

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO E IMPLEMENTACION DEL TABLERO DE CONTROL DE UNA MAQUINA TEJEDORA INDUSTRIAL MARCA SINGER PARA ANDITEX**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**ANDREA LILIANA ASNALEMA CONDO**  
([liliana.083@hotmail.com](mailto:liliana.083@hotmail.com))

**DIRECTOR: ING. CARLOS ROMO**  
([cromo36@hotmail.com](mailto:cromo36@hotmail.com))

**Quito, agosto del 2013**

## DECLARACIÓN

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

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

---

Andrea Liliana AsnalemaCondo

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Liliana AsnalemaCondo, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Romo

\_\_\_\_\_  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida misma.

A mi madre Griselda por haber guiado mi camino todos los días de mi existencia y habernos inculcado a mis hermanos y a mi valores que nos han llevado a ser las personas que hoy somos, personas de bien con un presente y un futuro brillante.

A mi hermano Mauricio por apoyarme y ser un ejemplo a seguir, a mi hermanito Jimmy por ser la luz de mi hogar y ser la persona por la cual seguimos unidos y en pie de lucha.

Finalmente a mis incondicionales amigos y a ti mi amor Andrés porque gracias ellos este proyecto pudo llevarse a cabo y por haber hecho de mi paso por la Escuela Politécnica Nacional días llenos de alegría.

## DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación a mi familia, a mi madre y a mis hermanos, porque solo gracias a ellos tengo sueños por cumplir, metas por alcanzar y fuerza para seguir adelante

## ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv

### CAPÍTULO 1

1.1. PROCESO DEL TEJIDO DE PUNTO .....	1
1.1.1. GENERALIDADES .....	1
1.1.2. ETAPAS DEL TEJIDO DE PUNTO .....	1
1.1.2.1. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	1
1.1.2.2. CONFECCIÓN.....	4
1.1.2.3. TINTURADO.....	5
1.2. MÁQUINAS CIRCULARES .....	5
1.2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.2.2. PARTES COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS CIRCULARES .....	5
1.2.2.1. BANCADA .....	5
1.2.2.2. FILETA .....	6
1.2.2.3. ELEMENTOS DE FORMACIÓN.....	7
1.2.2.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	11
1.2.2.5. MECANISMO DE ESTIRAJE .....	13
1.2.2.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL.....	13
1.2.2.7. SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....	14
1.2.2.8. MOTOR .....	14
1.2.2.9. SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....	14
1.3. MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN.....	15
1.3.1. GENERALIDADES .....	15
1.3.2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.....	15
1.3.3. ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN .....	16

1.3.3.1. ARRANQUE DIRECTO .....	16
1.3.3.2. ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR.....	17
1.3.3.3. ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO .....	17
1.3.3.4. ARRANQUE POR RESISTENCIAS ESTATÓRICAS .....	17
1.3.3.5. ARRANQUE POR RESISTENCIAS ROTÓRICAS .....	17
1.3.4. CONTROL DE VELOCIDAD EN MOTORES DE INDUCCIÓN .....	18
1.3.4.1. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE INDUCCIÓN MEDIANTE EL CAMBIO DE POLOS .....	19
1.3.4.2. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE INDUCCIÓN MEDIANTE EL CAMBIO DE LA FRECUENCIA DE LÍNEA.....	19
1.3.4.3. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE INDUCCIÓN MEDIANTE EL CAMBIO DEL VOLTAJE DE LÍNEA (VARIANDO EL DESLIZAMIENTO) .....	20
1.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	21
1.4.1. INTRODUCCIÓN.....	21
1.4.2. GENERALIDADES .....	22
1.4.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	22
1.4.3.1. EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PROGRAMADO.....	22
1.4.3.2. EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO .....	23
1.4.3.3. FASES DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	24
1.5. TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO.....	25
1.5.1. GENERALIDADES .....	25
1.5.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL 26	
1.5.2.1. ELEMENTOS DE MANIOBRA.....	26
1.5.2.2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	27
1.5.2.3. VARIADOR DE VELOCIDAD .....	29

## **CAPÍTULO 2**

2.1. PARTES COMPONENTES DE LA MÁQUINA CIRCULAR .....	37
2.1.1. BANCADA .....	37
2.1.2. FILETA .....	38
2.1.3. ELEMENTOS DE FORMACIÓN.....	39
2.1.3.2. FONTURA (CILINDRO).....	39

2.1.3.3. AGUJAS .....	39
2.1.3.4. PLATINAS .....	40
2.1.3.5. GUÍA HILOS .....	40
2.1.3.6. CERROJOS Y LEVAS.....	40
2.1.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	41
2.1.5. MECANISMO DE ESTIRAJE .....	43
2.1.6. SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....	44
2.1.7. MOTOR .....	45
2.1.7.1. PRUEBAS DE INSPECCIÓN A MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO .....	46
2.1.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS RODAMIENTOS: .....	47
2.1.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....	47
2.1.8.1. ENGRANES HELICOIDALES .....	48
2.1.8.2. EMBRAGUE .....	48
2.1.8.3. TRANSMISIÓN POR CADENA .....	49
2.1.9. DISPOSITIVOS DE CONTROL.....	49
2.1.9.1. CIRCUITO ELÉCTRICO DE AUTOMÁTICOS .....	51
2.2. SISTEMA ELÉCTRICO .....	53
2.3. CAJA DE MANDOS ELÉCTRICOS.....	55
2.3.7. ELEMENTOS DE LA CAJA DE MANDOS ELÉCTRICOS.....	56
2.3.8. CONDUCTORES.....	58
2.4. CONDICIONES AMBIENTALES .....	58

## **CAPÍTULO 3**

3.1. INTRODUCCIÓN.....	60
3.2. OBJETIVO.....	60
3.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	60
3.3.1. DETECCIÓN DE LAS AVERÍAS .....	60
3.3.2. ACCIONES CORRECTIVAS .....	61
3.3.2.1. ACUMULACIÓN DE POLVO Y PELUSA .....	61
EL POLVO Y LA PELUSA ACUMULADOS DEBEN EVACUARSE UTILIZANDO UN COMPRESOR INDUSTRIAL (ANDITEX POSEE UNO) Y CON LA AYUDA DE ELEMENTOS DE LIMPIEZA, CON ESTO SE LOGRARÁ LA LIMPIEZA GENERAL DE TODOS LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA CIRCULAR. ...	61

3.3.2.2. GRASA EN ENGRANES INSUFICIENTE .....	61
3.3.2.3. MÁQUINA TRABADA .....	61
3.3.2.4. MOTOR SIN MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	63
3.3.2.5. SISTEMA DE LUBRICACIÓN INADECUADO.....	63
3.3.2.6. PUESTA A TIERRA.....	64
3.3.2.7. SISTEMA DE CONTROL OBSOLETO.....	65
3.4. TABLERO DE CONTROL .....	66
3.4.1. ANTECEDENTES.....	66
3.4.2. VARIADOR DE FRECUENCIA ALLEN BRADLEY POWER FLEX 4 .....	67
3.4.2.1. GENERALIDADES DEL VARIADOR DE FRECUENCIA ALLEN BRADLEY POWER FLEX 4.....	67
3.4.2.2. CARACTERÍSTICAS .....	68
3.4.2.3. VARIADOR DE FRECUENCIA ALLEN BRADLEY: ESPECIFICACIONES 69	
3.4.2.4. CABLEADO DE POTENCIA.....	70
3.4.2.5. BLOQUE DE TERMINALES DE CONTROL .....	71
3.4.3. CÁLCULO DE PROTECCIONES .....	71
3.4.3.1. PROTECCIÓN PARA EL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	71
3.4.3.2. PROTECCIÓN PARA EL MOTOR .....	72
3.4.3.3. PROTECCIÓN PARA EL TRANSFORMADOR.....	73
3.4.4. CONDUCTORES.....	73
3.4.4.1. PARA EL CONDUCTOR DE FUERZA:.....	73
3.4.4.2. PARA EL CONDUCTOR DE CONTROL.....	73
3.4.4.3. DIMENSIONES DE CANALETA Y TUBO PVC .....	74
3.4.5. SENSORES, PULSADORES Y DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN... 75	
3.4.6. DIMENSIONES DEL GABINETE DEL TABLERO.....	76
3.4.7. CONDICIONES DE TRABAJO.....	76
3.4.7.1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	77
3.5. INVERSIÓN.....	78

## CAPÍTULO 4

4.1. INTRODUCCIÓN .....	80
4.2. VAN (VALOR ACTUAL NETO) .....	80

4.2.1. VALOR ACTUAL NETO DE LA PROPUESTA TÉCNICA PARA ANDITEX	
81	
4.2.1.1. FLUJOS DE CAJA.....	81
4.2.1.2. DESEMBOLSO INICIAL.....	84
4.2.1.3. NÚMERO DE PERIODOS CONSIDERADO .....	84
4.2.1.4. TASA DE INTERÉS.....	84
4.3. T.I.R. (TASA INTERNA DE RENTABILIDAD) .....	85
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES .....	88
ANEXOS.....	88

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1</i> Máquina circular .....	4
<i>Figura 1.2</i> Fileta superior.....	7
<i>Figura 1.3</i> Tipos de fonturas.....	8
<i>Figura 1.4</i> Tipos de agujas .....	8
<i>Figura 1.5</i> Platinas .....	9
<i>Figura 1.6</i> Guía hilos .....	9
<i>Figura 1.7</i> Cerrojos.....	10
<i>Figura 1.8</i> Micrómetros .....	11
<i>Figura 1.9</i> Alimentación por Jacquard.....	12
<i>Figura 1.10</i> Alimentación positiva.....	12
<i>Figura 1.18</i> Arranque directo de un motor de inducción.....	16
<i>Figura 1.19</i> Acoplamientos de bobinado Dahlander.....	19
<i>Figura 1.20</i> Diagrama de bloques de control de velocidad mediante la variación de la frecuencia de línea .....	20
<i>Figura 1.21</i> Control de velocidad del motor variando el deslizamiento .....	21
<i>Figura 1.22</i> Estructura general de un variador de velocidad .....	30
<i>Figura 1.25</i> Onda de salida PWM cuadrado del inversor: (a) voltajes de entrada del comparador; (b) salida del comparador y voltaje en las terminales.....	36
<i>Figura 2.1</i> Bancada de la máquina circular .....	38
<i>Figura 2.2</i> Engranajes de arrastre.....	38
<i>Figura 2.3</i> Fileta lateral.....	39
<i>Figura 2.4</i> Agujas de la máquina circular .....	40
<i>Figura 2.5</i> Guía hilos .....	40
<i>Figura 2.6</i> Micrómetro .....	41
<i>Figura 2.7</i> Puesto de leva faltante.....	41
<i>Figura 2.8</i> Polea principal de alimentación de hilo .....	42
<i>Figura 2.9</i> IROS y bandas de transmisión.....	43
<i>Figura 2.10</i> Anillo de IROS y automáticos.....	43
<i>Figura 2.11</i> Calandra de la máquina .....	44
<i>Figura 2.12</i> Rodillo plegador .....	44

<i>Figura 2.13</i> Sistema de lubricación .....	45
<i>Figura 2.14</i> Recogedores de exceso de aceite .....	45
<i>Figura 2.15</i> Sistema de transmisión .....	48
<i>Figura 2.16</i> Punzón .....	50
<i>Figura 2.17</i> Automáticos sobre aro de alimentación .....	50
<i>Figura 2.18</i> Automáticos sobre fileta .....	51
<i>Figura 2.19</i> Grupo de automáticos sobre la fileta.....	51
<i>Figura 2.20</i> Anillos del circuito eléctrico para los automáticos .....	52
<i>Figura 2.21</i> Estructura de los automáticos .....	52
<i>Figura 2.22</i> Circuito eléctrico de automáticos.....	53
<i>Figura 2.23</i> Interruptor tripolar termomagnético principal.....	53
<i>Figura 2.24</i> Interruptor tripolar.....	54
<i>Figura 2.25</i> Caja de mandos eléctricos (exteriores).....	55
<i>Figura 2.26</i> Tarjeta electrónica.....	57
<i>Figura 2. 27</i> Transformador de voltaje .....	58
<i>Figura 3.1</i> Guía de catálogos de los variadores ALLEN BRADLEY Power Flex 4 .....	67
<i>Figura 3.2</i> Dimensiones del variador Power Flex 4 .....	70
<i>Figura 3.3</i> Terminales de potencia del variador Power Flex 4.....	70
<i>Figura 3.4</i> Terminales de control del variador Power Flex 4 .....	71
<i>Figura 3. 5</i> -Dimensiones del tablero de control.....	76
<i>Figura 3. 6</i> -Diagrama de bloques de las instalaciones eléctricas.....	77

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Inversión.....	79
Tabla 2 Pagos por materia prima .....	83
Tabla 3 Pagos por tinturación.....	84
Tabla 4 Pagos totales.....	84
Tabla 5 Cobros.....	85

## **RESUMEN**

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar el estudio de factibilidad del mantenimiento correctivo a una máquina tejedora industrial mediante el análisis de las fallas técnicas y operativas que presenta la máquina.

Otro objetivo del proyecto es diseñar un tablero de control a la máquina para facilitar su operación y aumentar el nivel de seguridad de las personas al manejar la máquina. El tablero de control será diseñado siguiendo una lógica de control a partir de los requerimientos de los operarios y mediante un variador de frecuencia que facilite el arranque del motor.

El presente proyecto consta de 4 capítulos en los que se desarrolla el análisis de la situación actual de la máquina y el impacto que se obtendrá si se lleva a la práctica el presente proyecto.

Capítulo 1: INTRODUCCION, se desarrolla la parte introductoria, es decir se define el marco necesario para llevar a cabo el proyecto.

Capítulo 2: ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA CIRCULAR DE ANDITEX, donde se estudia a fondo a la tejedora industria, sus características y falencias

Capítulo 3: PROPUESTA TÉCNICA, en este capítulo se propone el mantenimiento correctivo y la instalación de un tablero de control para la máquina circular.

Capítulo 4: ANÁLISIS ECONÓMICO, se realiza un estudio desde el punto de vista económico y con ello se busca dar una orientación al gerente de ANDITEX de los beneficios acerca del proyecto.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PROCESO DEL TEJIDO DE PUNTO

#### 1.1.1. GENERALIDADES

El tejido de punto o también conocido como tejido de malla es el cuerpo obtenido en forma de lámina mediante el cruzamiento y enlace de dos series de hilos textiles, una longitudinal y otra transversal.

El tejido de punto se fabrica a partir de fibras naturales o fibras sintéticas, estas últimas son las que muchas veces permiten que los tejidos de punto posean elasticidad, como es el caso del jersey; sin embargo muchos de estos tejidos están hechos en fibras cien por ciento naturales derivadas de la lana, el algodón, la seda, y el lino.

Existen diferentes tipos de tejido de punto: de urdimbre y de trama.

#### 1.1.2. ETAPAS DEL TEJIDO DE PUNTO

##### 1.1.2.1. Selección de la materia prima

El hilo es la materia prima para la fabricación de tela, se denomina hilo al conjunto de fibras textiles, continuas o discontinuas, que se tuercen juntas alcanzando una gran longitud y que es directamente empleado para la fabricación de tejidos y para el cosido de estos.

Las características definitorias de los hilos las cuales son: composición, grosor, elasticidad y regularidad que se han de expresar con fórmulas estándar, cuantificadas en unidades normalizadas internacionalmente y que son suficientes para que diferentes hilos tengan un nombre propio con el que se pueda definir y conocer.

De todas las características que el hilo posee la más importante es su diámetro o grosor debido a que de esta característica se determina el título o número de ese hilo, este parámetro es muy importante debido a que hilo está en contacto directo con las agujas, las cuales son diseñadas para ciertos números específicos de hilos.

La numeración del hilo que se usará en una máquina circular depende básicamente de la galga. La galga de la máquina es el número de agujas que caben en una pulgada inglesa (1 pulgada = 25,4mm) medida en la fontura y sobre el diámetro nominal de la máquina.

Para una galga dada existe una gama de numeraciones con las que se tejerá correctamente, se elegirá una numeración u otra dependiendo de la estructura del tejido, densidad, aspecto y propiedades que se pretendan.

- Composición del hilo
- Numeración del hilo

La relación que existe entre el peso y la longitud del hilo es la base que se emplea para determinar el número o título de estos. Este parámetro indica el grosor del hilo.

Actualmente existen dos sistemas que se usan para lograr este propósito: el de numeración en base al peso o sistema directo (título) y el basado en la longitud o sistema indirecto (número).

Los diferentes sistemas de medición más empleados son los siguientes:

#### *1.1.2.1.1. Título Tex*

El título del hilo queda determinado por el peso de una unidad de longitud del mismo. Así, el título tex expresa la cantidad de unidades de peso contenidas en 1000 m de hilo. La unidad básica es el tex, que se define por:

Tex = gramos/1.000 metros

#### 1.1.2.1.2. *Denier*

El denier es el antiguo título con el que se distinguía a la seda. Se sigue utilizando para la designación de hilos continuos como la seda, el elastómero. El título del hilo queda determinado por el peso de una unidad de longitud del mismo.

Así, el título denier expresa la cantidad de unidades de peso en gramos contenidas en 9000 m de hilo. Este sistema de numeración se define por:

Denier (Dn)= gramos/9.000 metros

#### 1.1.2.1.3. *Número métrico*

El número métrico es uno de los más antiguos sistemas de numeración de hilo. El número se determina en función de la longitud de hilo por unidad de peso. El número métrico expresa la cantidad de madejas de mil metros (m/m) de hilo que entran en 1 Kilo. Este sistema de numeración se define por:

Número métrico (Nm)= m m/1kg

#### 1.1.2.1.4. *Número inglés*

El número inglés para las fibras vegetales expresa el número de madejas de 300 yardas (274.32m) contenidas en una libra inglesa (453.59 g). Este sistema de numeración se define por:

Número inglés (Nv)= nº de madejas de 300 yardas / libra inglesa

#### 1.1.2.1.5. *Número Catalán*

El número catalán para el algodón indica el número de madejas de 500 "canas" (777.5 m) contenidas en 1.10 libras catalanas (440 g). Este sistema de numeración se define por:

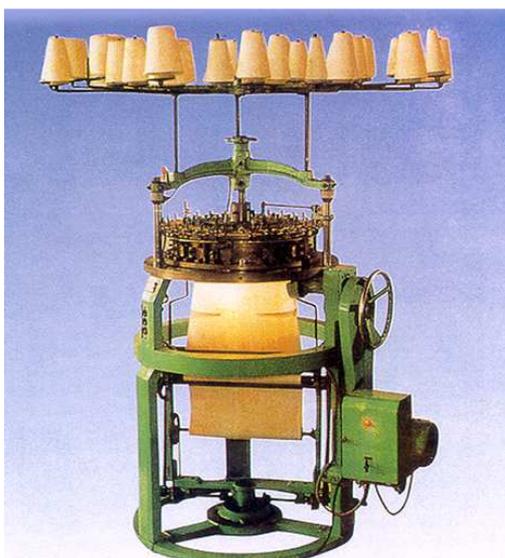
Número inglés (Na)= nº de madejas de 500 canas / libra catalana

### 1.1.2.2. Confección

El tejido común, el más corriente y abundante está compuesto por dos series de hilos, longitudinal y transversal; la serie longitudinal se llama urdimbre y la transversal se llama trama, en la que cada una de sus unidades recibe el nombre de pasada. Los hilos de cada serie son paralelos entre sí.

La confección de la tela o el tejido se lo realiza artesanalmente en telares o industrialmente en máquinas circulares. Las máquinas circulares serán estudiadas a profundidad en un capítulo posterior.

Se debe tener en cuenta que las agujas de la máquina y el hilo a usarse dependerá del tipo de tela para la cual la maquina fue diseñada.



*Figura 1.1* Máquina circular

Como se ve en la figura 1.1, la tela producida será recogida en forma de un rollo, una vez que el operador considera que el rollo de tela tiene el tamaño adecuado lo saca, lo pesa y el rollo estará listo para la siguiente fase de tinturado y acabados, el rollo es llamado tela en crudo debido a que no posee tinturado.

En esta fase el proceso de tejido de tela ha concluido las demás fases serán de acabado y empaquetado.

### **1.1.2.3. Tinturado**

La tinturación es el proceso en el que la materia textil, al ser puesta en contacto con una solución de colorante, absorbe éste de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño.

Existe una gama muy amplia de colores para la tinturación, esta gama dependerá de la fábrica en la cual se vaya a tinturar la tela en crudo.

## **1.2. MÁQUINAS CIRCULARES**

### **1.2.1. INTRODUCCIÓN**

Las máquinas circulares o máquinas de tejido de punto, son maquinaria usada para la fabricación y elaboración de tela que posteriormente será la materia prima de otros productos. Es por este motivo que esta maquinaria se basa en la formación de bucles de hilo que posteriormente son transformados en mallas.

En los inicios de la industria textilera en 1589, William Lee logró mecanizar los movimientos de formación de malla que se realizaban hasta esa época de forma manual con dos agujas. De esta forma logró inventar el principio básico de la formación mecánica del punto que se ha mantenido en vigencia hasta la actualidad. En nuestros días existen diferentes tipos de maquinaria para tejido de punto, las de última tecnología vienen equipadas con sistemas electrónicos que hacen de su manejo y control un tarea más simple, además se ha logrado mayor seguridad para los operarios así como también ha incrementado la eficiencia.

### **1.2.2. PARTES COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS CIRCULARES**

Las partes que componen a la máquina circular son:

#### **1.2.2.1. Bancada**

La bancada es la estructura de fundición que sirve de soporte general a todos los elementos de la máquina por lo tanto debe ofrecer una estabilidad frente a los

efectos de torsión, para absorber sin deformación las fuerzas generadas por la aceleración y el frenado.

En la Bancada se incorpora el sistema de arrastre y transmisión, por lo general en una de sus tres patas se ubica la caja de mandos eléctricos, el cuadro de control y el motor.

También, en la parte inferior se encuentra apoyados en la cruceta de la base todos los elementos de estirador y plegador. En la parte superior de la bancada, se encuentran todos los dispositivos de alimentación: poleas, alimentadores.

Existen diferentes tipos de bancadas

#### *1.2.2.1.1. Bancada convencional*

Es el tipo de bancada más usada debido a que con el mismo formato se adapta a máquinas de diferentes diámetros.

#### *1.2.2.1.2. Bancada industrial*

Se diferencia de la bancada convencional debido a que permite elaborar rollos de tela de mayor volumen porque la altura del plegador es más elevada.

#### *1.2.2.1.3. Bancada de tejido abierto*

La parte inferior es más ancha que la convencional y posee un dispositivo que permite abrir el tejido tubular por uno de sus extremos enrollando la pieza abierta en la misma máquina.

### **1.2.2.2. Fileta**

La fileta es una estructura metálica recta o redonda donde se encuentran los soportes de los conos y las guías o tubos que conducen los hilos en su recorrido desde el cono hasta los alimentadores.

En la fileta se sostienen los conos activos y los de reserva, las púas que los sostienen han de estar orientadas de forma que la recta imaginaria de prolongación de su eje, apunte al tubo o agujero por donde pasará el hilo.

Existen dos tipos de filetas según donde estén ubicadas:

#### *1.2.2.2.1. Fileta superior*

Este tipo de fileta es usada en plantas industriales donde el espacio es reducido.



*Figura 1.2* Fileta superior

#### *1.2.2.2.2. Fileta lateral*

Este tipo de fileta nace como consecuencia del incremento del número de juegos y el aumento de velocidad en las máquinas, lo que obliga a que cada cono tenga uno de reserva y con esto se logra evitar paros innecesarios por cambio de cono de hilo.

#### *1.2.2.2.3. Fileta lateral circular*

Este tipo de fileta es una combinación de las dos anteriormente mencionadas, en ella se combina velocidad y también distribución de los carretes de hilos.

### **1.2.2.3. Elementos de formación**

Los elementos de formación son aquellos que se dedican exclusivamente a formar la malla y son:

### 1.2.2.3.1. Fontura o cilindro

Es un elemento metálico, que puede tener forma de cilindro con ranuras verticales y paralelas, aro o plato con ranuras horizontales y radiales. Su función es la de alojar a los otros elementos de formación como son las agujas y platinas. Existen dos clases de fonturas:

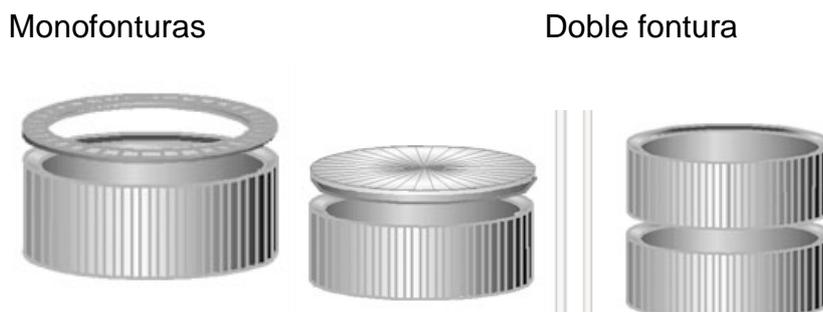


Figura 1.3 Tipos de fonturas

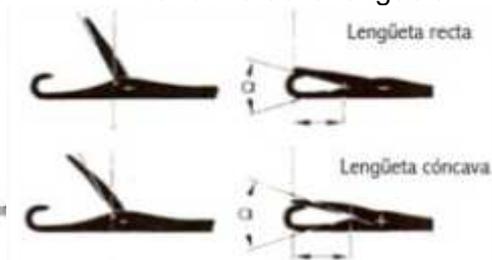
### 1.2.2.3.2. Agujas

Para este tipo de maquinaria se usan agujas con lengüeta y según los factores en los que se vaya a trabajar dependen las medidas y formas de las mismas. En la actualidad existen diferentes tipos, formas y medidas de las agujas, tienen las siguientes características:

#### La posición de la cabeza



#### La forma de la lengüeta



#### La forma del gancho



#### Formas troqueladas

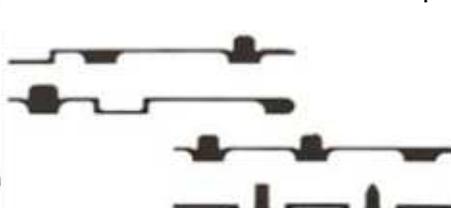


Figura 1.4 Tipos de agujas

### 1.2.2.3.3. Platinas

El empleo de estas tiene lugar en máquinas de una fontura, su principal función es la de retener el tejido, durante el ascenso de la aguja.

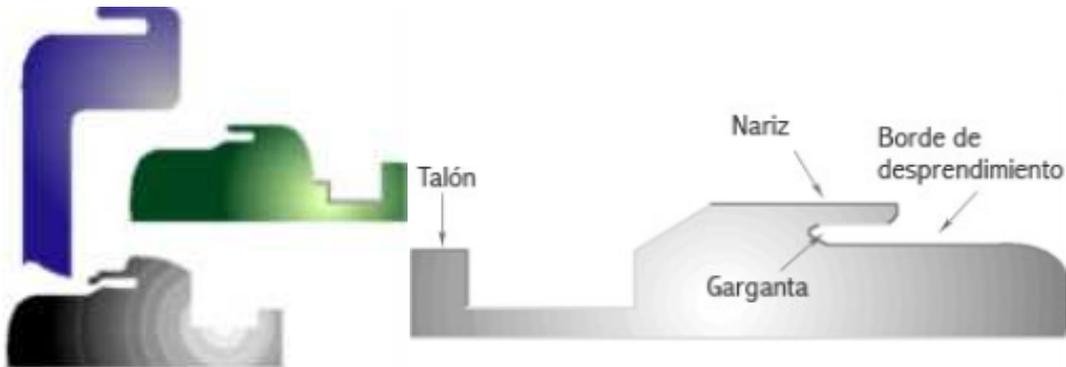


Figura 1.5Platinas

### 1.2.2.3.4. Guía hilos

El guía hilos tiene la función de entregar hilo a las agujas, también abren las lengüetas semiabiertas y protege a las mismas de un cierre incontrolado.

El guía hilos posee ajustes:

- Ajuste vertical
- Ajuste horizontal
- Movimiento de atrás hacia adelante

El objetivo de los ajustes del guía hilos es buscar la posición donde el ángulo de ingreso del hilo a las agujas sea el óptimo para el trabajo de la máquina.



Figura 1.6Guía hilos

#### 1.2.2.3.5. Cerrojos (levas)

La función de los cerrojos es dar el movimiento necesario a las agujas y platinas guiándolas para que realicen sus recorridos correspondientes dentro del cilindro y del aro de platinas



Figura 1.7 Cerrojos

### Ajustes

El cerrojo en su posición final determina el descenso de la aguja, este debe ser ajustable, para poder obtener diferentes densidades. Para variar este punto más bajo de la aguja o posición de desprendimiento, que determina la longitud de la malla se definen tres tipos de ajustes:

1. Ajuste vertical: este tipo de ajuste se encuentra en máquinas convencionales, se consigue ajustar el punto de formación bajando o subiendo la leva.
2. Ajuste diagonal: en este tipo de ajuste se consigue ajustar el punto de formación con dos levass, una que sube y baja la aguja y otra regula la formación de la malla variando la longitud de desprendimiento.
3. Ajuste centralizado: se lo realiza para ajustar la densidad de las pasadas de mallas simultáneamente en todos los juegos.



*Figura 1.8* Micrómetros

#### **1.2.2.4. Sistema de alimentación**

Para lograr una buena calidad en el tejido se necesita de una regulación en el tamaño de las mallas por lo que el sistema de alimentación es de vital importancia en el proceso tejedor.

Los sistemas de alimentación permiten entregar hilo a las agujas con la mínima tensión y uniformemente con todos los juegos

Los sistemas de alimentación se clasifican en:

##### *1.2.2.4.1. Sistemas de alimentación por almacenaje o Jacquard*

Este sistema de alimentación permite poner a disposición de las agujas el hilo que estas puedan necesitar en cada uno de los juegos y en cada una de las pasadas del tejido y siempre con la menor tensión posible.

Cada uno de estos alimentadores funciona como una unidad independiente, que abastece a su juego de trabajo según la necesidad de hilo que tenga.

El alimentador inicialmente dispone de una cantidad máxima de hilo en el tambor, las agujas cogerán el hilo que necesiten de este tambor, que mediante un dispositivo se irá recargando nuevamente durante la marcha de la máquina.

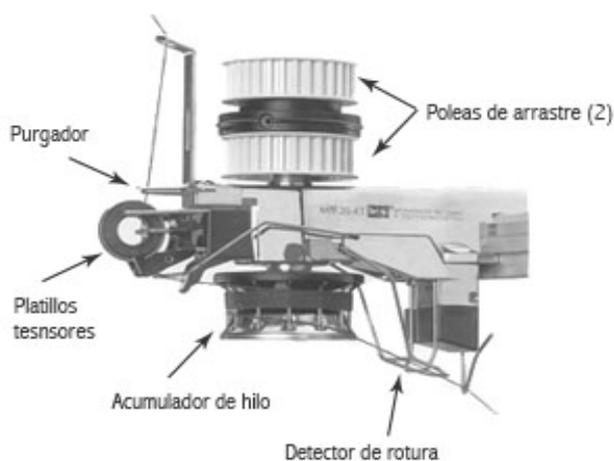


*Figura 1.9* Alimentación por Jacquard

#### 1.2.2.4.2. *Sistemas de alimentación positiva*

Este sistema de alimentación permite entregar hilo de forma constante a cada uno de los juegos de la máquina, todo ello regulado desde un solo punto.

Los alimentadores son accionados simultáneamente por una correa, normalmente dentada, que a su vez recibe el movimiento de una polea, cuyo diámetro se puede variar según sea necesario. El giro de esta polea, se encuentra relacionado con el giro del cilindro de la máquina, ya sea por una transmisión directa o indirecta, y sin influencia de la velocidad.



*Figura 1.10* Alimentación positiva

### **1.2.2.5. Mecanismo de estiraje**

El estiraje es uno de los factores importantes para una correcta formación de la malla. El mecanismo de estiraje está compuesto por:

#### *1.2.2.5.1. La calandra*

En esta zona el tejido es obligado a pasar de su forma circular a una elíptica, para posteriormente aplanarse al entrar en los rodillos plegadores. La calandra es ajustable, variando su longitud horizontalmente, en función del ancho tubular del tejido, que dependerá del tipo de ligado y la graduación del punto.

#### *1.2.2.5.2. El sistema de estiraje y enrollado*

Para funcionar correctamente, estos sistemas tendrán que dar una fuerza continua y uniforme de estiraje, que además sea adaptable a los diferentes tejidos e hilaturas que se utilicen en la máquina.

En una máquina circular, el tejido sale en forma tubular desde el cilindro, y es dirigido a la parte inferior de la bancada. En este recorrido, antes de llegar a la zona de los rodillos de estiraje, una lámpara ilumina el tejido desde el interior, para facilitar el control de posibles defectos.

En la actualidad, algunas máquinas que trabajan con elastómero, por lo que no enrollan el tejido sino que este se recoge, en una cubeta, es decir la tela se recoge en lo que se llama plegado en forma de libro, evitando en lo posible que el tejido se marqué en los lomos.

### **1.2.2.6. Dispositivos de control**

Existen diferentes tipos de dispositivos de control, que realizan varias funciones para mejorar la calidad del producto, entre ellos se encuentran:

- Cepillos o punzones: se encargan de abrir las lengüetas.
- Prensas: evitar las remontas en los tejidos.

- Purgadores: evitan la entrada de grumos a los hilos.
- Automáticos: se encargan de monitorear el hilo. Existen diferentes tipos de automáticos dependiendo de la tecnología de la máquina.

Dependiendo de la tecnología de la máquina, estos dispositivos de control pueden variar o ser más avanzados.

#### **1.2.2.7. Sistema de lubricación**

Este sistema permite la lubricación continua de engranajes y partes de la máquina que requieran una lubricación periódica como son las agujas.

El aceite que debe ser usado para lubricar las partes componentes de las máquinas circulares tiene que ser un aceite blanco de grado técnico, de consistencia ligera y que no manche, esto se debe a que las partes lubricadas están en contacto directo o cerca del producto.

Por este motivo es usado en la industria textil así como también en la industria papelera.

#### **1.2.2.8. Motor**

El motor de la máquina es el componente principal para el movimiento mecánico de todas las máquinas circulares. Es el encargado de dar movimiento a todo el sistema.

Dependiendo de la capacidad de la máquina el motor variará en su potencia.

#### **1.2.2.9. Sistema de transmisión**

El sistema de transmisión es el que trasmite el movimiento mecánico de rotación del eje del motor hacia los engranes de la máquina. Está compuesto por:

- Una catalina mecánica para la cadena desde el eje del motor.
- Engranajes helicoidales para el movimiento manual
- El embrague, el cual es el encargado de acoplar la catalina mecánica con los engranes de la máquina para transmitir el movimiento rotacional.

## **1.3. MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN**

### **1.3.1. GENERALIDADES**

Un motor es una máquina rotativa que es capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica. Funciona bajo dos principios fundamentales que son:

1. Inducción Electromagnética
2. Fuerza Electromagnética

Al conectar a la energía eléctrica a un motor, se genera un campo magnético en el estator (ya sea C.C., o C.A.), el mismo que abraza a los conductores del rotor lo que hace que se genere una fuerza electromotriz, y debido a que el rotor es un camino cerrado circula una corriente lo que hace que se genere en el rotor un campo magnético. La interacción de estos dos campos magnéticos, principal (en el estator) y secundario (en el rotor), hace que se produzca una fuerza en cada uno de los conductores del rotor y debido a que hay un eje y por consiguiente una distancia, se genera torque.

### **1.3.2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN**

Al alimentar a las bobinas trifásicas del estator (que se encuentran desfasadas 120 grados eléctricos), se genera un campo magnético giratorio o campo principal del motor de inducción, que gira a la velocidad sincrónica según la fórmula:

$$S = 120 * f / P \text{ (Ecuación 1.1)}$$

*Dónde:*

*S: velocidad sincrónica*

*120: constante*

*f: frecuencia( en nuestro medio es 60 HZ)*

*P: número de polos*

El campo magnético giratorio abraza a las barras del rotor, lo que induce un voltaje inducido en cada barra y debido a que la jaula de ardilla es un camino

cerrado circula una corriente lo que genera un campo magnético secundario en el rotor.

La interacción de estos dos campos hace que se genere una fuerza magnética y debido a que el rotor posee un eje, se genera torque.

El rotor girará a una velocidad menor a la del campo magnético giratorio debido a que si no se cumple esta condición no se induciría ninguna fuerza electromotriz en las barras del rotor, por lo que no existiría un campo magnético secundario, indispensable para el funcionamiento del motor de inducción.

### 1.3.3. ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN

Existen diferentes tipos de arranques para motores trifásicos de inducción, dependiendo de la potencia y de la clase a la cual pertenecen.

#### 1.3.3.1. Arranque directo

Este tipo de arranque se aplica a motores con una potencia nominal hasta de 5 HP, esto se debe a que estos motores son relativamente pequeños por lo que su corriente de arranque no significará un problema para la instalación eléctrica.

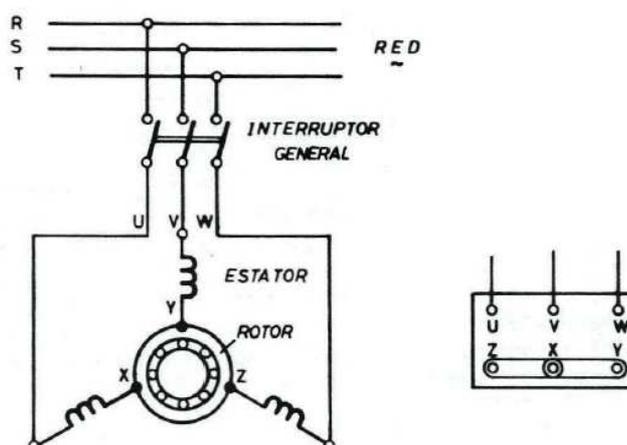


Figura 1.11 Arranque directo de un motor de inducción

### **1.3.3.2. Arranque por autotransformador**

Se aplica a motores trifásicos de inducción cuya potencia sea mayor a 5 HP. La corriente de arranque depende de la tensión de alimentación del motor. Si se reduce la tensión de alimentación al momento de arrancar el motor, se reducirá la corriente de arranque. Una vez que el motor alcance el 75% de su velocidad nominal se reestablecerá el voltaje nominal de alimentación.

### **1.3.3.3. Arranque estrella triángulo**

Este tipo de arranque se puede aplicar a motores de rotor devanado y también a motores con rotor tipo jaula de ardilla, la única condición para poder aplicar este arranque es que el motor sea de 6 terminales. Este tipo de arranque en su primer intervalo (conexión estrella) aumenta la resistencia estatórica y con esto se aumenta la impedancia por lo que al arrancar el motor tomará menor corriente de arranque, aproximadamente:

$$\frac{I_{\text{arranque}}}{\sqrt{3}} = I_{\Delta \text{ arranque}} \quad (\text{Ecuación 1.2.})$$

Una vez que haya arrancado se procede a conectar en triángulo al devanado para que el motor funcione bajo condiciones nominales.

### **1.3.3.4. Arranque por resistencias estatóricas**

Este tipo de arranque se lo realiza por medio de resistencias conectadas al estator, con esto se logra aumentar la resistencia estatórica general y con ello se logra bajar la corriente de arranque.

### **1.3.3.5. Arranque por resistencias rotóricas**

Este tipo de arranque es utilizado en motores de rotores de tipo devanado. Se aumenta la resistencia del rotor, conectando por medio de anillos rozantes resistencias en serie con el bobinado del rotor, con esto se logra bajar la corriente de arranque.

### 1.3.4. CONTROL DE VELOCIDAD EN MOTORES DE INDUCCIÓN

Existen solo dos formas de controlar la velocidad de un motor de inducción, la una consiste en variar la velocidad sincrónica del campo magnético giratorio del estator y la otra forma consiste en variar el deslizamiento del motor, es decir es posible variar la velocidad de un motor trifásico de inducción actuando sobre las variables de las cuales la velocidad depende.

La ecuación para la velocidad sincrónica es:

$$N_s = \frac{f120}{\#P} \quad (\text{Ecuación 1.3.})$$

Dónde:

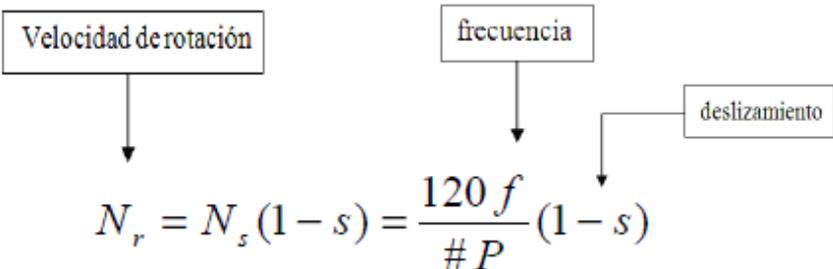
Ns: velocidad sincrónica

f: frecuencia de línea

P: número de polos del estator.

De acuerdo con la ecuación 1.3 se puede variar la velocidad sincrónica al cambiar la frecuencia o el número de polos del motor.

La ecuación de la velocidad de rotación del eje del motor es:



$$N_r = N_s(1 - s) = \frac{120 f}{\#P} (1 - s) \quad (\text{Ecuación 1.4.})$$

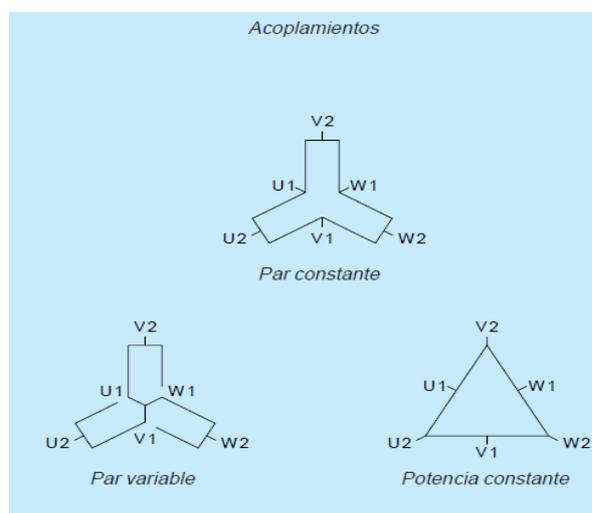
Se puede variar la velocidad de rotación también variando el deslizamiento y esto puede ser llevado a cabo variando la resistencia del rotor o variando el voltaje en los terminales del motor.

### 1.3.4.1. Control de velocidad del motor de inducción mediante el cambio de polos

De lo explicado anteriormente se determinó que variando en número de pares de polos del motor es posible variar la velocidad de sincronismo. En la práctica para variar el número de polos del motor se suele disponer distintos bobinados en el estator del motor y conectando uno u otro conseguiremos variar la velocidad.

Existe un tipo de conexión especial denominada conexión Dahlander que mediante un único bobinado se consiguen dos velocidades de relación 1:2 mediante el cambio de conexiones del bobinado.

Este tipo de control sólo se suele emplear en los motores de rotor de jaula de ardilla dado que el cambio de polos del estator ha de llevar unido el cambio de polos del rotor, por lo que en los motores de rotor bobinado complicaría llevarlo a la práctica en condiciones económicamente rentables.

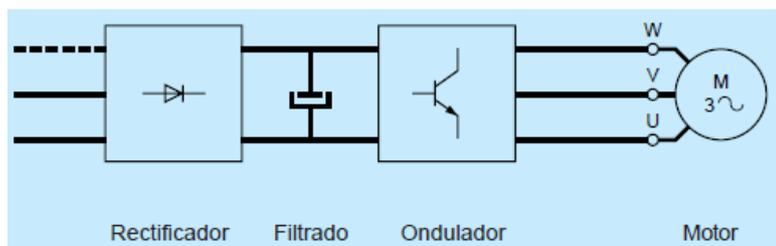


*Figura 1.12* Acoplamientos de bobinado Dahlander

### 1.3.4.2. Control de velocidad del motor de inducción mediante el cambio de la frecuencia de línea

En la actualidad el empleo de sistemas de arranque mediante el control por contactores está quedando en desuso a favor de los arrancadores-variadores de velocidad electrónicos (convertidores de frecuencia).

Este tipo de dispositivos suministran una tensión alterna cuyo valor es regulable, al tiempo que también es posible regular la frecuencia de alimentación al motor, de este modo es posible conseguir un control de velocidad muy efectivo, que permite incluso llevar un motor a una velocidad de sincronismo superior a la nominal o asignada (práctica no recomendable). La razón de variar a la vez frecuencia y tensión radica en el hecho de conseguir un par constante en todo el régimen de velocidades del motor.



*Figura 1.13* Diagrama de bloques de control de velocidad mediante la variación de la frecuencia de línea

#### 1.3.4.3. Control de velocidad del motor de inducción mediante el cambio del voltaje de línea (variando el deslizamiento)

El deslizamiento de un motor se puede variar modificando la tensión de alimentación. Si la tensión disminuye, la velocidad de giro del rotor disminuye, y por tanto aumenta el deslizamiento.

En la figura 2.5 se puede apreciar la característica mecánica  $M=f(n)$  de un motor asíncrono cuando se alimenta a tensión nominal  $V_n$  o al 70% de su valor  $0,7V_n$ , donde  $M_r$  representa el par resistente.

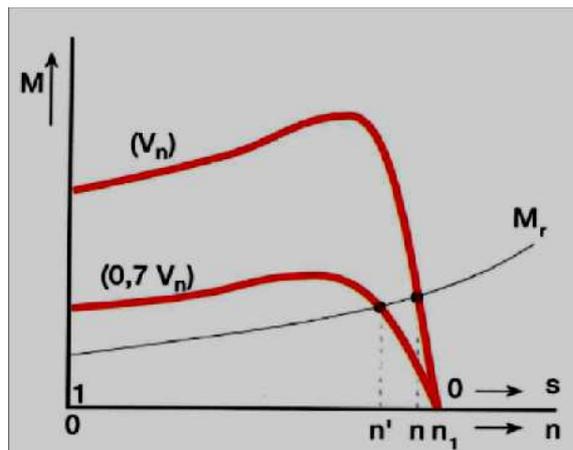


Figura 1.14 Control de velocidad del motor variando el deslizamiento

## 1.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

### 1.4.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento industrial es un aspecto muy importante que se toma en cuenta con prioridad dentro de las industrias, esto se debe al gran avance tecnológico que se ha tenido en los últimos años.

El mantenimiento industrial nació como un servicio a la producción. Antiguamente las industrias no estaban altamente mecanizadas ni automatizadas, por lo que el mantenimiento que se realizaba era básico o a su vez puramente correctivo. Es decir, anteriormente el paro de una máquina no implicaba mayor retraso en la producción, es por este motivo que el mantenimiento no era una prioridad para las industrias, además la maquinaria se encontraba sobredimensionada lo que ocasionaba que no se necesite de un mantenimiento sistematizado.

El mantenimiento industrial se puede definir como una acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene.

Existen diferentes tipos de mantenimiento, dependiendo del tiempo en que se realicen, del objetivo específico para el cual son puestos en marcha, y en función de los recursos utilizados, se clasifican en:

- Mantenimiento preventivo o mantenimiento planificado

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento proactivo

#### **1.4.2. GENERALIDADES**

El mantenimiento correctivo es una forma de mantenimiento que se realiza cuando en un sistema, instalación o maquinaria se presenta una falla o avería que obliga a detener el proceso normal de funcionamiento. Se realiza el mantenimiento correctivo con el objetivo de reestablecer la operatividad del sistema, instalación o maquinaria.

También se puede definir al mantenimiento correctivo como una acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación. Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada

En algunos casos es imposible prevenir una falla de cualquier índole, en estos casos el mantenimiento correctivo es la única opción. La mayor parte de casos en el que se hace un mantenimiento correctivo a un equipo o sistema, es debido a la falta de mantenimiento preventivo o a una deficiencia del mismo. En otros casos las empresas se enfocan, como estrategia de mantenimiento, en el mantenimiento correctivo

#### **1.4.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo:

##### **1.4.3.1.El mantenimiento correctivo no programado**

Este tipo de mantenimiento también es llamado mantenimiento contingente y se refiere a las acciones inmediatas que se toman cuando una máquina ha dejado de

funcionar por alguna avería o falla. Supone la reparación inmediata y de emergencia una vez que se haya presentado la falla, y en el mejor de los casos siguiendo un plan de contingencia o emergencia para el paro inesperado de la máquina.

Las labores y trabajos a realizarse tienen por objeto recuperar la funcionalidad correcta de la máquina averiada por medio de arreglos definitivos o provisionales dependiendo de la situación. Es decir, el personal de mantenimiento debe efectuar solamente las tareas indispensables esto se lo hace con el objetivo de que la máquina vuelva a operar correctamente en el menor tiempo posible debido a que cuando se para una máquina significa pérdidas económicas a la empresa.

#### **1.4.3.2.El mantenimiento correctivo programado**

Este tipo de mantenimiento es también llamado mantenimiento planificado y se enfoca en la reparación de una falla cuando se cuenta con el personal capacitado, las herramientas adecuadas, la información y los materiales necesarios para corregir la falla. Cuando se va a realizar este tipo de mantenimiento la reparación se adapta a las necesidades de producción de la empresa.

La importancia que tiene la máquina averiada dentro del proceso industrial definirá el tipo de mantenimiento a realizarse. Si la máquina es de vital importancia para el proceso industrial se optará por el mantenimiento correctivo contingente o no programado, pero si la máquina no es de mucha importancia para el proceso se optará por el mantenimiento planificado.

La diferencia de los dos clases de mantenimiento radica también en la parte económica debido a que si una máquina altamente productiva deja de funcionar entonces eso representa mayores pérdidas económicas a la empresa, al contrario si es una máquina en la que sus servicios son usados sin frecuencia entonces la mejor opción para la empresa es planificar el mantenimiento cuando llegue el momento oportuno.

### **1.4.3.3. Fases del mantenimiento correctivo**

#### *1.4.3.3.1. Detección de la avería*

Se refiere al periodo en que los operarios de la máquina detectan la avería, es decir es el transcurso de tiempo en que la máquina es detenida a causa de problemas técnicos. Existe una relación entre el tiempo de detección y el tiempo de resolución total: mientras la falla sea detectada en el menor tiempo posible causará menos daños y su reparación será más económica. Es posible reducir este tiempo al realizar continuas inspecciones para comprobar el funcionamiento adecuado y eficiente de todo el sistema. También es importante capacitar al personal para disminuir el tiempo de detección de fallas.

#### *1.4.3.3.2. Diagnóstico de la avería.*

En esta etapa del mantenimiento correctivo el personal de mantenimiento debe determinar que sucede en la máquina y cuáles son las soluciones para la avería que se ha producido así como la gravedad de la falla. Es decir en esta fase se realizan todas las inspecciones que sean necesarias para determinar el procedimiento a adoptarse para resolver el problema.

#### *1.4.3.3.3. Acopio de repuestos y materiales.*

Luego de haber decidido el procedimiento a seguirse y las acciones correctivas que se tomarán para reparar la avería, se debe determinar cuáles son los repuestos que se necesitan. En esta etapa del mantenimiento correctivo los recursos económico tienen un desempeño importante esto se debe a que a mayor calidad de los productos a adquirirse mayor será el costo de los mismos y si son de baja calidad, el costo también será bajo.

#### *1.4.3.3.4. Reparación de la avería*

En esta fase del mantenimiento correctivo se realizan las acciones correctivas usando todos los repuestos y materiales adquiridos. Esta etapa es crítica en el proceso debido a que el tiempo que lleve reparar la avería se verá afectado por el

alcance del problema y por los conocimientos y habilidad del personal de mantenimiento.

#### *1.4.3.3.5. Pruebas funcionales*

Una vez que las fallas técnicas hayan sido reparadas es necesario realizar pruebas funcionales a la maquinaria para comprobar que las averías se hayan reparado adecuadamente.

Las pruebas funcionales que se deben realizar a la maquinaria serán aquellas con las que esta funcione a sus valores nominales o sus valores en vacío dependiendo el caso durante un lapso de tiempo adecuado. Es conveniente determinar cuáles son las mínimas pruebas que se deben realizar para comprobar que la maquinaria se encuentra en perfectas condiciones operativas. Si el caso lo requiere se deberá redactar protocolos o procedimientos en que se detalle claramente que pruebas son necesarias realizarlas y como llevarlas a cabo.

#### *1.4.3.3.6. Puesta en servicio*

Luego de haber llevado a cabo las pruebas funcionales se debe poner en servicio a la maquinaria es decir debe empezar a funcionar productivamente y ocupando su lugar en la cadena de procesos.

#### *1.4.3.3.7. Redacción de informes*

Se deben redactar informes en los que se detalla las causas y consecuencias de las averías. Recomendaciones para evitar futuras fallas y también los recursos económicos usados así como también el personal que participo. Estos informes deben seguir el estándar impuesto por la empresa a la que pertenece la maquinaria.

## **1.5. TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO**

### **1.5.1. GENERALIDADES**

Un tablero de control eléctrico es una caja o gabinete en donde se encuentran instalados y centralizados todos los elementos de maniobra, comando, barras de

distribución, equipos de medición, protección, alarma y señalización , con sus cubiertas y soportes, esto con el propósito de que cumplan una función dentro de un sistema eléctrico.

Un tablero eléctrico debe estar ubicado en un punto estratégico y de fácil acceso con el objetivo de maniobrar al sistema de una manera rápida y segura.

Para la instalación de los tableros eléctricos se debe tener una referencia, es decir diagramas unifilares, diagramas en detalle, diagramas de conexiones.

Los tableros eléctricos son construidos bajo normas y estándares internacionales lo que garantizará la eficiencia del tablero así como la seguridad para los operarios y demás personas.

## **1.5.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL**

Un tablero de control está compuesto por distintos elementos dependiendo de la función que realice el sistema.

### **1.5.2.1.Elementos de maniobra**

Son dispositivos que permiten establecer, conducir e interrumpir la corriente para la cual han sido diseñados. Es decir, permiten maniobrar la circulación de la corriente. Existen diferentes tipos de elementos de maniobra:

#### *1.5.2.1.1. Pulsadores*

Es un elemento de maniobra que permite abrir o cerrar circuitos eléctricos. Los pulsadores pueden o no tener memoria, es decir enclavamiento esto dependerá de su diseño y construcción.

#### *1.5.2.1.2. Selectores*

Los selectores son elementos de maniobra que tienen diferentes posiciones, es decir siempre tendrá la posición cero lógico, el resto de posiciones serán uno

lógico, es decir cerrarán circuito eléctricos. Los diferentes tipos de selectores tienen diferente número de posiciones dependiendo del modelo y de su uso.

#### *1.5.2.1.3. Contactor*

El contactor es un elemento de maniobra cuya función es la de permitir o no el paso de corriente a través de él.

Partes componentes:

- Carcasa
- Bobina
- Contactos principales
- Contactos auxiliares

Funcionamiento: Al circular una corriente por su bobina esta un campo magnético en la misma lo que hace que la bobina se convierta en un electroimán provocando la atracción de los contactos.

### **1.5.2.2. Elementos de protección**

#### *1.5.2.2.1. Interruptores*

Es un elemento de maniobra y protección que permite realizar aperturas o cierres de circuitos eléctricos, permiten interrumpir no solo la corriente nominal sino también corrientes de falla. Consisten en un mecanismo con dos partes conductoras (polos) y una pieza móvil de material conductor (contacto) que, al ser accionada, cambia de posición.

Existen diferentes clases de interruptores que dependiendo del tipo cumplen con su función en mayor o menor tiempo.

- **Interruptores magnéticos:** Son interruptores automáticos que reaccionan a sobrecorrientes de alto valor, interrumpiéndolas en el menor tiempo

posible de tal manera que no afecte ni a la red de alimentación ni a los equipos y maquinaria instalados. Para iniciar su desconexión en respuesta de la sobreintensidad, se sirven del movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo magnético proporcional al valor de la intensidad circulante.

- **Interruptores térmicos:** Tienen la misma función que la de los interruptores magnéticos, pero operan de diferente manera. Estos son accionados por la deformación de un elemento bimetálico el cual reacciona a cierta temperatura, la cual es generada por la corriente circulante.
- **Interruptores termomagnéticos:** Esta clase de interruptor combina las dos clases anteriores, es decir tiene tres sistemas de desconexión: manual, magnético y térmico lo que brinda una mayor seguridad y protección contra sobreintensidades.

#### *1.5.2.2.2. Fusibles*

Los fusibles son elementos para proteger a circuitos eléctricos contra fallas. Es el elemento de protección más antiguo. Consta de un soporte ideal o carcasa y de una lámina o filamento de un metal o aleación de metales de bajo punto de fusión, que se coloca en un sitio estratégico del circuito eléctrico, con el objetivo de que el filamento se funda cuando la temperatura producida por la circulación de corriente alcance el punto de fusión cortando el circuito eléctrico y de esta manera protegiendo al mismo.

#### *1.5.2.2.3. El relé*

El relé es un elemento de protección el cuál funciona y tiene las mismas características al contactor, es decir es un elemento gobernado por un electroimán que abre o cierra contactos cuando sea accionado.

La diferencia con el contactor radica en la función que cada uno desempeña en el circuito eléctrico, el contactor es un elemento usado para maniobrar cargas

diseñado y construido para soportar corrientes grandes. Por su parte el relé, es un elemento que se usa para proteger al circuito por lo que el relé trabaja con corrientes pequeñas.

### **1.5.2.3.Variador de velocidad**

#### *1.5.2.3.1. Introducción*

En la actualidad los procesos industriales se han automatizado con el paso de los años, haciendo necesario un mecanismo o dispositivo para controlar la velocidad de motores industriales. Con el desarrollo de la electrónica de potencia, se ha logrado controlar la velocidad de motores industriales de una forma confiable y eficaz.

Por lo tanto el control de procesos es un motivo para el empleo de variadores de velocidad pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el anterior.

El ahorro de energía es muy importante para cualquier empresa o industria debido a que mientras menos energía se consume menor será el gasto económico. Los motores eléctricos usan las dos terceras partes de toda la electricidad de la industria, entonces cualquier cambio para reducir este consumo es de gran significado. Los variadores de velocidad han logrado disminuir el consumo eléctrico generado por los arranques de motores industriales y es por este motivo es que estos equipos son útiles para la industria.

#### *1.5.2.3.2. Ventajas de usar un variador de velocidad*

Las siguientes son algunas de las ventajas de utilizar el variador de velocidad:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en diversos procesos.

- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del par motor (torque).

#### 1.5.2.3.3. Estructura del variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- Un módulo de control, que gestiona el funcionamiento del equipo
- Un módulo de potencia, que suministra energía eléctrica al motor

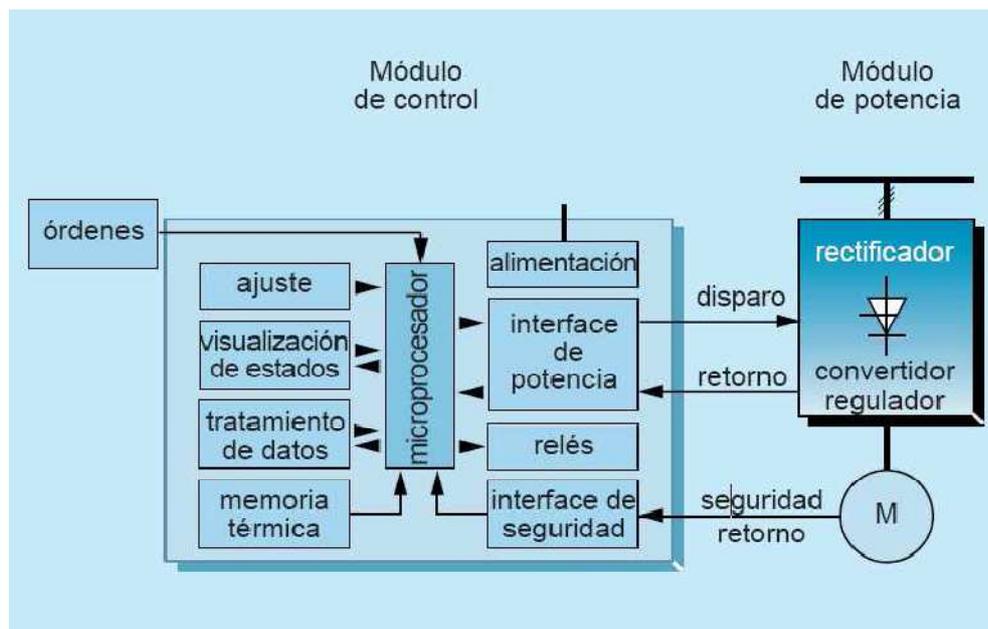


Figura 1.15 Estructura general de un variador de velocidad

Este dispositivo regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, y con esto modifica su velocidad.

Con el cambio de frecuencia también debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético lo que ocasionaría una elevación alta de la corriente que dañaría el motor.

Las etapas del variador de frecuencia son:

*a. Etapa Rectificadora*

Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, y otros elementos electrónicos

*b. Etapa intermedia*

Existe un filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

*c. Inversor o "Inverter".*

Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (IsolatedGate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas.

*d. Etapa de control*

Esta etapa controla los IGBT's para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general.

Los variadores utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir los armónicos y mejorar el factor de potencia a través de cálculos matemáticos.

*1.5.2.3.4. Tipos de variadores de velocidad*

En general existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos, siendo este último el que se estudiará debido a que es el que se va a usar en el presente proyecto de titulación.

En esta categoría los primeros variadores usaron la tecnología de los tubos de vacío.

Con el avance de la tecnología se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo de estos variadores, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos.

Existen cuatro tipos de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

- variadores para motores de DC.
- variadores de velocidad por corrientes de Eddy.
- variadores de deslizamiento.
- variadores para motores de CA (también conocidos como variadores de frecuencia).

*a. Variadores para motores de DC*

Estos variadores permiten controlar la velocidad de motores de corriente continua: motores serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes.

*b. Variadores por corrientes de Eddy*

Un variador de velocidad por corrientes de Eddy consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy. El embrague contiene un rotor de velocidad fija (acoplado al motor) y un rotor de velocidad variable, separados por un pequeño entrehierro. Además tiene una bobina de campo, cuya corriente puede ser regulada, la cual produce un campo magnético que determinará el par mecánico transmitido del rotor de entrada al rotor de salida.

De esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de corriente alterna (AC).

c. *Variadores de deslizamiento*

Este tipo de variadores se utilizan únicamente para los motores de inducción de rotor devanado

d. *Variadores para motores de AC*

Los variadores de frecuencia (siglas AFD, del inglés Adjustable Frequency Drive; o bien VFD Variable Frequency Drive) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (\text{Ecuación 1.5})$$

Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P} \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

Dónde:

$N_s$  = velocidad síncrona (rpm)

$N_m$  = velocidad mecánica (rpm)

$f$  = frecuencia de alimentación (Hz)

$s$  = deslizamiento (adimensional)

$P$  = número de polos (adimensional)

Como puede verse en las ecuaciones 2.7 y 2.8, la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad, y al reducir el valor de la

frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida en el motor.

#### *1.5.2.3.5. Control de velocidad de los motores de inducción mediante la relación voltaje/frecuencia*

Para variar la velocidad de un motor trifásico de corriente alterna, debemos alimentar el motor con una tensión y frecuencia variable, dependiendo de la velocidad que se requiera. Al modificar la frecuencia que se aplica al estator, es necesario variar la tensión aplicada en la misma magnitud. Esto se realiza para mantener el mismo grado de saturación y densidad de flujo en el entrehierro del motor. Existen diferentes formas de aplicar este método:

##### *a. . Por medio de Tiristores*

Los tiristores fueron las partes fundamentales para el control de velocidad para motores de corriente alterna por variación de frecuencia. Hace algunos años solo estos elementos podían ser utilizados para este fin, debido a que no existía en el mercado otro tipo de semiconductores que pudieran suministrar las corrientes que los variadores demandan. Además, debido a que son de potencia su costo era muy elevado. Debido al avance de nuevas tecnologías los tiristores fueron desplazados y en su lugar se fueron utilizando transistores de potencia, MOSFETS de potencia, y últimamente IGBTs.

El principal problema que se afrontaban con los tiristores era toda la circuitería paralela que se debía diseñar para su apagado. También se tenía que emplear un

gran número de tiristores dentro del diseño, ya que el control de velocidad para motores de AC era dos controles en uno; un control de voltaje para la parte de voltaje de DC y otro para la frecuencia.

*b. Mediante modulación de ancho de pulso (PWM)*

Los variadores utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia a través de cálculos matemáticos.

El PWM es el proceso de modificar el ancho de los pulsos de un tren de pulsos en razón directa a una pequeña señal de control; cuando mayor sea el voltaje de control, será más ancho el pulso resultante.

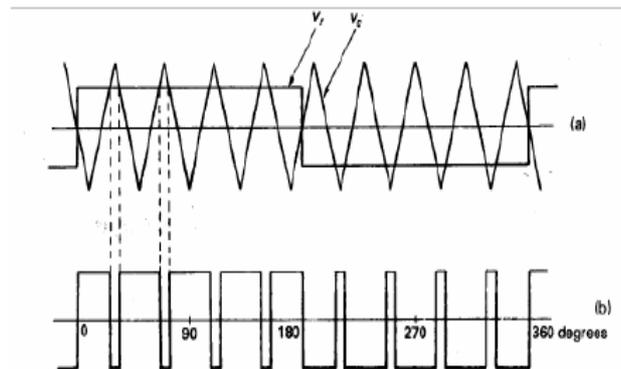
Existen diferentes tipos de modulación por ancho de pulso, tales como: modulación por ancho de pulso único, por ancho de pulso múltiple, sinusoidal, sinusoidal modificado, entre otros, cada uno con sus respectivas características.

### **PWM trifásico**

Una forma alternativa de PWM, conocida como modulación en anchura de varios pulsos por semiperiodos o PWM de onda cuadrada, implica obtener una serie de pulsos de igualanchura en cada medio ciclo.

A voltaje reducido de salida se obtiene un contenido armónico de orden menor mediante esta técnica.

Para el efecto, se requiere circuitos de control en el que una onda portadora triangular es comparada con una onda cuadrada de referencia con la frecuencia de salida deseada.



*Figura 1.16* Onda de salida PWM cuadrado del inversor: (a) voltajes de entrada del comparador; (b) salida del comparador y voltaje en las terminales

En un inversor trifásico (figura 1.25) cada medio ciclo tiene un comparador separado, el cual es alimentado por la misma portadora triangular. Sin embargo, las tres ondas cuadradas de referencia tienen un desplazamiento de  $120^\circ$ , formando un sistema balanceado de tres fases. La figura 2.9 muestra las ondas cuadradas de referencia para las fases A, B; y C, y la portadora triangular común a ellas, para una relación de seis. Los voltajes de polo  $V_{A0}$ ,  $V_{B0}$  y  $V_{C0}$  también se muestran.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA TEJEDORA DE ANDITEX**

La microempresa artesanal ANDITEX posee una máquina tejedora industrial que funcionó alrededor de 15 años. La máquina presenta las siguientes características:

MARCA: SINGER

MANUFACTURADO POR: SUPREME KNITTING MACHINE COMPANY  
(actualmente VanguardPaiLung)

DIAMETRO: 26''

Hace aproximadamente 5 años la máquina salió de funcionamiento debido a fallas técnicas y a la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, por este motivo la máquina en general presenta acumulación de polvo por los años que ha pasado fuera de operación y acumulación de pelusa proveniente del hilo utilizado cuando se encontraba operativa.

A continuación se describirá el estado actual de la máquina.

#### **2.1. PARTES COMPONENTES DE LA MÁQUINA CIRCULAR**

##### **2.1.1. BANCADA**

La máquina circular posee una bancada de tipo convencional la cual se encuentra estable y tiene todos sus elementos completos.



*Figura 2.1* Bancada de la máquina circular

Los engranes de arrastre se encuentran totalmente sin grasa, la parte móvil tiene un grado leve de oxidación y las puertas de seguridad están fuera de su sitio.



*Figura 2.2* Engranes de arrastre

### **2.1.2. FILETA**

Posee dos filetas del tipo lateral pero sin puestos para conos de reserva, es decir cada fileta tiene 48 puestos que en total son 96 puestos para conos hilos a utilizarse, uno por cada alimentador (IROS).

Las filetas se encuentran en perfecto estado y están funcionales, pero una de ellas no se encuentra bien fijada ya que depende de una pieza de madera para mantenerse estable.



*Figura 2.3* Fileta lateral

### **2.1.3. ELEMENTOS DE FORMACIÓN**

#### **2.1.3.2. Fontura (cilindro)**

La máquina presenta una sola fontura, por lo tanto se deduce que produce tela de tipo jersey. El cilindro se encuentra en buenas condiciones, en sus rieles se encuentran las agujas y montado sobre él se encuentra el aro de platinas.

En los rieles del cilindro se encuentran restos de talones de agujas rotas anteriormente utilizadas.

#### **2.1.3.3. Agujas**

La máquina circular tiene 1700 agujas, las cuales se encuentran oxidadas además existen 1050 agujas que no son del tipo que utiliza la máquina circular, por lo tanto las agujas no pueden moverse con facilidad dentro de los rieles del cilindro, existen también 80 agujas rotas.



*Figura 2.4* Agujas de la máquina circular

#### **2.1.3.4. Platinas**

Existen el mismo número de platinas que de agujas, es decir 1700 platinas, las cuales se encuentran oxidadas y 20 platinas se encuentran dobladas.

#### **2.1.3.5. Guía hilos**

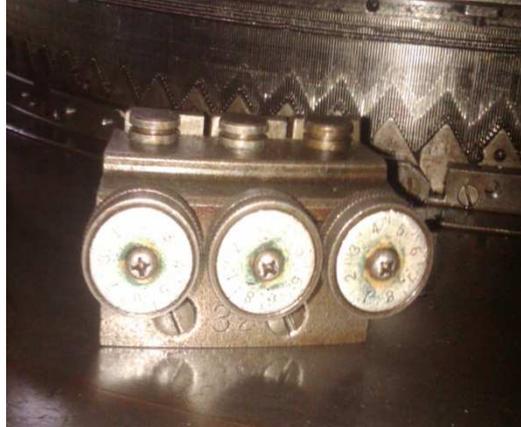
El aro de guía hilos se encuentra en buen estado y funcional al igual que los 96 guía hilos.



*Figura 2.5* Guía hilos

#### **2.1.3.6. Cerrojos y levas**

Existen 32 cerrojos con sus respectivos micrómetros para los ajustes los cuales se encuentran en buen estado y funcionales.



*Figura 2.6* Micrómetro

Existen 31 levas, una leva se encuentra extraviada.



*Figura 2.7* Puesto de leva faltante

#### **2.1.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

El sistema de alimentación es del tipo positiva.

Del sistema de transmisión se traspasa el movimiento a un eje vertical el cual tiene al final una polea en el que se sujetan dos bandas dentadas de las siguientes características:

Bandas dentadas

Marca: Goodyear

Código: 17321

Dimensiones: 0.53", 32"

Paso: 0.28"

Esta correa dentada transmite el movimiento hacia dos poleas que se encuentran unidas a las poleas principales de alimentación por un eje vertical.

Poleas convencionales

$\varnothing = 4"$

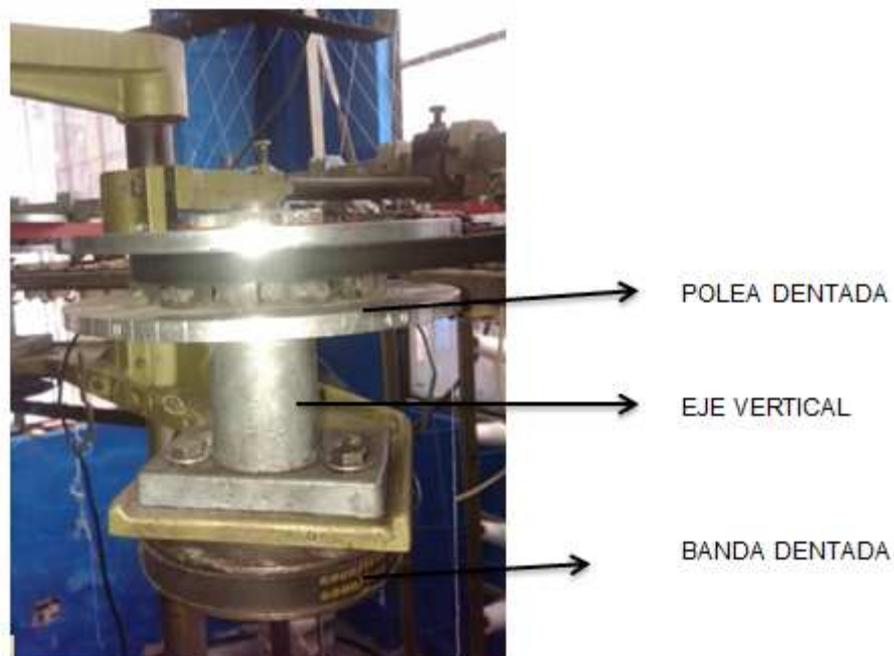
Poleas dentadas (principales de alimentación)

$\varnothing = 15$  cm

#dientes: 12

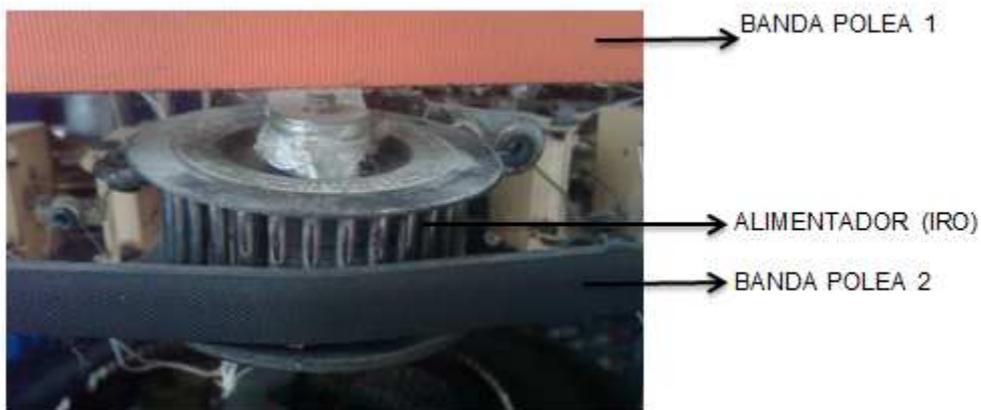
Paso: 4 cm

Ancho de la correa: 0.52"



*Figura 2.8* Polea principal de alimentación de hilo

Cada una de las poleas dentadas transmite el movimiento circular a dos bandas de 0.52" de ancho que dan el movimiento a los 96 alimentadores de hilo (IROS).



*Figura 2.9* IROS y bandas de transmisión

Una de las bandas se encuentra rota en una zona. El resto de componentes del sistema de alimentación se encuentran funcionales.



*Figura 2.10* Anillo de IROS y automáticos

### **2.1.5. MECANISMO DE ESTRAJE**

La calandra se encuentra con un grado leve de óxido, además el ducto por donde se conecta el compresor para proveer de aire continuo a la máquina circular y con ello despejar de pelusa el ambiente se encuentra taponado.



*Figura 2.11* Calandra de la máquina

El sistema de estiraje y enrollado generalmente se encuentra en estado funcional. Está compuesto por una estructura de soporte, los rodillos plegadores y los contrapesos correspondientes para que la tela se estire adecuadamente. Sus engranes transmisión se encuentran sin grasa



*Figura 2.12* Rodillo plegador

#### **2.1.6. SISTEMA DE LUBRICACIÓN**

El sistema de lubricación está compuesto por un goteo continuo de aceite en las agujas logrando que estas no se rompan a causa de la fricción ocasionada entre hilo-aguja y por el movimiento del cilindro.

El sistema de lubricación es deficiente debido a que está compuesto por un empaque de suero y mangueras del mismo.



*Figura 2.13* Sistema de lubricación

Los frascos recogedores de exceso de aceite (sujetos a la bancada) son dos botellas plásticas con mangueras.



*Figura 2.14* Recogedores de exceso de aceite

### **2.1.7. MOTOR**

El motor de la máquina de ANDITEX presenta las siguientes características:

- Marca: General Electric

- trifásico de inducción
- Intensidad: 6 A
- Potencia: 2hp
- Velocidad de 1200 RPM
- 60 Hz.
- Conexión triángulo
- Rotor tipo jaula de ardilla
- Temperatura máxima : 50°C

El motor se encuentra en buen estado y funcional, se realizaron las siguientes pruebas para comprobarlo

#### **2.1.7.1. Pruebas de inspección a motor eléctrico trifásico**

Las pruebas realizadas comprueban el buen estado del motor de la máquina circular.

##### *2.1.7.1.1. Resistencia de aislamiento*

La resistencia de aislamiento con tomada con el Megger fue de:

Fase R-S:1 GΩ

Fase S-T: 1,1 GΩ

Fase R-T:0,9 GΩ

Fase R-Tierra:0,9 GΩ

Fase S-Tierra: 1 GΩ

Fase T-Tierra: 1 GΩ

Los valores tomados satisfacen a la norma ANSI/IEE 43-200 la cual estandariza como una mínima resistencia de aislamiento en 100 MΩ.

#### *2.1.7.1.2. Marcha en vacío*

Como se mencionó en el capítulo 1 los motores de inducción en vacío deben tomar de la red eléctrica la tercera parte de la corriente nominal, al medir con el amperímetro el motor tomó:

Fase R-S: 1,98 A.

Fase S-T: 1,97 A

Fase R-T: 1,98 A

Lo cual indica que el motor no tiene ningún tipo de daño en sus bobinas, también es un indicador de que el rotor jaula de ardilla se encuentra en buenas condiciones.

#### *2.1.7.1.3. Velocidad*

Con un tacómetro se midió la velocidad del motor la cual fue de 1142 RPM, lo que coincide con los datos del placa del motor en la que especifica que la velocidad del eje debe ser de 1140 RPM.

#### *2.1.7.1.4. Temperatura*

El motor se mantuvo funcionando durante el periodo de 3 horas tiempo en el cual no mostró señales de sobrecalentamiento.

#### **2.1.7.2. Características de los rodamientos:**

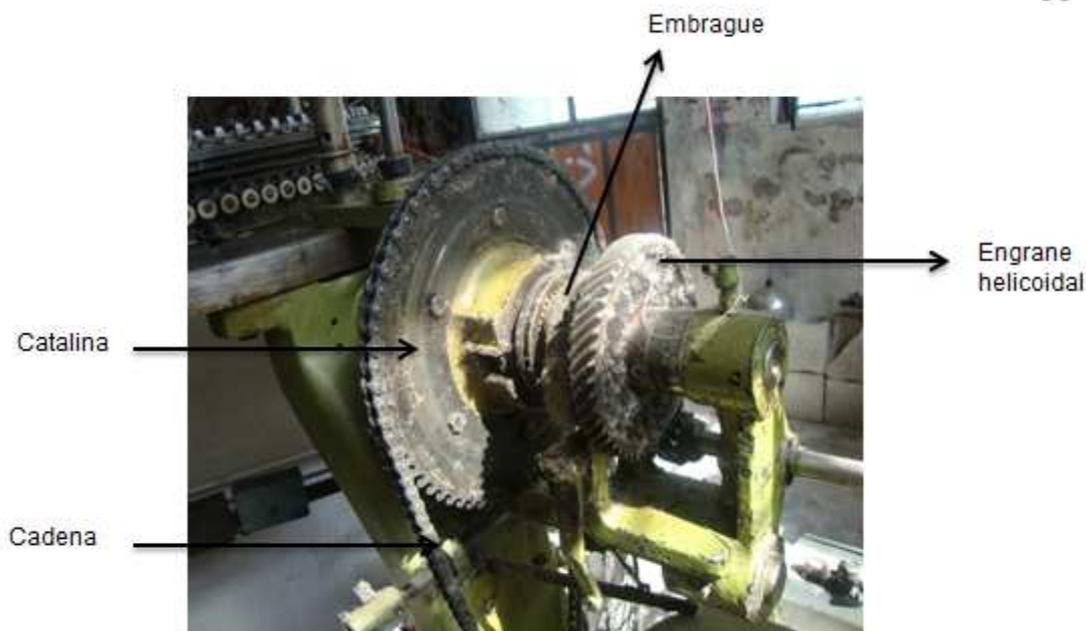
Diámetro interno: 1”

Diámetro externo: 3”

Tipo: Rodamiento de bolas

#### **2.1.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

Se encuentra formado por los siguientes componentes:



*Figura 2.15* Sistema de transmisión

#### **2.1.8.1. Engranés helicoidales**

Los engranes helicoidales, por inspección visual, no presentan rajaduras o quebraduras esto se debe a que las piezas de la máquina han sido construidas para durar por largos periodos de tiempo. Se encuentran sin grasa y llenos de polvo y pelusa.

A los engranes helicoidales se les acopla el volante principal del sistema manual de la máquina circular, el cual no gira al acoplarse con los engranes por lo que se determinó que la máquina se encuentra trabada.

#### **2.1.8.2. Embrague**

El embrague de la máquina corresponde a la parte en que se acopla el motor a la parte móvil de la bancada para que se empiece a producir tela en crudo. Se lo acopla mediante una palanca ubicada a lado izquierdo.

El embrague se encuentra funcionando bien y su acople es consistente.

### **2.1.8.3. Transmisión por cadena**

Cuenta con un sistema de transmisión por cadena es decir, al eje del motor se acopla con una chaveta, un piñón hacia una cadena la cuál transmite el movimiento hacia la catalina y la cual mueve la bancada, con el sistema de estiraje y el cilindro.

#### *2.1.8.4. Piñón*

El piñón tiene las siguientes características:

Ø: 1,5"

# Dientes: 12

Alto del diente: 0,20"

#### *2.1.8.5. Catalina*

Presenta las siguientes características:

Ø: 10"

# dientes: 72

Alto del diente: 0,20"

#### *2.1.8.6. Cadena*

Presenta las siguientes características:

Paso: 0,60"

Ancho del rodillo: 0,40"

Diámetro del rodillo: 0,28"

### **2.1.9. DISPOSITIVOS DE CONTROL**

La máquina presenta dos tipos de dispositivos de control: punzones y automáticos, los cuales funcionan como contactos normalmente abiertos, a 24 V y todos en circuito serie.

Posee tres punzones fijados en el aro de guía hilos.



*Figura 2.16* Punzón

Tiene además 192 automáticos detectores de rotura de hilo, 96 fijos en el aro de alimentación de hilos y los restantes 96 se encuentran sobre las dos filetas.



*Figura 2.17* Automáticos sobre aro de alimentación



*Figura 2.18* Automáticos sobre fileta



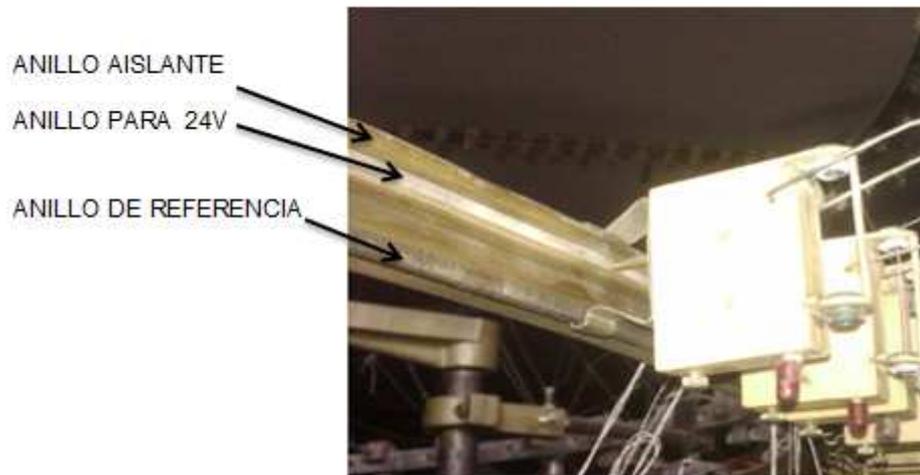
*Figura 2.19* Grupo de automáticos sobre la fileta

Los automáticos no actúan inmediatamente porque en su accionador se existe pelusa lo cual dificulta su temprana acción, además existen 5 automáticos en los que su led indicador se encuentra quemado.

#### **2.1.9.1. Circuito eléctrico de automáticos**

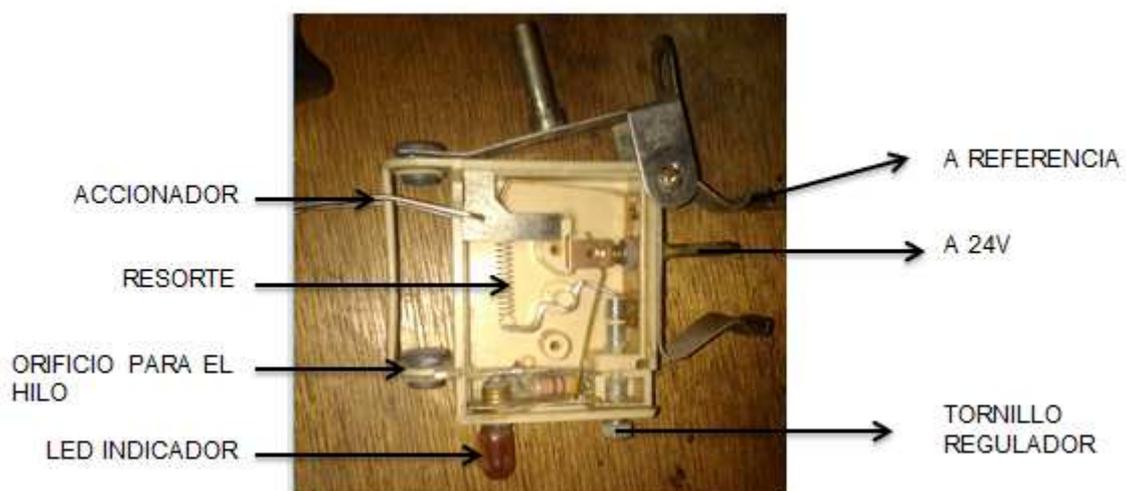
Los automáticos que se encuentran sobre la bancada de la máquina, están posicionados sobre una estructura (en forma de anillo) la cuál es la referencia del circuito eléctrico de los automáticos. Sobre este anillo se encuentra un anillo de plástico (aislante) y sobre él se encuentra otro anillo de metal pero este se

conecta con la alimentación de 24 V que proviene desde la caja de mandos eléctricos.



*Figura 2.20* Anillos del circuito eléctrico para los automáticos

El hilo pasa por el primero orificio del automático y tensiona al accionador cuando pasa por el segundo orificio hacia el guía hilo, cuando el hilo está en su normal posición no habrá una corriente que prenda el led indicador ni accione a la tarjeta electrónica, cuando el hilo se rompe o existe pelusa en el accionador este actúa como un interruptor y cierra el circuito por lo cual se generará una corriente



*Figura 2.21* Estructura de los automáticos

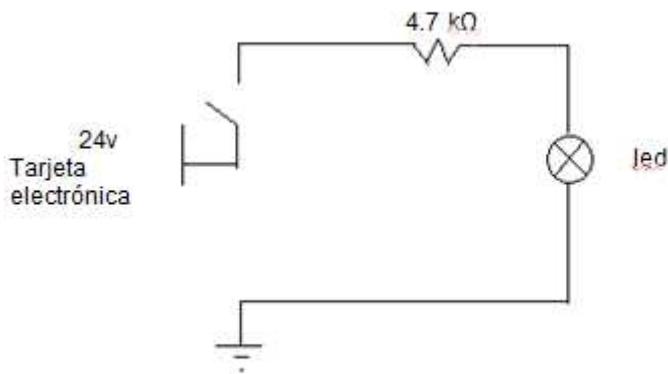


Figura 2.22 Circuito eléctrico de automáticos

Cuando los hilos se encuentren corriendo normalmente no existirá ninguna corriente en el aro de 24V, solo en el instante que exista una corriente la tarjeta electrónica actúa deteniendo el motor de la máquina circular para que esta no continúe tejiendo.

De igual forma actúan los automáticos superiores.

## 2.2. SISTEMA ELÉCTRICO

Como se observa en el diagrama de potencia de la máquina circular (ver ANEXO1), desde el tablero de medidores la alimentación trifásica es transportada por medio de tubería flexible y con alambre #10 AWG, la distancia desde el tablero al interruptor tripolar termomagnético principal es de 10 m.



Figura 2.23 Interruptor tripolar termomagnético principal

Al interruptor tripolar principal se conectan las tres fases R, S, T y el neutro del sistema.

Características:

Trifásico

10A

Voltajes:

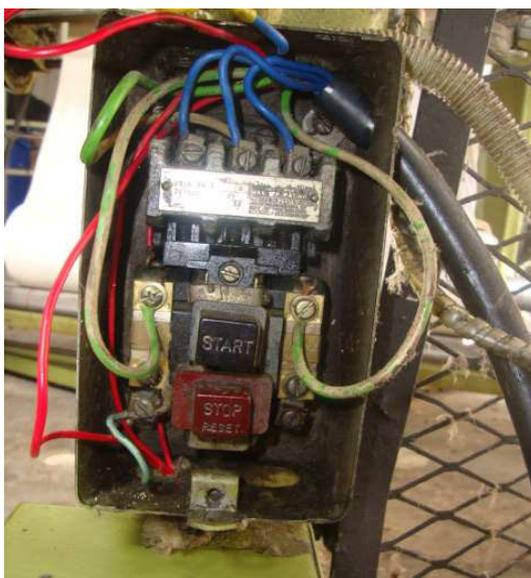
R-S: 115V

S-T: 200V

R-T: 190V

En la microempresa artesanal ANDITEX, la alimentación trifásica es de uso exclusivo de la máquina tejedora, y no existen equipos de corrección del factor de potencia, este dato es importante debido a que se usará un variador de frecuencia para el tablero de control.

De igual forma con alambre #10 AWG y tubería flexible, las tres fases y el neutro del sistema se conecta un interruptor tripolar propio de la máquina circular y fijo a la bancada, a una distancia de dos metros.



*Figura 2.24* Interruptor tripolar

Características:

Trifásico

10 A

Del interruptor tripolar de la máquina circular, alimenta a la caja de mandos eléctricos.

Al realizar la instalación eléctrica no se ha seguido ninguna estandarización ni ninguna norma por lo tanto no existe la señalización adecuada ni se toma en cuenta el código eléctrico ecuatoriano.

El circuito eléctrico de ANDITEX no cuenta con un sistema de tierra de seguridad, además la tubería que lleva los alambres de alimentación trifásica del interruptor principal hacia el interruptor tripolar de la máquina se encuentra acomodada por el piso interrumpiendo la libre circulación de personas lo que podría llevar a un accidente.

Ver ANEXO 1 y 2, el diagrama de potencia y control actuales.

### **2.3. CAJA DE MANDOS ELÉCTRICOS**

Está ubicada en la parte inferior del motor.



*Figura 2.25* Caja de mandos eléctricos (exterioemente)

Dimensiones:

Ancho: 22cm

Alto: 32cm

Profundidad: 12cm

### **2.3.7. Elementos de la caja de mandos eléctricos**

La caja de mandos eléctricos presenta los siguientes elementos:

- 1 contactor de potencia

Características:

Marca: Siemens

Voltaje: 220V

Intensidad: 7<sup>a</sup>

- 1 relé

Características:

Voltaje: 24V

Contactos: 110V/220V

- 1 tarjeta electrónica para controlar los dispositivos de control



*Figura 2.26* Tarjeta electrónica

La cual actúa adecuadamente y en un tiempo satisfactorio.

- 1 pulsador normalmente cerrado, 220V
- 1 pulsador normalmente abierto, 220V
- 1 luz piloto, 220 V
- 1 Interruptor, 220V

En complemento con la caja de mandos eléctricos hay un transformador de voltaje ubicado bajo el motor fijo a la bancada de la máquina.

Características:

Marca: TRANSFORMATORCEK

Voltaje primario: 220V

Voltaje secundario: 24V

Potencia: 125VA



*Figura 2. 27* Transformador de voltaje

Como se observa en el diagrama de control (Ver ANEXO 1), no se cuenta con ningún tipo de protección para el motor ni para el elemento más sensible que es la tarjeta electrónica.

#### **2.3.8. Conductores**

Se pueden distinguir dos tipos de conductores: de fuerza y de control. Los conductores de fuerza son #10 AWG con aislamiento y los conductores de control son #16 AWG con aislamiento.

Los conductores de fuerza están recubiertos por tubería flexible, mientras que los conductores de control se conectan directamente (sin ningún tipo de tubería o canaleta) a los dispositivos.

Ver en ANEXO 2, los diagramas de control y de potencia actuales.

## **2.4. CONDICIONES AMBIENTALES**

La máquina circular se encuentra en la planta baja de una casa de 4 pisos, la casa está habitada por alrededor de 30 personas.

Se encuentra en un lugar húmedo, bajo llave, sin mantenimiento y sin la suficiente ventilación, lleno de polvo e inapropiado para una máquina industrial ya que existen varias personas que se encuentran expuestas directamente a la máquina lo que afecta a la seguridad de dichas personas.

Además la tubería flexible que lleva los alambres de alimentación trifásica se encuentra expuesta y no posee ningún tipo de aviso o alerta para las personas que se encuentran en contacto directo.

Resumiendo lo anteriormente expuesto: La máquina circular industrial se encuentra en una zona residencial.

## **CAPÍTULO 3.**

### **PROPUESTA TÉCNICA DEL PROYECTO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Como se determinó en el capítulo anterior la máquina circular de ANDITEX se encuentra fuera de operación por el descuido en que se ha encontrado a lo largo de 5 años.

El presente proyecto de titulación busca dar orientación al gerente de la microempresa acerca de las ventajas que traería consigo el mantenimiento correctivo y la implementación del tablero de control a la máquina tejedora industrial, además se obtendrá un presupuesto estimado para solventar todos los gastos necesarios para implementar este proyecto.

#### **3.2. OBJETIVO**

El objetivo es introducir a la tejedora circular al proceso productivo de la microempresa artesanal ANDITEX y con ello lograr que sea un elemento eficiente y rentable y para lograr este propósito se debe: Determinar las acciones necesarias para la puesta en marcha de la máquina circular de ANDITEX, diseñar un tablero de control el cual controle todo el proceso tejedor tomando en cuenta seguridad y eficiencia y determinar el monto de los recursos económicos a utilizarse.

#### **3.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

##### **3.3.1. DETECCIÓN DE LAS AVERÍAS**

Las acciones correctivas a tomarse corresponden a la reparación de las fallas detectadas, las cuáles son:

1. Acumulación de polvo y pelusa
2. Grasa en engranes insuficiente

3. Máquina trabada
4. Motor sin mantenimiento preventivo
5. Sistema de lubricación inadecuado
6. Puesta a tierra inexistente
7. Sistema de control obsoleto

### **3.3.2. ACCIONES CORRECTIVAS**

#### **3.3.2.1. Acumulación de polvo y pelusa**

El polvo y la pelusa acumulados deben evacuarse utilizando un compresor industrial (ANDITEX posee uno) y con la ayuda de elementos de limpieza, con esto se logrará la limpieza general de todos los componentes de la máquina circular.

Es necesario limpiar uno por uno los automáticos y sus accionadores para que puedan actuar rápidamente.

#### **3.3.2.2. Grasa en engranes insuficiente**

Para engrasar y lubricar todos los engranes de la máquina debe usarse grasa industrial de Lítio, suave, para altas temperaturas y para movimientos rápidos.

Es necesario engrasar todos los piñones de la máquina incluso los del sistema de estiraje y los del sistema de transmisión, hay que realizar este procedimiento una vez que los engranes se encuentren libre de polvo y pelusa.

#### **3.3.2.3. Máquina Trabada**

La máquina textilera de ANDITEX se encuentra trabada por las siguientes causas:

- Óxido existente entre las partes móviles y las partes fijas de la bancada
- Acumulación de polvo, pelusa y restos de hilo en el sistema de transmisión de la máquina
- Talones de agujas residuales
- Óxido existente en las platinas
- Agujas incorrectas

Las acciones correctivas que deben tomarse son:

- Rociar con abundante penetrante WD-40 y desoxidante todas las partes oxidadas de la bancada de la máquina y dejar reposar lo suficiente hasta que queden completamente libre de óxido.
- Sacar todas las tapas de las levas y desmontar el aro de los guía hilo para tener acceso a las platinas. Sacar las 1700 platinas, limpiarlas y dejarlas reposar en desoxidante hasta que se encuentren libre de óxido.
- Desmontar el cilindro, sacar las agujas y limpiar uno por uno los rieles, haciendo uso de una lanceta adecuada para sacar todos los residuos de agujas quebradas.
- Se recomienda cambiar todas las agujas para que el producto final (tela) sea de alta calidad. Una vez adquiridas colocarlas en los rieles del cilindro (una por riel) y volver a colocar las todas las piezas desmontadas.
- Desacoplar el sistema de transmisión para retirar todo el polvo, pelusa y restos de hilo acumulado. Para proceder se deben tener todas las herramientas adecuadas disponibles ya que de lo contrario las piezas pueden sufrir daños.

Retirar del eje principal todo lo que obstaculice la libre circulación del mismo así como también del embrague.

Luego lubricar el embrague con aceite, se recomienda usar el siguiente: TEXACO White NeedleOil 22, es un aceite blanco de grado técnico que se usa cuando se requiere de un lubricante de consistencia ligera y que no manche. Además este aceite también es usado para lubricar las agujas.

#### **3.3.2.4. Motor sin mantenimiento preventivo**

Como se mencionó en el capítulo anterior, el motor trifásico de inducción se encuentra en buen estado y funcional, pero para garantizar su funcionamiento durante un largo tiempo su mantenimiento preventivo es de vital importancia.

Desmontar el motor de su sitio y llevarlo a un lugar adecuado el cual puede ser un taller o laboratorio de motores donde cuenten con los instrumentos necesarios para su mantenimiento preventivo.

Sacar las tapas (señalizándolas antes) y limpiarlo interiormente, comprobar que los rodamientos se encuentran en buen estado, una vez desarmado, barnizarlo y llevarlo al horno durante el tiempo necesario.

Volver a armarlo y realizarle las siguientes pruebas:

- Medir su resistencia de aislamiento
- Medir su resistencia de fase a fase
- Medir la velocidad
- En marcha en vacío: Medir la corriente de vacío y la temperatura de operación.

Estos valores deben estar dentro de los rangos establecidos por normas internacionales.

#### **3.3.2.5. Sistema de lubricación inadecuado**

La máquina presenta un sistema de lubricación que no es el adecuado para trabajar en zonas industriales por lo tanto se procederá a cambiarlo.

Colocar un tanque de aceite de lubricación continua de 24V para máquinas circulares y conectadas mangueras para aceite de 3 mm. Ubicar las mangueras en un sitio donde no estorbe el normal funcionamiento de la máquina, cabe recalcar que esta lubricación es para las agujas de la máquina. La lubricación

para los engranes de la máquina seguirá siendo manual, para lo cual se debe usar aceiteros adecuados.

Los frascos recogedores de exceso de aceite, los cuales se encuentran sujetos a la bancada de la máquina deben ser de tipo industrial de 3cm de diámetro y sus mangueras recogedoras 2,5 cm de grosor. Colocarlos y fijarlos en la bancada de manera que no estorben el movimiento de la estructura.

### 3.3.2.6. Puesta a tierra

La máquina circular debe poseer un sistema de tierra independiente para protegerla, por lo tanto no será necesario instalar una malla de tierra, solo un electrodo o varilla de tierra.

Se debe instalar la varilla de cobre de 1,80m(por norma NEC 2010) en un sitio seguro tanto para las personas así como también en donde proteja la integridad del sistema

De tablas estandarizadas se sabe que la resistividad en terrenos del tipo donde se encuentra la máquina circular es de 100  $\Omega$ m, por lo tanto se debe tratar al suelo en el que se va a instalar la puesta a tierra con Cloruro de sodio y carbón vegetal para disminuir la resistencia al paso de la corriente eléctrica.

El valor para la resistencia de las puestas a tierra según la norma 80 de la IEEE se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Ecuación 3.1

Dónde:

R: Resistencia de la puesta a tierra en  $\Omega$

$\rho$ : Resistividad promedio del suelo en  $\Omega$ m

a: radio de la barra

L: longitud total del conductor enterrado

Para la propuesta:

$\rho$ : 100  $\Omega\text{m}$  (valor referencial)

r: 0,6 cm=0,006 m

L: 1,8 m

R~ 50 $\Omega$

Como podemos observar el valor obtenido es muy alto para una puesta a tierra ya que lo mínimo esperado es 25  $\Omega$ , por lo tanto es necesario tratar al suelo para que la resistencia baje, no se recomienda aumentar el diámetro del conductor porque su efecto no es muy alto.

Además desde la puesta a tierra hacia el tablero de control deberá ir conectado con conductor #10 AWG y con canaleta de ½"

PROCEDIMIENTO:

- En el lugar escogido cavar un hoyo de 2,50 m de profundidad
- Agregar el cloruro de sodio y el carbón vegetal
- Enterrar la pica, dejar el espacio para una caja de registros.
- Soldar las conexiones con suelda exotérmica
- Colocar el conductor de tierra en el tablero de control.
- Verificar

Una vez que se instale la varilla con un TELURÓMETRO se medirá la resistencia de la puesta a tierra con lo cual se comprobará si se encuentra en las condiciones adecuadas. El valor obtenido no debe sobrepasar los 25  $\Omega$ .

### 3.3.2.7. Sistema de control obsoleto

La única función que desempeña el sistema de control actual es dar el arranque del motor y la orden de paro al mismo, además la caja de mandos eléctricos se

encuentra en un sitio que no es recomendable debido a que está expuesto a vibraciones.

Por estos motivos a continuación se realizará un estudio para implementar un tablero de control y con ello lograr mayor eficiencia y seguridad.

### **3.4. TABLERO DE CONTROL**

#### **3.4.1. ANTECEDENTES**

La máquina tejedora industrial de la microempresa artesanal de ANDITEX cuenta con un sistema de encendido/apagado obsoleto: Al presionar el pulsador de marcha se enciende el motor pero este debe estar desacoplado del sistema de transmisión, con los volantes que se encuentran a los lados de la máquina se dá movilidad al sistema de estiraje junto con el cilindro de la máquina hasta que venzan su inercia, y en ese momento se acopla el motor al sistema y la máquina circular empieza a funcionar.

Es por este motivo que se diseñará un tablero de control el cual sea capaz de centralizar todo el proceso tejedor, es decir desde un mismo centro de maniobra comandar el encendido, apagado, sistema de control de automáticos, sistema de seguridad, sistema de acción contra fallas; con el objetivo de tener una mayor eficiencia y seguridad mientras la máquina se encuentre produciendo.

En el diseño del tablero de control se considera dos aspectos: eficiencia y seguridad. Por ello se implementará un variador de velocidad al sistema de control, con el objetivo de automatizar el encendido y apagado del motor de la máquina circular.

Como primer punto se determinan los dispositivos de protección, después todos los conductores necesarios a utilizarse, y al final los sensores y dispositivos de señalización que se requieren. También se realizará un estudio acerca de las condiciones que se deben cumplir para que el tablero funcione sin ningún inconveniente.

### 3.4.2. VARIADOR DE FRECUENCIA ALLEN BRADLEY POWER FLEX 4

El variador de frecuencia a recomendarsees de la marca ALLEN BRADLEY tipo Power Flex 4 Serie: 22A-B8P0N104.

#### 3.4.2.1. Generalidades del variador de frecuencia ALLEN BRADLEY Power Flex 4

Este variador sirve para regular la velocidad de motores trifásicos de inducción que pueden estar entre 0.25 – 5 hp en redes monofásicas y trifásicas.

Los variadores de frecuencia ALLEN BRADLEY Power Flex 4 tienen algunas series de variadores, a continuación se muestra la explicación del número de serie de los variadores Power Flex 4.

1-3	4	5	6-8	9	10	11	12 <sup>(1)</sup>	13-14
<b>22A</b>	<b>-</b>	<b>A</b>	<b>1P5</b>	<b>N</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>AA</b>
Drive	Dash	Voltage Rating	Rating	Enclosure	HIM	Emission Class	Type	Optional

<b>Code</b> 22A PowerFlex 4							<b>Code Version</b> 3 No Brake IGBT 4 Standard	
	<b>Code Voltage Ph.</b> V 120V AC 1 A 240V AC 1 B 240V AC 3 D 480V AC 3					<b>Code Rating</b> 0 Not Filtered 1 Filtered		
						<b>Code Interface Module</b> 1 Fixed Keypad	<b>Code Purpose</b> AA Reserved for thru ZZ custom firmware	
				<b>Code Enclosure</b> N Panel Mount - IP 20 (NEMA Type Open) F Flange Mount - IP 20 (NEMA Type Open) H Replacement Plate Drive - IP 20 (NEMA Type Open) - Contact factory for ordering information.				

<b>Output Current @ 100-120V Input</b>	<b>Output Current @ 200-240V Input, NO BRAKE</b>
<b>Code Amps kW (HP)</b>	<b>Code Amps kW (HP)</b>
1P5 1.5 0.2 (0.25)	1P4 1.4 0.2 (0.25)
2P3 2.3 0.4 (0.5)	2P1 2.1 0.4 (0.5)
4P5 4.5 0.75 (1.0)	3P6 3.6 0.75 (1.0)
6P0 6.0 1.1 (1.5)	6P8 6.8 1.5 (2.0)
	9P6 9.6 2.2 (3.0)

<b>Output Current @ 200-240V Input</b>	<b>Output Current @ 380-480V Input</b>
<b>Code Amps kW (HP)</b>	<b>Code Amps kW (HP)</b>
1P5 1.5 0.2 (0.25)	1P4 1.4 0.4 (0.5)
2P3 2.3 0.4 (0.5)	2P3 2.3 0.75 (1.0)
4P5 4.5 0.75 (1.0)	4P0 4.0 1.5 (2.0)
8P0 8.0 1.5 (2.0)	6P0 6.0 2.2 (3.0)
012 12.0 2.2 (3.0)	8P7 8.7 3.7 (5.0)
017 17.5 3.7 (5.0)	

(1) Position 12 of the Catalog Number now indicates drive type. All PowerFlex 4 drives are equipped with RS485 communication.

Figura 3.1 Guía de catálogos de los variadores ALLEN BRADLEY Power Flex 4

Los variadores Allen Bradley utilizan la tecnología PWM (Pulse Width Modulated o modulación de ancho de pulso) para el control de la velocidad de motores eléctricos. Además están controlados por un microprocesador y se incorpora la tecnología de IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor o transistor bipolar de puerta aislada) lo cual confiere a los variadores fiabilidad y flexibilidad.

#### **3.4.2.2. Características**

- Facilidad de programación, instalación y puesta en servicio.
- Alto par de arranque con elevación automática de corriente de arranque.
- Memoria no volátil incorporada para almacenar ajustes de parámetros
- Controles de panel frontal tipo membrana para sencillez de funcionamiento.
- Regulación de velocidad desde panel frontal sin necesidad de un potenciómetro exterior.
- Dos salidas para relé individual totalmente programable incorporado.
- Capacidad de control remoto a través del enlace serie RS485 con posibilidad de controlar varios variadores.
- Ajustes de parámetros predeterminados de fábrica programados previamente para satisfacer los requisitos de la normativa vigente en Europa y América del Norte.
- Parada controlada cuando existe un cortocircuito o de fase a tierra y anuncio de fallo.
- Manejo térmico avanzado, para proveer una protección total de los dispositivos de potencia mediante la reducción frecuencia PWM y la velocidad de salida.
- Múltiples modos de parada programables incluyendo – Paro por inercia, Rampa, Frenado por inyección de CC.
- Protección contra sobrecargas clase 10.
- Tiempos de aceleración/desaceleración programables.
- Amplia gama de parámetros que permiten la configuración del variador para su utilización en la práctica en una amplia variedad de aplicaciones.
- Diseño compacto lo cual permite el ahorro de espacio.

### 3.4.2.3. Variador de frecuencia Allen Bradley: Especificaciones

- Modelo: Power Flex 4
- Serie/Cat. No: 22A-B8P0N104
- Rango de motor: 1.5 kW/ 2.0 HP
- Rango de voltaje de entrada: 3 fases/ 200-240 V  $\pm$  10%
- Frecuencia de entrada: 48-63 Hz
- Corriente de entrada máxima: 9.5 A
- Rango de voltaje de salida: 0-230 V
- Frecuencia de salida: 0-240 Hz
- Corriente de salida continua: 8 A
- Capacidad de sobrecarga: 150% por 60 segundos ó 200% por 3 segundos, respecto de la corriente nominal
- Tipo de control: Relación V/Hz, pueden ser programados para torque constante o torque variable.
- Entrada analógica: 0-10 V ó 4-20 mA
- Entradas digitales: 5 entradas/ 24V-6 mA / 18V ON-6VOFF.
- Tiempo de aceleración: de 0 a 600 segundos
- Auto-restart: de 0 a 300 segundos luego de la falla
- Relé de salida: 1 contacto normalmente abierto / 1 contacto normalmente cerrado.
- Torque: 1.96 Nm (17.4 in-lbs.)
- Interface: RS485
- Control PID integrado
- Protección de sobrecarga para el variador: Provee una protección de sobrecarga que ajusta automáticamente La frecuencia PWM y el Límite de corriente
- Protección de sobrecarga para el motor: Protección de clase 10 (UL)
- Temperatura de operación: 10°C a 40°C
- Temperatura de almacenamiento: -40° C a 85° C
- Humedad: 95% sin condensación
- Ventilación: Refrigeración con ventilador, dependiendo de la potencia nominal.

- Peso: 1.4 kg
- Dimensiones (mm):

A= 80

B= 185

C=136

D=67

E=152

F=59.3

G=140

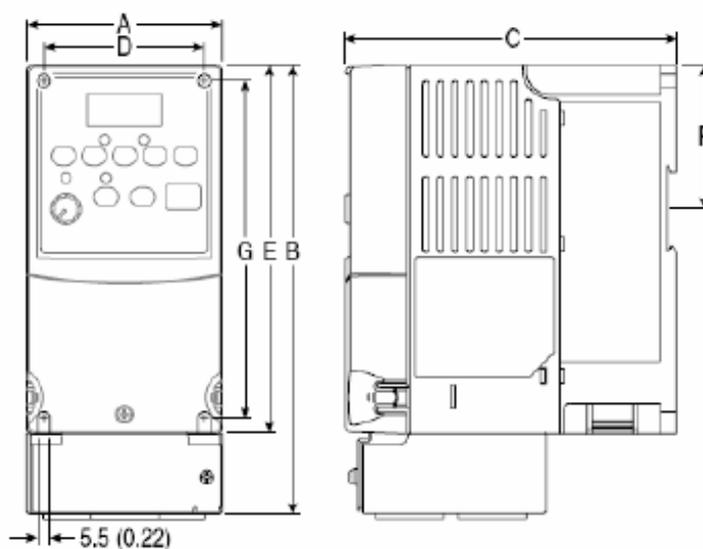
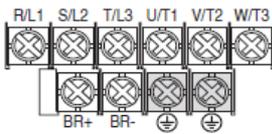


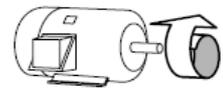
Figura 3.2 Dimensiones del variador Power Flex 4

#### 3.4.2.4. Cableado de potencia

En la figura 3.3 se muestra los terminales de potencia del variador, los cuales son accesibles en el tablero de control.

Bloque de Terminales de Potencia (Se Muestra el Bastidor A)	
Terminales	Descripción
R/L1, S/L2	Entrada Monofásica
R/L1, S/L2, T/L3	Entrada Trifásica
U/T1	Al Motor U/T1
V/T2	Al Motor V/T2
W/T3	Al Motor W/T3
BR+, BR-	Conexión de Resistencia de Frenado Dinámico [Capacidades nominales de 0.75 kW (1 HP) y mayores]
⊕	Conexión a Tierra de Seguridad - PE





Conmute cualesquiera dos conductores del motor para cambiar la dirección de avance.

Figura 3.3 Terminales de potencia del variador Power Flex 4

### 3.4.2.5. Bloque de terminales de control

En la figura 3.4 se muestra los terminales de control del variador de frecuencia, los cuales son accesibles en el tablero de control.

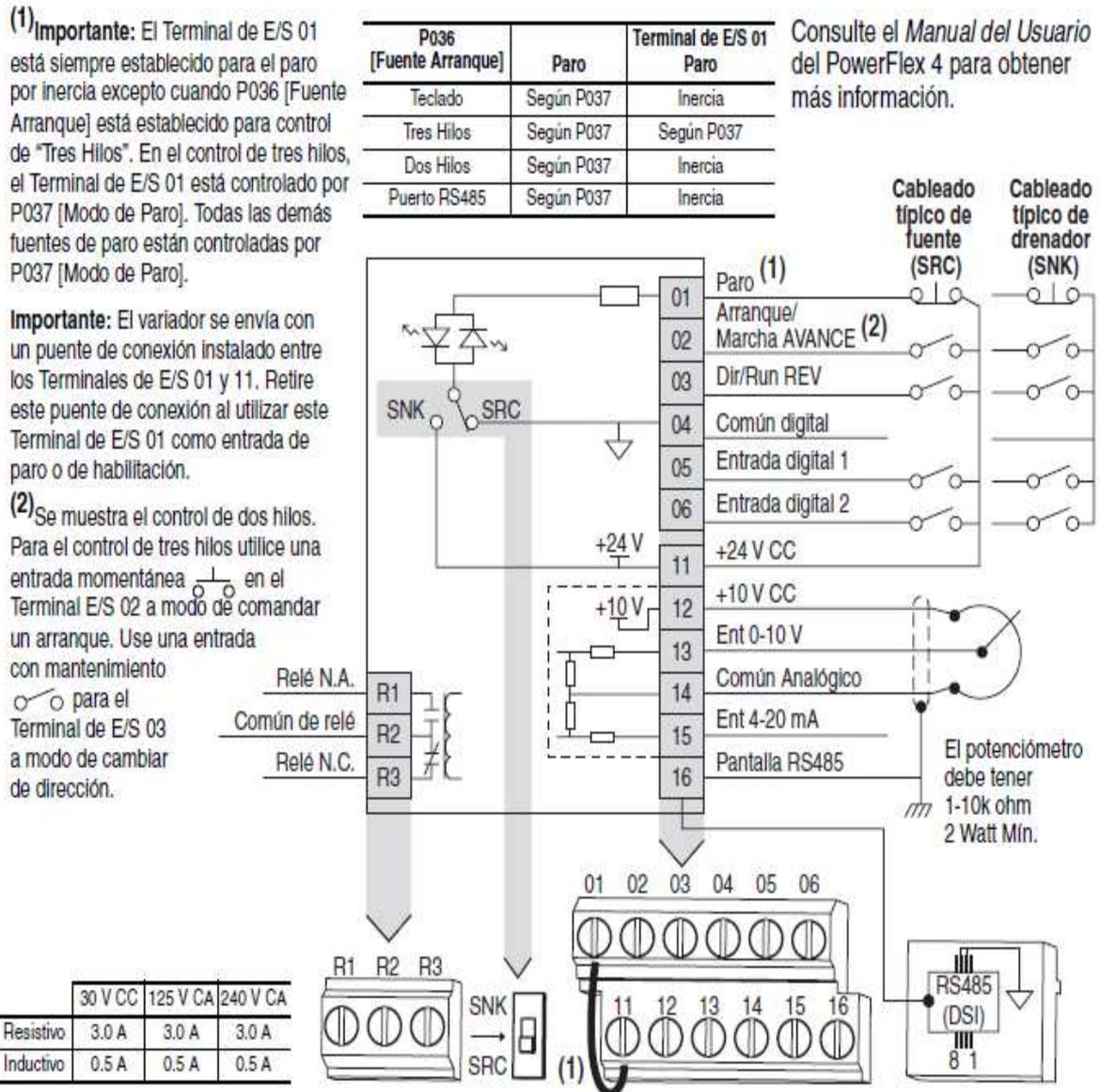


Figura 3.4 Terminales de control del variador Power Flex 4

### 3.4.3. CÁLCULO DE PROTECCIONES

#### 3.4.3.1. Protección para el variador de frecuencia

Para la protección principal del sistema eléctrico se considera la corriente máxima del elemento más sensible del tablero de control es decir se considera la corriente

del variador de frecuencia ALEN BRADLEY Power Flex 4, el variador puede soportar 12 A durante 60 segundos, es decir puede soportar un 50 % de sobrecarga con respecto a su corriente máxima de entrada.

$$\text{Capacidad del interruptor (A)} = 1.5 * I \text{ entrada máxima} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$$\text{Capacidad del interruptor (A)} = 1.5 * 9.5 \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

$$\text{Capacidad del interruptor (A)} = 14.25 \text{ A} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

De acuerdo al valor obtenido en la ecuación 3.3 se determina que se utilizará un interruptor de 16 A trifásico, debido a que esta es la capacidad normalizada más cercana a lo calculado.

#### 3.4.3.2. Protección para el motor

El motor trifásico de inducción de la máquina tejedora industrial tiene las siguientes características:

Potencia nominal: 2HP

Tensión nominal: 220/440 V

Corriente nominal: 6.36/3.15 A

Frecuencia: 60 Hz

RPM: 1200

Para dimensionar la protección del motor se toma en cuenta la corriente de arranque directo, la misma que es 150% respecto de la intensidad nominal. Entonces:

$$\text{Capacidad del interruptor (A)}: 1.5 * I_{\text{nominal}} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

$$\text{Capacidad del interruptor (A)}: 1.5 * 6 \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

$$\text{Capacidad del interruptor (A)}: 9 \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

De acuerdo al valor obtenido en la ecuación 3.6 se determinó que la protección a utilizarse deberá tener un valor de 9 A.

### **3.4.3.3. Protección para el transformador**

El tablero de control de la máquina tejedora industrial tiene un transformador de voltaje con las siguientes características:

Potencia nominal: 125 VA  
Voltaje primario: 220 V  
Voltaje secundario: 24 V  
Corriente nominal: 0,60/4 A

La protección a utilizarse es un fusible que se colocará en el bobinado primario el cuál será de 1 A el cual es el valor estandarizado de fusible más cercano a la corriente nominal.

### **3.4.4. CONDUCTORES**

#### **3.4.4.1. Para el conductor de fuerza:**

La corriente que toma el circuito de la red de alimentación es de 12 Amperios en su máximo punto (cuando el motor arranca). Por lo tanto el conductor a utilizarse para la alimentación al tablero es el conductor #10Awg conductor sólido.

La corriente nominal que el variador toma de la fuente de alimentación es 9.5 Amperios, por lo tanto el conductor a utilizarse es el #12 AWG conductor sólido, este conductor será utilizado también para la alimentación desde el variador hacia el motor trifásico de inducción de 2hp de potencia.

Se cambiará solamente los conductores que alimenten desde el variador de velocidad hacia el motor trifásico de inducción, para lo cual se necesita 3 metros de conductor(ver ANEXO 3 plano eléctrico).

#### **3.4.4.2. Para el conductor de control**

El código eléctrico Ecuatoriano norma en #14 AWG flexible para los conductores de control en tableros de control de bajo voltaje.

Se requieren 20 metros de conductor, tanto para el gabinete así como también como para los automáticos superiores e inferiores (ver ANEXO 3 plano eléctrico).

### **3.4.4.3. Dimensiones de canaleta y tubo PVC**

#### *3.4.4.3.1. Tubería conduit PVC*

Los conductores tanto de control como de fuerza, se trasladarán desde el tablero de control por el piso por medio de un tubo conduitPVC rígido de 2m de longitud enterrado en el pavimento y con un codo en cada uno de sus dos extremos para el ingreso y salida de los conductores (ver ANEXO 3 plano eléctrico).

Características:

Número de conductores: 3 conductores #10AWG y 8 conductores #14 AWG que en total suman un área de  $32,45 \text{ mm}^2$ , que es 1,44".

Diámetro de la tubería: 1,5"

Desde el tablero hacia la tubería ubicada en el piso, los conductores estarán protegidos con tubería conduit PVC flexible.

Características:

Número total de conductores por tubería: 4 conductores #14AWG y 3 conductores #10AWG

Diámetro de la tubería: 1/2"

#### *3.4.4.3.2. Canaleta*

La canaleta será usada para transportar los conductores de los alimentadores hacia el tablero de control, las cuales serán fijadas al techo y a la pared con tornillos (ver ANEXO3 plano eléctrico).

Características:

Número total de conductores: 2 conductores #14AWG

Dimensiones de la canaleta: 1/2"x 0,30"

Longitud: 3 canaletas de 3 metros y una de 1 metro.

### **3.4.5. SENSORES, PULSADORES Y DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN**

Para garantizar la seguridad de los operarios se colocarán sensores tipo finales de carrera en las tres puertas de la máquina circular, con el objetivo de cuando cualquiera de estas tres puertas se abran ya sea para retirar un rollo de tela acabado o para alguna maniobra de mantenimiento, el operario no sufra ningún accidente.

Características:

Voltaje Máximo: 120V

Intensidad: 5A

Se usará un pulsador tipo hongo como paro de emergencia.

Características:

Voltaje: 220V

Intensidad: 5A

Para maniobrar el encendido y apagado del tablero de control en general, se usará un pulsador tipo botonera

Características

Voltaje: 120 a 220 V

Intensidad: 10A

Para el arranque de la máquina circular se usará un pulsador normalmente abierto (de preferencia verde) y para el paro se usará un pulsador normalmente cerrado (de preferencia rojo).

Características

Voltaje Máximo: 24V

Para visualizar el estado en que se encuentra la máquina se usarán dos luces pilotos: una verde para determinar cuando la máquina se encuentra operando y

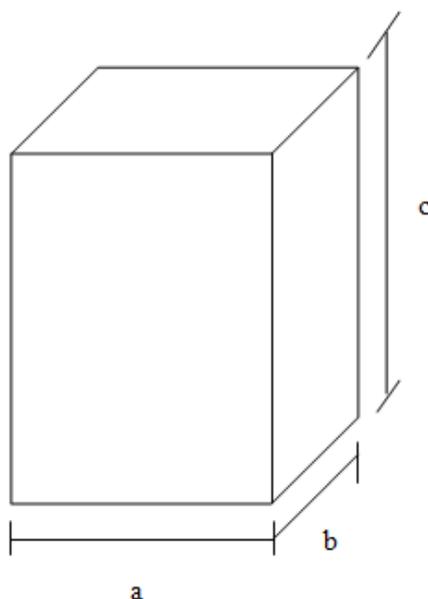
una roja para determinar cuando la máquina se encuentra detenida o haya tenido una falla.

Características:

Voltaje: 120V

Intensidad: 5A

### 3.4.6. DIMENSIONES DEL GABINETE DEL TABLERO



**Figura 3. 5-Dimensiones del tablero de control**

a= 50 cm

b= 20 cm

c= 50 cm

### 3.4.7. CONDICIONES DE TRABAJO

Impactos: Evitar mover el tablero de control de su posición final, en caso de retirarlo se debe tener mucho cuidado con el elemento más sensible de toda la instalación: el variador de frecuencia

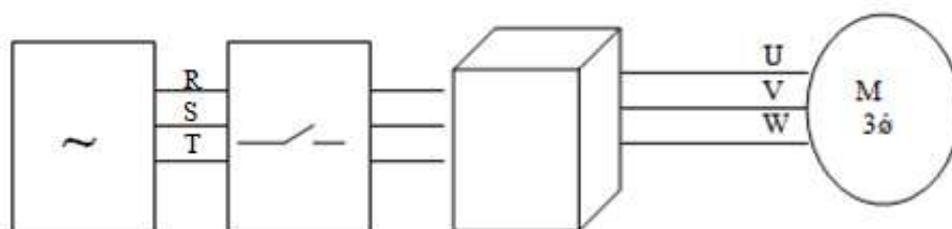
Temperatura: Mínima de trabajo 10° C

Máxima de trabajo 40° C

Sobrecalentamiento: Mantener el tablero en la posición en que va a ser fijado, para asegurar su máxima ventilación.

### 3.4.7.1. Instalaciones eléctricas

A continuación en la figura 3.6 se muestra el esquema de conexiones eléctricas desde la fuente, pasando por el tablero de control hasta llegar al motor.



**Figura 3. 6-**Diagrama de bloques de las instalaciones eléctricas

#### 3.4.7.1.1. Fuente

Los requerimientos de la fuente a fin de obtener una operación confiable del variador y el resto de los elementos son los siguientes:

##### 1. Límite de tensión

El variador está diseñado para trabajar en el rango de tensiones:

Desde 200V hasta  $240V \pm 10\%$  es decir desde 180V hasta 264V

La frecuencia de alimentación al variador debe estar en el siguiente rango

Desde 48 Hz hasta 63 Hz

Se verificó los valores de tensión de la fuente de alimentación al tablero de control de la máquina tejedora industrial, dando un promedio de 208V de voltaje de línea además en Ecuador la frecuencia es de 60 Hz, por lo que se determinó que los valores de la fuente de alimentación cumplen con los requerimientos para el

correcto funcionamiento del variador de frecuencia ALLEN BRADLEY Power Flex4.

## **2. Disturbios de la fuente**

Las fuentes de alimentación generalmente están bien controladas y permanecen dentro del rango de tolerancia permitido para que el variador de frecuencia funcione perfectamente, pero se ven afectadas por disturbios locales ocasionados por ciertos equipos como:

- El equipo para la corrección del factor de potencia
- Los equipos para soldadura
- Entre otros (controladores de temperatura, etc.).

Se determinó que en la microempresa artesanal ANDITEX no existe ninguno de los equipos mencionados anteriormente.

Además se concluyó que la alimentación trifásica es de uso exclusivo de la máquina tejedora, por lo que no se pueden generar disturbios o transitorios de mayor grado tal que puedan dañar al variador de frecuencia.

## **3.5. INVERSIÓN**

La inversión requerida es la suma de la todos los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto.

**Tabla 1** Inversión

Cantidad	Descripción	V. unitario	V. total (USD)
1	Frasco de grasa suave de litio para movimientos rápidos	6.00	6.00
2	Frascos de desoxidante	10.00	20.00
2	Frascos de penetrante	12.00	12.00
1	Galón de aceite	30.00	30.00
	Mantenimiento preventivo (motor y transformador)	50.00	50.00
1700	Agujas (máquina circular) cabeza redonda	0.80	1360.00
1	Tanque de almacenamiento de aceite 24v	100.00	100.00
4	Metros de manguera para aceite	0.50	2.00
2	Frascos para almacenamiento de aceite	2.00	4.00
1	Variador de frecuencia	350.00	350.00
1	Protección para el motor	50.00	50.00
1	Varilla de cobre de 1,80 m	11.00	11.00
	Otros elementos para el tablero de control (pulsadores, conductores, sensores, entre otros)	150.00	150.00
	Insumos de limpieza para el mantenimiento	30.00	30.00
	<b>TOTAL</b>		<b>2175.00</b>

## CAPÍTULO 4.

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La microempresa artesanal ANDITEX mensualmente consume alrededor de 600 kilos de tela jersey de 3 metros de rendimiento para confeccionar prendas de vestir, hoy en día la microempresa adquiere de proveedores externos este material, a pesar de que dispone de una máquina circular de tejido de punto.

ANDITEX al reparar la máquina tejedora tendrá ventaja sobre sus competidores, debido a que estaría produciendo su propia tela sin depender de empresas textiles más grandes, ganando así el rubro que conlleva el comprar a un proveedor externo.

El presente estudio económico tiene como finalidad dar las bases sustentables para que la gerente de la microempresa artesanal ANDITEX pueda apreciar las ganancias que se van a obtener con el funcionamiento de la maquinaria

#### 4.2. VAN (VALOR ACTUAL NETO)

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable, pero si es negativo el proyecto no lo es y es mejor rechazarlo.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

(Ecuación 4.1)

Donde cada valor representa lo siguiente:

$Q_n$ : representa los cash-flows o flujos de caja (Cobros – Pagos)

$I$ : es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$N$ : es el número de períodos considerado.

$r$ : es el tipo de interés.

Todos estos valores son conocidos, excepto el tipo de interés el cual se puede calcular de varias maneras, entre otras:

- a) Tasa de descuento ajustada al riesgo = Interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo.
- b) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- c) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.

#### **4.2.1. VALOR ACTUAL NETO DE LA PROPUESTA TÉCNICA PARA ANDITEX**

##### **4.2.1.1. Flujos de caja**

Como se mencionó anteriormente, los flujos de caja son los cobros – los pagos, por lo tanto:

###### *4.2.1.1.1. Pagos*

Cuando se habla de pagos, se refiere a todo rubro saliente de la caja ANDITEX por concepto de producción de tela, por lo tanto los pagos están divididos en tres rubros: materia prima, tinturación y otros.

## - MATERIA PRIMA

En materia prima se refiere al dinero que se requiere para la compra de hilo. Este rubro está sujeto a las variaciones que las empresas importadoras de hilo presenten diariamente.

Actualmente el hilo poly-algodón cardado #20-A, el cual es el tipo de hilo que se usa para confeccionar tela de 3 metros de rendimiento como se explicó en capítulos anteriores, se encuentra en 3,81 incluido IVA (Referencia tomada de TEXTILES HUALILAHUA S.A.)

Para el estudio se tomará la referencia de 600 kilos de tela que ANDITEX consume mensualmente.

**Tabla 2 Pagos por materia prima**

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. total (USD)
600 kilos	Hilo poly-algodón cardado #20-A	3.81	2286

## - TINTURACIÓN

El rubro portinturaciónvaría dependiendo de la empresa en la que se envíe a tinturar los valores a continuación son tomados de TEXTILES ESCOBAR(los valores a continuación contienen IVA):

- Colores bajos: 1,13 USD
- Colores medios: 1,68 USD
- Colores fuertes y especiales: 2,52 USD

Tomando como referencia que ANDITEX consume por igual mensualmente se puede obtener los siguientes valores:

**Tabla 3 Pagos por tinturación**

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. total (USD)
200 kilos	Tinturado en colores bajos	1,13	226
200 Kilos	Tinturado en colores medios	1,68	336
200 Kilos	Tinturado en colores fuertes	2,52	504
		<b>TOTAL</b>	<b>1066</b>

**Tabla 4 Pagos totales**

Descripción	V. total (USD)
Hilo poly-algodón cardado #20-A	2286
Tinturación	1066
Otros (sueldo operador, transporte, entre otros)	600
<b>TOTAL</b>	<b>3952</b>

#### 4.2.1.1.2. Cobros

Los cobros son los rubros que ANDITEX gana por producir tela.

Para estudiar el valor de los cobros que ANDITEX tiene una vez que la máquina circular se encuentre produciendo, se tomará como referencia los precios a los que se vende normalmente la tela.

Exteriormente la tela jersey de 3 metros de rendimiento se comercializa por kilo en (precios ya incluyen IVA):

- Colores bajos a 7,80 USD.
- Colores medio desde 8,50 USD
- Colores fuertes y especiales 9,20 USD

Por lo tanto:

**Tabla 5 Cobros**

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. total (USD)
200 kilos	Tela colores bajos	7,80	1560
200 Kilos	Tela colores medios	8,50	1700
200 Kilos	Tela colores fuertes	9,20	1840
		TOTAL	5100

Cash-flows=Cobros – Pagos= 5100-3952= 1148 USD. (MENSUAL)

En el primer año se estima que la microempresa artesanal utilice la tela solo para consumo propio por lo tanto el cash-flow del primer año será de 13776 USD.

Del segundo año en adelante ANDITEX estará en la posibilidad de vender tela al mercado. Pero para los tres años siguientes se tomará el mismo valor como referencia.

#### **4.2.1.2.Desembolso inicial**

La inversión inicial ya fue calculada en el anterior capítulo la misma que es de 2175.00 USD

#### **4.2.1.3.Número de periodos considerado**

Una vez reparada la máquina circular podrá operar por un tiempo de aproximadamente 20 años más, pero para el cálculo del Valor Neto Actual se tomará una referencia de 4 años, debido a que luego de ese periodo la tasa de interés y la prima de riesgo puede variar considerablemente.

#### **4.2.1.4.Tasa de interés**

Para el presente proyecto de titulación se tomará como referencia el literal a, en donde:

El interés que puede generar una inversión sin riesgo para Ecuador según el Banco Central (Tasa Activa de interés) es del 8.17%. Y la prima de riesgo (riesgo país) que nos indica la misma entidad es de 6,31 %.

Por lo tanto, la tasa de interés será de 14,48 %

Como ya se han obtenido todos los valores necesarios para sacar el VAN, se aplicará la fórmula:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

$$VAN = -2175 + \frac{13776}{1+0,1448} + \frac{13776}{(1+0,1448)^2} + \frac{13776}{(1+0,1448)^3} + \frac{13776}{(1+0,1448)^4}$$

Ecuación 4.2

$$VAN = \$ 37.572,52$$

Como el VAN es > a 0, entonces el proyecto es rentable.

### **4.3. T.I.R. (TASA INTERNA DE RENTABILIDAD)**

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.) a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión sea igual a cero. (V.A.N. =0).

Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor.

$$0 = -2175 + \frac{13776}{1+r} + \frac{13776}{(1+r)^2} + \frac{13776}{(1+r)^3} + \frac{13776}{(1+r)^4}$$

Ecuación 4.3

T.I.R = 0,6 = 60%

Por lo tanto se deduce que el proyecto es una muy buena inversión para la microempresa artesanal ANDITEX

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Mientras más rápido se realice el mantenimiento correctivo a una máquina menor serán las pérdidas económicas que produzca a la empresa donde pertenezca.

La mayor causa de mantenimiento correctivo se debe a la falta de mantenimiento preventivo, esto se debe a que muchas empresas ven como un gasto innecesario invertir en la implementación de mantenimiento preventivo lo que conlleva a que se produzcan fallas técnicas en la maquinaria con mayor recurrencia y a su vez mayores gastos económicos.

Debido a que la máquina estuvo parada tanto tiempo por motivos de fallas técnicas y falta de recursos económicos para su reparación, se produjo el deterioro de las piezas y partes componentes la máquina, lo que deja la conclusión de que el descuido que ha tenido la máquina ha incrementado la gravedad de los problemas que presentaba la máquina cuando fue retirada de su operación.

La implementación del tablero de control para la tejedora industrial de ANDITEX provee una mayor eficiencia al proceso tejedor, debido a que todo el proceso se encuentra centralizado además entrega mayor seguridad a los operarios de la máquina debido a que se ha diseñado un sistema de seguridad en caso de cualquier inconveniente que se tenga, con esto se protege al personal, al producto y a la máquina.

El variador de frecuencia utilizado reemplaza el sistema mecánico para arrancar, debido a que pone en marcha al motor con una aceleración y un tiempo determinado por el usuario, por lo que sustituye al sistema mecánico de volantes para arrancar.

La máquina circular de ANDITEX está diseñada para trabajar con determinados tipos de hilos y para fabricar un solo tipo de tela esto se debe a que sus agujas y la fontura está diseñada de esta forma.

Aunque la inversión es bastante alta para ANDITEX, la rentabilidad y las ventajas que trae consigo la propuesta son bastante altas, tal como se demostró en el estudio del VAN y la TIR.

## **RECOMENDACIONES**

En una empresa o microempresa en donde se opere maquinaria industrial siempre debe existir planes de mantenimiento preventivo periódicamente con el objetivo de evitar averías futuras de las máquinas lo que conllevaría a paro en la producción general de la empresa.

El mantenimiento correctivo debe ser la última opción a la cual recurrir en la trayectoria de mantenimiento de una máquina lo ideal es seguir planes de mantenimiento preventivo, con lo que la empresa ahorra por paros de máquinas debido a fallas técnicas. Por lo cual se recomienda a ANDITEX la implementación de planes de mantenimiento preventivo para esta máquina circular.

Un tablero de control eléctrico siempre debe estar diseñado para brindar seguridad y eficiencia con esto se logra obtener un mayor beneficio productivo del tablero y a la vez brinda seguridad a los operarios.

Se debe usar todas las herramientas y equipos necesarios y adecuados para la realizar el mantenimiento correctivo y la implementación del tablero.

La maquinaria industrial debe estar ubicada en un sitio estratégico de tal manera que proteja la integridad de los usuarios. Existen zonas industriales especializadas para el uso de maquinaria industrial. No es conveniente ubicar equipos y maquinaria industrial en una zona residencial debido al riesgo que estas ocasionan para las personas cercanas a su uso.

# ANEXOS

DIAGRAMA DE POTENCIA

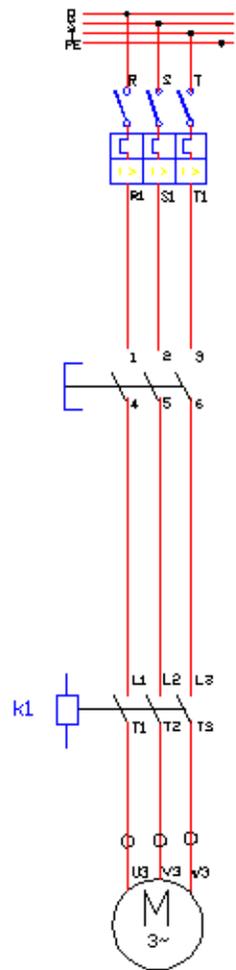
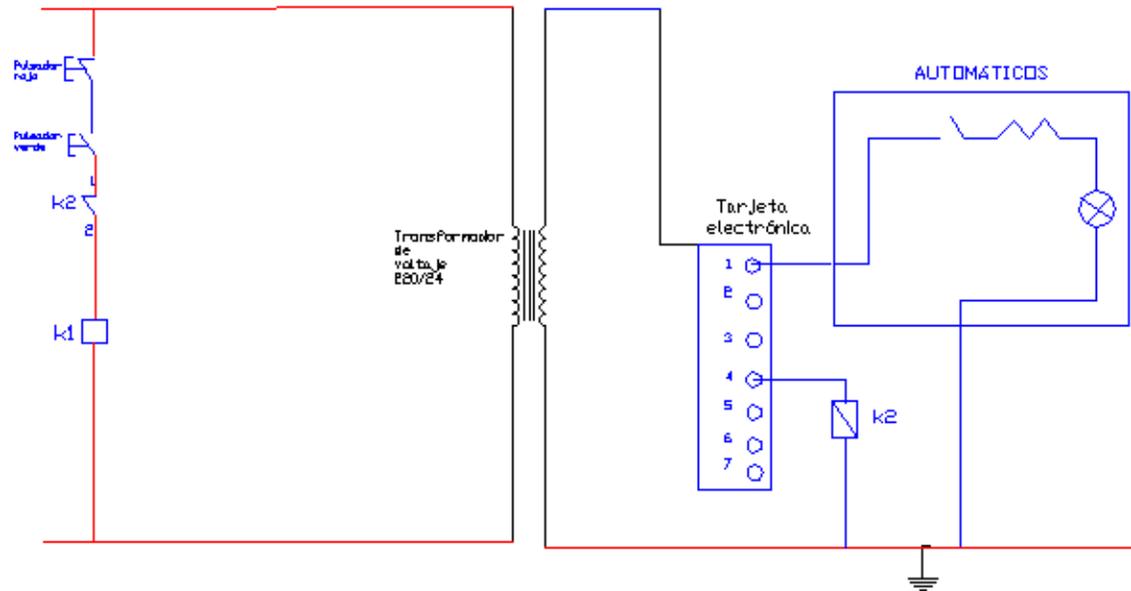


DIAGRAMA DE CONTROL



	02/06/2013	Fecha
	ANDREA ASINLEWA	Dibujada
	ING. CARLOS ROMO	Comprobada
		Aprobada
Anula a:	Reemplaza a:	

EPN\_ESFOT

DIAGRAMAS\_DE\_POTENCIA\_Y\_CONTROL\_ACTUALES

ANEXO1

FICHERO: SF

Plano: 01

ESCALA

Hoja: 01

DIAGRAMA DE POTENCIA

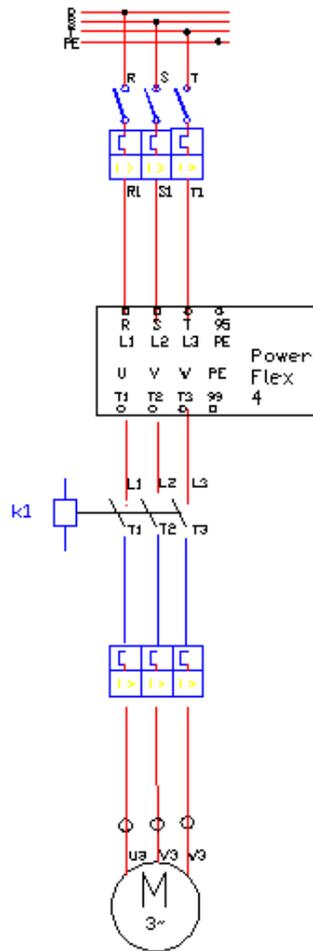
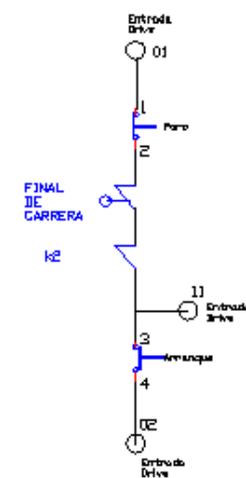
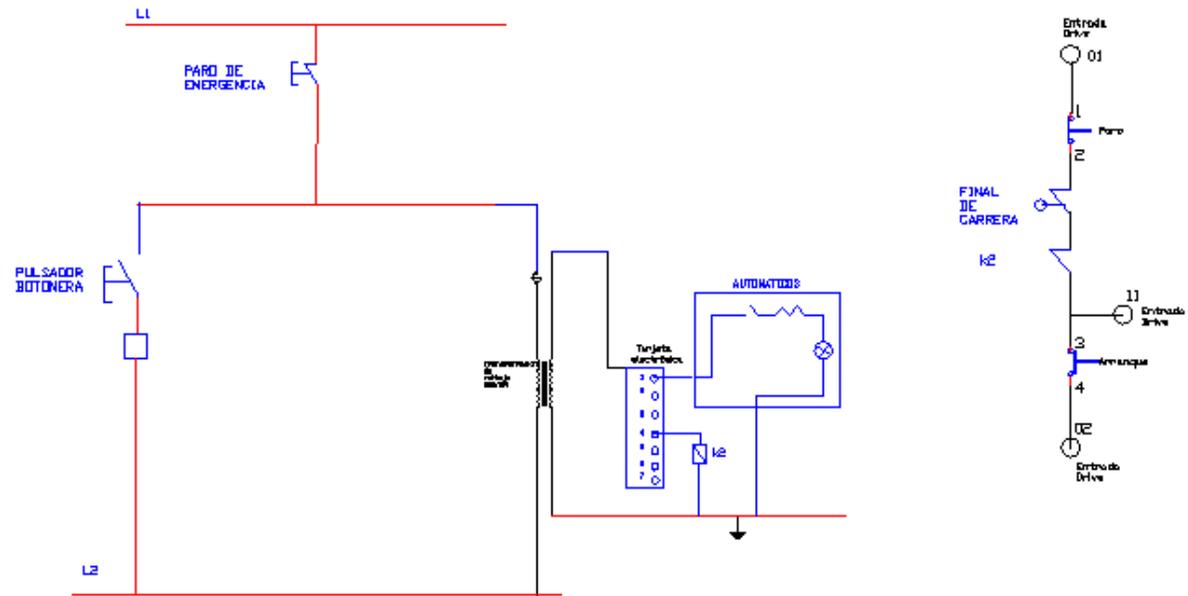


DIAGRAMA DE CONTROL



02/09/2013	Fecha
ANDREA_ASMALEMA	Dibujado
ING_CARLOS_ROMO	Comprobado
ING_CARLOS_ROMO	Aprobado

EPN\_ESFOT

DIAGRAMAS DE POTENCIA Y CONTROL PROPUESTOS

ANEXO2

FICHERO:	SF	Plano:	02
ESCALA		Hoja:	01

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONDUCTORES EN EL PISO

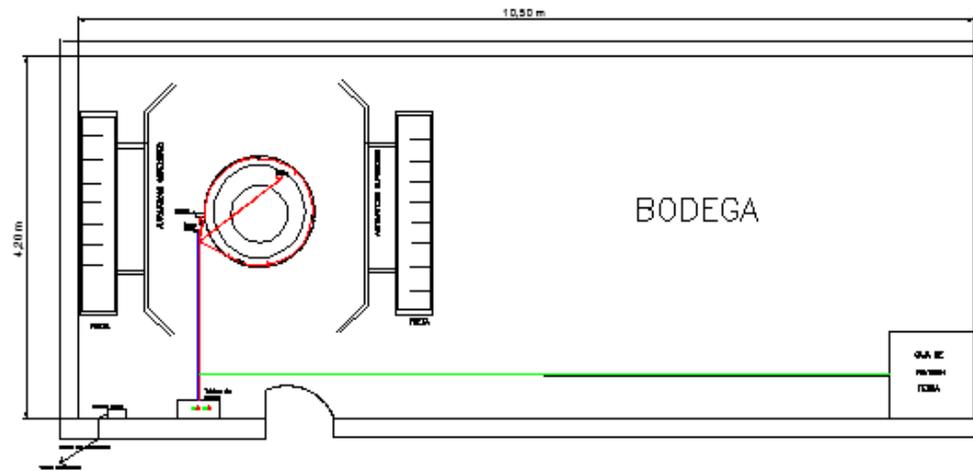


DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONDUCTORES EN LA PARED

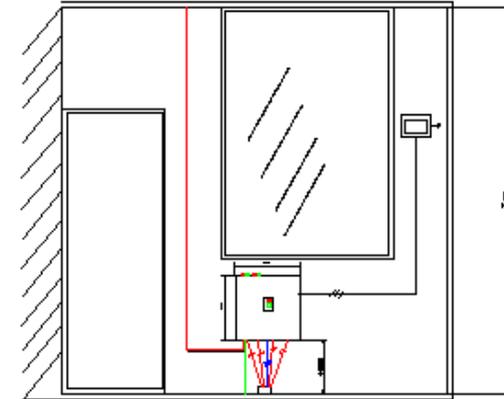
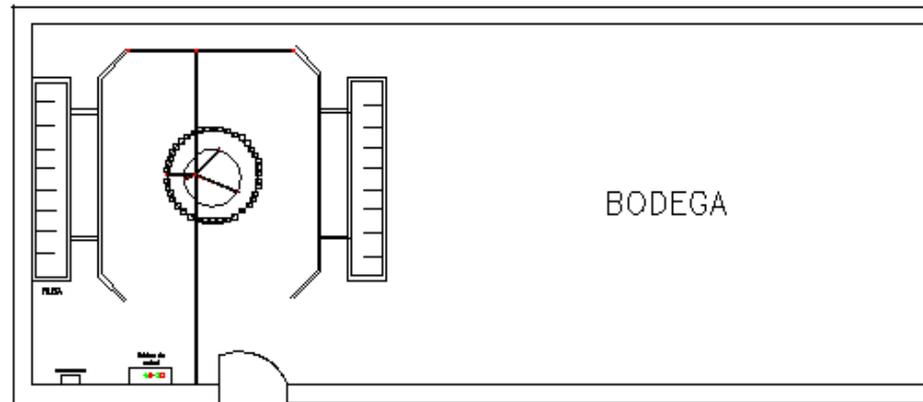


DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONDUCTORES EN EL TECHO



SIMBOLOGIA	
	CONDUCTOR DE FUERZA
	CONDUCTOR DE CONTROL
	CONDUCTOR DE TIERRA
	CONDUCTOR DE ALIMENTACION TRIFASICA
	SENSOR FINAL DE CARRERA
	BORNERA
	PULSADEROS
	LUJES PUNTO
	EMPALME
	CANALET

18/09/2013	Fecha
ANDREA_ASNALEMA	Dibujada
ING._CARLOS_ROMO	Comprobado
ING._CARLOS_ROMO	Aprobado

PLANO ELÉCTRICO

ANEXO\_3

FICHERO:	SF	Plano: 03
ESCALA	1:25	Hoja: 01

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **LIBROS**

1. KOSOW, IRVING. Máquinas eléctricas. Segunda Edición. Prentice – HallHispanoamericana, S.A. México. 1993

## **FOLLETOS**

2. ÁVILES G. FAUSTO. Instalaciones eléctricas. Escuela Politécnica Nacional.

## **TESIS**

3. RUEDA TORRES JOSÉ LUIS. Control de máquinas asincrónicas empleando un variador de frecuencia. Tesis EPN. Quito. Febrero 2004.
4. CÁRATE GUTIERREZ ÁNGEL ORLANDO. VILLACÍS SALAZAR ÁNGEL RODRIGO. Diseño y construcción de un módulo con variador de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos de jaula de ardilla trifásicos para el laboratorio de control industrial. Tesis ESPOCH. Riobamba. Abril 2011
5. POMATOCATIURQUINGA MAURO DANILO. Sistema puesta a tierra para el laboratorio de máquinas eléctricas de la escuela de ingeniería electrónica. Tesis ESPOCH. Riobamba.2010

## **PÁGINAS WEB**

6. <http://www.maquinscirculares.com>
7. <http://www.rockwellautomation.com>
8. <http://www.informadera.net>
9. <http://www.bce.fin.ec>