual no es conveniente en un elemento que debe permanecer unido.

### **Rosca trapecial métrica**

El filete es engendrado por un trapecio isósceles con ángulo de flancos de 30 grados este tipo de rosca es el utilizado para la fabricación del tornillo del prototipo.

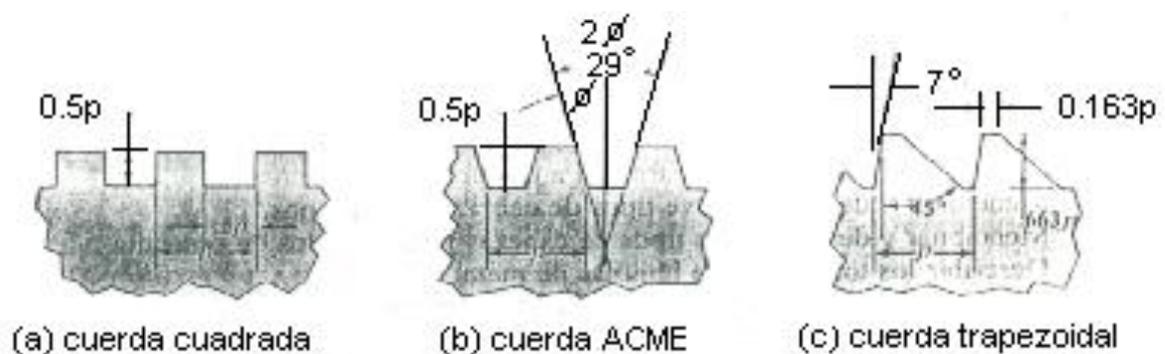
Las proporciones del filete de la tuerca y tornillo están representadas en la figura 3.27.



**Figura 3.27 Tipo de rosca del tornillo sinfín**

### Tornillo sinfín

El tornillo sin fin puede ser considerado como una rosca de perfil trapecial. Su perfil y dimensiones se determina o calcula de acuerdo con las bases que rigen el cálculo de los mismos. Para que un tornillo común sea considerado como un tornillo sinfín debe estar dispuesto de una forma tal que este pueda girar libremente como en el caso del despachador en el cual el tornillo está posesionado en forma horizontal o axial, esta al recibir el movimiento por parte de un motor permite que la tuerca se deslice a lo largo del tornillo dando el efecto de un tornillo sinfín.

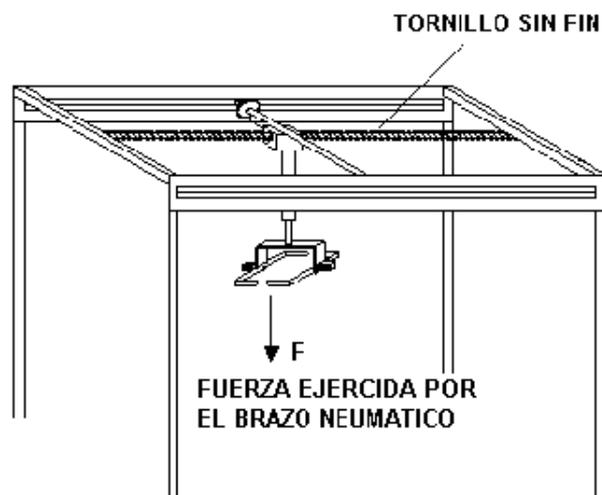


### Figura 3.28 Tipos de roscas para tornillos

En la figura 3.28 se muestran 3 tipos de roscas para tornillo de potencia : la rosca cuadrada, la Acme y la trapezoidal .

De estas la cuadrada y la trapezoidal son las mas eficientes y de ahí surge el criterio para haber elaborado el tornillo con un tipo de rosca trapezoidal .

La ventaja de este tipo de rosca es que requiere un toque mínimo para desplazar una carga particular a lo largo del tornillo como es el caso del brazo neumático , también este tipo de rosca es muy utilizada debido a que el desgaste en ella es mínimo en comparación a otros tipos de rosca existentes , además es recomendable cuando la fuerza debe transmitirse en un solo sentido tal como lo indica la figura 3.29 .



*Figura 3.29 Fuerza ejercida en el tornillo sin fin del prototipo*

Al realizar el análisis de tensiones en un tornillo el método mas seguro consiste en calcular el área que corresponde al diámetro menor para tensiones por esfuerzo de tracción o de compresión. Sin embargo , un cálculo mas preciso de la tensión es resultado de utilizar el área de tensión por esfuerzo de tracción , que se indica en la tabla 3.4 , la cual se calcula a partir de:

$$A_t = \pi/4 ( D_r + D_p/2)^2$$

Donde:

Dr = Diámetro menor o de raíz

Dp = Diámetro de paso

**Cálculo de la tensión ejercida en el tornillo sinfín del despachador.**

$$Dr = 16.5\text{mm} = 0.6 + 4pl$$

$$Dp = 25\text{ mm} = 0.98 pl$$

$$At = \frac{\pi}{4(0.6pl + 0.98pl)}$$

$$At = 0.93 pl^2$$

Diámetro mayor nominal (plg)	Hilos de cuerda por pulgada n	Paso p= 1/n (plg)	Diámetro menor mínimo	Diámetro de paso mínimo	Área de tensión por esfuerzo de tracción	Área de tensión por esfuerzo de corte
1/4	16	0,0625	0,161	0,204	0,026	0,335
5/16	14	0,0714	0,214	0,261	0,044	0,434
3/8	12	0,0833	0,263	0,316	0,065	0,527
7/16	12	0,0833	0,325	0,378	0,097	0,639
1/2	10	0,1	0,359	0,43	0,122	0,727
3/8	8	0,125	0,457	0,54	0,195	0,918
3/4	6	0,166	0,53	0,642	0,273	1,084
7/8	6	0,166	0,661	0,766	0,4	1,313
1	5	0,2	0,75	0,872	0,517	1,493
1 1/8	5	0,2	0,875	0,996	0,688	1,722
1 1/4	5	0,2	0,999	1,212	0,883	1,952
1 3/8	4	0,25	1,071	1,218	1,03	2,21
1 1/2	4	0,25	1,196	1,342	1,266	2,341
1 3/4	4	0,25	1,445	1,591	1,811	2,803
2	4	0,25	1,694	1,84	2,454	3,262
2 1/4	3	0,33	1,957	2,045	2,982	3,61
2 1/2	3	0,33	2,106	2,293	3,802	4,075
2 3/4	3	0,33	2,355	2,542	4,711	4,538
3	2	0,5	2,435	2,704	5,181	4,757
3 1/2	2	0,5	2,931	3,202	7,388	5,7
4	2	0,5	3,43	3,7	9,985	6,64
4 1/2	2	0,5	3,929	4,199	12,972	7,577
5	2	0,5	4,42	4,697	16,351	8,511

**Tabla 3.4 Características de una rosca ACME**

**Potencia que se necesita para insertar o impulsar un tornillo**

Si el torque que se necesita para hacer girar a un tornillo se aplica a una velocidad de giro constante, n; entonces la potencia expresada en caballos de p, que se necesita para impulsar el tornillo es .

$$P = \frac{T \times N}{63000}$$

En el caso del tornillo sinfín del prototipo la Potencia para impulsar a este es de 1 / 4 HP ( según datos de placa del motoreductor ) , entonces únicamente se calcula el torque que se necesita para hacer mover al tornillo , el cual se calcula utilizando la siguiente formula :

$$T_n = \frac{P \times 63000}{N}$$

**Donde :**

P : potencia del motoreductor = 0.25 HP

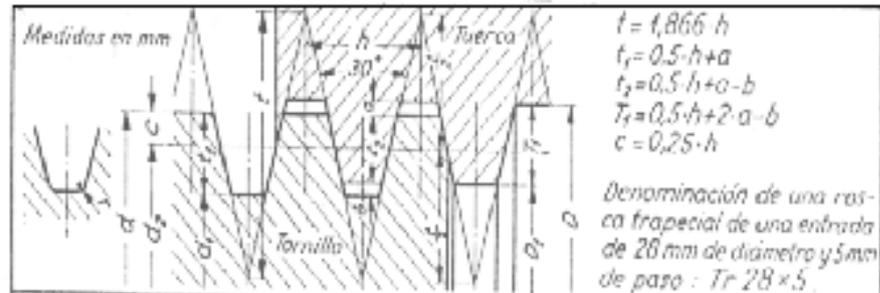
N: Velocidad de giro del tornillo = 300 rpm ( velocidad mínima de salida del motoreductor )

Entonces:

$$T_n = \frac{0.25 \text{ HP} \times 63000}{300 \text{ rpm}} \quad \mathbf{T_n = 52.5 \text{ lb} \times \text{plg}}$$

#### *CALCULO PARA EL TALLADO DE LA ROSCA*

Previamente a la realización de los cálculos es necesario conocer algunas características generales indicadas en las tablas 3.5 y 3.6 , correspondientes al tipo de rosca utilizada para la confección del tornillo sinfín.



Tornillo			Diámetro en los flancos $d_2$	Paso $h$	Tuerca	
Diámetro de la rasca $d$	Diámetro en el núcleo $d_1$	Sección en el núcleo $cm^2$			Diámetro de la rasca $D$	Diámetro en el núcleo $D_1$
10	6,5	0,33	8,5	3	10,5	7,5
12	8,5	0,57	10,5	3	12,5	9,5
14	9,5	0,71	12	4	14,5	10,5
16	11,5	1,04	14	4	16,5	12,5
18	13,5	1,43	16	4	18,5	14,5
20	15,5	1,89	18	4	20,5	16,5
22	16,5	2,14	19,5	5	22,5	18
24	18,5	2,69	21,5	5	24,5	20
26	20,5	3,30	23,5	5	26,5	22
28	22,5	3,98	25,5	5	28,5	24
30	23,5	4,34	27	6	30,5	25
32	25,5	5,11	29	6	32,5	27
(34)	27,5	5,94	31	6	34,5	29
36	29,5	6,83	33	6	36,5	31
(38)	30,5	7,31	34,5	7	38,5	32
40	32,5	8,30	36,5	7	40,5	34
(42)	34,5	9,35	38,5	7	42,5	36
44	36,5	10,46	40,5	7	44,5	38
(46)	37,5	11,04	42	8	46,5	39
48	39,5	12,25	44	8	48,5	41
50	41,5	13,53	46	8	50,5	43
52	43,5	14,86	48	8	52,5	45
55	45,5	16,26	50,5	9	55,5	47
(58)	48,5	18,47	53,5	9	58,5	50
60	50,5	20,03	55,5	9	60,5	52
(62)	52,5	21,65	57,5	9	62,5	54
65	54,5	23,33	60	10	65,5	56

**Tabla 3.5 Dimensiones de la tuerca y el tornillo de una rosca trapecial**

Para un paso de $h$	Profundidad de la rosca $t_1$	Profundidad por tante $t_2$	Juego		Redondeado $r^*)$	Profundidad de la rosca $T_1$
			$a$	$b$		
3	1,75	1,25	0,25	0,50	0,25	1,50
4	2,25	1,75	0,25	0,50	0,25	2,00
5	2,75	2,00	0,25	0,75	0,25	2,25
6	3,25	2,50	0,25	0,75	0,25	2,75
7	3,75	3,00	0,25	0,75	0,25	3,25
8	4,25	3,50	0,25	0,75	0,25	3,75
9	4,75	4,00	0,25	0,75	0,25	4,25
10	5,25	4,50	0,25	0,75	0,25	4,75
12	6,25	5,50	0,25	0,75	0,25	5,75
14	7,50	6,00	0,50	1,50	0,50	6,50
16	8,50	7,00	0,50	1,50	0,50	7,50
18	9,50	8,00	0,50	1,50	0,50	8,50
20	10,50	9,00	0,50	1,50	0,50	9,50
22	11,50	10,00	0,50	1,50	0,50	10,50
24	12,50	11,00	0,50	1,50	0,50	11,50
25	13,50	12,00	0,50	1,50	0,50	12,50

*\*) Si se emplea la rosca trapecial como rosca de esfuerzo, se redondeará el perfil en el núcleo con el radio  $r$ . Todos los medicos están en mm*

### *Rosca fina trapecial*

*una entrada (según DIN 378)*

*Valores en mm*

<i>Diámetro de la rosca, <math>d</math></i>	<i>10-20</i>	<i>22-62</i>
<i>Paso, <math>h</math></i>	<i>2</i>	<i>3</i>

### *Rosca basta trapecial*

*una entrada (según DIN 379)*

*Valores en mm*

<i>Diámetro de la rosca, <math>d</math></i>	<i>22-28</i>	<i>30-38</i>	<i>40-52</i>	<i>55-62</i>
<i>Paso, <math>h</math></i>	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>12</i>	<i>14</i>

*Las roscas de dos, tres o más entradas tendrán un paso doble, triple o múltiple con el perfil correspondiente al perfil simple*

**Tabla 3.6 Dimensiones de una rosca trapecial paso fino y paso basto**

**DATOS:**

Diámetro del eje = 25 mm ( tabla 3.5)

Paso ( h ) = 8 mm ( tabla 3.6)

**TORNILLO**

**Diámetro de la rosca = 22 - 28 mm** ( según la tabla 3 .6 para rosca trapecial basta )

escogemos un valor intermedio = 25 mm porque existe ejes de esta medida en el mercado.

Entonces diámetro de la rosca = **25 mm**

**Datos tomados de la tabla 3.9 ( paso = 8 mm)**

**Profundidad de rosca ( t1 ) = 4.25 mm**

**Profundidad portante ( t2 ) = 3.50 mm**

**Juego a = 0.25 mm    Juego b= 0.75 mm**

**Redondeado ( r\* ) = 0.25 mm**

**Profundidad de rosca ( T1 ) = 3.75 mm**

**Datos calculados**

**Diámetro del núcleo ( d1)**

$$d1 = d - 2t1$$

$$d1 = 25 - 2(4.25)$$

$$d1 = 16.5 \text{ mm}$$

**Calculo de C**

$$C = 0.25 * h$$

$$C = 0.25 * 8$$

$$C = 2 \text{ mm}$$

**Diámetro de los flancos (d2)**

$$d2 = d - c$$

$$d2 = 25 - 2$$

$$d2 = 23 \text{ mm}$$

### **Sección en el núcleo cm<sup>2</sup>**

$$S = \pi \times r^2$$

$$S = 3.14 (1.65/2)^2$$

$$S = 2.13 \text{ cm}^2$$

### **TUERCA**

**Diámetro de la rosca ( D)**

**Diámetro en el núcleo ( D1)**

$$D = d + 2^a$$

$$D1 = D - 2T1$$

$$D = 25 + 2(0.25)$$

$$D1 = 25.5 - 2( 3.75 )$$

$$D = 25.5 \text{ mm}$$

$$D1 = 18 \text{ mm}$$

### **3.3.- MONTAJE DE DISPOSITIVOS**

Todos los dispositivos del prototipo han sido ubicados de la manera mas cercana a un modelo real para lograr este propósito se utilizaron una infinidad de herramientas apropiadas para dicho trabajo , se realizaron varias operaciones mecánicas tales como:

- Taladrado
- Soldado
- Roscado entre otros.

Para realizar el montaje de dispositivos se tomaron en cuenta dos consideraciones generales:

- a. Condiciones de estética
- b. Facilidad para realizar de las conexiones

#### **a.- Condiciones de estética**

Lógicamente al tratarse de un prototipo este despachador es de un tamaño pequeño y por tal razón la estética al momento de montar los diferentes dispositivos es muy importante , bajo esta consideración los diferentes elementos y dispositivos tienen que poseer un tamaño acorde al del proyecto.

Para la fabricación de esta máquina se adquirió elementos lo mas pequeño posibles esto además de las ventajas que ofrece desde el punto de vista económico y de manejo permite realizar un montaje de una manera mas fácil , adecuada y con un amplio criterio de estética en la presentación.

La estructura metálica del proyecto permite la adaptación de los elementos de acuerdo a la necesidad que ese tenga , esta infraestructura constituye la columna vertebral del proyecto porque es en base a las características que esta posea lo que servirá para la correcta ubicación de todos los elementos y dispositivos.

Bajo este criterio a continuación se detalla el montaje de los dispositivos que están relacionados con esta condición .

### **Sensores**

Están ubicados tanto en la banda transportadora como en el sistema de transportación superior su ubicación depende de las necesidades que se tenga por ejemplo los sensores ópticos se colocaron en las guías metálicas que están sobre la banda para de esta forma tener un contacto directo con el producto a despachar y mejorar la presentación en la ubicación de estos sensores para su montaje por condiciones de espacio se ubicaron a estos en las mismas guías únicamente realizando perforaciones en donde son introducidos tanto el emisor como el receptor.

En cuanto a los sensores de velocidad estos están alojados en los ejes tanto del tornillo sinfín como del rodillo motriz de la banda mediante bocines o bases elaboradas de platina de esta forma se aprovecha el espacio existente en los ejes y se obtiene una mejor presentación , el propósito de colocar los sensores en dichos lugares es poder sensor valores reales de velocidad.

Y por último el criterio que se escogió para disponer los microinterruptores sobre las guías del tornillo es que precisamente a través de estas guías se deslizan dos rodamientos que son los encargados de presionar el pulsador de los micros , cabe señalar que para el montaje de estos microinterruptores fue necesario realizar destajes y perforaciones en las guías para dar mayor sujeción y seguridad a estos dispositivos , la ventaja de las guías es que poseen canales

que sirven perfectamente para alojar a los microinterruptores de esta forma no se atenta contra la imagen del proyecto.

#### **b.- Facilidad para poder realizar las conexiones**

El despachador posee una variada cantidad de elementos lo que implica la existencia de numerosas conexiones tanto eléctricas, electrónicas y neumáticas se debe considerar este punto al momento de realizar el montaje de los dispositivos principalmente para no afectar el correcto funcionamiento de los mismos .

Todos los elementos están dispuestos de una forma tal que no se necesite grandes cantidades de cables y tuberías lo que arruinaría la calidad y presentación del proyecto , a mas de eso al tener cables y mangueras sueltos por distintos lugares pueden causar accidentes o afectar el desempeño del prototipo, la solución a este problema fue dado con la utilización de canaletas situadas en diferentes partes del prototipo las cuales transportan los cables hacia la mesa de control.

Debido a todos los argumentos antes señalados se debe aprovechar al máximo los espacios existentes y no ocupados en el despachador como es el caso del espacio existente entre la banda y la mesa donde se depositan los productos pues aquí se ubica un tablero de control que ofrece todas las facilidades para realizar las diferentes conexiones de una manera segura y adecuada .

Enseguida se describen los elementos que se acogen a este tipo de condición en lo referente al montaje.

#### **Electroválvulas y pistones**

El montaje de estos elementos se efectúa en el brazo neumático por las dos razones antes indicadas es decir estética y facilidad de conexión las dos son muy fundamentales porque es en base a la estética en que garantizaremos una presentación adecuada y similar a un brazo neumático real y si existe estética lógicamente va a existir una distribución uniforme de las conexiones especialmente neumáticas que es lo que se logró en este mecanismo .

Para la ubicación de la tubería se optó por colocar las electroválvulas conjuntamente con los pistones en un solo armazón de platina reforzada debido a las altas presiones que se manejan con esta disposición nos obviamos la utilización de más tuberías que hubiese tenido efecto si las electroválvulas se ubicaban separados de los pistones .

Para finalizar con la parte del montaje de dispositivos se hará referencia a lo siguiente:

El criterio utilizado para la disposición de elementos y dispositivos en el prototipo fue escogido en base a las experiencias adquiridas durante el montaje de estos elementos se trató de realizar esta tarea de una manera adecuada y precisa y por sobre todo como se mencionó anteriormente tratando de acercarse en el mayor grado a un modelo real.

### **3.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS .**

Para lograr una automatización en el prototipo es necesario contar con dispositivos electrónicos que en conjunto con otros elementos permitan tener un control sobre el proceso , es por esta razón que en el despachador al existir sensores y motores elementos fundamentales en el proceso de automatización necesitan de circuitos de alimentación y control .

Desde este punto de vista se realiza un diseño de todos los circuitos electrónicos que intervienen en el despachador para posteriormente y según los resultados obtenidos implementarlos en el proyecto.

El despachador cuenta con los siguientes circuitos electrónicos:

- Controlador de velocidad para el motor de C-C utilizando un controlador de fase directo a base de tiristores
- Circuitos de alimentación tanto para los sensores de velocidad como para el sensor óptico.



Para el diseño y construcción del regulador de velocidad electrónico se utilizó una gran cantidad de elementos cuyas características y dimensionamiento se detallan a continuación:

Lista de materiales :

Características :

**Transformador**

**120 / 24 V a-c**

**$I_o$  , Average rectified forward current = 6A**

**Peak forward surge current = 200 A**

**Puente rectificador**

**ECG 5331 Max. forward voltage ( VF) = 1 V**

**TA at rated  $I_o$  ( ° C) = +40**

**Diodo zener ECG 5000 A**

**Potencia = 1W**

**Voltaje = 15V**

**$I_o$  = 3A**

**Diodo ECG 5331**

**IFM surge = 150 A**

**VF at rated  $I_o$  = 0.9 V typ 1.0 V max**

**Capacitores electrolíticos**

**2200  $\mu$ F, 25V y 0.01  $\mu$ F , 50V**

**Capacitor cerámico**

**1  $\mu$ F**

**220  $\Omega$  5W**

**100 k $\Omega$  1W**

**Resistencias**

**470  $\Omega$  1W**

**47 K  $\Omega$  1W**

**3.3 K $\Omega$  1W**

**Potenciómetro**

**5 K  $\Omega$**

**Circuito integrado LM555**

**VBC = 100V**

**VCE= 80V**

**VBE = 5V**

**Transistor ECG 286 A**

**Ic= 0.5 A**

**Max. P. Dis. = 0.500W**

**F = 120 Mhz**

**I gain = 100 min**

**Optotriac ECG 3048**

**Isolation voltage viso surge = 7500V**

**Led emisor**

**Power Pt = 330 (mW)**

**Forward current IF = 50 mA**

**Reverse voltage = 3 V**

**Foto tiristor**

**ITRMS = 100mA**

**IFT= 10mA**

**VF = 3V**

**I hold = 0.1mA**

**Triac ECG 5638**

**ITRMS= 8A**

**IGT min= 10mA**

**VGT max= 2V**

**I surge max (A) = 80**

**I hold ( min) = 10mA**

**Von max = 1.6V**

**PG AV ( W) = 0.4**

**VGM = ± 5**

Dimensionamiento de elementos

Datos:

**V sec. trans.=24 Vrms**

**Vcc = 15 V**

Cálculo para el circuito de control :

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$P_z = V_z \times I_z$$

$$V_{dc} = \frac{2(24\sqrt{2})}{\pi}$$

$$V_{dc} = 21.60 \text{ V}$$

$$I_z = \frac{P_z}{V_z}$$

$$I_z = \frac{0.5W}{15V}$$

$$I_z = 33.3 \text{ mA}$$

$$T_d = \ln 3 R_1 C_1$$

$$8.33 \text{ ms} = R_1 \times 1\mu\text{F} \times \ln 3$$

$$8.33 = 1.1 \times 1\mu\text{F} \times R_1$$

$$R_1 = 7.58 \text{ K}\Omega \text{ ( valor total de R } 470\Omega + \text{ Pot )}$$

$$R_1 = \text{Pot} + 470\Omega$$

$$\text{Pot} = R_1 - 470\Omega$$

$$\text{Pot} = 7.1 \text{ K}\Omega$$

Por condiciones de calibración se colocó una  $R = 470\Omega$  en serie con el Potenciómetro cuyo valor es de  $7.1 \text{ K}\Omega$  pero en el mercado el valor aproximado es  $5 \text{ K}\Omega$  que al final fue el que se escogió.

$$I_2 = \frac{V_{cc}}{R}$$

$$I_1 = I_2 + I_{555}$$

$$I_2 = \frac{14V}{470\Omega}$$

$$I_1 = 29\text{mA} + 20\text{mA} \text{ ( valor consumido por el C.I 555)}$$

$$I_2 = 29 \text{ mA}$$

$$I_1 = 49\text{mA}$$

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_z$$

$$R_p = \frac{(24\sqrt{2} - 1) - 15}{I_{\text{tot}}}$$

$$I_{\text{tot}} = 49\text{mA} + 33.3 \text{ mA}$$

$$R_p = \frac{(33.94 - 1) - 15}{82.3\text{mA}}$$

$$I_{\text{tot}} = 82.3 \text{ mA}$$

$$R_p = 217\Omega \approx 220\Omega$$

$$P_{Rp} = I^2 \times R_p$$

$$P_{Rp} = (82.3 \text{ mA})^2 \times 220\Omega$$

$$P_{Rp} = 1.4W \times 4 \text{ ( factor de seguridad )} = 5.6W - 5W$$

Cálculo para el inversor y el opotriac.

Datos:

$$V_{cc} = 14 \text{ V}$$

$$V_d = 1.5V$$

$V_{CE} = 0.2$

$I_e = 20\text{mA}$  ( corriente que consume el fotoemisor )

$I_r = 50\text{mA}$  ( corriente que consume el fotoreceptor )

$$R_G = \frac{V_{cc} - V_d - V_{CE}}{I_e}$$

$$R_F = \frac{110\sqrt{2}}{I_r}$$

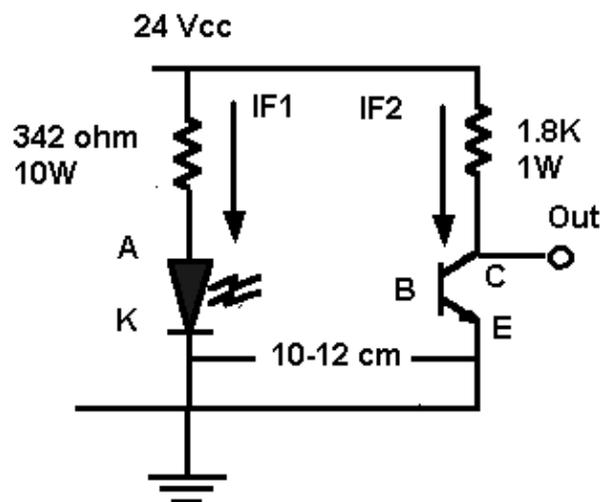
$$R_G = \frac{15 - 1.5 - 0.2}{20\text{mA}}$$

$$R_F = \frac{110\sqrt{2}}{50\text{mA}}$$

$$R_G = 615\ \Omega$$

$$R_F = 3.3\text{k}\Omega$$

**Diseño y construcción del circuito de alimentación para el sensor óptico**



**Figura 3.31 Circuito de alimentación del sensor óptico**

#### **Lista de materiales**

Resistencias

Fotodiodo emisor ECG 3027

#### **Características**

$120\ \Omega$  , 10W

$1\text{K}\ \Omega$  , 1W

P.min salida = 0.5 mW

V. pico inverso = 5V

Max.  $V_{pd} = 1.5\text{V}$

$I_{dc}$ .  $P_d = 100\text{mA}$

P. disipación = 150mW

Longitud de onda= 900nm

Fototransistor receptor ECG 3122

VBC= 35V

I max. Colector= 50mA

I max. Oscuridad 1µA a 10Vdc

Imin claridad 1.5mA

Max.P. disipacion= 75mW

Tiempo de respuesta = 80 µs

### Dimensionamiento de elementos

#### Datos:

V.diodo = 1.5 V ( valor medido )

Vcc = 24 V

IF1= 65 mA ( Corriente que asume en función de las características del diodo emisor )

VCE sat. = 0.3 V ( valor medido )

IF2 = 20mA ( Corriente que asume en función de las características del fototransistor )

#### Cálculos

$$R1 = \frac{V_{cc} - V_d}{I_{F1}}$$

$$R2 = \frac{V_{cc} - V_{CEsat}}{I_{F2}}$$

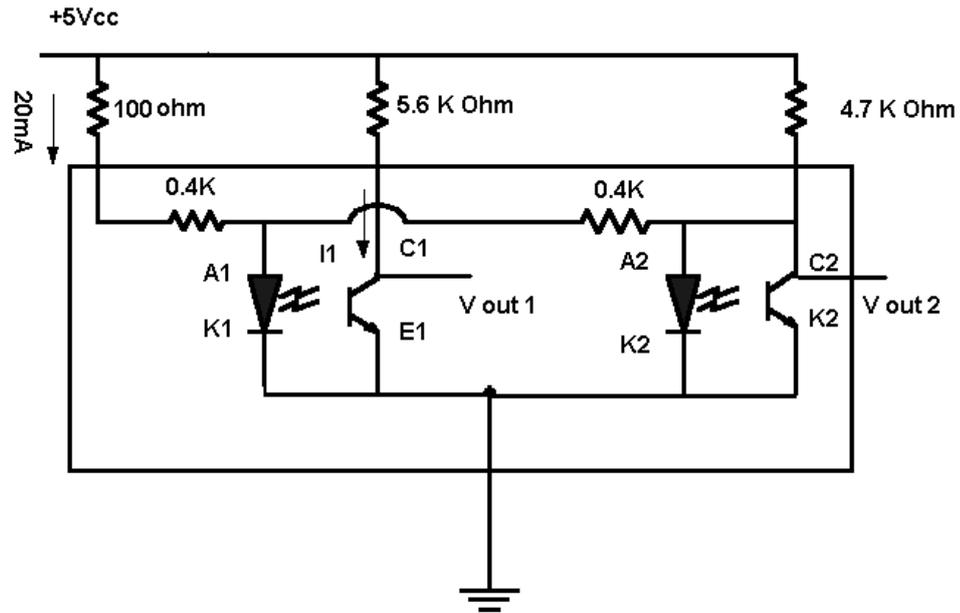
$$R1 = \frac{24 - 1.5}{65mA}$$

$$R2 = \frac{24 - 0.3}{20mA}$$

$$R1 = 346 \Omega \approx 342\Omega - 10W$$

$$R2 = 1185 \Omega - 1.8 K\Omega , 1W$$

### Diseño y construcción de los circuitos de alimentación para los sensores de velocidad



**Figura 3.32** Circuito de alimentación del sensor de velocidad de la banda transportadora

### Dimensionamiento de elementos

#### Datos:

$V_{cc} = 5 \text{ V}$

$V_{\text{diodo}} = 1.4$  ( valor medido)

$I_{\text{diodo}} = 35 \text{ mA}$  ( Valor asumido en base a características del fotodiodo)

$V_{CE \text{ sat}} = 0.2$  ( Valor medido)

$I_1 = 0.85 \text{ mA}$  ( valor asumido en base a características del fototransistor)

### Cálculos

$$R_{\text{diodo}} = \frac{V_{cc} - V_{\text{diodo}}}{I_{\text{diodo}}}$$

$$R_{\text{diodo}} = \frac{5 - 1.4}{35 \text{ mA}}$$

$$R_{\text{diodo}} = 100 \Omega - 1/4 \text{ W}$$

$$R_1 = R_2 = R_{\text{fototransistor}}$$

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_{CE \text{ sat}}}{I_1}$$

$$R_1 = \frac{5 - 0.2}{0.85 \text{ mA}}$$

R1= R2 = 5.2 KΩ - 1/4 W

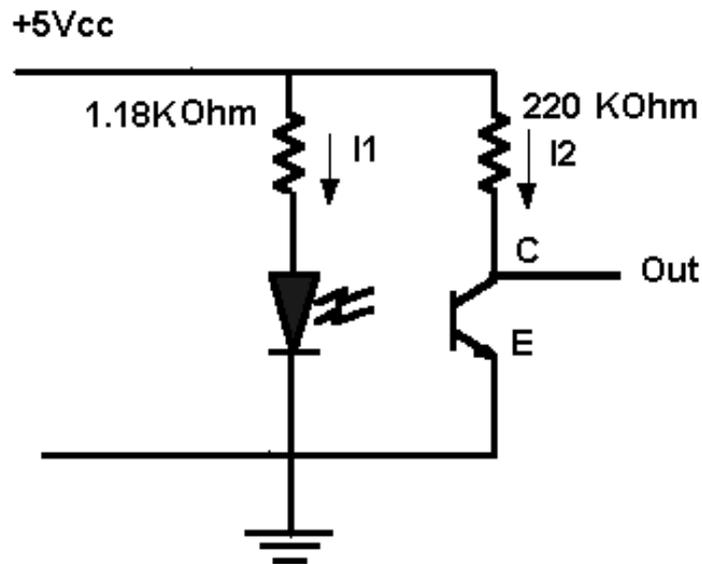


Figura 3.33 Circuito de alimentación del sensor de velocidad del tornillo sinfín

#### Dimensionamiento de elementos

#### Datos:

$$V_{cc} = 5 \text{ V}$$

$$V_{\text{diodo}} = 1.4 \text{ (valor medido)}$$

$$I_{\text{diodo}} = I_1 = 3.5 \text{ mA (Valor asumido en base a características del fotodiodo)}$$

$$V_{CE \text{ sat}} = 0.2 \text{ (Valor medido)}$$

$$I_2 = 22 \mu\text{A (valor asumido en base a características del fototransistor)}$$

#### Cálculos

$$R_{\text{diodo}} = \frac{V_{cc} - V_{\text{diodo}}}{I_{\text{diodo}}}$$

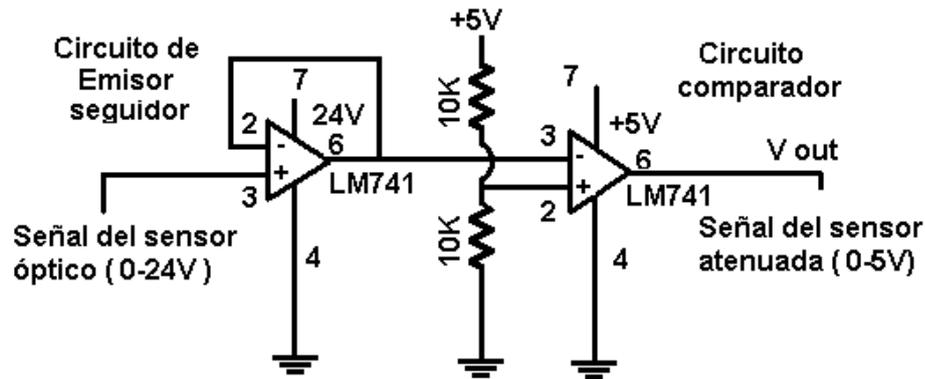
$$R_{\text{Fototran.}} = \frac{V_{cc} - V_{CE \text{ sat}}}{I_2}$$

$$R_{\text{diodo}} = \frac{5 - 1.4}{3.5 \text{ mA}}$$

$$R_{\text{Fototran.}} = \frac{5 - 0.2}{22 \mu\text{A}}$$

$$R_{\text{diodo}} = 1.18 \text{ K } \Omega - 1/4 \text{ W}$$

$$R_{\text{Fototran.}} = 220 \text{ K } \Omega - 1/4 \text{ W}$$



**Figura 3.34 Circuito de acondicionamiento de señal del sensor óptico**

Este circuito es necesario para obtener una salida entre 0V y 5V que representa una señal digital necesaria para el monitoreo .

Su funcionamiento se basa en la utilización de 2 amplificadores operacionales , el primer amplificador denominado emisor-seguidor sirve para desacoplar las impedancias existentes entre el circuito de entrada ( sensor óptico) y el circuito de salida ( circuito de atenuación ) para que no exista variación del voltaje necesario a la salida ( 5V). El segundo amplificador llamado circuito comparador funciona como su nombre lo indica es decir compara el voltaje de entrada con su referencia que es 2.5V, es decir; si llega a un voltaje menor al indicado la salida es 0V si por lo contrario supera el voltaje de referencia el voltaje que se obtiene a la salida es de 5V, el voltaje de referencia esta dado por un divisor de voltaje compuesto por dos resistencias de 10 K conectadas en serie y a la entrada 2 del segundo amplificador.

## IV. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL

En este capítulo se detallan los tópicos referentes a la programación del PLC, las especificaciones técnicas del mismo y el monitoreo de las variables a través de un software de aplicación industrial, toda esta información es necesaria para la correcta implementación del sistema de control.

### 4.1 GENERALIDADES

#### 4.1.1. Definición

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico que controla máquinas y procesos . Utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y ejecutar funciones específicas que incluyen control de activación y desactivación ( on/off) , temporización , conteo , secuencia , aritmética y manejo de datos.

La estructura básica de cualquier autómeta es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos.

Un autómeta programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

### **Aplicaciones generales:**

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Tal y como dijimos anteriormente, esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un cochera o las luces de la casa).

#### **4.1.2 .Ventajas e inconvenientes de los PLC's**

Entre la ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

El día de hoy los inconvenientes se han hecho nulos, ya que todas la carreras de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados.

Los PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fué la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente.

Hoy en día los PC están comenzando a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones, incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha cambiado al control basado en PC. Por lo cual, no sería de extrañar que en un futuro no muy lejano el PLC desaparezca frente al cada vez más potente PC, debido a las posibilidades que los ordenadores pueden proporcionar.

#### **4.2.- PROGRAMACION DEL PLC PARA EL CONTROL DEL PROCESO**

Antes de desarrollar el programa de control del PLC y aplicarlo al proyecto cabe tener en cuenta ciertos conceptos que son importantes al momento de empezar con la programación del PLC .

Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-maquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento.

El lenguaje usado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han evolucionado en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés los lenguajes más significativos son:

##### **4.2.1 Lenguajes de programación**

## Lenguaje a contactos. (LD)

Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.

Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

Este tipo de lenguaje es el más común y es el que se utilizó para controlar los elementos del despachador debido a la facilidad de monitoreo, facilidad de programación y versatilidad que ofrece.

El diagrama representativo de este tipo de lenguaje se muestra en la figura 4.1

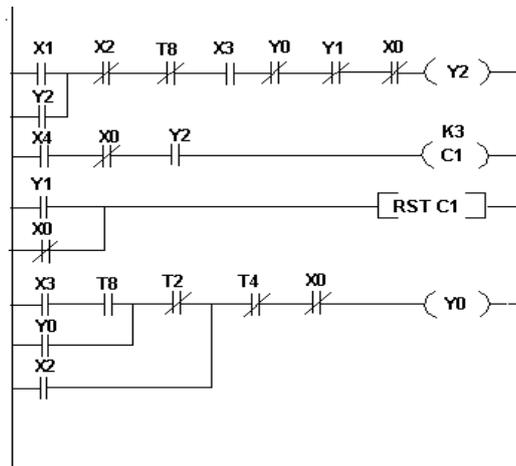


Figura 4.1 Lenguaje de contactos

## Lenguaje por Lista de Instrucciones. (IL)

En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos.

También decir, que este tipo de lenguaje es, en algunos los casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente.

En el caso del PLC utilizado en el despachador tiene esta ventaja de que la programación también se la puede hacer mediante este tipo de lenguaje para lo cual el PLC posee un programador manual que permite realizar esta tarea, es

excelente cuando no se dispone de un computador para realizar la programación o cuando se desea cambiar alguna lista de instrucción de manera mas rápida.

La figura 4.2 muestra este tipo de programación .

000	LD	% 10.1	Bp. Inicio ciclo
AND		% 10.0	Dp. Presencia vehiculo
AND		% M3	Bit. Autorización reloj calendario
AND		%10.5	Fc. Alto rodillo
AND		%10.4	Fc. Detrás pórtico
005	S	%M0	Memo ciclo inicio
LD		%M2	
AND		%10.5	
OR		%10.2	Bp. Parada ciclo
R		%M0	
010	LD	%MO	
ST		%Q0.0	Piloto ciclo

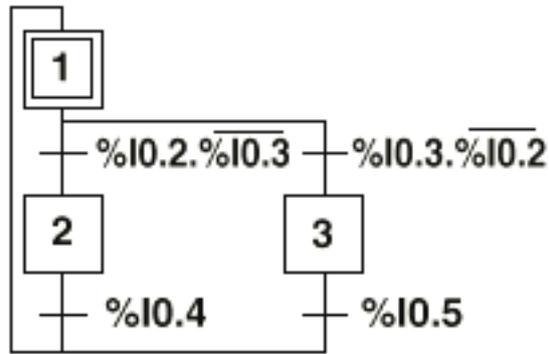
#### Figura 4.2 Programación por lista de instrucciones

#### Lenguaje Grafcet (SFC)

Es el llamado Gráfico de Orden Etapa Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones.

Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

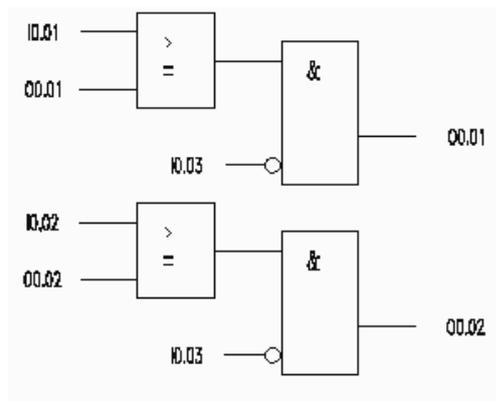
Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También podemos utilizarlo para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.



**Figura 4.3 Programación grafctet**

### Plano de funciones (FBD)

El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente. La figura 4.3 muestra este tipo de programación



**Figura 4.4 Programación a través de un plano de funciones**

Luego de haber conocido los diferentes métodos de programación utilizados en PLC's corresponde ahora definir de que se tratan las entradas y salidas del controlador lógico programable ( MITSUBISHI).

### 4.2.2.Entradas del PLC

Los terminales de entrada en un PLC forman el interfase mediante el cual los dispositivos de campo se conectan al PLC. El sistema de entradas es la parte que

adapta las señales provenientes del proceso en señales compatibles con la CPU, es el encargado de filtrar las diferentes señales recibidas desde los componentes externos del sistema de control. Las entradas en el caso del prototipo corresponden a botones pulsadores , microinterruptores y sensor óptico .Todos estos son dispositivos discretos que proporcionan un estado On u Off al PLC.

La tabla 4.1 muestra el listado de dispositivos de entrada al PLC utilizados en el despachador .

<b>ENTRADAS DEL PLC</b>			
<b>No.</b>	<b>Función</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Designación</b>
1	Paro general	Botón pulsador	X0
2	Arranque del motor de C-C	Interruptor de 2 posiciones	X1
3	Posición final del brazo neumático	Microinterruptor	X2
4	Posición inicial del brazo neumático	Microinterruptor	X3
5	Contador de productos terminados	Sensor óptico	X4
6	Giro del motor trifásico en sentido derecho	Botón pulsador	X5
7	Giro del motor trifásico en sentido izquierdo	Botón pulsador	X6

**Tabla 4.1 Listado de entradas para el PLC Mitsubishi**

#### **4.2.3 Salidas del PLC**

En el despachador de productos las salidas constituyen dispositivos tales como:

Las bobinas de los contactores tanto para la activación del motor trifásico como para la del motor de corriente continua , bobinas de las electroválvulas y la alarma. Los circuitos de salida operan de manera similar a los circuitos de entrada , las señales de la CPU pasan a través de una barrera de aislamiento óptico antes de activar los circuitos de salida.

La tabla 4.2 muestra el listado de dispositivos de salida del PLC .

<b>SALIDAS DEL PLC</b>			
<b>No.</b>	<b>Función</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Designación</b>
1	Control del avance y retorno del pistón principal del brazo neumático.	Electroválvula	Y0
2	Control del avance y retorno de los pistones compactos que sujetan el producto terminado.	Electroválvula	Y1
3	Activación del motor de C-C	Bobina del contactor 1	Y2
4	Activación de la alarma para detección de fallas	Bobina de un transformador 220/12V	Y3
5	Avance del motor trifásico en sentido derecho	Bobina del contactor 2	Y4
6	Avance del motor trifásico en sentido izquierdo	Bobina del contactor 2	Y5

**Tabla 4.2 Listado de salidas para el PLC Mitsubishi**

#### **4.2.4 Especificaciones del PLC MITSUBISHI**

A continuación se indican las especificaciones que deberá reunir el PLC para propósitos de implementarlo en el despachador de productos.

Número total de entradas digitales : 6 a 24 Vcc

Número total de salidas: 6 Dos a 120 Vc-a y Cuatro a 220V c-a

Fuente de alimentación de 24 Vcc

Software de programación del PLC y/o programador manual ( HHT)

Módulo de memoria tipo EEPROM u UVPR0M.

Capacidad de poder comunicarse mediante un interfase con la computadora y con el programador manual para corregir fallas de programación.

#### **EI PLC MITSUBISHI tiene la siguiente capacidad:**

- 20 instrucciones básicas (comunes a toda la familia de controladores FX)
- 42 instrucciones de aplicación, 35 son comunes a loa FX0S (todas son comunes a los FX, FX2C y FX2N).
- 64 temporizadores.
- 32 contadores
- 13 opciones de contadores de alta velocidad.
- 512 relés internos.
- 128 relés de estado
- 256 registros de datos (16 bit)
- 64 punteros de "Jump"
- 4 punteros de interrupción de alta velocidad.

#### **4.2.5 PROGRAMACION**

La programación se hace muy sencilla a través de los programadores de mano o por medio de una computadora con un software tipo Melsec-Medoc, con ambos

sistemas se puede programar y monitorear el funcionamiento del programa en ejecución.

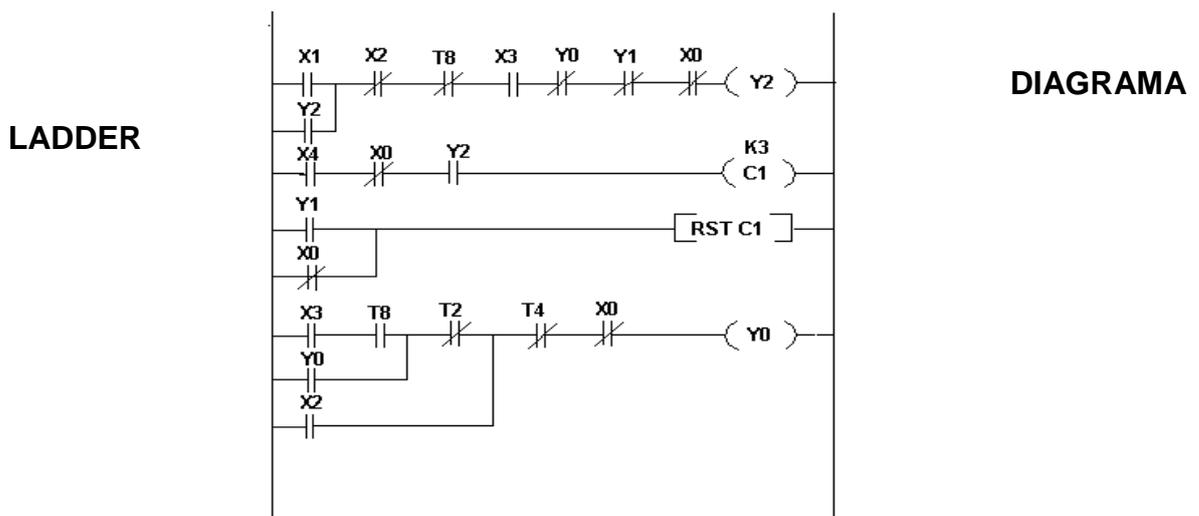
El PLC MITSUBISHI ofrece también la conexión a pantallas de texto y/o gráficas para que el usuario pueda acceder a los datos del programa, cambiar constantes de temporizadores y/o contadores, textos de alarma y comportamiento de la máquina.

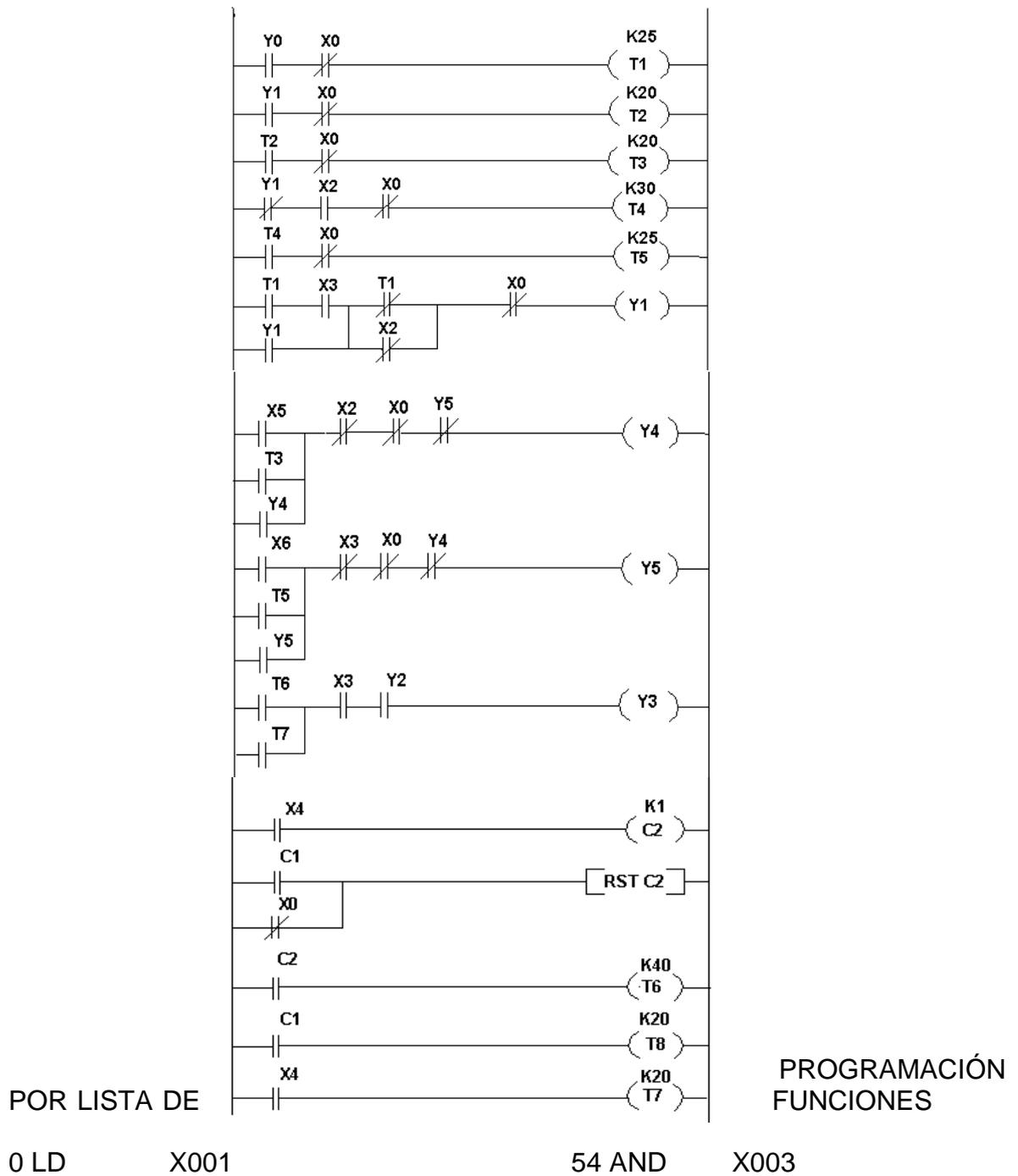
Para la implementación del programa se utilizó un lenguaje de programación de lógica escalera ( ladder diagram) y un lenguaje por lista de instrucciones se escogió esta forma de programación por cuanto se tiene una mayor facilidad para depurar y modificar el programa.

Un programa de lógica escalera PLC es muy parecido a un diagrama eléctrico de cableado .

En un diagrama eléctrico , los símbolos representan dispositivos reales y cómo están cableados . Un programa de lógica de escalera usa símbolos parecidos , pero éstos representan instrucciones lógicas .

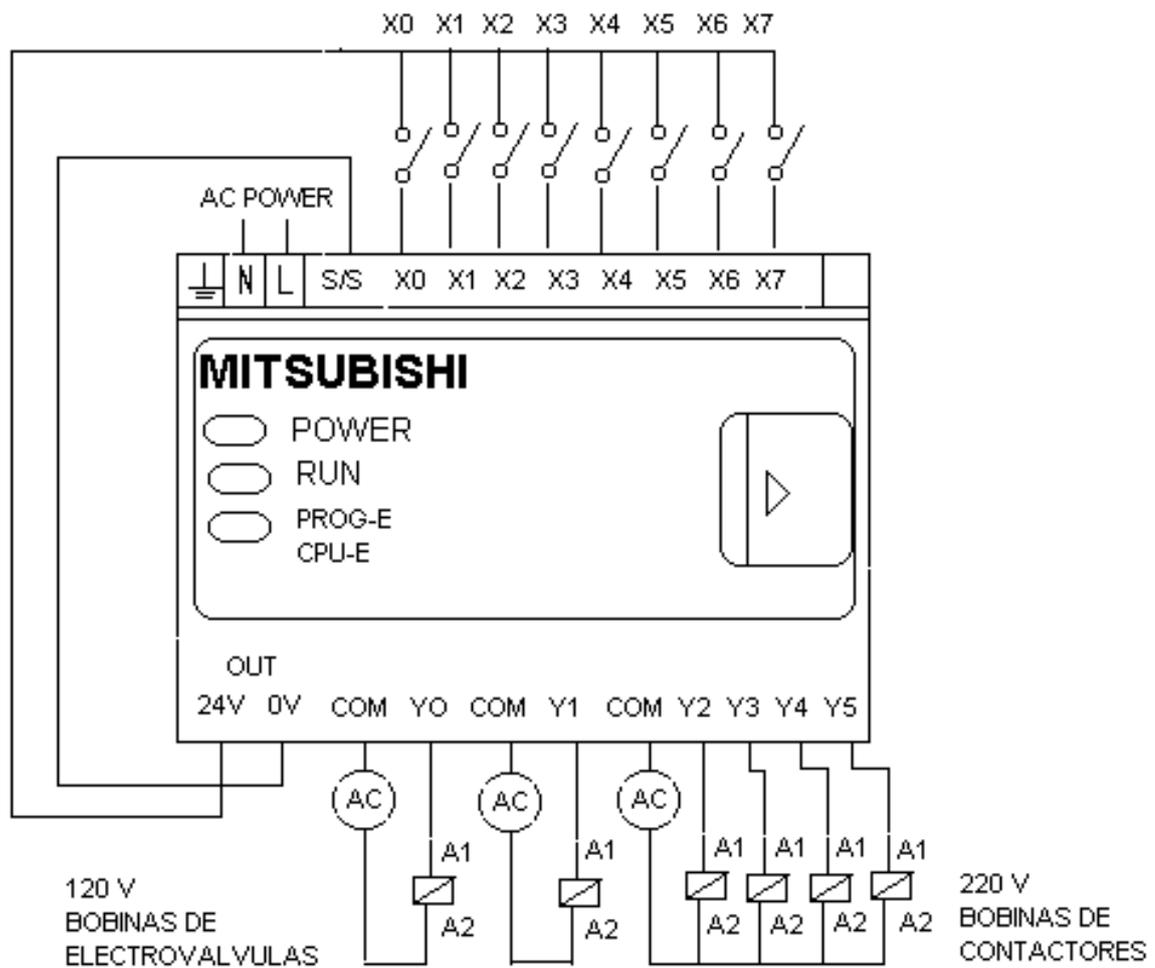
Un programa de lógica de escalera existe sólo en el software del PLC. A continuación se muestra el programa de control para el despachador de productos terminados realizado con el PLC MITSUBISHI y el programador manual MELSEC F10-XP.





1 OR	Y002		55 OR	Y001
2 ANI	X002		56 LDI	T1
3 ANI	T8		57 ORI	X002
4 AND	X003		58 NDB	
5 ANI	Y000		59 ANI	X000
6 ANI	Y001		60 OUT	Y001
7 ANI	X000		61 LD	X005
8 OUT	Y002		62 OR	T3
9 LD	X004		63 OR	Y004
10 ANI	X000		64 ANI	X002
11 AND	Y002		65 ANI	X000
12 OUT	C1		66 ANI	Y005
	K3		67 OUT	Y004
15 LD	Y001		68 LD	X006
16 OR	X000		69 OR	T5
17 RST	C1		70 OR	Y005
19 LD	X003		71 ANI	X003
20 AND	T8		72 ANI	X000
21 OR		Y000	73 ANI	Y004
22 ANI	T2		74 OUT	Y005
23 OR	X002		75 LD	T6
24 ANI	T4		76 OR	T7
25 ANI	X000		77 AND	X003
26 OUT	Y000		78 AND	Y002
27 LD	Y000		79 OUT	Y003
28 ANI	X000		80 LD	X004
29 OUT	T1		81 OUT	C2
	K25			K1
32 LD	Y001		84 LD	C1
33 ANI	X000		85 OR	X000
34 OUT	T2		86 RST	C2
	K20		88 LD	C2
37 LD	T2		89 OUT	T6
38 ANI	X000			K 40
39 OUT	T3		92 LD	C1
	K20		93 OUT	T8
42 LDI	Y001			K20
43 AND	X002		96 LD	X004
44 ANI	X000		97 OUT	T7
45 OUT	T4			K20
	K30			
48 LD	T4			
49 ANI	X000			
50 OUT	T5			
	K25			
53 LD	T1			

DIAGRAMA FISICO DE CONEXIONES PARA ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC



**Figura 4.5 Esquema de conexiones al PLC**

La figura 4.5 muestra el esquema de conexiones del PLC en donde las entradas que viene a constituir los sensores son alimentados con una tensión de 24 V c-c , en tanto que las salidas se alimentan con dos tensiones de trabajo , en el caso de las bobinas de las electrovalvulas es de 120Vc-a y para las bobinas de los contactores que activan los motores con 220V.

Cabe señalar que las salidas poseen tres puntos comunes en donde:

COM - YO soporta 2 A en corriente alterna

COM - Y1 igualmente soporta 2A en corriente alterna

Mientras que COM Y2 , Y3 , Y4 y Y5 soportan 2A en conjunto.

Este aspecto debe ser tomado en cuenta al momento de realizar las conexiones de las diferentes salidas del PLC puesto que cada una de estas consume un valor distinto de corriente tal como lo indica la tabla 4.3

<b>Dispositivo</b>	<b>Corriente consumida (A)</b>
Electroválvula pistón principal	0.8
Electroválvula pistones compactos	0.8
Contactores de activación del motor trifásico	0.4 cada uno
Contactador de activación del motor de corriente continua	0.4
Transformador de alimentación a la alarma.	0.2

**Tabla 4.3 Consumo de corriente de los elementos de salida**

#### **4.2.6. Funciones del sistema de control**

El sistema de control del prototipo debe cumplir las siguientes funciones:

- Control del arranque del motor de corriente continua que impulsa a la banda transportadora para despachar los productos terminados.
- Control del brazo neumático para sujetar o aflojar los productos en el proceso de transportación.
- Invertir el giro del motor trifásico necesario para desplazar el brazo neumático a lo largo del tornillo sinfín desde la banda transportadora hacia la mesa de depósito de productos y viceversa.
- Parada del prototipo ante condiciones de falla.
- Facilitar la detección de fallas mediante la activación de una alarma cuando ocurre un parámetro anormal de funcionamiento en el proceso de despachamiento de los productos .

### **4.3 .-ESTUDIO DEL SOFTWARE PARA EL MONITOREO DEL PROCESO**

El software a utilizar para el monitoreo del proceso es LABVIEW, este programa de aplicación industrial es el mas utilizado en tareas de control y visualización de un proceso de producción .

LabVIEW (el Laboratorio de Instrumentos Virtual que Diseña el Banco de trabajo) es un ambiente de desarrollo basado en la programación gráfica. LabVIEW usa terminología, iconos, e ideas técnicas, científicas y de ingeniería confía en los símbolos gráficos en lugar del idioma textual que describen las acciones de la programación. LabVIEW se integra totalmente para la comunicación con el hardware como GPIB, VXI, RS-232, RS-485, y tablas de adquisición de datos. LabVIEW también puede construir bibliotecas usando normas de software como TCP/IP Networking y ActiveX. Los programas de LABVIEW son llamados instrumentos virtuales (VIs) .

Los VIs tienen dos paneles principales : el panel frontal y el diagrama de bloques .

#### **4.3.1 Panel frontal**

El panel frontal contiene la interfase del usuario con sus VI el panel frontal permite dar valores de entrada y ver los valores de salida del diagrama de bloques del VI , en este panel se visualizará al prototipo con una simulación virtual de movimiento, los valores de velocidad a la que gira la banda transportadora , el tornillo sin fin y los pulsos que envía el sensor óptico serán monitoreados en este panel .

Dado que el panel frontal es análogo al panel frontal de un instrumento , las entradas son llamadas controles y las salidas son llamadas indicadores. Se pueden utilizar una gran variedad de controles e indicadores como perillas, interruptores , botones , graficas etc ( figura 4.6) . Las que sean necesarias para la simulación del prototipo.

Los controles e indicadores ayudan a que el panel frontal sea fácil de entender y que sus elementos se identifiquen rápidamente .

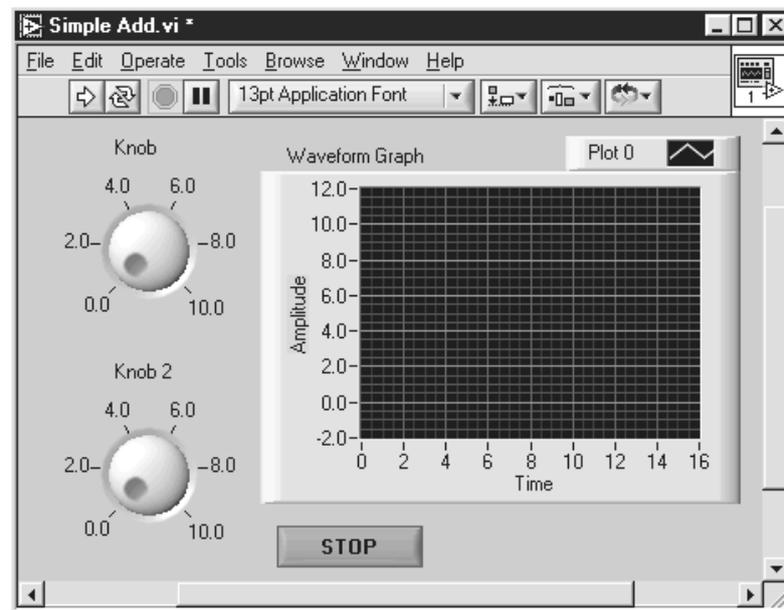


Figura 4.6 Panel frontal

### 4.3.2 Diagrama de bloques o programación

Cada panel frontal es acompañado de un diagrama de bloques que es el programa del VI , tal como lo indica la figura 4.7 .

Se puede construir un diagrama de bloques utilizando el lenguaje de programación grafica G. Se puede pensar que el diagrama de bloques es el código fuente del programa de monitoreo . Los componentes del diagrama de bloques representan los nodos del programa ; por ejemplo, ciclos For , estructuras case y funciones aritméticas . Los componentes se conectan para definir el flujo de datos dentro del diagrama de bloques .

En este panel se realiza toda la programación que permite al prototipo moverse virtualmente dentro del panel frontal de igual forma al elaborar el programa podremos visualizar los valores de las variables del proceso ( velocidad y paso de productos )

El diagrama de bloques para el VI de la figura 4.6 se muestra a continuación.

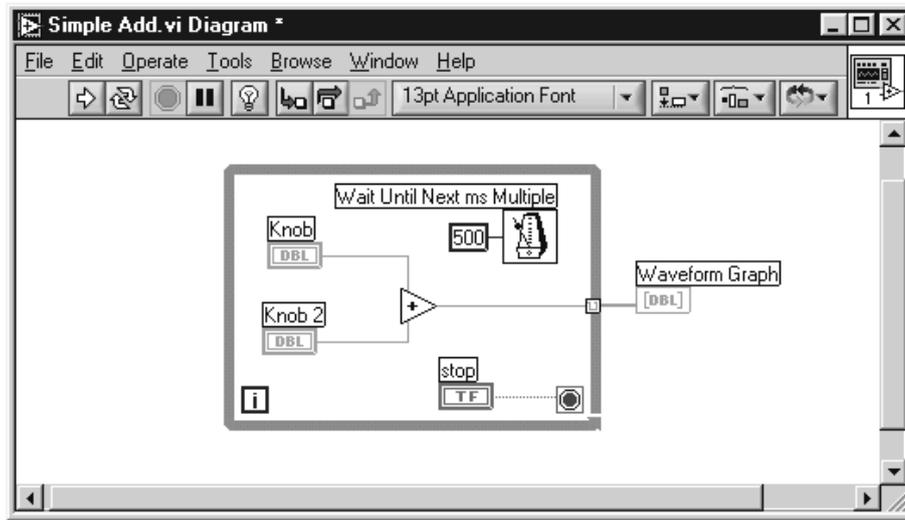


Figura 4.7 Diagrama de bloques o programación

### 4.3.3. El ambiente de programación de LABVIEW

LabView consiste en un archivo ejecutable de LabView y varios archivos asociados.

#### Windows

En el medio ambiente de Windows , la ventana / menú de LabView contiene iconos. El icono del programa de LabView inicia la operación de LabView. El icono de LabView Uninstall inicia una utilireria que remueve LabView y sus archivos asociados de la computadora. Además , el instalador de LabView instala automáticamente NI-DAQ Configuration Utility en el grupo de programas de LabView.

#### La ventana de inicio de LabView 6i

La siguiente ventana de inicio de LabView aparece al oprimir dos veces el botón del mouse sobre el icono de LabView.



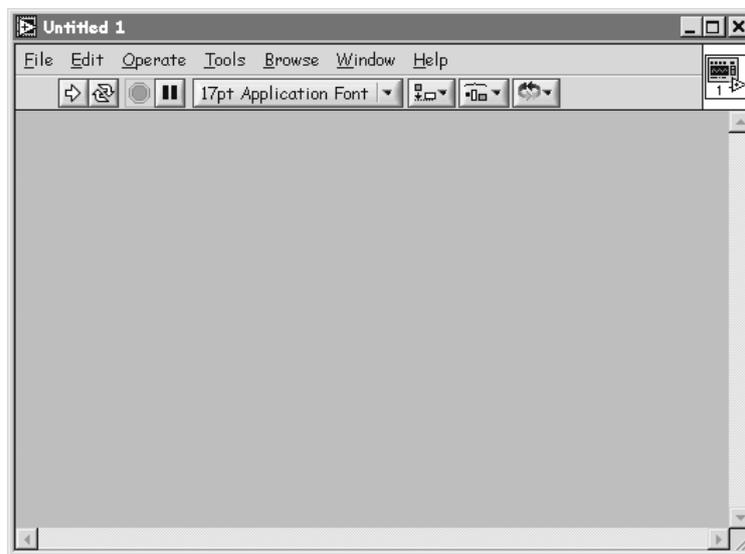
Figura 4.8 Ventana de inicio de LabView 6i

New VI	Crea un VI nuevo
Open VI	Abre un Vi existente
DAQ Solution	Ejecuta una utilería interactiva que permite crear aplicaciones de adquisición de datos .
Search Examples	Muestra ejemplos de VIs de LabView que Ud. Seleccione
LabView tutorial	Abre un tutorial interactivo de LabView . El tutorial tiene una duración de 15 minutos .
Exit	termina la ejecución de LabView .

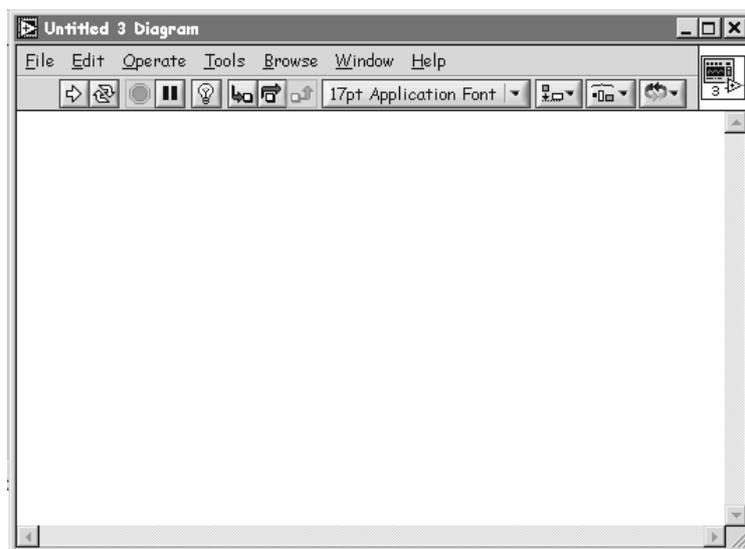
### Ventanas de Panel y de diagrama

Al seleccionar new VI de la ventana de inicio Windows de LabView , una nueva ventana de panel sin titulo aparece en la pantalla . La ventana del panel despliega el panel frontal de su VI ( figura 4.9 ) ; esta es una de las dos

ventanas que se utilizan en LabView para construir un VI. La otra ventana , es la de programación ( figura 4.10) , contiene el diagrama de bloques .



**Figura 4.9 Ventana del panel frontal**



**Figura 4.10 Ventana de programación**  
**Paletas**

LabView tiene paletas graficas flotantes que ayudan a crear y operar a los VIs las tres paletas son Paleta de Herramientas (tools) , Paleta de controles (controls) y la paleta de Funciones ( Functions).

**Paletas de herramientas .**

Esta paleta sirve para crear , modificar y depurar VIs ( figura 4.11) . Después de haber seleccionado una herramienta de este menú el cursor del mouse toma esta forma. Si la paleta de herramientas no esta visible , seleccione la opción de Show Tool Palette del menú de Windows para desplegar la paleta .



**Figura 4.11 Paleta de herramientas**

### **Paleta de controles.**

Esta paleta permite añadir controles e indicadores al panel frontal ( figura 4.12) Cada opción de la paleta despliega una subcarpeta con los controles e indicadores disponibles para esa selección . Si la paleta de controles no esta visible , seleccione la opción de Show controls Palette del menú de Windows .

La paleta controls únicamente está disponible cuando la ventana del panel está activa .



**Figura 4.12 Paleta de controles**

### **Paleta de funciones**

Los diagramas de bloques se construyen utilizando la paleta de funciones ( figura 4.13) , cada opción en la paleta despliega una subcarpeta con los iconos de alto nivel. Si la paleta de funciones no esta visible , se puede abrir seleccionando la opción de Show Functions Palette del menú Windows.



el caso del despachador las señales acondicionadas son digitales , sin embargo ; debido a que es mas fácil el monitoreo al existir señales analógicas se utilizaron estas a partir de las digitales debido a que el rango de voltaje que acepta la tarjeta de adquisición es mayor en analógico que en digital tal como se muestra al comparar la tabla 4.4 con la 4.5 .

La tarea fundamental de un sistema DAQ es la medición y generación de señales físicas del mundo real ( prototipo) . Antes de que un sistema basado en computadoras pueda medir una señal física , un sensor o transductor (encoders , sensor óptico) deberá convertir las señales físicas en una señal eléctrica , como voltaje o corriente .

Normalmente , las tarjetas insertables DAQ se consideraban como un sistema DAQ completo; sin embargo, la tarjeta es sólo uno de los componentes del sistema . A diferencia de la mayoría de los instrumentos independientes , no se pueden conectar señales directamente a una tarjeta DAQ. Algún accesorio para acondicionamiento de señales debe acondicionar la señal antes que la tarjeta la convierta en información digital.

### **Características de la tarjeta de adquisición**

Las tarjetas DAQ ofrecen rangos seleccionables ( por ,o general de 0-10V o de – 10 a 10 V ) , por lo que se puede ajustar el rango de la señal enviada por los sensores para aprovechar al máximo la resolución disponible para medir la señal con mayor precisión.

La tarjeta a utilizar en el prototipo es de la serie PC -1200 entre las principales características que posee es la de tener un costo bajo, alta actuación analógica - digital . Adicionalmente las tarjetas PC-1200 tienen la capacidad de rendimiento analógicas. Las tarjetas 1200 tienen ocho canales de entrada analógicos que se pueden configurar como ocho independientes o cuatro entradas diferenciales .

Las tarjetas de la serie 1200 son completamente versátiles y aplicables en procesos de adquisición de datos . Esto permite , que no se produzcan interrupciones y direcciones bajas I/O de asignación al sistema lo que evita conflictos de recursos con otras tarjetas del computador . Estas tarjetas son diseñadas para la adquisición de datos de actuación alta y control para las aplicaciones en pruebas de laboratorio , pruebas de producción y para el monitoreo y control de procesos industriales .

Finalmente , el software de la tarjeta controla el sistema , adquiriendo los datos, analizándolos y presentando los resultados. Debido a que la tarjeta se aplicó utilizando entradas y salidas analógicas a continuación se muestra todo lo referente a este tipo de señales .

### **Configuración analógica de entradas y salidas**

Al poner en marcha o después de restablecer la tarjeta PC - 1200 se pone la siguiente configuración:

- Referencia a modo de simple entrada
- $\pm 5V$  rango de entrada analógica ( bipolar)
- $\pm 5V$  rango de salida analógica ( bipolar)

Las tablas 4.4 y 4.5 muestran los valores de entrada y salida analógicos y digitales para la tarjeta de la serie 1200 .

<b>Parámetro</b>	<b>Configuración</b>
Polaridad de entrada analógica	Bipolar $\pm 5V$ Unipolar 0 a 10V
Modo de entrada analógica	Referido a un final simple RSE No referido a un final simple NRSE

	Diferencial DIFF
--	------------------

Tabla 4.4 Valores de entrada y salida analógicos para la tarjeta PC-1200

Máximo rango absoluto de voltaje	-0.5 a +5.5 V con respecto a tierra	
Líneas de entrada y salida digitales:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada lógica bajo voltaje</li> <li>• Entrada lógica alto voltaje</li> <li>• Salida lógica bajo voltaje</li> <li>• Salida lógica alto voltaje</li> <li>• Rango de corriente de entrada ( <math>0 &lt; V_{in} &lt; 5V</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-0.3 V min</li> <li>2.2 V min</li> <li>-</li> <li>3.7 V min</li> <li>-1 <math>\mu</math>A min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0.8 V max</li> <li>5.3 Vmax</li> <li>0.4V max</li> <li>-</li> <li>1 <math>\mu</math>A max</li> </ul>

Tabla 4.5 Valores para entradas y salidas digitales

#### 4.4. DESARROLLO DEL SOFTWARE .

El programa de monitoreo se realizó utilizando un software de aplicación industrial en este caso LABVIEW versión 6i.

Antes de desarrollar el software inicialmente se tuvo que definir todos los parámetros a sensar en este caso los sensores de velocidad y el sensor óptico , posteriormente se realizó toda la parte concerniente al acondicionamiento de señales , es decir obtener valores estándares de voltaje ( lo que soporta la tarjeta de adquisición ) , para el monitoreo del proceso se utilizó las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición , sin embargo ; las señales acondicionadas están en valores digitales ( Como consecuencia del diseño de los circuitos de

alimentación de los sensores ) pero debido a las características que presenta dicha tarjeta permite que estas señales puedan ser utilizadas como analógicas dado que este tipo de señales trabajan en un rango mas amplio de voltaje en comparación a las señales digitales tal como se muestra en la tabla 4.4 .

El siguiente paso en el desarrollo del software es diseñar las pantallas de presentación , simulación del proceso e ingreso de datos a la tarjeta de adquisición . A continuación se detallan de forma independiente cada uno de estos aspectos que constituyen en su conjunto el programa de monitoreo del prototipo .

#### **4.4.1 Pantallas de presentación**

Como en todo programa computacional existe un menú de entrada que permite iniciar el mismo , el monitoreo del despachador cuenta con dos pantallas de presentación una que constituye el menú de entrada el cual se muestra en la figura 4.13 . En esta pantalla constan datos generales tales como: La institución encargada del proyecto , los responsables , el nombre del proyecto etc.

En la segunda pantalla se puede visualizar al prototipo en su estado inicial ( figura 4.14 ) entre los gráficos que se observan en esta pantalla esta la forma física del prototipo así como 3 recuadros ubicados en la parte inferior del mismo que sirven para visualizar los valores de velocidad y número de productos terminados .

Esta pantalla a su vez constituye el panel frontal del entorno de programación donde se realizan todas las modificaciones de orden grafico y estético que da el aspecto final al programa, estas dos pantallas constituyen la parte inicial del programa .



Figura 4.13 Menú de ingreso al programa de monitoreo

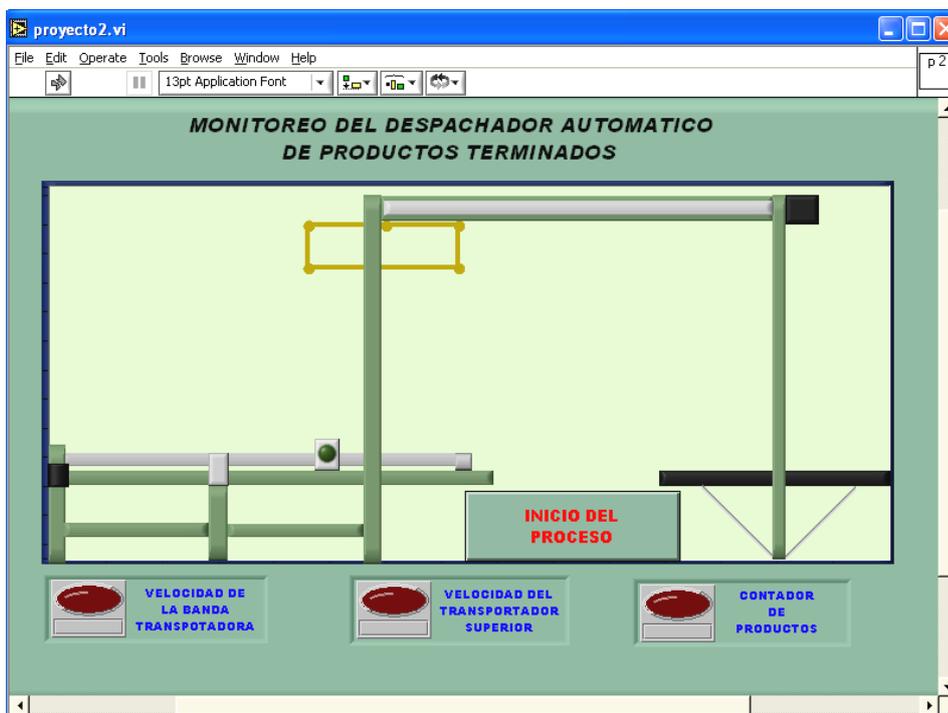


Figura 4.14 Pantalla de visualización del prototipo

#### 4.4.2 Simulación del proceso

Labview es un programa que permite simular movimientos de un determinado proceso en tiempo real, para este fin se hace necesario utilizar tanto el panel frontal para construir el prototipo, como el panel de diagramación donde se realiza toda la programación necesaria para simular el movimiento y traslado de los productos terminados esta tarea es realizada mediante la utilización de comandos gráficos (ver planos anexos), toda la programación del sistema de monitoreo debe realizarse en este panel y los resultados son observados en el panel frontal que sirve como interfase grafica entre el proceso real y la visualización virtual.

A continuación se muestran una serie de figuras secuenciales que permiten visualizar el movimiento y traslado de los productos terminados, obsérvese el cambio de color de la luz indicadora del sensor óptico con respecto a la figura 4.14 al momento que los productos atraviesan este elemento.



Figura 4.15 Recorrido de los productos a través de la banda transportadora



Figura 4.16 Conteo de productos mediante el sensor óptico



**Figura 4.17 Sujeción de los productos a través del brazo neumático**



**Figura 4.18 Elevación del brazo neumático con los productos terminados a la parte superior del prototipo**

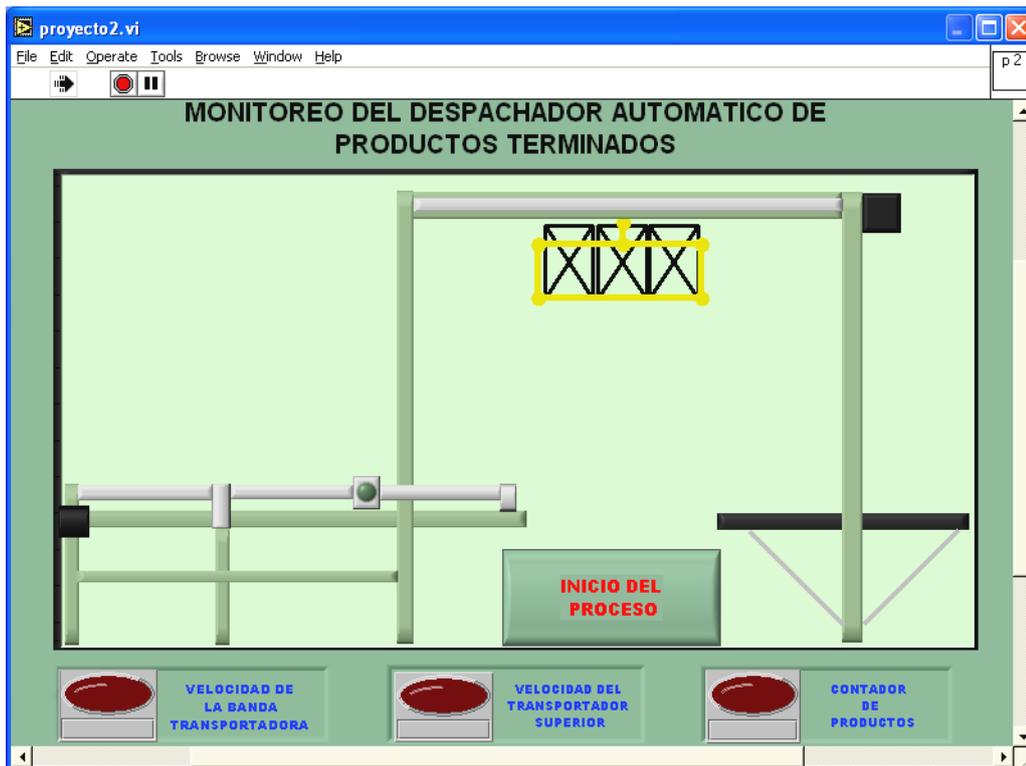


Figura 4.19 Traslado de los productos desde la banda transportadora hacia la mesa de deposito

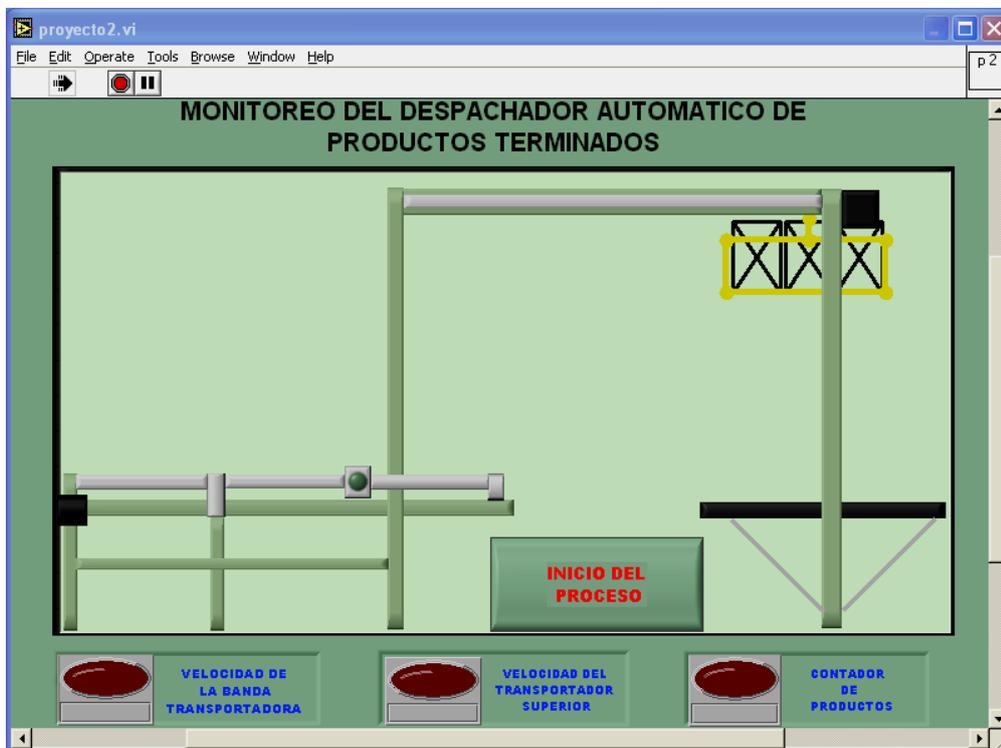


Figura 4.20 Llegada de los productos al punto final del transportador superior .

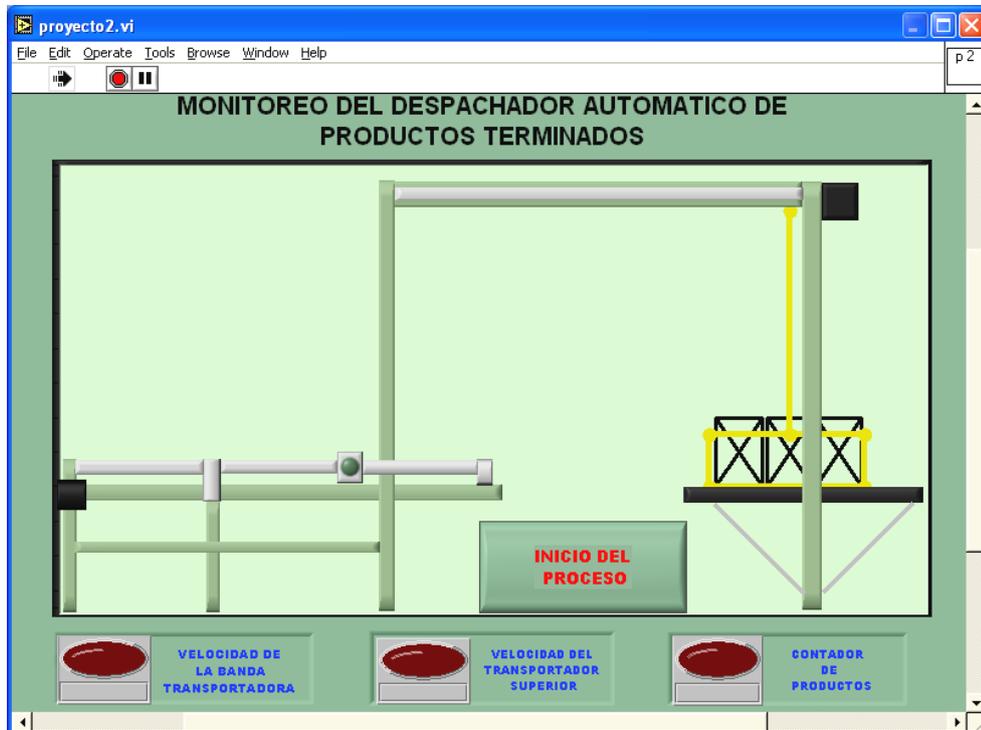


Figura 4.21 Deposito de productos sobre la mesa

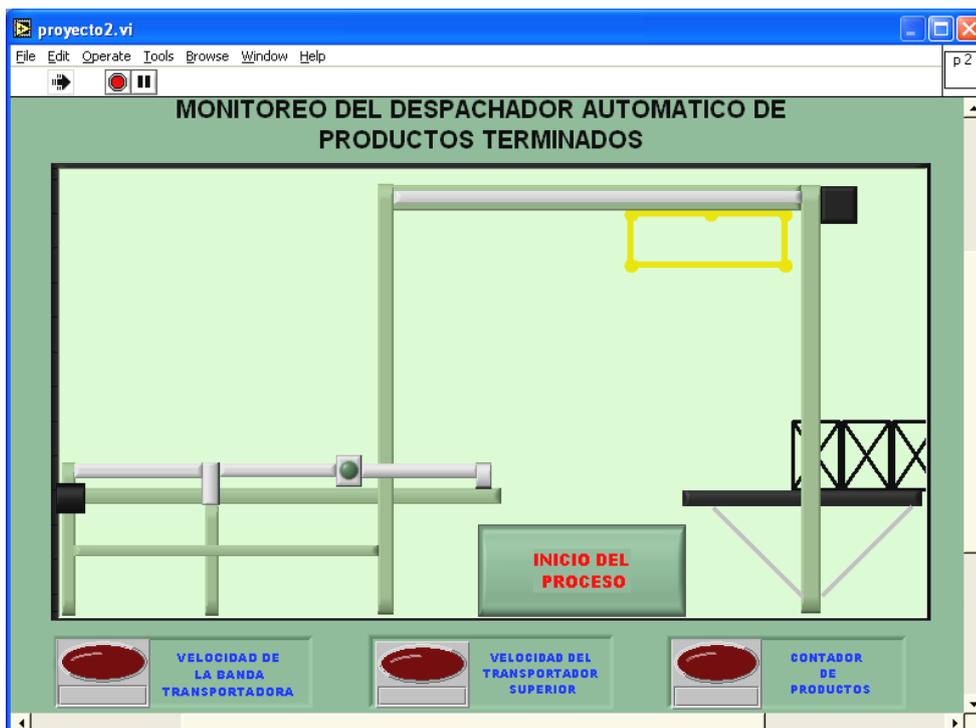


Figura 4.22 Etapa final del proceso

### 4.2.3 Ingreso de datos a la tarjeta de adquisición

El ingreso de señales a la tarjeta se realiza con la ayuda de una interfase física proporcionada por el fabricante de la tarjeta ( National Instruments) , en esta interfase se realizan las conexiones entre las salidas de los sensores y las entradas de la tarjeta .

El manual de operación de la tarjeta recomienda que se debe tener una referencia a tierra común entre todos los sensores del prototipo por tal razón se realizó esta conexión en las tarjetas de acondicionamiento de señal para así garantizar la eficacia en el ingreso de señales .

La figura 4.23 muestra la disposición de terminales de la tarjeta de adquisición utilizada para ingresar las señales de los sensores .

ACH0	1	2	ACH1
ACH2	3	4	ACH3
ACH4	5	6	ACH5
ACH6	7	8	ACH7
AISENSE/AINGD	9	10	DAC0OUT
AGND	11	12	DAC1OUT
DGND	13	14	PA0
PA1	15	16	PA2
PA3	17	18	PA4
PA5	19	20	PA6
PA7	21	22	PB0
PB1	23	24	PB2
PB3	25	26	PB4
PB5	27	28	PB6
PB7	29	30	PC0
PC1	31	32	PC2
PC3	33	34	PC4
PC5	35	36	PC6
PC7	37	38	EXTTRIG
EXTUPDATE	39	40	EXTCONV
OUTB0	41	42	GATB0
OUTB1	43	44	GATB1
CLKB1	45	46	OUTB2
GATB2	47	48	CLKB2
+5V	49	50	DGND

**Figura 4.23 Designación de terminales de la tarjeta de adquisición Lab-Pc/1200AI**

La figura 4.25 muestra los terminales de la tarjeta de adquisición , en donde las señales digitales de los sensores entran a los pines de señal analógica ( del terminal 1 al 8 ) mientras que la tierra se conecta a un solo punto común ( terminal 9), de esta forma se adquieren los datos para posteriormente y mediante la utilización del software de la tarjeta programar esta información para que sea vista en forma grafica en el panel de control , en otras palabras monitorear las variables del proceso en forma directa .

Los demás terminales de la tarjeta de adquisición no se utilizaron puesto que para esta aplicación únicamente necesitamos de entradas analógicas , sin embargo si en lo posterior se necesitara utilizar el resto de pines de esta tarjeta se recomienda revisar el catalogo de la misma ( Serie 1200/AI ) para conocer las características y disposición de estos terminales.

Las siguientes figuras muestran una de las tres pantallas de visualización de las variables del proceso ( velocidad de la banda transportadora ) una vez que las señales de esta han sido ingresadas a la tarjeta y programadas en el panel de funciones de Labview .

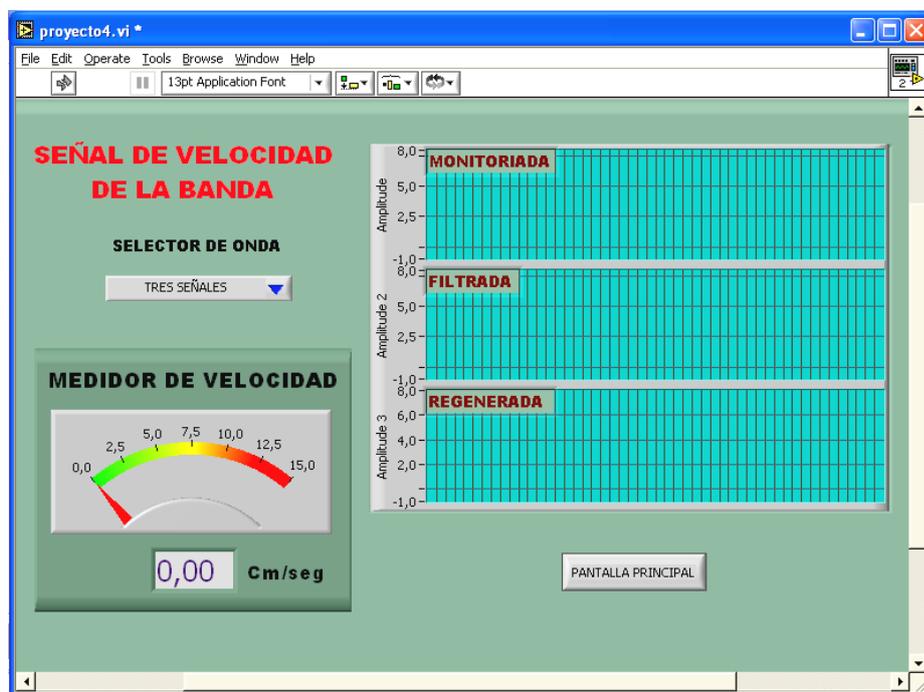
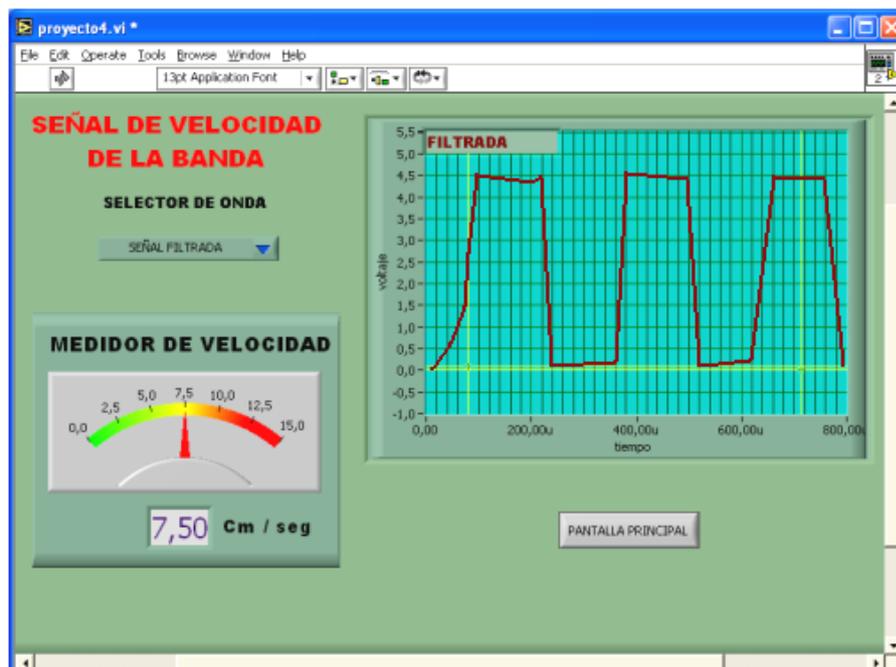


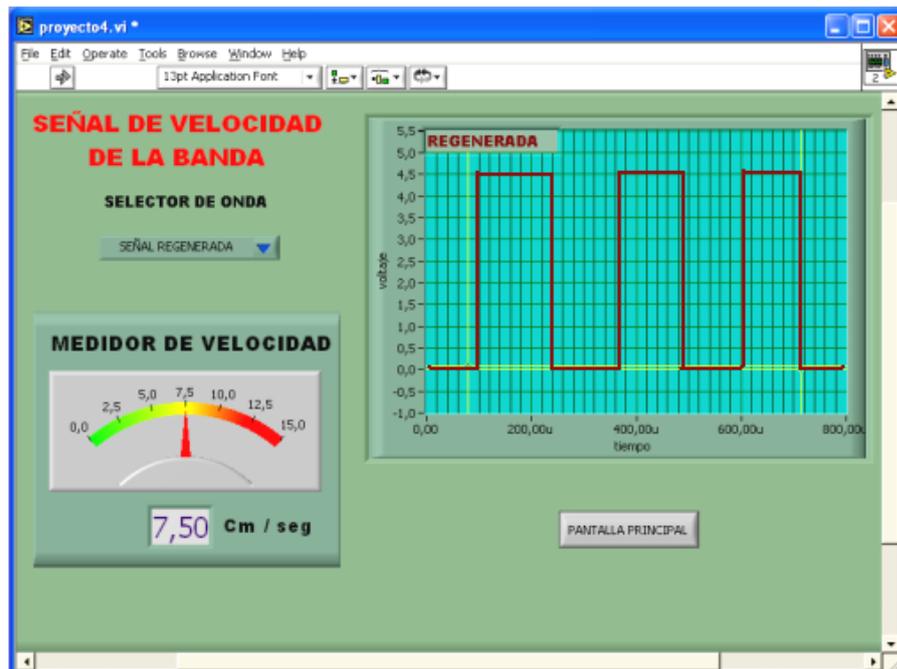
Figura 4.24 Pantalla de visualización de las formas de onda y velocidad de la banda transportadora



Figura 4.25 Forma de onda monitoreada del sensor de la banda transportadora



**Figura 4.26 Forma de onda filtrada del sensor de la banda transportadora**



**Figura 4.27 Forma de onda regenerada del sensor de la banda transportadora**

Los tres tipos de onda indicados en las figuras 4.25 ,4.26 y 4.27 corresponden a las entregadas por el encoder de la banda transportadora , mediante la programación desarrollada en Labview se puede rectificar la forma de onda monitoreada ( figura 4.25 ) para posteriormente obtener una forma de onda filtrada ( figura 4.26 ) y por último una regenerada ( figura 4.27 ) la cual servirá como base para realizar el resto de programación que permitirá conocer finalmente el valor de la velocidad a la que se desplazan los productos terminados a través de la banda , las señales del contador y del tornillo sinfín se obtiene de forma similar a la de la banda únicamente se realizan cambios en la parte correspondiente a la programación .

## V.- PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se describen todas las pruebas y correcciones realizadas en el prototipo para garantizar el correcto funcionamiento del mismo.

### 5.1.- PRUEBAS INDIVIDUALES DE DISPOSITIVOS Y/O ELEMENTOS.

Las pruebas en los elementos y/o dispositivos son necesarias porque permiten establecer y detectar fallas que se presentan en estos y que posteriormente pueden afectar el normal funcionamiento del despachador. Las siguientes tablas muestran las fallas que se encontraron individualmente en los diferentes elementos y dispositivos así como las soluciones que se dieron para corregir estos problemas luego realizar las pruebas respectivas .

#### Pruebas mecánicas

<b>Dispositivo o elemento</b>	<b><i>Tipo de falla</i></b>	<b><i>Solución dada</i></b>
Topes mecánicos	El tamaño de estos elementos no permitía un correcto posicionamiento de los productos .	Disminución del tamaño de los topes , así como tallado de curvaturas en los mismos para facilitar el posicionamiento.
Banda Transportadora	La banda no se desliza sobre los rodillos	Ubicar rodamientos en los extremos de los rodillos motrices y realizar un moleteado en los mismos
Motor de la banda transportadora	El torque es insuficiente como para mover la carga producida por la banda	Adaptación de un tren de engranajes para mantener un torque constante .
Pistones neumáticos Compactos	Racores inadecuados para la adaptación al brazo.	Adquisición de uniones estándares en función del diámetro de la tubería .

<b>Dispositivo o elemento</b>	<i>Tipo de falla</i>	<i>Solución dada</i>
Pistón principal	Racores en mal estado lo que ocasiona fugas de aire	Adaptación de uniones estandarizadas en base al diámetro de la tubería de aire.
Electrovalvulas	Fugas de aire en el cuerpo de la electroválvula	Ajuste de pernos hexagonales que sujetan el armazón .
Reguladoras de presión	Fugas de aire	Colocar teflón en las roscas de acoplamiento con los pistones .
Tornillo sin fin	Vibración al momento del recorrido del brazo neumático.	Soldar la tuerca del tornillo con un eje que permita el deslizamiento de este sobre unas guías.
Tuerca del tornillo sin fin	Exceso de juego al momento del recorrido .	Confección de una nueva tuerca con una mayor tolerancia
Eje de recorrido sobre las guías	Juego existente en los extremos del eje pese a estar soldado a la tuerca del tornillo y deslizarse dentro de los canales de las guías por medio de rodamientos	Adaptación de arandelas regulables en los extremos del eje para que de esta forma aprisionen a este contra la guía y se corrija el juego.
Estructura del transportador superior.	Movimiento excesivo al instante del	Soldar tubos en la parte inferior para dar mayor

	funcionamiento del prototipo.	del estabilidad y rigidez a la estructura.
--	-------------------------------	--

<b>Dispositivo elemento</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Solución dada</b>
Microinterruptores	No existía presión en el interruptor al pasar el rodamiento del eje sobre el	Colocar un micro interruptor de palanca para así tener mayor área de empuje sobre el pulsante.
Encoders	No existía señales o impulsos que respondan a una variación de velocidad.	Los contactos de los optoacopladores estaban sucios y se procedió a limpiarlos.
Sensor óptico	No detectaban el paso de productos a través de la banda transportadora	Realizar una correcta alineación entre el emisor y receptor al momento de fijarlos en las guías de la banda

## 5.2.- PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO , ELÉCTRICO , ELECTRÓNICO Y DE CONTROL.

Para el análisis de las pruebas y la evaluación de los resultados el prototipo se divide en 3 sistemas : neumático , eléctrico y electrónico esta disposición es

apropiada para poder determinar con mas claridad el tipo de falla que se presenta y la ubicación exacta de la misma .

A continuación se detallan los tipos de problemas encontrados durante la realización del proyecto y las pruebas que ayudaron a detectar y corregir estas fallas.

### **5.2.1. PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

Para empezar se debe recordar que el aire comprimido como cualquier gas requiere ser conducido para que sea aprovechado. En las tuberías de conducción, el aire perderá parte de su presión por efecto de la fricción contra el tubo. Es importante notar que la pérdida total de presión en las tuberías nunca debe ser mayor al 5% de la presión total del aire comprimido. Midiendo entre la salida del compresor y el punto de utilización.

En todo sistema neumático existen pérdidas de presión propias de los dispositivos , pero estas no deben ser mayores al porcentaje establecido anteriormente , en lo correspondiente al brazo neumático del prototipo se realizaron pruebas que ayuden a identificar fugas de aire principales causantes de una disminución de presión estos escapes de aire perjudican posteriormente en el funcionamiento normal del sistema.

Para detectar fugas de aire se utilizó un método sencillo que consiste en esparcir agua jabonosa sobre los puntos críticos que son las uniones de las tuberías esta prueba fue de mucha ayuda pues en el sistema existía gran cantidad de fugas la conclusión a la que se llegó fue que estos escapes de aire eran provocados por un mal acoplamiento de las uniones contra las tomas de aire tanto de los pistones como de las electroválvulas para corregir este problema únicamente se procedió a colocar teflón alrededor de las roscas de las uniones y con esto se garantizó el correcto taponamiento de estos elementos y por ende se corrigió las fugas.

Un problema particular que se encontró al realizar el armado del brazo neumático fue que por efecto de la presión que manejan los dispositivos de este sistema el

armazón que sostiene estos elementos se flexionaba con facilidad esto a la postre puede causar que esta estructura se rompa debido a la debilidad de la misma la solución que se adoptó fue reforzar este armazón especialmente en los puntos de mayor peligro con esto se garantizó una mayor resistencia a las altas presiones y una mayor rigidez de la estructura .

Existía el inconveniente del cruce de tuberías si se colocaban las electroválvulas alejadas del armazón del brazo la solución que se dio fue montar estos dispositivos en el mismo armazón con esto se evitaba un cruce innecesario de tuberías de aire que entre otras cosas afecta la estética del prototipo.

Talvez el mayor problema encontrado en el montaje del sistema neumático fue al momento de realizar la prueba de deslizamiento sobre el tornillo todo el sistema de sujeción vibraba y tenía un desbalanceamiento físico considerable esto afecta directamente al proceso de sujeción del producto ya que el brazo tiene que estar calibrado correctamente para que la sujeción sea exacta para corregir este grave problema se utilizó correderas de acero fijadas directamente contra el pistón de esta manera se evita el movimiento del brazo al momento de realizar el recorrido

Todas las pruebas hechas en el sistema neumático fueron realizadas en el momento de la construcción y montaje de los dispositivos como conclusión se dirá que se encontraron soluciones para cada falla conforme se desarrollaba el proyecto .

### **5.2.2. PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

Dentro de este sistema se encuentran los motores , contactores , pulsadores , microinterruptores y demás elementos que funcionan bajo un principio eléctrico .

#### **Pruebas en los motores**

Antes de la construcción del prototipo lógicamente se tubo que realizar una serie de pruebas en los elementos eléctricos especialmente en los motores , las pruebas efectuadas fueron las siguientes:

- Condiciones de torque y velocidad bajo carga
- Corriente de consumo

El prototipo necesita funcionar bajo parámetros establecidos uno de estos es la velocidad , en un proceso real se debe tener un control de la velocidad de producción lo que reflejada al despachador significa tener un control sobre la velocidad tanto de la banda transportadora como del tornillo sinfín .

Por esta causa se realizaron una serie de pruebas con diferentes tipos de motores con el fin de establecer el tipo mas adecuado para esta aplicación .

Las pruebas consistieron en alimentar con un voltaje a cada motor ( voltaje nominal ) y luego variar esta tensión para observar su comportamiento , inicialmente los motores presentaban buenas condiciones de velocidad pero se presentó el grave problema del comportamiento bajo carga este parámetro afecta principalmente al torque uno de los aspectos mas importantes dentro del funcionamiento del prototipo.

Los posibles motores a utilizar en el despachador poco a poco fueron descartados debido al comportamiento del torque bajo carga , como conclusión se llevo a determinar que el tipo mas conveniente de motor a utilizar seria aquel que tenga buena regulación de velocidad y ofrezca un torque constante bajo carga, desde este punto de vista se logro adquirir un motor que cumpla con este requerimiento .

El motor utilizado para el desplazamiento de la banda transportadora es uno del tipo Universal es decir que se puede alimentar tanto con corriente continua como con corriente alterna, sin embargo; al utilizarlo como motor de corriente alterna se observó que la velocidad y el torque eran demasiado pequeños como para impulsar a la banda transportadora , dicho de otro modo no podría desplazar un peso considerable sobre la banda por el contrarió al realizar las pruebas con

una tensión de alimentación continua tanto la velocidad como el torque mejoraron considerablemente mas aun teniendo en cuenta que este motor cuenta con un motoreductor ideal para mantener el torque constante a velocidades diferentes .

Únicamente al realizar las pruebas se determinó cual era el tipo de motor mas adecuado para esta aplicación y las características que este debería tener.

Contrariamente a lo ocurrido con el motor utilizado para el movimiento de la banda transportadora el motor que impulsa el tornillo sinfín no tuvo este inconveniente , pues los datos y resultados obtenidos como consecuencia de las pruebas realizadas en el motor universal nos permitieron determinar que el tipo mas adecuado de motor a utilizar en esta aplicación era uno de alimentación trifásica debido que este tipo de motores permiten tener una mejor regulación de velocidad y un buen torque , lógicamente para que este parámetro permanezca constante se adquirió un motor que tuviese incorporado un motoreductor debido a que el torque para impulsar el tornillo sinfín es mayor que el que se necesita para impulsar la banda transportadora. Las pruebas para establecer la corriente que consumen cada motor se realizaron únicamente con la ayuda de un amperímetro , esta prueba permite establecer la corriente máxima de consumo al momento del arranque lo que servirá posteriormente para escoger el tipo de contactor mas adecuado para controlar este parámetro.

Todo lo referente a la adquisición del tipo de motor mas adecuado para aplicarlo en el prototipo gira entorno al torque y la velocidad, estos parámetros son los mas importantes y son los que deben ser tomados en cuenta en el caso de que estos elementos deban ser reemplazados por alguna falla que se pudiera presentar.

## **Pruebas en las electroválvulas**

Las pruebas en estos elementos únicamente consisten en determinar la corriente que consume cada bobina para saber de esta forma si las salidas del PLC soportan esta corriente, los resultados obtenidos permitieron conocer que cada bobina consume 0.8A que es menos de lo que soporta un contacto de salida del PLC.

## **Pruebas en los microinterruptores**

Únicamente se determinó si estos elementos realizaban un correcto cierre o apertura de sus contactos con la ayuda de un multímetro esto es necesario porque una falla de estos elementos podría alterar el normal funcionamiento del prototipo, como método de prevención se optó por colocar 4 microinterruptores 2 en cada guía por donde circula el eje del tornillo, cada par de estos elementos están conectados en paralelo esta disposición garantiza que cualquiera de los microinterruptores sensara el paso del eje y por consiguiente no se producirá una falla.

## **Pruebas en contactores**

Estos dispositivos son muy importantes dentro del funcionamiento del despachador pues constituyen los elementos de fuerza encargados de activar o desactivar a los motores tanto de corriente continua como de corriente alterna.

Debemos recordar que el PLC únicamente sirve como elemento de control razón por la cual los niveles de voltaje y corriente que maneja son bajos, por tal motivo se hace necesario utilizar elementos de fuerza capaces de manejar altos niveles de voltaje y corriente requeridos en el caso del despachador para la inversión de giro del motor trifásico y para alimentar al motor de corriente continua, la utilización de contactores constituye una alternativa adecuada para esta aplicación.

Las pruebas realizadas en los contactores fueron básicamente determinar si la bobina de estos elementos era la adecuada como para alimentar a los motores, se debe tener en cuenta la alimentación que tienen las salidas del PLC pues en el caso de las electroválvulas estas se alimentan con 120 V, pero en el caso de las

bobinas de los contactores su alimentación es de 220V , los contactores utilizados deben tener esta característica , además se realizaron pruebas para determinar la máxima corriente que soportan las bobinas de los contactores y conocer si estas pueden ser utilizadas como salidas del PLC .

Finalmente y como medio de prevención contra corto circuitos se realizó una limpieza general de contactos en todos estos elementos.

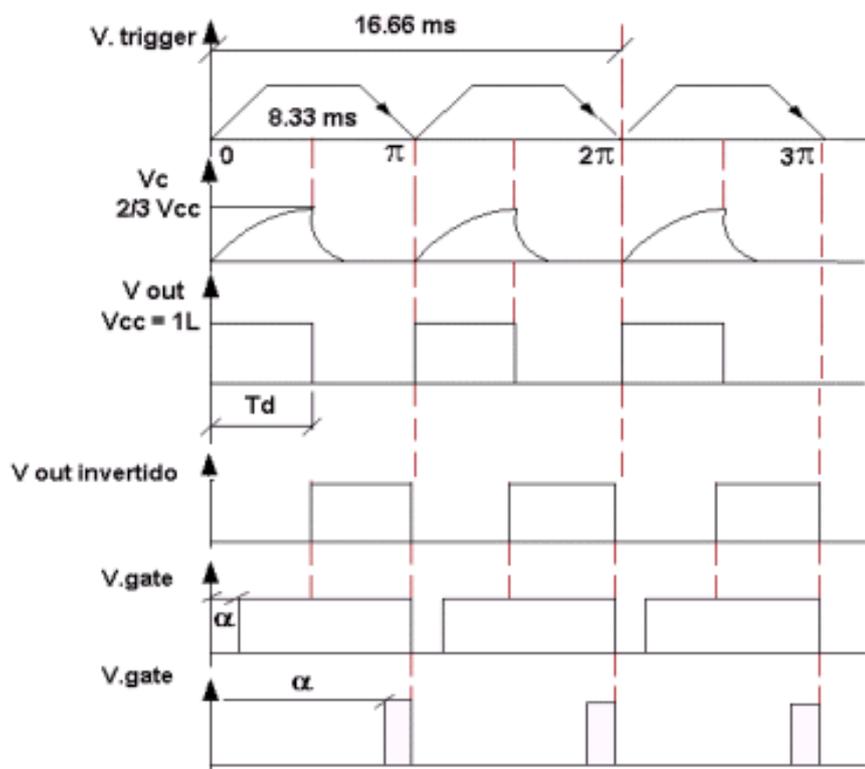
### 5.2.3 PRUEBAS EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO

Los circuitos electrónicos utilizados en el prototipo cumplen varias funciones entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Alimentación de los diferentes sensores ( óptico y encodres)
- Control de velocidad del motor de corriente continua

Lógicamente antes de armar un circuito electrónico cabe realizar pruebas , las cuales fueron hechas con la ayuda de un proto , en este elemento se armaron los diferentes circuitos que intervinieron en el despachador , el dimensionamiento de elementos electrónicos se realizan en base a cálculos , sin embargo; al realizar las pruebas con el osciloscopio se debe obtener las formas de onda mostrada en

la figura 5.1



### **Figura 5.1 Formas de onda del circuito de variación de velocidad**

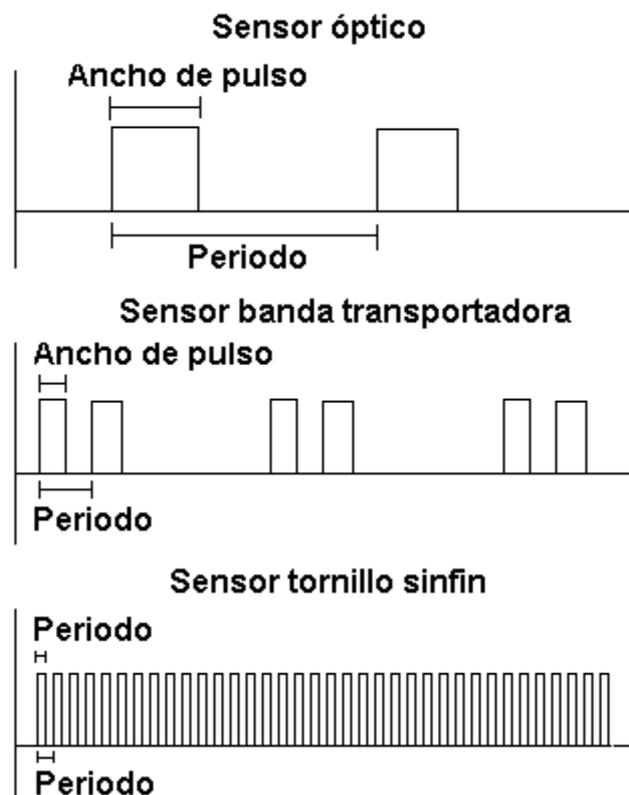
Las pruebas realizadas permitieron conocer las fallas que se presentaron en el montaje de estos circuitos , la principal falencia detectada en los circuitos tanto de alimentación de sensores como de control de velocidad fue el mal escogitamiento de resistencias y algunos otros elementos , inicialmente en base a los cálculos realizados se implemento los circuirlos pero surgieron varios problemas como calentamiento de resistencias, estallido de tiristores , quemazón de transistores etc. como conclusión se llego a determinar que la mejor forma de lograr un circuito ideal y sin ninguna falla era modificando el valor de algunos elementos electrónicos conforme se desarrollaban las pruebas respectivas .

Una de los mayores problemas encontrados en el armado de los circuitos electrónicos específicamente en el regulador de velocidad fue la falta de aislamiento entre las tierras del circuito de control y el circuito de potencia , este inconveniente se veía reflejado en el calentamiento y destrucción de varios elementos , por lo tanto el funcionamiento del regulador estaba limitado a cortos periodos de tiempo, la mejor solución dada a este problema fue el de utilizar un elemento que permitiera tener un correcto aislamiento de tierras en este caso un Optortiac.

Otra falla significativa y quizás la mas importante fue la producida al tener como carga a un motor , las bobinas de éste almacenan energía que al momento de la regulación de velocidad ( utilizando un control de fase directos ) no permiten tener un control sobre este parámetro mas aun cuando se usa un SCR como elemento de potencia , la solución que se dio fue el cambio del SCR por un TRIAC y mas que eso la utilización de un diodo de potencia en aniparalelo con la bobina del

motor para eliminar esa energía almacenada , que es la principal causante de la falla en el funcionamiento del regulador .

La tarjeta de adquisición de datos constituye la interfase entre el prototipo y el computador por tal motivo a esta se deben enviar señales estándares tanto de voltaje como de corriente provenientes de los sensores , en el proceso de acondicionamiento de señales surgieron varios problemas como por ejemplo : Los niveles de voltaje enviados por los sensores hacia la tarjeta no estaban dentro de los parámetros requeridos , mediante las pruebas realizadas tanto con el multímetro como con el osciloscopio se pudo conocer la causa de esta falla la cual radicaba principalmente en una mala calibración de resistencias , por otro lado es muy importante que todas las señales ( pulsos ) enviadas por los sensores tengan una frecuencia que pueda ser admitida por el computador , la figura 5.2 muestra el tipo de señal que envía cada sensor del prototipo.



**Figura 5.2 Pulsos enviados por los sensores a la tarjeta de adquisición**

En el caso del sensor óptico no existió ningún problema pues la duración del ancho de pulso depende directamente del volumen del producto terminado que atraviese el haz luminoso tal como se muestra en la figura 5.2 , por lo que la frecuencia de los pulsos es baja y es perfectamente detectada por el computador .

Las formas de onda en el sensor de velocidad de la banda transportadora tiene una mayor frecuencia de oscilación con respecto al sensor óptico según la figura 5.2 , sin embargo ; el tipo de onda que entrega este sensor , también tiene una frecuencia adecuada para ser detectada por el computador . Por el contrario la forma de onda del sensor del tornillo sinfín ( figura 5.2 ) presenta un ancho de pulso sumamente pequeño por lo que la frecuencia es alta , esto se debe a que este sensor posee una rueda con orificios alrededor de su periferia muy pequeños estos son los encargados de interrumpir el haz luminoso existente entre el emisor y el receptor , la solución a este problema se dio mediante la disminución de ranuras en la rueda con esto se logra que el ancho de pulso sea mayor y por ende la frecuencia pueda ser detectada con mayor facilidad por el computador , otra razón que implicó la reducción de ranuras en la rueda es que al momento de realizar las pruebas con el osciloscopio no se detectaba la variación de voltaje en la etapa de acondicionamiento debido a que la velocidad de giro del tornillo sin es sumamente alta lo cual sumado al diminuto espacio existente entre orificios de la rueda hace que la apreciación del cambio de voltaje sea prácticamente imposible , por estas razones la mejor alternativa constituye disminuir el número de ranuras de la rueda del sensor.

Todas las pruebas realizadas en los circuitos electrónicos se dieron conforme estos se iban armado en el proto , el criterio usado para la solución de fallas surge de la revisión del diseño, todo esta en base a los cálculos realizados por lo que un inconveniente en el funcionamiento de estos circuitos depende directamente del método y forma de dimensionamiento de los elementos.

#### **5.2.4.- PRUEBAS EN EL SISTEMA DE CONTROL.**

El prototipo debe cumplir un proceso , que es el despacho de productos , el correcto funcionamiento del sistema de control garantiza que ese cumpla con este objetivo.

Al estar todo el proceso controlado por un PLC éste tiene que ser programado para que cumpla esta tarea las pruebas por consiguiente se realizan en la parte de programación , la verificación del diagrama en LADDER y el diagrama de funciones es importante si queremos que el despachador funcione al máximo de su capacidad , al momento de realizar las pruebas en este sistema se noto que algunos componentes del despachador presentaban fallas en su funcionamiento especialmente en lo relacionado al tiempo de respuesta .

Como la programación se realiza desde una PC al momento de transferir los datos al PLC surgen pequeños inconvenientes que posteriormente se ven reflejados en el funcionamiento del prototipo, por esta razón el PLC tiene la ventaja de contar con un programador manual que permite la verificación y corrección si es el caso del programa de control . De hecho es lo que sucedió , se tuvo que realizar varias correcciones y calibraciones en el programa .

Inicialmente el equipo fallaba sobretodo en lo referente al tiempo de respuesta de los diferentes componentes por ejemplo , al momento de que los productos recorrían la banda transportadora el brazo neumático debía esperar un tiempo determinado para sujetarlos esto siempre y cuando los productos lleguen a un tope mecánico pero en la realidad esto no sucedió entonces el problema radicaba en una mala coordinación de tiempos en el programa de control, la solución fue utilizar el programador manual para corregir estos defectos .

Todas la pruebas del sistema de control se realizaron una vez que el despachador estaba en funcionamiento , las correcciones fueron dadas dependiendo del comportamiento de éste y siempre con la utilización del programador manual.

### 5.3 PRUEBAS EN EL SISTEMA DE MONITOREO

El sistema de monitoreo constituye parte esencial del prototipo por lo que un correcto funcionamiento del mismo garantiza un seguimiento adecuado de toda la labor que desempeña el despachador .

Las pruebas realizadas en el sistema de monitoreo abarcan la parte relacionada con la visualización del movimiento del despachador y la adquisición de datos .

Las pruebas que implican la visualización en tiempo real del prototipo se realizan en la parte de programación toda las fallas originadas en esta visualización dependen directamente de la programación realizada en el panel de funciones , el panel de control indica si el monitoreo es adecuado y similar al modelo real , constituye una interfase grafica , las pruebas en este panel se limitan a diseñar el entorno grafico mas adecuado y llamativo que permita tener una correcta simulación de movimiento y un agradable campo de visualización de las variables.

Como la simulación de movimiento en el computador tiene que asemejarse al movimiento del despachador , la mayoría de pruebas se limitan a iniciar el ciclo virtual con el ciclo real en forma simultanea , para lo cual únicamente se calibra el tiempo que dura el movimiento de los diferentes elementos en el entorno grafico utilizando los relojes internos existentes en el diagrama de funciones , de esta forma si existe un retardo entre el movimiento por ejemplo del brazo neumático de la parte física con el brazo neumático de la parte virtual se calibraran los tiempos para que estos dos movimientos sean exactos y similares entre si.

Para la adquisición de datos se utilizó la tarjeta Lab-PC – 1200/AI de National Instruments , esta tarjeta necesita de ciertas características en cuanto a hardware necesarias para poder operar correctamente el principal requerimiento es que el computador debe tener slots del tipo ISA para poder conectar la tarjeta de adquisición , igualmente debe tener una buena capacidad de memoria RAM y disco duro , las pruebas realizadas indican que una computadora 486 no es recomendable para esta aplicación debido a que el programa LabView constituye un paquete pesado para este tipo de máquina lo ideal y lo que se utilizó para

poder realizar el monitoreo del proceso es un computador Pentium III de 700 Mhz , 20 GB y 128 Mb Ram , este tipo de computador es ideal puesto que permite visualizar el monitoreo de forma eficaz y parecida al modelo real.

Para realizar las pruebas de adquisición de datos se utilizaron señales enviadas por un generador de onda cuadrada y la visualización de este tipo de ondas se realizó utilizando un osciloscopio , se simulan ondas cuadradas porque precisamente los sensores envían este tipo de señales, el objeto de esta prueba es determinar las fallas que se podrían presentar al momento de ingresar las señales reales para según los resultados arrojados por estas pruebas calibrar o corregir errores principalmente de programación .

Básicamente las pruebas se limitaron a comparar las formas de onda visualizadas en el osciloscopio con las generadas en el entorno virtual de LabView , mediante el generador de onda cuadrada se aumentó la frecuencia y amplitud de la forma de onda ( tal como sucedería con las señales de los sensores al existir una aumento de velocidad ) y se comparo si esta también presentaba cambios en la pantalla virtual del programa de ser así la tarjeta estaba bien configurada caso contrario se realizaba una reconfiguración de la misma .

Por último se debe señalar que por tratarse la tarjeta de un elemento sensible a daños la manipulación de sus terminales se realizó con la ayuda de una interfase donde constan todos los terminales de la tarjeta y en donde se realizaron todas las conexiones de las señales enviadas por los sensores.

#### **5.4 PRUEBAS GENERALES**

Dentro de las pruebas generales se hace referencia a las conexiones eléctricas , arranque y parada normal del prototipo , detección de fallas y además se dan algunas recomendaciones técnicas .

### **5.4.1 Conexiones eléctricas.**

Básicamente se refiere a la forma de cableado y la disposición de los diferentes terminales de conexión que rigen el funcionamiento del prototipo.

Todas las conexiones eléctricas se realizaron en una mesa de control diseñada para albergar en su interior a los diferentes elementos tanto eléctricos como electrónicos , al realizar las instalaciones eléctricas debemos tener en cuenta las caídas de tensión que se producen en los conductores sobre todo en el caso de los encoders que son los elementos mas alejados de la mesa de control la distancia influye mucho en la tensión que llega a estos elementos , para alimentar a los sensores de velocidad desde la mesa de control se utilizó conductor N.- 16 flexible que reduce la caída de tensión mas aun cuando el voltaje de alimentación que necesitan estos dispositivos es de 5V.

Al igual que los encoders los demás elementos eléctricos necesitan ser cableados con un conductor adecuado que reduzca las caídas de tensión, la mesa de control posee una regleta de conexiones donde ingresan los conductores provenientes de los diferentes elementos y dispositivos , como en toda mesa de control existen protecciones contra fallas este tablero también posee dichas protecciones que no son mas que fusibles colocados en cada fase cuyo valor es de 250V , 4 A valor que fue escogido en base a las pruebas que se realizaron en el prototipo , la alimentación del tablero de control es trifásica por esta razón al momento de realizar las conexiones en su interior debemos tener en cuenta que el sistema debe estar equilibrado es decir cada fase debe soportar una misma carga para que en el caso de una falla se fundan todos los fusibles por igual y no solamente uno lo cual causaría un desbalanceo de cargas y por ende una anormal funcionamiento del despachador.

### **5.4.2 Arranque y parada normal del prototipo**

El despachador debe funcionar igual a un modelo real , las pruebas realizadas al momento del arranque confirman esta consideración; sin embargo , en el caso de una falla el prototipo debe estar en la capacidad de reiniciar su ciclo operativo al

realizar las respectivas pruebas se determinó que se deberían utilizar pulsadores manuales que me permitan operar al despachador a voluntad , no se puede descartar la posibilidad de que el sistema de control falle por alguna causa determinada , esto en un proceso de producción genera perdidas de tiempo y dinero por lo que la rápida intervención de pulsadores manuales para que se reinicie el ciclo se hace necesario , en el caso del despachador la mesa de control posee pulsantes de arranque , parada e inversión de giro , todos estos dispositivos garantizan rápido funcionamiento del despachador en caso de falla.

El arranque normal del prototipo se da cuando se cumplen todas las condiciones establecidas por el sistema de control por lo que al suceder una falla esta depende directamente del programa , ventajosamente el PLC permite realizar un monitoreo del proceso lo que sirve de mucho para detectar una posible falla .

La parada normal del prototipo igualmente se da al cumplir todo el ciclo establecido por el sistema de control esto es transportar los productos a través de la banda hacia un tope mecánico donde el brazo neumático los sujeta , transporta y deposita sobre una mesa .

En este momento el prototipo deja de funcionar ; sin embargo , debemos tener en cuenta si el ciclo de producción es único o repetitivo pues la parada normal del despachador no es la misma en un caso que en otro .

### **5.4.3 Detección de fallas**

Las fallas se producen cuando el despachador no funciona de acuerdo a lo establecido por el sistema de control , en este caso se dispuso de una alarma y luz indicadora en el panel de control. Básicamente lo que detecta la alarma es un funcionamiento anormal en la etapa de transportación de productos a través de la banda , las pruebas realizadas fueron conocer que sucedía al momento de que un producto se tarde mucho en llegar al tope mecánico y si uno de estos interrumpía de forma indefinida el haz luminoso del sensor óptico , las pruebas indicaron que el proceso de transportación se veía interrumpido por esta anomalía

debido a que el sistema de control como se dijo anteriormente debe cumplir con ciertas especificaciones para poder despachar los productos lo que precisamente una falla de sete tipo evitaba.

Otra forma de establecer si se dio una falla en el despachador es mediante la actuación de los fusibles en este caso se trata de una falla de orden mas general y que requiere de un mayor criterio para corregirla , lo mas conveniente es detectar la falla mediante la ayuda de un multímetro ver si existen correctos niveles de voltaje , corriente etc.

#### **5.4.4 Recomendaciones técnicas**

En este punto es importante sugerir algunas recomendaciones generales para el correcto funcionamiento del prototipo.

- Es conveniente revisar que todas las instalaciones estén correctamente realizadas y que lleguen al punto adecuado de conexión ( regletas y plugs de la mesa de control)
- Si los productos no son sujetados correctamente es posible que la presión de aire no sea lo suficientemente alta como para provocar el avance de los pistones , se sugiere revisar las conexiones de aire tanto del brazo neumático como del compresor.
- Muchas de las veces ocurrió que el brazo neumático vibraba mucho al momento de transportar los productos desde la banda hasta la mesa , la solución para este problema es lubricar periódicamente tanto el tornillo sinfín como las guías de recorrido del eje.
- Se recomienda usar tomas independientes tanto para la alimentación del PLC como para alimentación de las salidas de este .

- Distribuir las conexiones eléctricas dentro de la mesa de control de forma uniforme y utilizando en lo posible la regleta de conexiones.
- A fin de evitar la manipulación de conductores lo que puede resultar peligroso en algunos casos es recomendable enviar estos a la mesa de control a través de canaletas y mangueras .
- Por último se recomienda dar lectura y sobre todo seguir todas las recomendaciones establecidas en este texto de igual forma revisar los planos de conexiones correspondientes a este proyecto.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se trata las experiencias adquiridas , los problemas , las soluciones y las conclusiones a las que se llegaron durante la realización de este trabajo , de igual forma se dan unas recomendaciones útiles aplicadas al prototipo.

### **6.1 CONCLUSIONES**

Una vez que se ha culminado con el diseño y construcción del despachador automático de productos terminados, a continuación se mencionan algunas de las conclusiones a las que se llegó :

- Se cumplió con el objetivo de diseñar , construir , operar y monitorear un despachador automático de productos terminados .
- Los conocimientos adquiridos durante la etapa de estudiante constituyen un factor fundamental en la elaboración de este proyecto, pues se tuvo que utilizar conceptos y principios de una serie de asignaturas que tienen una relación directa con el prototipo.
- Se pudo conocer un poco mas sobre lo que constituye un proceso real de producción y las ventajas que este representa hoy en día .
- Se demostró mediante la elaboración de este proyecto que la construcción de una determinada maquinaria , en este caso un despachador automático de productos terminados , puede ser realizada por estudiantes de la ESPE únicamente utilizando conocimientos adquiridos durante la etapa estudiantil y recursos del medio local.
- A mas de los conocimientos propios de nuestra carrera en el proyecto intervinieron otras asignaturas que constituyeron inicialmente un limitante en el normal desarrollo de la tesis , sin embargo; la perseverancia y por sobre todo la dedicación puesta en el desarrollo de este trabajo permitió

resolver esta clase de problemas , mas aún cuando se tuvo que aprender temas nuevos que vinieron a fortificar nuestra capacidad de entendimiento.

- Al tener un programa de control en el prototipo se demostró que un PLC es un aparato muy versátil para el diseño moderno , ofrece una gran flexibilidad para realizar la programación y reprogramación en sus diferentes etapas en el diseño de sistemas de control de forma sencilla y segura pues el PLC permite simular el accionamiento de entrada y salida sin utilizar sensores y elementos de accionamiento en tanto que en la etapa de puesta en marcha se puede realizar los ajustes necesarios de forma rápida y segura para el operador.
- Con toda la lógica que existe en la memoria del PLC , no es probable que se cometan errores en el cableado del diagrama Ladder , el único cableado necesario es para la alimentación eléctrica y para las entradas y salidas del PLC .
- Con la realización del presente proyecto se demostró que en una industria existen maquinarias que involucran una gran cantidad de elementos de toda índole ( mecánicos , eléctricos , electrónicos , neumáticos etc.) y que deben interactuar en forma sincronizada para cumplir con el fin para lo cual fueron creadas esto involucra que el profesional electromecánico debe estar en la capacidad de entender el funcionamiento y dar soluciones ante posibles fallas que se presentan en este tipo de maquinas.
- La electrónica hoy en día constituye un factor principal en el desarrollo de nuevas maquinarias , en el prototipo se tuvo que utilizar muchos circuitos que funcionan bajo este principio con el fin primordial de optimizar y mejorar el funcionamiento del despachador.
- Las empresas de hoy tienen una tendencia que involucra la automatización de sus procesos lo que se refleja en un control a base de PLC y un monitoreo mediante la utilización de una PC , una parte del proyecto tiene que ver con el monitoreo de algunas variables del proceso ,

con la realización de este punto se concluyó que el Profesional Electromecánico debe tener conocimientos acerca de este control virtual .

- En el presente trabajo se muestran varios análisis matemáticos para el diseño principalmente de elementos mecánicos , lógicamente algunos elementos no pueden ser fabricados , debido a que los cálculos no siempre concuerdan con la práctica mas bien debemos adaptarnos a lo que existe en el mercado .
- En la parte electrónica del proyecto se determinó que aparte del análisis teórico se debe sumar la experimentación para de esta manera obtener buenos resultados en el funcionamiento de los diferentes circuitos .
- El mayor aprendizaje que nos dio el presente trabajo fue que en la vida existen muchos obstáculos y que hay que vencerlos utilizando cualquier medio disponible de igual forma al desarrollar la tesis aprendimos a ser perseverantes y entender que cuando una situación falla la mejor alternativa es ser paciente y saber que siempre existe una solución para cada problema .

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Para la elaboración del prototipo fue necesario conocer una serie de asignaturas , pues todo el equipo funciona bajo diferentes principios , una recomendación general seria investigar y estar al tanto de nuevos conocimientos o avances relacionados con el prototipo y que puedan servir para mejorarlo en un futuro cercano.
- Antes de diseñar y construir el prototipo se deben conseguir inicialmente todos los elementos y dispositivos necesarios para las elaboraciones del proyecto pues no sirve de nada si se realiza un diseño que carezca de criterio y por sobre todo no se ajuste a la realidad , en cuanto a la

adquisición de elementos, se debe recordar que el despachador fue elaborado en su totalidad con materiales de fácil adquisición en el mercado local , por lo que su diseño y construcción debe tomar en cuenta este factor.

- Una recomendación muy importante que tiene que ver con la construcción del prototipo es analizar si este cumple con los requerimientos impuestos por la industria , dicho en otras palabras conocer la forma en que equipos similares a éste funcionan dentro de una fábrica y tomar esa idea para elaborar el prototipo.
- En lo correspondiente a circuitos electrónicos se recomienda que una vez que estos han sido armados en su totalidad usando para este fin un prototipo se los ponga en funcionamiento durante un tiempo determinado para conocer alguna falla que se pudiera presentar y que posteriormente se pueda corregir mediante una calibración de elementos antes de que los diferentes circuitos pasen a un circuito impreso.
- Cuando se pasen todos los circuitos electrónicos a un circuito impreso se debe tomar en cuenta que algunos elementos son sensibles al calor generado por la soldadura , una recomendación es que estos elementos vayan montados en zócalos que evitan el contacto directo con el calor y que permiten el fácil reemplazo de elementos sensibles en caso de falla.
- Todos los elementos y dispositivos constitutivos del prototipo deben someterse a pruebas que determinen si éstos son aptos para aplicarse en el despachador , estas pruebas deben ser tanto independientes como en grupos ( sistemas ) solo así se puede determinar si éstos podrán funcionar adecuadamente a medida que se desarrolla el proyecto.
- Para la simulación del sistema de control diseñado para el prototipo se debe realizar un montaje experimental en el PLC que permita simular la operación del despachador en base a interruptores , fuentes de voltaje ,

lámparas de señalización etc. Por esta razón se recomienda utilizar un PLC que ofrezca todas estas ventajas .

- Para la instalación real del sistema de control se recomienda seguir cuidadosamente el manual de usuario del PLC el cual contiene las instrucciones de instalación detallada pertenecientes a cada modelo particular , y estas deben ser seguidas cuidadosamente , cuando se instale el PLC , se debe tener en cuenta los ambientes físicos , los requisitos de alimentación eléctrica , montaje y cableado.
- En lo posible una vez que el programa de control ha sido cargado desde el computador o programador manual al PLC se recomienda no cargarlo con otro programa de control pues se corre el riesgo de que el primero sufra cambios o de hecho desaparezca , lo que afecta directamente al desarrollo del proceso.
- Cuando se realicen las diferentes pruebas en todo el equipo , así estas sean de orden experimental , se deben tener todas las protecciones adecuadas que eviten que tanto el operario como el equipo sufra algún daño.
- En lo referente a la construcción de la estructura metálica para escoger el tipo de material mas adecuado se deben tomar en cuenta varios aspectos como : peso de elementos , facilidad para realizar conexiones , características mecánicas etc. Todo esto nos ayudará a determinar si el cuerpo metálico tiene la suficiente capacidad para soportar vibraciones , desequilibrios e inestabilidades propias del funcionamiento del equipo.
- Para realizar el monitoreo del proceso se debe realizar un estudio de los elementos que intervienen en este proceso esto es la tarjeta de adquisición y el software de aplicación industrial.
- Para ingresar los datos provenientes de los diferentes sensores se debe realizar un acondicionamiento de señal para esto se debe tener en cuenta el tipo de tarjeta que se va a utilizar , las salidas y entradas analógicas y

digitales que ésta posee y los niveles especialmente de voltaje que soporta .

- Al momento de ingresar los datos a la tarjeta de adquisición se recomienda que todos los circuitos electrónicos de acondicionamiento de señal posean un mismo punto de referencia a tierra porque así lo exige la tarjeta .
- Cuando se realicen las diferentes conexiones eléctricas dentro de la mesa de control se debe procurar que la distribución de carga sea equilibrada para evitar que los elementos de protección actúen ante una pequeña variación de este parámetro.
- Se debe separar el cableado por tipo de señal . Agrupar los cables con características eléctricas similares , separar el cableado de entradas del cableado de salidas para cumplir con este fin se deben utilizar canaletas , mangueras , terminales , canaletas y demás accesorios que garanticen esta separación.
- Al instante de montar el sensor óptico en las guías de la banda transportadora se debe procurar en lo posible que el emisor y el receptor queden perfectamente alineados uno con respecto a otro esto ayuda que el sensado de productos sea mas eficaz y preciso.
- Dejar el suficiente espacio entre la regleta de terminales y el PLC para facilitar el acceso durante la instalación y el mantenimiento del tablero de control.
- En la construcción del tornillo sinfín se debe considerar el rango de tolerancias que se estipulan en tablas , para de esta forma evitar vibraciones o un descentramiento respecto a la tuerca lo que se reflejaría en una excesiva vibración del brazo neumático al momento del recorrido desde la banda transportadora hacia la mesa de deposito.

- Es necesario que los algunos elementos mecánicos que se mueven o se deslizan en el despachador tengan siempre una correcta lubricación para que desarrollen un trabajo más óptimo y adecuado.
- En el diseño del despachador se debe tomar en cuenta que todos los elementos , dispositivos y mecanismos deben tener la particularidad de ser desarmables , para que estos puedan ser de fácil reposición y también , si es el caso , se puedan transportar de un lugar a otro con mayor facilidad .
- Algunos elementos mecánicos tales como : el brazo neumático , los topes mecánicos de detención de productos , las guías y base del motor de la banda transportadora deben tener la capacidad de ser regulables para poder adaptarse a diferentes condiciones de funcionamiento del despachador.
- Por último una recomendación general sería que todos los cambios o modificaciones así como el conocimiento de todos y cada uno de los elementos y principio de funcionamiento del despachador están regidos al uso de la presente monografía y planos anexos , se debe seguir correctamente estos documentos si se desea que el prototipo funcione adecuadamente .

## **BIBLIOGRAFÍA**

Carnicer Royo E / Neumática convencional; Gustavo Gili , 1980.

Guillen Salvador Antonio / Introducción a la neumática 1993

Shigley, Joseph Edward / Diseño en ingeniería mecánica, México: Limusa 1995

Gualda Gil / Electrónica industrial , técnicas de potencia , México: Prentice 1997

Timothy Maloney / Electrónica industrial moderna , México: Prentice 1997

N. Larburu / Prontuario de Máquinas , Madrid: Paraninfo 1998

Bartsch , Walter / Herramientas y maquinas de trabajo , Barcelona : Reverte 1978

López Navarro , Tomas / Automatismo y control en máquinas y mecanismos, México: Limusa 1995

Soisson , Harold E. / Instrumentación industrial , México: Limusa 1994

Creuss Solé , Antonio / Instrumentación industrial , México: Alfaomega/ Marcombo 1998

Boylestad , Robert / Fundamentos de electrónica, México: Prentice 1996

Malvino , Albert Paúl / Principios de electrónica , Madrid : McGraw – Hill 1994

Gerling , Heinrich / Alrededor de las máquinas herramientas , Barcelona : Reverte 1986

Kibbe , Richard R. / Manual de máquinas herramientas , México: Limusa 1991

Roldan Villora , José / Neumática , hidráulica y electricidad aplicada , Madrid: Paraninfo 1995

Porras Criado , Alejandro / Autómatas programables : fundamentos , manejo , instalación y practicas , Madrid : McGraw – Hill 1990

Nasar , Syed A. / Máquinas eléctricas y electromecánicas , Madrid: Paraninfo 1993

## REFERENCIAS

Festo / Automatizar con neumática , catálogo básico, 1982.

Queebe Phillips / Master guide replacement , 1998.

The TTL logic data book , Dallas: Texas instruments 1998

Guía de uso de la tarjeta de adquisición Lab-PC- 1200/AI , Laboratorio de comunicaciones ESPEL.

Folletos de programación del PLC Mitsubishi , Laboratorio de hidronica y neutronica ESPEL.

# **ANEXOS**

## ***ANEXO A . TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS***

Cama Deslizante/Cama De Rodillos



### **Disponibilidad:**

24-Horas

Online & Stockyard

### **Modelo TA Transportador de Banda para Trabajo Mediano**

Transportador muy versátil, el Modelo TA puede ser usado en muchas aplicaciones de manejo de materiales tales como líneas de ensamble, clasificación, empaque e inspección. Es un transportador fácil y rápido de armar que ahorra tiempo de instalación.

- Cama- Deslizante de acero, pintada electrostáticamente, de 4 in. de profundidad x calibre 12.
- Ancho Total - **10", 12", 14", 16", 18", 20", 22", 24", & 28"**.
- Motor – ½ HP estándar – ¾ HP o 1 HP disponibles.
- Capacidad – Carga máxima por pie lineal de transportador 75 libras. No exceder los rangos de capacidades.

### **Modelo TR Transportador de Banda Corrugada**



### **Disponibilidad:**

24-Horas

El modelo TR con guardas laterales acopladas a la cama, es ideal para aplicaciones del transporte de material en elevaciones. Este modelo transporta fácilmente cajas, cartones, bolsas, etc. así como también partes sueltas.

- Cama- Deslizante de acero, pintada electrostáticamente, de 4 in. de profundidad x calibre 12.
- Ancho Total - **8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 22", 26", & 32"**.
- Motor – ½ HP estándar – ¾ HP hasta 2 HP disponibles
- Capacidad – Carga máxima por pie lineal de transportador 75 libras. No exceder los rangos de capacidades.
- Reversible (con unidad motriz central)

### **Modelo SB Transportador de Banda Horizontal (Cama Deslizante)**



### **Disponibilidad:**

24 Horas

Online & Stockyard

El Modelo SB es ideal para ser utilizado en largas líneas de ensamble, inspección, clasificación y empaque. El transportador puede ser anclado al piso o sostenido del techo.

- Cama- Placas deslizantes galvanizadas de calibre 12, montadas en canales de acero acabados con pintura en polvo, de 6-1/2" de profundidad x calibre 12

- Ancho Total - 16", **18"**, 20", 22", **24"**, 26", 28", **30"**, 34", 36", 40", 42", 48", & 54".
- Motor – ½ HP estándar – 2 HP disponible.
- Capacidad – Carga máxima por pie lineal de transportador 100 libras. No exceder los rangos de capacidades.
- Reversible (con unidad motriz central)

### **Modelo RB Transportador Horizontal de Banda (Cama de Rodillos)**



#### **Disponibilidad:**

24 Horas

Online & Stockyard

El Modelo RB está diseñado para mover cargas más pesadas. La cama de rodillos reduce la fricción de la banda y proporciona mayor capacidad. Entre sus aplicaciones se incluyen: ensamble, inspección y empaque

- Cama- Rodillos montados en canales de acero de 6-1/2 in. x calibre 12, acabados con pintura en polvo.
- Ancho Total - 16", **18"**, 20", 22", **24"**, 26", 28", **30"**, 34", **36"**, 40", 42", 48", & 54".
- Motor – ½ HP estándar – 2 HP disponible
- Capacidad – Carga máxima por pie lineal de transportador 225 libras. NO exceder la capacidad señalada en las tablas
- Reversible

## Rodillos Vivos

### Modelo 190 - LR Transportador de Rodillos Vivos



El Modelo 190-LR puede ser usado para transferir o desviar cajas, etc. de o hacia un transportador. El diseño de rodillos vivos también permite parar o retener (no acumular) cartones, etc., sin parar el transportador.

- Cama- Rodillos montados en canales de acero de 6-1/2 in. x calibre 12, acabados con pintura en polvo.
- Rodillos- Rodillos de acero galvanizado de 1.9 in. de dia. x calibre 16, espaciados cada 3"
- Ancho Total - 16", 18", 20", 22", 24", 26", 28", 30", 34", 36", 40", & 42"
- Motor – ½ HP estándar – ¾ HP hasta 2 HP disponibles
- Unidad Motriz Central (Estándar)
- Capacidad – Carga máxima por pie lineal de transportador 200 libras. No exceder los rangos de capacidades
- Reversible

### Modelo 138-SP Transportador de Rodillos Vivos



El Modelo 138-SP es un transportador de rodillos vivos para uso general con la capacidad de acumular productos con una mínima presión de contacto operación

silenciosa, diseño versátil, fácil instalación y mantenimiento son características estándar que hacen del transportador 138-SP un componente valioso en operaciones que requieren alto rendimiento con mínima pérdida de tiempo.

- Cama - canales de acero de 4-1/2" x calibre 12 acabados con pintura en polvo
- Rodillos - rodillos galvanizados de 1-3/8" de dia. x calibre 18, espaciados cada 3"
- Ancho Total: 12", 15", 18" & 24"
- Motor - 1/2 HP estándar-3/4 HP a 1-1/2 HP disponibles
- Reversible
- Unidad Motriz Central (estándar)
- Capacidad - 10 lbs. de carga máxima por rodillo. No exceder los rangos de capacidades

### **Modelo 190-SP Transportador de Rodillos Vivos**



#### **Disponibilidad:**

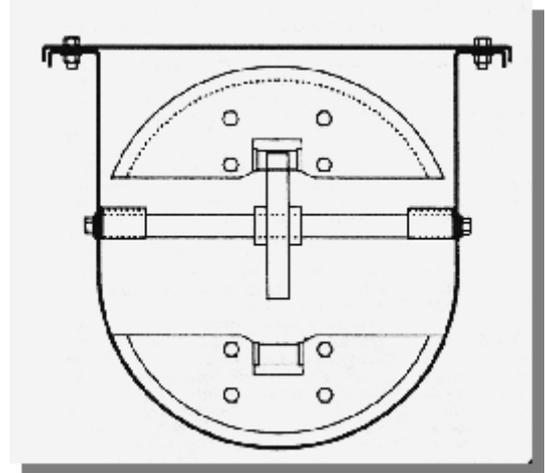
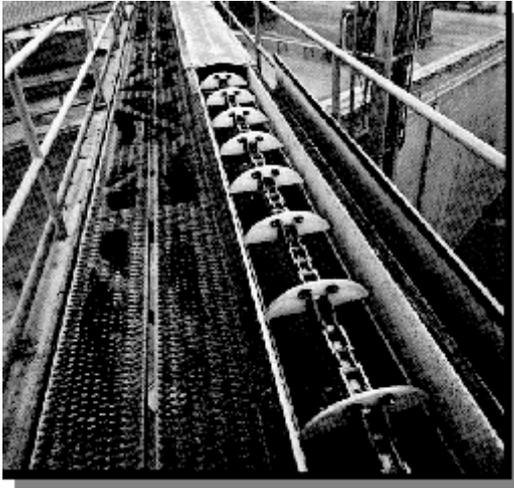
24-Horas

El Modelo 190-SP es un transportador de rodillos vivos para uso general con la capacidad de acumular productos con una mínima presión de contacto. Operación silenciosa, diseño versátil, fácil instalación y mantenimiento son características estándar que hacen del transportador 190-SP un componente valioso en operaciones que requieren alto rendimiento con mínima pérdida de tiempo.

- Cama - canales de acero de 4-1/2" x calibre 10 acabados con pintura en polvo

- Rodillos - rodillos galvanizados de 1.9" de dia. x calibre 16, espaciados cada 3"
- Ancho Total: 16", **18"**, 20", 22", **24"**, 26", 28", **30"**, 34", 36", 40", & 42"
- Motor - 1/2 HP estándar -3/4 HP a 2 HP disponibles
- Reversible
- Unidad Motriz Central (estándar)
- Capacidad - 15 lbs. de carga máxima por rodillo. No exceder los rangos de capacidades.

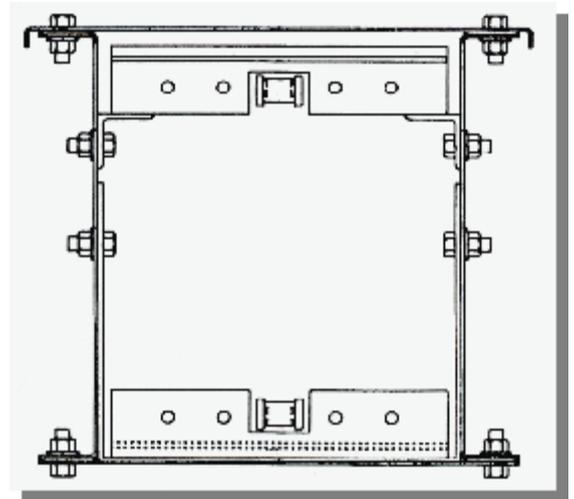
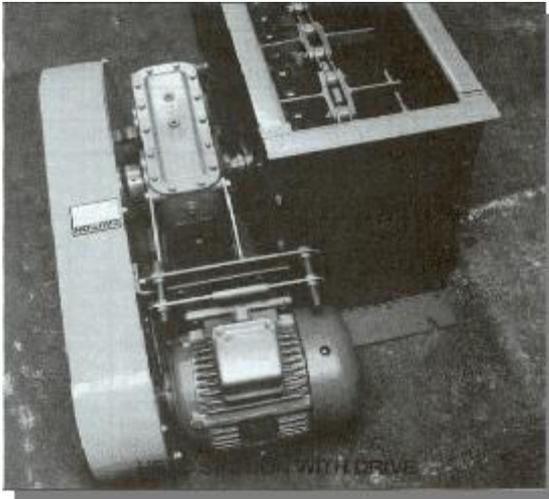
## ***ANEXO B .TIPOS DE TRANSPORTADORES***



### **CARACTERISTICAS (T. Paletas)**

- Los Transportadores de Cadena son muy flexibles en su aplicación ya que los materiales a granel fluyen suavemente en forma horizontal o inclinados.
- Tienen gran versatilidad ya que en dirección horizontal pueden trabajar en ambos sentidos porque son reversibles.
- Pueden tener cualquier cantidad de bocas de entrada y descarga.
- El transportador de Cadena está diseñado para transportar el material sin agitación y evitando al máximo la fricción por lo tanto el material llega a su destino sin rupturas o separación de partículas.
- Los transportadores son ideales para materiales o productos como granos, maltas, café, té, productos químicos y productos farmacéuticos.
- Se pueden manejar distintos productos por un mismo transportador ya que ellos son auto-limpiantes
- Pueden ser fabricados en tamaños que van desde 6" hasta 36" con capacidades que superan las 1100 ton/hr a una velocidad la cadena de 52 mts/min.

## TIPO REDLER

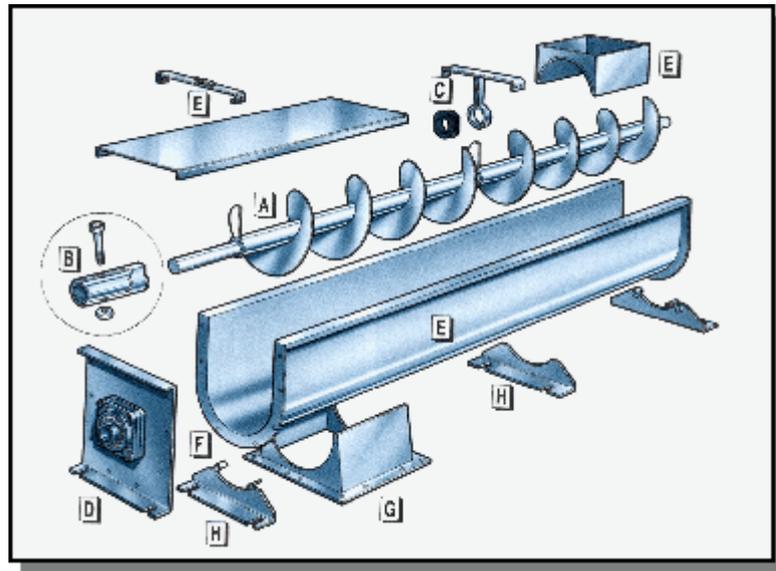


## CARACTERISTICAS

- Los Transportadores de Cadena son muy flexibles en su aplicación ya que los materiales a granel fluyen suavemente en forma horizontal o inclinados.
- Tienen gran versatilidad ya que en dirección horizontal pueden trabajar en ambos sentidos porque son reversibles.
- Pueden tener cualquier cantidad de bocas de entrada y descarga.

- El transportador de Cadena esta diseñado para transportar el material sin agitación y evitando al máximo la fricción por lo tanto el material llega a su destino sin rupturas o separación de partículas.
- Los transportadores son ideales para materiales o productos como granos, maltas, café, té, productos químicos y productos farmacéuticos.
- Se pueden manejar distintos productos por un mismo transportador ya que ellos son auto-limpiantes
- Pueden ser fabricados en tamaños que van desde 6" hasta 36" con capacidades que superan las 1100 ton/hr a una velocidad la cadena de 52 mts/min.

### TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FIN



- |           |         |          |      |               |
|-----------|---------|----------|------|---------------|
| <b>A:</b> |         | Tornillo |      | Sin-Fin.      |
| <b>B:</b> | Bocina  |          | y    | Acoplador.    |
| <b>C:</b> |         | Soporte  |      | Colgante.     |
| <b>D:</b> |         | Tapa     |      | Terminal.     |
| <b>E:</b> | Canal,  | Boca     | de   | Carga, Reten. |
| <b>F:</b> | Soporte | de       | Piso | Intermedio.   |

**G:** Boca de Descarga.  
**H:** Soporte de Piso Intermedio.

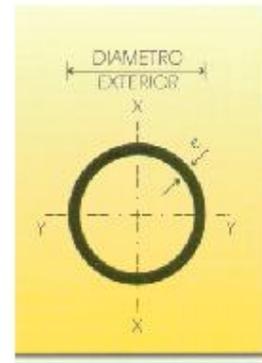
### CARACTERISTICAS

- Los Transportadores sinfín tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares.
- Se requieren su uso cuando el manejo de las capacidades es moderado sin excederse de distancias no mayores de 61 metros (200 pies) en horizontal.
- Pueden ser utilizados en forma horizontal, inclinados y verticales totalmente.
- Su costo es el mas económico comparados con otros transportadores como son los de cadena.
- Con su sencilla tapa de canal pueden hacerse herméticos al polvo.
- Este transportador puede manejar material en terrones, si no son muy grandes en relación con el diámetro de la hélice.
- Los materiales abrasivos o corrosivos pueden manejarse con una construcción adecuada de la hélice, con espiras seccionales para el tornillo.
- Existen otros tipos de hélice o estira como lo son los de paso variable, de espira cortada, de cinta y los de paleta o aspa.
- Los Transportadores Sinfín pueden ser fabricados en acero al carbón y acero inoxidable.

## ANEXO C. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL PROTOTIPO

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- LONGITUD ESTANDAR: 6 m  
Otras longitudes previa consulta.
- TIPO DE ACERO A36  
Límite de fluencia (mínimo)  $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$
- LAS PROPIEDADES FUERON CALCULADAS DE ACUERDO AL REGLAMENTO DEL AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE AISI.

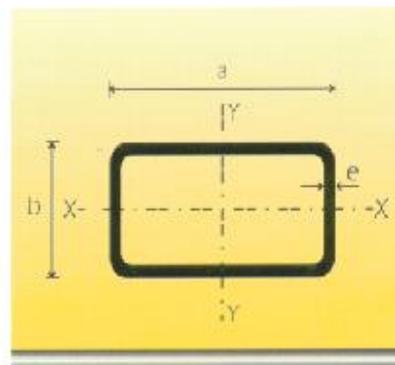
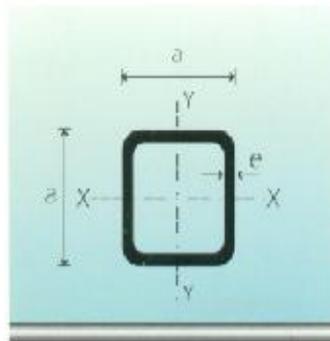


DENOMINACION	TUBERIA REDONDA		ESPESOR (mm)	PESO		AREA (cm <sup>2</sup> )	PROPIEDADES DE LA SECCION		
	NOMINAL	EXTERIOR		(Kg/m)	(Kg/6m)		x = ly (cm <sup>4</sup> )	Sx = Sy (cm <sup>3</sup> )	rx = ry (cm)
	(pulg)	(mm)							
TR 5/8 x 1,5	5/8	15,88	1,50	0,55	3,32	0,68	0,18	0,22	0,51
TR 3/4 x 1,5	3/4	19,05	1,50	0,66	3,99	0,83	0,32	0,34	0,62
TR 7/8 x 1,5	7/8	22,23	1,50	0,77	4,66	0,98	0,53	0,47	0,73
TR 7/8 x 2,0	7/8	22,23	2,00	1,02	6,17	1,27	0,65	0,59	0,77
TR 1 x 1,5	1	25,40	1,50	0,90	5,40	1,13	0,81	0,64	0,85
TR 1 x 2,0	1	25,40	2,00	1,17	7,02	1,47	1,01	0,80	0,83
TR 1 1/4 x 1,5	1 1/4	31,75	1,50	1,13	6,82	1,43	1,64	1,03	1,07
TR 1 1/4 x 2,0	1 1/4	31,75	2,00	1,50	9,00	1,87	2,00	1,31	1,05
TR 1 1/2 x 1,5	1 1/2	38,10	1,50	1,38	8,30	1,72	2,89	1,52	1,30
TR 1 1/2 x 2,0	1 1/2	38,10	2,00	1,81	10,88	2,27	3,71	1,95	1,29
TR 1 3/4 x 1,5	1 3/4	44,45	1,50	1,59	9,57	2,02	4,68	2,10	1,52
TR 1 3/4 x 2,0	1 3/4	44,45	2,00	2,12	12,75	2,67	6,03	2,71	1,50
TR 2 x 1,5	2	50,80	1,50	1,86	11,16	2,32	7,06	2,78	1,74
TR 2 x 2,0	2	50,80	2,00	2,43	14,60	3,07	9,14	3,60	1,73
TR 2 1/4 x 1,5	2 1/4	57,15	1,50	2,07	12,46	2,63	10,17	3,56	1,97
TR 2 1/4 x 2,0	2 1/4	57,15	2,00	2,78	16,72	3,47	13,20	4,62	1,95
TR 2 1/2 x 1,5	2 1/2	63,50	1,50	2,33	13,98	2,92	14,05	4,42	2,19
TR 2 1/2 x 2,0	2 1/2	63,50	2,00	3,10	18,58	3,86	18,29	5,76	2,18

### SIMBOLOGIA

- I<sub>x</sub>**= Momento de inercia con respecto al eje x
- I<sub>y</sub>**= Momento de inercia con respecto al eje y
- S<sub>x</sub>**= Modulo resistente respecto al eje x
- S<sub>y</sub>**= Modulo resistente respecto al eje y
- r<sub>x</sub>**= radio de giro respecto al eje x
- r<sub>y</sub>**= radio de giro respecto al eje y

TUBOS CUADRADOS						PROPIEDADES DE LA SECCION		
DENOMINACION	DIMENSION		PESO		AREA	EJE X-X = EJE Y-Y		
	(a) pulg	(mm)	(Kg/m)	(Kg/6m)		$I_x = I_y$ (cm <sup>2</sup> )	$S_x = S_y$ (cm <sup>3</sup> )	$r_x = r_y$ (cm)
TC 3/4 x 1,5	3/4	1,50	0,88	5,30	1,12	0,46	0,49	0,69
TC 1 x 1,5	1	1,50	1,11	6,68	1,43	1,22	0,96	0,95
TC 1 x 2,0	1	2,00	1,50	9,00	1,91	1,49	1,17	0,93
TC 1 1/4 x 1,5	1 1/4	1,50	1,35	8,12	1,72	2,55	1,60	1,22
TC 1 1/4 x 2,0	1 1/4	2,00	1,78	10,69	2,27	3,17	2,00	1,19
TC 1 1/2 x 1,5	1 1/2	1,50	1,70	10,21	2,17	4,56	2,40	1,47
TC 1 1/2 x 2,0	1 1/2	2,00	2,25	13,47	2,86	5,76	3,02	1,45
TC 2 x 2,0	2	2,00	2,99	17,96	3,81	14,56	5,73	1,97



TUBOS RECTANGULARES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL						
DENOMINACION	DIMENSION		ESPESOR	PESO		AREA	EJE X-X			EJE Y-Y		
	a (mm)	b (mm)		(Kg/m)	(Kg/6m)		$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	$S_x$ (cm <sup>3</sup> )	$r_x$ (cm)	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	$S_y$ (cm <sup>3</sup> )	$r_y$ (cm)
TRE 20 - 40 X 1,5	40	20	1,50	1,35	8,12	1,74	1,06	1,06	0,81	3,11	1,55	1,39
TRE 20 - 40 X 2,0	40	20	2,00	1,79	10,74	2,28	1,29	1,29	0,79	3,85	1,93	1,36
TRE 25 - 50 X 1,5	50	25	1,50	1,79	10,17	2,28	2,19	1,75	1,03	6,41	2,56	1,76
TRE 25 - 50 X 2,0	50	25	2,00	2,26	13,60	2,90	2,73	2,19	1,01	8,08	3,23	1,73

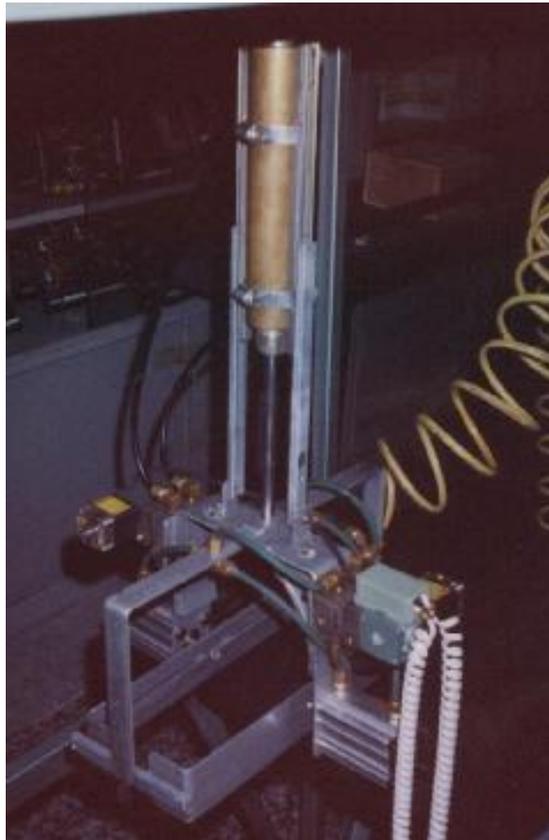
**ANEXO D. FOTOGRAFIAS DEL DESPACHADOR AUTOMATICO DE PRODUCTOS  
TERMINADOS**



**VISTA GENERAL DEL PROTOTIPO**



**BANDA TRANSPORTADORA**



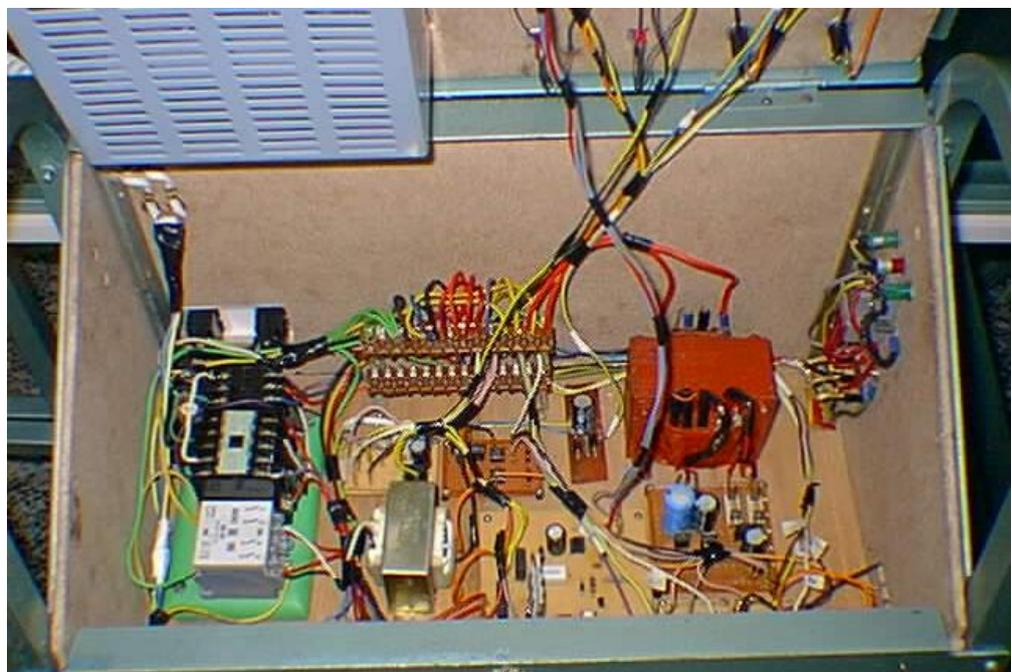
**BRAZO NEUMÁTICO QUE SUJETA LOS PRODUCTOS**



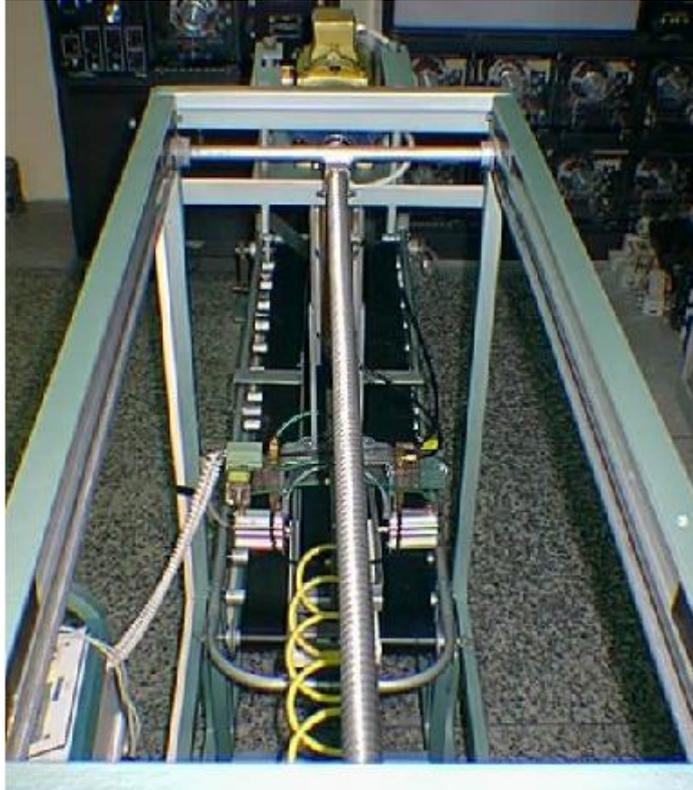
**MESA DE CONTROL VISTA SUPERIOR**



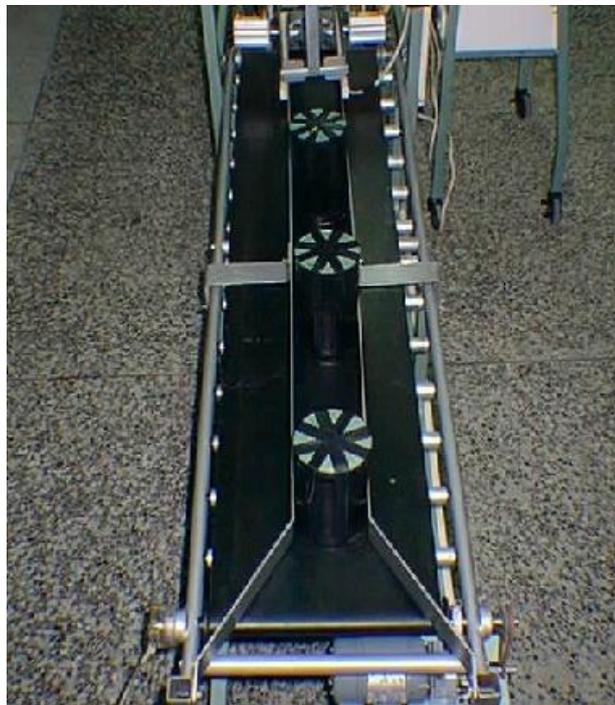
**MESA DE CONTROL VISTA LATERAL**



**MESA DE CONTROL VISTA INTERNA**



**EJE Y TORNILLO SIN FÍN DEL TRANSPORTADOR SUPERIOR**



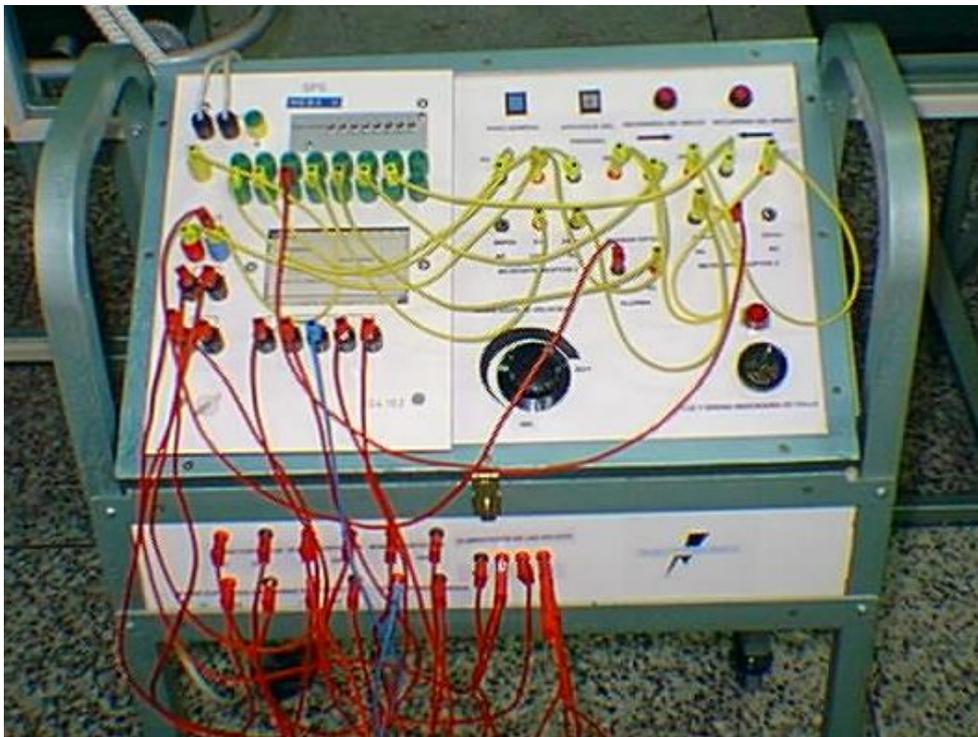
MOVIMIENTO  
PRODUCTOS  
TRAVES DE

DE LOS  
TERMINADOS A  
LA BANDA

TRANSPORTADORA



**SENSOR ÓPTICO**



**CONEXIONES DEL TABLERO DE CONTROL**

# PLANOS