

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE  
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL DE LOS RODILLOS DE LA  
MESA DE FORMADO Y DE LAS PRENSAS 1, 2 Y 3 DEL  
SISTEMA DE ENROLLADO DE LAMINAS DE CARTÓN PARA  
LA EMPRESA INCASA S.A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
ELECTROMECAÁNICO**

**BYRON PACHACAMA CAJAMARCA  
b\_pachacama@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. FERNANDO JÁCOME  
luisfernando.jacome@epn.edu.ec**

**Quito, Octubre 2013**

## DECLARACIÓN

Yo Byron Pachacama Cajamarca, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**BYRON PACHACAMA CAJAMARCA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Byron Pachacama Cajamarca, bajo mi supervisión.

---

**ING. LUIS FERNANDO JÁCOME**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGREDECIMIENTO**

Primero agradezco Dios por haberme dado la vida, luego a mi Madre María Cajamarca, a mi Padre José Pachacama, por brindarme todo su apoyo para llegar a terminar esta carrera y por educarme para ser un hombre de bien; también al Ing. Fernando Jácome por ayudarme a realizar este presente trabajo.

## CONTENIDO

|                   |    |
|-------------------|----|
| Introducción..... | I  |
| Resumen.....      | II |

## CAPITULO I GENERALIDADES

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1.1 HISTORIA.....                     | 1  |
| 1.2 FABRICACIÓN DEL PAPEL.....        | 1  |
| 1.2.1 PASTA MECÁNICA DE MADERA.....   | 1  |
| 1.2.2 PASTA MORENA.....               | 2  |
| 1.2.3 PASTA QUÍMICA O CELULÓSICA..... | 2  |
| 1.2.4 PASTA DE PAJA.....              | 2  |
| 1.2.5 PASTA DE RECORTES.....          | 2  |
| 1.2.6 PASTA DE TROZOS.....            | 2  |
| 1.3 TIPOS DE PAPEL.....               | 3  |
| 1.3.1 PAPEL CRISTAL.....              | 3  |
| 1.3.2 PAPEL ESTRAZA.....              | 3  |
| 1.3.3 PAPEL LIBRE DE ÁCIDOS.....      | 4  |
| 1.3.4 PAPEL KRAFT.....                | 5  |
| 1.3.5 PAPEL LINER.....                | 5  |
| 1.3.6 PAPEL CARTÓN MULTICAPA.....     | 6  |
| 1.3.7 SEMUSULFURIZADO.....            | 7  |
| 1.3.8 PAPEL SULFURIZADO.....          | 7  |
| 1.3.9 PAPEL TISUE.....                | 8  |
| 1.3.10 PAPEL PERMANENTE.....          | 8  |
| 1.3.11 PAPEL FLUTING.....             | 9  |
| 1.4 PROPIEDADES.....                  | 10 |
| 1.4.1 DURABILIDAD.....                | 10 |
| 1.4.2 ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....    | 10 |
| 1.4.3 RELACIÓN ESPESOR / PESO.....    | 10 |

|   |    |
|---|----|
| 1.4.4 PERMANENCIA.....  | 10 |
| 1.4.5 RESILIENCIA.....  | 10 |
| 1.4.6 CARTEO.....   | 11 |
| 1.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CARTÓN.....                      | 11 |
| 1.5.1 PREPARACIÓN DE PASTA.....                                 | 12 |
| 1.5.1.1 Desintegración.....                                     | 13 |
| 1.5.1.2 Despatillado.....                                       | 15 |
| 1.5.1.3 Refinado.....   | 15 |
| 1.5.1.4 Mezcla de aditivos.....                                 | 18 |
| 1.5.1.4.1 <i>Aditivos</i> .....                                 | 18 |
| 1.5.1.4.1.1 <i>Cargas y pigmentos</i> .....                     | 18 |
| 1.5.1.4.1.2 <i>Colorantes</i> .....                             | 19 |
| 1.5.1.4.1.3 <i>Agentes de blanqueo óptico</i> .....             | 19 |
| 1.5.1.4.1.4 <i>Resinas para dar resistencia en húmedo</i> ..... | 19 |
| 1.5.1.4.1.5 <i>Ligantes</i> .....                               | 19 |
| 1.5.1.4.1.6 <i>Productos de encolado</i> .....                  | 19 |
| 1.5.1.4.1.7 <i>Productos para dar resistencia en seco</i> ..... | 19 |
| 1.5.1.4.2 <i>Auxiliares</i> .....                               | 20 |
| 1.5.1.4.2.1 <i>Antiespumantes</i> .....                         | 20 |
| 1.5.1.4.2.2 <i>Microbicidas</i> .....                           | 20 |
| 1.5.1.4.2.3 <i>Retentivos</i> .....                             | 20 |
| 1.5.1.5 Depuración.....   | 21 |
| 1.5.1.5.1 <i>Origen y clasificación de las impurezas</i> .....  | 22 |
| 1.5.1.5.2 <i>Tipos de depuradores</i> .....                     | 22 |
| 1.5.1.5.2.1 <i>Depuradores pirobalísticas</i> .....             | 22 |
| 1.5.1.5.2.2 <i>Depuradores dinámicos</i> .....                  | 23 |
| 1.5.2 FORMACIÓN DE LA HOJA.....                                 | 23 |
| 1.5.2.1 Cabeza de la máquina.....                               | 24 |
| 1.5.2.2 Tela.....   | 25 |
| 1.5.2.3 Detalles de los foilds.....                             | 25 |
| 1.5.2.4 Dandy roll.....   | 26 |
| 1.5.3 PRENSADO HÚMEDO.....                                      | 26 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1.5.4 SECADO.....             | 27 |
| 1.5.5 CALANDRADO.....         | 28 |
| 1.5.6 POPE.....               | 26 |
| 1.5.7 ACABADO DEL CARTÓN..... | 29 |
| 1.5.7.1 Bobinado.....         | 29 |
| 1.5.7.2 Cortado.....          | 30 |

## **CAPITULO II**

### **DETALLES DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE LAMINAS DE CARTÓN**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 INTRODUCCIÓN.....   | 31 |
| 2.1.1 FORMADO.....  | 31 |
| 2.1.2 PRENSADO.....   | 32 |
| 2.1.3 SECADO.....   | 33 |
| 2.1.4 CALANDRADO.....   | 33 |
| 2.1.5 POPE.....   | 34 |
| 2.1.6 SISTEMAS DE CONTROL ELÉCTRICOS Y MECÁNICO.....  | 34 |
| 2.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE<br>CONTROL EN EL SOFTWARE MELSOFT DE MITSUBISHI..... | 36 |
| 2.2.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ORIGINAL.....  | 36 |
| 2.2.2 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO ORIGINAL.....  | 37 |
| 2.2.3 DETERMINACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE<br>CONTROL ELECTRONEUMÁTICO.....                 | 38 |
| 2.2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....   | 39 |
| 2.2.4.1 Descripción funcional.....  | 39 |
| 2.2.4.2 Asignación de las señales de entrada y salida.....  | 40 |
| 2.2.5 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN MELSOFT DEL PLC<br>MITSUBISHI.....                                     | 43 |
| 2.2.5.1 Introducción.....   | 43 |
| 2.2.5.2 Nivel de entrada.....   | 43 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.5.3 Nivel de procesamiento.....                               | 43 |
| 2.2.5.4 Nivel de emisión.....                                     | 44 |
| 2.2.5.5 Procesamiento del programa del PLC.....                   | 44 |
| 2.2.5.6 Criterios de selección.....                               | 46 |
| 2.2.5.7 Lenguaje de programación.....                             | 46 |
| 2.2.5.7.1 <i>Lenguaje Ladder</i> .....                            | 46 |
| 2.2.5.7.2 <i>Lenguaje de lista de instrucciones</i> .....         | 48 |
| 2.2.5.8 Interface de usuario.....                                 | 51 |
| 2.2.5.8.1 <i>Creación de una aplicación</i> .....                 | 52 |
| 2.2.6 PROGRAMACIÓN DE CIRCUITO DE CONTROL.....                    | 54 |
| 2.2.7 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN LADDER.....                      | 56 |
| 2.2.7.1 Solución electromecánica.....                             | 56 |
| 2.2.7.2 Solución mediante el PLC.....                             | 57 |
| 2.2.7.3 Programa de control del PLC.....                          | 58 |
| 2.2.7.4 Ventajas de un PLC sobre un circuito electromecánico..... | 59 |

## **CAPITULO III**

### **MOTAJE E INSTALACIÓN DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS, MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 INTRODUCCIÓN.....                                |    |
| ....   | 60 |
| 3.2 MATERIALES PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO.....       | 60 |
| 3.2.1 SELECTOR DE DOS POSICIONES.....                | 60 |
| 3.2.2 JOSTICK RMD TITÁN DE CUATRO POSICIONES.....    | 61 |
| 3.2.3 RELÉ DE CONTROL.....                           | 62 |
| 3.2.4 SENSOR INDUCTIVO.....                          | 63 |
| 3.2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMADO (PLC).....       | 64 |
| 3.2.6 ELEMENTOS ADICIONALES.....                     | 65 |
| 3.3 RECONSTRUCCIÓN DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS..... | 66 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4 MONTAJE DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS.....                   | 68 |
| 3.5 MATERIALES PARA LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y<br>NEUMÁTICOS..... | 69 |
| 3.5.1 ELECTROVÁLVULA 5/3.....                                   | 70 |
| 3.5.2 VÁLVULA MANUAL 3/2.....                                   | 71 |
| 3.5.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....                              | 72 |
| 3.5.4 RACORES.....  | 73 |
| 3.5.5 ELEMENTOS ADICIONALES.....                                | 73 |
| 3.6 CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DE DESPLAZAMIENTO.....            | 74 |
| 3.7 MONTAJE DE LOS MECANISMOS NEUMÁTICOS Y<br>MECÁNICOS.....    | 77 |

## **CAPITULO IV**

### **MANUAL DE OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 OPERACIÓN.....  | 79 |
| 4.2 FUNCIONAMIENTO.....   | 82 |
| 4.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....                           | 84 |
| 4.3.1 INTRODUCCIÓN.....   | 84 |
| 4.3.2 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS...84 |    |
| 4.3.2.1 Mantenimiento eléctrico.....                            | 84 |
| 4.3.2.2 Mantenimiento mecánico.....                             | 85 |

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 88     |
| 5.2 CONCLUSIONES.....           | 91     |
| 5.3 RECOMENDACIONES.....        | 93     |
| <br>BIBLIOGRAFÍA.....           | <br>96 |

## ANEXOS

|  |         |
|--|---------|
| DIGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL ELECTROMECAÁNICO.....                              | ANEXO A |
| PROGRAMA DE CONTROL DEL PLC.....   | ANEXO B |
| PLANO DE LAS BASES DE LOS SENSORES.....  | ANEXO C |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS PULMONES Y PLANOS<br>DE BASE DE LOS RODILLOS..... | ANEXO D |
| CIRCUITO NEUMÁTICO.....  | ANEXO E |
| TABLAS DE ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS.....                                   | ANEXO F |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Papel cristal.....  | 3  |
| Figura 1.2 Papel de estraza.....   | 4  |
| Figura 1.3 Papel libre de ácido.....                                       | 4  |
| Figura 1.4 Papel kraft.....  | 5  |
| Figura 1.5 Papel liner.....  | 6  |
| Figura 1.6 Papel multicapa.....  | 6  |
| Figura 1.7 Papel sulfurizado.....  | 7  |
| Figura 1.8 Papel tisúe.....  | 8  |
| Figura 1.9 Papel permanente.....   | 9  |
| Figura 1.10 Papel fluting.....   | 9  |
| Figura 1.11 Flujo grama del proceso de fabricación del papel y cartón..... | 12 |
| Figura 1.12 Papel y cartones reciclados.....                               | 13 |
| Figura 1.13 a) Esquema de un pulper b) Hélice de un pulper.....            | 14 |
| Figura 1.14 Despastillador.....  | 15 |
| Figura 1.15 Esquema de un refinador.....                                   | 16 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.16 Pilas Holandeses.....   | 17 |
| Figura 1.17 Refinos cónicos.....  | 17 |
| Figura 1.18 Refinadores de discos.....                                      | 17 |
| Figura 1.19 Esquema de depuración primaria.....                             | 21 |
| Figura 1.20 a) Depurador plano vibrante b) Depurador a presión.....         | 22 |
| Figura 1.21 Depurador ciclónico.....  | 23 |
| Figura 1.22 Cabeza de la máquina.....                                       | 24 |
| Figura 1.23 Tela o malla de formación.....                                  | 25 |
| Figura 1.24 Foilds.....   | 25 |
| Figura 1.25 Dandy roll.....   | 26 |
| Figura 1.26 Prensas.....  | 26 |
| Figura 1.27 Secado por cilindros secadores.....                             | 28 |
| Figura 1.28 Calandrado.....   | 28 |
| Figura 1.29 Pope.....   | 29 |
| Figura 1.30 Rebobinadora.....   | 30 |
| Figura 1.31 Cortadora.....  | 30 |
| Figura 2.1 Mesa de formado.....   | 32 |
| Figura 2.2 Sección de prensado.....   | 32 |
| Figura 2.3 Secadores.....   | 33 |
| Figura 2.4 Calandras.....   | 34 |
| Figura 2.5 Pope.....  | 34 |
| Figura 2.6 Transmisión mecánica.....  | 35 |
| Figura 2.7 Tablero de control eléctrico.....                                | 35 |
| Figura 2.8 Sistema de desplazamiento manual.....                            | 36 |
| Figura 2.9 Desplazamiento con cilindro de doble efecto.....                 | 37 |
| Figura 2.10 Tablero de control neumático original.....                      | 37 |
| Figura 2.11 Base de sensores.....   | 39 |
| Figura 2.12 Diseño de una estructura básica de un PLC.....                  | 44 |
| Figura 2.13 Mapping de proceso.....   | 45 |
| Figura 2.14 a) Plano de contactos b) Lista de instrucciones.....            | 49 |
| Figura 2.15 Entorno de programación del Software Melssoft Gx Developer..... | 52 |
| Figura 2.16 Primer paso para la creación de una aplicación.....             | 52 |
| Figura 2.17 Ventana lista para trabajar.....                                | 53 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.18 Primera línea de programación.....   | 54 |
| Figura 2.19 Segunda línea de programación.....   | 55 |
| Figura 2.20 Activación de salidas.....   | 55 |
| Figura 2.21 Circuito de control electromecánico.....   | 57 |
| Figura 2.22 Cableado de PLC.....   | 58 |
| Figura 2.23 Diagrama de control.....   | 59 |
| Figura 3.1 Selector de dos posiciones.....   | 61 |
| Figura 3.2 Joystick RMQ-Titán de 4 posiciones.....   | 62 |
| Figura 3.3 Bloque de contacto.....   | 62 |
| Figura 3.4 Sensor inductivo.....   | 63 |
| Figura 3.5 Controlador lógico programable.....   | 64 |
| Figura 3.6 Instalación de tubería y canaletas metálicas.....                                   | 67 |
| Figura 3.7 Reconstrucción del armario de control.....  | 67 |
| Figura 3.8 Modelo de canaleta instalada en el tablero de control.....                          | 68 |
| Figura 3.9 Montaje de nuevos elementos eléctricos en el interior del armario.....              | 68 |
| Figura 3.10 Montaje de selectores.....   | 69 |
| Figura 3.11 Solenoide.....   | 70 |
| Figura 3.12 Electroválvula 5/3.....  | 71 |
| Figura 3.13 Válvula manual 3/2.....  | 71 |
| Figura 3.14 Unidad de mantenimiento.....   | 72 |
| Figura 3.15 Racores.....   | 73 |
| Figura 3.16 Bases de los sistemas de desplazamiento.....                                       | 74 |
| Figura 3.17 Montaje de elementos y conexionado de mangueras.....                               | 77 |
| Figura 3.18 Instalación de soporte de sensores, base de rodillo y mangueras<br>neumáticas..... | 78 |
| Figura 4.1 Activación de los sistemas.....   | 79 |
| Figura 4.2 Alimentación de aire.....   | 80 |
| Figura 4.3 Comprobación de funcionamiento.....   | 80 |
| Figura 4.4 Ficha de inspección.....  | 86 |
| Figura 4.5 Orden de trabajo de mantenimiento.....  | 87 |
| Figura 5.1 Simulación del proceso mediante un PLC.....   | 88 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1 Presión de vapor en los cilindros de secado..... | 33 |
| Tabla 2.2 Distribución de entradas y salidas del PLC.....  | 40 |
| Tabla 2.3 Contactos para el lenguaje ladder.....           | 47 |
| Tabla 2.4 Elementos de conexión.....                       | 47 |
| Tabla 2.5 Elementos actuadores.....                        | 48 |
| Tabla 2.5 Funciones especiales.....                        | 48 |
| Tabla 2.7 Operandos.....                                   | 49 |
| Tabla 2.8 Instrucciones básicas.....                       | 50 |
| Tabla 3.1 Características técnicas del selector.....       | 61 |
| Tabla 3.2 Características de contactos.....                | 62 |
| Tabla 3.3 Características del relé de control.....         | 63 |
| Tabla 3.4 Características técnicas.....                    | 64 |
| Tabla 3.5 Tabla de elementos adicionales.....              | 66 |
| Tabla 3.6 Tabla de elementos adicionales.....              | 73 |
| Tabla 3.7 Especificaciones técnicas del bronce.....        | 75 |

## RESUMEN

Se cree que la fabricación de papel tiene su origen en China hacia el año 100 d.C.: se utilizaban trapos, cáñamo, paja y hierba como materias primas y se golpeaban contra morteros de piedra para separar la fibra original. Las primeras máquinas continuas de papel y cartón se patentaron en los años de cambio del siglo XIX al XX. Entre 1844 y 1884 se desarrollaron los primeros métodos para la obtención de pasta de madera, una fuente de fibra más abundante que los trapos o las hierbas; estos métodos implicaban la abrasión mecánica y la aplicación de procedimientos químicos a base de sosa cáustica, sulfitos y sulfatos (Celulosa al sulfato). Con estos cambios se inició la era moderna de la fabricación del cartón y papel, este proceso se detalla en el primer capítulo de este trabajo.

Los sistemas de desplazamiento horizontal son los que hacen posible encaminar a los fieltros de la sección de prensado y a la malla de la sección de formado, con el pasar de tiempo el control ha evolucionado y ahora existen muchas formas de mejorar todo sistema de control una de ellas es mediante un PLC el cual presta facilidades para el diseño de mandos de control eléctricos muy complejos sin la necesidad de usar muchos elementos electromecánicos o neumáticos de mando manual. Para el nuevo sistema de control se ha usado un PLC de la marca Mitsubishi, para eso hay que seguir los pasos que se explican en el capítulo 2. Este capítulo describe como diseñar el nuevo sistema que los controlara en forma manual o automática, tiene sus lenguajes de programación, su manera de crear un nuevo programa, etc.

En el nuevo sistema de control se tiene que instalarse las partes eléctricas, mecánicas y neumáticas tomando en consideración los datos específicos de cada elemento que se va a utilizar en el mismo, la distribución de dichos elementos en el tablero, la forma de montaje y conexión, el trabajo que tiene que realizar cada uno de ellos, todo esto se detalla en el tercer capítulo.

En el cuarto capítulo se detalla en forma lo más sencillo y comprensible posible la manera de operar los sistemas de desplazamiento horizontal diseñado en este trabajo, así como el funcionamiento del sistema de control y lo más importante el

mantenimiento que se le tiene que dar a los sistemas eléctricos, mecánicos y neumáticos para el correcto funcionamiento de la máquina.

Después de la realización de este trabajo se ha llegado a obtener abundantes conocimientos técnicos para la ejecución de las pruebas necesarias y poder analizar los resultados del trabajo realizado.

Las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto recogen los comentarios, experiencias más relevantes; así como la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la Carrera de ELECTROMECAÁNICA y se señalan en el último capítulo.

El documento contiene en su parte final referencias bibliográficas, con las cuales se realizaron las investigaciones además de anexos y diagramas del circuito de control eléctrico y neumático. Los anexos incluyen información sobre el programa grabado en el controlador lógico programable (PLC), planos, datos técnicos de los elementos eléctricos, neumáticos y mecánicos que se utilizaron en el proyecto.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 HISTORIA.

En el Antiguo Egipto se escribía sobre papiro (de donde proviene la palabra papel), el cual se obtenía a partir del tallo de una planta muy abundante en las riberas del río Nilo (*Cyperuspapyrus*). Sin embargo se cree que la fabricación de papel tiene su origen en China hacia el año 100 d.C.: se utilizaban trapos, cáñamo, paja y hierba como materias primas y se golpeaban contra morteros de piedra para separar la fibra original. Aunque con el tiempo ganó terreno la mecanización, hasta el siglo XIX siguieron utilizándose los métodos de producción por lotes y las fuentes de fibra agrícolas.

Las primeras máquinas continuas de papel y cartón se patentaron en los años de cambio del siglo XIX al XX. Entre 1844 y 1884 se desarrollaron los primeros métodos para la obtención de pasta de madera, una fuente de fibra más abundante que los trapos o las hierbas; estos métodos implicaban la abrasión mecánica y la aplicación de procedimientos químicos a base de sosa cáustica, sulfitos y sulfatos (Celulosa al sulfato). Con estos cambios se inició la era moderna de la fabricación de pasta de papel y cartón<sup>1</sup>.

### 1.2 FABRICACIÓN DEL PAPEL (SIGLOS XX Y XXI).

#### 1.2.1 PASTA MECÁNICA DE MADERA<sup>1</sup>.

Con la primera elaboración de pasta de la madera (primer proceso), se obtiene un producto impuro, porque la celulosa se utiliza mezclada con el resto de los componentes de la madera. Se utiliza para la elaboración de papeles de baja calidad (por ejemplo: papel prensa para periódicos); tiene más aprovechamiento pero menos calidad, además tienen escasa consistencia y amarillea al poco tiempo de elaboración.

---

<sup>1</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Papel>

### **1.2.2 PASTA MORENA.**

Se obtiene simplemente desfibrando la madera después de haberla lavado y hervido (para eliminar materias incrustantes y facilitar el desfibrado). Se consigue una pasta de fibras largas y resistentes. Se emplea para la elaboración de cartones, papel de embalaje, sacos de papel, etc.

### **1.2.3 PASTA QUÍMICA O CELULÓSICA.**

Para la elaboración de papeles de buena calidad. Los primeros pasos son similares a los de la pasta mecánica pero luego, se cocina la madera con una solución llamada bisulfito, a gran temperatura (a vapor en la "lejiadora"). Luego se lava la masa con agua caliente para sacarle los restos de bisulfito, se blanquea, se desfibra y finalmente obtenemos una buena pasta de celulosa.

### **1.2.4 PASTA DE PAJA.**

Se obtiene de cereales y de arroz. Posee un color amarillento y se emplea para la elaboración de papeles de carnicería y para el interior del cartón ondulado.

### **1.2.5 PASTA DE RECORTES.**

El recorte de papel se mezcla con las pastas para abaratar los costos. Según de donde proceda el recorte se dividen en las siguientes categorías:

- De cortes de bobina: En la fábrica al cortar las bobinas, papeles de buena calidad.
- De guillotina: Aquí se clasifica según la blancura, composición, etc.
- Recortes domésticos: Estos provienen de las oficinas, para elaborar papeles de baja calidad.
- De la calle o impresos: Solo utilizado para fabricar cartón gris.

### **1.2.6 PASTA DE TRAPOS.**

Al estar compuesto por celulosa pura (libre de cortezas, lignina, etc.) solo se realiza antes del proceso, una limpieza. Se emplean trapos de algodón, cáñamo, lino, yute y seda. Con ella se realizan papeles de primera.

## 1.3 TIPOS DE PAPEL.

### 1.3.1 PAPEL CRISTAL.

Papel traslúcido, muy liso y resistente a las grasas, fabricado con pastas químicas muy refinadas y subsecuentemente calandradas. Es un similsulfurizado de calidad superior fuertemente calandrado.

La transparencia es la propiedad esencial. Papel rígido, bastante sonante, con poca mano, sensible a las variaciones higrométricas. A causa de su impermeabilidad y su bella presentación, se emplea en empaquetados de lujo, como en perfumería, farmacia, confitería y alimentación, este tipo de papel se observa en la figura 1.1. Vivamente competido por el celofán o sus imitaciones<sup>1</sup>.

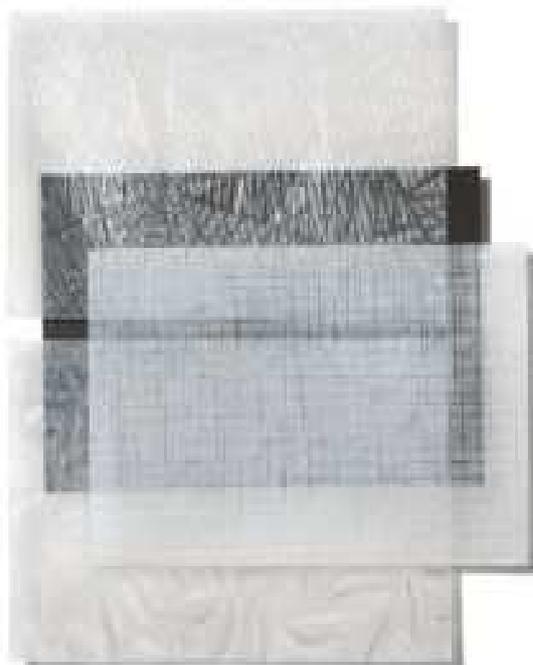


Figura 1.1 Papel cristal<sup>1</sup>

### 1.3.2 PAPEL DE ESTRAZA.

Papel fabricado principalmente a partir de papel recuperado (papelote) sin clasificar y se observa en la figura 1.2.

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>



**Figura 1.2 Papel de estroza<sup>1</sup>**

### **1.3.3 PAPEL LIBRE DE ÁCIDO.**

En principio, cualquier papel que no contenga ningún ácido libre. Durante su fabricación se toman precauciones especiales para eliminar cualquier ácido activo que pueda estar en la composición, con el fin de incrementar la permanencia del papel acabado.

La acidez más común proviene del uso de aluminio para precipitar las resinas de colofonia usadas en el encolado, de los reactivos y productos residuales del blanqueo de la pasta (cloro y derivados) y de la absorción de gases arcádicos (óxidos de nitrógeno y azufre) de atmósferas contaminadas circundantes. Un proceso de fabricación de papel ácido es incompatible con la producción de papeles duraderos y se muestra en la figura 1.3<sup>1</sup>.



**Figura 1.3 Papel libre de ácido<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>

#### 1.3.4 PAPEL KRAFT.

Papel de elevada resistencia fabricado básicamente a partir de pasta química kraft (al sulfato) y se observa en la figura 1.4. Puede ser crudo o blanqueado. En ocasiones y en algunos países se refiere al papel fabricado esencialmente con pastas crudas kraft de maderas de coníferas.

Los crudos se usan ampliamente para envolturas y embalajes y los blanqueados, para contabilidad, registros, actas, documentos oficiales, etc. El término viene de la palabra alemana para resistencia<sup>1</sup>.



Figura 1.4 Papel kraft<sup>1</sup>.

#### 1.3.5 PAPEL LINER.

Papel de gramaje ligero o medio que se usa en las cubiertas, caras externas, de los cartones ondulados. Se denomina kraftliner cuando en su fabricación se utiliza principalmente pasta al sulfato (kraft) virgen, cruda o blanqueada, normalmente de coníferas.

La calidad en cuya fabricación se utilizan fibras recicladas se denomina testliner, a menudo constituido por dos capas y se indica en la figura 1.5<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>



**Figura 1.5 Papel liner<sup>1</sup>.**

### **1.3.6 PAPEL MULTICAPA (CARTÓN).**

Producto obtenido por combinación en estado húmedo de varias capas o bandas de papel, formadas separadamente, de composiciones iguales o distintas, que se adhieren por compresión y sin la utilización de adhesivo alguno se puede observar en la figura 1.6.



**Figura 1.6 Papel multicapa<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>

### 1.3.7 SEMILSULFURIZADO.

Papel exento de pasta mecánica que presenta una elevada resistencia a la penetración por grasas, adquirida simplemente mediante un tratamiento mecánico intensivo de la pasta durante la operación de refinado, que también produce una gelatinización extensiva de las fibras. Su porosidad (permeabilidad a los gases) es extremadamente baja. Se diferencia del sulfurizado verdadero en que al sumergirlo en agua, durante un tiempo suficiente, variable según la calidad, el símil pierde toda su resistencia mientras que el sulfurizado conserva su solidez al menos en parte.

### 1.3.8 PAPEL SULFURIZADO.

Papel cuya propiedad esencial es su impermeabilidad a los cuerpos grasos y, asimismo, una alta resistencia en húmedo y buena impermeabilidad y resistencia a la desintegración por el agua, incluso en ebullición y se muestra en la figura 1.7. La impermeabilización se obtiene pasando la hoja de papel durante unos segundos por un baño de ácido sulfúrico concentrado (75%, 10 °C) y subsiguiente eliminación del ácido mediante lavado. Al contacto con el ácido, la celulosa se transforma parcialmente en nitrocelulosa, materia gelatinosa que obstruye los poros del papel y lo vuelve impermeable<sup>1</sup>.



Figura 1.7 Papel sulfurizado<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>

### **1.3.9 PAPEL TISÚE.**

Predominantemente de fibras naturales, de pasta química virgen o reciclada, a veces mezclada con pasta de alto rendimiento (químico-mecánicas). Es tan delgado que difícilmente se usa en una simple capa.

Dependiendo de los requerimientos se suelen combinar dos o más capas. Se caracteriza por su buena flexibilidad, suavidad superficial, baja densidad y alta capacidad para absorber líquidos. Se usan para fines higiénicos y domésticos, tales como pañuelos, servilletas, toallas y productos absorbentes similares que se desintegran en agua, este tipo de papel se muestra en la figura 1.8<sup>1</sup>.



**Figura 1.8 Papel tisúe<sup>1</sup>.**

### **1.3.10 PAPEL PERMANENTE.**

Un papel que puede resistir grandes cambios físicos y químicos durante un largo período (varios cientos de años). Este papel es generalmente libre de ácido, con una reserva alcalina y una resistencia inicial razonablemente elevada. Tradicionalmente la comunidad cultural ha considerado crucial usar fibras de alta pureza (lino o algodón) para asegurar la permanencia del papel y se observa en la figura 1.9.

---

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>

Hoy día, se considera que se ha de poner menos énfasis en el tipo de fibra y más sobre las condiciones de fabricación. Un proceso de fabricación ácido es incompatible con la producción de papeles permanentes.



Figura 1.9 Papel permanente<sup>1</sup>.

### 1.3.11 PAPEL FLUTING.

El Papel que se observa en la figura 1.10, es fabricado expresamente para su ondulación para darle propiedades de rigidez y amortiguación. Normalmente fabricado de pasta semiquímica de frondosas (proceso al sulfito neutro, NSSC), pasta de alto rendimiento de paja de cereales o papel recuperado, se usa en la fabricación de cartones ondulados<sup>1</sup>.

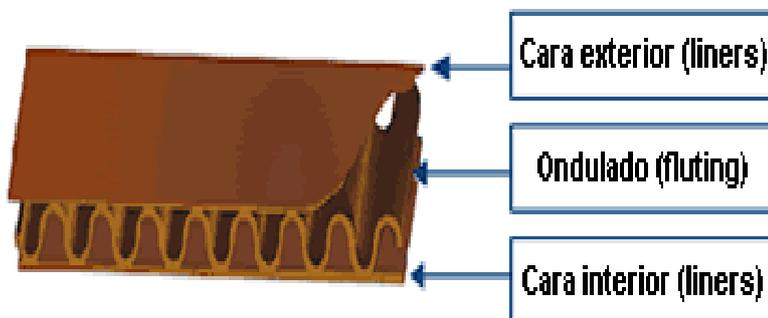


Figura 1.10 Papel fluting<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><http://alcaerlamedianoche.blogspot.com/2010/11/el-papel.html>

## **1.4 PROPIEDADES<sup>1</sup>.**

### **1.4.1 DURABILIDAD DEL PAPEL.**

La durabilidad expresa principalmente la capacidad del papel y cartón para cumplir sus funciones previstas durante un uso intensivo y continuado, sin referencia a largos periodos de almacenado. Un papel o cartón pueden ser durables (al resistir un uso intensivo durante un tiempo corto) pero no permanente (debido a la presencia de ácidos que degradan lentamente las cadenas celulósicas).

### **1.4.2 ESTABILIDAD DIMENSIONAL.**

Capacidad de un papel o cartón para retener sus dimensiones y su planidad cuando cambia su contenido en humedad, por ejemplo, bajo la influencia de variaciones en la atmósfera circundante. Un alto contenido en hemicelulosas promueve el hinchamiento de las fibras y su inestabilidad.

### **1.4.3 RELACIÓN ESPESOR/ PESO.**

Término aplicado a un papel que expresa la relación entre su espesor y el gramaje. Su valor específico disminuye cuando aumentan la compactación y la densidad de la hoja.

### **1.4.4 PERMANENCIA.**

Se refiere a la retención de las propiedades significativas de uso, especialmente la resistencia mecánica y el color, después de prolongados períodos. Un papel o cartón son permanentes cuando retiene sus características iniciales pero no durables, debido, por ejemplo, a su baja resistencia inicial.

### **1.4.5 RESILIENCIA**

Capacidad del papel y cartón para retornar a su forma original después de haber sido curvado o deformado. La presencia de pasta mecánica en la composición confiere dicha propiedad<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Papel#Propiedades>

#### **1.4.6 CARTEO.**

Combinación de tacto y sonido que produce una hoja de papel y cartón cuando se agita manualmente.

#### **1.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CARTÓN.**

El proceso de fabricación del cartón y papel se divide en una serie de operaciones que citamos a continuación:

- Preparación de las pastas:
  - Desintegración.
  - Despastillado.
  - Refino.
  - Mezcla de los diferentes aditivos.
  - Depuración.
- Formación de la hoja: mesa de fabricación.
- Prensado en húmedo.
- Secado.
- Calandrado.
- Pope.
- Acabado del papel.
  - Bobinado.
  - Cortado.

A continuación se describirá los conceptos básicos de cada una de estas operaciones que forman el proceso de fabricación del cartón y papel, cuyo flujo gramal del proceso completo se puede ver en la figura 1.11<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

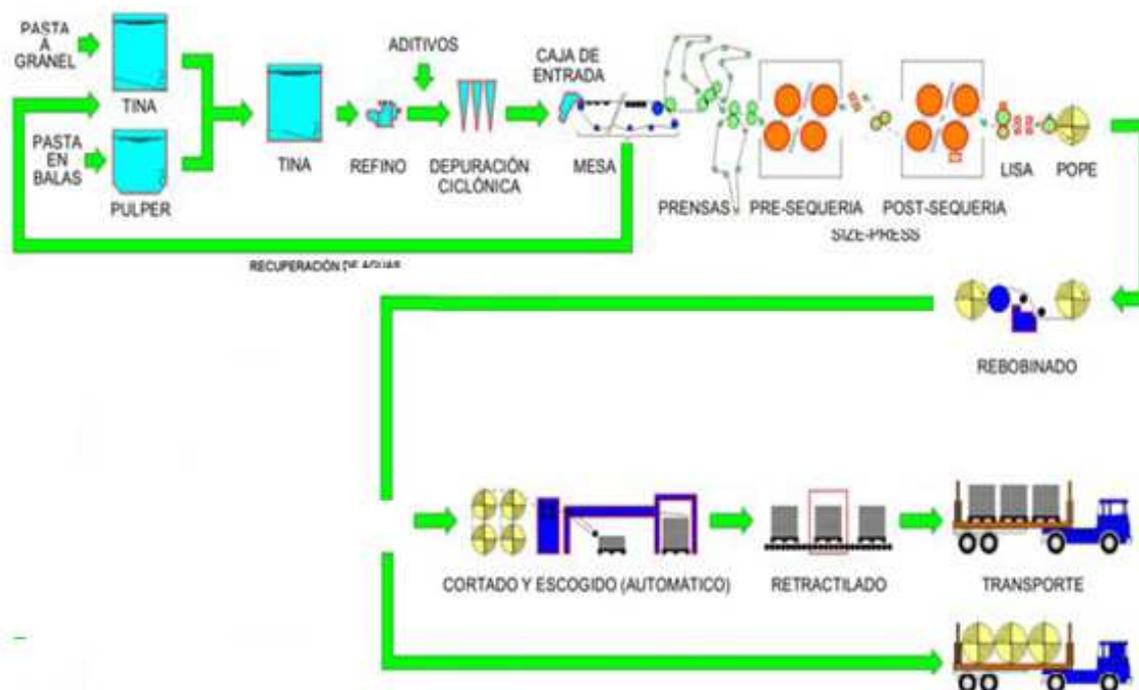


Figura 1.11 Flujo grama del proceso de fabricación del papel y cartón<sup>1</sup>.

### 1.5.1 PREPARACIÓN DE PASTAS.

La preparación de las pastas es la primera operación que hay que realizar en la fabricación del papel y cartón. En realidad lo que hay que realizar es poner a esa pasta en condición de hacer cartón, normalmente, cuando hablamos de preparación de pastas nos referimos a las siguientes operaciones que se describen a continuación:

- Desintegración
- Despastillado
- Refino
- Mezcla de los diferentes aditivos
- Depuración

Las fábricas de cartón pueden obtener por si mismas la pasta papelera (en este caso se denominan fábricas integradas) o, por el contrario utilizar la pasta que reciben de otras fábricas (denominadas en este caso fabricas no integradas).

<sup>1</sup> www.torraspapel.com

En una fábrica de cartón donde se fabrica la pasta, esta es recibida en forma de hojas prensadas como se muestra en la figura 1.12, es necesario deshacer en agua para poder utilizarla convenientemente. También el recorte de papel y cartón, que en todas las fábricas se produce como consecuencia de roturas, restos o tiras, orillas de bobinas, etc., se reutiliza o se recicla en el proceso y es preciso volver a deshacerlo en agua.

Este proceso se llama desintegración cuando la propia fábrica dispone del proceso de obtención de pasta no es necesaria esta operación, ya que la suspensión fibrosa (agua y fibras) pasa directamente a la operación de refinado.



**Figura 1.12 Papel y cartones reciclados<sup>1</sup>.**

#### **1.5.1.1 Desintegración.**

La desintegración es la operación mecánica por medio de la cual se consigue poner, en suspensión, en agua, pasta que viene en forma de hojas o cartones prensados y que es necesario deshacer.

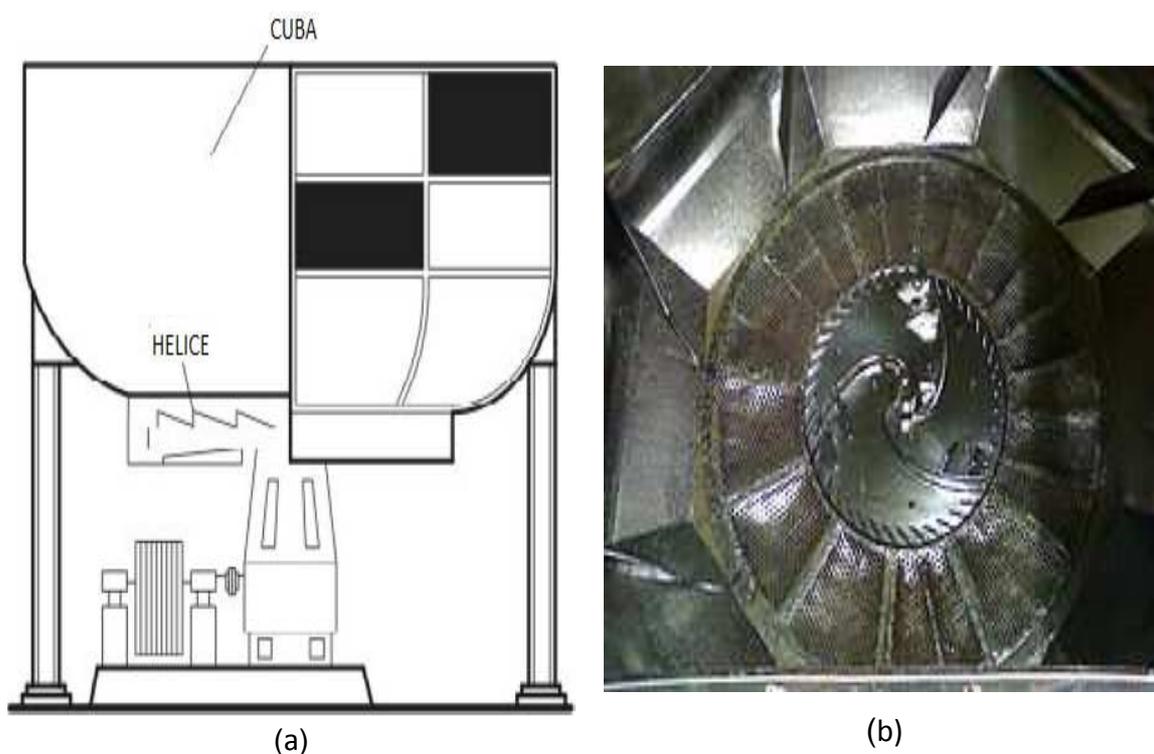
Esta operación de deshacer las balas de pasta, o el recorte, para separar las fibras se realiza en un aparato llamado pulper. Posteriormente las fibras, deberán

---

<sup>1</sup> [www.incasa.com.ec](http://www.incasa.com.ec)

someterse a una serie de operaciones que las modificarán y así proporcionarán las propiedades necesarias para obtener un papel determinado.

El pulper que se muestra en la figura 1.13a es un aparato de gran rendimiento donde se realiza la operación de desintegración. Está formado por un recipiente, en forma cilíndrica que tiene un helice en su parte inferior como se puede observar en la figura 1.3b, la cual agita las hojas de cartón que son introducidas en el, las deshacen y forman la pasta. Por medio del frote continuo de la pasta, quedando una superficie en el agua con una consistencia (porcentaje de materia seca) de entre 6% y un 12%.



**Figura 1.13 a) Esquema de un pulper b) Hélice de un pulper<sup>1</sup>.**

Cuando la hoja esta deshecha, el pulper es vaciado haciendo pasar la pasta a través de una rejilla, que no permita el paso de fragmentos grandes que no hayan sido suficientemente deshechos y se depositara en una tina o tanque para su posterior utilización.

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

### 1.5.1.2 Despastillado.

El pulper, a veces, no es el aparato más indicado para realizar la última fase del proceso de desintegración (fase en la que se consigue la total desintegración de las fibras) debido al excesivo gasto de energía que ocasiona esta fase. Para solucionar este problema se utiliza máquinas más apropiadas para la desintegración total llamadas despastilladores.

El despastillador que se visualiza en la figura 1.14 es una máquina compuesta por tres discos (pueden ser perforados o ranurados) dos exteriores fijos provisto de púas y salientes, y otro disco central con movimiento giratorio a gran velocidad. El movimiento de estos discos hace que debido a choques violentos y pasando por conductos estrechos, las fibras se rompan consiguiendo la individualización total.

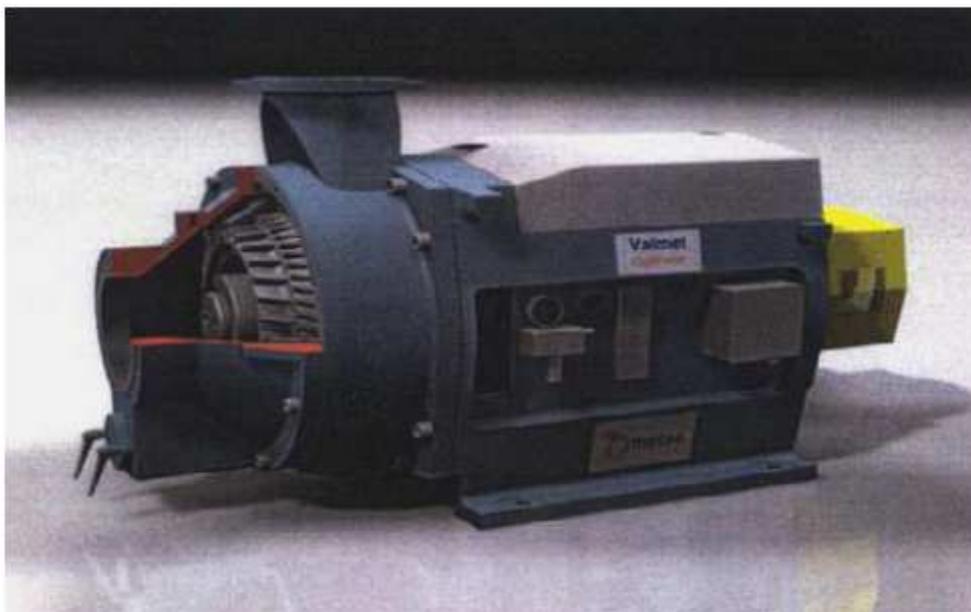


Figura 1.14 Despastillador<sup>1</sup>.

### 1.5.1.3 Refinado.

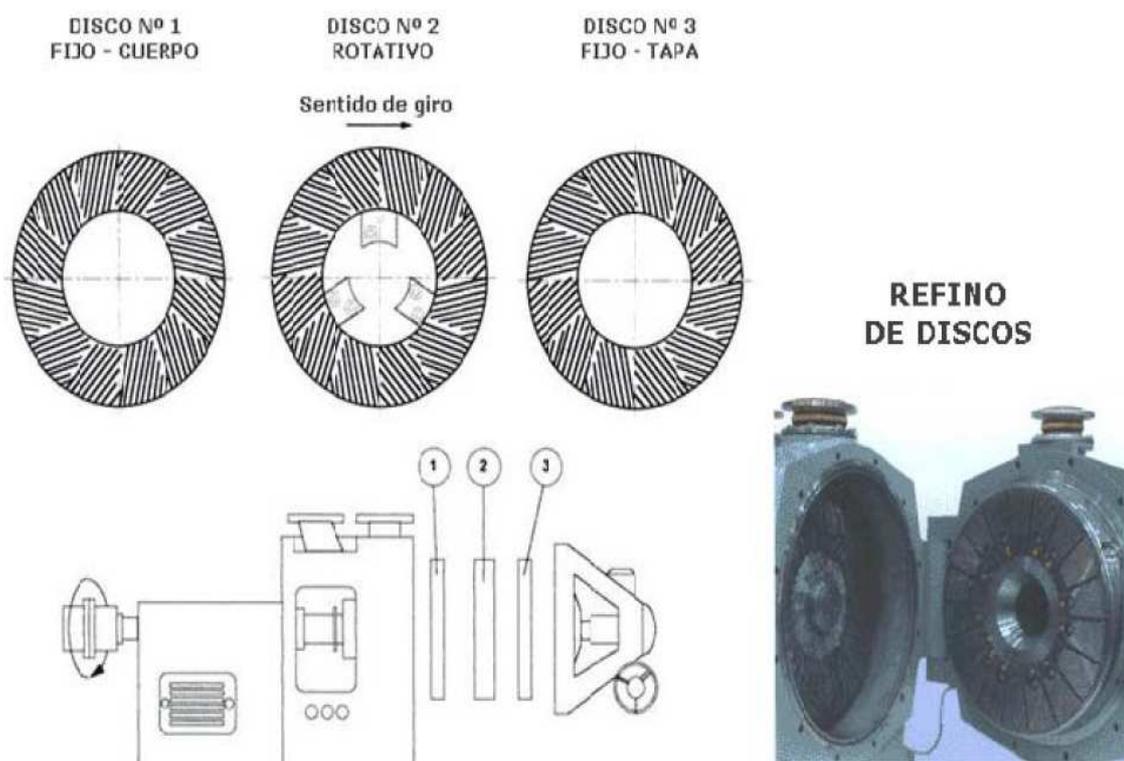
La pasta se refina para desfibrar y cortar las fibras a fin de adaptarlas al tipo de cartón deseado. De este proceso depende el grado de resistencia que tendrá el cartón al doblado, reventado y rasgado.

---

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

El refinado es la operación en la preparación de la pasta por la cual, mediante la acción de su trabajo mecánico y en presencia de un medio acuoso (agua), se modifica la morfología de las fibras y su estructura físico-químicas.

El aparato donde se realiza el refinado se llama refino y está constituido por una parte fija (estator) y otro móvil (rotor) en el cual se acopla tres discos con cuchillas de aleaciones especiales cuya composición y temple están estudiados con relación a las fibras que se van a tratar y el cartón que se desea obtener, lo anteriormente explicado se muestra en la figura 1.15.

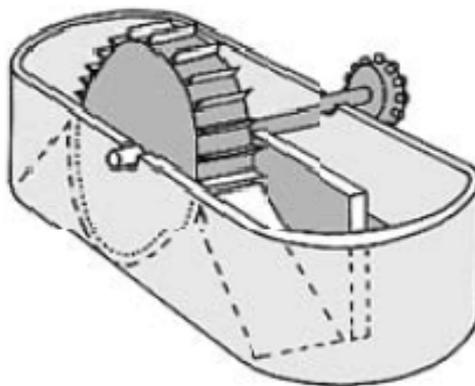


**Figura 1.15 Esquema de un refinator<sup>1</sup>.**

Existen distintos tipos de refinados, siendo los más conocidos los siguientes:

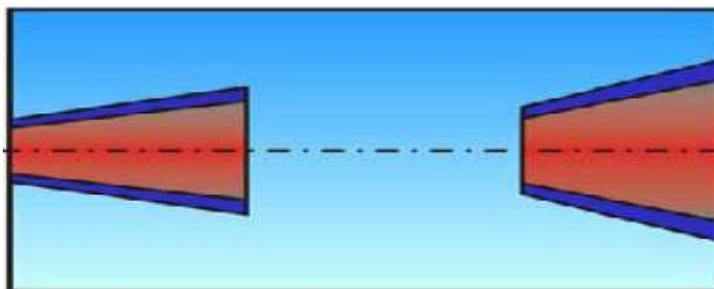
- Pilas Holandesas (figura 1.16).

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)



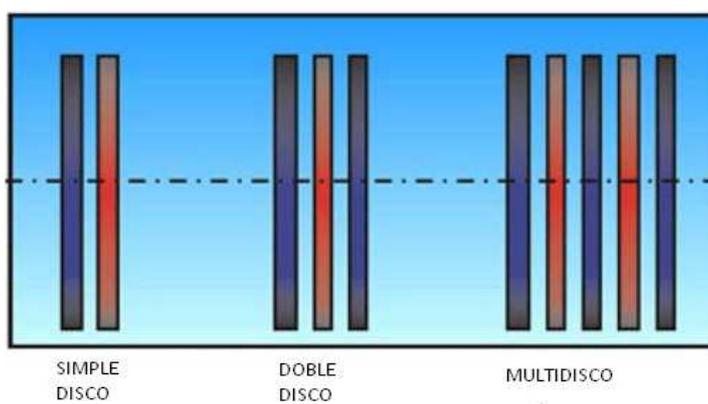
**Figura 1.16 Pilas Holandesas<sup>1</sup>.**

- Los refinos cónicos de pequeños y grandes ángulos (figura 1.17).



**Figura 1.17 Refinos cónicos.**

- Refinos de discos (los más utilizados) (figura 1.18).



**Figura 1.18 Refinadores de discos.**

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

La operación de refinado supone un gran consumo de energía. Sin embargo, la mayor parte de esta energía es utilizada para dar movimiento a la máquina y no para la operación de refinado en sí, en la cual el gasto es relativamente pequeño.

#### **1.5.1.4 Mezcla de aditivos.**

En la fabricación del cartón es imprescindible que el resultado final tenga una serie de características y propiedades adecuadas para los diferentes usos a que báya destinado el cartón y que con solo fibra no se puede obtener.

En el proceso de preparación de pasta ya se modifican convenientemente las propiedades de las materias primas (fibras) mediante procedimientos químico – mecánicos; como puede ser el refinado pero solo con esto no basta. Es mas hay propiedades cuya optimización se contrapone con estas operaciones por ejemplo resistencia y opacidad.

Normalmente en la fabricación de cartón, no es suficiente con utilizar diferentes tipos o mezclas de fibras vegetales para conseguir diferentes productos de las condiciones que se necesitan. Por eso según sea el tipo de cartón que se pretenda obtener, se debe añadir a las fibras una serie de productos no fibrosos que modifican sus propiedades y las del cartón obtenido de ellas, y que podemos agrupar en dos familias:

- Aditivos
- Auxiliares

*1.5.1.4.1 Aditivos.*-Son productos que se añaden en el proceso de la fabricación para modificar las características del cartón. Los más empleados son:

*1.5.1.4.1.1 Cargas y pigmentos.*- Son aditivos de carácter inorgánico (de origen mineral). Siendo su composición química básicamente igual, la diferencia esencial entre ambos es que los pigmentos tienen un tamaño de partícula más pequeño y

mientras que las cargas se aplican en masa, los pigmentos se aplican en superficie.

*1.5.1.4.1.2 Colorantes.*-Se utilizan basicamente para conseguir un papel con un color determinado y, a su vez darle un matiz más agradable.

*1.5.1.4.1.3 Agentes de blanqueo óptico.*-Son unos compuestos que tienen la particularidad de proporcionar a los papeles que los contienen la propiedad de emitir una luminosidad azulada cuando está en presencia de una luz ultravioleta siendo ópticamente más blancos.

*1.5.1.4.1.4 Resinas para aumentar la resistencia en húmedo.*-Son productos (resinas) que se añaden para ayudar a conservar la resistencia del cartón y papel cuando su uso comparte una necesidad de resistir la acción del agua. Estas resinas desarrollan esta propiedad gracias a la formación de enlaces químicos entre resinas y fibras que impiden las uniones entre fibra y agua (el agua no puede unirse a la fibra ya que está recubierta por la resina).

*1.5.1.4.1.5 Lligantes.*-Son productos (especie de pegamento) que se añaden en la operación de estudio para que los pigmentos queden unidos entre si y a su vez queden fijados a la superficie del cartón (al ser de fibra un componente de naturaleza organica, de forma fibrosa y los pigmentos de naturaleza inorganica, en forma de partículas, su unión no puede realizarse sin la presencia de un ligante).

*1.5.1.4.1.6 Productos de encolado.*-Son aquellos que se utilizan para ofrecer resistencia a la penetración de los líquidos en el cartón y papel, es decir, tiene por objeto conseguir un cartón o papel mas impermeable al agua.

*1.5.1.4.1.7 Productos para dar resistencia en seco.*- Son productos que se utilizan para mejorar la fuerza de uniones fibra – fibra individualmente gracias a la creación de puentes de hidrógeno suplementarios entre las fibras, sin necesidad de refinar excesivamente (el refinado incrementa la resistencia en seco, pero

empeora el drenaje en la tela de fabricación aumentando el consumo energético para el secado).

#### *1.5.1.4.2 Auxiliares.*

Son aquellos que no modifican de manera importante las propiedades del cartón, siendo su misión principal la de facilitar el trabajo y ayudar en el proceso de fabricación. Los más utilizados son:

*1.5.1.4.2.1 Antiespumantes.*-Su función es la de eliminar o impedir la formación de la espuma que se suele producir en diferentes puntos de la máquina de cartón y papel, ya que dicha espuma disminuye la calidad del cartón y papel, ocasionando roturas y defectos.

La espuma evita la oxigenación del agua y en circuitos cerrados sin aportes de agua fresca pueden ser un problema por el crecimiento de bacterias anaerobias facultativas. Además la espuma es una emulsión que puede aglutinar carbonato formando depósitos en las superficies de los canales de conducción. Un antiespumante debe ir acompañado de unas instalaciones bien diseñadas sin saltos de agua ni turbulencias y con unos rociadores mataespumas eficaces.

*1.5.1.4.2.2 Microbicidas.*-Estos productos se utilizan para evitar la posible formación de colonias de bacterias u otros organismos que se adhieren a las paredes de tinas o circuitos, fieltros y demás elementos de la máquina. Debido a la humedad estos microorganismos encuentran una zona perfectamente acondicionada para su proliferación y pueden provocar ensuciamiento de cartón, roturas en la banda, infecciones, etc.

*1.5.1.4.2.3 Retentivos.*-Los retentivos se añaden en la fabricación del cartón para mejorar la fijación de diferentes aditivos, finos (trozos de fibra) y cargas, evitando que estos se vayan por las aguas blancas del desgote en la mesa de fabricación, lo que ocasionaría pérdidas económicas y problemas en los circuitos.

Mediante los agentes de retención se consigue incorporar poco a poco al cartón y

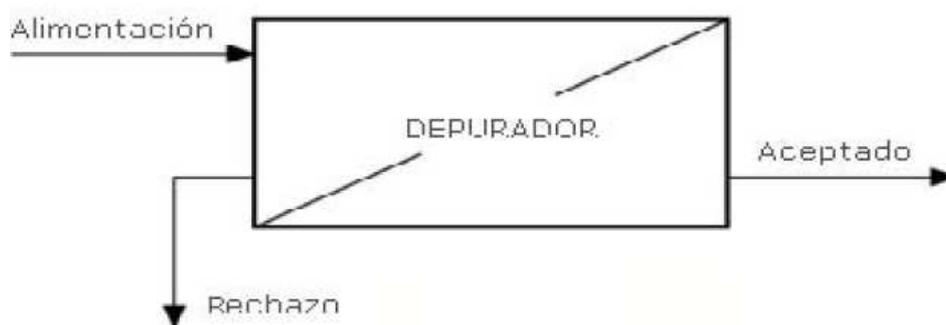
papel, componentes que de no hacerlo pueden generar problemas de depósitos o pitch al dejar acumularse en el circuito de aguas coladas y que podrían provocar agujeros o roturas. Los aditivos y auxiliares se pueden aplicar en masa, cuando se hace durante el proceso de preparación de la pasta y en superficie cuando la hoja ya se encuentra formada.

#### 1.5.1.5 Depuración.

En la fabricación de cartón es necesario llevar un control de los elementos que pasan a formar parte de la hoja.

Durante el proceso de preparación de la pasta, este control se hace mediante unos sistemas de depuración como se indica en la figura 1.19 que pretende separar las fibras o productos considerados como buenos, de todas aquellas partículas no deseadas que perjudican el cartón y que inclusive pueden causar problemas en la fabricación. Los objetivos principales de la depuración son:

- Obtener un papel limpio sin manchas.
- Evitar roturas y desgastes en la fabricación.



**Figura 1.19 Esquema de depuración primaria.**

La depuración puede realizarse en diferentes momentos del proceso de fabricación del cartón y papel, a la salida del pulper, en la cabeza de la máquina, etc. Dependiendo del tipo de papel y cartón se realizará una mayor o menor depuración.

#### 1.5.1.5.1 Origen y clasificación de las impurezas.

Las impurezas se pueden clasificar como:

- Impurezas de peso (pesadas y pequeñas): arenas, grapas, etc.
- Impurezas de tamaño (voluminosas y ligeras): astillas, pegotes, etc.

El origen de estas impurezas pueden ser diferentes como:

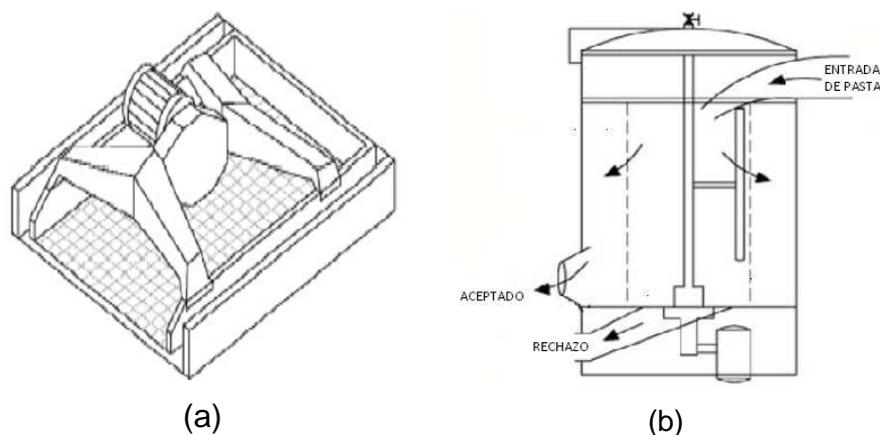
- Propias de la pasta: astillas, resinas, cenizas, etc.
- Debidas al transporte y almacenaje: arena, alambre, cuerdas, metales, etc.
- Debido a la fabricación: limaduras, pastillas, pegotes, aceite, etc.

#### 1.5.1.5.2 Tipos de depuradores.

Se diferencian dos sistemas de depuración según el modo de trabajo:

- Depuradores probalísticos o de ranuras y perforaciones.
- Depuradores dinámicos o ciclónicos.

1.5.1.5.2.1 *Depuradores probabilísticos o de ranuras y perforaciones.*-Este tipo de depuradores eliminan las partículas de tamaño relativamente grandes. Se basa en las posibilidades de que una partícula atraviese una malla o tamiz perforado. Para pastas se suele utilizar tamices o mallas con ranuras y en la fabricación de cartón tamices con perforaciones (agujeros). Se pueden encontrar de dos tipos planos vibrantes y cerrados a presión los cuales se muestran en la figura 1.20 a y b.



**Figura 1.20 a) Depurador plano vibrante b) Depurador a presión<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

1.5.1.5.2.2 *Depuradores dinámicos o ciclónicos.*-Este tipo de depuradores eliminan las partículas más pesadas. El depurador ciclónico que se indica en la figura 1.21 es conocido como Cleaner la pasta es alimentada a una presión de entrada creando una especie de torbellino y por efecto de la fuerza centrífuga de rotación de la pasta, las partículas más pesadas (impurezas) van hacia la pared, resbalando hacia la boquilla inferior y produciéndose lo que se llama rechazo. Las partículas más ligeras se quedan en capas centrales, para salir finalmente por la parte superior a una presión diferente a la de entrada.



Figura 1.21 Depurador ciclónico<sup>1</sup>.

## 1.5.2 FORMACIÓN DE LA HOJA.

Una vez que se ha dado las propiedades necesarias a la pasta del cartón se realiza la formación de la hoja, es decir, se tratará de transformar un caudal de esta pasta diluida en una lámina ancha y uniforme con todos los componentes perfectamente distribuidos. Esta lámina constituye lo que más tarde será la hoja de cartón. Consta de varios elementos, se citan los más importantes por orden de utilización y el trabajo que desempeñan<sup>2</sup>.

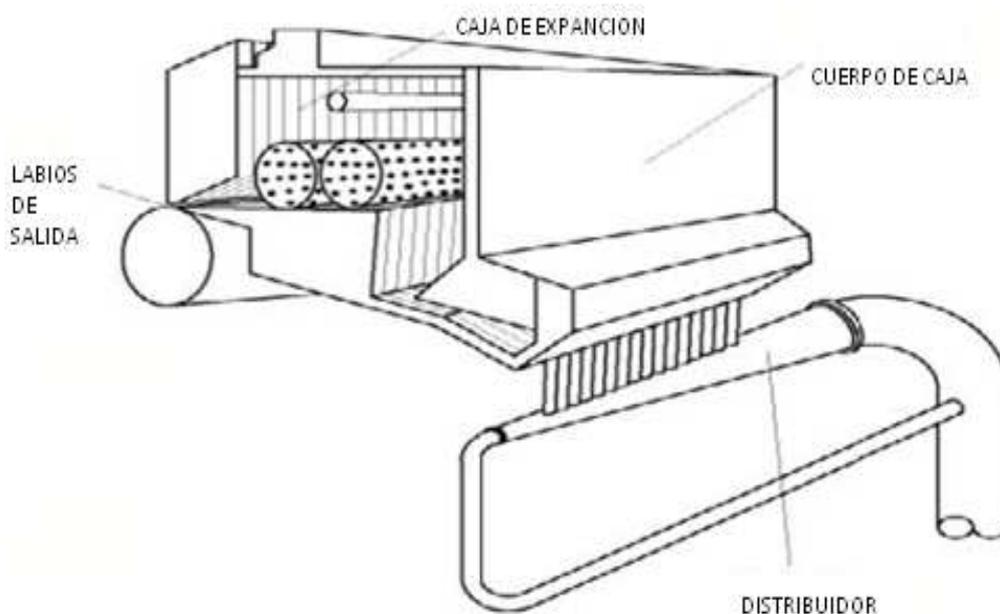
<sup>1</sup>www.torraspapel.com

<sup>2</sup>www.incasa.com.ec.

### 1.5.2.1 Cabeza de la máquina.

Se encarga de expulsar la pasta del cartón en una fina capa sobre la tela de la máquina de papel y cartón. Básicamente es una caja alargada, en cuyo interior circula la pasta. En su extremo inferior, tiene una abertura en su largo por donde sale la película de pasta<sup>1</sup>.

El ancho de esta abertura se controla con unos labios, que al aumentar su distancia entre sí dejan caer más o menos cantidad. Controlando la salida de pasta de los labios se obtienen distintas propiedades de la hoja formada lo anteriormente explicado se indica en la figura 1.22.



**Figura 1.22 Cabeza de la máquina<sup>2</sup>.**

Al salir de los labios, cae directamente en la tela de la máquina, ésta en su inicio, se le da un movimiento horizontal para mitigar un sentido de la fibra.

Al caer las fibras tienden a colocarse en una posición paralela al movimiento de la tela, si no se elimina en parte, el cartón tendrá una serie de características no adecuadas, como menor estabilidad dimensional (al humedecerse el cartón,

<sup>1</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Papel>

<sup>2</sup> [www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

lacelulosa se hincha, si todas las fibras van en el mismo sentido, se hincharán más en sentido longitudinal que en el transversal), mayor desgarró (fibras menos unidas).

### 1.5.2.2 Tela.

La tela como se muestra en la figura 1.23 es una malla muy fina donde se coloca la pasta de cartón y comienza el desgote y secado. La primera parte del secado es por gravedad, el agua cae atravesando la tela y las fibras quedan retenidas en la parte superior. Después, el exceso de agua no desgota por sí sola, por lo que hay que ayudarla con varios elementos.



Figura 1.23 Tela o malla de formación<sup>1</sup>.

### 1.5.2.3 Detalle de los foilds.

Las telas transportan al papel y cartón por unos elementos desgrotadores o de vacío, entre ellos nos encontramos los foilds, los vacuofoids, las cajas aspirantes, el rodillo desgrotador o "Dandy Roll" y el cilindro aspirante. La función de estos elementos es la de absorber el agua que está junto a las fibras, haciendo que la hoja quede con un buen perfil homogéneo a todo lo ancho como se indica en la figura 1.24.



Figura 1.24 Foilds<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:Tela\\_paquina\\_de\\_papel](http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:Tela_paquina_de_papel).

#### 1.5.2.4 Dandy roll.

Un gran rodillo hueco, cuyo exterior está recubierto de una malla como se muestra en la figura 1.25. Se coloca en la parte superior de la tela en contacto directo con el cartón. Mediante presión y, en algunos casos bombas de vacío, que exprimen el agua. Además puede tener una serie de dibujos en relieve, que al presionar sobre el cartón húmedo crea las marcas al agua. Es posible ver marcas de agua si se coloca, por ejemplo, un billete de banco al trasluz. Al eliminar el agua en su mayor parte, el papel comienza a tener consistencia y se coloca en la sección de prensas y secadores.



Figura 1.25 Dandy roll<sup>1</sup>.

#### 1.5.3 PRENSADO HÚMEDO.

En la mesa de fabricación de cartón, con la ayuda de una serie de elementos desgotadores, es posible eliminar una parte del agua contenida en la hoja. Posteriormente la hoja es transportada a través de una serie de prensas donde se elimina la gran parte del agua y se consolida la hoja para facilitar posteriormente la operación de secado. El prensado húmedo se realiza haciendo pasar la hoja, en contacto con un fieltro, entre dos rodillos como se muestra en la figura 1.26.

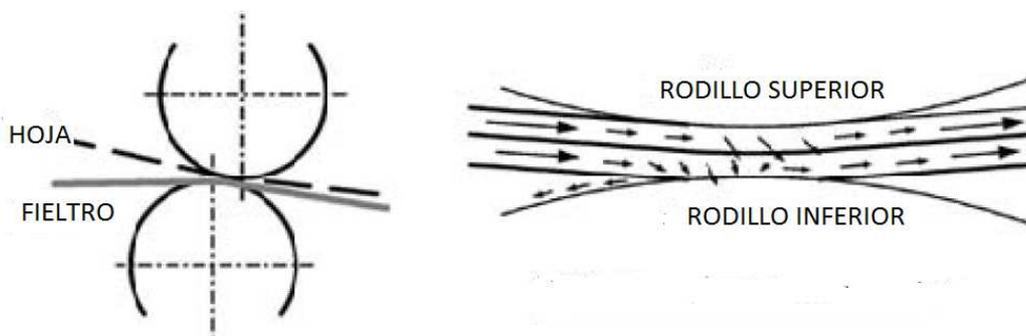


Figura 1.26 Prensas.

<sup>1</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Papel>

El fieltro es un tejido que gira alrededor de los rodillos de las prensas y que se encargan de transportar la hoja y absorber el agua gracias a su alto poder de absorción. A lo largo del recorrido será lavado y secado para un nuevo contacto con el cartón. Los rodillos se encargan de aplicar la presión sobre el cartón, el cual deja salir el agua que es absorbida por el fieltro para ser evacuada a continuación. El prensado en húmedo consta de 4 fases:

**1ª fase, compresión y saturación de la hoja.** El aire abandona los espacios entre fibras y su espacio es ocupado por el agua, hasta llegar a la saturación de la hoja, que es cuando la hoja no puede absorber más agua.

**2ª fase, compresión y saturación de la bayeta.** Se crea una presión neumática en el cartón y el agua empieza a pasar del cartón a la bayeta hasta llegar a la saturación de ésta.

**3ª fase, expansión de la bayeta.** La bayeta se expande más rápido que el cartón y sigue absorbiendo agua hasta la máxima sequedad de la hoja.

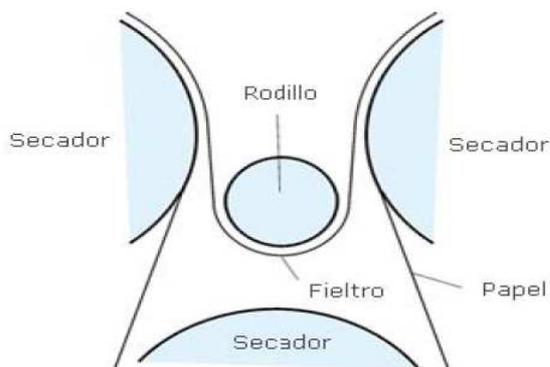
**4ª fase, expansión de la hoja.** Se crea una presión hidráulica negativa y el agua vuelve de la bayeta al cartón, en ese momento hay que separar la hoja de la bayeta lo más rápidamente posible.

#### **1.5.4 SECADO.**

Después del prensado en húmedo el contenido de agua en la hoja suele ser del 60%, entra a la sección de secado mediante unos cilindros que son alimentados con vapor aquí se consigue reducir la humedad hasta un 5% que es el contenido que debe tener al final del proceso de fabricación. La hoja es transportada por unos paños que ejercen una presión sobre los secadores para facilitar la evaporación del agua de la hoja de cartón, lo anteriormente explicado se muestra en la figura 1.27<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [www.incasa.com.ec](http://www.incasa.com.ec)

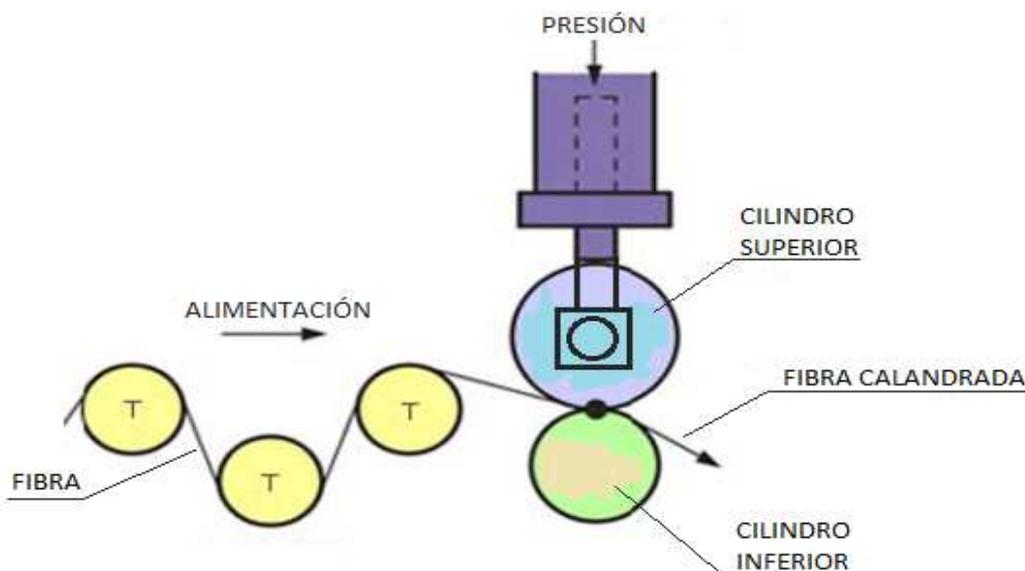


**Figura 1.27 Secado por cilindros secadores<sup>1</sup>.**

### 1.5.5 CALANDRADO.

De los secadores el cartón llega a la calandria o calandra como se muestra en la figura 1.28. Estos son cilindros superpuestos verticalmente y apretados entre sí que en su interior puede circular vapor para calentar el cartón, o agua para refrescarlo (según el tipo de cartón que se desee fabricar).

Así se le da al cartón un ligero alisado que puede ser definitivo (si se está fabricando cartón alisado) o preparatorio para la calandria de satinado (que según la intensidad de la presión de los cilindros, se obtienen diferentes satinados). Este proceso además de alisar y compactar la estructura del cartón, da mayor brillo a la superficie del cartón.



**Figura 1.28 Calandrado.**

<sup>1</sup>[www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

### 1.5.6 POPE.

Finalmente, el cartón fabricado se enrolla en grandes bobinas para su posterior uso. Es un cilindro refrescador con entrada y salida de agua para el correcto enrollado, esto se puede observar en la figura 1.29.



Figura 1.29 Pope.

### 1.5.7 ACABADO DEL CARTÓN.

#### 1.5.7.1 Bobinado.

La máquina de cartón entrega una hoja continua de ancho fijo y con defectos. En una etapa de rebobinado se eliminan los defectos y se corta la hoja por el largo de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Las grandes bobinas que se obtienen en el pope se transforman en bobinas terminadas más pequeñas y fáciles de manejar.

En la figura 1.30 se muestra la máquina donde se realiza la operación de bobina, se basa en un dispositivo mecánico que transforma la bobina madre en varias bobinas más pequeñas de diámetro, tamaño y dureza apropiado.

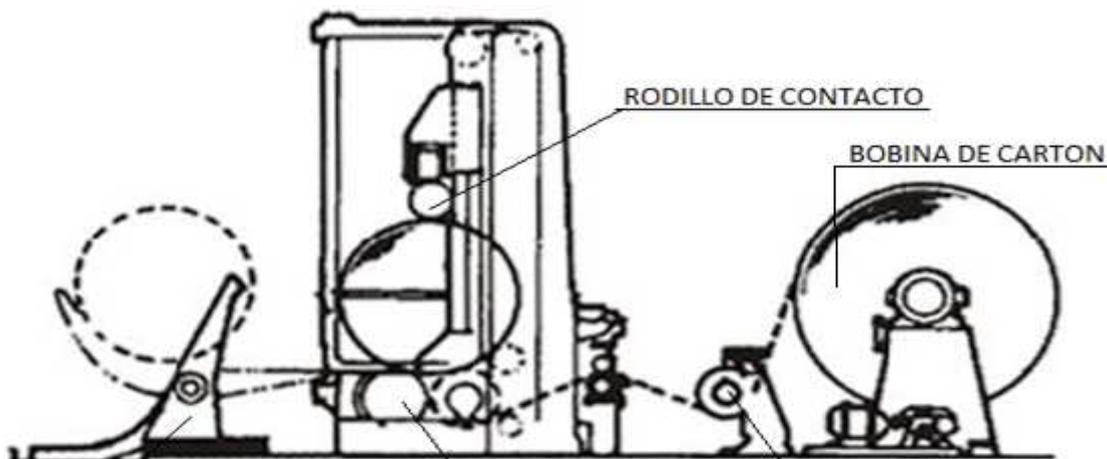


Figura 1.30 Rebobinadora<sup>1</sup>.

#### 1.5.7.2Cortado.

El cartón procedente de la máquina de fabricación se obtiene en forma de bobinas y antes que llegue a los clientes pasa por la cortadora que se observa en la figura 1.31, la cual transforma mediante cortes, en una serie de formatos o pliegos con una longitud y anchura determinados. La cantidad de pliegos u hojas obtenidos dependerá del tamaño original de la bobina y del tamaño que desee obtener para cada pliego. En la sección de anexos F se puede observar los diferentes tipos de productos con sus respectivas especificaciones técnicas que se fabrican en la empresa INCASA.

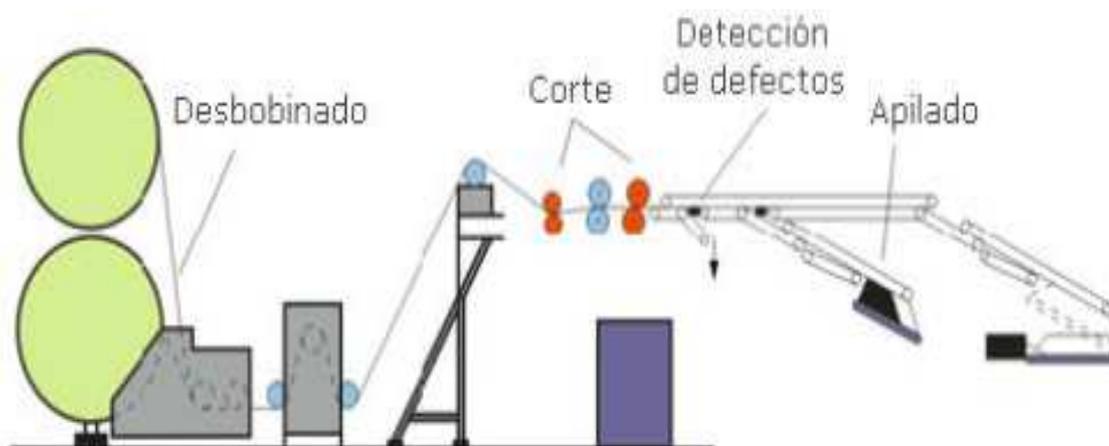


Figura 1.31 Cortadora<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>[www.torraspapel.com](http://www.torraspapel.com)

## **CAPÍTULO II**

### **DETALLES DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE LAMINAS DE CARTÓN**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

La máquina enrolladora de láminas de cartón está formada por varias etapas las cuales se proceden a detallar:

- Formado.
- Prensado.
- Secado.
- Calandrado.
- Terminado.
- Sistemas de control mecánico y eléctrico.

##### **2.1.1 FORMADO.**

El inicio de la producción de las láminas de cartón se encuentra en la mesa de formado que se muestra en la figura 2.1, tiene una malla en donde se esparce uniformemente la pasta, debajo de la malla tiene unos rodillos los cuales ayudan a separar el agua de la pasta y por último unas cajas de vacío las cuales por medio de la succión separan aún más el agua de la pasta prensándola, convirtiéndole en una lámina de cartón más uniforme y compacta.

Esta mesa tiene una base de acero inoxidable ya que se trabaja con agua mezclada con químicos que se utilizan para obtener varias características en el cartón, en esta primera parte existe el primer control de desplazamiento horizontal de un rodillo para encaminar la malla de formado.



Figura 2.1 Mesa de formado.

### 2.1.2 PRENSADO.

En el prensado están los cuatro restante controles de desplazamiento horizontal, en esta sección existen prensas superiores e inferiores, las cuales se puede observar en la figura 2.2, la hoja de cartón pasa en medio de los dos rodillos por donde gira el fieltro, en esta sección se separa casi en su totalidad el agua de la lámina de cartón ya formado, este trabajo lo realiza con la aplicación de presión (de 2 psi a 15 psi dependiendo del material que se está produciendo) a los rodillos mediante boyas de aire comprimido, por donde se encuentran en movimiento los fieltros, el agua que se adhiere a los fieltros es absorbida por las cajas de vacío que tiene cada sección de prensado.

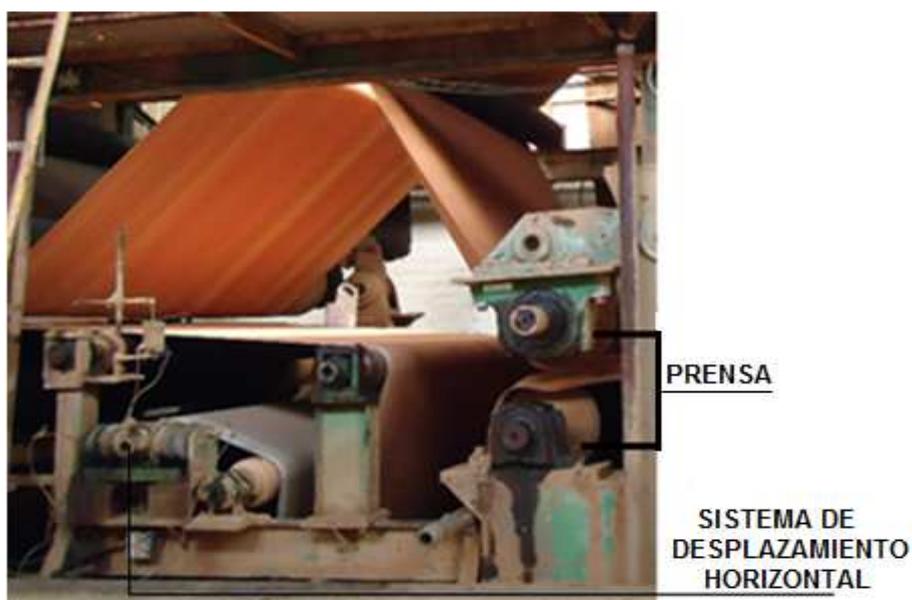


Figura 2.2 Sección de prensado.

### 2.1.3 SECADO.

En esta sección se saca el residuo de agua que se queda en la hoja por medio de cilindros de gran diámetro en los cuales ingresa el vapor a alta presión la presión que ingresa a estos cilindros se puede observar en la tabla 2.1, la hoja circula por estos cilindros secando el agua de la hoja mediante su evaporación. Son cilindros especialmente contruidos para resistir grandes presiones de vapor y altas temperaturas estos cilindros se indican en la figura 2.3.

**Tabla 2.1 Presión de vapor en los cilindros de secado.**

| PRODUCTO                | VELOCIDAD PIES/MINUTO | PRESIÓN PSI |
|-------------------------|-----------------------|-------------|
| Pad banano 250 gr.      | 125 - 130             | 50 – 53     |
| Corrugado medio 180 gr. | 120 - 140             | 20 -25      |
| Korex 250 gr.           | 125 - 120             | 35 - 40     |



**Figura 2.3 Secadores.**

### 2.1.4 CALANDRADO.

Una vez seco, las fibras se han unido convirtiéndose finalmente en lo que consideramos cartón. En algunas ocasiones, se requiere un cartón muy brillante, o con una lisura especial, esto se consigue presionando entre varios rodillos llamados lisas. Las calandras tienen varios rodillos metálicos colocados unos sobre otros, algunos calentados a vapor.

Otra aplicación de las lisas es la de modificar el calibre o grosor del cartón mediante presión aplicado por unos pistones o boyas de aire. Lo anteriormente explicado se puede observar en la figura 2.4



**Figura 2.4 Calandras.**

### **2.1.5 POPE.**

En esta sección se termina el proceso aquí es donde se enrolla la lámina de cartón para luego cortarlas en rollos de diferentes anchos y diámetros en una rebobinadora, también se pueden cortar en láminas de cartón de varias medidas dependiendo de lo que solicite el cliente, esta sección se puede observar en la figura 2.5.



**Figura 2.5 Pope.**

### **2.1.6 SISTEMAS DE CONTROL MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS.**

Todas las secciones anteriormente mencionadas son puestas en movimiento por una transmisión mecánica principal que se muestra en la figura 2.6, la cual por

medio de bandas transmite el movimiento a cada sección. Esta transmisión se encuentra acoplada a un motor el cual transforma la energía eléctrica en mecánica, a su vez controla la velocidad de la máquina por medio de un variador que se encuentra conectado al motor y se ubica en el tablero principal de control eléctrico que observamos en la figura 2.7, este motor trabaja con 440 voltios de corriente alterna y para realizar el encendido o apagado se utiliza un relé de control auxiliar el cual da la señal de marcha o paro del motor, el sistema de control trabaja con un voltaje de 220 voltios de corriente alterna, además tiene un potenciómetro para poder controlar la velocidad del motor mediante la variación de la frecuencia de salida del voltaje que se inyecta al motor por medio del variador de velocidad.



**Figura 2.6 Transmisión mecánica.**



**Figura 2.7 Tablero de control eléctrico.**

## 2.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL EN EL SOFTWARE MELSOFT MITSUBISHI.

Para el rediseño y automatización del sistema de desplazamiento horizontal de los rodillos de la mesa de formado y de las prensas 1, 2 y 3; se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Análisis de la instalación neumática original.
- Descripción del circuito neumático original.
- Determinación del accionamiento del sistema de control electroneumático.
- Diseño del circuito de control a implementarse.
- Conocimiento del software de programación Melsoft.
- Programación del circuito de control en el programa Melsoft.

### 2.2.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN NEUMÁTICA ORIGINAL.

Con el objetivo de determinar cuál es el trabajo que deben realizar los rodillos para poder encaminar la malla y fieltros de la máquina, se realizó una investigación del funcionamiento del sistema, para así realizar el respectivo programa de control el cual se encargara de comandar dichos sistemas.

En la figura 2.8 se muestra el funcionamiento de uno de los sistemas el cual era un rodillo montado sobre una base fijada a la estructura, tiene un tornillo anclado a la base el cual se encargaba de desplazarlo horizontalmente al rodillo hacia adelante o atrás dependiendo del sentido que se quiera desplazar al fieltro sea a la derecha o a la izquierda, además tenía un volante el cual prestaba la facilidad de desplazar al rodillo.



Figura 2.8 Sistema de desplazamiento manual.

Para otra sección de prensado se ha colocado un pistón neumático de doble efecto como se observa en la figura 2.9, el cual desplaza al rodillo para encaminar al fieltro, pero este sistema tenía algunos problemas en su sistema de control ya que también era manual y no cumplía correctamente su trabajo, su tablero de control se muestra en la figura 2.10.



**Figura 2.9 Desplazamiento con cilindro de doble efecto.**



**Figura 2.10 Tablero de control neumático original.**

Como la máquina tiene tres secciones de prensado una superior y otra inferior, dos prensas superiores trabajan con un solo fieltro, además tenemos la malla de la sección de formado, esto quiere decir que tendremos cinco rodillos que deben desplazarse horizontalmente en tiempos diferentes y distancia desiguales, algunos sistemas son de controles neumáticos, estos a su vez fueron deshabilitados ya que no realizaron el trabajo correctamente.

### **2.2.2 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO ORIGINAL.**

El circuito original de algunos sistemas que funcionaban con pistones de doble efecto tenían una unidad de mantenimiento y válvulas manuales 5/2 las cuales se

accionan y desplazan a los rodillos en forma horizontal, con el accionamiento del pistón ya sea saliendo o entrando, para saber el momento que se debe accionar dicho sistema los operadores deben estar observando el recorrido del fieltro.

Este sistema funcionaba al accionar la válvula trabajaba el pistón, a su vez salía todo el recorrido del vástago lo que ocasionaba que el fieltro se desplace en sentido que necesitaba hacerlo pero a los pocos minutos necesitaba desplazarse en sentido contrario al anterior, siempre el pistón salía o entraba todo su recorrido lo que ocasionaba que el fieltro siempre se encuentre desplazándose y no se quede en un solo sitio por lo que el operador de esa sección debía observar todo el tiempo el movimiento del fieltro para luego accionar el sistema.

### **2.2.3 DETERMINACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRONEUMÁTICO.**

Debido a que existen cinco rodillos que tienen que desplazarse horizontalmente y estos no tienen una secuencia fija de trabajo, ni tiempo para que estén accionados, es necesario encontrar una forma de determinar el instante y distancia en que deben desplazarse.

Para poder determinar el instante y el tiempo que debe trabajar el sistema de control electro neumático se construyó unos pedestales que se observan en la figura 2.11 cuyos planos se encuentran en la sección de anexos C, al cual se colocarán dos sensores inductivos para que sean accionados con el desplazamiento del fieltro el cual moverá una paleta de tol galvanizada de derecha a izquierda la cual activará los sensores y estos dan la señal para que la electroválvula 5/3 trabaje en un sentido u otro, así cuando el fieltro se desplace hacia la izquierda el rodillo avance en forma horizontal hacia atrás y si el fieltro se desplaza hacia la derecha el rodillo se desplazará hacia adelante en forma horizontal, cuando el fieltro se quede centrado en su sitio ya no se desplazará el rodillo y se quedará inmóvil, hasta una nueva orden que nos proporcione el mismo fieltro con la activación de los sensores.



**Figura 2.11 Base de sensores.**

## **2.2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL A IMPLEMENTARSE.**

### **2.2.4.1 Descripción funcional.**

Se debe controlar un sistema de desplazamiento horizontal de algunos rodillos para encaminar el recorrido de los fieltros de la sección de prensado y la mallade la sección de formado, de modo que se pueda controlar de forma manual o automática, con todas las seguridades del caso, el sistema debe tener las siguientes especificaciones:

- Para la activación de la form manual o automática se tiene que tener un selector con llave para que solamente el personal autorizado pueda hacer este cambio.
- En manual debe tener selectores para poder activar las tres posiciones de la electroválvula(5/3).
- En automático el sistema trabaja con la activación de los sensores los mismos activan o desactivan las dos posiciones de la electroválvula ya que una posición será en reposo.
- Este sistema debe trabajar tanto en manual como en automático de la siguiente manera si el fieltro se desplaza hacia la derecha el sistema debe

desplazarse horizontalmente hacia adelante y cuando el fieltro se desplace hacia la izquierda el rodillo debe desplazarse horizontalmente hacia atrás.

#### 2.2.4.2 Asignación de las señales de entrada y salidas.

A través de la descripción funcional se puede derivar la cantidad de las entradas y salidas requeridas, en la tabla 2.2 se pasa a distribuir tanto entradas como salidas para los cinco sistemas de desplazamiento que necesitamos hacer funcionar y en la sección de anexos A se tiene el diseño del sistema electromecánico de control.

**Tabla 2.2 Distribución de entradas y salidas del PLC.**

| FUNCIÓN  |        | IDENTIFICADOR | DIRECCIÓN | OBSERVACIÓN   |
|----------|--------|---------------|-----------|---|
| Entradas | Sensor | I1.1          | X0        | Señal para activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 1. |
|          |        | I1.2          | X1        | Señal para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 1. |
|          | Sensor | I2.1          | X2        | Señal de activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 2.   |
|          |        | I2.2          | X3        | Señal de activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 2.   |
|          | Sensor | I3.1          | X4        | Señal de activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 3.   |
|          |        | I3.2          | X5        | Señal de activación de electroválvula en la tercera posición del castigo 3.   |
|          | Sensor | I4.1          | X6        | Señal de activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 4.   |
|          |        | I4.2          | X7        | Señal de activación de electroválvula en la tercera posición del castigo 4.   |

Continuación.

Siguiente.

|          |                          |      |     |   |
|----------|--------------------------|------|-----|---|
| Entradas | Sensor                   | I5.1 | X10 | Señal de activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 5    |
|          |                          | I5.2 | X11 | Señal de activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 5    |
|          | Selector                 | S1   | X12 | Selección manual/automático sistema 1   |
|          | Selector de 3 posiciones | J1.1 | X13 | Manual para activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 1 |
|          |                          | J1.2 | X14 | Manual para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 1 |
|          | Selector                 | S2   | X15 | Selección manual/automático sistema 2   |
|          | Selector de 3 posiciones | J2.1 | X16 | Manual para activación de electroválvula en la segunda posición del castigo 2 |
|          |                          | J2.2 | X17 | Manual para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 2 |
|          | Selector                 | S3   | X20 | Selección manual/automático castigo 3   |
|          | Selector de 3 posiciones | J3.1 | X21 | Manual para activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 3 |
|          |                          | J3.2 | X22 | Manual para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 3 |
|          | Selector                 | S4   | X23 | Selección manual/automático del sistema 4                                     |
|          | Selector de 3 posiciones | J4.1 | X24 | Manual para activación de electroválvula en la segunda posición de sistema 4  |
|          |                          | J4.2 | X25 | Manual para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 4 |
|          | Selector                 | S5   | X26 | Selección manual/automático del sistema 5                                     |

Continuación

Siguiente.

|          |                          |      |     |  |
|----------|--------------------------|------|-----|--|
| Entradas | Selector de 3 posiciones | J5.1 | X27 | Manual para activación de electroválvula en la segunda posición del sistema 5          |
|          |                          | J5.2 | X30 | Manual para activación de electroválvula en la tercera posición del sistema 5          |
| Salidas  | Relés                    | R0   | Y0  | Activación manual/automático de la electroválvula en la segunda posición del sistema 1 |
|          |                          | R1   | Y1  | Activación manual/automático de la electroválvula en la tercera posición del sistema 1 |
|          | Relés                    | R2   | Y2  | Activación manual/automático de la electroválvula en la segunda posición del sistema 2 |
|          |                          | R3   | Y3  | Activación manual/automático de la electroválvula en la tercera posición del sistema 2 |
|          | Relés                    | R4   | Y4  | Activación manual/automático de la electroválvula en la segunda posición del sistema 3 |
|          |                          | R5   | Y5  | Activación manual/automático de la electroválvula en la tercera posición del sistema 3 |
|          | Relés                    | R6   | Y6  | Activación manual/automático de la electroválvula en la segunda posición del sistema 4 |
|          |                          | R7   | Y7  | Activación manual/automático de la electroválvula en la tercera posición del sistema 4 |

Continuación.

Siguiente.

|         |       |     |     |  |
|---------|-------|-----|-----|--|
| Salidas | Relés | R10 | Y10 | Activación manual/automático de la electroválvula en la segunda posición del sistema 5 |
|         |       | R11 | Y11 | Activación manual/automático de la electroválvula en la tercera posición del sistema 5 |

## 2.2.5 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN MELSOFT DEL PLC MITSUBISHI.

### 2.2.5.1 Introducción.

Los PLCs compactos de la serie FX3u ofrecen soluciones económicas de control en la industria artesana y técnica doméstica, también ofrece la posibilidad de seguir creciendo en función de la necesidad real con sus ampliaciones de entradas y salidas, además tienen la posibilidad de la integración en redes y comunicarse con otros PLCs locales de Mitsubishi.

Un PLC es básicamente un computador y por lo tanto posee la estructura interna típica del mismo, conformada por tres elementos principales que son:

- Un nivel de entrada
- Un nivel de procesamiento y
- Un nivel de emisión

### 2.2.5.2 Nivel de entrada.

El nivel de entrada sirve para la transmisión de señales de control que provienen de los interruptores, teclas o sensores, al nivel de procesamiento. Las señales de estos elementos constructivos se generan en el proceso de control y se transmiten como estado lógico hacia la entrada. El nivel de entrada transmite las señales en función del nivel de procesamiento.

### 2.2.5.3 Nivel de procesamiento.

Las señales registradas y preparadas en el nivel de entrada son procesadas y lógicamente en el nivel de procesamiento a través de un PLC.

La memoria del programa del nivel de procesamiento se puede programar libremente. Una modificación del procedimiento del procesamiento se puede realizar en cualquier momento mediante modificación o reemplazo del programa almacenado.

#### 2.2.5.4. Nivel de emisión.

Los resultados que se generaron en base al procesamiento de las señales de entrada en el programa, influyen los elementos de conmutación conectados a las salidas del nivel de emisión, como por ejemplo contactores, lámparas de advertencia, válvulas magnéticas, etc. Lo explicado anteriormente se puede observar en la figura 2.12.

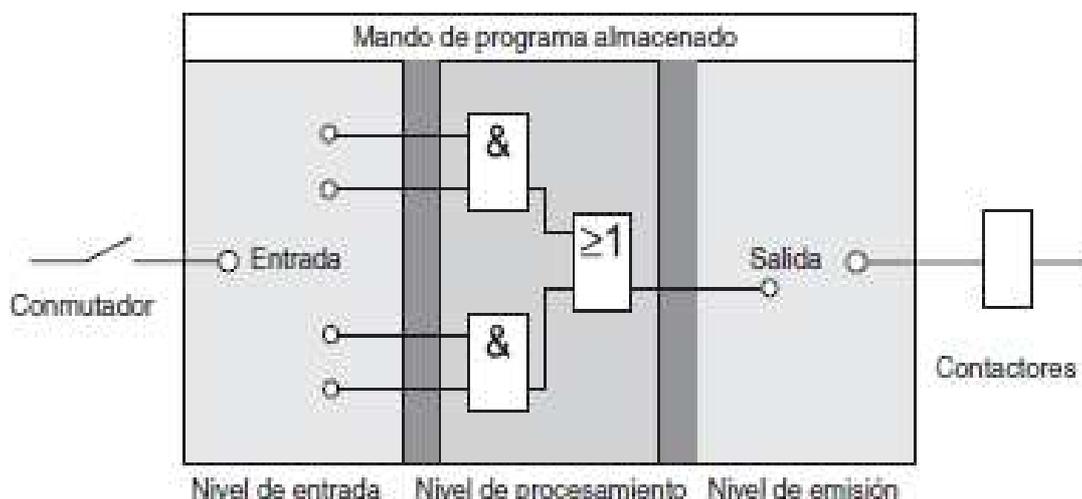


Figura 2.12 Diseño de una estructura básica de un PLC.

#### 2.2.5.5 Procesamiento del programa del PLC.

Un PLC trabaja en base a un programa definido que se genera fuera del control para ser transmitido luego a la memoria de programa. Para la programación resulta importante saber el modo de procesamiento del programa por el PLC.

El programa se compone de una secuencia de instrucciones individuales que determinan la función de control. El PLC procesa las instrucciones de control secuencialmente siguiendo la secuencia programada.

El ciclo del programa completo se repite continuamente, por lo que se realiza una ejecución cíclica del programa. El tiempo requerido para un ciclo de programa, es denominado tiempo de ciclo de programa. Al inicio de un ciclo de programa se

consulta los estados de señales de las entradas y son almacenados en la memoria intermedia, se genera un llamado mapping de proceso que se muestra en la figura 2.13.

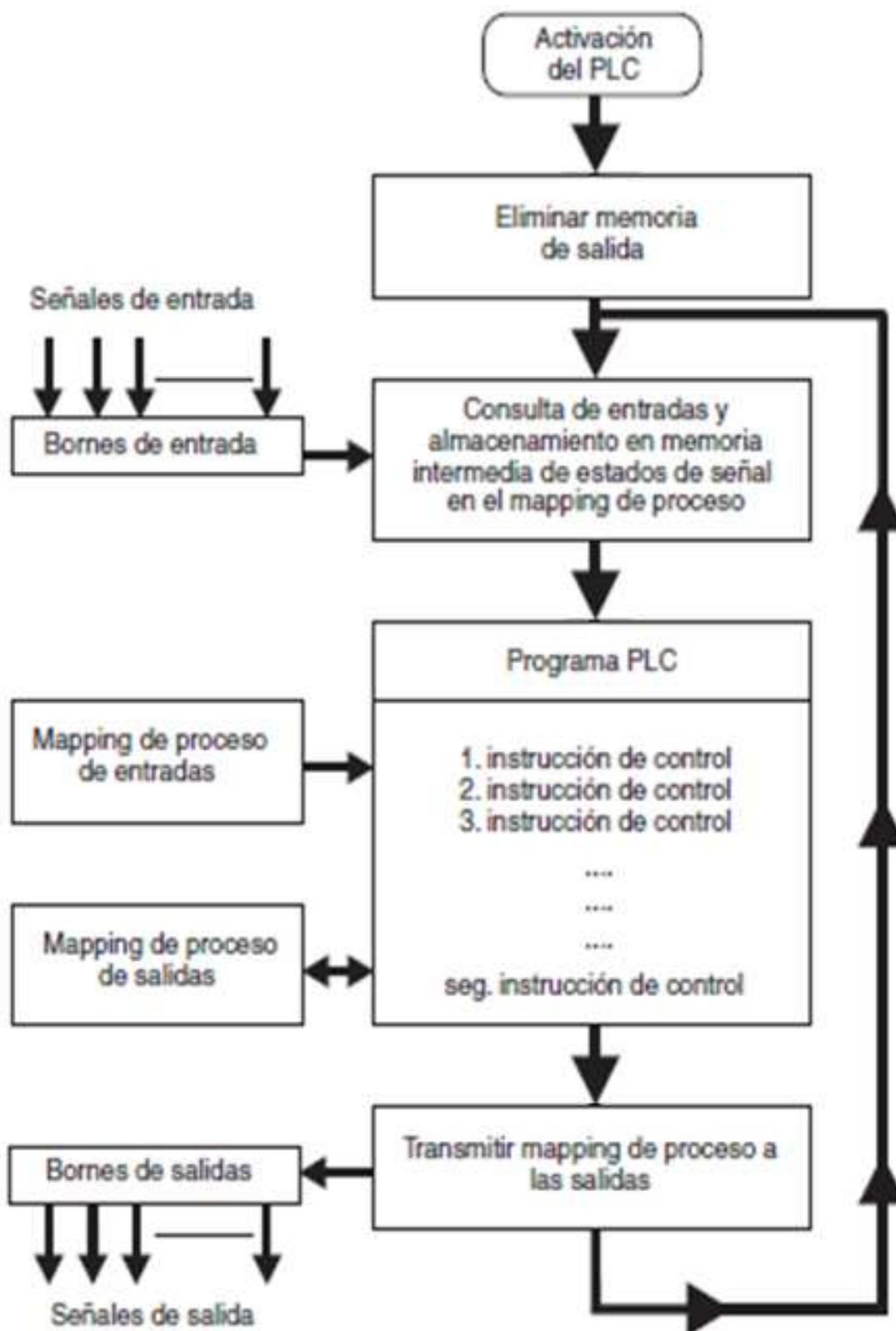


Figura2.13 Mapping de proceso.

### **2.2.5.6 Criterios de selección.**

En la selección correcta del PLC se deben tener los siguientes criterios:

- ¿Cuántas señales deben registrarse? como pulsadores, contactos de conmutación, sensores, etc.
- ¿Cuáles y cuántas funciones se deben conmutar?
- ¿Qué tensión de alimentación está disponible?
- ¿Cuáles son las cargas que se conmutan en las salidas? Salidas de relé en caso de tener que conmutar altas cargas. Salidas de transistor para conmutaciones rápidas.

### **2.2.5.7 Lenguajes de programación.**

Un controlador lógico programable lee las entradas, resuelve la lógica basada en un programa y entrega resultados en las salidas. Crear un programa de control para un controlador FX3u consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación del Melssoft.

Para elaborar programas de control, el usuario dispone de los siguientes lenguajes de programación:

- Lenguaje ladder (escalera).
- Lenguaje de listas de instrucciones.

#### *2.2.5.7.1 Lenguaje ladder.*

El nombre de este método de programación (que significa escalera) proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos eléctricos de máquinas.

Cabe mencionar que en estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra. Los elementos más utilizados para la creación de un programa en este lenguaje, así como su respectiva nomenclatura se detallan en las tablas que a continuación se muestra.

Tabla 2.3 Contactos para el lenguaje ladder.

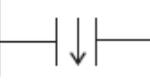
| NOMBRE  | SIGNIFICADO  | SIMBOLO   | GXDEVELOPER  |
|---|--|---|--|
| Contacto normalmente abierto.                 | Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1 lógico. |   |   |
| Contacto normalmente cerrado.                 | Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado lógico 0. |   |   |
| Contacto para detectar un flanco ascendente.  | Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de control.           |   |   |
| Contacto para detectar un flanco descendente. | Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de control.          |  |  |

Tabla 2.4 Elementos de conexión.

| NOMBRE               | SIGNIFICADO   | SIMBOLO   | GX DEVELOPER  |
|----------------------|---|---|---|
| Conexión horizontal. | Conecta en serie los elementos gráficos de comprobación y de acción entre dos barras potenciales. |   |  |
| Conexión vertical.   | Conecta los elementos gráficos de comprobación y de acción en paralelo.                           |  |  |
| Inversor de enlaces. | Invierte el resultado de los enlaces de 1 a 0 lógico y viceversa.                                 |   |  |

Tabla 2.5 Elementos actuadores.

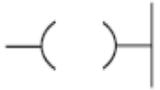
| NOMBRE                          | SIGNIFICADO   | SIMBOLO  | GX DEVELOPER  |
|---------------------------------|---|--|---|
| Bobina directa, relés internos. | La salida toma el resultado de 1 lógico según la programación del área de comprobación. |  |  |

Tabla 2.6 Funciones especiales.

| NOMBRE   | SIGNIFICADO  | SIMBOLO   | GX DEVELOPER   |
|--|--|---|--|
| Funciones especiales, temporizadores, relés internos, contadores, transferencia de datos, etc. | Se pueden realizar instrucciones lógicas básicas así como cálculos, comparaciones de valores numéricos, procesamientos de valores analógicos, etc. |  |  |

#### 2.2.5.7.2 Lenguaje de lista de instrucciones.

Este lenguaje se compone de una instrucción (comando) y uno (o bien en caso de instrucciones de aplicación) o varios operandos.

En la programación se asigna un número de paso automáticamente a cada instrucción de control, definiendo así claramente su posición dentro del programa, ya que la misma instrucción con el mismo operando se puede utilizar también repetidamente dentro del programa como se puede observar en la figura 2.14 a, la instrucción en el plano de contactos y en la lista de instrucciones en la figura 2.14 b.



Figura 2.14 a) Plano de contactos.

b) Lista de instrucciones.

El comando describe lo que se debe hacer, o sea, la función que debe ejecutar el control. El operando indica con que se debe ejecutar la acción. Su denominación se compone del identificador de operando y la dirección de operandos, en la tabla 2.7 se tiene algunos identificadores de operandos.

Tabla 2.7 Operandos.

| IDNTIFICADOR DE OPERANDO | TIPO              | SIGNIFICADO  |
|--------------------------|-------------------|--|
| X                        | Entrada           | Borne de entrada del PLC (conmutador, etc.)  |
| Y                        | Salida            | Borne de salida del PLC (contactor, lámparas, etc.)  |
| M                        | Relé interno      | Memoria intermedia en el PLC que puede tener dos estados conectados o desconectados                        |
| T                        | Temporizador      | Relé retardado para realización de funciones que dependen del tiempo.                                      |
| C                        | Contador          | Contadores.  |
| D                        | Registro de datos | Memoria de datos en el PLC en la cual se puede almacenar valores de medición, resultados de cálculos, etc. |

En la tabla 2.8 se puede mostrar las instrucciones básicas y el significado de cada una.

Tabla 2.8 Instrucciones básicas.

| <b>INSTRUCCION</b> | <b>SIGNIFICADO</b>              | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|--------------------|---------------------------------|--|
| LD                 | Carga                           | Inicio de un enlace con consulta de estado con señal 1     |
| LDI                | Carga inversa                   | Inicio de un enlace con consulta de estado con señal 0     |
| OUT                | Instrucción de emisión          | Asignación de un resultado de enlace                       |
| AND                | AND                             | Enlace AND con consulta de estado de señal 1               |
| ANI                | ANI-NO                          | Enlace AND con consulta de estado de señal 0               |
| OR                 | OR                              | Enlace OR con consulta de estado de señal 1                |
| ORI                | OR-NO                           | Enlace OR con consulta de estado de señal 0                |
| ANB                | Bloque AND                      | Conexión en serie de enlaces paralelos                     |
| ORB                | Bloque OR                       | Bloque en paralelo (conexión en serie de enlaces en serie) |
| LDP                | Enlaces controlados por flancos | Instrucción de carga con flanco ascendente del operando    |
| LDF                |                                 | Instrucción de carga con flanco descendente del operando   |
| ANDP               |                                 | Instrucción AND con flanco ascendente del operando         |
| ANDF               |                                 | Instrucción AND con flanco descendente del operando        |
| ORP                |                                 | Instrucción OR con flanco ascendente del operando          |
| ORF                |                                 | Instrucción OR con flanco descendente del operando         |

Continuación.

Siguiente.

|     |   |   |
|-----|---|---|
| SET | Aplicar operando                          | Asignación de un estado de señal que se mantiene incluso después de que ya no se cumple la condición de entrada |
| RST | Retener operando                          |   |
| MPS | Almacenar,                                | Almacenamiento de un resultado de enlace  |
| MRD | leer y eliminar resultados intermedios en | Lectura de un resultado de enlace almacenado  |
| MPP | enlaces                                   | Lectura y eliminación de un resultado de enlace almacenado  |
| PLS | Generar un impulso                        | Aplicación de un operando durante un ciclo de programa con flanco ascendente de la condición de entrada         |
| PLF |   | Aplicación de un operando durante el ciclo de programa con flanco descendente de la condición de entrada        |
| MC  | Control maestro                           | Activar procesamiento de partes de programa   |
| MCR | Reposición de control maestro             |   |

### 2.2.5.8 Interface de usuario.

Al iniciar Melssoft Gx Developer Windows despliega la ventana de la aplicación que se muestra en la figura 2.15, aquí se proporciona una ventana vacía, y se tiene que crear un proyecto nuevo para comenzar a ingresar el programa que se desee.

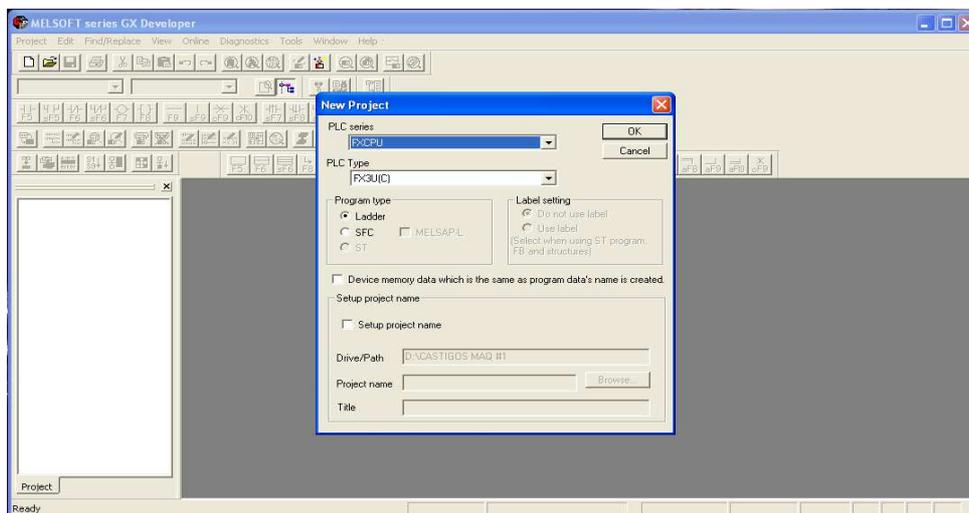


**Figura 2.15 Entorno de programación del Software Melsoft Gx Developer.**

#### 2.2.5.8.1 Creación de una aplicación.

Para crear una aplicación nueva, se sigue los pasos que se indican a continuación. En la ventana principal del software:

Seleccionar Archivo → Nuevo en el menú principal, aparece la pantalla que se muestra en la figura 2.16, se escoge el tipo de PLC y la serie que se necesita porque tiene varias series de PLCs con diferentes características.



**Figura 2.16 Primer paso para la creación de una aplicación.**

Una vez creado un nuevo proyecto proporcionara una ventana vacía, lista para comenzar a trabajar, los elementos básicos de esta ventana son:

**BARRA DE TÍTULO:** Sirve para identificar tanto la aplicación como el archivo en uso.

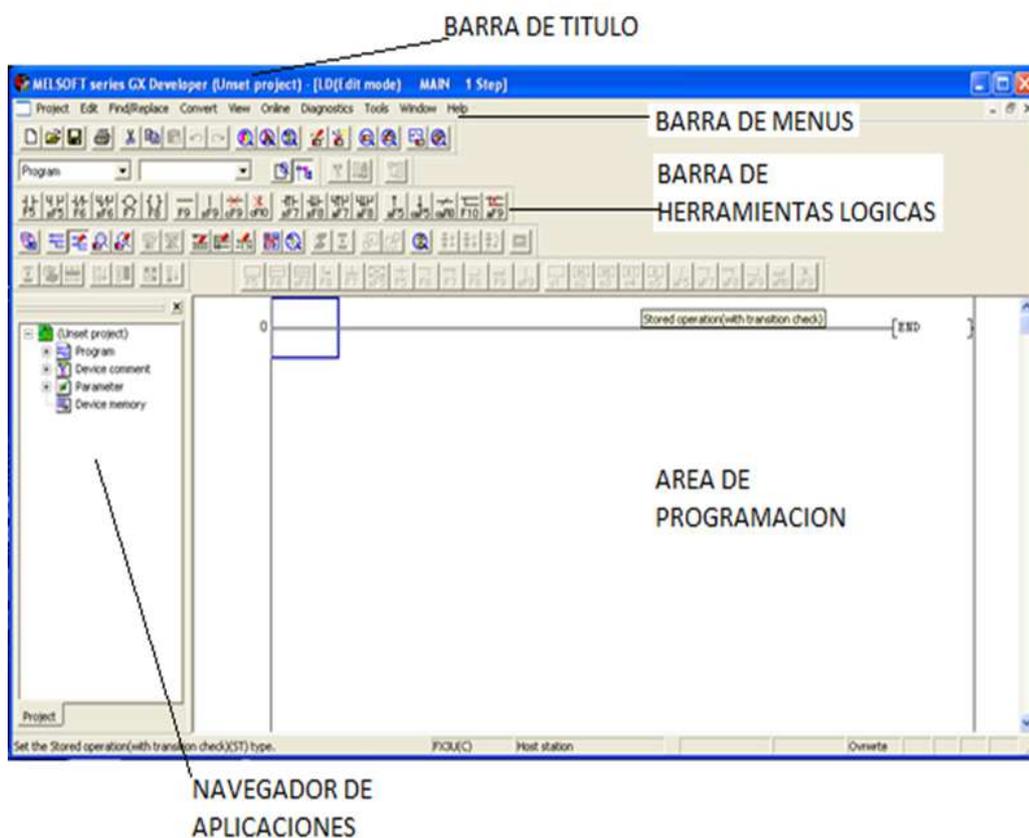
**BARRA DE ESTADO:** en la barra de estado se describe la aplicación actual y algunas actividades que Melsoft realiza en segundo plano, como por ejemplo guardar o imprimir.

**BARRA DE MENÚS:** contiene las órdenes que hay que seleccionar para crear, imprimir o guardar las aplicaciones.

**ÁREA DE PROGRAMACIÓN:** muestra el programa que se teclea con todos sus elementos como contadores, temporizadores, contactos normalmente cerrados y abiertos, bobinas de salidas, etc.

**BARRA DE HERRAMIENTAS LÓGICAS:** se utiliza para seleccionar las instrucciones gráficas que se van a insertar en un programa Ladder.

Luego de los pasos descritos anteriormente el usuario puede comenzar a programar en el área de trabajo que se muestra en la figura 2.17 señalando los elementos básicos de dicha ventana.

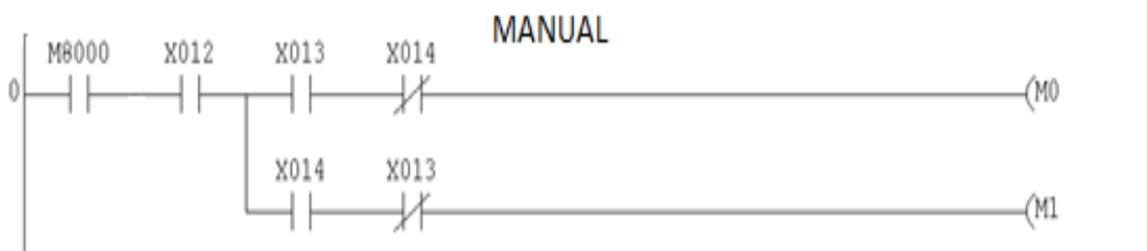


**Figura 2.17** Ventana lista para trabajar.

## 2.2.6 PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL.

Para el inicio del ciclo de funcionamiento del sistema de control, primero hay que seleccionar la forma de funcionamiento manual o automático.

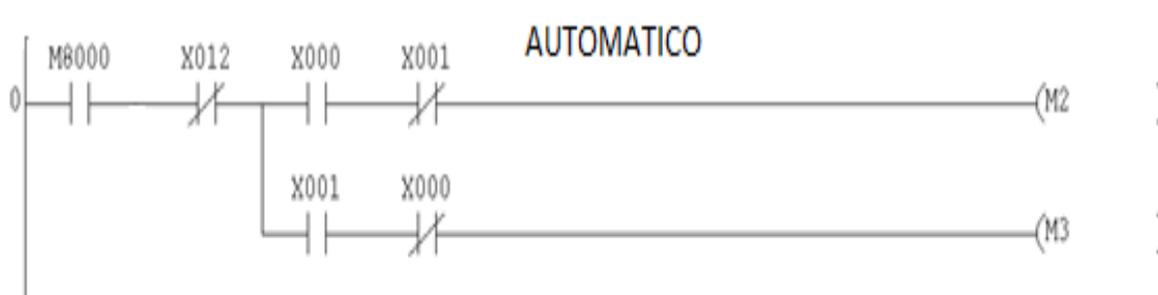
En la forma manual se accionara la entrada X12 la cual pondrá a trabajar la línea de programación número 0, la cual trabaja por medio del accionamiento del selector de tres posiciones. Para activar la segunda posición de la electroválvula se activará la entrada X13 la cual activa el relé interno M0 que al mismo tiempo activa la salida Y0, luego para la activación de la tercera posición de la electroválvula se activará la entrada X14 la cual activa el relé interno M1 que al mismo tiempo activa la salida Y1, también están programados los bloqueos de seguridad que son los contactos normalmente cerrados X13 y X14 para que no funcionen las dos posiciones a la vez y así no tener incoherencias en la programación o mal funcionamiento de los sistemas, al no activar ninguna de las entradas X13 y X14 la electroválvula se mantendrá en la primera posición que es la de reposo, esta primera etapa de programación se muestra en la figura 2.18.



**Figura 2.18 Primera línea de programación.**

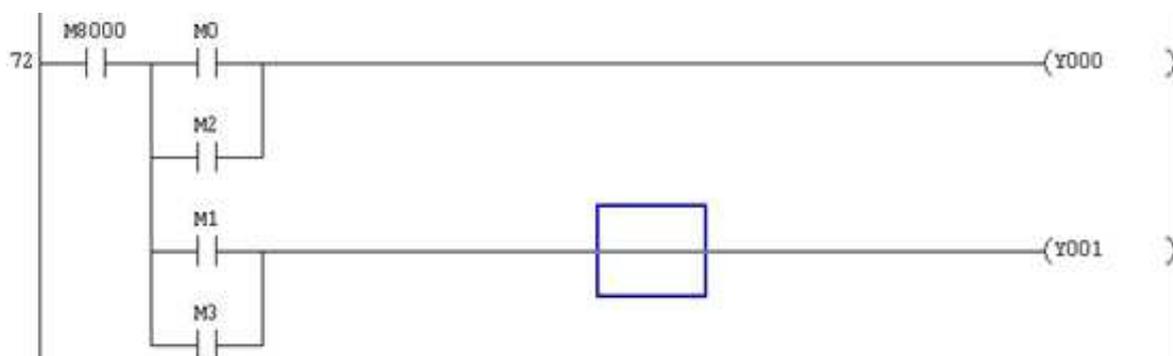
El funcionamiento en forma automática que se muestra en la figura 2.19, la entrada X12 no debe estar activa para que así funcione la línea de programación número 2, aquí trabajarán los sensores inductivos de 24 voltios de corriente continua, estos darán la señal de activación de las entradas del PLC dependiendo del desplazamiento que necesite realizar, si se activa la entrada X0 accionará el relé interno M2 el cual al mismo tiempo accionará la salida Y0 y activará la segunda posición de la electroválvula, si se activa la entrada X1 accionará el relé interno M3 el cual al mismo tiempo accionará la salida Y1 y activará la tercera posición de la electroválvula. Además contará con los bloqueos respectivos que

son los contactos normalmente cerrados X0 y X1, igual que en el funcionamiento manual si ninguna de las dos entradas X0 y X1 que activen la electroválvula, se pondrán en la primera posición que es la de reposo.



**Figura 2.19 Segunda línea de programación.**

Como se explicó anteriormente los relés internos M0, M1, M2y M3 activarán las salidas del PLC Y0 y Y1 dependiendo de la dirección que necesite desplazarse el fieltro o la malla, la línea de programación para que se activen las salidas se puede observar el la figura 2.20.



**Figura 2.20Activación de salidas.**

Como se tiene cinco sistemas de desplazamiento horizontal, la programación será la misma, para todos los sistemas, en la tabla 2.1 se muestra la distribución de entradas y salidas, donde se observa cual entrada o salida debe activarse para cada uno de los sistemas ya sean en manual o automático. Todo el programa de control se encuentra en la sección de anexos B.

### **2.2.7 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN LADDER.**

Para hacerse una idea de las múltiples aplicaciones posibles con un PLC, exponemos aquí un ejemplo de utilización. Para tal ejemplo mostramos nuevamente el esquema de circuitos correspondiente a la solución electromecánica, comparándolo con la solución propuesta con el PLC, mediante la programación en ladder.

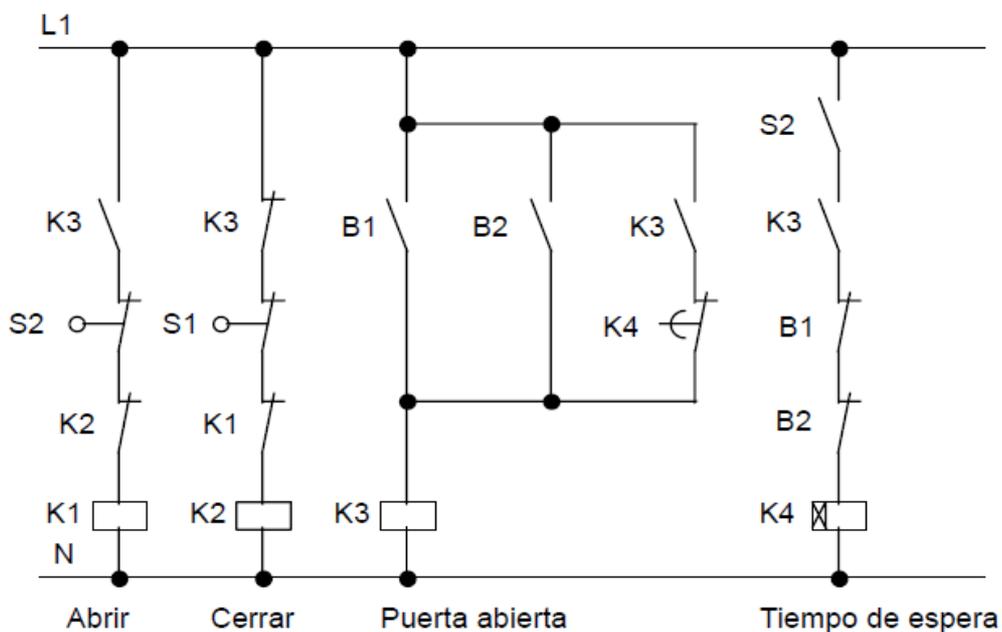
El ejemplo a explicar es la del control automático de una puerta que se hallan a menudo en los accesos a supermercados, edificios públicos, bancos, hospitales, etc. La puerta debe trabajar de la siguiente manera:

- La puerta debe abrirse automáticamente al acercarse una persona.
- La puerta debe permanecer abierta mientras se halle alguien en la zona de acceso.
- Cuando ya no haya ninguna persona en la zona de acceso, debe cerrarse automáticamente la puerta tras un breve tiempo de espera

La mayoría de las veces, la puerta es accionada por un motor que la desplaza a través de un acoplamiento elástico. Se evitan así las posibles lesiones de personas que queden aprisionadas. El control entero está conectado a la red a través de un interruptor principal.

#### **2.2.7.1 Solución electromecánica.**

Tan pronto como uno de los detectores de movimiento B1 o B2 distingue una persona, se inicia la apertura de la puerta a través del relé K3. Tras quedar libre durante un tiempo mínimo la zona de captación de ambos detectores de movimiento, el temporizador K4 inicia el proceso de cierre, en la figura 2.21 se muestra el circuito de control electromecánica que se debe conectar.



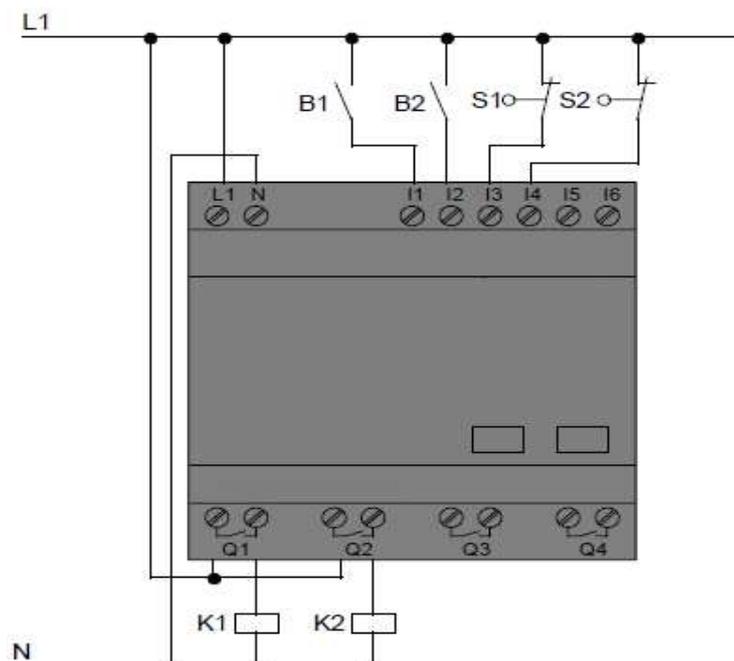
**Figura 2.21 Circuito de control electromecánico.**

Los materiales que se usaran son los siguientes:

- K1 Contactor principal Abrir.
- K2 Contactor principal Cerrar.
- K3 Relé de control.
- K4 Temporizador.
- S1 (contacto apertura) Interruptor final Cerrado.
- S2 (contacto apertura) Interruptor final Abierto.
- B1 (contacto cierre) Detector de movimiento a infrarrojos exterior.
- B2 (contacto cierre) Detector de movimiento a infrarrojos interior.

### **2.2.7.2 Solución mediante el PLC.**

El PLC nos permite simplificar el circuito considerablemente. Ahora ya sólo es necesario conectar al PLC los detectores de movimiento, los interruptores finales y las bobinas de los contactores principales. En la figura 2.22 se puede observar la conexión del PLC.



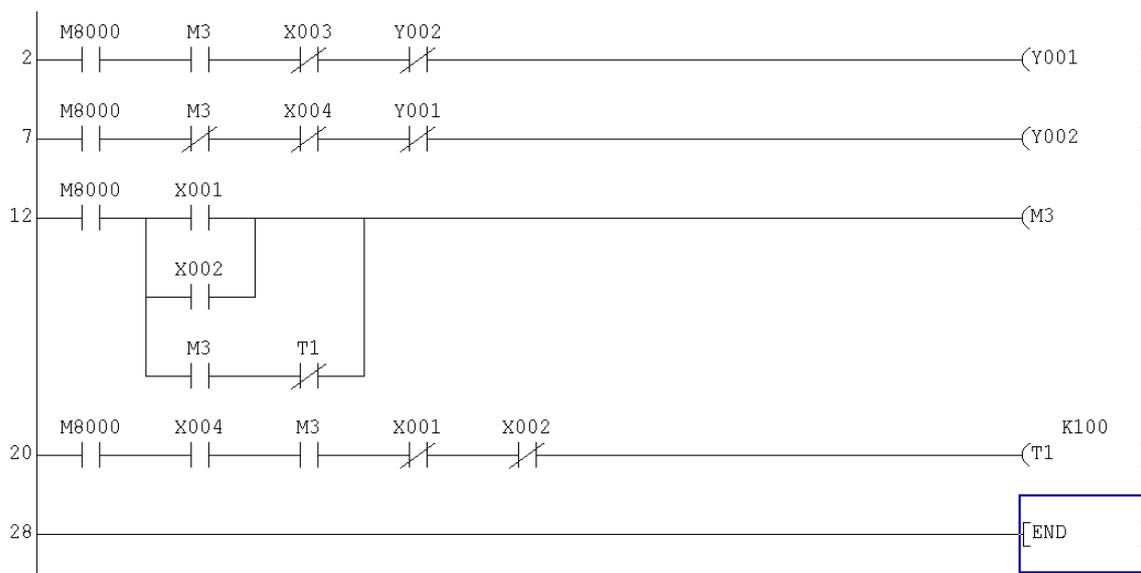
**Figura 2.22 Cableado de PLC.**

Los elementos utilizados serán los siguientes:

- K1 Contactor principal Abrir.
- K2 Contactor principal Cerrar.
- S1 (contacto apertura) Interruptor final Cerrado.
- S2 (contacto apertura) Interruptor final Abierto.
- B1 (contacto cierre) Detector de movimiento a infrarrojos exterior.
- B2 (contacto cierre) Detector de movimiento a infrarrojos interior.

### **2.2.7.3 Programa de control del PLC.**

El diagrama de control equivalente al esquema de circuitos de la solución convencional. Ud. puede simplificar dicho esquema aprovechando las funciones que ofrece cada PLC. Esta simplificación se muestra en la figura 2.23.



**Figura 2.23 Diagrama de control.**

#### 2.2.7.4 Ventajas de un PLC sobre un circuito electromecánico.

- Menor espacio.
- Requieren menor potencia eléctrica.
- Programables si ocurren cambios en los condicionantes.
- Mayor confiabilidad.
- Flexibilidad, satisfaciendo mayor número de aplicaciones.
- Fácil mantenimiento.
- Permite la interface con microcomputadores y computadores.
- Permite el control automático en un sistema de red multiusuario.
- Resuelve fácil y económicamente tareas de automatización como mando, regulación y cálculo, coordinación y comunicación, servicio y observación, señalización y listado.
- El lenguaje más utilizado en su programación es el ladder o escalera, que consiste en representar en forma gráfica las tareas de automatización mediante símbolos de circuitos eléctricos y podemos observar en la figura 2.23. El esquema de la programación en ladder es equivalente al circuito de control electromecánico que se indica en la figura 2.21.
- Menos elementos utilizados para la conexión del circuito de control.

## **CAPÍTULO III**

# **MOTAJE E INSTALACIÓN DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS, MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS**

### **3.1. INTRODUCCIÓN.**

Es conveniente aclarar que el montaje de los mecanismos eléctricos, mecánicos y neumáticos, se realizaron de acuerdo al diagrama de control descrito en el Capítulo II, además se procedió de acuerdo a normas de la empresa, es decir, el tipo de elementos usados y el fabricante de estos, así como también la ubicación de los tableros de control eléctricos y neumáticos.

Una vez diseñado los sistemas de control electromecánicos y neumáticos se procede a implementarlos físicamente, para ello, se sigue los siguientes pasos:

- Selección de materiales necesarios.
- Reconstrucción de los mecanismos eléctricos, mecánicos y neumáticos.
- Montaje de los mecanismos eléctricos, mecánicos y neumáticos

### **3.2 MATERIALES PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO.**

Estos fueron escogidos basándonos en los requerimientos funcionales que debe cumplir el circuito de control. Los elementos requeridos son los siguientes: selector de dos posiciones con seguro de llave, selector de tres posiciones con palanca, relé auxiliar, breakers monofásicos de 2 Amperios, sensores inductivos, un PLC (controlador lógico programable), etc. A continuación se detallan las características técnicas de cada uno de ellos.

#### **3.2.1 SELECTOR DE DOS POSICIONES.**

Para dar la flexibilidad y seguridad al sistema de operación manual o automático se utiliza selectores de dos posiciones con seguro de llave, como el de la figura 3.1 y sus características técnicas se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Características técnicas del selector.**

| <b>Características</b> |                |
|------------------------|----------------|
| Tipo                   | Rasante Simple |
| Color                  | Negro          |
| Contactos              | 1NA            |
| Diámetro               | 22mm           |
| Fabricante             | Moeller        |
| Modelo                 | M22-WS         |



**Figura 3.1 Selector de dos posiciones.**

### **3.2.2 JOYSTICK RMQ-TITAN DE 4 POSICIONES.**

El joystick RMQ-Titan que se indica en la figura 3.2 de Eaton permite a los usuarios tener cuatro posiciones (contactos) en un mismo aparato. De esta manera, se pueden realizar fácilmente funciones tan sencillas como la dirección de movimiento y la selección. Se ofrecen tres variantes del joystick:

- A. Dos direcciones para funcionamiento vertical (arriba/abajo),
- B. Dos direcciones para funcionamiento horizontal (derecha / izquierda) y
- C. Cuatro direcciones (arriba / abajo / derecha / izquierda) - cada uno con dos posibilidades, retorno o enclavamiento. Los contactos son los mismos, la única variante es el soporte que pasa a ser de 4 contactos.

El joystick tiene protección IP66 y de acuerdo con la norma ATEX 94/9 EC (atmósferas explosivas) aprobado para uso en ambientes de polvo, zona 22, categoría 3. Es utilizado en áreas susceptibles de explosiones causadas por polvo, como en molinos, plantas de trabajo de la madera, obras de cemento o

dentro la industria de alimentación animal. Se puede suministrar el joystick con etiquetas personalizadas.



**Figura 3.2 Joystick RMQ-Titán de 4 posiciones<sup>1</sup>.**

Se necesita además un bloque de contactos normalmente abiertos, mostrados en la figura 3.3, como complemento para los selectores de dos y cuatro posiciones y sus características se indican en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Características de contactos.**

| <b>Características</b> |           |
|------------------------|-----------|
| Fabricante             | Moeller   |
| Modelo                 | M22-K10   |
| Contactos              | 1 NA O NC |



**Figura 3.3 Bloque de contacto.**

### **3.2.3 RELÉ DE CONTROL.**

Un relé es un dispositivo electromecánico, que en función de la variación de una magnitud física o eléctrica, actúa determinando el funcionamiento de otro dispositivo.

---

<sup>1</sup> [www.laumayer.net](http://www.laumayer.net)

Los relés cuidan las entradas del PLC ya que a los contactos de estos son conectados a los elementos que se van accionar que son de mayor capacidad de circulación de corriente. Las características de los relés utilizados son los de la tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Características del relé de control.**

| <b>Características</b> |          |
|------------------------|----------|
| Marca                  | Camsco   |
| Contactos              | 2NA, 2NC |
| Bobina                 | 220VAC   |
| Cos $\varphi$          | 0,4      |

### **3.2.4 SENSOR INDUCTIVO.**

El sensor o interruptor inductivo de proximidad actúa según el principio del oscilador LC amortiguado: si penetra metal en el margen de respuesta del detector de proximidad, se extrae energía del sistema.

El elemento de metal provoca una pérdida de energía causada por la formación de corrientes de Foucault. Las pérdidas por corrientes de Foucault dependen del tamaño y del tipo del elemento de metal, este abre o cierra un contacto, este se muestra en la figura 3.4, su marca es Moeller.



**Figura 3.4 Sensor inductivo.**

### 3.2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Un controlador Lógico Programable es un equipo electrónico digital con software y hardware el cual recibe información externa la misma que es procesada en su memoria y es exteriorizada por sus salidas hasta los mandos a ser gobernados y se utilizan para aplicaciones en procesos de control automático industrial.

La selección de un controlador lógico programable que se observa en la figura 3.5 es debido al número de entradas las cuales se accionan con 24 voltios de corriente continua y por sus salidas por relé, las demás características las tiene la tabla 3.4.

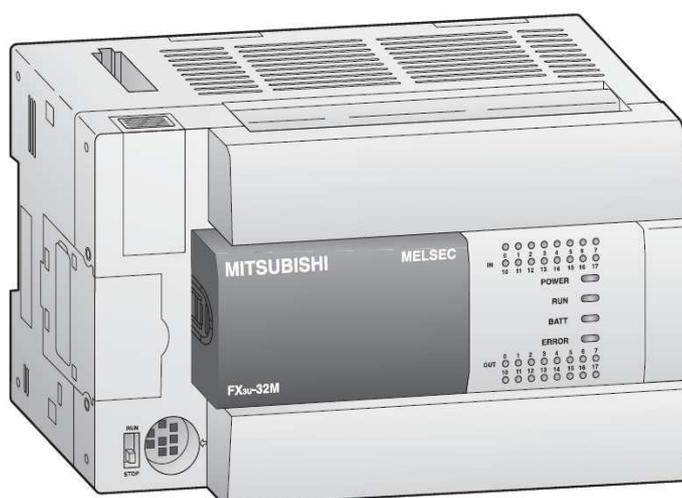


Figura 3.5 Controlador lógico programable.<sup>1</sup>

Tabla 3.4 Características técnicas<sup>1</sup>.

#### MODELO FX3UC-32MR/ES

|                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| Entradas/salidas integradas       | 32                  |
| Alimentación eléctrica            | 24 VDC (+20%, -15%) |
| Consumo de potencia               | 8 W                 |
| Fuente de tensión int. Bus (5vdc) | 560mA               |
| Entradas integradas               | 32                  |

Continuación.

<sup>1</sup>www.meau.com

Siguiente.

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Resistencia de entrada    | X0-X5:3.9KW; X6-X7:3.3KW; A PARTIR DE X10:4.3KW   |
| Corriente de entrada      | X0-X5:6mA/24VDC; X6-X7:7mA/24VDC; A PARTIR DE X10:5mA/24VDC   |
| Corriente mínima 1 lógico | X0-X5>3.5mA; X6-X7>4.5mA; A PARTIR DE X10>3.5Ma.  |
| Corriente máxima 0 lógico | MAXIMO 1.5 mA   |
| Aislamiento               | En todas las unidades básicas la alimentación eléctrica se ha separado de las entradas galvánicamente mediante opto acoplador         |
| Tiempo de reacción        | Para todas las unidades básicas de melsec fx3uc: 10 ms (ajuste de fábrica, x0-x17 utilizan valores de filtro ajustables digitalmente) |
| Salidas integradas        | 32  |
| Tipos de salida           | RELE  |
| Tensión de conexión (Max) | 5-30 VDC  |
| Tiempo de reacción        | <0.2 ms (PARA Y0-Y3)/ 5ms (PARA EL RESTO DE SALIDAS)  |
| Condiciones de servicio   | 0 – 55 C TEMPERATURA AMBIENTE; 5-95% DE HUMEDAD RELATIVA  |

### 3.2.6 ELEMENTOS ADICIONALES.

También se ha utilizado como protección para el controlador dos breakers unipolares, el recomendado por el fabricante para este tipo de instalación es el de dos amperios. Por último es necesario borneras, así como el porta-fusibles que son compatibles para riel DIN.

En resumen, los materiales necesarios para la instalación, así como la cantidad de cada uno de ellos se detallan en la tabla 3.5.

### 3.5 Tabla de elementos adicionales.

| Cantidad | Elemento                        | Código    |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 1        | PLC.                            | FX3UC     |
| 5        | Selector dos posiciones.        | M22-WS    |
| 15       | Contactos normalmente abiertos. | M22-K10   |
| 5        | Selector de tres posiciones.    | M22-WRJ2H |
| 500 m.   | Alambre # 18.                   | -----     |
| 10       | Relé de control.                | -----     |
| 35       | Borneras.                       | -----     |
| 2        | Breaker monofásicos.            | -----     |
| 2 m      | Riel DIN.                       | -----     |
|          | Marcas.                         | -----     |

### 3.3 RECONSTRUCCIÓN DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS.

En cuanto a las instalaciones físicas y de acuerdo a las disposiciones del personal encargado del área, el sistema manual/automático a instalarse se colocaría en una caja que se encontraba en el sitio, donde se ubicara el PLC y todos los elementos de control eléctrico, junto a este se colocara el tablero neumático, con la finalidad de tener facilidades para el cableado hacia este.

Para ello en la parte superior del armario, se colocaron tubos conduit con recubrimiento de PVC de 2 de pulgadas de diámetro, los cuales llevan el cableado

hacia la caja de control neumático por medio de canaletas metálicas, como se muestra en la figura 3.6.



**Figura 3.6 Instalación de tubería y canaletas metálicas.**

En lo referente al interior del tablero de control, mostrado en la figura 3.7, hubo la necesidad de colocar canaletas de 10 x 5 cm. como las de la figura 3.8, ya que se reconstruyó totalmente, además se instaló riel DIN para el montaje del controlador lógico programable, así como también, para los relés de control auxiliares, nuevas borneras de conexión, porta fusibles y otros elementos que se necesiten.



**Figura 3.7 Reconstrucción del armario de control.**

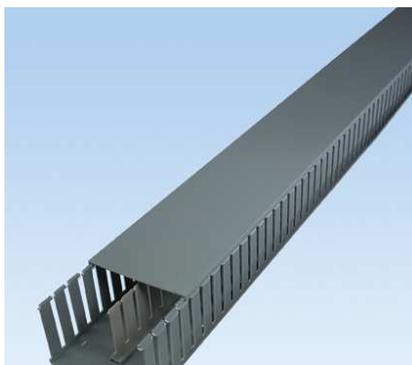


Figura 3.8 Modelo de canaleta instalada en el tablero de control.

### 3.4 MONTAJE DE LOS MECANISMOS ELÉCTRICOS.

En la figura 3.9 se puede observar el montaje definitivo de los elementos antes mencionados, ubicados en el interior del armario de control eléctrico de los sistemas de desplazamiento horizontal de los rodillos.



Figura 3.9 Montaje de nuevos elementos eléctricos en el interior del armario.

Los selectores para la elección de trabajo manual/automático; así como los selectores de tres posiciones para el control en forma manual de los sistemas, se

ubicaron en la puerta del tablero de control reconstruido como lo muestra la figura 3.10, para prestar mayor facilidad para su operación.

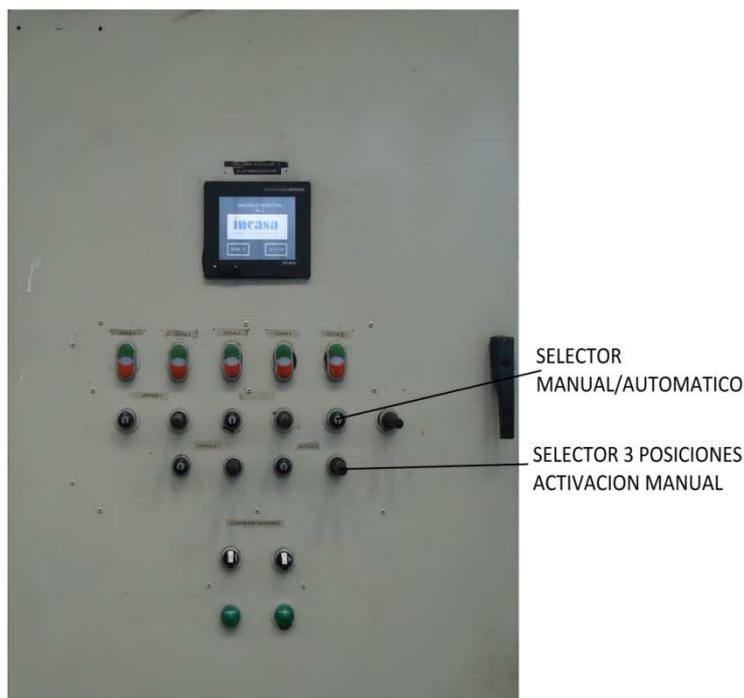


Figura 3.10 Montaje de selectores.

### 3.5 MATERIALES PARA LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS.

De acuerdo al trabajo que debe cumplir el circuito neumático, se tiene que elegir el tipo de válvulas que se requieren para esto es necesario determinar cuatro factores fundamentales que son:

- **NUMERO DE VÍAS.**-Ligadas directamente al componente que se debe actuar, en nuestro caso será dos pulmones que trabajarán como un cilindro de doble efecto.
- **CANTIDAD DE POSICIONES.**-Definidas por las condiciones operativas del circuito, para nuestro caso para que los dos pulmones funcionen como un cilindro de doble efecto y debe tener una posición intermedia se requerirá una válvula 5/3 (5 vías, 3 posiciones).

- **TIPO DE MANDO.**-Condicionado por la naturaleza de la señal de mando que se desee dar o exigido por el circuito. Se puede tener mandos manuales, mecánicos, neumáticos, eléctricos o combinación entre ellos, para el control de nuestros sistemas será necesario el control eléctrico.
- **TAMAÑO DE LA VÁLVULA.**-Relativo a la capacidad permitida al paso de caudales mayores o menores de aire comprimido. En la determinación del tamaño considerar el volumen de los elementos accionados, la velocidad de los mismos, la presión de trabajo y la pérdida de carga admisible en la válvula.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente los elementos que necesitamos para el armado del circuito de control neumático son: electroválvula 5/3 y válvula de accionamiento manual 3/2, una unidad de mantenimiento, racores en escuadra para mangueras neumáticas # 8 y #6, manguera neumática #8 y #6, uniones para manguera neumática #8 y #6, etc.

### 3.5.1 ELECTROVÁLVULA 5/3.

Es un dispositivo electromecánico que sirven para gobernar, controlar o regular el flujo de aire comprimido hacia los elementos de trabajo, constituyéndose en los órganos de mando. Las partes fundamentales de la electroválvula es el electroimán que se muestra en la figura 3.11, convierte la energía eléctrica suministrada en energía magnética y a su vez la transforma en mecánica para que actúela válvula.



Figura 3.11 Solenoide.

En la figura 3.12, se muestra la válvula 5/3 con su respectivo funcionamiento, esta tiene tres posiciones una es intermedia. Cuando la válvula adopta la posición intermedia cierra el paso del aire, al accionar el electroimán cambia de posición y hace que el aire pase de 1 hacia 2 y se escape por 5 y si se acciona el otro electroimán el aire pasa de 1 hacia 4 y se escapa por 3, si ninguno de los dos electroimanes se encuentran activados la válvula se encontrara en la posición intermedia y el aire no circulará por ninguna salida. Esta válvula sirve para comandar cilindros de doble efecto y en nuestro caso los dos pulmones que realizaran el trabajo de desplazamiento horizontal del rodillo.

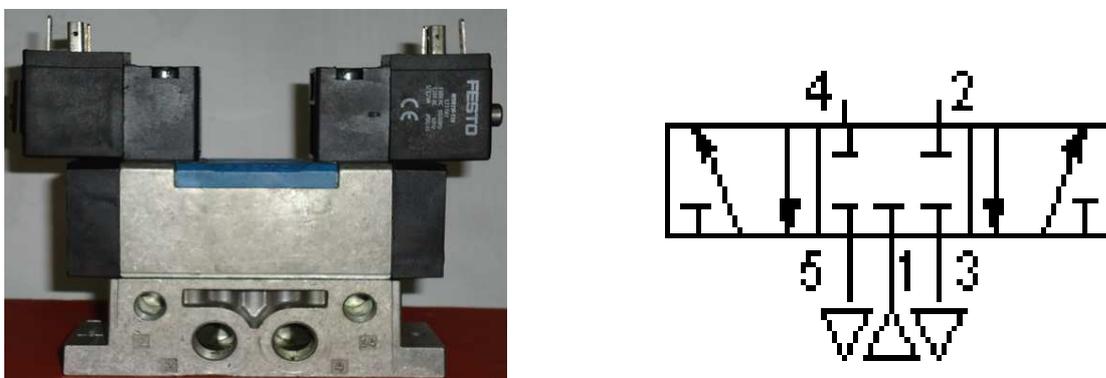


Figura 3.12 Electroválvula 5/3.

### 3.5.2 VÁLVULA MANUAL 3/2.

Se trata de una válvula que se acciona manualmente ya sea por un pulsador, palanca, pedal, etc. En la figura 3.13 se puede observar el símbolo y la válvula la cual tiene dos posiciones, una en posición cerrada cuando se encuentra en reposo y la otra posición que hace circular el aire hacia el circuito neumático. Estas válvulas por lo general se utilizan como alimentador general para controlar la circulación de aire hacia los circuitos neumáticos.

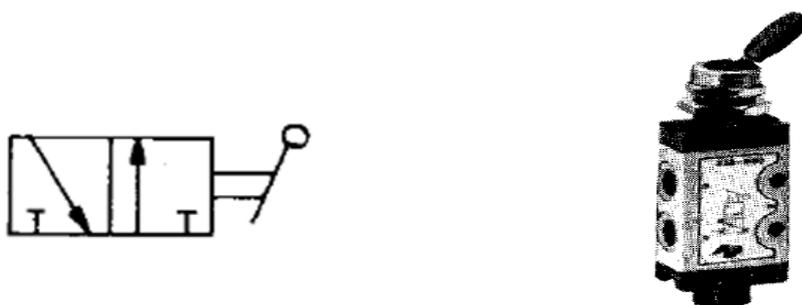


Figura 3.13 Válvula manual 3/2.

### 3.5.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

La unidad de mantenimiento siempre se coloca al principio de una instalación neumática y está formado por tres partes:

- **UN FILTRO.-** Cuyo trabajo es de eliminar las impurezas que lleva el aire y que provienen del mismo circuito (cascarillas, óxidos, virutas, pinturas, aislante, etc.), que pueden dificultar el correcto movimiento de los elementos móviles de los aparatos que hay en el circuito.
- **UN REGULADOR DE PRESIÓN.-** El cual tiene por finalidad ajustar la presión de entrada para los circuitos ya que normalmente la presión de la red de distribución es mayor que la que se utiliza en el circuito, esta presión se mide con un aparato llamado manómetro o indicador de presión.
- **UN LUBRICADOR.-** El cual realiza el trabajo de engrasar el aire que a través de los elementos de la instalación evitando su oxidación por una parte y por otra haciendo que los elementos móviles se deslicen sin dificultad esta unidad de mantenimiento se muestra en la figura 3.14 así como su símbolo.

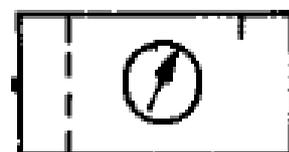


Figura 3.14 Unidad de mantenimiento.

### 3.5.4 RACORES.

Estos sirven para facilitar la conexión y desconexión de las mangueras neumáticas de todo el circuito, se muestran en la figura 3.15, están acopladas a las válvulas manuales, electroválvulas, escapes rápidos, etc., según el número de manguera que se utilice en la instalación existen racores para manguera 6mm, 8mm, 10mm,etc.



Figura 3.15 Racores.

### 3.5.5 ELEMENTOS ADICIONALES.

Además de los elementos anteriormente mencionados se utilizaron uniones para mangueras, tornillos, etc. En resumen, los materiales principales necesarios para la instalación, así como la cantidad de cada uno de ellos se detallan en la tabla 3.6.

3.6 Tabla de elementos adicionales.

| Cantidad | Elemento                | Código        |
|----------|-------------------------|---------------|
| 5        | Electroválvula 5/3      | VDMA24345-A-1 |
| 30       | Racores para manguera 6 |               |
| 40       | Uniones para manguera 6 |               |
| 200m     | Manguera neumática 6    |               |
| 1        | Unidad de mantenimiento |               |

Continuación.

Siguiente.

|    |                       |           |
|----|-----------------------|-----------|
| 10 | Neplos de ¼.          |           |
| 10 | pulmones              |           |
| 20 | Pernos ¼ .            |           |
| 20 | Rodelas planas ¼.     |           |
| 20 | Rodelas de presión ¼. |           |
| 10 | Bobinas 220 V         | MSN1W-220 |

### 3.6 CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES PARA LOS RODILLOS.

La construcción de las bases que se muestran en la figura 3.16 fueron realizadas de acuerdo a las especificaciones técnicas de los pulmones que se adjuntan en los anexos D, así como los planos de las bases que se van a colocar en cada uno de los sistemas que se van a instalar.



**Figura 3.16 Bases de los sistemas de desplazamiento.**

Las bases fueron construidas con una aleación de bronce, se eligió este material por las especificaciones técnicas que se muestra en la tabla 3.7. El bronce es toda aleación metálica de cobre y estaño en la que el primero constituye su base y el segundo aparece en una proporción del 3% al 20%.

El bronce fue la primera aleación de importancia obtenida por el hombre y da su nombre al período prehistórico conocido como edad de bronce. Durante milenios

fue la aleación básica para la fabricación de armas y utensilios, orfebres de todas las épocas lo han utilizado en joyería, medallas y esculturas.

Las monedas acuñadas con aleaciones de bronce tuvieron un protagonismo. Cabe destacar entre sus aplicaciones actuales su uso en partes mecánicas resistentes al roce y a la corrosión incluso la de origen marino, su facilidad de deslizamiento, etc.

Otra característica diferencial de las aleaciones de bronce respecto al acero, es la ausencia de chispas cuando se le golpea contra superficies duras. Esta propiedad ha sido aprovechada para fabricar martillos, mazas, llaves ajustables y otras herramientas para uso en atmósferas explosivas o en presencia de gases inflamables.

**Tabla 3.7 Especificaciones técnicas del bronce.**

| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>             | <b>UNIDAD</b>       | <b>NORMA<br/>ASTM</b> | <b>BRONCE<br/>40%</b> | <b>BROCE<br/>60%</b> |
|--|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Porcentaje en peso de carga              | %                   | -                     | 40                    | 60                   |
| Peso específico a 23 °C                  | Grs/cm <sup>3</sup> | D792                  | 3.04                  | 3.9                  |
| Resistencia a la tracción a 23<br>Def 3% | Kg/cm <sup>2</sup>  | D638                  | 38                    | 35                   |
| Res. Comp. A 23°C Def 1 y 5%             | Kg/cm <sup>2</sup>  | -                     | 70-105                | 78-118               |
| Alargamiento a la rotura                 | %                   | D638                  | 200                   | 120                  |
| Resistencia a la flexión                 | -                   | D790                  | No rompe              | No rompe             |
| Dureza a los 23°C                        | Shore D             | -                     | 60-65                 | 64-69                |
| Coef, de roce estático sobre<br>acero    | -                   | D1894                 | 0.08-0.10             | 0.08-0.10            |
| Coef. De roce dinámico sobre<br>acero    | -                   | D1894                 | 0.14-0.23             | 0.15-0.24            |
| Abrasión a metales sin<br>endurecer      | -                   | -                     | ∅                     | Baja                 |
| Temperatura de uso continuo              | °C                  | -                     | 260 a 260             | 260 a<br>260         |

Continuación.

Siguiente.

|  |             |              |         |          |
|--|-------------|--------------|---------|----------|
| Coef. Dilat. Lineal de 23 a 100 °C           | Por °C      | -            | 0.00011 | 0.00009  |
| Coeficiente de conducción térmica            | Kcal/m/h/°C | -            | 0.42    | 0.57     |
| Constante dieléctrica a 60 hz                | -           | D150         | -       | -        |
| Constante dieléctrica a 1 Mhz                | -           | D150         | -       | -        |
| Absorción de humedad al aire                 | %           | D570         | 0.008   | 0.01     |
| Resistencia superficial                      | Ohms        | D257         | □10 a16 | □10 a 16 |
| Resistencia volumétrica                      | Ohms-cm     | D257         | 10 a 13 | 10 a 11  |
| Rigidez dieléctrica en aire                  | Kv/mm       | D149         | -       | -        |
| Resistencia a hidrocarburos                  | -           | Muy buena    | -       | -        |
| Resistencia ácidos débiles a tempo. ambiente | -           | Baja         | -       | -        |
| Resistencia álcalis débiles a temp. ambiente | -           | Baja         | -       | -        |
| Resistencia a prod. químicos definidos       | -           | Consultar    | -       | -        |
| Efecto de los rayos solares                  | -           | No le afecta | -       | -        |
| Aprobado para contacto con alimentos         | -           | Aprobado     | -       | -        |
| Comportamiento a la combustión               | -           | No arde      | -       | -        |
| Propagación de llama                         | -           | Nula         | -       | -        |

### 3.7 MONTAJE DE LOS MECANISMOS NEUMÁTICOS Y MECÁNICOS.

En la figura 3.17 se puede observar el montaje definitivo de los elementos correspondientes al sistema neumático. Además de las conexiones de las mangueras neumáticas hacia las electroválvulas de donde salen hacia los pulmones de acuerdo al diagrama que se encuentra en los anexos E, los cuales realizan el trabajo de desplazar los rodillos horizontalmente.

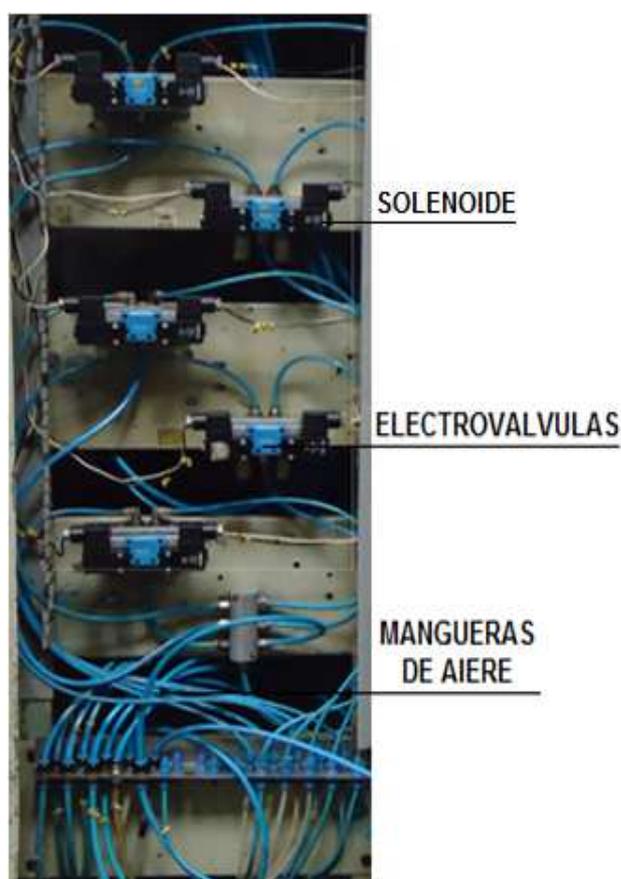
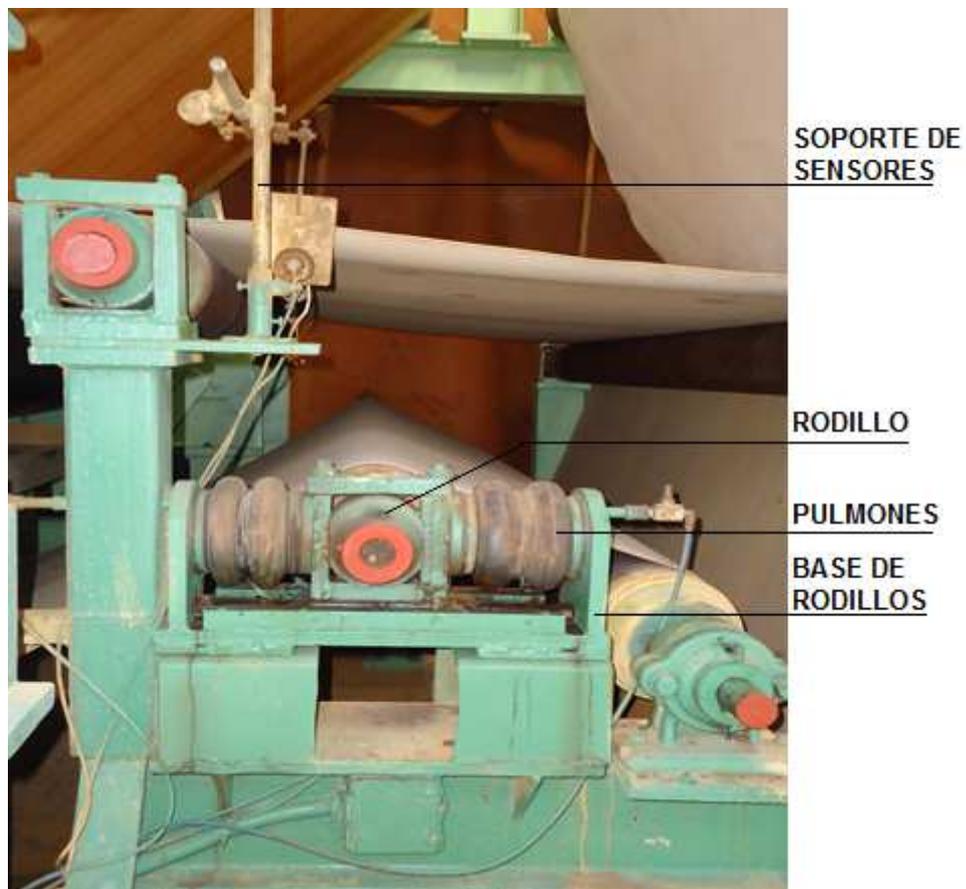


Figura 3.17 Montaje de elementos y conexionado de mangueras

Por último se instaló los soportes donde van los sensores, así como las bases para los rodillos con sus respectivos pulmones, también se efectuó la instalación

de las mangueras para cada uno de los sistemas, para realizar las pruebas necesarias, lo anteriormente explicado se muestra en la figura 3.18.



**Figura 3.18** Instalación de soporte de sensores, base de rodillo y mangueras neumáticas.

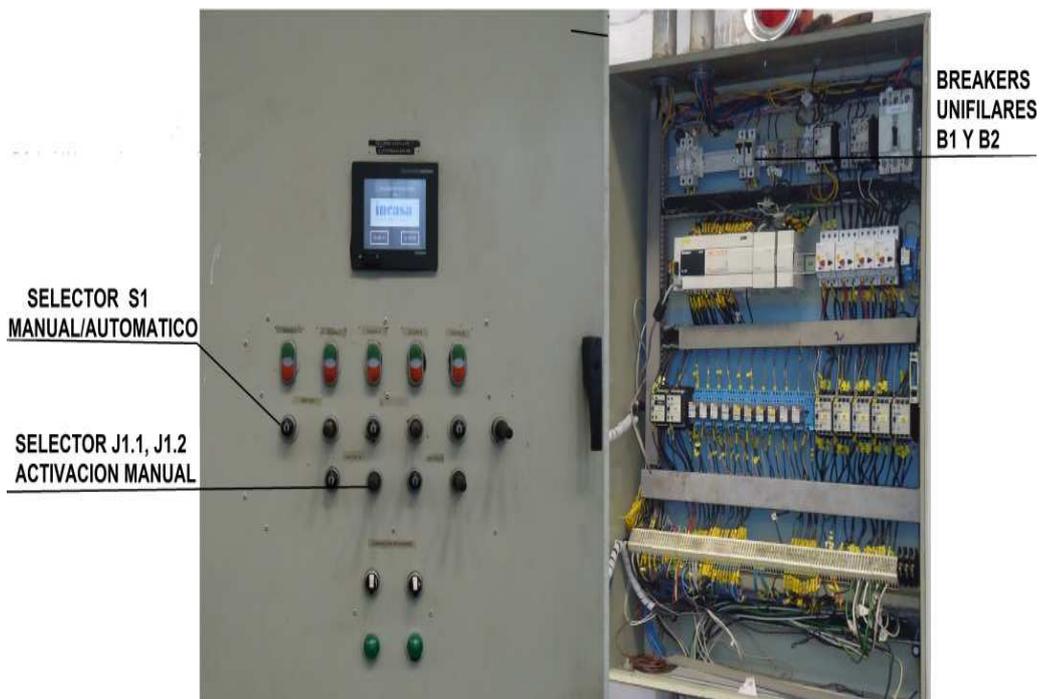
## **CAPÍTULO IV**

### **MANUAL DE OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.**

#### **4.1 OPERACIÓN.**

Para poner en funcionamiento el sistema de desplazamiento horizontal de los rodillos se realizó un manual de operación el cual se encuentra lo más sencillo y comprensible posible para que el personal encargado y calificado lo ponga a trabajar en forma manual o automática.

1. Primero se tiene que energizar el PLC que controla a los sistemas por medio de los dos breaker unifilares B1 y B2, una vez encendido se tiene que elegir la forma de funcionamiento manual o automático por medio del selector S1 y la llave que lo acciona (observar figura 4.1), además se tiene que alimentar al tablero neumático por medio de la válvula de alimentación general de aire SA1 (observar figura 4.2).

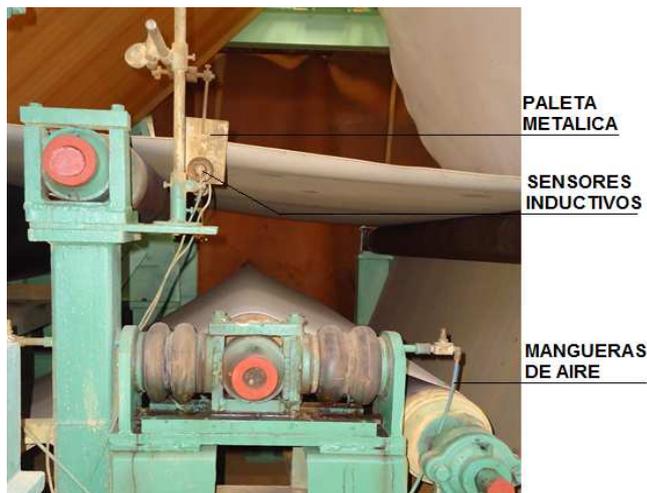


**Figura 4.1 Activación de los sistemas**



**Figura 4.2 Alimentación de aire.**

2. Si selecciona la forma automática se tiene que revisar si los sensores de cada sistema de los cinco que existen, están trabajando correctamente accionándoles manualmente moviendo la paleta de metal (observar Figura 4.3).



**Figura 4.3 Comprobación de funcionamiento.**

3. Además debe observar si las conexiones de las mangueras son las correctas tomando en consideración la forma como debe trabajar.
4. Si se acciona el sensor de la izquierda el rodillo debe desplazarse hacia atrás.
5. Si se acciona el sensor de la derecha el rodillo debe desplazarse hacia adelante.
6. Si no se acciona ningún sensor y la paleta se la ubica en una posición intermedia el rodillo no debe desplazarse.
7. Si el funcionamiento es el incorrecto debe llamar al personal capacitado para realizar los respectivos cambios, una vez que han terminado de realizar los ajustes necesarios volver a repetir los pasos del 2 al 6.
8. Si elige la forma manual se tiene que revisar el correcto funcionamiento de los selectores de tres posiciones activando sus tres posiciones (observar figura 4.1) y revisar lo anteriormente expuesto desde los pasos 3 al 6.

9. Todos los pasos anteriormente explicados se deben realizar cada vez que la máquina se ponga en línea de producción.

## **4.2 FUNCIONAMIENTO.**

Los sistemas funcionan de acuerdo a las especificaciones del circuito original con los cambios y mejoras que esto implica en el nuevo sistema.

Si el desplazamiento de los rodillos se encuentra en forma inversa se debe intercambiar las mangueras neumáticas, en los pulmones o en las salidas de aire de las electroválvulas. También se puede intercambiar la conexión de las entradas del PLC que controlan a cada sistema, además se pueden cambiar los sensores de posición o intercambiar las salidas del PLC.

Si la señal no llega a las entradas del PLC esto puede ser por estar sucios los sensores y no se están activando, hay que limpiarlos, también pueden estar oxidadas las conexiones en las cajas de paso por la humedad revisar y cambiar regletas de conexiones.

Si la base del rodillo no se desplaza con facilidad puede estar llena de agua o de suciedad hay que limpiarlo, sacar todo el agua que se encuentra estancada en la base y lubricarla, también puede ser por falta de presión en los pulmones.

Si los sensores están funcionando bien y se accionan las salidas pero no se activa ninguna posición de la electroválvula, pueden estar quemadas las solenoides hay que cambiarlas, los relés no se están accionando, la salida del relé que activa a la bobina se encuentra defectuosa cambiar de relé, no existe voltaje hacia la bobina revisar alimentación de las bobinas.

Si se tiene fugas de aire puede ser por mangueras defectuosas, perforación de algún pulmón, daños en los racores de conexión de los pulmones o en las electroválvulas.

Si no funciona la selección de manual/automático, los selectores de tres posiciones para la forma manual pueden estar en mal estado los contactos y no llegue la señal a las entradas del PLC, los terminales de conexión pueden estar flojos o rotos los cables de conexión.

Si todos los elementos eléctricos y neumáticos se encuentran funcionando correctamente, no existe ningún tipo de problemas en las instalaciones y el sistema se encuentra funcionando erróneamente revisar el programa del PLC puede tener algún daño en las filas de programación (solo en el caso de manipulación del programa de este).

Si en algún momento se quedan accionadas al mismo tiempo las dos posiciones de la electroválvula podría ser por quedarse pegados los contactos normalmente abiertos del relé auxiliar o la salida del PLC sufrió algún daño y se quedó activada se debe cambiar de relés o cambiar de salida de accionamiento en el PLC.

## **4.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.**

### **4.3.1 INTRODUCCIÓN.**

En todo proceso industrial se tienen por meta ocupar el capital mínimo en instalaciones y maquinaria para mantener la más alta productividad, para lograr estos objetivos está claro que se debe mantener la maquinaria e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento, para esto existe el mantenimiento industrial lo cual vamos a definirlo como una técnica de dirección, que provee los medios necesarios para la conservación de los bienes físicos de una industria, en condiciones de operar con la máxima eficiencia seguridad y economía. El objetivo del mantenimiento es conservar los elementos físicos de una empresa en condiciones de cumplir los fines para los cuales han sido diseñados.

### **4.3.2 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS.**

Para los sistemas de desplazamiento se tiene que realizar el mantenimiento preventivo a tiempo fijo en el cual las operaciones de mantenimiento se llevan a

cabo en intervalos regulares de tiempo determinado por el número de horas, días de operación. A este también se lo conoce como mantenimiento preventivo a tiempo fijo ya que los periodos se cumplen de acuerdo a las recomendaciones dadas por el fabricante, catálogos y manuales que acompañan a los equipos.

Nosotros realizaremos este tipo de mantenimiento eléctrico y mecánico, en el cual se deben realizar las actividades cada semana.

#### **4.3.2.1 Mantenimiento eléctrico.**

Las siguientes actividades son las más importantes que se deben realizar:

- Revisión y limpieza de sensores.
- Revisión de los relés de control.
- Revisión de las entradas y salidas del PLC así como del programa de control.
- Revisión de la fuente de voltaje de corriente continua.
- Revisión de solenoides de las electroválvulas.
- Revisión de contactos de selector de dos y tres posiciones.
- Revisión de conexiones en cajas de paso.

#### **4.3.2.2. Mantenimiento mecánico.**

Las actividades que se deben realizar periódicamente son:

- Revisión, limpieza y engrasado de las bases de los rodillos.
- Revisión de fugas de aire en todo el sistema.
- Revisión del buen estado de los pulmones y que no existan fugas de aire.
- Revisar el correcto funcionamiento de todas las electroválvulas.
- Purgar la unidad de mantenimiento a diario y revisión del nivel de aceite, debe haber un consumo moderado.
- Revisión de fácil funcionamiento de la paleta que hace actuar a los sensores.

Tanto para el mantenimiento eléctrico y mecánico preventivo se tienen que llenar las fichas de la máquina con el objeto de tener la mayor cantidad de información (eléctrica, mecánica, lubricación, poner aceite en la unidad de mantenimiento, de averías, repuestos, reparaciones, y de los técnicos a cargo).

Para realizar el mantenimiento también es necesario tener los catálogos y planos de la máquina eléctricos y mecánicos. Es necesario tener órdenes de trabajo así como fichas de inspección que se tiene que llenar una vez terminado el mantenimiento, en la figura 4.1 y 4.2 observamos un ejemplo de una ficha de inspección así como la orden de trabajo.

| <b>FICHA DE INSPECCIÓN</b>                       |                              |              |                |             |
|--|------------------------------|--------------|----------------|-------------|
| <b>FECHA:</b> 10 DE OCTUBRE DEL 2013             |                              |              |                |             |
| <b>MÁQUINA:</b> ENROLLADORA DE LAMINAS DE CARTÓN |                              |              |                |             |
| <b>CÓDIGO DE MANTENIMIENTO:</b> 42-012           |                              |              |                |             |
| <b>Nº</b>  | <b>PUNTOS A INSPECCIONAR</b> | <b>BUENO</b> | <b>REGULAR</b> | <b>MALO</b> |
| 1  | RODAMIENTOS DE BASES         |              | X              |             |
| 2  | RELÉ AUXILIAR DE CONTROL     |              |                | X           |
| 3  | SENSOR INDUCTIVO S3          | X            |                |             |
| 4  |                              |              |                |             |
| 5  |                              |              |                |             |
| 6  |                              |              |                |             |

|                       |  |  |                |  |
|-----------------------|--|--|----------------|--|
| 7                     |  |  |                |  |
| 8                     |  |  |                |  |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |  |  |                |  |
|                       |  |  |                |  |
| <b>F. SUPERVISOR</b>  |  |  | <b>F. JEFE</b> |  |

Figura 4.4 Ficha de inspección.

| <b>ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>     |   |                                |
|--|---|--------------------------------|
| <b>FECHA:</b> 10 DE OCTUBRE DEL 2013         |   |                                |
| <b>ATT. MANTENIMIENTO</b>                    | <b>EQUIPO:</b> ENROLLADORA DE LAMINAS DE CARTÓN | <b>ORDEN DE COMPRA:</b> 1257-8 |
| <b>SOLICITADO POR:</b> ING ADOLFO PAEZ       | <b>NDEEQUIPO:</b> 767                           | <b>TIEMPO MUERTO:</b>          |
| <b>A:</b> TLGO DAVID MORA<br>(JEFE DE MANT.) | <b>SECCIÓN:</b><br>PRENSADO                     | 48 HORAS                       |

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>TRABAJO SOLICITADO:</b>   |                                |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. CAMBIO DE RACORES DE CONEXIÓN NEUMÁTICA POR FUGAS EN LA ELECTROVÁLVULA E1</li> <li>2.</li> <li>3.</li> <li>4.</li> <li>5.</li> </ol> |                                |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |                                |
| COMPROBAR EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE TODOS LOS TRABAJOS SOLICITADOS DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA.  |                                |
| <b>VTO. BNO. GERENCIA DE OPERACIONES</b>   | <b>VTO. BNO. MANTENIMIENTO</b> |
|  | TLGO DAVID GRANIZO             |

Figura 4.5 Orden de trabajo de mantenimiento.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Una vez diseñado el programa del PLC se procedió a comprobar su correcto funcionamiento, mediante la conexión de un computador personal al controlador lógico programable, ahí se puede visualizar tanto en el monitor de la PC como en el propio controlador el accionamiento de las

salidas y entradas del PLC, esto se ilustra de mejor manera en la figura 5.1.



**Figura 5.1 Simulación del proceso mediante una PC.**

El software utilizado para la visualización del programa es el del propio controlador, Mitsubishi FX3u, aprovechando que el mismo nos da la facilidad de observar el comportamiento del PLC en tiempo real. Obteniendo así resultados satisfactorios ya que el programa desempeña su trabajo de acuerdo a las especificaciones obtenidas al conversar con los operadores y el personal de mantenimiento de la máquina.

- Determinado el programa de funcionamiento y el plano de los elementos electromecánicos, realizado el montaje y conexión de los elementos eléctricos, mecánicos y neumáticos, se procedió a efectuar las respectivas pruebas, primero en la forma automática accionando los sensores de forma manual, obteniendo buenos resultados en su funcionamiento, ya que las bases de los rodillos se desplazan fácilmente, las electroválvulas así como el PLC funcionan sin ningún problema, solo se encontró el rodillo de la prensa N° 2 y 3 de la malla trabajaban de manera inversa a la especificada en la sección 4.1, se procedió a realizar las respectivas

correcciones y comprobaciones del caso. Todo esto se realizó con la máquina enrolladora de cartón parada.

- Por último se realizó la comprobación de los sistemas con la máquina en movimiento sin carga, en la sección de prensas se tiene una prensa superior y otra inferior cada una con un fieltro en movimiento por lo que si se desplazan los fieltros de las prensas superiores el operador tiene que subir a desplazar los rodillos de dichas prensas manualmente y dejar de realizar alguna otra actividad, pero con el sistema de control funcionando la persona que opera la sección de formado y prensado no tuvo que estar observando si el fieltro o la malla se desplazaban hacia la derecha o izquierda, el sistema de control se encargaba de realizar el trabajo por sí solo con sus respectivas correcciones y el operador al momento que la máquina este trabajando o al instante de arrancar la producción después de haberla parado, este pueda realizar otros trabajos sin preocuparse del desplazamiento de los fieltros de la sección de prensado y de la malla de la sección de formado.
- Los resultados obtenidos en los sistemas de desplazamiento horizontal instalados en la máquina N° 2 en las secciones de prensado y formado fueron satisfactorios por lo que se comenzó a realizar la instalación de los mismos sistemas en la máquina N°1, ya que también trabajan en forma manual, por cuestiones económicas se instalaron tres de los seis sistemas que tiene esta máquina, se ubicaron en las secciones superiores de las prensas donde dan mayor trabajo para poder encaminar los fieltros, los resultados fueron satisfactorios ya que en la noche donde es más peligroso que los fieltros se salga de su trayectoria normal y cause daños a los mismos, los cuales son muy costosos para reemplazarlos, además se encuentra programado instalar los tres restantes sistemas de desplazamiento horizontal que hacen falta en la máquina N°1.

## **5.2 CONCLUSIONES.**

- Todos los sistemas se encuentran encaminados a la optimización de los recursos humanos y materiales de la empresa, ya que el mal direccionamiento del o los fieltros pueden generar el arrugamiento y rotura de los mismos.
- El objetivo de este proyecto fue realizar la automatización de los sistemas de desplazamiento horizontal para los fieltros de las prensas 1, 2 y 3 y de

la malla de formado, el cual se cumplió en su totalidad, de acuerdo a los alcances impuestos, obteniendo unos sistemas seguros, confiables y capaces de realizar el trabajo delegado sin ningún problema

- El peligro del control manual es que si ocurriera algún descuido por parte del operador el o los fieltros pueden direccionarse hacia la izquierda o derecha lo que ocasionaría que la hoja se pegue en los rodillos de las prensas por lo que se produciría la rotura de la misma, para poder encaminar a los fieltros en su cauce normal se tendría que detener la máquina lo que originaría pérdidas en la producción. Esto no sucederá con el sistema de control automático que se implementó ya que el propio fieltro es el encargado de dar la señal para que el sistema desplace horizontalmente al o los rodillo para así encaminar los fieltro, más no el operador.
- Los sistemas mecánico, eléctrico y neumático están conformados con elementos sencillos y económicos, de gran disponibilidad en el mercado local sin olvidar la calidad de los equipos y materiales que se utilizaron, esto permitirá el cambio de los repuestos más fácilmente si se produjera algún tipo de daño.
- Los conocimientos técnicos dentro del área eléctrica y neumática, así como el empleo de las herramientas adecuadas garantizan el rediseño y construcción de todos los tableros de mando eléctricos y neumáticos, la calidad en su funcionamiento.
- El sistema mecánico está rediseñado y construido en base a planos y especificaciones técnicas de los pulmones obtenidos en el mercado, los cuales cumplían con las exigencias de los sistemas para su correcto funcionamiento.

- Con los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos nuevos se garantiza un largo trabajo sin paradas por daños o mantenimientos correctivos, teniendo únicamente que apegarse al cronograma de mantenimiento preventivo que se elaboró con el presente proyecto.
- El uso de un PLC simplifica el mantenimiento, disminuyendo las paradas por correcciones o cambios de dispositivos eléctricos, una de las ventajas más importantes es que son programables si existiera cambios en los condicionantes, además que se puede tener un control y monitoreo de las acciones que están realizando.
- El uso de elementos neumáticos para realizar los movimientos mecánicos de desplazamiento lineal, ha ido desplazando a los trabajos manuales realizados por el hombre, y son una buena solución para eliminar tiempos muertos en los procesos.
- La automatización de los sistemas de desplazamiento horizontal para las prensas 1, 2 y 3, fue realizado de tal manera que pueda ser sometido a cambios e implementaciones para mejorar su rendimiento, seguridad y confiabilidad.

### **5.3 RECOMENDACIONES.**

- Antes de poner a trabajar los sistema de desplazamiento horizontal lea muy atentamente las instrucciones y normas que se encontraran adjuntas en la sección 4.2.
- Es necesario saber la distancia mínima que debe desplazarse la malla o el fieltro para poder calibrar la distancia que deben estar separados los

sensores inductivos esto se debe hacer conjuntamente con el operador de las secciones de prensado y formado del turno que se encuentre trabajando.

- Se recomienda al momento de realizar la conexión provisional del tablero de control eléctrico para realizar las pruebas, tomar todas las precauciones necesarias con el manejo de voltajes y corrientes, ya que un error podría causar algún tipo de accidente para la empresa como también para la persona que está realizando esta conexión.
- También tener mucho cuidado al momento de realizar las pruebas con los elementos neumáticos, observar que estén fijas las electroválvulas, las mangueras se encuentren bien ajustadas y acopladas, que la unidad de mantenimiento se encuentre bien conectada y regulada para así evitar sobrepresión en los elementos neumáticos los cuales pueden explotar y causar algún tipo de accidente.
- Al momento de realizar la construcción y montaje de las bases mecánicas tener mucho cuidado al manipular las herramientas o cualquier otro tipo de máquinas como taladros, amoladoras, soldadoras, etc. Utilizar todo los equipos necesarios para protegerse dependiendo del trabajo y las herramientas que va a utilizar no ponga en juego su vida.
- El programa establecido para el funcionamiento del PLC no debe ser alterado o modificado, si no está presente la persona encargada del manejo de este y de mutuo acuerdo con el área de producción.
- Es de vital importancia la calidad y cantidad de presión de aire comprimido y por ende el control permanente del equipo FRL (filtro, regulador y lubricador) así como el control de fugas en todo el sistema neumático ya que este produce pérdidas económicas muy importantes.

- Cuando se ha vivido la realidad del mundo laboral y comparándola con el tipo de formación académica recibida en las aulas, se puede sugerir a las autoridades cambios, por ejemplo:
  - Establecer un diálogo con el sector productivo para conocer qué tipo de fortalezas ellos buscan en los nuevos profesionales.
  - Algunas materias de especialización deben ser reforzadas para que el estudiante pueda desenvolverse en cualquier área de trabajo
  - Dentro de lo posible ofrecer al estudiante graduado de la Escuela de Formación de Tecnólogos alternativas para conseguir un título de tercer nivel de la EPN.
- El presente trabajo está enfocado también como ayuda para aquellas personas que se relacionen con el tema y necesiten de la información que aquí se presenta, en particular sobre equipos eléctricos, neumáticos ya que se tiene una información resumida y concreta acerca de los mismos.
- Los rodillos de los fieltros de las prensas 1, 2 y 3 y de la malla de formado que realiza el trabajo de desplazamiento horizontal, deben ser colocados en el centro de las base y correctamente nivelados, el ángulo que deben formar los fieltros y la malla de formado con los rodillos es de 30 grados.
- Para seleccionar el sitio en el cual se tiene que colocar las bases de los sistemas, se tiene que tomar en cuenta que los rodillos que reciben la señal del sistema establecido deben cambiar la dirección de giro de la malla de formado y de los fieltros de las prensas 1, 2 y 3, con una velocidad de respuesta acorde al sistema operativo de la máquina.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

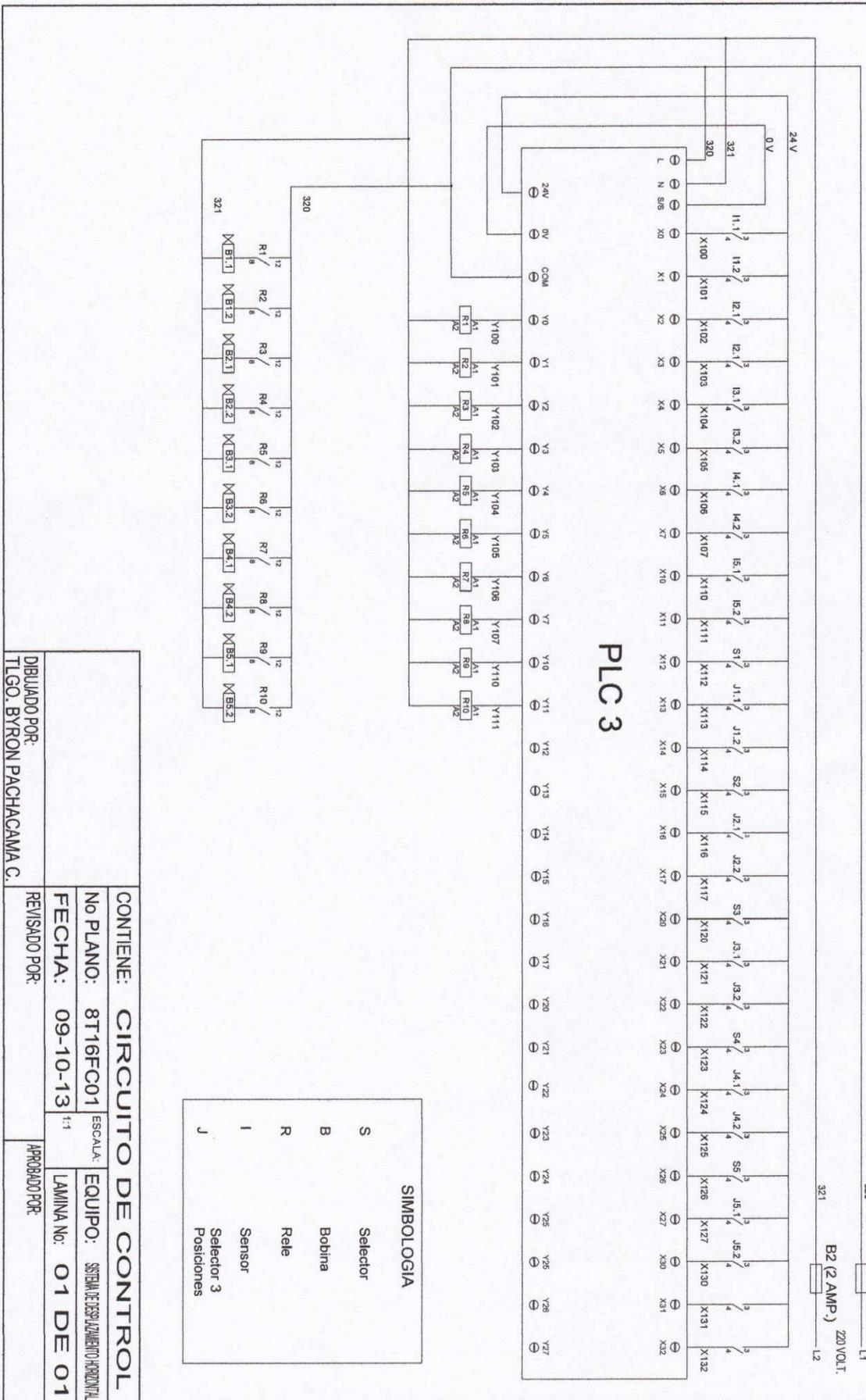
- Ing. Molina M. Jorge. (2000) Apuntes de Control industrial.
- SIEMENS AG, (2001) manual de la siemens.

- Editado por Bundesinstitut für Berufsbildungsforschung Berlin Hidráulica curso para la formación profesional.
- Ing. Fernando Jácome Jijón Seminario de Programación de Mantenimiento Industrial(21 septiembre del 2008).
- Thompson Paraninfo Neumática, Hidráulica y Electricidad aplicada
- Encarta 2008 – 2009
- [www.incasa.com](http://www.incasa.com)
- [www.observatorio@cnice.mec.es](mailto:www.observatorio@cnice.mec.es)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).
- MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION, INC. Abril 2009. Manual.
- Ing. German Castro Macancela, Curso de Controladores Lógicos Programables.

**ANEXO A**

**DIGRAMA DEL CIRCUITO DE  
CONTROL ELECTROMECAÁNICO**

# CIRCUITO DE CONTROL ELECTRICO

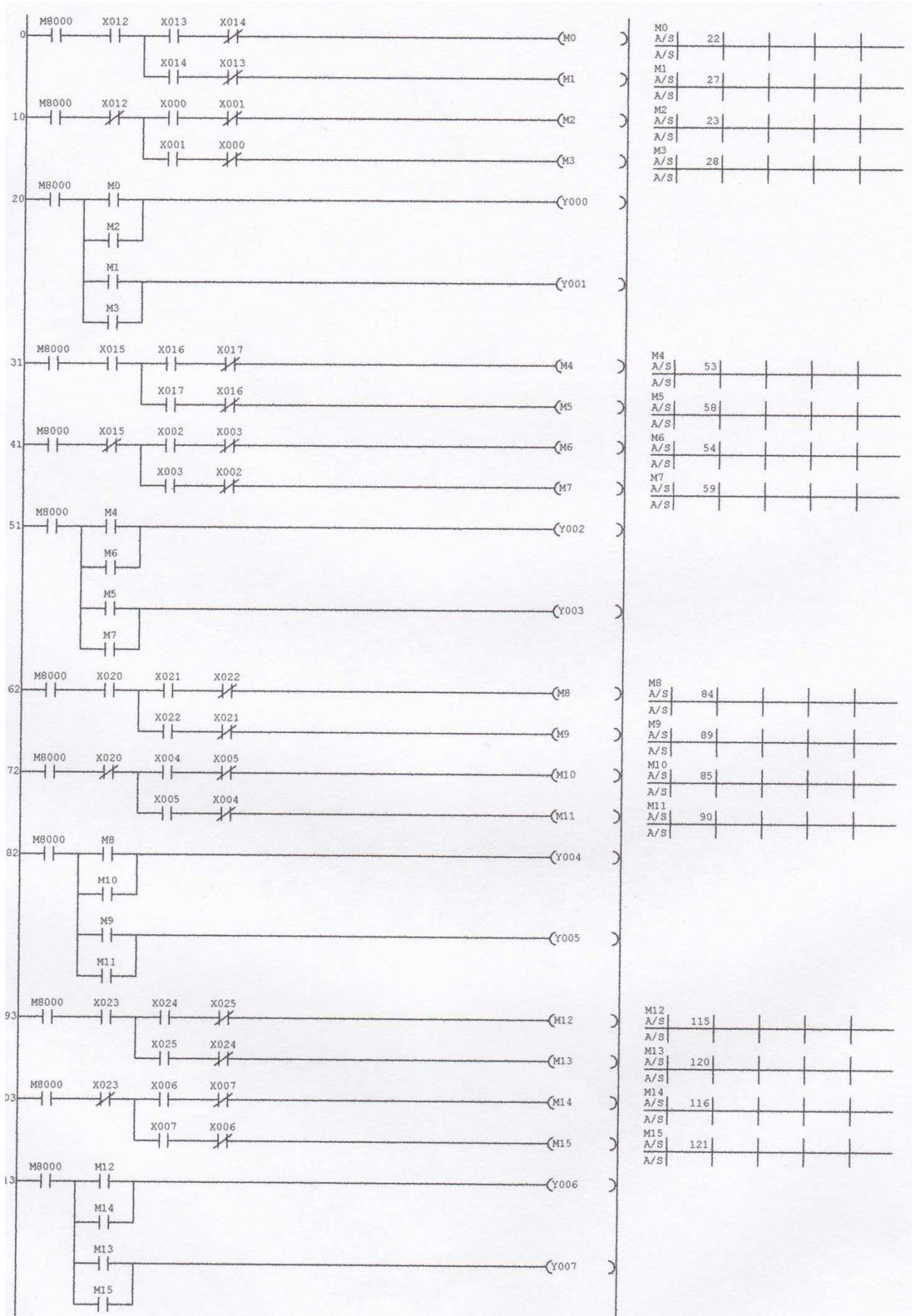


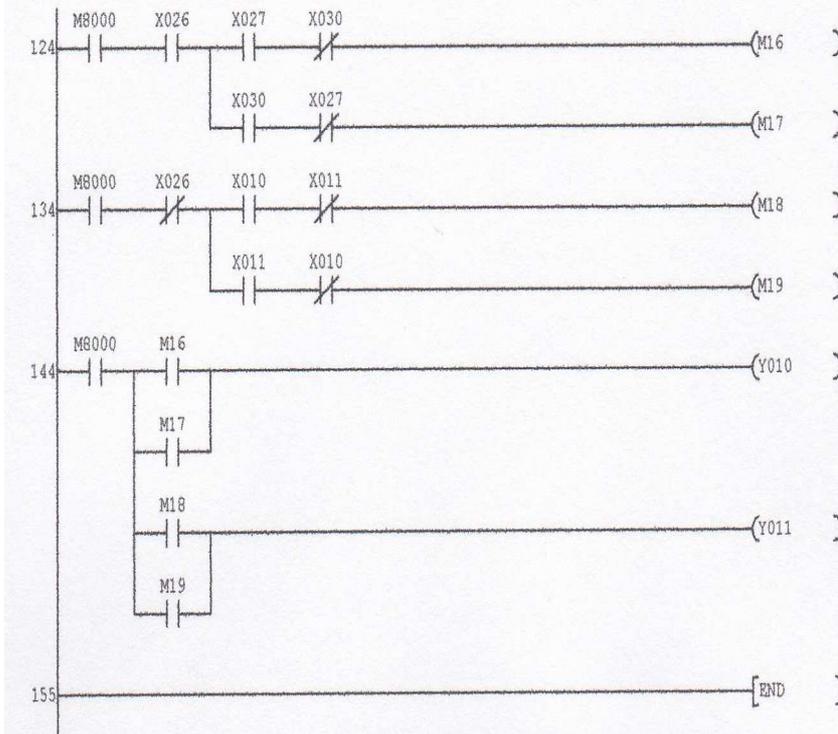
|  |  |
|--|--|
| CONTIENE: <b>CIRCUITO DE CONTROL</b>   |  |
| No PLANO: 8T16FC01                     | ESCALA: 1:1                                  |
| FECHA: 09-10-13                        | EQUIPO: SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |
| REVISADO POR:                          | LAMINA No: 01 DE 01                          |
| DIBUJADO POR: TIGO. BYRON PACHACAMA C. | APROBADO POR:                                |

**ANEXO B**

**PROGRAMA DE CONTROL DEL**

**PLC**





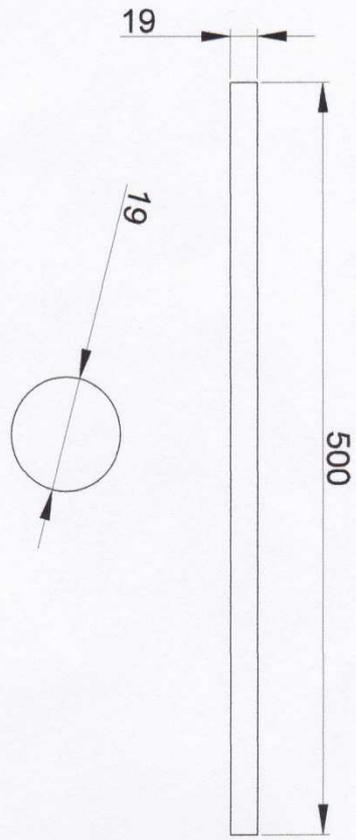
|     |     |  |  |  |
|-----|-----|--|--|--|
| M16 |     |  |  |  |
| A/S | 146 |  |  |  |
| A/S |     |  |  |  |
| M17 |     |  |  |  |
| A/S | 147 |  |  |  |
| A/S |     |  |  |  |
| M18 |     |  |  |  |
| A/S | 151 |  |  |  |
| A/S |     |  |  |  |
| M19 |     |  |  |  |
| A/S | 152 |  |  |  |
| A/S |     |  |  |  |

**ANEXO C**

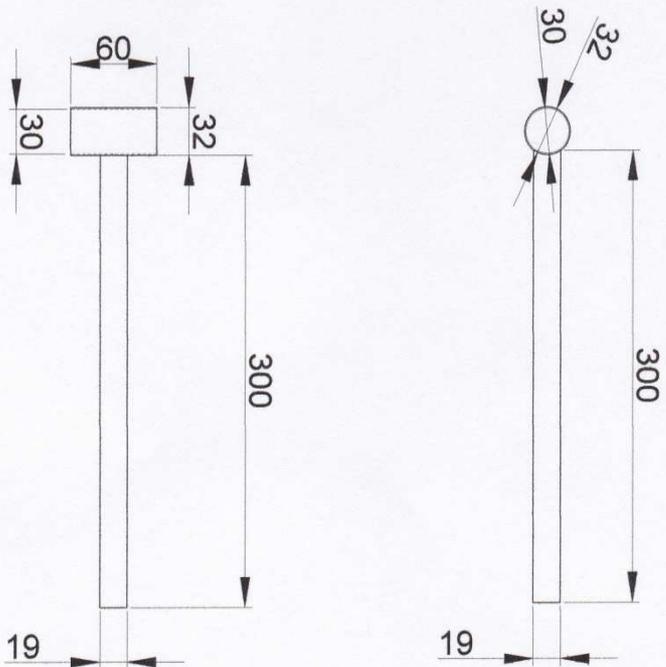
**PLANO DE LAS BASES DE LOS**

**SENSORES**

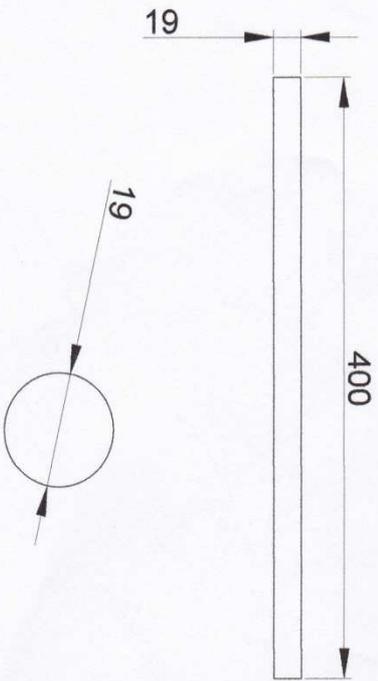
### EJE 1



### EJE 2

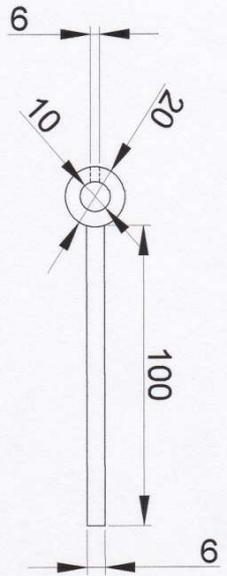


### EJE 3

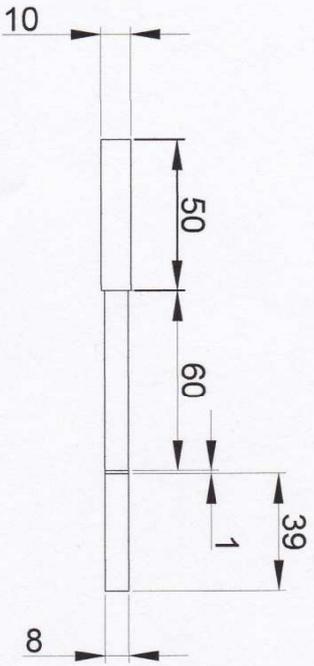


|                                   |              |   |                                      |
|-----------------------------------|--------------|---|--------------------------------------|
| CONTIENE: <b>BASE DE SENSORES</b> |              | DIBUJADO POR:<br>TLGO. BYRON PACHACAMA C. |                                      |
| No PLANO:                         | 8T16FC02     | ESCALA:                                   | 1:1                                  |
| FECHA:                            | 09 - 10 - 13 | EQUIPO:                                   | SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |
| REVISADO POR:                     |              | LAMINA No:                                | 01 DE 04                             |
|                                   |              | APROBADO POR:                             |                                      |

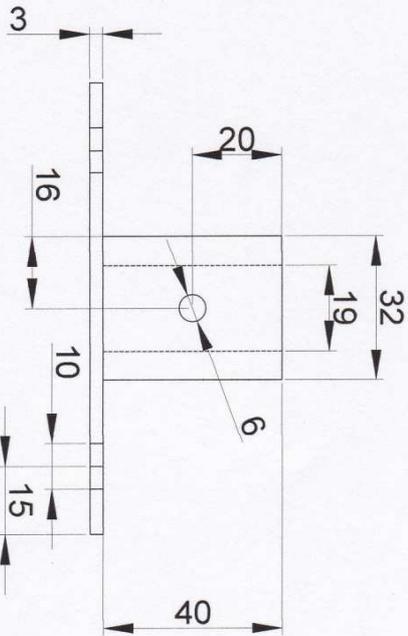
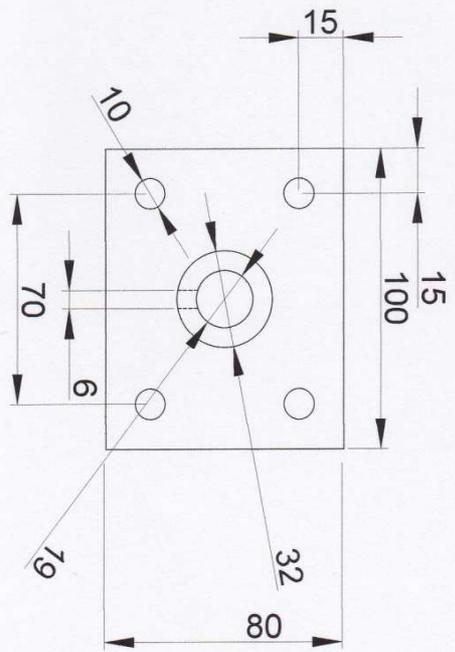
### EJE 4



### EJE 5

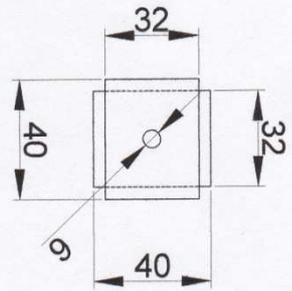
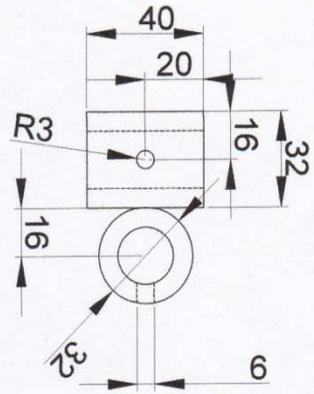


### BASE DE FIJACION

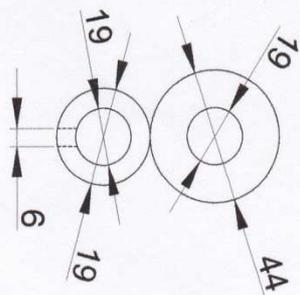
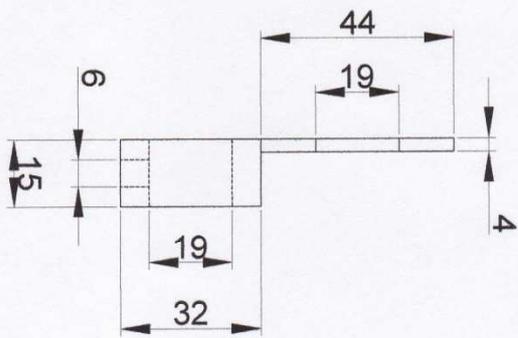


|  |                     |
|--|---------------------|
| CONTIENE: <b>BASE DE SENSORES</b>      |                     |
| No PLANO: 8T16FC03                     | ESCALA: 1:1         |
| FECHA: 09 - 10 - 13                    | LAMINA No: 02 DE 04 |
| DIBUJADO POR: TLGO. BYRON PACHACAMA C. | APROBADO POR:       |
| REVISADO POR:                          |                     |

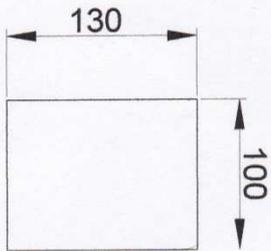
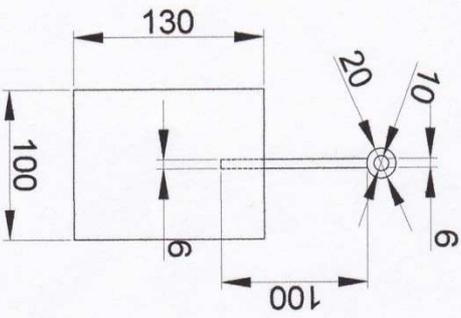
**BASES DE SUJECION**



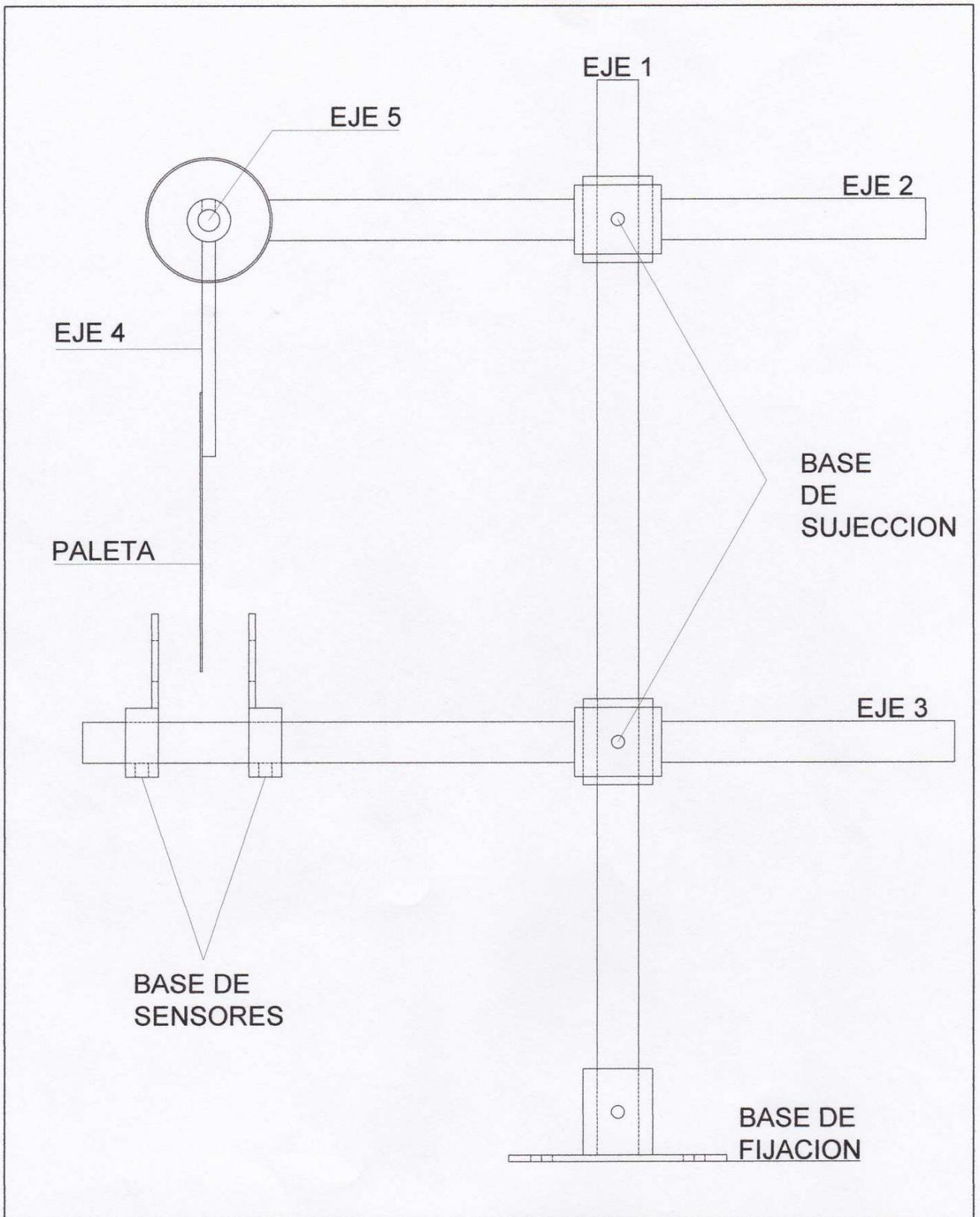
**BASE DE SENSORES**



**PALETA DE TOL GALVANIZADO**



|   |              |                                   |  |
|---|--------------|-----------------------------------|--|
| DIBUJADO POR:<br>TLGO. BYRON PACHACAMA C. |              | CONTIENE: <b>BASE DE SENSORES</b> |  |
| No PLANO:                                 | 8T16FC04     | ESCALA:                           | EQUIPO: SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |
| FECHA:                                    | 09 - 10 - 13 | 1:1                               | LAMINA No. 03 DE 04                          |
| REVISADO POR:                             |              | APROBADO POR:                     |  |



|  |               |               |   |
|--|---------------|---------------|---|
|  |               |               |   |
| <b>CONTIENE: BASE DE SENSORES</b>        |               |               |   |
| No PLANO:                                | 8T16FC05      | ESCALA:       | EQUIPO: SISTEMA DE DESPAZAMIENTO HORIZONTAL |
| FECHA:                                   | 09 - 10 - 13  | 1:1           | LAMINA No: 04 DE 04                         |
| DIBUJADO POR:<br>TLGO.BYRON PACHACAMA C. | REVISADO POR: | APROBADO POR: |   |

**ANEXO D**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**DE LOS PULMONES Y PLANOS DE**

**BASE DE LOS RODILLOS**

## **SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL MANUAL O AUTOMÁTICO**

El sistema es una guía simple de aire para fieltros, hilos y telas. Es fabricado en acero inoxidable, con una válvula de control de acero inoxidable y la palma de guía en casi cualquier material que desee el cliente.

### **CARACTERÍSTICAS**

#### **BUEN FUNCIONAMIENTO**

- Carro montado sobre rodamientos.
- No tiene cierres deslizantes arrastrando sobre las formas.
- Actuadores de diafragma sin fricción.
- Única forma de montaje.

#### **RESPUESTA RÁPIDA**

- Baja fricción del sistema.
- Control directo actuador de posición proporcional a una respuesta rápida y precisa.

#### **MANTENIMIENTO REDUCIDO**

- Los cojinetes antifricción tienen un mínimo de 10 años de vida con una carga máxima recomendada, en condiciones normales de operación.
- El transporte exclusivo de montaje para la distribución uniforme de la carga.
- El polvo y la protección de estanqueidad de las formas y los cojinetes.
- Fácil sustitución de actuadores de diafragma.

#### **VERSÁTIL**

- Se puede utilizar en cualquier lugar húmedo o seco, en cualquier lugar de la planta.
- Se puede montar en forma horizontal o inclinada. Diseño vertical ligeramente diferente.

- Puede ser utilizado para control combinado y el medió de montaje.
- Puede ser organizado para el montaje de dos rodillos para el control de la red.
- El diseño compacto de tamaño estándar pueden ser fácilmente modificados para requisitos especiales.

## **BORDE DE DETECCIÓN**

- Mecánico / neumático borde de detección de palma de la válvula es estándar.
- Borde neumático o sistema electrónico de detección se puede aplicar.

## **AUTOMÁTICO O MANUAL**

- Principalmente indicado para guiar en forma automática con el uso de dispositivo de borde de detección.
- Diseñado para operación manual cercano o remoto mediante la eliminación de los controles de detección de borde y el uso de una de las válvulas de control de presión para el posicionamiento del carro.
- Una guía del mando manual mecánico está disponible en todos los tamaños.

## **INSTALACIÓN Y OPERACIÓN**

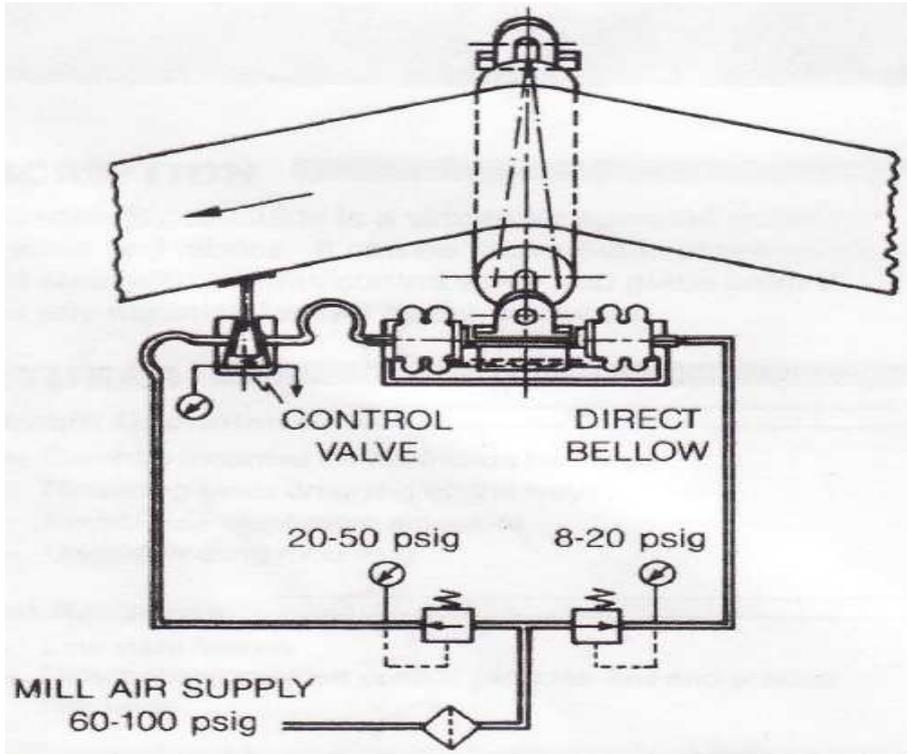
- Guía de instalación de cada sistema. (Los detalles varían debido a las condiciones existentes.).
- Instale la guía central de palma a 90 ° del fieltro, tela, o el borde de alambre donde los viajes se desea.
- Ajuste la presión del aire al fuelle a 10 psi.
- Ajuste la presión del aire para controlar la palma de la mano (válvula) en 24 a 26 psi y guía de funcionamiento de prueba. (Aumento o disminución de la presión para ajustar la velocidad de reacción necesaria.) Nota: No fuerce la palma y el brazo en cualquier momento.
- Planta de suministro de aire estándar (aprox. 60 psi) requerido.
- La temperatura ambiente de -35 ° F a 135 ° F. Especial de goma se pueden proporcionar para actuadores fuera de la temperatura dada.

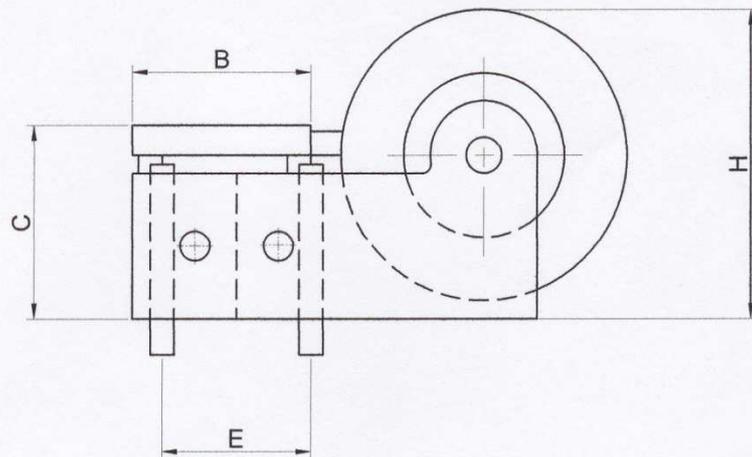
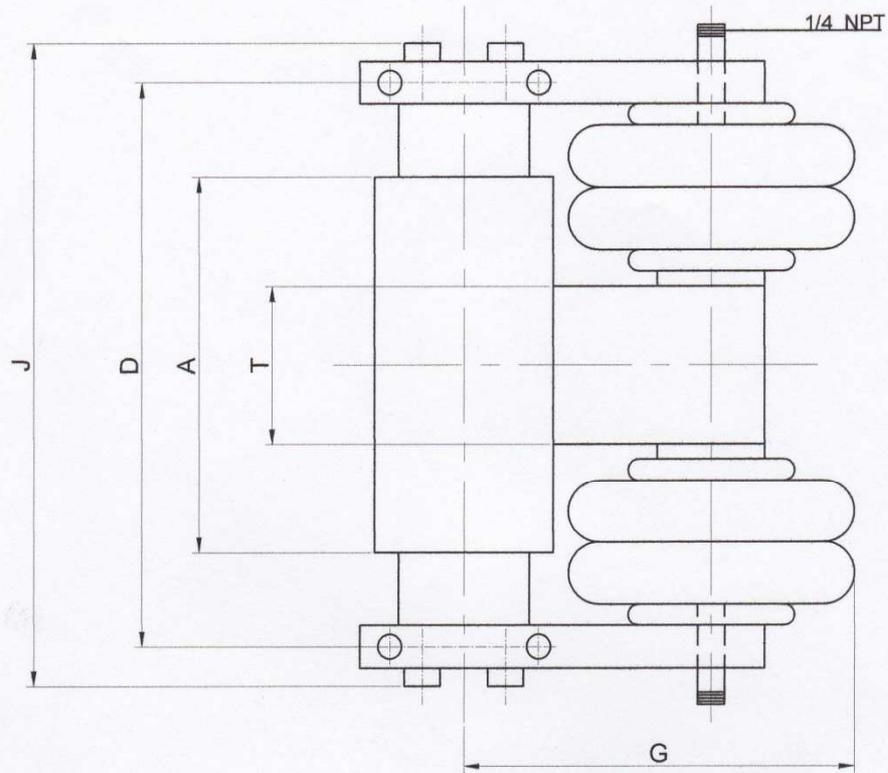
## MANTENIMIENTO

- La unidad está lubricado con grasa, debe ser comprobado al menos una vez al mes.
- No abra la válvula de control, que está definido con precisión y sellado.
- En condiciones normales no es necesario otro tipo de mantenimiento.

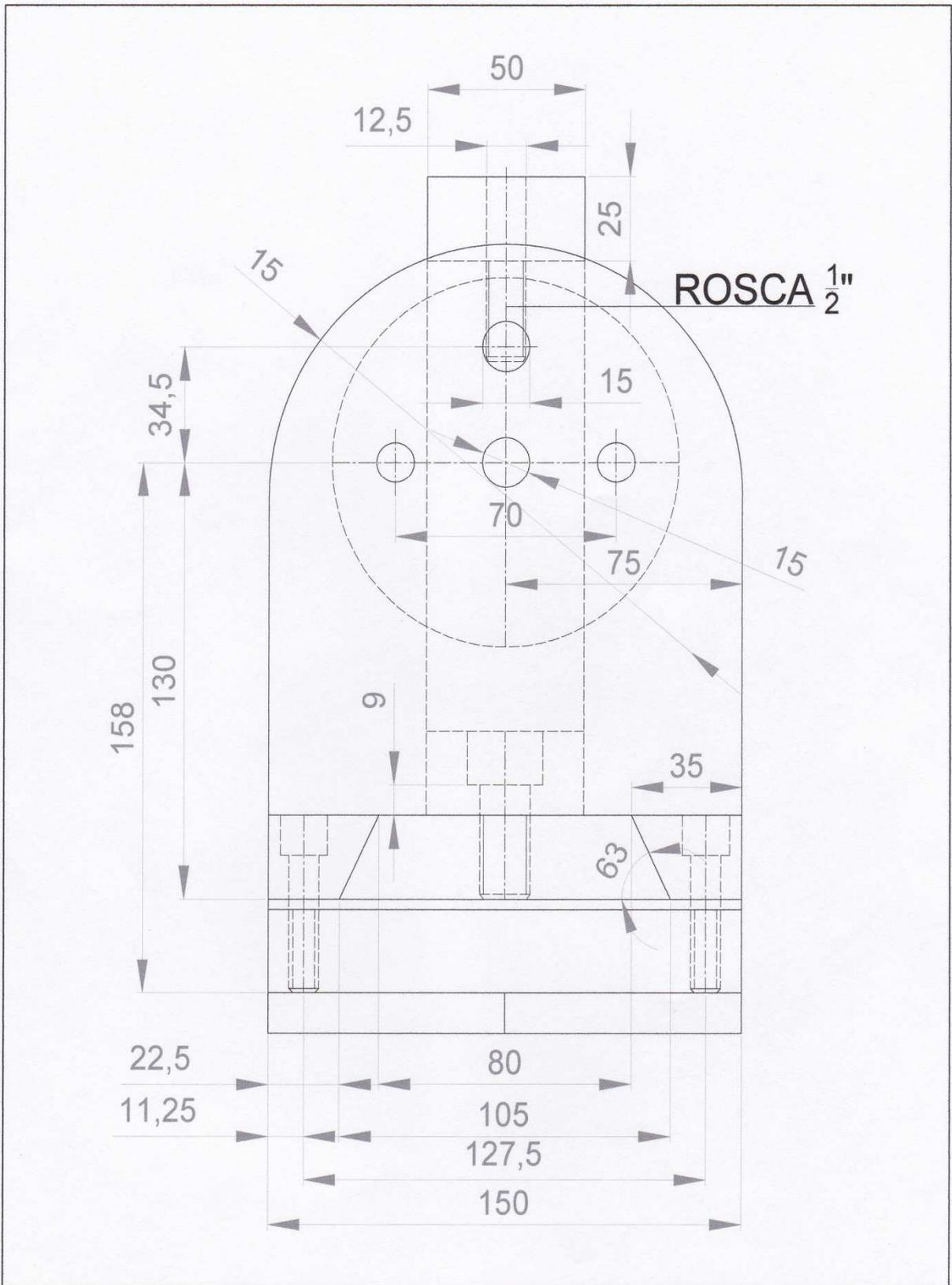
## ESPECIFICACIONES TECNICAS

|           | MEDIDAS |        |         |         |         |
|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|
| DIMENSION | 12-25   | 16-25  | 20-26   | 24-26   | 32-26   |
| T         | 3.00    | 3.00   | 4.75    | 5.00    | 5.50    |
| A         | 8.25    | 10.00  | 12.00   | 14.00   | 16.00   |
| B         | 4.00    | 5.00   | 6.00    | 7.00    | 8.00    |
| C         | 3.75    | 4.25   | 5.13    | 5.63    | 6.50    |
| D         | 12.43   | 14.38  | 17.25   | 20.88   | 25.00   |
| E         | 3.63    | 4.38   | 5.50    | 6.25    | 7.25    |
| F         | 3/8     | 1/2    | 1/2     | 5/8     | 5/8     |
| G         | 8.20    | 8.90   | 11.60   | 12.00   | 12.50   |
| H         | 6.50    | 6.50   | 8.50    | 8.50    | 8.50    |
| J         | 13.75   | 16.37  | 19.50   | 23.30   | 27.50   |
| L         | 1000    | 1500   | 2000    | 3500    | 5000    |
| P         | 750lbs  | 750lbs | 1000lbs | 1000lbs | 1000lbs |

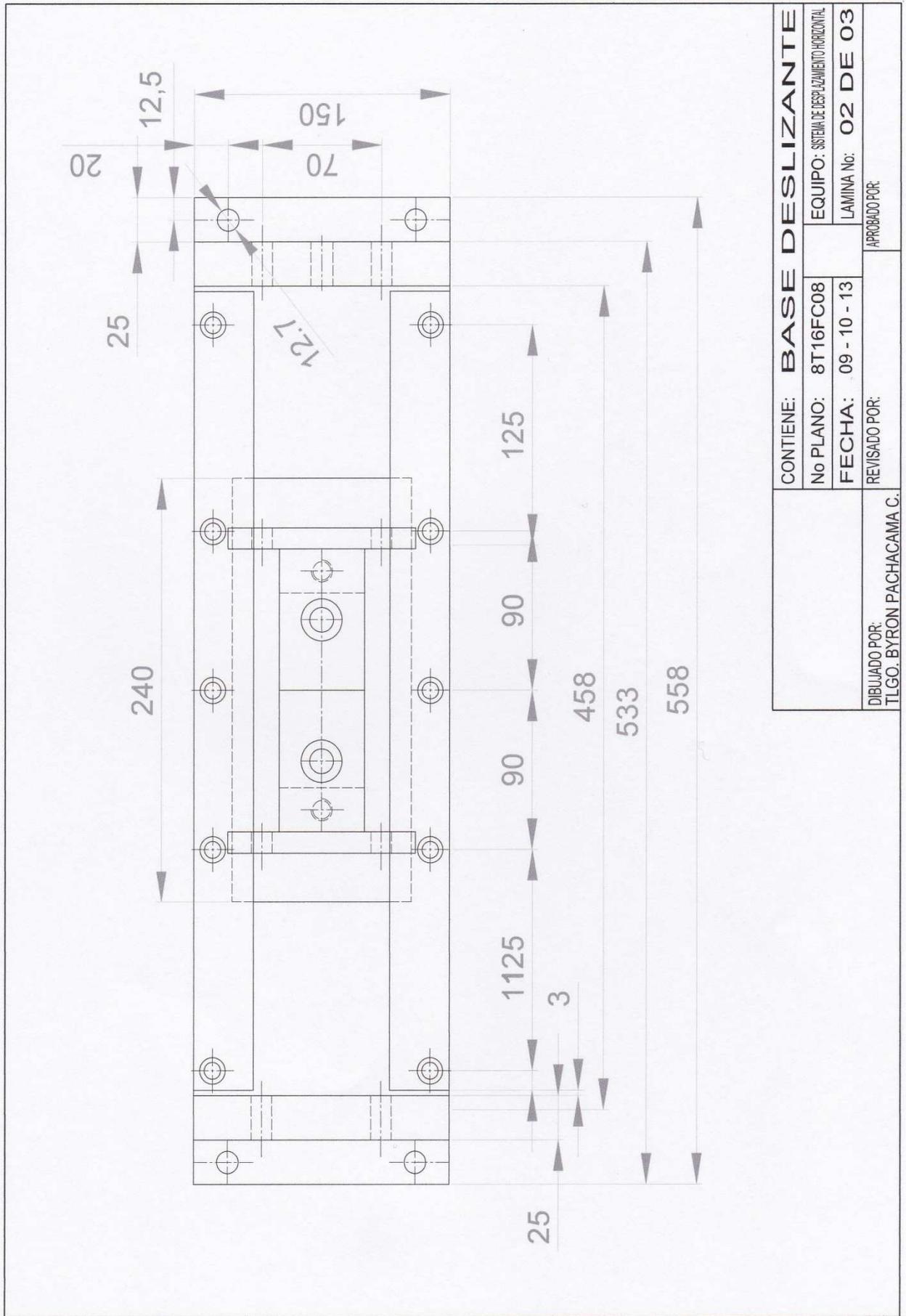


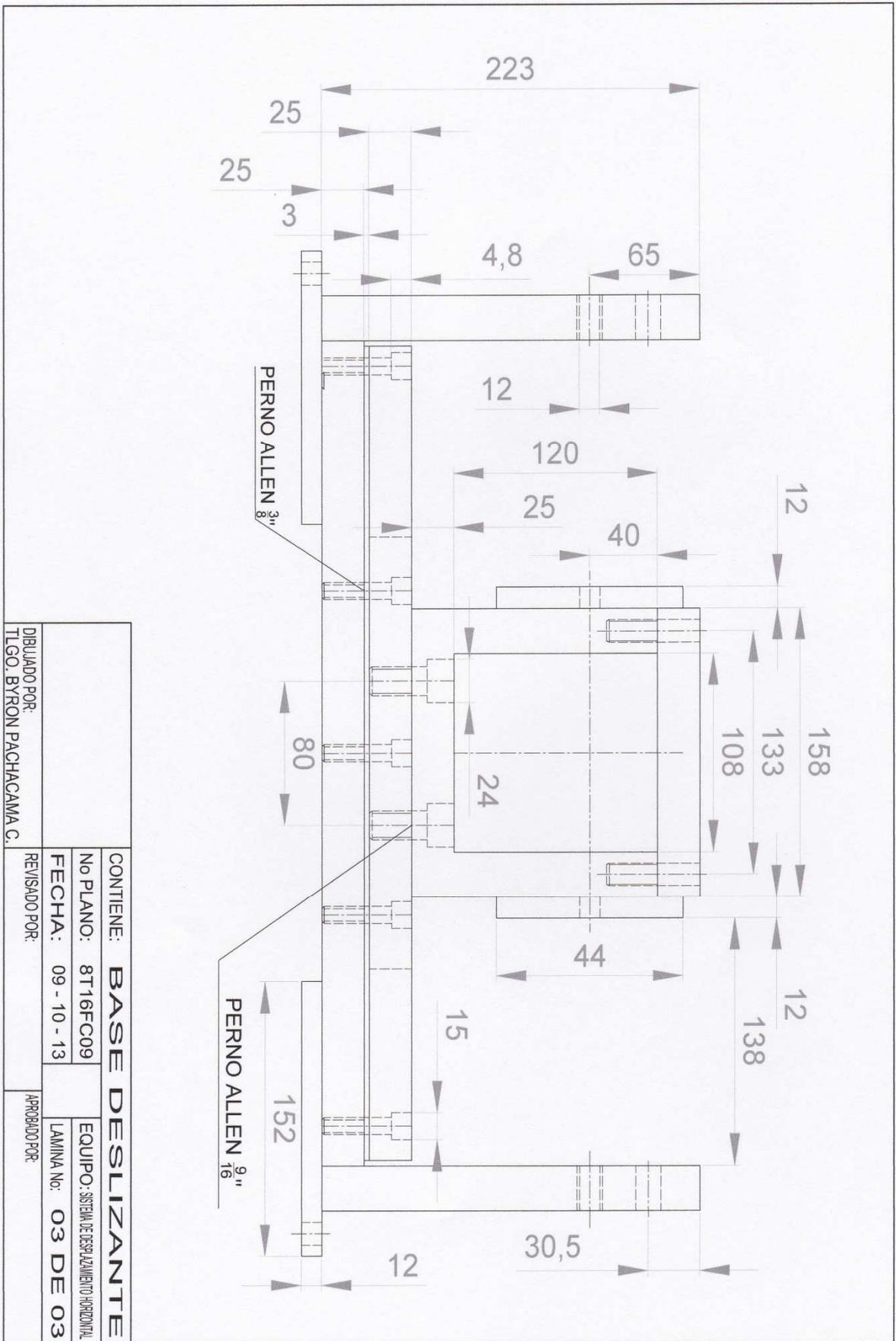


|  |  |               |   |   |  |
|--|--|---------------|---|---|--|
|  |  |               |   | <b>CONTIENE: BASE DE PULMONES Y RODILLO</b> |  |
| No PLANO: 8T16FC06                       |  | ESCALA:       | EQUIPO: SISTEMA DE DESPAZAMIENTO HORIZONTAL |   |  |
| FECHA: 09 - 10 -13                       |  | 1:1           | LAMINA No: <b>01 DE 01</b>                  |   |  |
| DIBUJADO POR:<br>TLGO.BYRON PACHACAMA C. |  | REVISADO POR: |   | APROBADO POR:                               |  |



|   |                                  |  |
|---|----------------------------------|--|
|   | CONTIENE: <b>BASE DESLIZANTE</b> |  |
|   | No PLANO: 8T16FC07               | EQUIPO: SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |
|   | FECHA: 09 - 10 - 13              | LAMINA No: 01 DE 03                          |
| DIBUJADO POR:<br>TLGO. BYRON PACHACAMA C. | REVISADO POR:                    | APROBADO POR:                                |



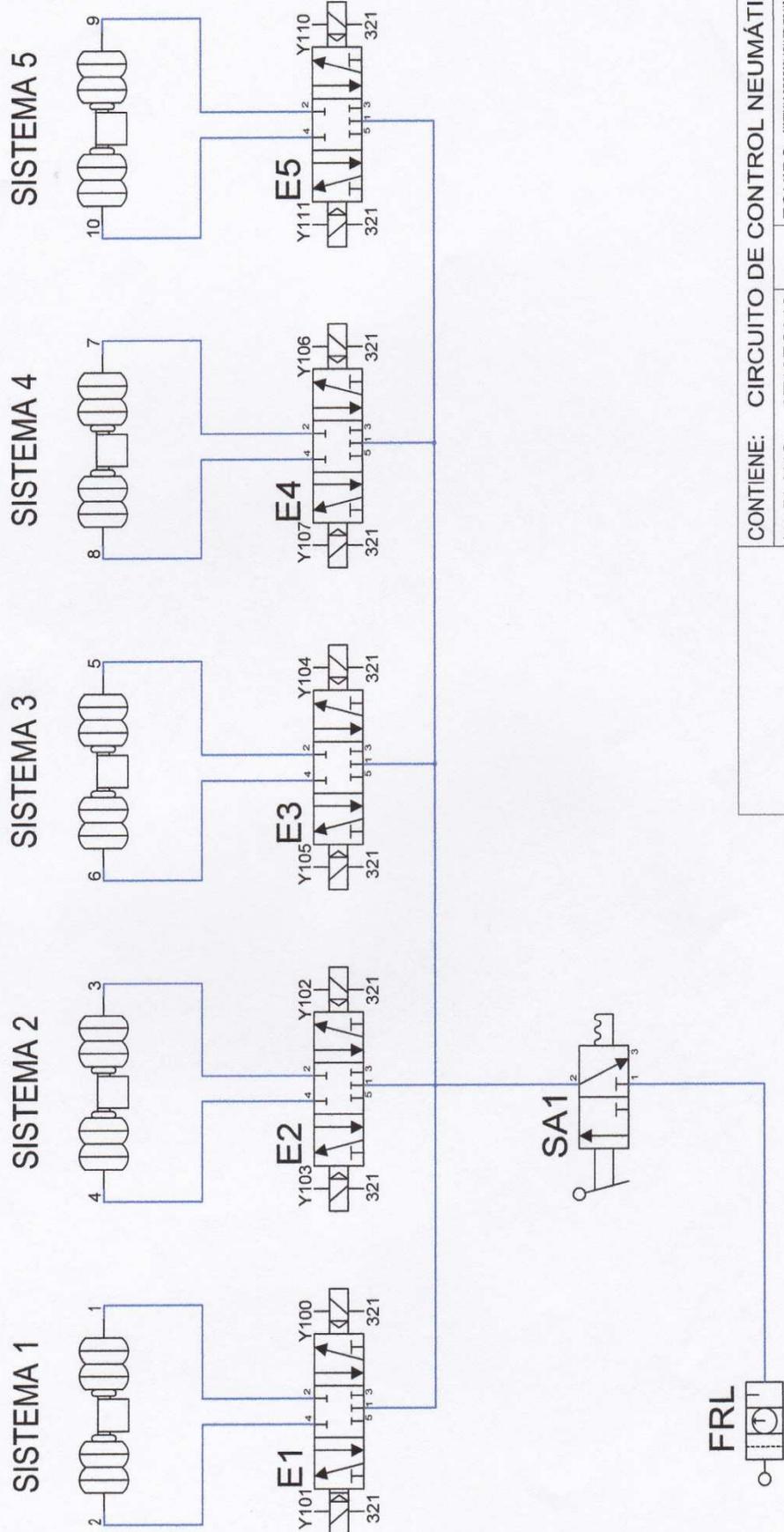


|                                  |              |  |          |
|----------------------------------|--------------|--|----------|
| CONTIENE: <b>BASE DESLIZANTE</b> |              | DIBUJADO POR:<br>TLGO. BYRON PACHACAMA C.    |          |
| No PLANO:                        | 8T16FC09     | EQUIPO: SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |          |
| FECHA:                           | 09 - 10 - 13 | LAMINA No:                                   | 03 DE 03 |
| REVISADO POR:                    |              | APROBADO POR:                                |          |

**ANEXO E**

**CIRCUITO NEUMÁTICO**

## SISTEMAS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL CIRCUITO DE CONTROL NEUMÁTICO



|   |   |
|---|---|
| CONTIENE: CIRCUITO DE CONTROL NEUMÁTICO |   |
| No PLANO: 8T16FC010                     | EQUIPO: SISTEMAS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL |
| ESCALA: 1:1                             | LÁMINA No: 01 DE 01                           |
| REVISADO POR: APROBADO POR:             |   |
| DIBUJADO POR: TLGO. BYRON PACHACAMA C.  |   |

**ANEXO F**

**TABLAS DE ESPECIFICACIONES**

**DE LOS**

**PRODUCTOS**

## CONTROL DE CALIDAD

Es el encargado de garantizar las distintas normas para que nuestro producto cumpla las exigencias de los clientes con estándares internacionales (normas TAPPI).

Según el uso al que vaya dirigido, necesita unas características técnicas específicas. Para ello se miden las cualidades del cartón. Las más comunes son:

- **Peso - Gramaje:** peso en gramos por unidad de superficie ( $\text{g/m}^2$ ).
- **Longitud de rotura:** se mide la cantidad de cartón (en miles de metros) necesaria para romper una tira de cartón por su propio peso.
- **Desgarro:** resistencia que ofrece el cartón a la continuación de un desgarro.
- **Resistencia al estallido:** resistencia que ofrece el cartón a la rotura por presión en una de sus caras.
- **Rigidez:** resistencia al plegado de una muestra de cartón.
- **Dobles pliegues:** cantidad de dobleces que soporta una muestra hasta su rotura.
- **Porosidad:** se mide la cantidad de aire que atraviesa una muestra de cartón.
- **Opacidad:** es la propiedad del cartón que reduce o previene el paso de la luz a través de la hoja. Es lo contrario a la transparencia.
- **Estabilidad dimensional:** básicamente la estabilidad dimensional hace referencia a las modificaciones en tamaño de una hoja de cartón dependiendo de las condiciones de humedad en el ambiente. Esto quiere decir que dependiendo de la humedad el cartón tenderá a variar su tamaño, suele hacerlo en dirección de las fibras (fusiforme) por lo que se puede predecir aproximadamente como se deforma.
- **Ascensión capilar:** altura en milímetros que alcanza el agua en una muestra parcialmente sumergida.
- **Planeidad:** algunos de los cambios anteriormente enumerados inciden en la planeidad del papel, esto último es un factor importante para la impresión offset.

## PAD DEL BANANO

El Pad del Banano es un liner, cuya principal característica es la resistencia a la humedad, y su uso principal es proteger las manos del banano dentro de la caja de cartón. Es un producto que sólo se usa para las cajas de cartón de exportación. Básicamente es un test liner cuyo gramaje varía desde 250 gramos hasta 270 gramos. Este producto se vende por hojas, y va empacado en paquetes de 200 hojas.

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT LINER PAD 230g/m<sup>2</sup></b>   |                                    |         |        |                  |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 219,0                              | 230,0   | 241,0  | g/m <sup>2</sup> | Fondo de caja para proteger fruta.<br>Fabricación de Kores (cilindros de cartón) para núcleos de papel higiénico, cintas adhesivas, etc.<br>Fabricación de cajas de cartón corrugado.<br>Elaboración de carpetas. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                |   |
| CALIBRE   | 11,0                               | 12,0    | 13,0   | mm               |   |
| MULLEN SECO   | 5,50                               | 6,5     | -      | g/m <sup>2</sup> |   |
| RIGIDEZ LONGITUDINAL  | 200,0                              | 240,0   | -      | g-cm             |   |
| RIGIDEZ TRANSVERSAL   | 110,0                              | 140,0   | -      | g-cm             |   |
| RASGADO TRANSVERSAL   | 135,0                              | 148,0   | -      | gf               |   |
| COBB CARA 2-min   | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |   |
| COBB REVES 2-min  | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT LINER PAD 260g/m<sup>2</sup></b>   |                                    |         |        |                  |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 238,0                              | 260,0   | 263,0  | g/m <sup>2</sup> | Fondo de caja para proteger fruta.<br>Fabricación de Kores (cilindros de cartón) para núcleos de papel higiénico, cintas adhesivas, etc.<br>Fabricación de cajas de cartón corrugado.<br>Elaboración de carpetas. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                |   |
| CALIBRE   | 12,0                               | 13,0    | 14,0   | mm               |   |
| MULLEN SECO   | 5,75                               | -       | -      | g/m <sup>2</sup> |   |
| RIGIDEZ LONGITUDINAL  | 210,0                              | 250,0   | -      | g-cm             |   |
| RIGIDEZ TRANSVERSAL   | 135,0                              | 150,0   | -      | g-cm             |   |
| RASGADO TRANSVERSAL   | 155,0                              | 184,0   | -      | gf               |   |
| COBB CARA 2-min   | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |   |
| COBB REVES 2-min  | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                        |               |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------------|---------------|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                        |               |
| <b>PRODUCTO: KRAFT LINER 260g/m<sup>2</sup></b>   |                                    |         |        |                        |               |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES               | OBSERVACIONES |
| *GRAMAJE  | 247,0                              | 260,0   | 273,0  | g/m <sup>2</sup>       |               |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                      |               |
| CALIBRE   | 14,0                               | 15,0    | 16,0   | Plg x 10 <sup>-3</sup> |               |
| RCT   | 36,0                               | -       | -      | gf                     |               |
| COBB CARA 2-min   | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup>       |               |
| COBB REVES 2-min  | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup>       |               |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |               |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---------------|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |               |
| <b>PRODUCTO: KRAFT LINER PAD 270g/m<sup>2</sup></b>   |                                    |         |        |                  |               |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES |
| *GRAMAJE  | 258,0                              | 270,0   | 283,0  | g/m <sup>2</sup> |               |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                |               |
| CALIBRE   | 13,0                               | 14,0    | 15,0   | mm               |               |
| MULLEN SECO   | 6,50                               | -       | -      | g/m <sup>2</sup> |               |
| RIGIDEZ LONGITUDINAL  | -                                  | 280,0   | -      | g-cm             |               |
| RIGIDEZ TRANSVERSAL   | -                                  | 180,0   | -      |                  |               |
| RASGADO TRANSVERSAL   | -                                  | 192,0   | -      | gf               |               |
| COBB CARA 2-min   | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |               |
| COBB REVES 2-min  | 30,0                               | -       | 40,0   | g/m <sup>2</sup> |               |

## GRIS NATURAL

El Cartón Gris Natural es básicamente un producto artesanal, que sirve para la fabricación de maletas, libretas, folders, etc. También se usa en el mercado de las flores de exportación y para la industria del calzado nacional y artesanal, otro de los usos más corrientes es como tapa de cuadernos, su nombre racional es: cartón sólido, bastante absorbente, ya que para su fabricación se usa como materia prima el papel periódico.

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |   |
| <b>PRODUCTO: CARTÓN LAMINADO #40, 700g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |         |        |                  |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 665,0                              | 700,0   | 735,0  | g/m <sup>2</sup> | <b>Usos:</b><br>Confección de: maletas, maletines, bolsos, carteras, etc.<br>Elaboración de: archivadores, carpetas, empastados.<br>Separadores de productos enlatados.<br>Fabricación de cajas para embalaje de pernos, tuercas, tornillos, etc. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 8,0     | 9,0    | %                |   |
| CALIBRE   | 0,95                               | 1,00    | 1,05   | mm               |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |   |
| <b>PRODUCTO: CARTÓN LAMINADO #20, 1700g/m<sup>2</sup></b>   |                                    |         |        |                  |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 1615,0                             | 1700,0  | 1785,0 | g/m <sup>2</sup> | <b>Usos:</b><br>Confección de: maletas, maletines, bolsos, carteras, etc.<br>Elaboración de: archivadores, carpetas, empastados.<br>Separadores de productos enlatados.<br>Fabricación de cajas para embalaje de pernos, tuercas, tornillos, etc. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 8,0     | 9,0    | %                |   |
| CALIBRE   | 2,33                               | 2,45    | 2,57   | mm               |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                  |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                  |   |
| <b>PRODUCTO: CARTÓN LAMINADO #35, 900g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |         |        |                  |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES         | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 855,0                              | 900,0   | 945,0  | g/m <sup>2</sup> | <b>Usos:</b><br>Confección de: maletas, maletines, bolsos, carteras, etc.<br>Elaboración de: archivadores, carpetas, empastados.<br>Separadores de productos enlatados.<br>Fabricación de cajas para embalaje de pernos, tuercas, tornillos, etc. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 8,0     | 9,0    | %                |   |
| CALIBRE   | 1,28                               | 1,35    | 1,42   | mm               |   |

## KRAFT SATINADO

El Cartón Kraft Satinado, cuyo nombre real es Kraft Liner Satinado, y es básicamente un test liner al cual se le satina y encola por ambas caras. Sus principales usos son: separadores para la industria en general y también se le usa para hacer cajas plegadizas, por ejemplo las de SI Café.

Tiene una característica importante y es que permite imprimir en ambas caras.

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                      |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|----------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                      |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT SATINADO 250g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |         |        |                      |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES             | OBSERVACIONES                           |
| *GRAMAJE  | 238,0                              | 250,0   | 263,0  | g/m <sup>2</sup>     | <b>USOS:</b><br>ELABORACION DE CARPETAS |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                    |   |
| CALIBRE   | 11,0                               | 12,0    | 13,0   | in x10 <sup>-3</sup> |   |
| COBB CARA 2-min   | 35,0                               | 45,0    | 60,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |
| COBB REVES 2-min  | 35,0                               | 45,0    | 60,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |              |        |                      |   |
|---|------------------------------------|--------------|--------|----------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |              |        |                      |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT SATINADO 400g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |              |        |                      |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL      | MÁXIMO | UNIDADES             | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 380,0                              | <b>400,0</b> | 420,0  | g/m <sup>2</sup>     | <b>Usos:</b><br>Separador para enlatados.<br>Fabricación de cajas para alimentos de bajo peso.<br>Elaboración de materiales para fiestas infantiles.<br>Fabricación de kores para núcleos de papel higiénico. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | <b>7,0</b>   | 8,0    | %                    |   |
| CALIBRE   | 20,0                               | <b>21,0</b>  | 22,0   | in x10 <sup>-3</sup> |   |
| COBB CARA 2-min   | 40,0                               | <b>55,0</b>  | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |
| COBB REVES 2-min  | 40,0                               | <b>55,0</b>  | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |              |        |                      |   |
|---|------------------------------------|--------------|--------|----------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |              |        |                      |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT SATINADO 450g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |              |        |                      |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL      | MÁXIMO | UNIDADES             | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 428,0                              | <b>450,0</b> | 472,0  | g/m <sup>2</sup>     | <b>Usos:</b><br>Separador para enlatados.<br>Fabricación de cajas para alimentos de bajo peso.<br>Elaboración de materiales para fiestas infantiles.<br>Fabricación de kores para núcleos de papel higiénico. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | <b>7,0</b>   | 8,0    | %                    |   |
| CALIBRE   | 23,0                               | <b>24,0</b>  | 25,0   | in x10 <sup>-3</sup> |   |
| COBB CARA 2-min   | 40,0                               | <b>55,0</b>  | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |
| COBB REVES 2-min  | 40,0                               | <b>55,0</b>  | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                      |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|----------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                      |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT SATINADO 500g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |         |        |                      |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES             | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 475,0                              | 500,0   | 525,0  | g/m <sup>2</sup>     | <b>Usos:</b><br>Separador para enlatados.<br>Fabricación de cajas para alimentos de bajo peso.<br>Elaboración de materiales para fiestas infantiles.<br>Fabricación de kores para núcleos de papel higiénico. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                    |   |
| CALIBRE   | 27,0                               | 28,0    | 29,0   | in x10 <sup>-3</sup> |   |
| COBB CARA 2-min   | 40,0                               | 55,0    | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |
| COBB REVES 2-min  | 40,0                               | 55,0    | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |

| <br>Industria Cartonera Asociada S.A.<br>REVISIÓN: 001 | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD |         |        |                      |   |
|---|------------------------------------|---------|--------|----------------------|---|
|   | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS          |         |        |                      |   |
| <b>PRODUCTO: KRAFT SATINADO 520g/m<sup>2</sup></b>  |                                    |         |        |                      |   |
| PARÁMETROS  | MÍNIMO                             | NOMINAL | MÁXIMO | UNIDADES             | OBSERVACIONES   |
| *GRAMAJE  | 494,0                              | 520,0   | 546,0  | g/m <sup>2</sup>     | <b>Usos:</b><br>Separador para enlatados.<br>Fabricación de cajas para alimentos de bajo peso.<br>Elaboración de materiales para fiestas infantiles.<br>Fabricación de kores para núcleos de papel higiénico. |
| HUMEDAD   | 6,0                                | 7,0     | 8,0    | %                    |   |
| CALIBRE   | 28,0                               | 29,0    | 30,0   | in x10 <sup>-3</sup> |   |
| COBB CARA 2-min   | 40,0                               | 55,0    | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |
| COBB REVES 2-min  | 40,0                               | 55,0    | 80,0   | g/m <sup>2</sup>     |   |

**ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS  
CARRERA DE: ELECTROMECHANICA**

**ORDEN DE EMPASTADO**

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 83 del Reglamento del Sistema de Estudios de las Carreras de Formación Profesional y de Postgrados, aprobado por el Consejo Politécnico en sesión del 16 de agosto de 2011 y una vez verificado el cumplimiento del formato de presentación establecido, se autoriza la impresión y encuadernación final del Proyecto de Titulación presentado por el señor:

**BYRON PACHACAMA CAJAMARCA**

Fecha de autorización: Quito, D.M., 23 de octubre de 2013

Ingeniero Carlos Posso Játiva  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

