

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**REHABILITACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA
BOBINADORA DE LÁMINA DE PLÁSTICO MARCA (COMEXI)
PARA LA EMPRESA TINFLEX S.A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES Y
ELECTROMECAÁNICA**

**CABASCANGO MORALES FREDY VICENTE
cabas-fr@hotmail.com**

**INFANTE CHAUCA LUCAS RAMIRO
linfante03@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. ALCÍVAR COSTALES
eduardo.costales@epn.edu.com**

QUITO, Octubre 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Freddy Vicente Cabascango Morales y Lucas Ramiro Infante Chauca declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

Sr. Freddy Cabascango

Sr- Lucas Infante

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Vicente Cabascango Morales y Lucas Ramiro Infante Chauca, bajo mi supervisión.

Ing. Alcívar Costales
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Tinflex S.A., por abrirnos sus puertas y permitirnos llevar a cabo nuestro proyecto de titulación en sus instalaciones.

Al Ing. Bolívar Aguayo, Gerente de planta de la empresa Tinflex S.A., por brindarnos su apoyo en todo momento.

A nuestro Director de Tesis Ing. Alcívar Costales, por su apoyo y por ser un guía en cada momento de la realización de nuestro proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional, por el conocimiento impartido a través de sus profesores durante nuestra trayectoria universitaria.

A todos nuestros compañeros, por brindarnos su amistad, apoyo y compañía en cada momento de nuestro recorrido y formación profesional.

Freddy y Lucas

DEDICATORIA

Agradezco desde el fondo de mi corazón a mi familia símbolo de lucha y respeto por todo el apoyo brindado durante toda mi vida profesional y personal.

A mis padres por esas voces de consejo y admiración que sembraron en mí el mejor hombre.

A mis amigos por su constante amistad y cariño que hicieron de mi ejemplo de ser humano.

Fredy

AGRADECIMIENTO

Ante todo debo dar gracias a Dios a mi madre por darme la vida y permitir cumplir una meta que llena de alegría mi vida y la de mi familia. De manera inmensa a mi madre por ese empuje y ejemplo de vida a mi padre por ese apoyo de un gran amigo, a mis hermanos por sus voces de aliento y fuerza. Y para ti amor Mayra Sandoval, mujer que un día llego a mi vida en un ser especial lleno de fuerza y alegría y Dios permita sea mi esposa.

Además a mis maestros por sus horas incansables de sabiduría y consejos y a mis amigos por esa fuerza silenciosa que eleva tu vida en esos momentos tristes y solitarios.

Gracias a todos por su confianza amor y alegría.

Lucas

INDICÉ

CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 EL PLÁSTICO	1
1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS	2
1.2.1.1 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS	2
1.2.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS	2
1.2.1.3 PROPIEDADES TÉRMICAS	2
1.2.1.4 PROPIEDADES ELÉCTRICAS	3
1.2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS	3
1.2.1.6 ABSORCIÓN DE HUMEDAD	3
1.2.1.7 PERMEABILIDAD	3
1.2.1.8 FRICCIÓN Y DESGASTE	3
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS	4
1.2.2.1 GRUPO TERMOPLÁSTICO	4
1.2.2.2 POLIETILENO (PE)	4
1.2.2.3 PROPIEDADES	4
1.2.2.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	4
1.3 MÁQUINAS CONVERTIDORAS DE PLÁSTICO (BOBINADORAS)	5
1.3.1 TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS	5
1.3.2 MÁQUINAS REBOBINADORAS HORIZONTALES	6
1.3.3 MÁQUINA REBOBINADORA HORIZONTAL CENTRAL	6
1.3.4 MÁQUINAS REBOBINADORAS VERTICALES	7
1.4 MECANISMOS DE CORTE DE PLÁSTICO	8
1.4.1 CORTE POR CUCHILLAS PLANAS	8
1.4.2 CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES Y ROTATORIAS	8
1.4.2.1 SISTEMA DE CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES A PRESIÓN	9
1.4.2.2 SISTEMA DE CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES A TIJERA	9
1.4.2.3 SISTEMA ROTATORIO DE CORTE A NAVAJA	10
1.5 CONTROL DE TENSIÓN	11

1.5.1	IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA TENSIÓN.....	11
1.5.2	ZONAS IMPORTANTES PARA EL CONTROL DE LA TENSIÓN	12
1.5.3	TIPOS DE CONTROL DE TENSIÓN	14
1.5.4	CONTROL DE TENSIÓN POR MEDIO DE LA MEDIDA DEL DIÁMETRO.....	15
1.5.5	MEDICIÓN DEL DIÁMETRO CON BRAZO SEGUIDOR.....	15
1.6	SISTEMA MECÁNICO	17
1.6.1	RODILLOS	17
1.6.2	SISTEMA DE EXTRACCION DE RESIDUOS DE LAMINA DE PLASTICO (EXTRACTOR DE RETAL).....	18
1.6.3	VENTILADOR	18
1.6.3.1	CLASIFICACIÓN DE VENTILADORES.....	18
1.6.3.2	VENTILADORES AXIALES.....	18
1.6.3.3	VENTILADORES CENTRÍFUGOS	19
1.6.4	MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	19
1.6.4.1	FUNCIONAMIENTO	20
1.6.4.2	TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	20
1.6.4.3	APLICACIONES DEL MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA	20
1.6.5	MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	22
1.6.5.1	MOTORES DE INDUCCIÓN	22
1.6.5.2	MOTORES SINCRÓNICOS	22
1.6.5.3	MOTORES DE COLECTOR.....	23
1.7	SISTEMA ELÉCTRICO	23
1.7.1	SISTEMA TOTALIZADOR DE BOBINAS.....	23
1.7.2	SENSORES	24
1.7.2.1	SENSORES DISCRETOS	24
1.7.2.2	CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR	25
1.7.2.3	TIPOS DE SENSORES.....	26
1.7.3	SISTEMA DE ALINEACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO.....	26
1.7.4	MOTORES PASO A PASO (PAP).	29
1.7.4.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	30
1.7.4.2	PARÁMETROS DE LOS MOTORES PAP	31
1.7.5	MICROCONTROLADORES.....	33
1.7.5.1	INTRODUCCIÓN.....	33

1.7.5.2 DEFINICIÓN	34
1.7.5.3 ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR.....	34
1.7.5.4 PARTES DEL MICROCONTROLADOR	36
1.7.5.4.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)	36
1.7.5.4.2 MEMORIAS	37
1.7.5.4.3 UNIDADES DE ENTRADA/SALIDA.....	38
1.7.5.4.4 RECURSOS AUXILIARES	39
1.8 SISTEMA NEUMATICO	40
1.8.1 ESQUEMA BÁSICO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO.....	40
1.8.2 CILINDROS NEUMÁTICOS	41
1.8.3 VÁLVULA DE AISLAMIENTO MANUAL	41
1.8.4 EQUIPO DE FILTRADO DE REGULACION Y LUBRICACION (FRL)..	41
1.8.5 ELECTROVÁLVULAS	41
1.8.6 CONTROL DE VELOCIDAD CVI NEUMATICO.	42
1.8.7 CONTROL DE EMBRAGUE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (FRENO)	42
1.8.8 CONTROL DE PRESIÓN EMBRAGUES INDIVIDUALES.....	42
1.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL	43
1.9.1 RIESGO MECÁNICO	43
MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	43
1.9.2 PREVENCIÓN. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	44
1.9.2.1 MÁQUINAS.....	44
1.9.2.2 HERRAMIENTAS DE MANO	45
1.9.2.3 HERRAMIENTAS DE FUERZA MOTRIZ.....	46
CAPÍTULO 2	48
REHABILITACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA BOBINADORA	
COMEXI	48
2.1 INTRODUCCIÓN	48
2.2 MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES	49
2.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	50
2.2.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	50
2.2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
2.2.4 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN MOTOR.....	51
2.2.4.1 ESTATOR	52

2.2.4.2 ROTOR.....	52
2.2.4.3 CARCASA	53
2.2.4.4 BASE.....	53
2.2.4.5 CAJA DE CONEXIONES	53
2.2.4.6 TAPAS	54
2.2.4.7 COJINETES	54
2.2.5 INSPECCIÓN VISUAL MECÁNICA Y ELÉCTRICA DE LOS MOTORES DE LA BOBINADORA COMEXI.....	54
2.2.5.1 INSPECCIÓN Y RESULTADOS.....	55
2.2.5.2 ACCIONES CORRECTIVAS REALIZADAS SOBRE LOS MOTORES	56
2.2.5.2.1 LIMPIEZA.....	56
2.2.5.2.2 CAMBIO Y MONTAJE DE RODAMIENTOS	57
2.2.5.2.3 RECTIFICACIÓN DEL ANILLO COLECTOR	59
2.2.5.2.4 ARMADO Y PROCESO DE RE-PINTURA EN LOS MOTORES	59
2.2.5.3 VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES	60
2.3 MANTENIMIENTO DE EJES Y RODILLOS.....	61
2.3.1 INSPECCIÓN VISUAL DE EJES Y RODILLOS	61
2.3.2 MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALUMINIO	61
2.4 CONTROL DE EMBRAGUE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (FRENO)..	62
2.4.1. INSPECCIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA DEL FRENO	63
2.4.1.1 PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	63
2.4.1.2 HISTÉRESIS MAGNÉTICA.....	64
2.4.2 MANTENIMIENTO DEL FRENO	64
2.4.3 VERIFICACIÓN DEL FRENO.....	66
2.4.3.1 PUESTA EN MARCHA	66
2.4.3.2 MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	67
2.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	67
2.5.1 MAGNITUDES	67
2.5.2 AIRE COMPRIMIDO.....	67
2.5.3 COMPONENTES DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO:	68
2.5.3.1 CILINDROS.....	68
2.5.3.2 VÁLVULAS.....	69

2.5.4 INSPECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO	72
2.5.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO	73
2.5.5.1 MONTAJE DEL SISTEMA	74
2.5.5.2 PRESION EMBRAGUES REBOBINADOR	77
2.5.5.3 AJUSTE DE LA PRESION DEL EMBRAGUE	78
2.6 MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE DRIVES DE CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	78
2.6.1 INSPECCIÓN VISUAL Y ELECTROMECAÁNICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE LA BOBINADORA COMEXI	79
2.6.1.1 MICROCONTROLADORES	80
2.6.1.1.1 MICROCONTROLADOR ATMEGA48	80
2.6.1.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ATMEGA48	81
2.6.1.1.3 DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL ATMEGA48	82
2.6.1.1.4 INTERRUPCIONES DEL ATMEGA	84
2.6.1.1.5 ICSP (IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING)	84
2.6.1.2 MOTORES PASO A PASO	85
2.6.1.2.1 INTRODUCCIÓN	85
2.6.1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES PASO A PASO	86
2.6.1.2.3 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO UNIPOLARES	87
2.6.1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE MOTOR VEXTA DE DOS FASES DE 1. 8° DE PASO	89
2.6.1.2.5 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO BIPOLARES	90
2.6.1.2.6 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL MOTOR PASO A PASO	91
2.6.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE	93
2.6.2.1 PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES	93
2.6.2.2 FUNCIONAMIENTO:	96
2.6.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	96
2.6.2.4 SOFTWARE UTILIZADO	96
2.6.2.5 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL CONTROL DE VELOCIDAD	98
2.6.2.6 CIRCUITO IMPRESO Y SCREEN DE LA TARJETA	99
2.7 CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA DE ALINEACIÓN DE LÁMINAS DE LA BOBINADORA COMEXI	100

2.8 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ALINEACION DE LAMINAS MARCA RE-SPA A LA BOBINADORA COMEXI	100
2.9 CONDICIONES INICIALES DEL TOTALIZADOR DE METRAJE	103
2.10 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TOTALIZADOR DE METRAJE.....	104
2.11 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TOTALIZADOR DE METRAJE.....	104
2.12 PUESTA EN MARCHA DE LA BOBINADORA	108
2.12.1 DESCRIPCION DE LOS CONTROLES EN EL TABLERO DE MANDO	108
2.12.2 CONEXIÓN DE LAS REDES DE ALIMENTACIÓN	108
2.12.3 MANIOBRA GENERAL	109
2.12.4 FRENO.....	109
2.12.5 SENTIDO DE GIRO DEL REBOBINADOR.....	110
2.12.6 SECUENCIA DE PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA	110
2.12.7 CONTROL PRESIÓN EMBRAGUES INDIVIDUALES	110
2.12.8 AJUSTE DE LA PRESIÓN DEL EMBRAGUE.....	111
2.12.9 DESCRIPCIÓN FINAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOBINADORA	111
CAPÍTULO 3	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
3.1 CONCLUSIONES	115
3.2 RECOMENDACIONES.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	121

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha tomado gran importancia el aprovechamiento racionalizado de todo tipo de materiales, para ello es necesario varios procesos y maquinaria especial que ayuden a alcanzar este propósito.

En el proceso de extrusión de rollos de plástico no siempre el producto final tiene la medida adecuada para el gusto del cliente debido al empate de los rollos en el momento de la extrusión. Por ello es necesario que el producto pase por un sistema de bobinado y corte. Si el cliente decide pedir un producto con impresión, en este proceso se realiza nuevamente el paso por el sistema de bobinado y corte según las especificaciones para el posterior sellado y empaque del producto final. Este proceso se realiza por corte longitudinal continuo al cortar la bobina del ancho de la etiqueta impresa por línea de impresión u orillos de la lámina. La parte sobrante de la bobina se convierte en desperdicio que puede ser recuperado y reusado como materia prima.

El propósito de la rehabilitación y automatización de la máquina es rebobinar y cortar bobinas que deben ser recuperadas o deben tener una medida exacta de acuerdo a las exigencias o requerimientos del cliente.

1.2 EL PLÁSTICO



Figura 1.1 Objetos fabricados con plástico

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico>

El término plástico, en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones (Figura 1.1).¹

1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.

1.2.1.1 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

La estructura interna de los plásticos determina sus propiedades fundamentales. Tienen densidades más bajas debido a que su estructura es más esporádica.

1.2.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Los plásticos tienen una estructura molecular y los metales una estructura atómica. Por esta razón, los plásticos presentan una resistencia mecánica relativamente menor, un módulo de elasticidad menor.

1.2.1.3 PROPIEDADES TÉRMICAS

El comportamiento térmico de los plásticos también es función de su estructura; los plásticos termo fijos son quebradizos a lo largo de todo el intervalo de temperaturas,

¹ PLÁSTICO: Richasrdson – Wilson: Plásticos 1993

1.2.1.4 PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Todos los plásticos no disponen de electrones libres móviles, tienen un buen comportamiento como aislantes, es frecuente utilizarlos en la industria eléctrica y electrónica, por ejemplo, para carcasas, aislantes, enchufes, recubrimiento de cable y alambre, entre otros.

1.2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Por ser los plásticos materiales inertes (no reactivos) frente a la mayoría de las sustancias líquidas, sólidas y gaseosas comunes, muestran mejores propiedades químicas que los materiales tradicionales como papel, madera, cartón y metales, siendo superados únicamente por el vidrio.

1.2.1.6 ABSORCIÓN DE HUMEDAD

Esta propiedad es distinta para los diferentes tipos de plásticos, consiste en la absorción de humedad presente en el aire o por la inmersión en agua, siendo dependiente del grado de polaridad de cada plástico.

1.2.1.7 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es una propiedad que tiene gran importancia en la utilización de los plásticos del sector envase, por ejemplo, en láminas, películas y botellas.

1.2.1.8 FRICCIÓN Y DESGASTE

El comportamiento de los plásticos ante la fricción es muy complejo, se caracteriza por la interacción de los materiales involucrado en el fenómeno, la estructura superficial, el lubricante, la carga específica y la velocidad de desplazamiento.

1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

1.2.2.1 GRUPO TERMOPLÁSTICO

El grupo termoplástico presenta la propiedad común de poder cambiar de forma por el calor y la presión, una vez fabricadas, sin que se varíe su composición química, los residuos se pueden volver a utilizar y trabajar por flexión, torsión.²

1.2.2.2 POLIETILENO (PE)

Son termoplásticos semicristalinos. Estos materiales se destacan en general por una buena resistencia química, alta tenacidad y elongación en la rotura, así como buenas propiedades de aislamiento eléctrico.²

1.2.2.3 PROPIEDADES

Los polímeros basados en etileno se producen en amplia variedad. Por ello se obtiene un muy variado cuadro de propiedades, a ello hay que agregarle posibilidades de modificación por medio de la fabricación de polimerizados y aleaciones poliméricas.²

1.2.2.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.

- Baja densidad
- Alta tenacidad y elongación en la rotura
- Estabilidad térmica de -50 a +90o C
- Color natural: lechoso
- Muy buen comportamiento de aislamiento eléctrica
- Baja absorción de agua.

² Aleaciones Poliméricas: Textoscientificos.com/polimeros/plasticos

1.3 MÁQUINAS CONVERTIDORAS DE PLÁSTICO (BOBINADORAS)

Los tipos de máquinas convertidores más utilizadas son: las cortadoras, rebobinadoras y bobinadoras.

Las máquinas para reducir rollos de gran tamaño, en rollos de tamaños y formas más manejables se las conoce como máquina cortadora rebobinadora (Figura 1.2).³

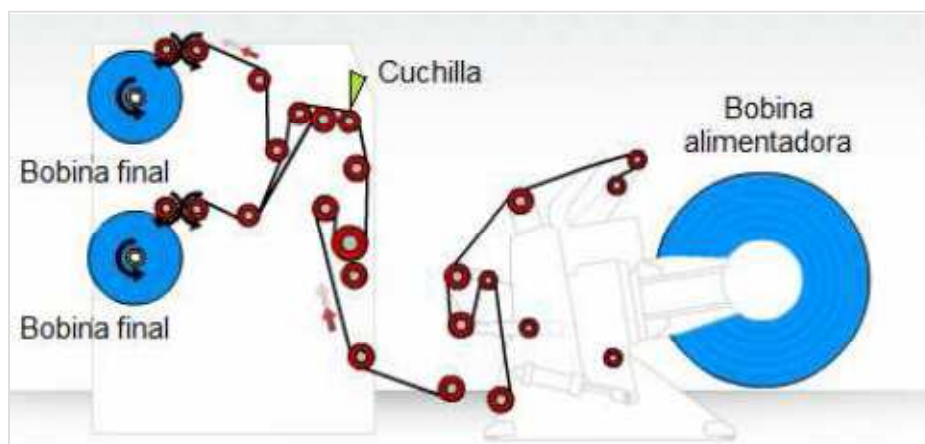


Figura 1.2 Esquema de una máquina cortadora rebobinadora³

Fuente: <http://www3.pasaban.com/es/products/encore-un/>

1.3.1 TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS

Los tipos de máquinas rebobinadoras se clasifican de acuerdo a la posición de la bobina respecto a la máquina.

En esta clasificación se distinguen dos tipos:

- Máquinas rebobinadoras horizontales.
- Máquinas rebobinadoras verticales.

³ Bobinadoras: Manual de la rebobinadora Web Welder.

1.3.2 MÁQUINAS REBOBINADORAS HORIZONTALES

En este tipo de rebobinadoras el carrete está montado de forma horizontal, por su gran versatilidad para bobinar y fácil manejo para cambiar el carrete por parte del o los operarios, este tipo de rebobinadora es la más utilizada por las empresas que trabajan especialmente con bobinas de gran tamaño y peso, resulta sencillo montar las bobinas sobre los elevadores de la máquina en posición horizontal.⁴

Las máquinas rebobinadoras horizontales se clasifican en:

- Máquina rebobinadora horizontal lateral (Figura 1.3).
- Máquina rebobinadora horizontal central



Figura 1.3 Esquema de una máquina rebobinadora horizontal lateral⁴

Fuente: <http://www3.pasaban.com/es/products/encore-un/>

1.3.3 MÁQUINA REBOBINADORA HORIZONTAL CENTRAL.

En estas rebobinadoras, los ejes donde se instalan las bobinas tienen dos puntos de apoyo, uno en cada extremo. Estas rebobinadoras pueden ser de diferentes tamaños, el cual depende de las dimensiones de las bobinas que se instalan en la máquina (Figura 1.4).

⁴ Bobinadora Horizontal: Manual de la rebobinadora Web Welder.

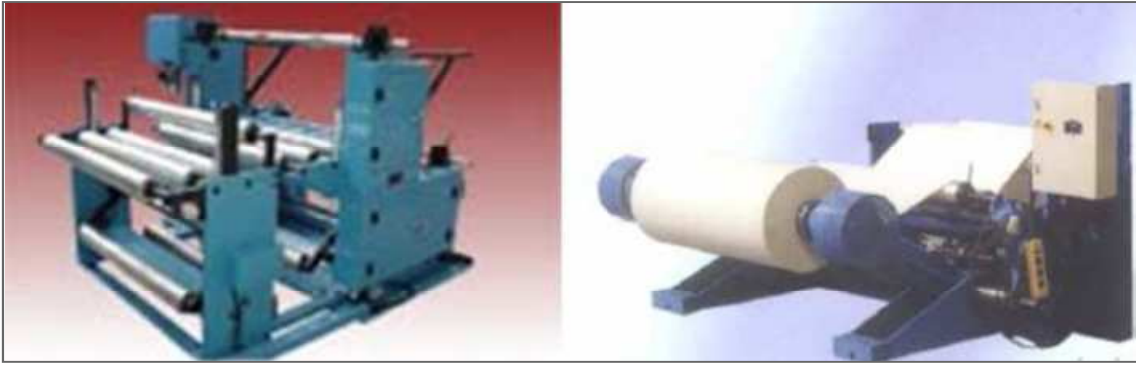


Figura 1.4 Esquema de una máquina rebobinadora horizontal central

Fuente: <http://www3.pasaban.com/es/products/encore-un/>

1.3.4 MÁQUINAS REBOBINADORAS VERTICALES.

En este tipo de rebobinadoras el carrete está montado de forma vertical, son de uso más restringido en relación a las rebobinadoras horizontales, resulta complicado montar el carrete de gran tamaño sobre la plataforma giratoria, generalmente se utilizan para rebobinar cables (Figura 1.5).



Figura 1.5 Esquema de una máquina rebobinadora vertical

Fuente: <http://www3.pasaban.com/es/products/encore-un/>

1.4 MECANISMOS DE CORTE DE PLÁSTICO

Para corte longitudinal de plástico actualmente se emplean diferentes métodos, cada método se caracteriza por el tipo de cuchillas que utiliza y estas se distinguen especialmente por la forma geométrica en su cuerpo y filo de corte. Las más utilizadas son: las cuchillas planas o rectas, cuchillas circulares y cuchillas rotatorias.

1.4.1 CORTE POR CUCHILLAS PLANAS

El sistema de corte por cuchillas planas o corte a navaja es el más sencillo y barato, puede ser fácilmente adaptado a cualquier tipo de máquina en cualquier ubicación, es potencialmente el método más limpio dependiendo del tipo de material que se va a cortar. La acción de corte es generada al arrastrar el material a través de una cuchilla plana estacionaria.

Las desventajas son: la vida útil de la hoja, la calidad de los bordes cortados y la seguridad. Debido a que una porción muy pequeña de la hoja afilada se inserta en la zona de corte (Figura 1.6).⁵

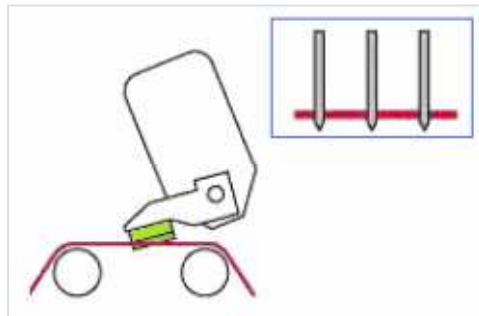


Figura 1.6 Esquema de cuchillas rectas

Fuente: http://www.tallereslandart.com/menu_catalogo/papel.htm

1.4.2 CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES Y ROTATORIAS

Al utilizar cuchillas circulares se distingue tres tipos de sistemas de corte.

- Sistema de corte por cuchillas circulares a presión.
- Sistema de corte por cuchillas circulares a tijera.
- Sistema rotatorio de corte a navaja.

1.4.2.1 SISTEMA DE CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES A PRESIÓN

Este sistema es más complejo que el sistema de corte con cuchillas planas, requiere de la instalación de un rodillo endurecido y un sistema de cuchillas circulares. El corte ocurre al presionar el papel entre el rodillo endurecido y las cuchillas creando el efecto de cizalla. Este método de corte produce demasiado polvo y los acabados de los bordes son de baja calidad (Figura 1.7).⁵

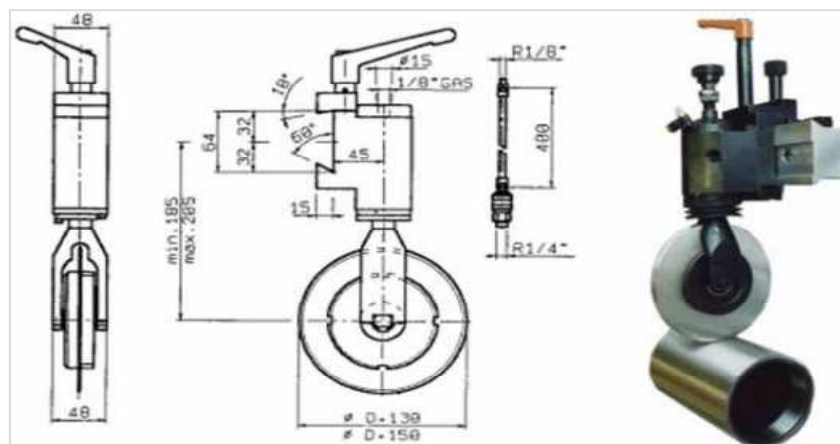


Figura 1.7 Cuchilla circular de corte a presión

Fuente: <http://www.mbono.com.ar/Industria%20Papeleria.html>

1.4.2.2 SISTEMA DE CORTE POR CUCHILLAS CIRCULARES A TIJERA.

Es el método más versátil y puede acomodarse a una amplia variedad de materiales que cualquier otro método. Este método crea el esfuerzo de corte en el material cuando éste pasa entre dos discos rotatorios (la cuchilla circular y un anillo endurecido). La banda o lámina de plástico debe pasar tangente a los discos rotatorios los cuales deben estar configurados correctamente para obtener buenos resultados de corte (figura 1.8).



Figura 1.8 Cuchilla circular de corte a tijera

Fuente: <http://www.mbono.com.ar/Industria%20Papeleria.html>

1.4.2.3 SISTEMA ROTATORIO DE CORTE A NAVAJA

Se emplea cuchillas finas instaladas sobre un disco rotatorio que gira a altas velocidades, estas penetran en la lámina de plástico que es transportada por dos rodillos de reenvío (Figura 1.9).⁵

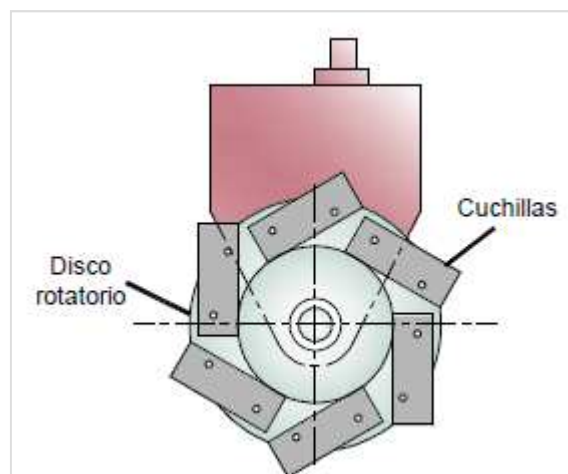


Figura 1.9 Esquema de una cuchilla circular de corte a navaja

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

⁵ Cuchilla Circular: Manual de la rebobinadora Web Welder.

1.5 CONTROL DE TENSIÓN

Se define a la tensión como la fuerza que se aplica a una banda continua de material en la dirección longitudinal de la máquina.

Típicamente, la tensión se mide en Newton por metro lineal (NML) o en libras por pulgada lineal (PLI) (Figura 1.10).⁶

$$\text{NML} = \frac{\text{Tension total (N)}}{\text{Ancho de banda de papel(m)}}$$

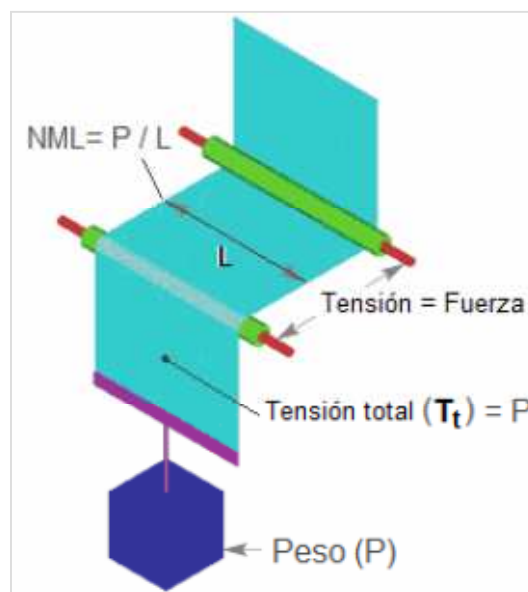


Figura 1.10 Aplicación de tensión a una banda de plástico

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

1.5.1 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LA TENSIÓN

Es imposible controlar una banda de plástico sin la aplicación de la tensión apropiada. El plástico debe estar en tensión entre todos los rodillos guías y los rodillos impulsores de la máquina, para garantizar la dirección y el control apropiado (Figura 1.11 y 1.12).⁷

⁶Control de tensión: KOSOW, "Máquinas eléctricas y Transformadores". Prentice-Hall.

⁷Dirección y control: Máquinas de bobinar eléctricas y manuales mare de Montserrat.

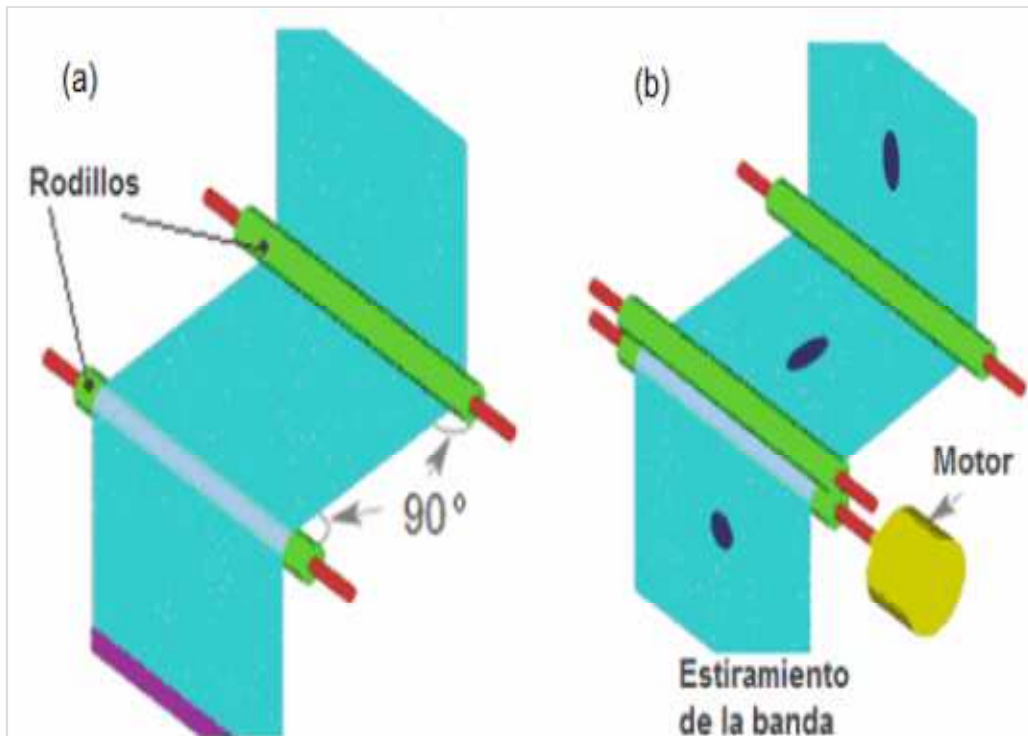


Figura 1.11 Perpendicularidad entre el plástico y los rodillos

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

La falta de control apropiado de la tensión en las zonas de rebobinado y de desbobinado puede dar origen a la formación de rollos telescópicos, rollos cóncavos, rollos arrugados, e incluso la rotura del plástico.

1.5.2 ZONAS IMPORTANTES PARA EL CONTROL DE LA TENSIÓN

En las máquinas convertidoras de plástico se distinguen tres zonas importantes para el control de tensión: desbobinado, intermedia y bobinado. El nivel de tensión en cada zona es único y debe ser controlado independientemente (Figura 1.13).⁸

⁸ Control: Máquinas de bobinar eléctricas y manuales mare de Montserrat, 52-53

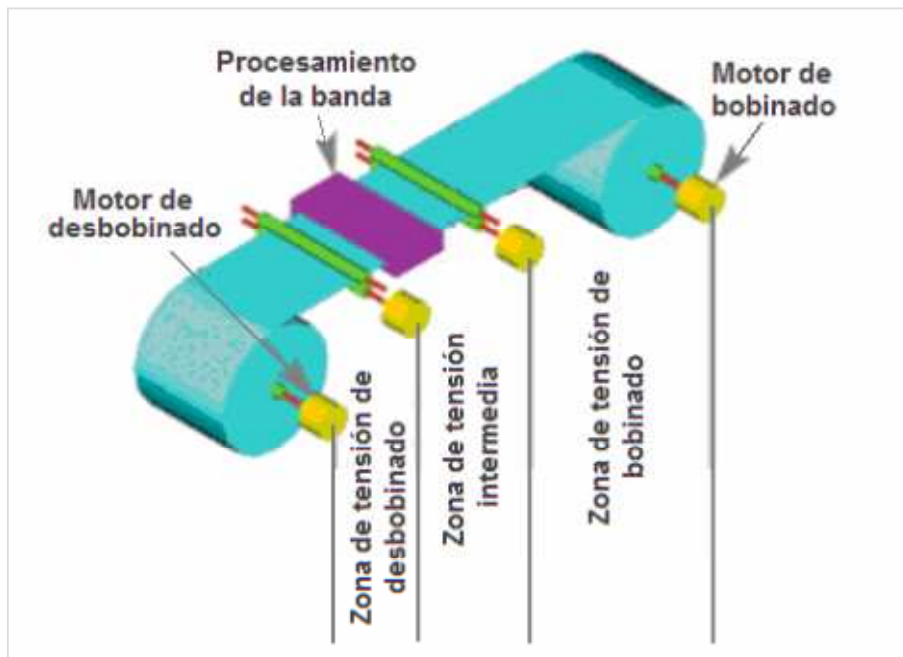


Figura 1.13 Zonas de control de tensión

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

La tensión en las zonas de desbobinado y bobinado es muy dinámica, los diámetros de los rollos cambian constantemente, por lo tanto el torque y la velocidad deben ser ajustadas continuamente. La tensión y la velocidad en las zonas intermedias son mucho más estables, debido a que los diámetros de los rodillos guías e impulsores en estas zonas no cambian. Los defectos en las bandas de plástico, la velocidad, defectos de la máquina y otras variables afectan la tensión, requiriendo también de un control para mantenerla en los niveles deseados (Figura 1.14).

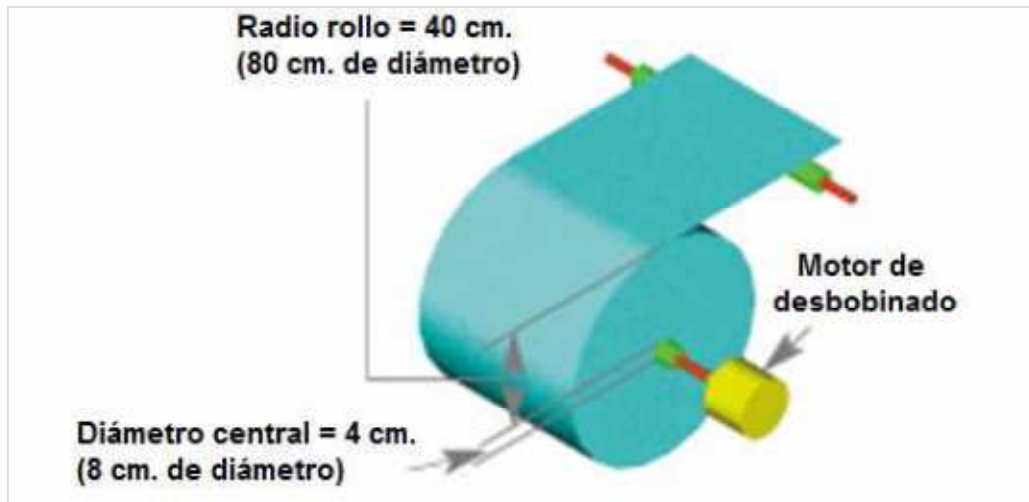


Figura 1.14 Zona de desbobinado

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

Es importante considerar que la tensión cambia proporcionalmente con el radio, el torque puede decrecer durante el desenrollado e incrementar en el enrollado y relativamente proporcional al radio del rollo.

1.5.3 TIPOS DE CONTROL DE TENSIÓN

CONTROL DE TENSIÓN MANUAL

Los controles manuales pueden ser tan simples como el de un potenciómetro que regula el torque de un motor, el torque de salida de un embrague de partículas magnéticas, el de un regulador de aire que ajusta la presión y por lo tanto el torque de salida de un embrague neumático. Este método puede ser usado en las tres zonas de tensión, obviamente, es el menos preciso de todos los tipos de control, ya que deja a criterio del operador la regulación de la tensión (Figura 1.15).⁹

⁹Tensión: Máquinas de bobinar eléctricas y manuales mare de Montserrat, 49-51

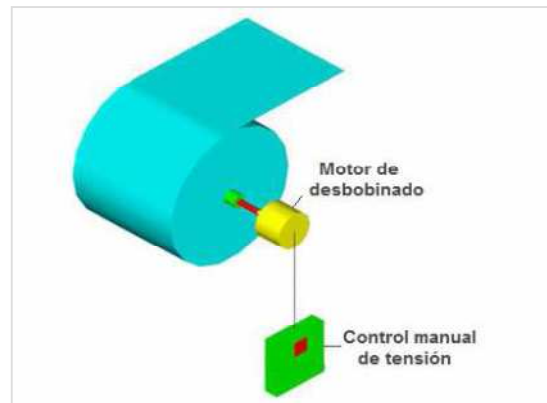


Figura 1.15 Control de tensión manual

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

1.5.4 CONTROL DE TENSIÓN POR MEDIO DE LA MEDIDA DEL DIÁMETRO.

Existen muchos tipos de control por detección de la dimensión de los diámetros de los rollos. Cada tipo tiene su propio sistema de detección y son muy eficaces al momento de controlarla, ya que regulan el torque proporcionalmente conforme aumenta el diámetro del rollo bobinado o al decrecimiento del rollo desbobinado, una desventaja de estos sistemas es que no controlan la tensión en la zona intermedia de la máquina.¹⁰

1.5.5 MEDICIÓN DEL DIÁMETRO CON BRAZO SEGUIDOR

Es uno de los métodos más antiguos de detección del diámetro, este sistema consta de una rueda o rodillo que sigue el crecimiento o decrecimiento del diámetro del rollo, ésta rueda está montada a un brazo pivotante con un dispositivo de detección que generalmente es un potenciómetro, aunque los sensores de proximidad y los sensores de efecto hall también son comunes. Este sensor envía una señal al control para que este regule el torque del motor o embrague (Figura 1.16).¹¹

¹⁰ Embrague: Máquinas de bobinar eléctricas y manuales mare de Montserrat, 49-51

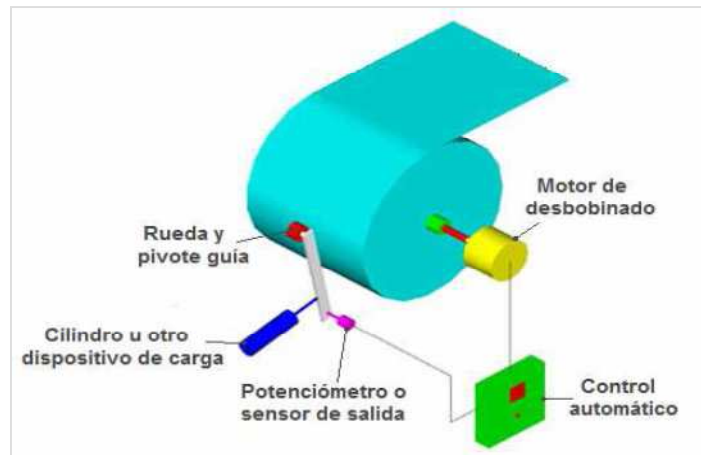


Figura 1.16 Control de la tensión por medio de la medición del diámetro utilizando un brazo seguidor.

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/723/1/CD-1112.pdf>

Ventajas:

- Este tipo de control es muy simple.
- Buen reemplazo para el control manual.
- Barato.
- De fácil instalación.

Desventajas:

- Este control no tiene compensación para rollos descentrados, en rollos de este tipo pueden causar oscilaciones que afectan al correcto funcionamiento.
- El brazo seguidor interfiere en el proceso de recambio de los rollos
- No es versátil, necesita de varias modificaciones mecánicas cuando se quiera enrollar o desenrollar bobinas de mayor capacidad.
- Consta de muchas partes mecánicas, las cuales requieren de mantenimiento más frecuente.
- Puede controlar solamente las zonas de bobinado y desbobinado, excluyendo a las zonas intermedias.
- Es necesario que el material este en contacto con el brazo seguidor, esto muchas veces no es recomendable si los materiales son delicados.

1.6 SISTEMA MECÁNICO

El equipo que forma el sistema mecánico de la bobinadora es un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, que permiten producir, transmitir, regular o modificar el movimiento acorde al control diseñado sobre ella (Figura.17).

1.6.1 RODILLOS

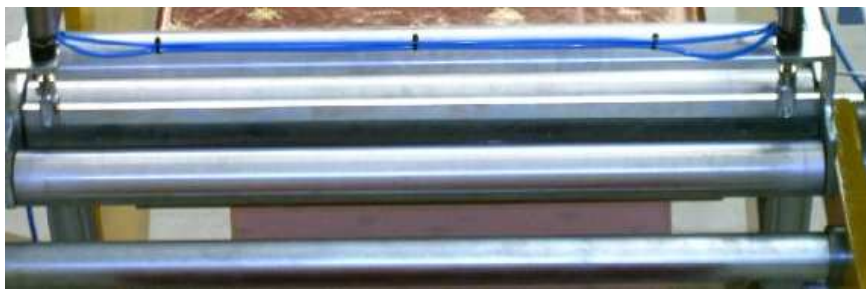


Figura 1.17 Rodillos

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

Un Rodillo es un cilindro de diámetro relativamente ancho y que suele girar libre, ya sea de caucho o aluminio y son usados para guía de lámina o transportación, los rodillos de guía influyen en las siguientes características:

- La dureza del material.
- La lisura de su superficie (cuanta mayor lisura tenga el rodillo, mayor lisura se conseguirá en el papel).
- Las deformaciones que puede sufrir.
- El tipo de recubrimiento.

1.6.2 SISTEMA DE EXTRACCION DE RESIDUOS DE LAMINA DE PLASTICO (EXTRACTOR DE RETAL)

La función principal es llevar los residuos de plástico que no son usados en el proceso de bobinación a un compartimento externo de la máquina, y que necesita ser extraído automáticamente al mismo tiempo que los bobinadores giren evitando que las láminas de residuo no se envuelvan en los rodillos.

1.6.3 VENTILADOR

La función de los ventiladores es enfriar la máquina de manera que no se produzca un incremento en la temperatura de los dispositivos que pueda alterar el normal funcionamiento de los mismos.

1. 6.3.1 CLASIFICACIÓN DE VENTILADORES

Los ventiladores se dividen en dos grandes grupos:

- Ventiladores axiales
- Ventiladores centrífugos

1.6.3.2 VENTILADORES AXIALES

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosas. Suelen sub-clasificarse, por la forma de su envolvente (Figura 1.18).¹¹

¹¹ Envolvente: G. Niemann Elementos de máquinas Editorial Labor 1987

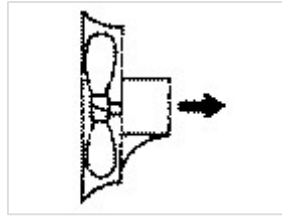


Figura 1.18 Ventilador axial

Fuente: http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.

1.6.3.3 VENTILADORES CENTRÍFUGOS

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. Se suelen sub-clasificar, según la forma de las palas o álabes del rotor (Figura 1.19).¹²

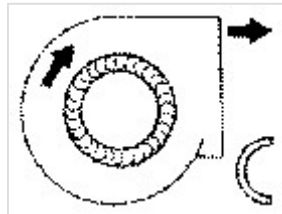


Figura 1.19 Ventilador centrífugo

Fuente: http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.

1.6.4 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

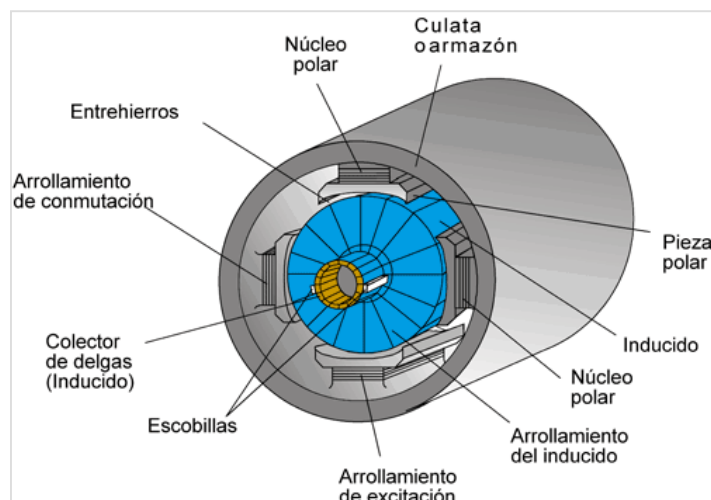


Figura 1.20 Partes de un motor

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio (Figura 1.20).

1.6.4.1 FUNCIONAMIENTO

Según la Ley de Lorentz, cuando por un conductor pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano izquierda.

$$F = B \cdot l \cdot I$$

- F: Fuerza en newton
- I: Intensidad que recorre el conductor en amperios
- l: Longitud del conductor en metros
- B: Densidad de campo magnético o densidad de flujo en teslas

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

1.6.4.2 TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

- De excitación independiente
- De excitación en derivación
- De excitación en serie
- De excitación compuesta

1.6.4.3 APLICACIONES DEL MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Las principales aplicaciones del motor de corriente continua son:

- Trenes de laminación reversibles. Los motores deben de soportar una alta carga. Normalmente se utilizan varios motores que se acoplan en grupos de dos o tres.

- Trenes Konti. Son trenes de laminación en caliente con varios bastidores. En cada uno se va reduciendo más la sección y la velocidad es cada vez mayor.
- Cizallas en trenes de laminación en caliente. Se utilizan motores en derivación.
- Industria del papel. Además de una multitud de máquinas que trabajan a velocidad constante y por lo tanto se equipan con motores de corriente continua, existen accionamientos que exigen par constante en un amplio margen de velocidades.
- Otras aplicaciones son las máquinas herramientas, máquinas extractoras, elevadores, ferrocarriles.
- Los motores desmontables para papeleras, trefiladoras, control de tensión en máquinas bobinadoras, velocidad constante de corte en tornos grandes.
- El motor de corriente continua se usa en grúas que requieran precisión de movimiento con carga variable (cosa casi imposible de conseguir con motores de corriente alterna).¹²

¹² Corriente Alterna: KOSOW, "Máquinas eléctricas y Transformadores". Prentice-Hall, 1993.

1.6.5 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

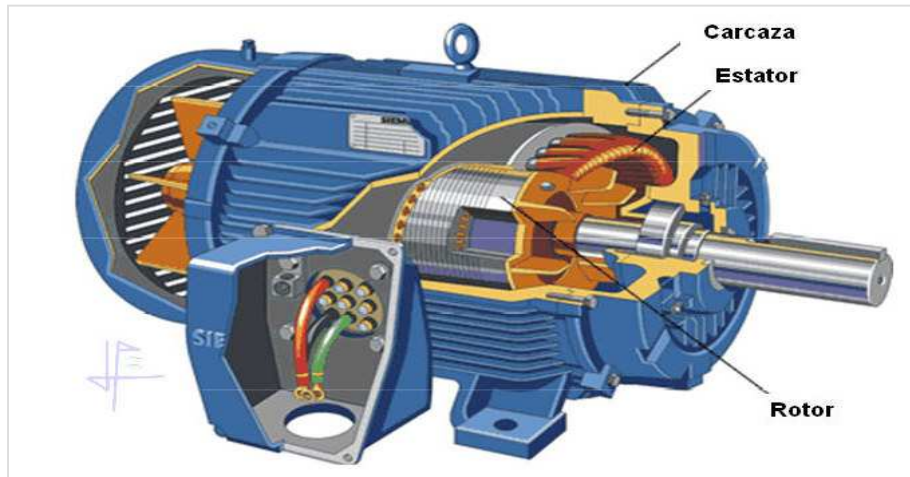


Figura 1.21 Motor de C.A.

Fuente: Sistemas Automáticos de Producción Alimentaria BCH
I.E.S. ANDRÉS DE VANDELVIRA

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos (figura 1.21).

1.6.5.1 MOTORES DE INDUCCIÓN

El motor de inducción no necesita escobillas ni colector. Su armadura es de placas de metal magnetizable. El sentido alterno de circulación, de la corriente en las espiras del estator genera un campo magnético giratorio que arrastra las placas de metal magnetizable, y las hace girar.

1.6.5.2 MOTORES SINCRÓNICOS

Los motores sincrónicos funcionan a una velocidad sincrónica fija proporcional a la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Su construcción es semejante a

la de los alternadores cuando un motor sincrónico funciona a potencia constante y sobreexcitada.¹³

1.6.5.3 MOTORES DE COLECTOR

El problema de la regulación de la velocidad en los motores de corriente alterna y la mejora del factor de potencia ha sido resuelta de manera adecuada con los motores de corriente alterna de colector.

1.7 SISTEMA ELÉCTRICO

El conjunto de equipos que forman el sistema eléctrico permiten la conducción de la energía desde la fuente hasta todos los dispositivos de control permitiendo así que la bobinadora cumpla con la secuencia de procesos para la que ha sido diseñada.

1.7.1 SISTEMA TOTALIZADOR DE BOBINAS



Figura 1.22 Contador/temporizador de pre ajuste único

Fuente: <http://www.radarindustrial.com.br/produto/93784/contadores-de-producao.aspx>

Este es una unidad de pre ajuste único que puede programarse como un contador o temporizador, utiliza un display de 2 líneas que permite visualizar simultáneamente tanto la variable de proceso como el valor predefinido.

¹³Sobreexcitada: Máquinas eléctricas, A. E. Fitzgerald, Sexta Edition

Las entradas de señales son a través de pulsos y pueden ser configuradas con tipo de sensores seleccionable PNP/NPN (Figura 1.22).

1.7.2 SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, variables eléctricas. Estas variables de instrumentación dependen del tipo de sensor a utilizar.

En un sistema de control automático el sensor es el elemento que cierra el lazo de control y tiene como tarea captar el proceso o máquina sobre la que se ejerce control, la información de cómo se está comportando o realizando el trabajo.

Esta información es transmitida al controlador que la usará para tomar la acción de control correspondiente y básicamente pueden ser de 2 tipos:

- Analógicos
- Digitales

1.7.2.1 SENSORES DISCRETOS

Los sensores de tipo discreto proporcionan información que representa la presencia o ausencia de un objeto, también se llaman interruptores o detectores.

En este ejemplo el sensor detecta la presencia de botellas en la banda transportadora.

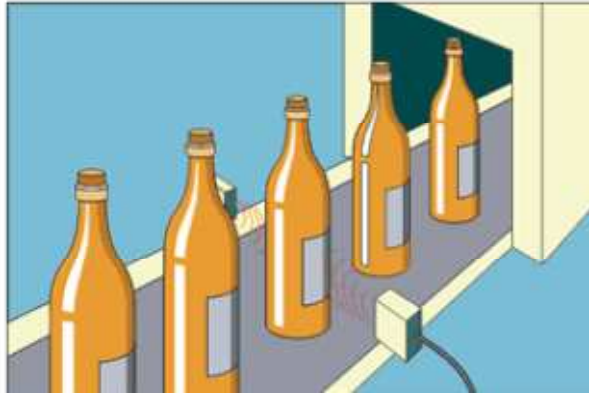


Figura 1.23 Sensor de presencia

Fuente: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Magneticos>

1.7.2.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- **Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- **Linealidad o correlación lineal.**
- **Sensibilidad de un sensor:** relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

- **Repetitividad:** error esperado al repetir varias veces la misma medida.

1.7.2.3 TIPOS DE SENSORES

Existe una gran variedad de sensores según su aplicación (Figura 1.24).

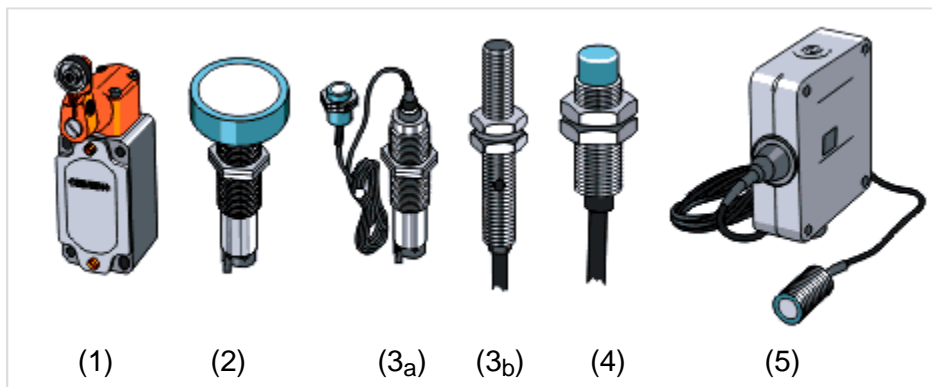


Figura 1.24 Tipos de sensores

Fuente: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Magneticos>

1. Mecánicos(Limit switches)
2. Ultrasónicos
3. Inductivas(3_a,3_b)
4. Capacitivos
5. Fotoeléctricos

1.7.3 SISTEMA DE ALINEACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO

El sistema de alineación es pensado y diseñado para resolver los problemas de centrado y alineado de guías para todo tipo de materiales.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los sensores para el sistema de alineación detectan la posición del borde del material, o de la línea de impresión a controlar.

Esta información es enviada a un módulo, que manda la respuesta al sistema mecánico (por ejemplo el actuador), que ajusta a la posición precisa (Figura 1.25).



Figura 1.25 Sensor para el sistema de alineación

Fuente: <http://www.doubleeint.com.co/sistemas-de-alineacion-de-banda/sistemas-de-alineacion-de-banda.htm>

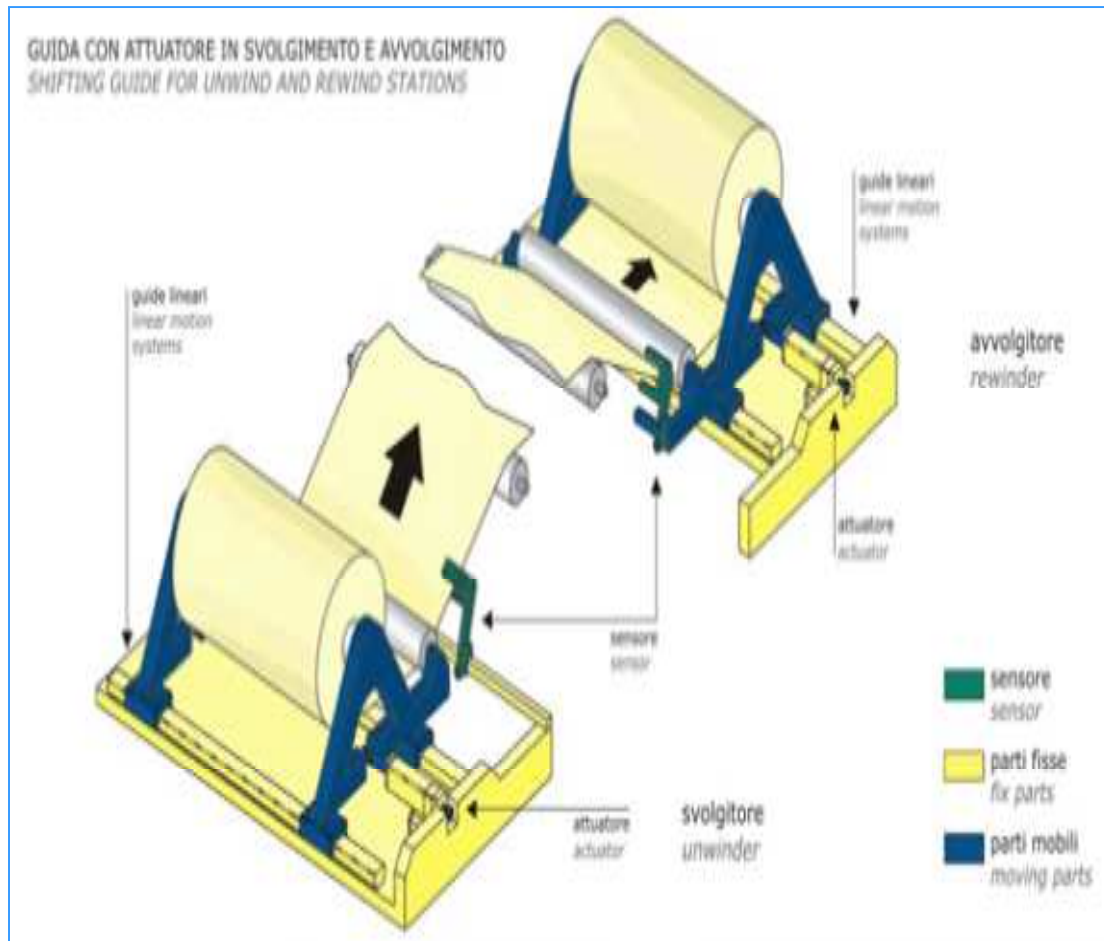


Figura 1.26 Esquema de un sistema de alineación

Fuente: <http://www.doubleeint.com.co/sistemas-de-alineacion-de-banda/sistemas-de-alineacion-de-banda.htm>

Estos sistemas de alineación vienen adaptados a un actuador, los actuadores vienen equipados con un motor PAP, por lo que no requieren mantenimiento regular. Su movimiento es ágil y preciso, ayudados por un husillo a bolas (Figura 26).

Los actuadores utilizan una alimentación a 24V (o 48V para mayores fuerzas). La velocidad es pre-definida en fábrica, aunque es fácilmente configurable o modificada por el operario.

1.7.4 MOTORES PASO A PASO (PAP).



Figura 1.27 Motor de paso a paso (PAP)

Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

A diferencia de los motores-CC que giran a una determinada revolución cuando son conectados a la fuente de alimentación, los motores PAP solamente giran un ángulo determinado, algunos disponen de dos terminales de conexión, mientras los otros pueden tener 4, 5 o 6, según el tipo de motor que se trate, por otro lado los motores de corriente continua no pueden quedar enclavados en una sola posición, mientras los motores paso a paso sí (Figura 1.27).

Esas son sólo algunas de las diferencias entre ambos tipos de motores. Los motores paso a paso son comúnmente utilizados en situaciones en que se requiere un cierto grado de precisión, por ejemplo en las disqueteras se puede encontrarlo unido al cabezal haciéndolo avanzar, retroceder o posicionarse en una determinada región de datos alojadas en el disket.

El ángulo de giro de estos motores es muy variado pasando desde los 90° hasta los 1.8° e incluso 0.72° , cada ángulo de giro (también llamado paso) se efectúa enviando un pulso en uno de sus terminales, es decir que por ejemplo en motores que tienen 90° de giro por paso, se requiere 4 pulsos para dar una vuelta completa, mientras que en los de $1,8^{\circ}$ necesitas 200 pulsos, y en los otros se necesitan 500.¹⁴

¹⁴Pulsos: Stepping Motors a guide to theory and practice 4th edition

1.7.4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor (Figura 1.28) sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator (Figura 1.29). Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.



Figura 1.28 Imagen del rotor

Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>



Figura 1.29 Imagen de un estator de 4 bobinas

Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Los motores PAP suelen ser clasificado en dos tipos, según su diseño y fabricación pueden ser Bipolares o Unipolares (Figura 1.30).

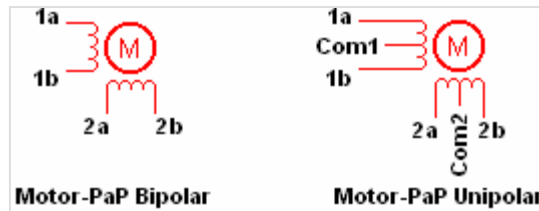


Figura 1.30 Motor bipolar y unipolar

Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Bipolar: Estos tienen generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertas configuraciones en su conexión para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Unipolar: Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexión interna. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

1.7.4.2 PARÁMETROS DE LOS MOTORES PAP

Desde el punto de vista mecánico y eléctrico, es conveniente conocer el significado de algunas de las principales características y parámetros que se definen sobre un motor paso a paso¹⁵:

- **Parámetro dinámico de trabajo (Working Torque):** Depende de sus características dinámicas y es el momento máximo que el motor es capaz de desarrollar sin perder paso, es decir, sin dejar de responder a algún impulso de excitación del estator y dependiendo, evidentemente, de la carga.

Generalmente se ofrecen, por parte del fabricante, curvas denominadas de arranque sin error (pull-in) y que relaciona el par en función el número de pasos.

Hay que tener en cuenta que, cuando la velocidad de giro del motor aumenta, se produce un aumento de la fem en él generada y, por tanto, una disminución de la corriente absorbida por los bobinados del estator, como consecuencia de todo ello, disminuye el par motor.

¹⁵ Paso a Paso: Stepping Motors a guide to theory and practice 4th edition

- **Parámetro de mantenimiento (Holding Torque):** Es el parámetro requerido para desviar, en régimen de excitación, un paso el rotor cuando la posición anterior es estable; es mayor que el par dinámico y actúa como freno para mantener el rotor en una posición estable dada.

- **Parámetro de detención (Detention Torque):** Es un parámetro de freno que siendo propio de los motores de imán permanente, es debida a la acción del rotor cuando los devanados del estator están desactivados.

- **Ángulo de paso (Step angle):** Se define como el avance angular que se produce en el motor por cada impulso de excitación. Se mide en grados, siendo los pasos estándar más importantes los presentados en la siguiente tabla (1.1).

- **Número de pasos por vuelta (NP):** Es la cantidad de pasos que efectuará el rotor para realizar una revolución completa; donde α es el ángulo de paso y NP es el número de pasos.

Grados por impulso de excitación α	Nº de pasos por vuelta (NP)
0,72°	500
1,8°	200
3,75°	96
7,5°	48
15°	24

Tabla 1.1 Tabla de ángulo de paso y numero de paso¹⁶

Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

¹⁶Excitación: Stepping Motors a guide to theory and practice 4th edition

- **Frecuencia de paso máximo (Maximum pull-in/out):** Se define como el máximo número de pasos por segundo que puede recibir el motor funcionando adecuadamente.

- **Momento de inercia del rotor:** Es su momento de inercia asociado que se expresa en gramos por centímetro cuadrado.

- **Par de mantenimiento, de detención y dinámico:** Definidos anteriormente y expresados en mili Newton por metro.

1.7.5 MICROCONTROLADORES

1.7.5.1 INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores están conquistando el mundo, pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI es testigo de la conquista masiva de éstos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que se fabrican y utilizan hoy en día.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, su rendimiento, reducir su tamaño y costo y mejorar su fiabilidad.

El funcionamiento y aplicaciones de los microcontroladores permiten profundizar en los aspectos tecnológicos de las arquitecturas de las nuevas computadoras, convirtiéndose de esta forma en una herramienta útil para el desarrollo de varias aplicaciones que contribuyen al avance tecnológico y desarrollo integral de la sociedad.¹⁷

¹⁷ MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC Pallás Areny, Ramón; Valdés Pérez, Fernando E., 1ª ed

1.7.5.2 DEFINICIÓN

Un microcontrolador es un circuito integrado programable cuya arquitectura contiene todos los componentes de un microcomputador, es decir posee CPU, memoria RAM, ROM y circuitos de entrada y salida, todos estos contenidos en un único chip. Cuando se programa el microcontrolador solo se emplea para el funcionamiento de la única tarea a la que ha sido programado.

En el microcontrolador todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos (Figura 1.31).

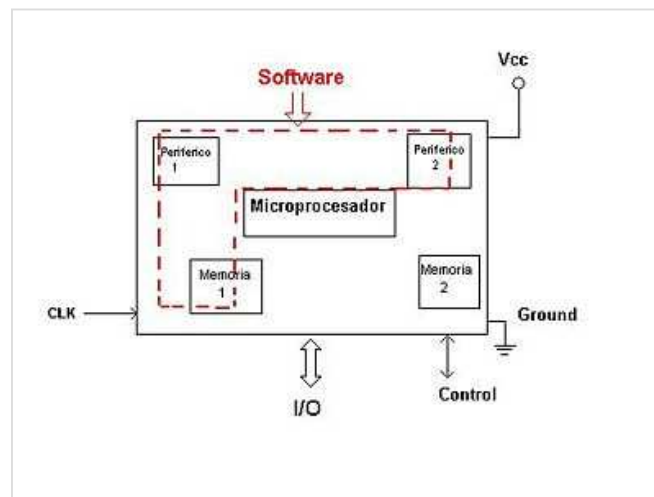


Figura 1.31 Esquema de un microcontrolador

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos27/microcontroladores/microcontroladores.shtml>

1.7.5.3 ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR

Debido a la necesidad de conseguir elevados rendimientos en este proceso, se ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de Von Neumann.

La arquitectura tradicional de sistemas digitales programables se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann (Figura 1.32).

En este modelo la unidad central de proceso (CPU) se conecta a una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones del programa, a través de un sistema de buses. ¹⁸

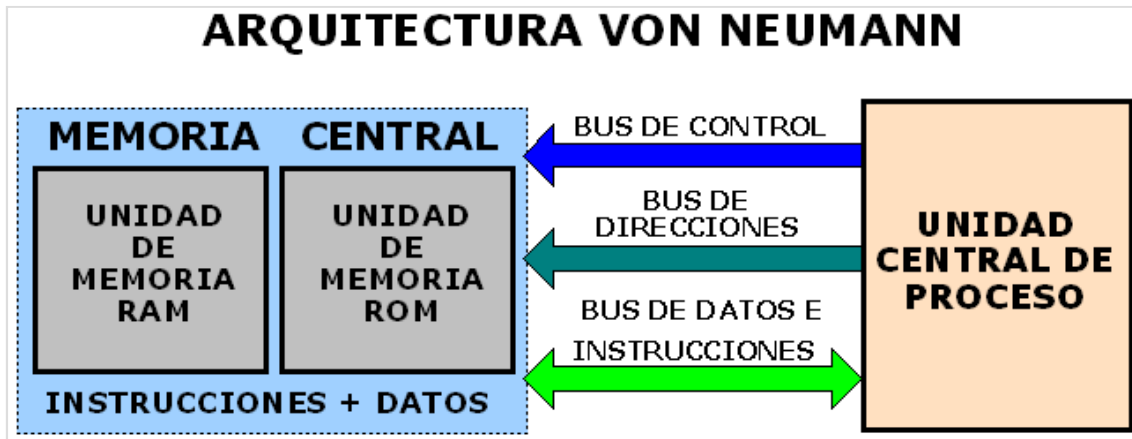


Figura 1.32 Arquitectura de Von Neumann

Fuente: http://eecac1grupo1.wikispaces.com/03_Modelo+Von+Neuman

El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus de datos de la memoria exterior utilizada, que es de 8 bits. Un microprocesador con un bus de 8 bits que lo conecta con la memoria deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits de longitud. Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte (8 bits) de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria. Por otro lado este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar en la memoria una nueva instrucción antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior.

Es decir las dos principales limitaciones de esta arquitectura son:

- La longitud de las instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe realizar varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.

¹⁸ MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC Pallás Areny, Ramón; Valdés Pérez, Fernando E., 1ª ed

- La velocidad de operación (ancho de banda) está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impiden superponer ambos tiempos de acceso.

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso.

Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos (Figura 1.33).



Figura 1.33 Arquitectura Harvard

Fuente: http://eecac1grupo1.wikispaces.com/03_Modelo+Von+Neuman

1.7.5.4 PARTES DEL MICROCONTROLADOR

Los componentes fundamentales que componen un microcontrolador son: la unidad central de proceso (CPU), la memoria y las unidades de entrada/salida.

1.7.5.4.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)

Podemos decir que la CPU, siglas en inglés de unidad central de proceso, es el núcleo del microcontrolador. Que se encarga de ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria. Es lo que habitualmente llamamos procesador o Microprocesador, término que a menudo se confunde con el de microcontrolador.

Se debe aclarar que ambos términos no son lo mismo: el microprocesador es una parte de un microcontrolador y sin él no sería útil; un microcontrolador, en cambio, es un sistema completo que puede llevar a cabo de forma autónoma una labor.

Se tiene que un microprocesador es como el cerebro de una persona y al microcontrolador como el cuerpo: el cerebro se encarga de procesar toda la información, pero necesita a los demás órganos para funcionar. De la misma forma, el microprocesador, que únicamente se encarga de ejecutar las instrucciones, necesita, por un lado, un lugar donde almacenarlas, es decir, la memoria, y por otro, un medio para interactuar con el exterior, es decir, los dispositivos de entrada/salida.

1.7.5.4.2 MEMORIAS

Las memorias son los diferentes componentes del microcontrolador que se emplean para almacenar información durante un periodo determinado de tiempo. La información que necesitaremos durante la ejecución del programa será, por un lado, el propio código, y por otro, los diferentes datos que usemos durante la ejecución del mismo.

La diferente naturaleza de información que hay que almacenar hace necesario el uso de diferentes tipos de memorias. Sin hacer especial énfasis en este apartado, sí habrá que tener en cuenta una clasificación básica, que distingue entre memoria volátil y no volátil. La primera es aquella que pierde la información que almacena al desconectarla de la alimentación; la segunda, como resulta obvio, no se pierde la información desconectando la alimentación.

Por lo tanto, se hace evidente que al menos la memoria de programa deberá ser no volátil: no sería práctico que el programa grabado en el microcontrolador se borrara cada vez que apagamos el dispositivo. Con respecto a la memoria de datos, según la situación puede interesarnos la una o la otra.

La existencia de dos tipos de información a almacenar, nos lleva también al concepto de arquitectura. Entendemos por arquitectura el conjunto de componentes del microcontrolador y la forma en la que éstos se relacionan.

1.7.5.4.3 UNIDADES DE ENTRADA/SALIDA

Las unidades de entrada/salida son los sistemas que emplea el microcontrolador para comunicarse con el exterior. Los dispositivos de entrada nos permitirán introducir información en el microcontrolador y los de salida nos servirán para que éste la saque al exterior (Figura 1.34).

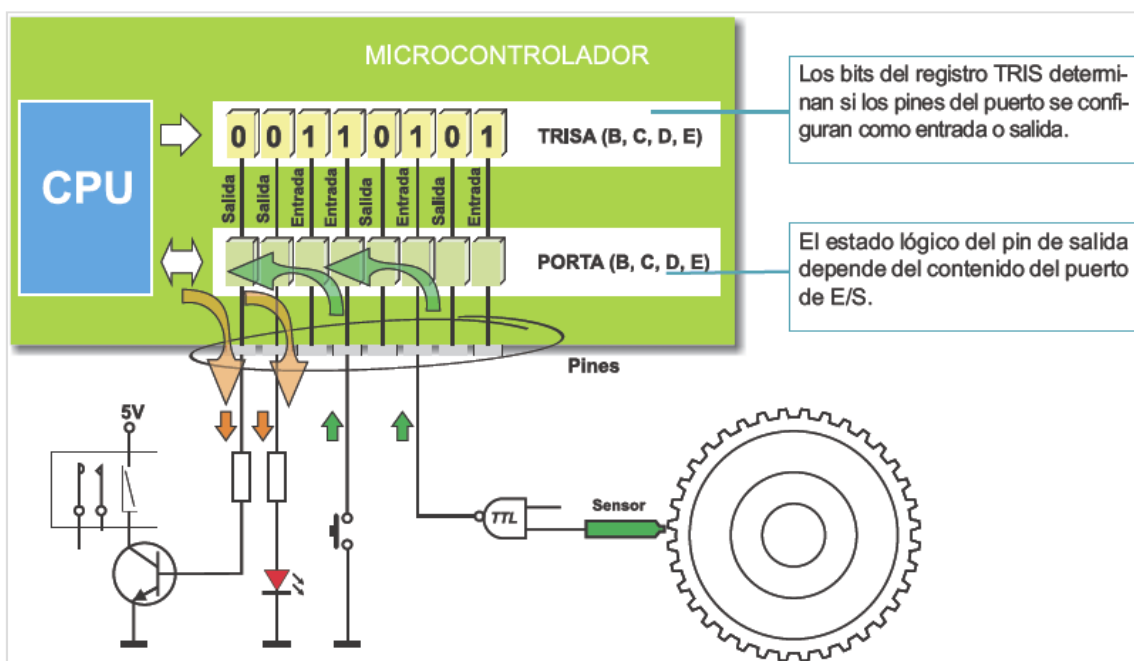


Figura 1.34 ejemplo de configuración de líneas I/O

Fuente: http://complubot.educa.madrid.org/tecnologia/electronica/comunicaciones_pc_robot/comunicaciones_pc_robot.php

1.7.5.4.4 RECURSOS AUXILIARES

Cada fabricante ofrece microcontroladores para funciones específicas, por lo que algunos amplían sus complementos para dar mayor potencia, rendimiento y flexibilidad, por lo tanto minimizarán los costos, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- **Circuito de reloj.-** encargado de generar los pulsos usados en la sincronización para el funcionamiento de todo el sistema.
- **Temporizadores.-** utilizados para controlar los tiempos.
- **Perro guardián o watchdog.-** usado para una re inicialización, cuando el programa queda bloqueado por fallo del software.
- **Protección ante falla de alimentación.-** se trata de un circuito que resetea el Microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo.
- **Estado de reposo o de bajo consumo.-** utilizado para minimizar el consumo de energía. En dicho estado se detiene el reloj principal y se congelan sus circuitos asociados, quedando el microcontrolador en un sumido y profundo estado de reposo.
- **Convertor A/D y D/A.-** es el encargado de convertir las señales analógicas en digitales y viceversa.
- **Comparador analógico.-** utilizado para verificar el valor de una señal
- **Modulador de anchura de pulsos o PWM.-** son circuitos que proporcionan en su salida pulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de los terminales del encapsulado.
- **Puertas de E/S digitales.-** son líneas que toman el nombre de puertos o pórticos, estas líneas digitales pueden configurarse como entradas o salidas cargando con un 1 o 0 en el bit correspondiente del registro que requiera configurar.

1.8 SISTEMA NEUMATICO

Las principales características de los circuitos neumáticos son los siguientes:

- El aire de retorno, el que no ejecuta la maniobra, se libera a la atmósfera y se pierde.
- El aire que empuja al embolo puede permanecer en situación de empuje por un tiempo indefinido hasta que sea necesario sin problemas.
- Las tomas de aire a presión se realizan de la red general de la planta, alimentada por un compresor que se puede suministrar aire a una red muy extensa de elementos neumáticos.
- El circuito neumático necesita ser lubricado y filtrado antes de los actuadores neumáticos, para evitar que oxiden los elementos fijos y móviles del circuito y para facilitar los movimientos.

1.8.1 ESQUEMA BÁSICO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

El esquema básico de un sistema constituido por un circuito neumático es el siguiente (Figura 1.35):

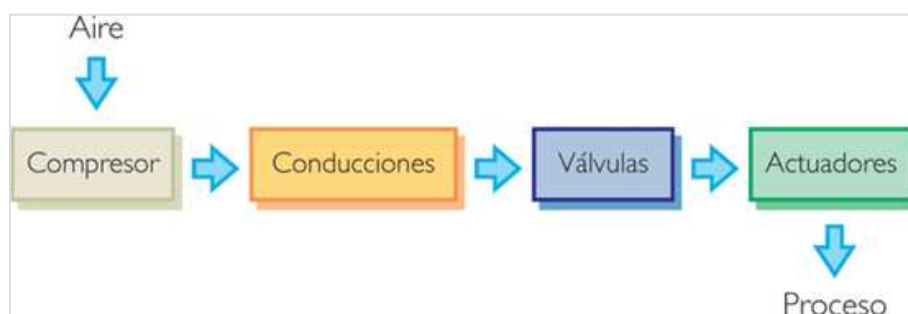


Figura 1.35 Sistema neumático

Fuente: <http://www.electronicosonline.com/etiqueta/neumatico/>

Los equipos que conforman el sistema neumático requieren de aire comprimido para realizar su trabajo dentro de la bobinadora, a continuación se los detalla:

1.8.2 CILINDROS NEUMÁTICOS

Son los elementos actuadores que efectuarán los movimientos que describimos anteriormente.

1.8.3 VÁLVULA DE AISLAMIENTO MANUAL

Se utiliza para aislar el circuito de una máquina cuando sea necesario, cerrando el paso del aire de la red.

1.8.4 EQUIPO DE FILTRADO DE REGULACION Y LUBRICACION (FRL)

Es el conjunto filtro, regulador y lubricador que se coloca al inicio del circuito, sus funciones son:

- **FILTRO:** eliminar las impurezas que lleva el aire y la humedad presente en el mismo que provienen de la red general y que arruinarían los actuadores de la máquina.
- **REGULADOR:** es para regular la presión a la que trabajará el circuito, este valor de regulación se puede ver en un manómetro incorporado al regulador. Definimos la presión nominal de trabajo $P=6$ bar.
- **LUBRICADOR:** Tiene la función de lubricar los componentes neumáticos

1.8.5 ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas son aquellos elementos que en un circuito distribuyen o direccionan el aire comprimido hacia los elementos de trabajo, constituyéndose en órganos de mando en un circuito para gobernar el movimiento de los cilindros neumáticos.

1.8.6 CONTROL DE VELOCIDAD CVI NEUMÁTICO.

Tiene la función de censar la posición del compensador actuando directamente sobre el control del motor.

La función de este circuito es variar la velocidad de manera gradual al motor de la bobinadora cuando el cilindro comienza a aproximarse al punto superior del compensador, este proceso consiste en mantener la velocidad prefijada con el potenciómetro de referencia. Responde a la señal de error entre la tensión de referencia (valor deseado) y la velocidad real proporcionada por una dínamo gasométrica

1.8.7 CONTROL DE EMBRAGUE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (FRENO)

El embrague de partículas magnéticas se halla en el desbobinador de la máquina. Los potenciómetros de regulación del freno sirven para fijar el máximo freno en función del material y diámetros máximos de trabajo, la regulación del freno es automática (pre-fijado un freno máximo) y manual. La regulación automática es efectuada por el potenciómetro incluido al eje del palpador en el desbobinador, y la regulación manual a través de un potenciómetro colocado en la parte frontal del panel de control siendo utilizado por los operadores según su necesidad.

1.8.8 CONTROL DE PRESIÓN EMBRAGUES INDIVIDUALES

Permite controlar la presión en el bobinador por medio de los embragues individuales, que es regulada por un pistón neumático controlada en función del diámetro, la presión de alimentación del cilindro axial al eje de los embragues es controlada por válvulas manuales

1.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL

En la industria todo proceso de trabajo tiene su riesgo laboral ya sea mecánico, eléctrico o por mala manipulación de los operadores o por el personal técnico de mantenimiento. El departamento de seguridad industrial es el encargado de todos los elementos necesarios para salvaguardar la integridad física e intelectual de los trabajadores de una empresa.

1.9.1 RIESGO MECÁNICO

MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

En nuestro país, uno de cada cinco accidentes de trabajo está relacionado con máquinas o con el uso de herramientas. Una buena parte de los más graves también tiene que ver con máquinas y con determinadas herramientas.

Esto significa que en muchas ocasiones las personas que trabajan sufren lesiones y mutilaciones en su cuerpo e incluso llegan a perder la vida.

Se estima que un 75% de los accidentes con máquinas se evitarían con resguardos de seguridad. Sin embargo, el accidente se suele seguir atribuyendo a la imprudencia o temeridad del accidentado. De nuevo, la víctima es la culpable.

Los accidentes en el trabajo con máquinas pueden ser por contacto o atrapamiento en partes móviles y por golpes con elementos de la máquina o con objetos despedidos durante el funcionamiento de la misma.

De aquí que las lesiones sean, principalmente, por alguno de estos motivos: aplastamiento, cizallamiento, corte o seccionamiento, arrastre, impacto, fricción, abrasión y proyección de materiales.

1.9.2 PREVENCIÓN. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.

En este espacio se enuncian algunas medidas preventivas sobre el uso y manejo de máquinas y herramientas.

1.9.2.1 MÁQUINAS

1. Las máquinas, motores y transmisores están provistos de desembragues que permitan pararas de forma instantánea y que resulte imposible todo embrague accidental.
2. Los órganos móviles de las máquinas, motores, transmisiones, las piezas salientes y cualquier otro elemento o dispositivo mecánico deberán ser provistos de guardas o resguardos metálicos que encierren dichas partes.
3. La limpieza y engrasado de las máquinas, motores, transmisiones, sólo se realizará por personal experimentado y durante la parada de los mismos.
4. Las prendas de vestir de los operarios de las máquinas deberán ser ajustadas, sin partes sueltas o flojas. En caso de usar el pelo largo, es necesario recogerse bajo una cofia.
5. Evitar situarse en el plano de rotación de los volantes u órganos que giren a gran velocidad, salvo por exigencias del trabajo.
6. Evitar la permanencia, durante las horas de descanso, cerca de calderas, hornos, focos de calor, pozos, andamios, puentes, motores, máquinas o cualquier otro lugar que ofrezca peligro.
7. Nadie podrá quitar o anular los resguardos o dispositivos de seguridad que protejan una máquina o una parte de la misma, salvo cuando la máquina se encuentre parada para su reparación o mantenimiento.

8. Informar inmediatamente sobre algún defecto o deficiencia de la máquina, reguardo, aparato o dispositivo.

9. Todas las máquinas, motores, equipos mecánicos, calderas de vapor, y demás recipientes a presión, depósitos, tuberías de conducción de gas, agua, vapor o aire a presión, deberán estar libres de defectos de construcción y de instalación; deberán estar siempre en buenas condiciones de seguridad y funcionamiento y ser operados y mantenidos por personal calificado.

10. El espacio asignado para el operario de la máquina debe ser amplio y cómodo.

11. Las máquinas pesadas que continúen operando después de haber sido cortada la fuerza motriz, dispondrán además de frenos para uso en paradas de emergencia.

12. Las máquinas y equipos deben estar provistos de dispositivos para evitar su puesta en marcha mientras se realizan ajustes o reparaciones.

13. Se deben instalar barreras o mallas en máquinas donde exista el peligro de proyección de partículas.

1.9.2.2 HERRAMIENTAS DE MANO

1. Las herramientas manuales serán de materiales de buena calidad y apropiadas para el trabajo que fueran utilizadas.

2. Suministrar a los trabajadores las herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo; además del entrenamiento e instrucción respectiva para su uso correcto.

3. La superficie de los mangos de las herramientas manuales deben permanecer lisas y libres de astillas o de bordes agudos. Las cabezas deben estar bien aseguradas a ellos.
4. Las herramientas manuales con filos agudos o con puntas agudas deben estar provistas, cuando no se usen, de resguardos.
5. Todo sitio de trabajo tendrá un lugar propio para el almacenamiento de las herramientas.
6. Las herramientas manuales no se abandonarán en pasajes, escaleras o sitios elevados.
7. Los trabajadores deben ser provistos de cajas de herramientas y otros medios para el almacenamiento y transporte de las mismas.
8. Las herramientas manuales deberán ser inspeccionadas continuamente por una persona competente.
9. Las herramientas defectuosas deberán ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad.
10. Evitar cargar en los bolsillos, instrumentos o herramientas puntiagudas o cortantes sin la debida protección.

1.9.2.3 HERRAMIENTAS DE FUERZA MOTRIZ

1. Las herramientas de tipo eléctrico deben ser revisadas antes de ponerlas en funcionamiento.
2. Conectar a tierra todas las herramientas eléctricas de más de 50 voltios entre fases.

3. Evitar el uso de herramientas de mano con voltajes superiores a los 120 voltios.
4. Evitar el uso de herramientas eléctricas en sitios donde puedan existir gases o vapores inflamables, exceptuando cuando éstas son fabricadas a prueba de gases.
5. Todas las herramientas eléctricas de envoltura metálica, deben llevar empuñadura de material dieléctrico o aislante.
6. Los operarios de herramientas eléctricas no deben trabajar sobre pisos húmedos o metálicos.
7. Antes de poner la línea de conducción de aire o gas bajo presión, para herramientas neumáticas, el operario debe asegurarse de que la válvula de control de la herramienta esté cerrada.
8. Antes de cambiar una herramienta neumática, se debe cerrar la válvula de paso del aire o gas. No se debe doblar la manguera en esta operación.

CAPÍTULO 2

REHABILITACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA BOBINADORA COMEXI

2.1 INTRODUCCIÓN

El tiempo de vida útil de una máquina es el tiempo proyectado en el cual el aparato opera con todas las funciones para las que fue diseñado, sin presentar riesgo para sus operarios.

La vida útil depende de muchas variables, pero una de ellas, quizás la más importante, es el mantenimiento que recibe durante su funcionamiento, aun así inevitablemente llega el día en que ésta comience a presentar problemas y el personal de mantenimiento deberá tomar acciones que solucionen el funcionamiento inadecuado de la máquina.

Los años de servicio de una máquina se convierten en un desgaste físico tanto exterior e interior de piezas mecánicas, eléctricas, electrónicas y neumáticas.

El objetivo de este proyecto de titulación es rehabilitar la máquina en su totalidad, empezando por la parte externa que corresponde a la pintura deteriorada por el ambiente de trabajo, el tiempo de funcionamiento y el manejo inadecuado de los operarios. Para la parte de control de la bobinadora, se plantea la reestructuración del armario de mando que incluye el cambio de elementos deteriorados y la reorganización del cableado eléctrico de acuerdo a las conexiones establecidas en los manuales de la máquina.



Figura 2.1 Máquina bobinadora COMEXI

Fuente: http://www.cemausa.com/asp/gal_historica.asp

2.2 MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES

Un mantenimiento de motores eléctricos adecuadamente aplicada implica inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, la elevación de temperatura (bobinas y soportes), desgastes, lubricación de los rodamientos, vida útil de los soportes, examinar eventualmente los ventiladores en cuanto al correcto flujo de aire, niveles de vibraciones, desgastes de escobillas y anillos colectores.

El desgaste de uno de los ítems anteriores puede significar paradas no deseadas del equipo. La frecuencia con que deben ser realizadas las inspecciones, depende del tipo de motor y de las condiciones locales de aplicación. La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulación de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.¹⁹

Existen tres tipos de mantenimiento:

¹⁹Calor: "Diseño en ingeniería mecánica", 6 edición, McGraw-Hill

2.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo reduce la necesidad de reemplazar las partes, logrando tiempos innecesarios por falla de máquina y permite un mayor cuidado de los diferentes elementos.²⁰

2.2.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar la futura falla de un componente de una máquina, de tal forma que el componente pueda reemplazarse, con base en un plan, antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.²

2.2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo cuando aparece algún problema. Durante esta fase es común el reemplazo de partes y componentes de motores. El cumplimiento de un programa de mantenimiento para inspeccionar, limpiar, lubricar, ajustar y probar todos los motores accesibles de una instalación, debe ser en forma sistemática, con esto prevenimos fallas prematuras en el sistema eléctrico. Un programa de mantenimiento preventivo ayuda a limitar el número de interrupciones en el servicio, podemos verificar periódicamente los siguientes puntos:

- 1) Limpieza general.
- 2) Las condiciones eléctricas.
- 3) La temperatura ambiente y la ventilación apropiada.
- 4) El alineamiento del motor con la carga.
- 5) La lubricación apropiada y el desgaste de las partes de los elementos y de la carga.

²⁰Mantenimiento Preventivo: Teoría y práctica del Mantenimiento Industrial, 2da Edición, González Fernández, Francisco Javier

- 6) El deterioro del aislamiento de los devanados del motor.²
- 7) Las condiciones en que se encuentran el conmutador o anillos rozantes del rotor (en el caso de rotor devanado).
- 8) Las condiciones en que se encuentran escobillas y porta escobillas (en el caso de rotor devanado).
- 9) Efectuar mediciones de las características eléctricas del motor (Voltaje y corriente de trabajo) y compararlos con los valores nominales marcados por el fabricante.
- 10) Inspección de los circuitos de control de mando, así como los dispositivos de potencia.
- 11) Verificación del desgaste que pueda tener el rotor, para determinar el estado de las chumaceras.
- 12) Conservar los registros de mantenimiento y verificar las reparaciones realizadas del motor.

2.2.4 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN MOTOR

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, éstos se hallan formado por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.²¹

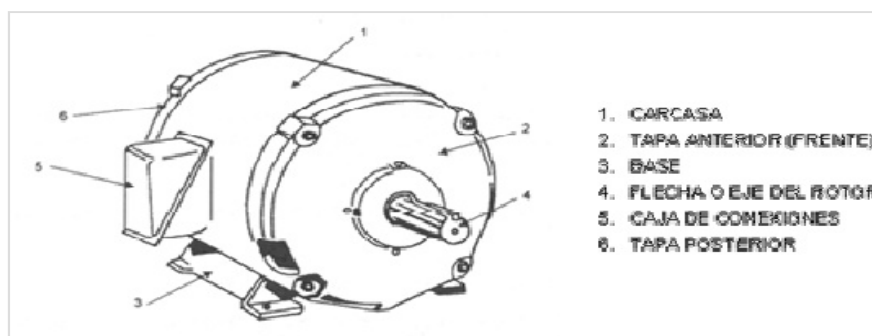


Figura 2.2 Partes de un motor³

Fuente: <http://tareas32.blogspot.com/2009/03/partes-externas-constitutivas-de-un.html>

²¹Rotor: Máquinas Eléctricas, Chapman

2.2.4.1 ESTATOR

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente. Existen dos tipos de estatores.²²

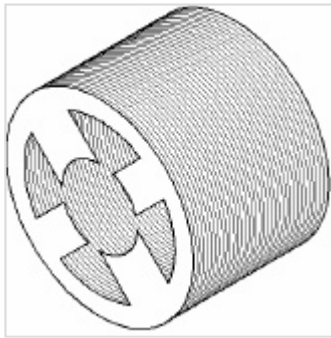


Figura 2.3 Estator de polos salientes

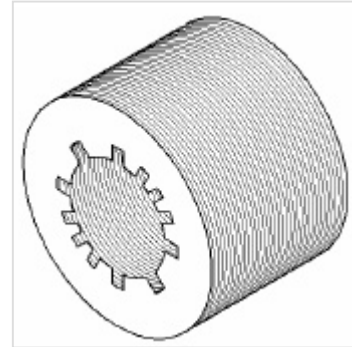


Figura 2.4 Estator ranurado

Fuente: <http://tareas32.blogspot.com/2009/03/partes-externas-constitutivas>

2.2.4.2 ROTOR

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores es un conjunto de láminas de acero de silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos.

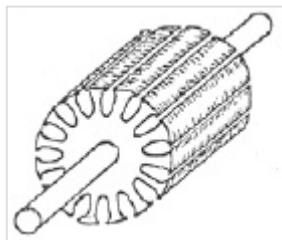


Figura 2.5 Rotor ranurado

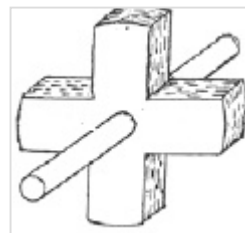


Figura 2.6 Rotor de polos

Fuente: <http://tareas32.blogspot.com/2009/03/partes-externas-constitutivas>

²²Estator: Máquinas Eléctricas, Chapman, Maquinas Electricas II

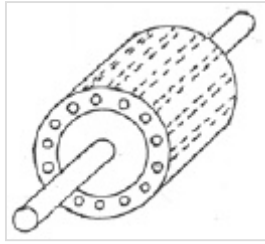


Figura 2.7 Rotor jaula de ardilla

Fuente: <http://tareas32.blogspot.com/2009/03/partes-externas-constitutivas>

2.2.4.3 CARCASA

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así la carcasa puede ser:

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

2.2.4.4 BASE

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos:

- a) Base frontal
- b) Base lateral

2.2.4.5 CAJA DE CONEXIONES

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

2.2.4.6 TAPAS

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

2.2.4.7 COJINETES

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia.

2.2.5 INSPECCIÓN VISUAL MECÁNICA Y ELÉCTRICA DE LOS MOTORES DE LA BOBINADORA COMEXI

De todas las técnicas usadas para determinar la condición de una máquina eléctrica rotatoria, ninguna es tan reveladora que una inspección visual minuciosa. Acompañada de instrumentos específicos para este propósito.

Para diagnosticar el estado de partes y ensambles de una máquina giratoria, es necesario complementar las observaciones visuales y las experiencias de operación, con resultados de pruebas eléctricas y mecánicas aplicadas a la máquina a distintas condiciones de servicio.



Figura 2.8 Motor de la bobinadora COMEXI-estado inicial

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.2.5.1 INSPECCIÓN Y RESULTADOS

La inspección realizada sobre los motores para determinar su condición se detallan a continuación:

- 1) Se procedió a desmontar de su posición original de funcionamiento encontrando residuos de polvo, grasa y humedad en la carcasa.
- 2) Con la ayuda de un óhmetro se midió la resistencia de cada bobina la cual dio como resultado 23ohmios por bobina, cuyo valor se encuentra dentro de los parámetros especificados por el fabricante.
- 3) Para los motores de voltaje corriente continua (VDC) se aplicó un voltaje máximo proporcionado por los circuitos de control de 220VDC dando como resultado un amperaje de 32A. Para los motores de voltaje de corriente alterna (VAC) se aplicó un voltaje de 220VAC y se obtuvo una corriente de 1,5A. dando como resultado el amperaje nominal establecido en cada motor.
- 4) En la caja de borneras se observa un buen estado, sin embargo los terminales presentan huellas de corto circuitos.
- 5) Se retira la tapa posterior de los motores de corriente continua y se procede a realizar una prueba física del giro del motor y se observar que el rotor no gira libremente.



Figura 2.9 Eje del rotor

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

- 6) Una vez desarmado el motor se apresia que los rodamientos han llegado al límite de su vida útil.
- 7) Internamente se observa desgaste en el colector de los motores.



Figura 2.10 Colector y rodamientos del motor
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

- 8) Finalmente se observa que el bobinado del estator como del rotor aún se encuentran en buenas condiciones.

2.2.5.2 ACCIONES CORRECTIVAS REALIZADAS SOBRE LOS MOTORES

Los resultados de las pruebas nos permiten conocer el estado en que se encuentran los aislamientos en bobinas de estator, rotor y núcleo las conexiones y contactos eléctricos y las laminaciones de los núcleos electromagnéticos, entre otros componentes del motor. Con esos resultados se concluye si un motor se encuentra en condiciones de operación segura y confiable.

Toda máquina tiene un sistema Eléctrico y Mecánico, en condiciones diarias de funcionamiento pueden tener alguno de estos problemas.

A continuación se detalla las acciones realizadas sobre los motores para solucionar los problemas encontrados:

2.2.5.2.1 LIMPIEZA

Los motores eléctricos tanto de corriente alterna (AC) como corriente continua (DC) carecían de mantenimiento, por esta razón se realiza una limpieza completa de todos los elementos.

Los motores deben permanecer, exentos de polvo, aceites, etc.

Para limpiar, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando toda la acumulación de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.



Figura 2.11 Limpieza de los motores

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.2.5.2.2 CAMBIO Y MONTAJE DE RODAMIENTOS

A fin de evitar daños a los núcleos será necesario, después de retirar la tapa del cojinete, calzar el entrehierro del rotor y el estator, con cartulina de espesor correspondiente.

La extracción de los rodamientos no es difícil usando herramientas adecuadas (extractor de rodamientos). Las garras del extractor deberán ser aplicadas sobre la base lateral del anillo interno que será retirado, o sobre una pieza adyacente.



Figura 2.12 Rodamiento

Fuente: <http://www.skf.com/portal/skf/home/products?newlink=1&lang=es>

Es esencial que el montaje de rodamientos sea efectuado en condiciones de rigurosa limpieza, para asegurar un buen funcionamiento y evitar daños futuros. Los rodamientos nuevos solamente deberán ser retirados del embalaje en el momento de ser armados. Antes de la colocación de los rodamientos nuevos será necesario verificar si el encaje en el eje no presenta señales de desgaste o señales de golpe. Los rodamientos no pueden recibir golpes directos durante el armado.

El apoyo para prensar o golpear el rodamiento debe ser aplicado sobre el anillo interno.

Después de la limpieza, se debe proteger las piezas aplicando una fina capa de vaselina o aceite en las partes usadas a fin de evitar oxidación.



Figura 2.13 rodamiento del motor de la bobinadora COMEXI

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

Para evitar a los rodamientos cualquier deformidad, viruta, óxido o suciedad se debe remover de las superficies de los asientos del eje, alojamiento y apoyos donde va a ser montado el rodamiento. El montaje se puede facilitar si se aplica una capa delgada de aceite en las superficies limpias.

2.2.5.2.3 RECTIFICACIÓN DEL ANILLO COLECTOR



Figura 2.14 Anillo colector
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

La figura representa un motor de corriente continua, con rotor bobinado. El colector tiene un desgaste no uniforme por el tiempo de trabajo, además de una capa de impureza que no permite el contacto entre colector y escobillas.

El proceso de rectificadado del colector se realiza uniformemente en el torno y con un desgaste de 0,07 (mm) en todo el colector. Esta actividad se realiza con alto grado de precisión, En función automática pero el operador debe estar pendiente cuando la cuchilla llega al límite impidiendo que llegue a deformar las bobinas,

2.2.5.2.4 ARMADO Y PROCESO DE RE-PINTURA EN LOS MOTORES

Una vez realizado el mantenimiento mecánico y eléctrico de los motores, se inicia con el proceso de pintura interno y externo logrando así que la pintura proteja al motor y al mismo tiempo proporcionando una mejor presentación de los mismos.



Figura 2.15 Motor-estado final
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.2.5.3 VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

Para verificar que el rodamiento ha sido montado correctamente, se realiza un giro de prueba conforme a los pasos indicados a continuación:

1. Se inicia girando el eje o el alojamiento detectando algo anormal.
2. A continuación, se realiza el arranque al equipo sin aplicarle carga a los rodamientos. Luego de observar sus condiciones de rotación a baja velocidad, se aumentó lentamente velocidad y carga mientras se verificaba cualquier incremento en los niveles de ruido, vibración y temperatura.
3. Si algo inusual es detectado durante la operación, se debe detener el equipo y realizar una inspección. La revisión de ruidos inusuales o niveles de ruidos debe ser realizado por personal técnico especializado con el sonido que producen los rodamientos montados correctamente operando bajo condiciones normales.
4. Por tanto se concluye que los rodamientos han sido colocados correctamente y todo el mantenimiento realizado sobre los motores ha solucionado los problemas inicialmente encontrado en cada uno de ellos.

2.3 MANTENIMIENTO DE EJES Y RODILLOS

En su mayoría los ejes son de acero recubiertos de caucho, esto hace un sello uniforme en todo el rodillo para evitar filtraciones de aire o arrugas en el producto terminado, la fuerza es aplicada sobre otro eje de acero de un diámetro igual al rodillo de caucho.

2.3.1 INSPECCIÓN VISUAL DE EJES Y RODILLOS

Los principales problemas observados en este tipo de rodillos de caucho es el desgaste de rodamientos que deben ser reemplazados de inmediato y usando herramientas adecuadas para el trabajo.

Otro problema y con más frecuencia es el desgaste no uniforme del caucho, por tanto esto debe ser reemplazado por personal y maquinaria especializada para el trabajo.



Figura 2.16 Eje y rodillos del bobinador COMEXI
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.3.2 MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE ALUMINIO

Otro tipo de rodillos usados en la máquina para guía de lámina son los rodillos de aluminio. El desgaste de estos rodillos es frecuente por el trabajo, además se acumula impurezas del film de plástico formando una capa externa, el rodillo

a causa de esto puede tomar varios colores en su exterior, estos pueden ser café, negro, blanco esto es causa del tipo de material y color del plástico.

Para esto se debe realizar una limpieza de los rodillos con una lija fina, este desgaste debe ser uniforme, realizado en el torno a una velocidad muy baja y de ser necesario se utiliza una cuchilla para rebajar deformidades en forma igual en todo el rodillo.

También se debe realizar el cambio de rodamientos, para este tipo de ejes es muy sencillo esta operación, es de fácil acceso, son pequeños en dimensión no es necesario tener herramientas especiales (extractor de rodamientos).



Figura 2.17 Rodillos
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.4 CONTROL DE EMBRAGUE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (FRENO).

Los frenos magnéticos son de accionamiento directo, mediante voltaje eléctrico continuo. Su diseño permite generar un freno o embrague acoplado el rotor y el estator a través de las partículas magnéticas existentes en interior del sistema giratorio, de esta manera se reduce o se aumenta la potencia del sistema.

Ventajas de los frenos magnéticos.

- Permiten un control preciso del torque
- Respuesta rápida
- Vida útil bastante prolongada
- Son silenciosos y suaves

Aplicaciones

Estos dispositivos se utilizan para controlar el par de torsión en ejes. En aplicaciones como máquinas bobinadoras donde deba aplicarse una fuerza constante a un tramo o hilo de materia, conforme se va embobinando



Figura 2.18 Freno

Fuente: http://it.wikipedia.org/wiki/Freni_magnetici

2.4.1. INSPECCIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA DEL FRENO

2.4.1.1 PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

El espacio o entrehierro entre superficies está lleno de un polvo fino ferroso. Al energizarse la bobina, las partículas de polvo forman cadenas a lo largo de las líneas de flujo del campo magnético, acoplado el disco a la carcasa, sin deslizamiento.

2.4.1.2 HISTÉRESIS MAGNÉTICA

No tienen un contacto mecánico entre los elementos en rotación y, por tanto al desacoplarse tienen una fricción, el rotor es arrastrado o (frenado) por el campo magnético establecido por la bobina de campo.

2.4.2 MANTENIMIENTO DEL FRENO

- 1) Una de las principales prohibiciones es el empleo de martillo para el montaje y desmontaje de freno y embrague.
- 2) El soporte del freno no debe ser de material magnético.
- 3) El sistema una vez ubicado en su sitio no debe soportar ni el mínimo empuje axial.

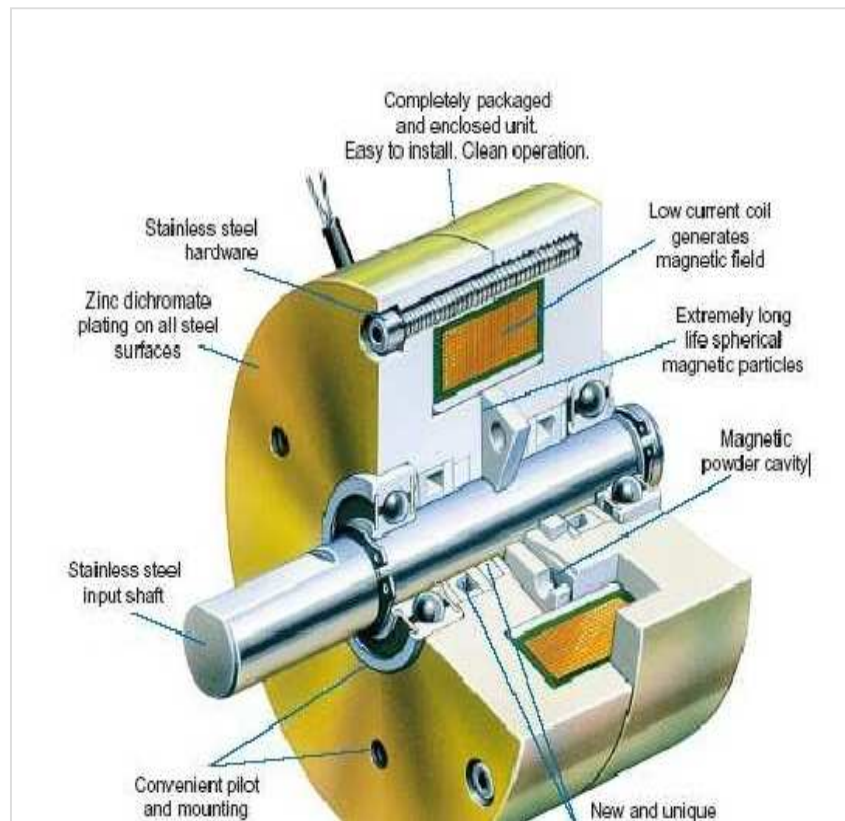


Figura 2.19 Estructura del freno

Fuente: http://it.wikipedia.org/wiki/Freni_magnetici

CAMBIO DE POLVO- JUNTAS- COJINETES

DESMONTAJE

- Quitar el aparato de su soporte magnético.
- Ubicar el plano en una mesa cuidadosamente desengrasada.
- Desmontar el colector.
- Retirar la tapa de protección.
- Volcar el aparato por encima de una hoja de papel fuerte y limpio.
- Recoger todo el polvo magnético en la hoja de papel, cubrir todo el polvo en el papel y depositar en su respectivo depósito de basura.
- Desmontar las tapas de los rodamientos, retirar los cojinetes y depositar en sus respectivos basureros.
- Si no se puede quitar la capa de pasta reseca formada por grasa y polvo magnético, hay que cambiar la pieza.

MONTAJE

Para realizar el proceso de montaje se debe seguir los siguientes pasos, además este proceso debe realizar personal capacitado para esta acción.

- Lavar cuidadosamente las piezas a ser montadas
- Limpiar y secar con trapos limpios que no dejen pelusas
- Reemplazar las piezas que tengan defectos o estén dudosas.
- Para el correcto funcionamiento se debe montar de acuerdo a los catálogos de la máquina.
- Montar los nuevos cojinetes de bolas
- Echar en el fondo de la tapa o medio- caja puesta la totalidad del polvo magnético del bolso del polvo nuevo y repartirlo bien.



Figura 2.20 Sistema de freno
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.4.3 VERIFICACIÓN DEL FRENO

2.4.3.1 PUESTA EN MARCHA

Antes del primer ensayo se procedió a comprobar que el polvo esté bien repartido en el entrehierro.

Se hace girar el rotor del freno a una velocidad mínima de 100 RPM, incrementando la corriente de mando hasta la mitad del valor máximo nominal y disminuyendo de nuevo a cero por 3 ocasiones. Esta operación es recomendada hacerla en la misma máquina y una vez que este montado el aparato, en caso de ser imposible en la misma se puede hacer en un torno o en otra máquina, antes del montaje definitivo en sitio.

La temperatura máxima de trabajo al nivel del primario no puede pasar de los 80°C.

En caso de funcionamiento en atmósfera con polvo o corrosiva, se debe colocar un Carter de protección pero sin perjudicar la suficiente ventilación del aparato.

2.4.3.2 MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Los aparatos ya vienen engrasados para toda su vida útil de trabajo, por tanto está prohibido cualquier engrase o lubricación.

Un sistema de freno en condiciones normales de empleo, no necesita mantenimiento importante. En caso de que su trabajo fuera intenso, (en cuanto a esfuerzos, así como a periodo diario de marcha), cuando existe la disminución de sus características, (en particular necesidad de elevar la corriente para procurar el parámetro habitual) se debe incrementar el polvo magnético en su alojamiento.

2.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

La neumática es la rama de la tecnología que tiene como principal objetivo el estudio, la investigación y la innovación de las aplicaciones del aire comprimido para realizar trabajo.

2.5.1 MAGNITUDES

Presión: es la fuerza ejercida perpendicularmente por el aire por unidad de superficie.

Caudal: es la cantidad de aire a presión que atraviesa la sección de un conductor (tubería) por unidad de tiempo.

2.5.2 AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido.

2.5.3 COMPONENTES DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO:

COMPRESORES (GENERADORES)

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que recorren el circuito. El compresor normalmente lleva el aire a un depósito, Este depósito tiene un manómetro para regular la presión del aire y un termómetro para controlar la temperatura.

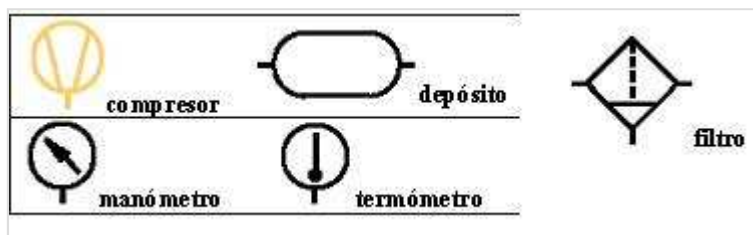


Figura 2.21 Esquema compresor

Fuente:

cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%202.pdf

2.5.3.1 CILINDROS

Al llegar la presión del aire a ellos hace que se mueva un vástago (barra), la cual acciona algún elemento.

A continuación se describe tipos de cilindros.

De simple efecto: Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido.

No pueden realizar trabajos más que en un sentido.



Figura 2.22 Cilindro de simple efecto

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

Cilindros de doble efecto: la fuerza ejercida por el aire comprimido aplicada al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación



Figura 2.23 Cilindro de doble efecto

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

2.5.3.2 VÁLVULAS

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenada en un depósito.



Figura 2.24 Válvulas

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

TIPOS DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS.

1. **Válvulas de distribución.** Como su propio nombre indica son las

encargadas de distribuir el aire comprimido en los diferentes actuadores neumáticos, por ejemplo, los cilindros.

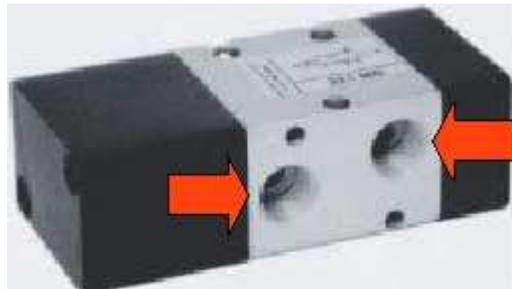


Figura 2.25 Válvula de distribución

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

2. Válvulas de bloqueo. Son válvulas con la capacidad de bloquear el paso del aire comprimido cuando se dan ciertas condiciones en el circuito.



Figura 2.26 Válvula de bloqueo

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

3. Válvulas reguladoras. Aquí nos encontramos con las válvulas que regulan el caudal y las válvulas que regulan la presión.

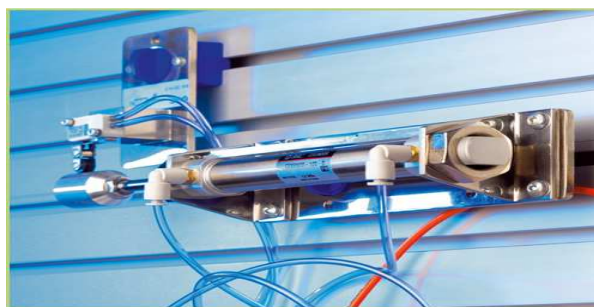
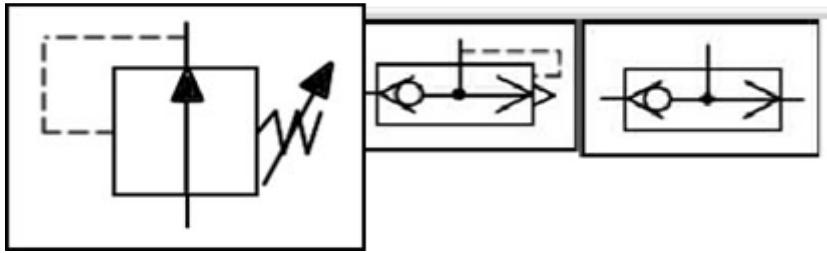


Figura 2.27 Válvula reguladora

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

4. Válvulas secuenciales. Las válvulas neumáticas son considerados elementos de mando, de hecho, necesitan o consumen poca energía y a cambio, son capaces de gobernar una energía muy superior.



. Figura 2.28 Válvula secuencial

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

5. Un regulador de flujo: es un elemento que permite controlar el paso del aire en un sentido, mientras que en el otro sentido circula libremente.

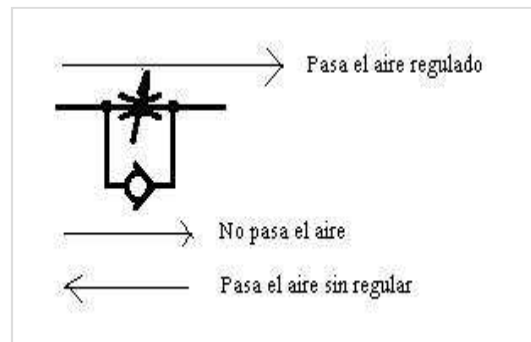


Figura 2.29 Regulador de flujo

Fuente: cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF

Las válvulas estranguladoras con retención, conocidas como válvulas reguladoras de flujo.

El regulador de flujo se alimenta con aire del suministro. Dicho regulador emite un flujo de aire controlado en una conexión en T.

2.5.4 INSPECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA.

A continuación se describe el Sistema neumático, controlado por aire comprimido.

Este sistema es de muy fácil acceso, el aire existe en abundancia y lo encontramos en todo lado por esto se puede hablar de una característica principal que es muy económico.

Y como la energía en este sistema no es muy costosa se puede concluir que es el sistema que menos atención a tenido el departamento de mantenimiento. A simple vista se puede concluir que existen muchas falencias desde el regulador que no controla la presión hasta fugas en el sistema de conducción (cañerías) del aire a los actuadores.

Ruidos excesivos en el sistema son detectados por fugas en los elementos y sus acoples, también se puede escuchar y detectar rápidamente que las mangueras están fisuradas y la mayoría están estranguladas por un ángulo erróneo de acople.

Otro problema que se detecta es la existencia de agua en las cañerías y los actuadores esto es debido a la inexistencia de un sistema de condensado, todo el aire en reposo en las cañería de conducción principal arrastra residuos de agua que se condensa en su interior.

Esto es otra de la razón que la mayoría de los elementos se pueden observar que tienen problemas en el funcionamiento.

2.5.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO



Figura 2.30 Sistema neumático
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

Se debe purgar periódicamente cada 8 días (como mínimo), el filtro de entrada a la máquina evitando la acumulación de agua que perjudica los mecanismos produciendo endurecimiento.

Comprobar periódicamente cada 8 días (como mínimo) el nivel de aceite de los sistemas de lubricación distribuidos por el circuito.

Se debe evitar un gasto excesivo, ajustar al consumo de aceite por medio del tornillo del lubricador.

El tipo de aceite adecuado para lubricar es el ARIES MEDIO o alguno equivalente.

Evitar la acumulación de polvo en los ejes de los cilindros a fin de impedir la formación de una pasta, que al juntarse con el aceite dificultaran el buen engrase.

Después de una inspección completa del sistema se procede al desmontaje. Se recuerda al personal especializado de mantenimiento, que para trabajar dentro de la máquina se debe retirar la presión existente en el sistema, cerrando la válvula de paso de alimentación de aire comprimido y además drenar el aire de las cañerías.

- Señalar todos los puntos a ser retirados de la máquina.
- Para este trabajo se debe buscar una mesa completamente limpia y no debe existir ningún otro elemento que no se relacione con el sistema desmontado.
- Se procede a desmontar las conexiones del sistema, para este proceso se debe tener un respaldo de las conexiones o el manual de la máquina.
- Se procede al desmontaje de todas las válvulas del sistema para el respectivo mantenimiento.
- Se retira los medidores de presión que se encuentran en el sistema y que controlan la presión que ejerce sobre las bobinas de salida.
- Todos los elementos de actuación y transporte deben ser señalados
- Una vez desmontado todos los elementos del sistema se realiza una limpieza general y posteriormente al pintado de la carcasa donde se alojan todos los elementos del sistema.

2.5.5.1 MONTAJE DEL SISTEMA

- Para el montaje del sistema se debe observar que todos los elementos del sistema están limpios y ordenados para el proceso de montaje.
- Los reguladores de presión deben ser reemplazados por nuevos en caso de existir deformaciones en los elementos.
- Acoples rápidos, uniones, racores y demás elementos de unión, conducción y separación deben ser reemplazados también en su totalidad por fugas.
- Para las válvulas de accionamiento se realiza una limpieza de impurezas de aceite con mezcla de agua condensada.

- En los embragues neumáticos de control de presión se debe reemplazar cauchos y resortes por desgaste y pérdida de sus propiedades de trabajo.
- Las mangueras de conducción son reemplazadas por su tiempo de trabajo y mala rigidez.



Figura 2.31 Sistema neumático-montaje
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

- Los cilindros de este sistema están dentro del mantenimiento y para estos fueron cambiados los empaques y sellos, también fue necesario limpieza de los vástagos y lubricación interna.
- Los reguladores de los cilindros fueron cambiados por mala regulación.



Figura 2.32 Sistema neumático
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

- Una vez reemplazado todos los elementos con defecto del sistema se procede a la conexión según el manual, evitando confusiones de cañerías.
- El montaje del nuevo sistema se procede evitando estrangular las mangueras.
- El empuje de conexiones a los actuadores se debe realizar de acuerdo a las señales anteriores o consultando el diagrama de conexiones para el sistema.
- Se regula todos los limitadores de presión dependiendo del tipo de material a trabajar.
- Así también los embragues deben ser regulados desde el punto o a su máximo valor dependiendo del diámetro de la bobina y el tipo de material usado.
- Revisar el valor de presión en bares (6 bar) después de alimentado si existe una caída del valor reajustar hasta el punto exacto.
- Se comprobó que no exista ningún tipo de fuga y el funcionamiento del sistema sea el esperado y superando todos los problemas antes mencionados.



Figura 2.33 Sistema neumático
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.5.5.2 PRESION EMBRAGUES REBOBINADOR



Figura 2.34 Embragues rebobinador
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

La presión de los embragues individuales es regulada por el “PALPADOR NEUMATICO” que controla en función del diámetro la presión de alimentación del cilindro axial al eje de los embragues.

2.5.5.3 AJUSTE DE LA PRESION DEL EMBRAGUE

- Se coloca el palpador sobre la bobina a máximo diámetro, mediante el volante B, ajustamos a la máxima presión en función del material a trabajar.
- Colocamos el palpador sobre la bobina, mediante el volante A, y ajustamos la mínima presión.
- Reajustamos la presión máxima, volviendo a colocar el palpador a máximo diámetro.
- La presión debe variar proporcionalmente del máximo al mínimo ajustando, al mover el palpador de máximo a mínimo diámetro

2.6 MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE DRIVES DE CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

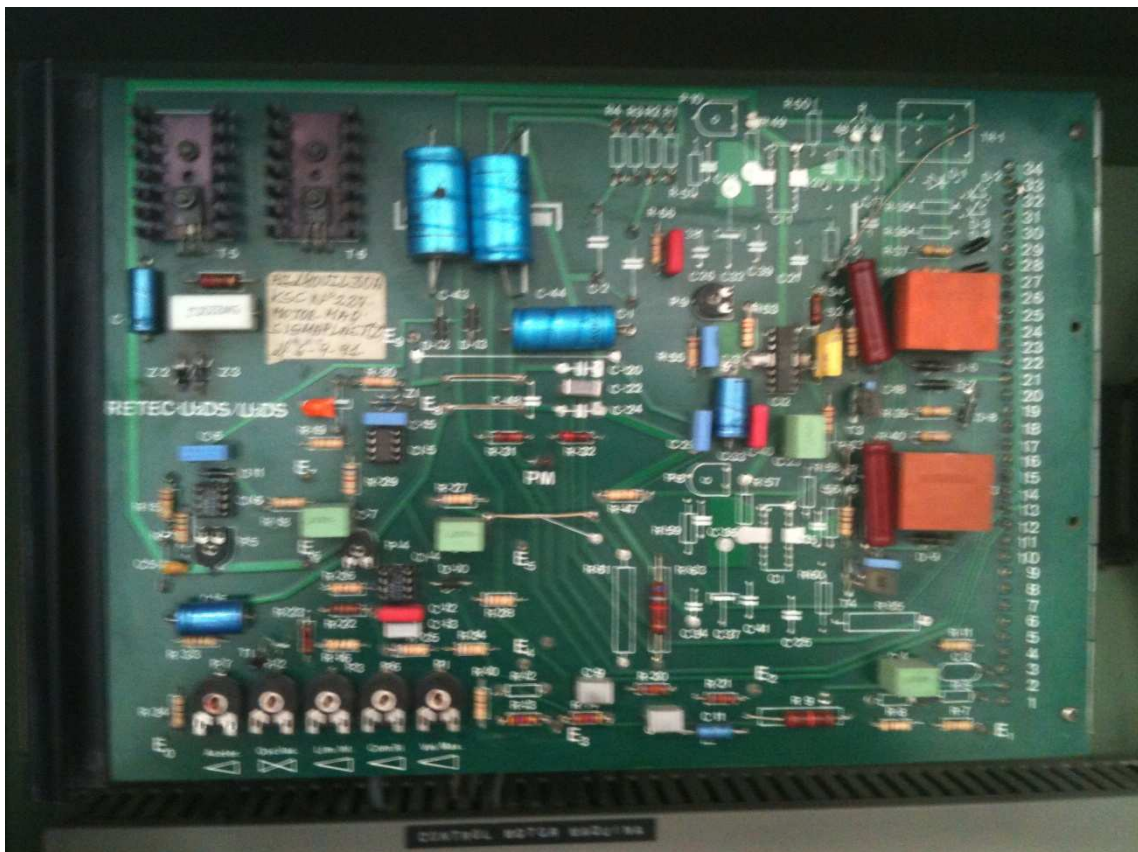


Figura 2.35 Tarjeta de control
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.6.1 INSPECCIÓN VISUAL Y ELECTROMECAÁNICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE LA BOBINADORA COMEXI

El sistema de control de velocidad de la bobinadora COMEXI en el momento de la inspección visual se observa el deterioro y la inexistencia del sistema original de maniobra, elementos incompletos mecánicos como eléctricos se comprobó que los pulsantes delantero como posterior del sistema de control de la máquina no estaba en funcionamiento. Estos controlan la velocidad de la máquina por medio de dos pulsantes de aumento y de decremento de velocidad implementados en los tableros de control.



Figura 2.36 Equipo interno del tablero de control
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango



Figura 2.37 Pulsantes
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

El incremento y el decremento de la velocidad del motor máquina como del motor bobinador se realiza a través de dos potenciómetros que son girados a través de un motor éste a su vez gira en sentido horario y anti horario por medio de los pulsantes presentes en el tablero de control la máxima velocidad y la mínima velocidad se pueden censar por medio de fines de carrera pero por antigüedad de la máquina este sistema fue modificado en forma manual imposibilitando el control de velocidad de la parte posterior de la máquina.

Para solucionar este problema fue necesario implementar un sistema parecido al sistema original de la máquina por medio de un motor paso a paso Teniendo en consideración que éstos tienen movimientos muy precisos y pueden ser controlados con micro controladores.

2.6.1.1 MICROCONTROLADORES

Para determinar el mejor microcontrolador a utilizarse, se debe tener en cuenta tanto el software como el hardware del que dispone, el procesamiento y velocidad de transmisión de datos, el número de puertos de E/S, el consumo, la capacidad de memoria requerida, su ancho de palabra, así como el diseño de la placa y sus aplicaciones.

Se utilizara los microcontroladores AVR, ya que su programación es fácil mediante el programador ICSP y requieren menos líneas de comandos que un microcontrolador normal debido que tiene tecnología RISC, además porque trabaja con una alimentación de 2.7v a 5.5v que es el voltaje que se requiere para el motor PAP

2.6.1.1.1 MICROCONTROLADOR ATMEGA48

En el caso de control de velocidad del motor paso a paso se utiliza un microcontrolador, que cuente con un puerto para manejar un LCD, puertos para la alimentación y otros para las salidas de pulsos para el motor paso a paso,

por lo cual hemos optado usar un AVR ATmega48 CMOS de 8bits con arquitectura avanzada RISC de alto rendimiento y bajo consumo de energía

2.6.1.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ATMEGA48

Este microcontrolador ofrece un repertorio de 130 instrucciones, 32 registros de Uso general, una memoria FLASH de 8Kbytes, una EEPROM de 512bytes y una SRAM de 1Kbytes para los datos.

Voltaje de operación	2.7 - 5.5 VDC
Rangos de velocidad	0 - 16 MHz
Consumo de energía	Activo: 3.6 mA
	Reposo: 1.0 mA
	Modo Power - down= 0.5 uA
Características de periféricos	2 Timer/counter de 8 bits
	1 Timer/counter de 16 bits
	3 Canales PWM
	8 Canales análogos - digitales
	Módulo USART
	Interfaz serial SPI
Características especiales	Power on Reset
	Oscilador programable interno
	5 sleep mode
Entradas - Salidas (E/S)	23 E/S programables

Tabla 2.1 Características del microcontrolador ATmega48

Fuente:http://comclubot.educa.madrid.org/tecnologia/electronica/comunicaciones_pc_robot/comunicaciones_pc_robot.php

2.6.1.1.3 DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL ATMEGA48

A continuación se presentan las configuraciones de los pines utilizados del microcontrolador ATmega 48 para el presente proyecto, así como los distintos pines de polarización.

El microcontrolador ATmega 48, posee tres puertos bidireccionales (B, C y D) que incluyen líneas digitales configurables como entradas o salidas, dependiendo del uso que se le dé figura 2.38.

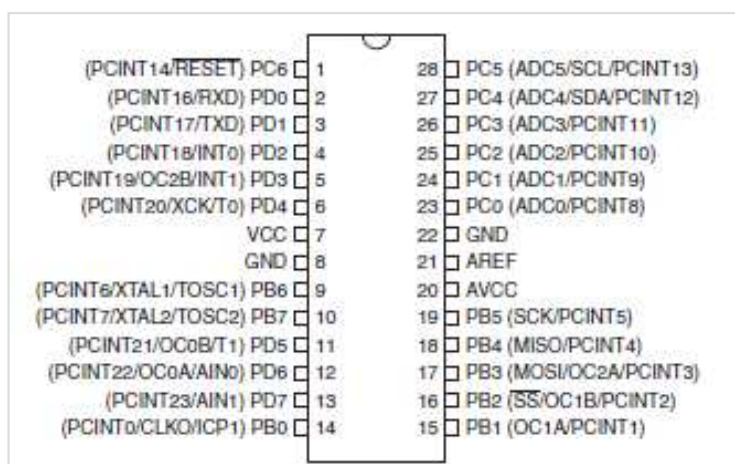


Figura 2.38 Distribución de pines del ATmega48

Fuente:http://complubot.educa.madrid.org/tecnologia/electronica/comunicaciones_pc_robot/comunicaciones_pc_robot.php

a) Pórticos de alimentación

Para nuestro caso el AVR se va alimentar con un voltaje de 5v en los pórticos 7,20 y 21 y conexión a tierra los pórticos 8 y 22.

b) Pórtico B (PB7...PB0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

El pórtico B conformado por 8 líneas bidireccionales con resistencias de pull-up Internas, de las cuales cinco son maniobrables por el usuario para programación del AVR con la finalidad de no estar extrayendo nuestro micro a cada momento para programarlo... Se van usar tres de estas (PB0, PB6 y PB7) para la conexión del LCD para ver el estado del motor paso a paso y su porcentaje de velocidad. Además cuenta con buffers que tienen características

simétricas de capacidad y cederán corriente en bajo si las resistencias de pull-up están activas.

Los pórtricos PB6 y PB7 tienen funciones especiales (I/O del oscilador o TOSC del A syncTimer/Counter2). Pero en este caso se utiliza un oscilador interno del AVR.

c) Pórtico D (PD7...PD0)

Este pórtico consta de 8 líneas bidireccionales las cuales cumplen con las mismas características que el puerto B, de las cuales se van a utilizar para la conexión del LCD estas son tres líneas (PD7, PD6 y PD5).

Y para las interrupciones y recepción de datos se utiliza los pórtricos (PD0, PD1, PD2, PD3, PD4) respectivamente. A continuación se detalla cada pin del pórtico D.

PD0 este es un pin entrada y aumenta la velocidad

PD1 este es un pin entrada y disminuye la velocidad

PD2 este dumping entrada y es la señal que determina el motor debe llegar al nivel mínimo de velocidad por un agente externo (operador máquina).

PD3 este es un pin entrada y es la señal que determina cuando la velocidad es máxima.

PD4 este es un pin entrada y es la señal que determina cuando la velocidad es mínima.

d) Pórtico C (PC6...PC0)

Es un pórtico bidireccional de 7 líneas con las mismas características del puerto B. En este caso se utiliza el pórtico PC0 como programación mediante **ICSP** ya que este pin es el reset del microcontrolador y los pórtricos (PC2, PC3, PC4, PC5) como salida de información para el driver del motor paso a paso el resto de terminales del puerto son utilizados como entradas o salidas auxiliares que se puedan utilizar en otro tipo de programación.

e) AVCC, a este pórtico se le aplica una corriente de alimentación VCC para el

Conversor A/D, con un filtro de paso bajo.

f) **AREF**, referencia analógica para el conversor A/D.

2.6.1.1.4 INTERRUPCIONES DEL ATMEGA

En el ATmega las interrupciones están en un vector ordenado por las prioridades de las interrupciones que pueden colocarse en diferentes posiciones de la memoria:

- El principio de la memoria flash.
- El principio de la sección de boot de la memoria flash, esta viene determinada por el contenido del registro general (GICR).

Las interrupciones externas son capturadas por los puertos INT0 e INT1. Se detectan con flanco de subida, bajada (síncrona) o con nivel bajo (asíncrona). En este proyecto se utiliza una interrupción el INT 0 del pórtilo D que es la que habilita cuando el motor PAP llegue a su velocidad mínima por un agente externo

2.6.1.1.5 ICSP (IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING)

Este es un método para la programación directa de los AVR's después que son colocados en una placa, lo cual tiene varios beneficios como por ejemplo: actualizar el software de manera rápida, realizar pruebas, control de periféricos y otros propios de cada dispositivo.

Para la programación del AVR podemos fijarnos en las funciones adicionales que tiene el pórtilo B, el cual nos permitirá utilizar este método valiéndonos de la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) hacia un dispositivo programador basado en un ATmega48 el cual realiza la conversión USB por software a serial para la transferencia de datos de programación desde el computador al microcontrolador ATmega48



Figura 2.39 Circuito de programación
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

En la figura 2.12 podemos apreciar el circuito para la programación de un AVR utilizando el método ICSP.

2.6.1.2 MOTORES PASO A PASO

El motor PAP es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de avanzar una serie de grados (pasos) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

2.6.1.2.1 INTRODUCCIÓN

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, es decir, que se necesitaran 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 pasos para el segundo caso (1.8°), para completar un giro de 360°.

Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula ninguna corriente por sus bobinas.

2.6.1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES PASO A PASO

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por cierto número de bobinas excitadoras en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deben ser externamente manejadas por un controlador.



Figura 2.40 Imagen de un estator de 4 bobinas
Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>



Figura 2.41 Imagen del rotor el motor paso a paso
Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Existen dos tipos básicos de motores paso a paso de imán permanente:

- Los bipolares.
- Los unipolares.

2.6.1.2.3 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO UNIPOLARES

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso uno, una vez alcanzado el paso final (4 u 8 pasos).

Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

Secuencia Normal: Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, hace que el campo magnético sea más potente y se obtenga un alto torque de paso y de retención.

Secuencia del tipo wave drive o secuencia por ola: Esta es la forma más fácil de manejar un motor, consiste en energizar solo una bobina a la vez, A, B, C y por último la D. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

En la tabla podemos observar el energizado para conseguir que el motor gire en sentido horario, el cual consta de cuatro movimientos exactos.

N° de Pasos	A	B	C	D
Paso 1	1	0	0	0
Paso 2	0	1	0	0
Paso 3	0	0	1	0
Paso 4	0	0	0	1

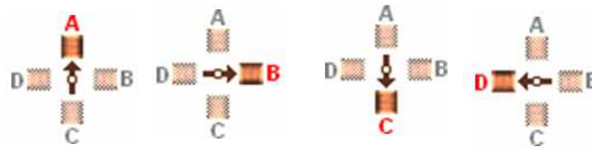


Figura 2.42 Secuencia de motores paso a paso
Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Secuencia del tipo medio paso: En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero dos bobinas y luego solo una y así sucesivamente

Los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados son puntos muy importantes. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- O puede llegar a girar en sentido opuesto.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en reversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

Para este caso el motor PAP sólo tendrá un giro de 0° a 360° y deberá tener un excelente torque, Se utilizó un motor paso a paso marca VEXTA por sus propiedades.

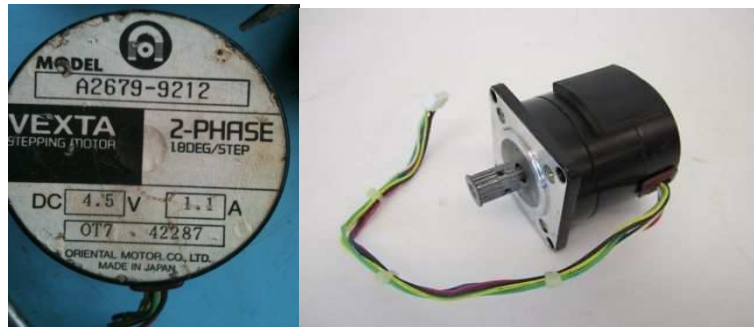


Figura 2.43 Motores paso a paso bobinadora COMEXI
Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

2.6.1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE MOTOR VEXTA DE DOS FASES DE 1.8° DE PASO

Voltaje de operación = 4.5 V

Corriente de operación = 1.1 A

Ese tipo de motor es unipolar por tener seis cables de conexión en algunos casos pueden tener ocho o más cables en el siguiente gráfico se detalla la configuración de sus bobinas

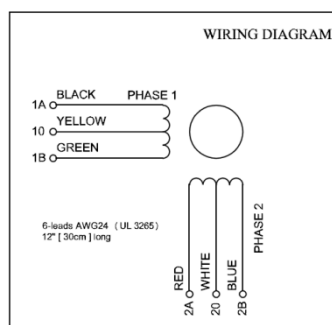


Figura 2.44 Motores paso a paso-diagrama de conexión
Fuete: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Para producir mayor torque en el motor paso a paso se procedió a conectar el motor paso a paso unipolar como si se tratase de un bipolar de esta manera los motores de seis conductores pueden conectarse en serie produciendo más torque en velocidades bajas. Nuestro proyecto no utiliza velocidades altas y sólo tiene un rango de 0° a 360° en forma incremental y decremento este tipo

de motor se debe hacer funcionar con menor corriente de la nominal para evitar sobrecalentamiento

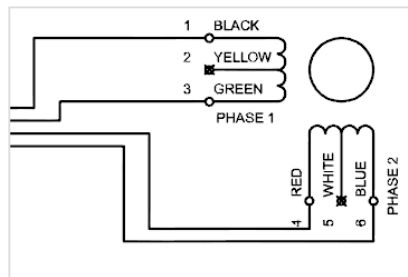


Figura 2.45 Diagrama de conexión
Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

2.6.1.2.5 SECUENCIAS PARA MANEJAR MOTORES PASO A PASO BIPOLARES

Este tipo de motor lleva dos bobinados independientes, para controlar este motor se necesita invertir la polaridad de cada una de las bobinas en la secuencia adecuada, para esto necesitaremos usar un puente en "H" o driver tipo L298 para cada bobina y de este modo tendremos una tabla de secuencias como la siguiente:

PASOS	A	B	C	D
1	VCC	GND	VCC	GND
2	VCC	GND	GND	VCC
3	GND	VCC	GND	VCC
4	GND	VCC	VCC	GND

Tabla 2.2 Tabla de secuencia
Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Cada inversión en la polaridad provoca el movimiento del eje, avanzando este un paso, la dirección de giro se corresponde con la dirección de la secuencia

de pasos, por ejemplo para avanzar el sentido horario la secuencia seria 1-2-3-4,1-2-3-4.... Y para sentido anti-horario seria; 4-3-2-1,-4-3-2-1...

2.6.1.2.6 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL MOTOR PASO A PASO

El motor paso a paso utiliza las líneas PC2, PC3, PC4 y PC5 del pòrtico C del Microcontrolador ATmega48, en las cuales se ubica la secuencia de control correspondiente para el manejo del motor haciendo que gire en sentido horario, anti horario o que establezca los giros dependiendo lo que desee realizar el programador.

Debido a que el microcontrolador ATmega48 responde a especificaciones de la Familia CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) es capaz de suministrar 0.4mA a 5V en cada una de sus líneas, el nivel de voltaje y corriente son relativamente pequeños para el control de motores paso a paso, es por tal motivo que se ha implementado un circuito de fuerza para superar esta limitación.

Para poder interactuar entre el microcontrolador y el motor paso a paso de modo bipolar es necesario utilizar un drive o circuito integrado, el siguiente integrado que utilizaremos es el L298 que tiene un voltaje de operación hasta 46 V y soporta un consumo de corriente hasta 3 A tiene una baja saturación de voltaje y puede disipar hasta 15 W en el siguiente gráfico se presenta el diagrama de conexión.

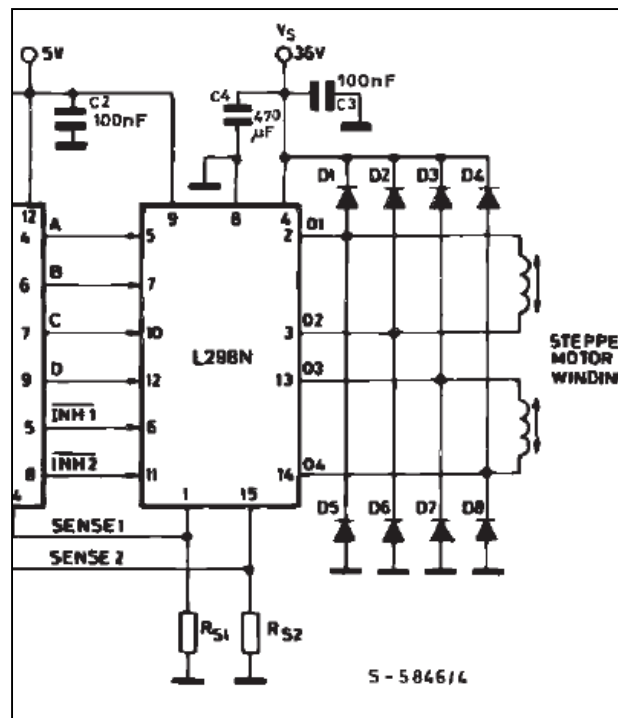


Figura 2.46 Diagrama circuital del motor paso a paso
Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

La fuente de alimentación que alimenta al motor paso a paso es externa, el voltaje DC que es suministrado por la fuente alimenta al módulo del control de velocidad como también al driver del motor paso a paso.

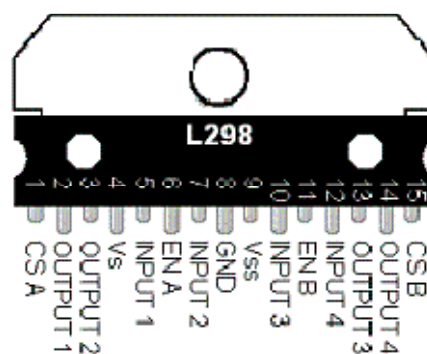


Figura 2.47 Drive
Fuente: <http://www.futurlec.com/Others/L298.shtml>

2.6.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE

El sistema de control de velocidad del presente proyecto requiere de un software que se utilizan para controlar al microcontrolador Atmega48 y obtener las salidas necesarias para mover el motor paso a paso

2.6.2.1 PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES

Para la programación del microcontrolador del proyecto, se puede utilizar distintos lenguajes de programación, unos de bajo nivel como el “Assembler” y otros de alto nivel como por el ejemplo AVR Studio basado en lenguaje C, en este caso se utiliza el compilador conocido como Bascom AVR que trabaja con Visual Basic.

En la figura 2.48 se observa la interfaz gráfica del compilador Bascom AVR.

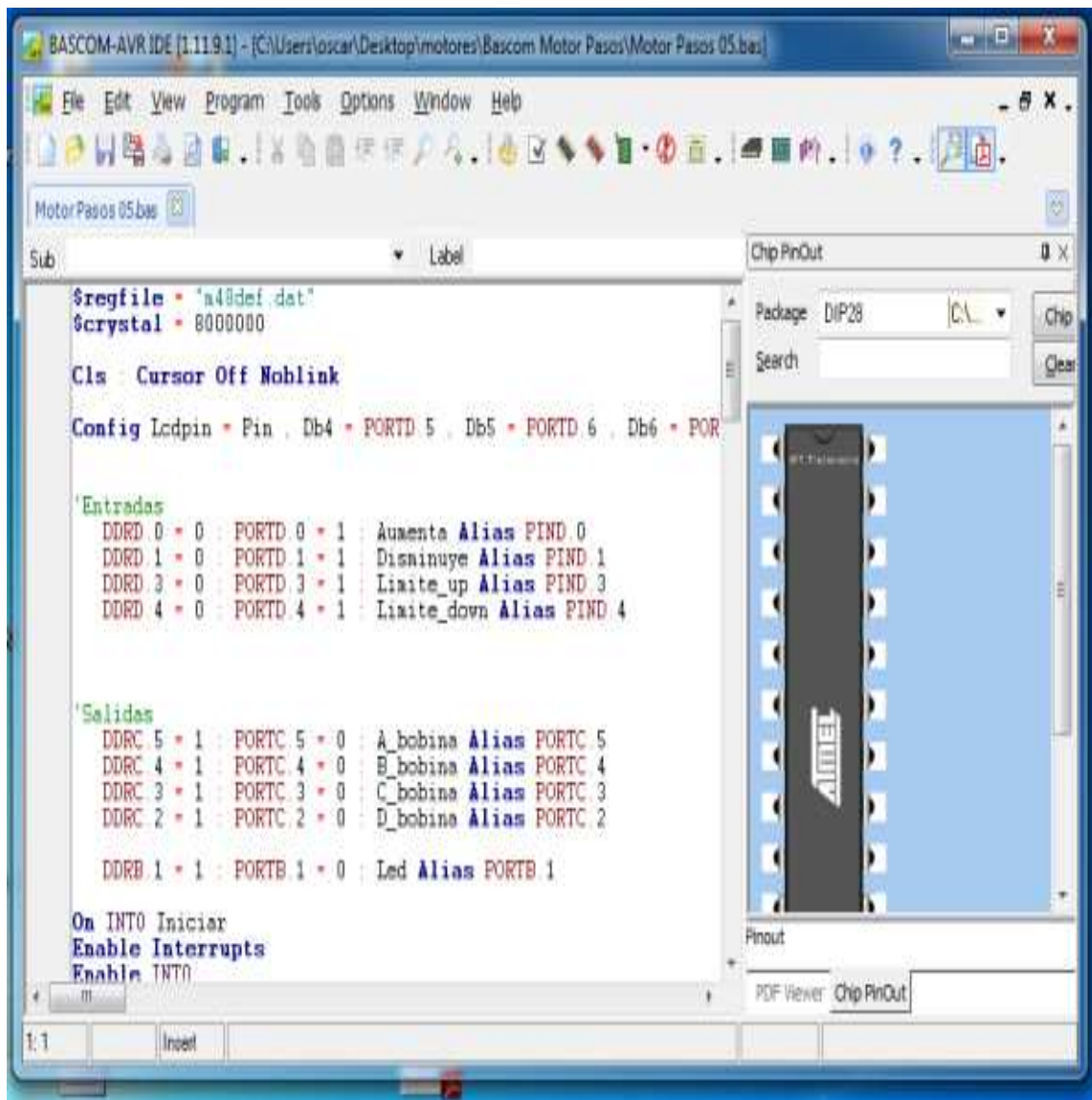
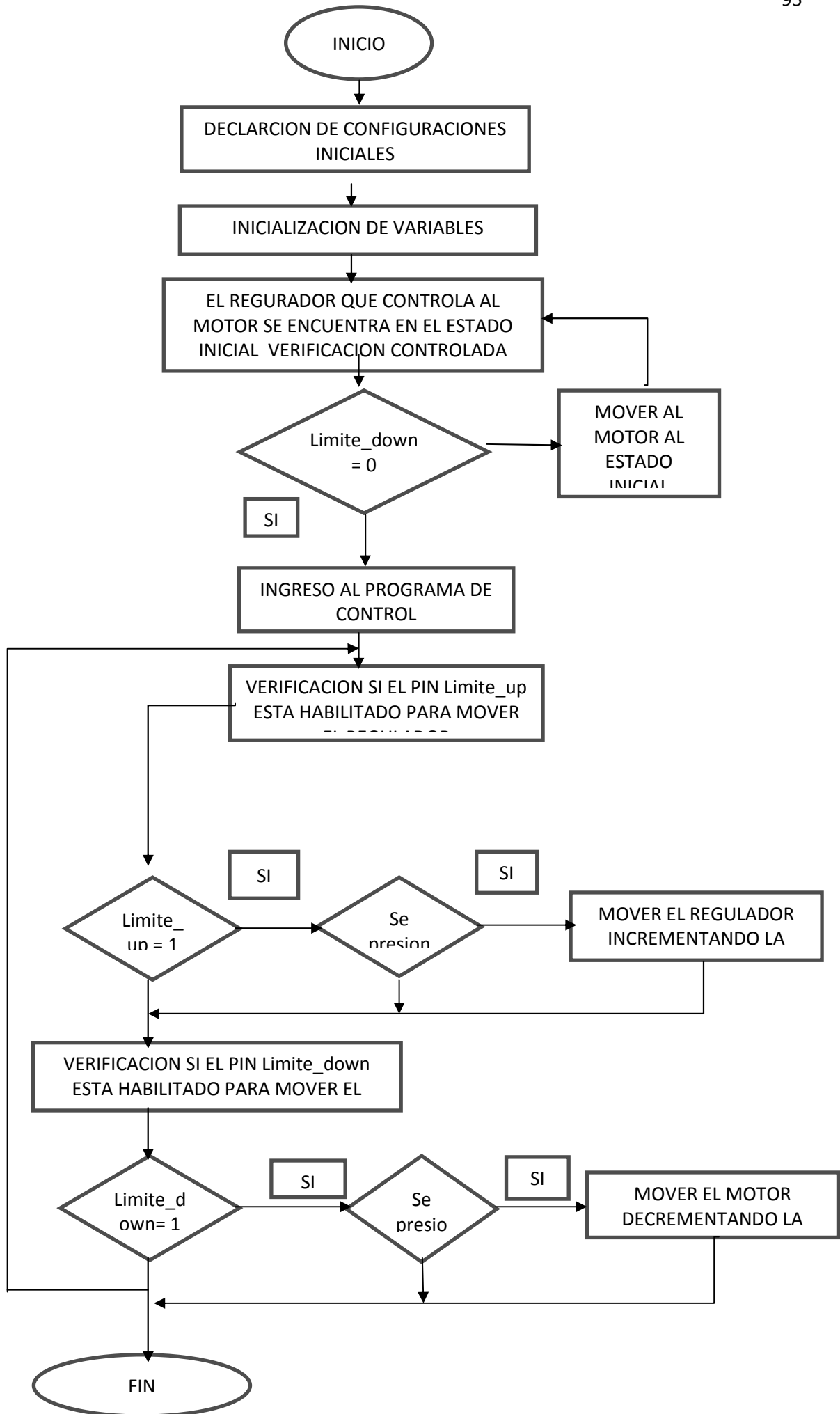


Figura 2.48 Interfaz del Bascom AVR
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

Este compilador y grabador AVR será el encargado de realizar todas las funciones necesarias para la configuración lógica de los microcontroladores de nuestro proyecto.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con las secuencias que debe seguir el software del microcontrolador Atmega48 del módulo de control de velocidad.



2.6.2.2 FUNCIONAMIENTO:

El programa después de haber declarado las configuraciones iniciales los pines de entrada y las variables de control ingresa a la primera sección del programa la cual se encarga de que el regulador se encuentre en su estado inicial mediante la detección de el pin de entrada que controla la interrupción INT0 si el valor del pin esta en alto el programa mueve un motor de pasos que controla al regulador hasta que el regulador se encuentre en su posición inicial una vez realizado esto el programa ingresa a la sección principal que controla al motor que mueve al regulador.

A continuación en esta sección el programa chequea si los límites (Limite_down y Limite_up) se encuentran habilitados para permitir que el programa chequee a los pines de entrada (Aumente y Disminuye) los cuales correspondientemente mueven al motor que controla al regulador en sentido horario o anti horario según corresponda.

2.6.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El siguiente paso para la elaboración del proyecto fue la adquisición de los elementos que intervienen en el proyecto, tomando en cuenta los diagramas.

2.6.2.4 SOFTWARE UTILIZADO

Para la implementación de los módulos el primer paso fue el diseño y ruteo de los circuitos electrónicos utilizando el programa PROTEUS versión 7.8 para Windows.

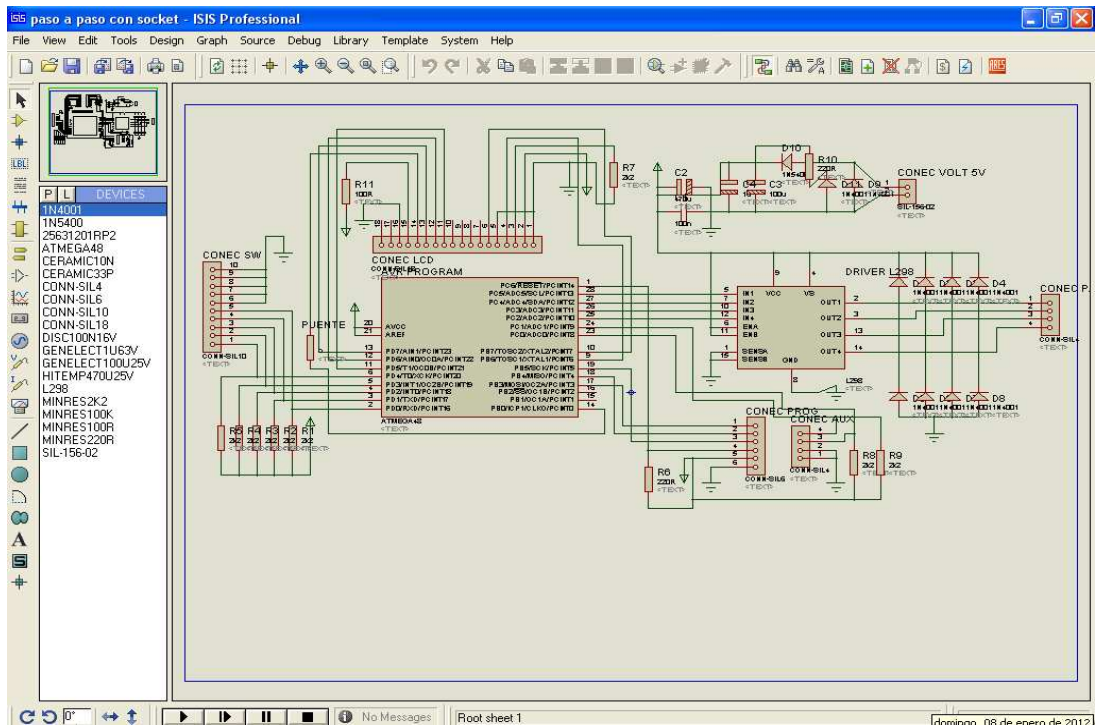


Figura 2.49 Ventana principal del PROTEUS versión 7.8 para Windows.

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

El cual nos genera páginas y diseños esquemáticos, por lo cual todos los diagramas y partes del esquemático son almacenados dentro de una librería y pueden fácilmente ser copiados, movidos y editados por el usuario, además presenta una gran cantidad de librerías con una variedad de dispositivos, lo que permite crear librerías, dispositivos, nombrarlos, modificarlos, copiarlos.

PROTEUS versión 7.8 para Windows permite crear las pistas que serán transferidas a la placa de baquelita para su posterior tratamiento. Además el programa PROTEUS versión 7.8 para Windows permite diseñar y realizar el ruteo de los circuitos impresos de manera automática o manual, partiendo del diagrama circuital creado en el PROTEUS versión 7.8 para Windows.

2.6.2.5 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL CONTROL DE VELOCIDAD

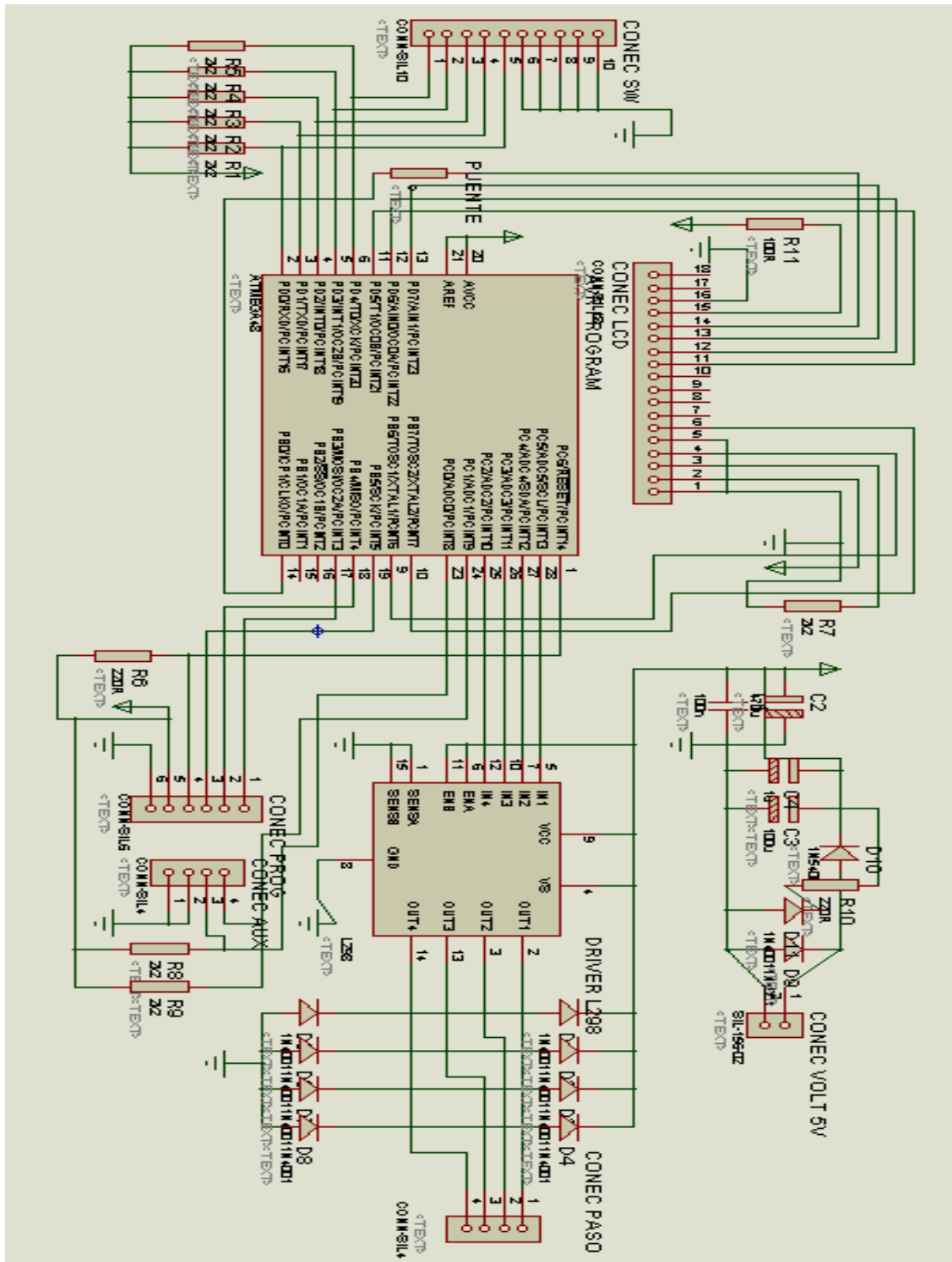


Figura 2.50 formato PSB PROTEUS versión 7.8 para Windows.

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.6.2.6 CIRCUITO IMPRESO Y SCREEN DE LA TARJETA

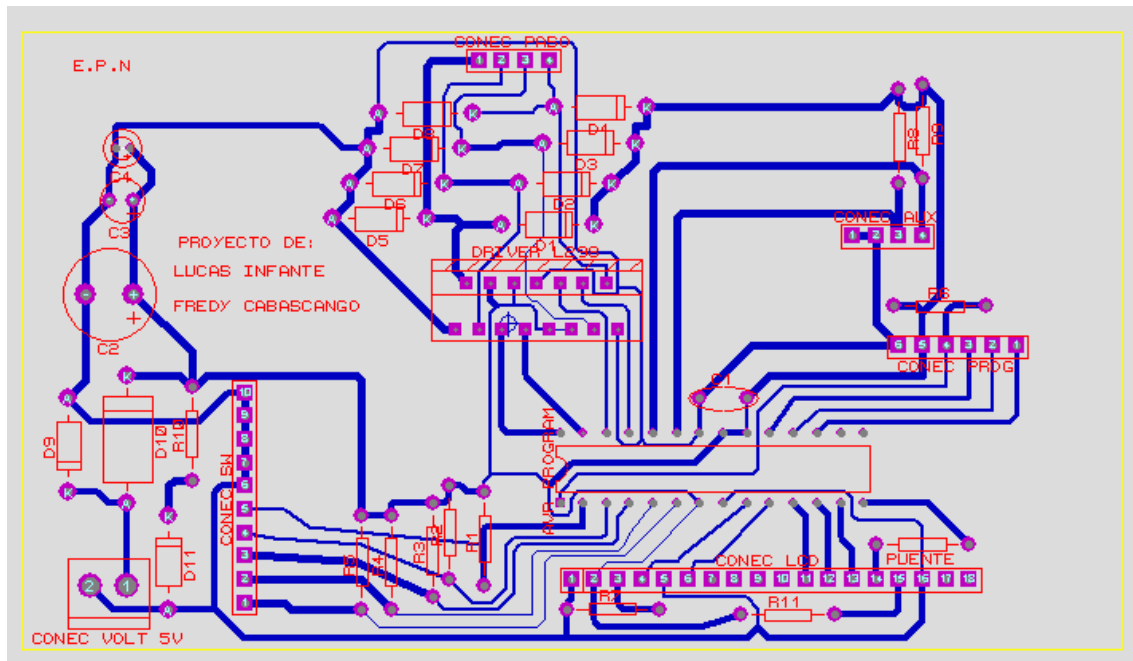


Figura 2.51 Circuito impreso y screen final del módulo control remoto
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

El programa PROTEUS tiene la posibilidad de imprimir la plaqueta y sus elementos en tercera dimensión cómo se muestran el siguiente gráfico.



Figura 2.52 Diagrama de distribución de los elementos electrónicos

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

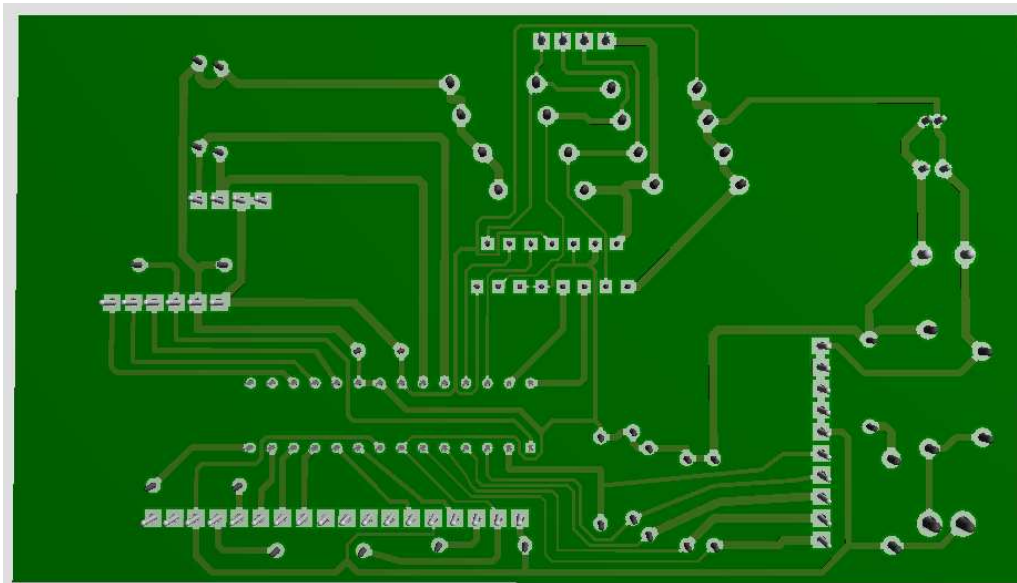


Figura 2.53 Diagrama de pistas
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.7 CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA DE ALINEACIÓN DE LÁMINAS DE LA BOBINADORA COMEXI

En el momento de la revisión de la bobinadora la mayor parte de implementos y partes de la máquina estaban en desuso o simplemente ya no formaban parte de la máquina. Entre uno de ellos se encontraba inhabilitada y con partes incompletas el sistema de alineación de plástico de la bobinadora, como también el sistema eléctrico se encontraba inhabilitada. Por esta razón se vio la necesidad de implementar un nuevo sistema de alineación de plástico o reemplazar el sistema antiguo por un nuevo control electrónico que acciona un dispositivo mecánico. Para estos adquirió un sistema de marca y RE-SPA de procedencia italiana que cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas.

2.8 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ALINEACION DE LAMINAS MARCA RE-SPA A LA BOBINADORA COMEXI

Para la implementación del nuevo sistema de alineación de película plástica se realizó trabajos en cerrajería con el fin de conseguir las bases y soportes para las diferentes partes del alineador.

Posteriormente se procede al desmontaje de todas las partes del alineador original y colocar las nuevas partes como se muestra en la figura



Figura 2.54 Sistema de guía RK_ONE

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango



Figura 2.55 Sensor opto electrónico TL-01

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

Una vez realizado el montaje de los accesorios del alineador, se procede a conectar la parte eléctrica teniendo en consideración las especificaciones técnicas del fabricante, el voltaje de alimentación a las unidades de control son de 24 V DC, sin embargo el actuador puede ser alimentado con voltaje de 24 a 48 V de esta forma se puede dar una mayor sensibilidad al actuador, este

actuador también es llamado pistón quien se carga de mover a la sección de rodillos deslizantes de izquierda a derecha. En nuestro caso todo sistema está alimentado con una fuente de 24 VCC y 5 A, el sistema de alineación también cuenta con controles externos que fueron instalados en la máquina para un mejor manejo entre ellos tenemos:

- **Modo encendido o apagado:** Inhabilita y habilita todo el sistema.
- **Modo manual automático:** este modo permite colocar, modo manual para hacer el cambio respectivo de bobina madre en la máquina y el modo automático permite el censar el paso del material.
- **Modo de centro:** con este modo se puede colocar los rodillos deslizantes en el centro de la máquina.
- **Modo de fijación izquierda o derecha:** este modo puede correr los rodillos deslizantes a la derecha o izquierda según las necesidades del operador.

En el siguiente gráfico se detalla los pulsadores implementados y habilitados en la bobinadora.

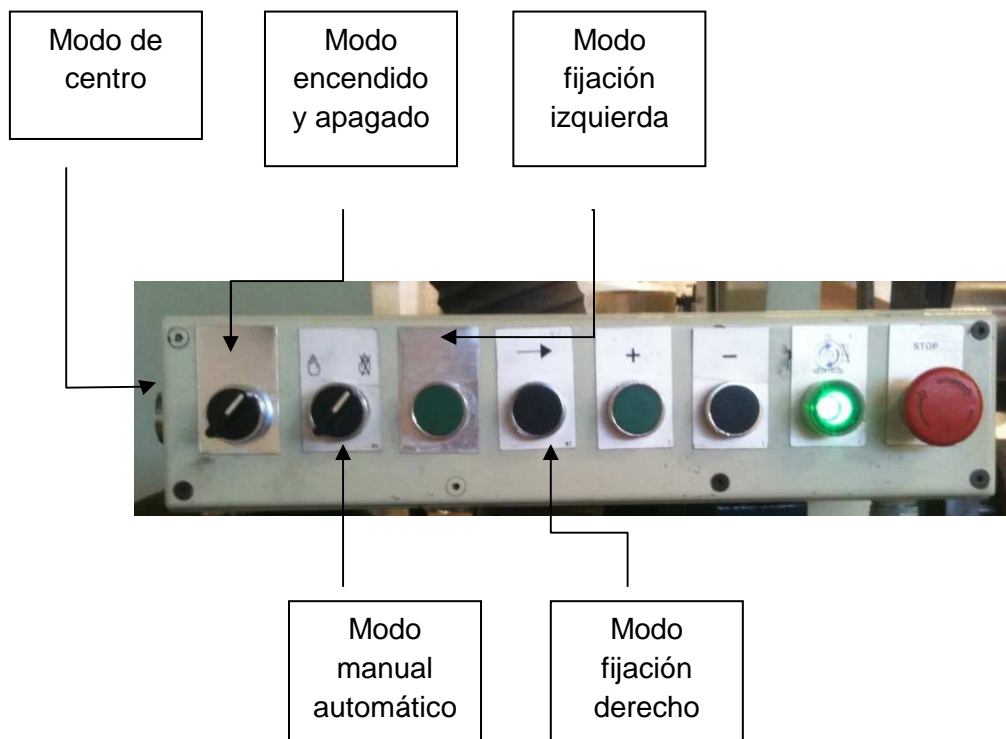


Figura 2.56 Botonera de control del sistema alineador

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

El sistema de alineación de láminas de plástico de la bobinadora COMEXI está constituido por un sensor opto electrónico TL-01 el cual se encarga en censar los orillos del material o a la vez una línea impresión.

Este sensor para su correcto funcionamiento necesita ser calibrado según el tipo de material a utilizar. Dependiendo de la lámina a trabajar se debe colocar un fondo negro o plateado para aumentar su sensibilidad.

Según el tipo de material que identifique el sensor opto electrónico tiene funciones que deben ser seleccionadas como filo de lámina a censar o material impreso con guía de impresión para refileado.

Para poder poner en funcionamiento todo sistema nuevo, se debe programar el sistema de guía RK_ONE puesto que los valores de programación vienen definidos de fábrica.

La programación de este módulo se encuentra ubicada en los anexos de este documento.

2.9 CONDICIONES INICIALES DEL TOTALIZADOR DE METRAJE

El sistema totalizador de metraje en el momento de su inspección se comprobó que la visualización del número de metros no era el correcto, además los pulsadores del panel frontal estaban en malas condiciones por lo tanto era difícil colocar las dimensiones necesarias para la selección de metros.

La señal que utilizaba el contador de metraje provenía de un sensor mecánico tipo platino, este tipo de sensor por su antigüedad no realizaba su trabajo correctamente.

2.10 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TOTALIZADOR DE METRAJE

Se procedió a colocar un contador marca TRUMETER 7932 del mismo modelo como indica en las especificaciones técnicas de la máquina al colocar este dispositivo hubo la necesidad de cambiar el sensor tipo platino a un sensor magnético para garantizar la señal de entrada y proporcionar la visualización de la medida correcta en el display del contador.

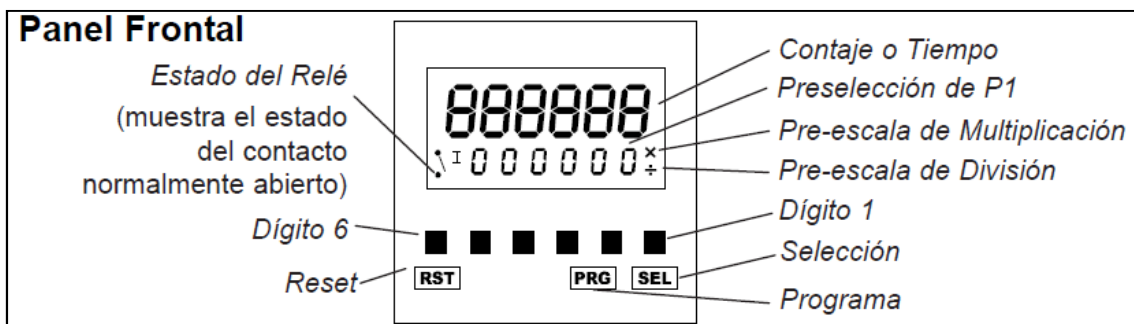


Figura 2.57 contador TRUMETER 7932

Fuente: <http://www.radarindustrial.com.br/produto/93784/contadores-de-producao.aspx>

Los botones del panel frontal son usados para programar el contador, para visualizar y establecer el valor de pre configuración. Se pueden desactivar todos los botones mediante la entrada “Inhibidor de teclado” que se encuentra en la parte posterior por medio de un dip switch

El sistema totalizador de metraje tiene como función básica contar el número de metros de las bobinas que se realiza en el momento del bobinado.

2.11 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TOTALIZADOR DE METRAJE

El sistema totalizador de metros es un dispositivo que trabaja con un voltaje de fuente de 220VAC, y tiene una salida de 12VCC que controla un sensor NPN.

El sensor magnético es accionado mecánicamente por piñones que son diseñados con el propósito de hacer coincidir el recorrido de 360° con un pulso para el sistema totalizador de metraje, dando como resultado que la lámina plástica haya recorrido un metro. La posición del sensor es tal que cada vuelta realizada por la maquina envía un pulso al contador, ésta señal es de flanco negativo.

Este pulso es enviado a la entrada del totalizador de metraje en donde se puede observar que por cada pulso cambia secuencialmente la medida desde 0 hasta un valor máximo de 999999.

La función de contador es una de sus principales características además consta con otra función que permite establecer el número de vueltas y por medio de un relay incorporado internamente accionar sus terminales normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC) dependiendo de la conexión en los terminales del contador, y esto permite parar la máquina en la medida establecida.

Para saber el número de vueltas que tiene que dar cada bobina se tiene la siguiente fórmula:

$$p = \frac{a \times l \times \delta}{1000000}$$

Dónde:

p: peso de la bobina

a: ancho de la lámina plástica

δ: densidad del material

l: distancia de la bobina en metros

Para colocar el valor preestablecido en el contador de la fórmula se despeja el valor de L que indica el número de metros que debe censar y de esta forma la máquina detendrá en el momento indicado.

$$l = \frac{p \times 1000000}{a \times \delta}$$

INSTALACIÓN DEL SENSOR INDUCTIVO

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos.

Los sensores de proximidad tienen bobinas enrolladas en núcleo de ferrita. Estas pueden ser blindadas o no blindadas. Los sensores no blindados generalmente tienen una mayor distancia de censado que los sensores blindados.

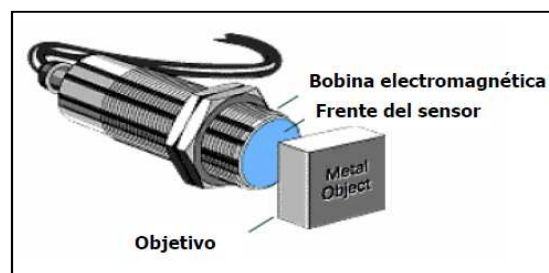


Figura 2.58 sensor inductivo

Fuente: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Magneticos>

En este caso utilizamos un sensor inductivo no blindados tipo npn, los sensores no blindados no pueden ser montados junto a un metal. Estos deben tener un área libre de la superficie de censado.

La distancia de censado es constante para el objetito. Sin embargo, para objetos no ferrosos tal como el bronce, aluminio y cobre, ocurre un fenómeno conocido como "efecto epitelial". Que da como resultado que, la distancia de censado disminuya conforme el grueso del objeto aumenta.

Este tipo de sensor puede trabajar de 9 a 36 V de corriente continua a continuación se presenta el diagrama de conexión.

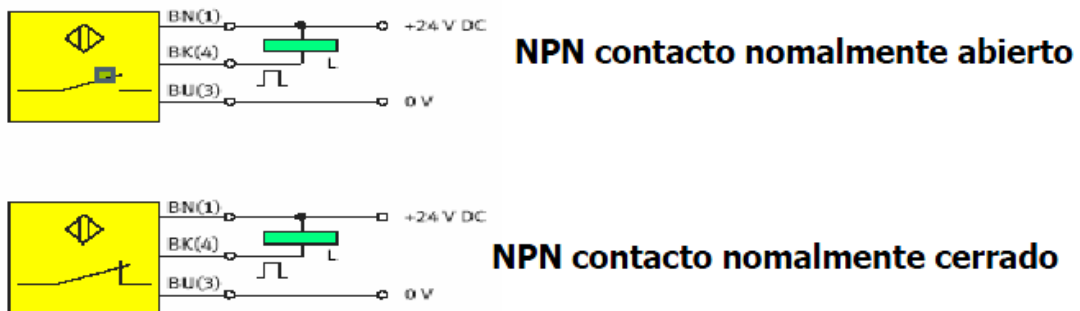


Figura 2.59 Símbolos estándar usados para los sensores de 3 hilos tipo npn

Fuente: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controles/Sensores-Industriais/Sensores-Magneticos>

En el gráfico se puede apreciar que se encuentra colocado el sensor y por cada vuelta que el rodillo realice envía un flanco negativo hacia el contador.

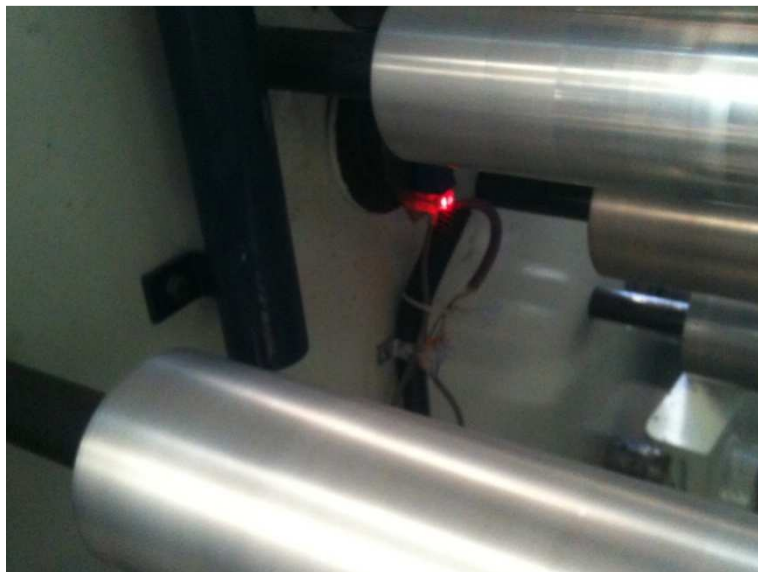


Figura 2.60 sensor incorporado en la máquina

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.12 PUESTA EN MARCHA DE LA BOBINADORA

Para la puesta en marcha de la máquina se debe tener en cuenta los siguientes parámetros generales así como también las funciones básicas de los botones de uso general y de control cuyo plano se muestra en los anexos.

2.12.1 DESCRIPCION DE LOS CONTROLES EN EL TABLERO DE MANDO

M/MIN	- Indicador velocidad máquina
T	- Totalizador metros
Preselect	- Preselector
LT	- Piloto general de maniobra
IGM	- Interruptor general de maniobra
I-2	- Interruptor preselector
MP	- Botón pulsador para puesta en marcha de los motores
M-4	- Botón pulsador para la puesta en marcha de los motores
IER	- Interruptor para la puesta en marcha del sistema de extracción de residuos de láminas de plástico (extractor retal)
(+)	- Botón pulsador de aumento velocidad (+)
PP	- Botón pulsador paro pre-marcha
P-4	- Botón pulsador para el paro de los motores
I-E	- Pulsador inversión giro rebobinador
(-)	- Botón pulsador de disminución de velocidad (-)
Co-4	- Interruptor alimentación del freno sobre carro desbobinador
P-6	- Potenciómetro de elección freno adecuado.

2.12.2 CONEXIÓN DE LAS REDES DE ALIMENTACIÓN

La conexión a la red eléctrica de alimentación se realiza, comprobando la secuencia de alimentación esto permite saber en qué sentido de giro se encuentra la ventilación forzada, motor máquina, bobinador.



Figura 2.61 conexión de red eléctrica de entrada
Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

2.12.3 MANIOBRA GENERAL

Conectar el interruptor de llave IGM (metálico) con lo que debe encenderse el piloto general de máquina en tensión. Si el estado de los térmicos y fusibles de los ventiladores es correcto, funcionará la refrigeración forzada de los motores. Si no fuera el correcto, invertir la secuencia de la alimentación eléctrica general con la que alimentan la máquina. (Red de alimentación).

2.12.4 FRENO

El conmutador del freno se halla en el desbobinador de la máquina. El potenciómetro de regulación del freno del armario sirve para fijar el máximo freno en función de material y diámetros máximos de trabajo.

La regulación del freno es automática (pre-fijado un freno máximo) y es efectuada por el potenciómetro solidario al eje del palpador del desbobinador.

2.12.5 SENTIDO DE GIRO DEL REBOBINADOR

El cambio de sentido de giro de los ejes rebobinadores se logra actuando sobre el pulsador IE situando en el armario de mandos. Para realizar esta maniobra, es necesario parar totalmente la máquina y quitar la tensión de los motores de máquina y rebobinador a través del conmutador de pre-marcha PP.

2.12.6 SECUENCIA DE PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

Accionar el conmutador de pre-marcha (MP). Con ello quedan conectadas las alimentaciones de potencia a los equipos variadores de velocidad de máquina y rebobinador.

Los equipos variadores quedan bloqueados electrónicamente.

AL pulsar el botón (M-4) de marcha se iluminan de color con lo que quedan desbloqueados los equipos electrónicamente.

La máquina ya está dispuesta para aumentar gradualmente la velocidad a través del pulsador de más velocidad (+).

Para desconectar la velocidad de la máquina, accionar el pulsador de menor velocidad (-)

Para desconectar los motores de la máquina y rebobinador, accionar el pulsador de paro (P-4), con lo que vuelven a quedar los motores bloqueados electrónicamente. Una vez apagada la luz verde del pulsador de marcha, desconectar el conmutador de pre-marcha, quedando desconectadas las alimentaciones de potencia, mediante el botón pulsador (PP).

2.12.7 CONTROL PRESIÓN EMBRAGUES INDIVIDUALES

La presión de los embragues individuales es regulada por un dispositivo PALPADOR NEUMÁTICO que controla en función del diámetro la presión de alimentación del cilindro axial al eje de los embragues.

2.12.8 AJUSTE DE LA PRESIÓN DEL EMBRAGUE

- 1) Colocar el palpador sobre la bobina a máximo diámetro, mediante el volante B, ajustamos s la máxima presión en función del material a trabajar.
- 2) Colocar el palpador sobre la bobina, mediante el volante A, ajustamos la mínima presión.
- 3) Reajustar la presión máxima, volviendo a colocar el palpador a máximo diámetro.
- 4) La presión tiene que variar proporcionalmente del máximo al mínimo ajustado, al mover el palpador de máximo a mínimo diámetro

2.12.9 DESCRIPCIÓN FINAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOBINADORA

La rehabilitación y automatización de la máquina bobinadora en láminas de plástico COMEXI pasó por muchos procesos para llegar a la puesta en marcha. Se logró recuperar en un 100% la máquina y su productividad.

La rehabilitación comenzó desde el cambio de color de la máquina en sí como la adaptación e implementación de diferentes partes y sistemas para garantizar su funcionamiento.

La automatización ayudó a que la máquina puede ser versátil y eficaz.

Su funcionamiento y utilización se puede comprobar visualmente ya que la mayoría de componentes instalados en la máquina realizan el trabajo para los cuales fueron establecidos

El primer paso de su cambio es la visualización de indicadores en el tablero de control. Además todos sus pulsadores están en funcionamiento tanto la parte frontal como en el tablero de control del desbobinador.

Internamente en el tablero de control se puede visualizar la restructuración y la re conexión de todo el sistema eléctrico protecciones, conectores, canaletas y su respectiva señalización para fácil identificación de los sistemas que pueden estar en posición apagado o encendido, también facilita al personal de operación y mantenimiento la manipulación del control de la máquina.

Con respecto a la velocidad de la máquina se puede visualizar un rango de 0 hasta 300 m/min obteniendo de esta forma la velocidad esperada.

Cabe recalcar que la tensión tanto en el desbobinador y el bobinador depende mucho del freno de partículas magnéticas en el desbobinador y embragues neumáticos en el bobinador este control automático se hace gracias a los potenciómetros existentes en el brazo o palpador desbobinador y en el brazo o palpador bobinador.

Debido a esta tensión se puede obtener una bobina con fillos uniformes y con la medida y especificaciones indicadas.

Dependiendo del material el sistema de alineación realiza su trabajo en los orillos o en línea de impresión obligando a la máquina a acortar la lámina a través de las cuchillas descritas anteriormente. De esta forma se obtiene el producto terminado en el bobinador y el residuo es llevado a través del ducto refileador que conduce este material a una bolsa de recolección para residuos

El proceso de bobinado puede terminar automáticamente por medio del contador de metraje o ya sea por el operador en el caso de utilizar la parada automática se realiza el cálculo de longitud y se coloca en el valor de pre escala del contador.

Para obtener una buena sensibilidad en el sensor opto electrónico se debe programar el sensor dependiendo del tipo y color del material. Esta programación es muy sencilla y su modo de programación se encuentra en los anexos.



Figura 2.62 Bobinadora rehabilitada y en funcionamiento

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango



Figura 2.63 Panel de control

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango



Figura 2.64 Producto terminado (empaque para leche)

Elaborado por: Lucas Infante y Fredy Cabascango

CAPÍTULO 3

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

El uso de manuales Técnicos de trabajo es necesario para adquirir nuevos conocimientos de la maquina en especial de los sistemas poco familiarizados como plaquetas de control y dispositivos electrónicos.

La rehabilitación y automatización de los sistemas mecánicos se logró con la implementación y reconstrucción de partes deterioradas, para este proceso hubo la necesidad del uso de un torno mecánico y manuales de tolerancias que permitieron la rectificación de rodillos y construcción de ejes resolviendo los problemas de inconformidad de los clientes.

Si es bien los motores de corriente continua y alterna son diferentes pero para este fin de mantenimiento tienen similitudes por tanto es aplicable los conocimientos prácticos para resolver problemas presentados en el desmontaje, para este tipo de trabajo fue necesario aplicar normas de seguridad industrial evitando enfermedades por el polvo o daños en la columna por peso excesivo.

Por falta de mantenimiento preventivo y predictivo de los motores de corriente continua y alterna fue necesario un mantenimiento correctivo de todos sus componentes para este fin fue necesario el uso de herramientas específicas para cada tipo de trabajo.

Fue posible la construcción del sistema de control de velocidad a través de la utilización de un microcontrolador AVR, modelo ATmega 48 debido a su fácil programación, además este microcontrolador requiere menos líneas de comandos que un microcontrolador normal. El microcontrolador trabaja con una alimentación entre 2.7v y 5.5v valor que facilita la alimentación del motor paso a paso. Cabe mencionar que cuenta con ayuda de la programación ICSP **(IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING)**

La rehabilitación de plaquetas electrónicas y demás dispositivos electrónicos se logró gracias al análisis y verificación de los diferentes componentes electrónicos como: reguladores de voltaje, integrados operacionales potenciómetros, tiristores, diodos industriales, etc. Aplicando conocimientos básicos de electrónica general y laboratorio de electrónica. Además de la utilización de diagramas esquemáticos e información de las diferentes plaquetas de la máquina para una correcta reparación de la misma.

La utilización del motor paso a paso permite tener un control fino y constante sobre el movimiento de los motores DC, máquina y motor bobinador al momento que se realiza el control de velocidad desde los paneles de control mediante los pulsantes.

Antes de la rehabilitación de la bobinadora la señal para el control de metraje se obtiene a través de un sensor mecánico (platinos) lo cual ocasionaba lecturas erróneas a altas velocidades razón por la cual se decidió reemplazarla por un sensor magnético que da una señal confiable al totalizador de metros.

Debido al desconocimiento de las funciones del tablero de control por parte de los operadores y personal de mantenimiento existía una alteración en el cableado cada vez que la máquina presentaba problemas razón por la cual fue necesaria la reestructuración completa del cableado conforme a los planos originales de la máquina.

La implementación de un nuevo sistema de refilado no fue necesario porque se pudo adquirir el sistema original de la máquina.

A través de la herramienta de diseño gráfico AutoCAD se realizaron los planos de la reestructuración del cableado eléctrico, planos originales como también de los nuevos dispositivos implementados en la máquina bobinadora de plástico, obteniendo resultados visibles que permiten realizar mantenimiento de la manera más rápida y eficaz posible.

No fue posible la adaptación de un sistema TOUCH PANEL al circuito contador de metraje debido a los inconvenientes de origen electrónico que presentó el

dispositivo. Razón por la cual fue necesario la adquisición de un nuevo tipo de contador, por medio de este nuevo contador se pudo solucionar el problema existente en la máquina bobinadora

3.2 RECOMENDACIONES

El desgaste de niveles de aislamiento, elevación de temperatura, desgaste de rodamientos y vida útil de soportes son ítems que deben ser inspeccionados periódicamente o por lo mínimo un periodo aproximado de 6 meses para prolongar la vida útil de trabajo de todos los motores.

Se recomienda a los operadores verificar todos los sistemas o los más relevantes y de fácil acceso todos los días antes de iniciar su turno de trabajo, con esto podríamos evitar un daño mayor de la maquina e incluso es posible que se pueda evitar un accidente laboral.

La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulación de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.

En el proceso de mantenimiento de las plaquetas de control, al realizar el desmontaje se recomienda marcar la ubicación respectiva de cada una, de tal manera que al volverlas a colocar no se cometa la imprudencia de cambiar las ubicaciones puesto que ello ocasionaría el daño permanente de los integrados de disparo de los tiristores como ya ocurrió en una ocasión determinada.

Se recomienda que todas las conexiones eléctricas tales como cables sueltos y largos deben estar protegidos y sujetos a una estructura firme para evitar que se enrede en los mecanismos en movimiento y a su vez éstos se traben ocasionando el paro y en ciertos casos el daño de la máquina.

Se recomienda que los operadores manejen de manera correcta los equipos de accionamiento de la máquina, tal como pulsarlas en el momento indicado y cuantas veces lo requiera, puesto que muchas veces se ha constatado que introducen elementos ajenos a la máquina para manipular el control y no tener que hacerlo constantemente, realizando así una mala operación y causando el desperfecto de la bobinadora.

Se recomienda una capacitación del funcionamiento de la máquina a todo el personal, aún más con las nuevas modificaciones, ya que debido al desconocimiento e inexperiencia de los operadores, manipulan incorrectamente los controles de la bobinadora ocasionando la desconfiguración de los sistemas de la máquina y en muchos casos la avería de la misma.

Se recomienda al personal de mantenimiento usar los nuevos manuales de los sistemas implementados en la máquina para evitar tengan el mismo fin de los sistemas rehabilitados.

Se recomienda al departamento de mantenimiento se debería dar una parada total a la maquina cada año como máximo para realizar en chequeo general de los sistemas y evitar problemas mayores cuando cumplan su vida útil de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MÁQUINAS ELÉCTRICAS, CHAPMAN
2. MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES, KOSOW
3. MANUAL DE INSTRUCCIONES DE LA MAQUINA
4. MÁQUINAS ELÉCTRICAS, CHAPMAN
5. MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES, KOSOW
6. WWW.INFOWAREHOUSE.COM
7. [HTTP://WWW.TODOROBOT.COM.AR/INFORMACION/TUTORIAL%20STEPPER/STEPPER-TUTORIAL.HTM](http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm)
8. [HTTP://WWW.MONOGRAFIAS.COM/TRABAJOS17/MOTOR-PASO-A-PASO/MOTOR-PASO-A-PASO.SHTML](http://www.monografias.com/trabajos17/motor-paso-a-paso/motor-paso-a-paso.shtml)
9. [HTTP://WWW.MONOGRAFIAS.COM/TRABAJOS34/MICROCONTROLADORES-GENÉRICOS/MICROCONTROLADORESGENERICOS](http://www.monografias.com/trabajos34/microcontroladores-genericos/microcontroladoresgenericos)
10. [HTTP://WWW.MITECNOLOGICO.COM/MAIN/ARQUITECTURADELMICROCONTROLADOR](http://www.mitecnologico.com/Main/ArquitecturaDelMicrocontrolador)
11. [HTTP://ES.SCRIBD.COM/DOC/15028174/FALLAS-MECANICAS](http://es.scribd.com/doc/15028174/fallas-mecanicas)
12. [HTTP://WWW.DIRECTINDUSTRY.ES/PROD/MOBAC/FRENOS-ELECTROMAGNETICOS-DE-POLVO-14780-45744.HTML](http://www.directindustry.es/prod/mobac/frenos-electromagneticos-de-polvo-14780-45744.html)
13. BERNARD J., BOJACOBSON, STEVEN R.,
14. “ELEMENTOS DE MAQUINAS”,
15. MCGRAW-HILL.[2] JOSEPH E. SHIGLEY,
16. “DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA”,
17. WWW.WARNERELECTRIC.COM

ANEXOS

ANEXO A PROGRAMA REALIZADO

PROGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD PARA UN MOTOR PASO A PASO

\$regfile = "m48def.dat"

\$crystal = 8000000

Cls: Cursor off Noblink

Config Lcdpin = Pin, Db4 = Portd.5, Db5 = Portd.6 , Db6 = Portd.7 , Db7 =
Portb.0 , E = Portb.7 , Rs = Portb.6

'Entradas

Ddrd.0 = 0 : Portd.0 = 1 : Aumenta Alias Pind.0

Ddrd.1 = 0 : Portd.1 = 1 : Disminuye Alias Pind.1

Ddrd.3 = 0 : Portd.3 = 1 : Limite_up Alias Pind.3

Ddrd.4 = 0 : Portd.4 = 1 : Limite_down Alias Pind.4

'Salidas

Ddrc.5 = 1 : Portc.5 = 0 : A_bobina Alias Portc.5

Ddrc.4 = 1 : Portc.4 = 0 : B_bobina Alias Portc.4

Ddrc.3 = 1 : Portc.3 = 0 : C_bobina Alias Portc.3

Ddrc.2 = 1 : Portc.2 = 0 : D_bobina Alias Portc.2

Ddrb.1 = 1 : Portb.1 = 0 : Led Alias Portb.1

On Int0 Iniciar

Enable Interrupts

Enable Int0

Ddrd.2 = 0 : Portd.2 = 1

Dim Band_umenta As Bit

Dim Band_disminuye As Bit

Dim Band_show_lcd As Bit

Dim Pasos As Byte

Dim Con_for As Byte

'MENU PRINCIPAL

Cls

Locate 1 , 1 : Lcd "CONTROL*BIPOLAR "

Locate 2 , 1 : Lcd " MOTOR - PASOS "

Pasos = 0

Band_umenta = 1

Band_disminuye = 1

Band_show_lcd = 1

Do

 If Limite_down = 0 Then Exit Do

 A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10

 A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10

 A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms 10

 A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms 10

Loop

Do

 If Limite_up = 1 Then

```

If Aumenta = 0 Then
  Waitms 10
  If Aumenta = 0 Then
    If Band_aumenta = 1 Then
      A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms 10
      A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms
10
      Band_show_lcd = 1
      Incr Pasos

    End If

    If Band_aumenta = 0 Then
      A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10
      A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms
10
      Band_show_lcd = 1
      Incr Pasos

    End If

    Toggle Band_aumenta

    Waitms 150

  End If

End If

End If

End If

If Limite_down = 1 Then
  If Disminuye = 0 Then
    Waitms 10

    If Disminuye = 0 Then
      If Band_disminuye = 1 Then

```



```

    A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms
10
    A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms
10

    Band_show_lcd = 1

    Decr Pasos

End If

If Band_disminuye = 0 Then

    A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10
    A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10

    Band_show_lcd = 1

    Decr Pasos

End If

Toggle Band_disminuye

Waitms 150

End If

End If

End If

If Band_show_lcd = 1 Then

    Cls

    Locate 1 , 1 : Lcd "CONTROL*BIPOLAR "

    Locate 2 , 1 : Lcd Pasos

    Band_show_lcd = 0

End If

Loop

Iniciar:

    If Limite_down = 1 Then

        Cls

```

```
Locate 1 , 1 : Lcd "INTERRUPCION "  
Band_show_lcd = 1  
End If  
Do  
  If Limite_down = 0 Then Exit Do  
  A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10  
  A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 1 : D_bobina = 0 : Waitms 10  
  Decr Pasos : Toggle Band_disminuye  
  A_bobina = 1 : B_bobina = 0 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms 10  
  A_bobina = 0 : B_bobina = 1 : C_bobina = 0 : D_bobina = 1 : Waitms 10  
  Decr Pasos : Toggle Band_disminuye  
Loop  
Return  
End
```