

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA CONFECCIÓN DE BOBINAS EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE DOS Y CUATRO POLOS CON MOLDES TIPO IMBRICADO SIMPLE Y CONCÉNTRICO, EN UN RANGO DE POTENCIA DE 2 Hp HASTA 50 Hp.**

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

**EDWIN PAÚL ALBUJA CALO**

**Email:** edwinpaul33@hotmail.com

**DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. VICENTE TOAPANTA**

**Email:** vicentoapanta@yahoo.es

**Quito, Septiembre, 2012**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Edwin Paúl Albuja Calo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi total autoría, el mismo que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas las mismas que están expuestas en el presente documento.

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

---

**Edwin Paúl Albuja Calo**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo aquí expuesto fue desarrollado por el Sr. Edwin Paúl Albuja Calo, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Vicente Toapanta**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero agradezco a Dios, que me brinda la vida, y es el ser que siempre ha estado conmigo en las buenas y malas situaciones que me ha tocado pasar, sé que nunca me abandonara y siempre podré contar con él.*

*A mis padres que con el esfuerzo y sacrificio de ellos cada día, me han brindado su apoyo incondicional.*

*A mi hermana que es la persona en la cual he podido confiar y en la que he encontrado un apoyo moral, ya que ella me acompañado en los momentos, que he necesitado de una persona especial.*

***Paúl Albuja.***

## DEDICATORIA

*Dedico el presente proyecto de titulación a mis padres, las personas que me han brindado su apoyo incondicional, a mi hijo al cual deseo que día tras día se supere más y conozca que las cosas que desea llegaran, con mucho esfuerzo, y a todas las personas que me supieron apoyar en el transcurso de este tiempo.*

*Paúl Albuja.*

## CONTENIDO

CONTENIDO.....	I
ANEXOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
PRESENTACIÓN.....	XVI

## CAPÍTULO I

### SISTEMAS DE REBOBINADO EN MOTORES ELÉCTRICOS

<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 TIPOS DE REBOBINADORAS .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Rebobinadora manual.....	2
1.2.2 Rebobinadora semiautomática .....	3
1.2.3 Rebobinadora automática .....	4
<b>1.3 REBOBINADO DE UN MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO .....</b>	<b>6</b>
1.3.1 Toma de datos .....	6
1.3.2 Cálculo del nuevo arrollamiento.....	7
1.3.2.1 Cálculo del número de espiras por bobina.....	8
1.3.3 Extracción del arrollamiento antiguo.....	8
1.3.4 Aislamiento de ranuras estatoricas.....	8
1.3.5 Confección de bobinas.....	10
1.3.5.1 Proceso manual .....	10
1.3.5.2 Proceso semiautomático.....	10
1.3.5.3 Proceso automático .....	11

1.3.5.4	Tipos de bobinados de corriente alterna.....	11
1.3.5.4.1	Términos técnicos del bobinado de motores eléctricos.....	12
1.3.5.4.2	Bobinado por polos. ....	14
1.3.5.4.3	Bobinado imbricado. ....	14
1.3.5.4.4	Bobinado concéntrico.....	16
1.3.6	Colocación de las bobinas en las ranuras.....	17
1.3.7	Conexión de las bobinas entre sí.....	17
1.3.8	Verificación eléctrica del nuevo arrollamiento .....	18
1.3.9	Secado e impregnación .....	19
<b>1.4</b>	<b>ELEMENTOS DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA .....</b>	<b>19</b>
1.4.1	Elementos de sujeción .....	19
1.4.1.1	Pernos .....	19
1.4.1.2	Tornillos de unión.....	20
1.4.1.3	Espárrago.....	20
1.4.2	Prisioneros .....	21
1.4.3	Chavetas.....	21
1.4.4	Lengüetas .....	22
1.4.5	Soldadura .....	22
1.4.5.1	Soldadura por arco eléctrico .....	22
1.4.5.2	Soldadura MIG .....	23
<b>1.5</b>	<b>TRANSMISIONES MECÁNICAS .....</b>	<b>24</b>
1.5.1	Eje.....	24
1.5.2	Chumacera .....	25
1.5.3	Rodamientos.....	25
1.5.4	Polea.....	26
1.5.5	Bandas o correas .....	27
1.5.6	Engranajes.....	30
<b>1.6</b>	<b>CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO.....</b>	<b>30</b>
1.6.1	Partes del contactor electromagnético.....	30
1.6.2	Selección de un contactor electromagnético.....	32
1.6.3	Pasos a seguir para la selección de un contactor.....	34
1.6.4	Aplicaciones.....	34
<b>1.7</b>	<b>INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO .....</b>	<b>34</b>

1.7.1	Funcionamiento.	35
1.7.2	Clasificación de interruptores termomagnético	36
<b>1.8</b>	<b>SENSOR ELÉCTRICO DE PROXIMIDAD</b>	<b>37</b>
1.8.1	Sensor de proximidad inductivo	38
<b>1.9</b>	<b>MOTORREDUCTOR</b>	<b>39</b>
1.9.1	Características del motorreductor - tamaño	40
1.9.1.1	Características del trabajo a realizar	40
1.9.1.2	Guía para la elección del tamaño de un motorreductor	40
<b>1.10</b>	<b>MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO</b>	<b>41</b>
1.10.1	Funcionamiento	42
<b>1.11</b>	<b>VARIADOR DE FRECUENCIA</b>	<b>42</b>
1.11.1	Funciones de un variador de frecuencia	45
1.11.2	Ventajas	45
1.11.3	Inconvenientes	45
<b>1.12</b>	<b>ELEMENTOS ELECTRÓNICOS</b>	<b>46</b>
1.12.1	Transistor bipolar	46
1.12.1.1	Región de corte	47
1.12.1.2	Región de saturación.	47
1.12.2	Diodo	48
1.12.3	Relé electromagnético 5VDC -120AC -10 A.	48
1.12.3.1	Funcionamiento	49
1.12.4	Regulador de voltaje en circuito integrado	49
1.12.4.1	Funcionamiento	50
1.12.5	Pantalla de cristal líquida (LCD)	50
1.12.5.1	Distribución de pines	51
1.12.6	Potenciómetro	51
1.12.7	Resistencia	52
1.12.8	Teclado numérico	52
<b>1.13</b>	<b>MICROCONTROLADOR PIC</b>	<b>53</b>
1.13.1	RC Oscilador con resistencia y condensador.	54
1.13.2	XT. Cristal.	54
1.13.3	Ventajas de los microcontroladores	55
<b>1.14</b>	<b>TOLERANCIAS Y AJUSTES</b>	<b>55</b>



1.14.1	Ajuste.....	56
1.14.1.1	Ajuste móvil o con juego.....	56
1.14.1.2	Ajuste indeterminado.....	57
1.14.1.3	Ajuste fijo o con apriete.....	57
<b>1.15</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES.....</b>	<b>58</b>
1.15.1	El hierro.....	58
1.15.2	Aluminio.....	58
1.15.3	Conductores eléctricos para rebobinaje.....	59

## **CAPÍTULO II**

### **DIMENSIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA SEMIAUTOMÁTICA**

<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>2.2</b>	<b>SITUACIÓN INICIAL.....</b>	<b>60</b>
<b>2.3</b>	<b>ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>61</b>
2.3.1	Confección de arrollamiento en forma manual.....	64
2.3.1.1	Tiempo para la confección de arrollamientos en forma manual.....	62
2.3.2	Confección de arrollamiento en forma semiautomática.....	64
2.3.2.1	Tiempo en forma semiautomática.....	64
<b>2.4</b>	<b>COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS.....</b>	<b>66</b>
<b>2.5</b>	<b>SELECCIÓN DEL MEJOR PROCESO.....</b>	<b>68</b>
<b>2.6</b>	<b>TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS SEMIAUTOMÁTICAS.....</b>	<b>68</b>
2.6.1	Máquina para campos modelo bmm79.....	69
2.6.2	Máquina para campos con parada automática.....	70
<b>2.7</b>	<b>TIPOS DE CONTROL.....</b>	<b>71</b>
2.7.1	Control electromecánico.....	71
2.7.2	Control con plc's.....	72
2.7.3	Control con microcontroladores.....	73
<b>2.8</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA REBOBINADORA.....</b>	<b>75</b>

2.8.1	Partes de la rebobinadora.....	75
2.8.1.1	Dimensionamiento de la estructura metálica. ....	75
2.8.1.2	Selección del material .....	77
2.8.1.3	Dimensionamiento del soporte del motorreductor.....	80
2.8.1.3.1	Dimensionamiento de bisagras .....	81
2.8.1.4	Dimensionamiento de la base del soporte de chumaceras.....	82
2.8.1.5	Dimensionamiento del soporte de chumaceras .....	83
2.8.1.6	Dimensionamiento de la base del motorreductor. ....	85
2.8.2	Unión de los componentes de la máquina. ....	86
2.8.3	Elementos de transmisión de movimiento.....	87
2.8.3.1	Cálculo de la relación de transmisión de la caja reductora .....	88
2.8.3.2	Cálculo de la relación de transmisión de poleas .....	89
2.8.3.3	Dimensionamiento del eje del plato de brida .....	90
2.8.3.4	Dimensionamiento del plato de brida .....	91
2.8.4	Selección de los elementos de control.....	93
2.8.4.1	Determinación del tipo de control eléctrico. ....	93
2.8.4.1.1	Control electromecánico .....	94
2.8.4.1.2	Selección de los elementos de control electromecánico.....	95
2.8.4.1.3	Selección del contactor y breaker .....	95
2.8.4.1.4	Selección de los elementos de maniobra.....	96
2.8.4.1.5	Selección del variador de frecuencia .....	97
2.8.4.2	Control electrónico .....	98
2.8.4.2.1	Diagramas de flujo .....	100
2.8.5	Software a utilizarse.....	103
2.8.5.1	Microcode studio .....	103
2.8.5.2	Proteous V 7.0 .....	105
2.8.5.3	PICKIT2 V2.6 .....	106
<b>2.9</b>	<b>CONTROL GENERAL DE LA MÁQUINA.</b> ....	<b>106</b>

## CAPÍTULO III

# CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA REBOBINADORA

<b>3.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>107</b>
<b>3.2 CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>107</b>
<b>3.3 PARTES DE LA MÁQUINA REBOBINADORA .....</b>	<b>108</b>
<b>3.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>109</b>
3.4.1 Proceso de construcción.....	109
<b>3.5 SOPORTE DEL MOTORREDUCTOR .....</b>	<b>111</b>
3.5.1 Proceso de construcción del soporte .....	111
<b>3.6 BASE DEL SOPORTE DE CHUMACERAS .....</b>	<b>113</b>
3.6.1 Proceso de construcción de la base .....	113
<b>3.7 BISAGRAS DE LA PLETINA BASE DEL MOTORREDUCTOR.....</b>	<b>114</b>
3.7.1 Proceso de construcción de bisagras .....	114
<b>3.8 EJE SOLIDO DE BISAGRAS .....</b>	<b>116</b>
3.8.1 Proceso de construcción del eje de bisagras.....	116
<b>3.9 PLETINA BASE DEL MOTORREDUCTOR. ....</b>	<b>117</b>
3.9.1 Proceso de construcción de la pletina base.....	117
<b>3.10 BASE DEL MOTORREDUCTOR.....</b>	<b>118</b>
3.10.1 Proceso de construcción de la base .....	119
<b>3.11 SOPORTE DE CHUMACERAS .....</b>	<b>121</b>
3.11.1 Proceso de construcción del soporte. ....	121
<b>3.12 MACHUELADO DE LAS PLETINAS SUPERIORES .....</b>	<b>122</b>
3.12.1 Barrenado .....	123
3.12.2 Rimado.....	124
3.12.3 Roscado.....	124
<b>3.13 PLATO DE BRIDA.....</b>	<b>125</b>
3.13.1 Proceso de construcción del plato de brida .....	125
<b>3.14 EJE DEL PLATO DE BRIDA.....</b>	<b>127</b>
3.14. 1 Proceso de construcción del eje .....	128

<b>3.15</b>	<b>POLEA DE TRANSMISIÓN</b> .....	<b>129</b>
<b>3.16</b>	<b>MOTORREDUCTOR</b> .....	<b>130</b>
<b>3.17</b>	<b>BANDAS DE TRANSMISIÓN</b> .....	<b>131</b>
<b>3.18</b>	<b>MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b> .....	<b>131</b>
<b>3.19</b>	<b>CAJA GABINETE METÁLICA DE CONTROL</b> .....	<b>132</b>
<b>3.20</b>	<b>SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL</b> .....	<b>132</b>
3.20.1	Materiales utilizados en el sistema de control electromecánico .....	133
3.20.2	Materiales utilizados en el sistema de control electrónico .....	133
3.20.3	Montaje de los elementos de la tarjeta electrónica .....	134
<b>3.21</b>	<b>CONEXIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA</b> .....	<b>135</b>
<b>3.22</b>	<b>CONEXIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA</b> .....	<b>136</b>
3.22.1	Parámetros importantes de programación .....	138
<b>3.23</b>	<b>CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MANIOBRA</b> .....	<b>139</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>141</b>
<b>4.2</b>	<b>PRUEBAS</b> .....	<b>141</b>
4.2.1	Pruebas de cableado .....	141
4.2.1.1	Prueba de cableado de la tarjeta electrónica .....	141
4.2.1.2	Prueba de cableado del variador de frecuencia .....	142
4.2.1.3	Prueba de cableado del motor eléctrico .....	142
4.2.2	Pruebas del tablero de control .....	142
4.2.2.1	Pruebas de alimentación de voltaje .....	142
4.2.2.2	Pruebas de alimentación de voltaje al variador de frecuencia .....	143
4.2.2.3	Pruebas de alimentación de voltaje a la tarjeta electrónica .....	143
<b>4.3</b>	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</b> .....	<b>143</b>
4.3.1	Pruebas de funcionamiento en modo manual .....	143
4.3.2	Pruebas de funcionamiento en modo automático .....	144

<b>4.4 RESULTADOS</b> .....	<b>144</b>
<b>4.5 MANUAL DEL USUARIO</b> .....	<b>145</b>
4.5.1 Pulsador de emergencia .....	146
4.5.2 Pulsadores de marcha y paro .....	147
4.5.3 Selector.....	147
4.5.4 Potenciómetro .....	147
4.5.5 Luz piloto verde.....	147
4.5.6 Luz piloto roja.....	147
4.5.7 LCD.....	147
4.5.8 Teclado numérico.....	148
4.5.9 Tecla # .....	148
4.5.10 Reset.....	148
4.5.11 LED'S indicadores .....	148
<b>4.6 MANUAL DE MANTENIMIENTO</b> .....	<b>151</b>
4.6.1 Precauciones de seguridad.....	151
4.6.2 Mantenimiento preventivo .....	152
4.6.2.1 Mantenimiento del tablero de control.....	152
4.6.2.2 Mantenimiento del sistema mecánico.....	152
<b>4.7 CONCLUSIONES</b> .....	<b>152</b>
<b>4.8 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>154</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>157</b>

## ANEXOS

<b>ANEXO # 1</b>	Planos de fuerza, control y de piezas constructivas de la máquina . .	158
<b>ANEXO # 2</b>	Chumaceras y Rodamientos .....	159
<b>ANEXO # 3</b>	Características de materiales .....	165
<b>ANEXO # 4</b>	Elementos roscables .....	174
<b>ANEXO # 5</b>	Catálogo Sensor fotoeléctrico .....	187
<b>ANEXO # 6</b>	Elementos y circuitos electrónicos. ....	188
<b>ANEXO # 7</b>	Bandas y poleas de transmisión .....	193
<b>ANEXO # 8</b>	Contactador electromagnético.....	194
<b>ANEXO # 9</b>	Elementos de maniobra.....	195
<b>ANEXO # 10</b>	Manual de soldadura.....	196
<b>ANEXO # 11</b>	Variador de frecuencia.....	197

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Rebobinadora manual de campos regulables .....	2
Figura 1.2 Máquina rebobinadora semiautomática 600S .....	3
Figura 1.3 Rebobinadora automática .....	4
Figura 1. 4 Aislamiento básico en máquinas eléctricas .....	9
Figura 1.5 Bobina .....	12
Figura 1.6 Paso de bobina .....	13
Figura 1.7 Devanado de una capa .....	13
Figura 1.8 Devanado doble capa .....	14
Figura 1.9 Bobinado por polos.....	14
Figura 1.10 Bobinado imbricado .....	15
Figura 1.11 Bobinado imbricado de una sola capa .....	15
Figura 1.12 Bobinado concéntrico .....	16
Figura 1.13 Bobinado trifásico concéntrico por polos consecuentes.....	17
Figura 1.14 Tipos de elementos .....	19
Figura 1.15 Tipos de Chavetas.....	21
Figura 1.16 Suelda por arco eléctrico.....	23
Figura 1.17 Suelda MIG .....	23
Figura 1.18 Eje .....	24
Figura 1.19 Partes de una chumacera .....	25
Figura 1.20 Diámetro efectivo de una polea para correa trapezoidal .....	26
Figura 1.21 Partes internas de contactor .....	31
Figura 1.22 Interruptor termomagnético unipolar. ....	35
Figura 1.23 Frente de un interruptor de riel con identificaciones obligatorias .....	36
Figura 1.24 Funcionamiento del sensor eléctrico .....	37
Figura 1.25 Sensor inductivo .....	38
Figura 1.26 Motorreductor .....	39
Figura 1.27 Motor trifásico .....	42
Figura 1.28 Esquema básico de un variador de frecuencia .....	44
Figura 1.29 Transistor tipo npn, y pnp.....	46
Figura 1.30 Región de corte, el transistor actúa como interruptor abierto.....	47

Figura 1.31 Región de saturación, el transistor actúa como interruptor cerrado .....	47
Figura 1.32 Funcionamiento de un diodo .....	48
Figura 1.33 Relé interna y externamente .....	49
Figura 1.34 Regulador de voltaje en circuito Integrado .....	50
Figura 1.35 Pines del LCD .....	50
Figura 1.36 Potenciómetro .....	52
Figura 1.37 Resistencia.....	52
Figura 1.38 Microcontrolador pic.....	53
Figura 1.39 Oscilador con resistencia y condensador.....	54
Figura 1.40 Oscilador con cristal y condensador.....	54
Figura 1.41 Ajuste móvil o con juego .....	56
Figura 1.42 Ajuste fijo o con apriete .....	57
Figura 1.43 Alambre magneto o esmaltado .....	59
Figura 2.1 Diagrama estadístico de los procesos .....	67
Figura 2.2 Máquina rebobinadora semiautomática (BMM79).....	69
Figura 2.3 Máquina rebobinadora semiautomática con parada automática.....	70
Figura 2.4 Control electromecánico .....	72
Figura 2.5 PLC's .....	72
Figura 2.6 Tarjeta electrónica con pic .....	74
Figura 2.7 Dimensiones del motorreductor.....	77
Figura 2.8 Direcciones en las que la pata podría doblarse .....	79
Figura 2.9 Unión de la estructura metálica.....	79
Figura 2.10 Estructura metálica.....	80
Figura 2.11 Perfil metálico tipo C. ....	80
Figura 2.12 Soporte del motorreductor.....	81
Figura 2.13 Bisagra. ....	82
Figura 2.14 Base del soporte de chumaceras.....	83
Figura 2.15 Soporte de chumaceras. ....	85
Figura 2.16 Base del motorreductor. ....	86
Figura 2.17 Elemento de unión. ....	87
Figura 2.18 Eje del plato de brida.....	91
Figura 2.19 Plato de brida. ....	92
Figura 2.20 Diagrama de flujo manual. ....	100



Figura 2.21 Diagrama de flujo automático.....	101
Figura 2.22 Pantalla principal de microcode studio.....	104
Figura 2.23 Diseño electrónico del programa.....	105
Figura 3.1 Unión de tubos estructurales metálicos.....	110
Figura 3.2 Procesos de unión de tubos metálicos.....	110
Figura 3.3 Mesa metálica.....	111
Figura 3.4 Canales de soporte del motorreductor.....	112
Figura 3.5 Canales bases del soporte de chumaceras.....	114
Figura 3.6 Bisagras.....	115
Figura 3.7 Eje de bisagras.....	117
Figura 3.8 Pletina base.....	118
Figura 3.9 Bisagras inferiores.....	119
Figura 3.10 Montaje de pletina base.....	120
Figura 3.11 Sistema de sujeción de la base del motorreductor.....	120
Figura 3.12 Partes del soporte de chumacera.....	122
Figura 3.13 Barrenado.....	123
Figura 3.14 Roscado.....	124
Figura 3.15 Soporte de chumaceras.....	125
Figura 3.16 Partes del plato de brida.....	127
Figura 3.17 Eje del plato de brida.....	129
Figura 3.18 Caja reductora.....	130
Figura 3.19 Sistema de transmisión.....	131
Figura 3.20 Elementos de la caja gabinete.....	132
Figura 3.21 Tarjeta electrónica.....	135
Figura 3.22 Elementos de fuerza.....	136
Figura 3.23 Borneras de control.....	136
Figura 3.24 Variador Altivar 28 telemecanique.....	139
Figura 3.25 Elementos de maniobra.....	140
Figura 4.1 Panel de control.....	146
Figura 4.2 Encendido de la máquina.....	149
Figura 4.3 Máquina en forma manual.....	149
Figura 4.4 Fin de proceso automático.....	150
Figura 4.5 Porta carretes.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Modelo de tabla de datos para motores polifásicos.....	6
Tabla 1.2	Tabla de Características de cuñas de fibra de vidrio poliéster. ....	9
Tabla 1.3	Tipo de bandas.....	29
Tabla 1.4	Simbología de elementos del contactor .....	32
Tabla 1.5	Tabla de corriente de servicio .....	33
Tabla 1.6	Tabla de categoría de servicio .....	33
Tabla 1.7	Tabla de aplicaciones de los tipos de contactores .....	34
Tabla 1.8	Valores referenciales del alambre de cobre .....	59
Tabla 2.1	Tiempo tabulado de forma manual .....	63
Tabla 2.2	Tiempo de confección en forma semiautomática. ....	65
Tabla 2.3	Datos del motor .....	95
Tabla 3.1	Máquinas y Herramientas utilizadas.....	108
Tabla 3.2	Proceso de construcción de la mesa .....	109
Tabla 3.3	Proceso de construcción del soporte.....	112
Tabla 3.4	Proceso de construcción de la base soporte.....	113
Tabla 3.5	Proceso de construcción de las bisagras .....	115
Tabla 3.6	Proceso de construcción del eje de bisagras. ....	116
Tabla 3.7	Proceso de construcción de la pletina base del motorreductor. ....	117
Tabla 3.8	Proceso de construcción de la base del motorreductor.....	119
Tabla 3.9	Proceso de construcción del soporte de chumaceras. ....	121
Tabla 3.10	Proceso de construcción del plato de brida.....	126
Tabla 3.11	Proceso de construcción del eje del plato de brida.....	128

## RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla con la finalidad de construir una máquina rebobinadora semiautomática para la confección de bobinas en motores eléctricos trifásicos, la construcción de esta máquina permite realizar bobinas imbricadas y concéntricas para motores de hasta 50 Hp, de potencia, de una forma semiautomática, mediante el encendido, frenado y apagado de un motor eléctrico trifásico.

Para la construcción del sistema de control de la rebobinadora se realizó un análisis de los elementos necesarios para automatizar el funcionamiento del motor eléctrico, con la finalidad de realizar grupos de bobinas con un número exacto de espiras, mejorando así la calidad del rebobinado en los motores, con respecto al método tradicional.

El sistema de control consiste fundamentalmente en la utilización de un Variador de frecuencia (Altivar 28 Telemecanique), y una tarjeta electrónica controlada con un PIC 16F877A Microchip, la utilización de este último dispositivo electrónico se lo hace por disminuir costos en la construcción del presente proyecto.

En el capítulo I, se presenta una descripción de los tipos de máquinas rebobinadoras para la confección de bobinas, tomando mayor énfasis en el proceso artesanal de rebobinado, describiendo las partes constitutivas, características, ventajas y desventajas, conceptos de construcción mecánica de la máquina rebobinadora semiautomática.

En el capítulo II, se hace una descripción del problema de realizar bobinas con una rebobinadora de banco manual, comparando el tiempo que toma confeccionar grupos de bobinas en una máquina manual y semiautomática, las características, ventajas y desventajas, además se detalla el dimensionamiento para utilizar en la construcción de la rebobinadora.

En el capítulo III, comprende la construcción e instalación mecánica, eléctrica y de control de la máquina rebobinadora, detallando el proceso de construcción de cada parte constructiva de la máquina.

En el capítulo IV, se menciona las pruebas realizadas al sistema mecánico y de control, como también los resultados obtenidos con la construcción del presente proyecto, además se presenta un manual de usuario para la correcta operación del sistema, un manual de mantenimiento del sistema construido mencionando las conclusiones y recomendaciones.

## PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se describe la construcción de una máquina rebobinadora con control semiautomático, tomando como base el control de un motor eléctrico trifásico mediante un variador de frecuencia y una tarjeta electrónica la cual recibe una señal del sensor eléctrico, que da la información del número de vueltas, y así controlando la apertura y cierre, sincronizada de los relés: automático, manual, freno y pedal de la tarjeta electrónica, mediante datos ingresados por el usuario a través del teclado numérico.

La construcción del sistema semiautomático de la rebobinadora toma como punto de partida los problemas y consecuencias que tiene el rebobinaje tradicional, es decir la confección de bobinas con la ayuda de una rebobinadora de banco manual, así como también garantizar que el motor eléctrico rebobinado, trabaje con sus parámetros nominales.

Se utiliza para la construcción, técnicas modernas para el control semiautomático, complementando con un sistema de periféricos mecánicos y eléctricos.

El presente proyecto de titulación tiene como propósito de que, la rebobinadora construida se convierta en una máquina de vital importancia y de fácil operación para el técnico rebobinador, con lo que en el momento de confeccionar grupos de bobinas se las realice de modo ágil y preciso, lo que garantizara un arrollamiento con un número exacto de espiras y forma, y así garantizando el funcionamiento del motor eléctrico rebobinado.



# **CAPÍTULO I**

## **SISTEMAS DE REBOBINADO EN MOTORES ELÉCTRICOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna que pueden ser tanto monofásicos como polifásicos.

El motor de inducción trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos, de jaula de ardilla o bobinado, y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras.

Estas bobinas están desfasadas entre sí  $120^\circ$  eléctricos, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que alcanza las barras o el bobinado del rotor e induce un voltaje en ellas, este voltaje inducido en las barras es debido al movimiento relativo del rotor con respecto al campo magnético del estator, debido al voltaje inducido, en el rotor se presentan corrientes por las barras del mismo, estas corrientes producen un campo magnético secundario y la interacción de los campos del estator y rotor producen una fuerza magnética la misma que crea un torque sacando de la inercia al rotor produciendo el movimiento rotacional del mismo.

Se denomina rebobinado de un motor eléctrico, a todo el proceso manual y artesanal que realiza el técnico paso a paso, desde el instante en que se destapa el motor hasta que nuevamente se arma y se pone en funcionamiento.

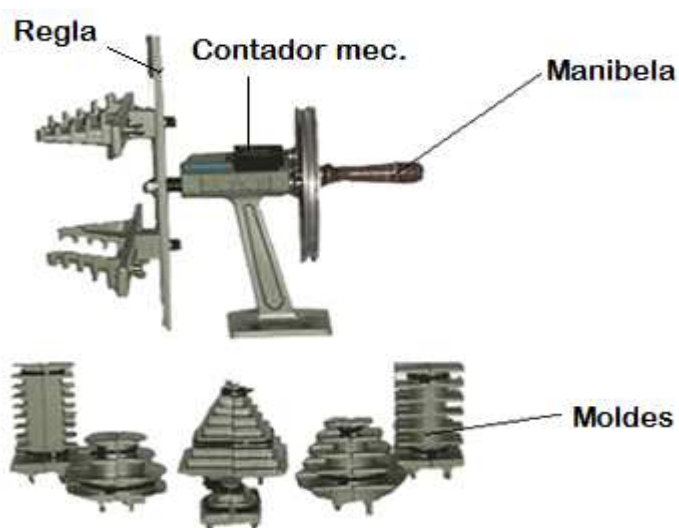
El rebobinado de motores eléctricos es una de las actividades más realizadas al momento de detectar cortocircuito o quemadura del arrollamiento del motor. La cual consiste en retirar el arrollamiento antiguo y confeccionar el nuevo, éste

puede ser realizado por una rebobinadora de banco manual o rebobinadoras eléctricas las que pueden ser semiautomáticas o automáticas. Que consiste en arrollar el alambre esmaltado sobre un molde giratorio provisto de gargantas de guía, que mediante un accionamiento manual o automático, se da movimiento rotacional al molde, de ésta manera se cuenta el número de espiras por bobina éstas pueden ejecutarse individualmente (una sola vez) o bien por grupos (varias cada vez).

La rebobinadora es una máquina que sirve para la confección de nuevos arrollamientos en motores eléctricos, estos pueden ser de forma concéntrica o imbricada, el número de espiras de cada bobina, tanto como la sección de alambre esmaltado a utilizar, son características de las bobinas que conforman el nuevo arrollamiento, las mismas que dependen de la potencia del motor a rebobinar.

## 1.2 TIPOS DE REBOBINADORAS

### 1.2.1 Rebobinadora manual.<sup>1</sup>



**Figura 1.1** Rebobinadora manual de campos regulables <sup>2</sup>

---

<sup>1,2</sup> <http://www.bobinadorasgmr.com.ar/campos.htm>

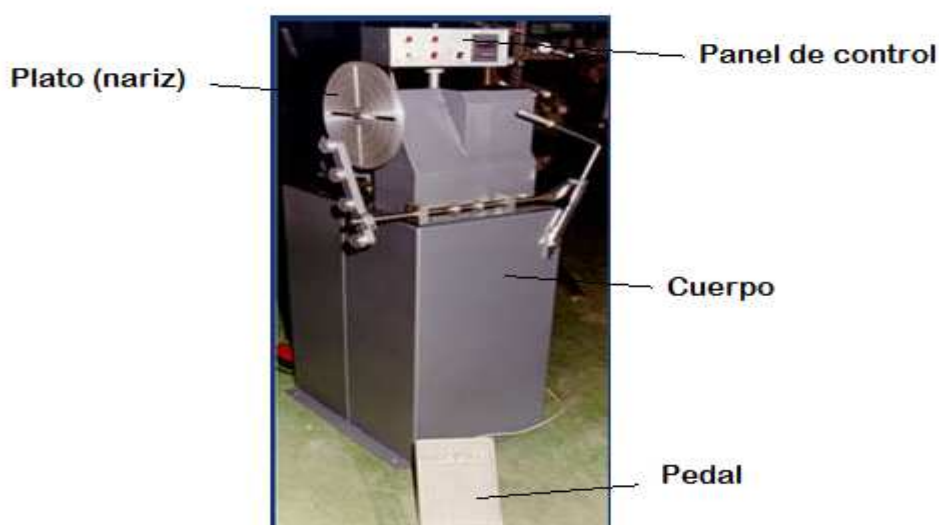


### **Características generales**

La máquina rebobinadora de la figura 1.1, es de campos por sistema de moldes regulables, desplazables en forma longitudinal y transversal que permite hacer bobinas para motores monofásicos, trifásicos y universales.

- Máquina totalmente de aluminio, cómo sus respectivas reglas y moldes.
- Regla de regulación de material de alto impacto, grabadas imborrables.
- Provee siete juegos de moldes diversos y dos reglas, soporte, larga y corta.
- Contador mecánico con tracción por engranajes.
- Eje montado sobre rulimanes blindados.

#### **1.2.2 Rebobinadora Semiautomática<sup>3</sup>**



**Figura 1.2** Máquina rebobinadora semiautomática 600S<sup>4</sup>.

#### **Descripción:**

La rebobinadora universal para trabajos semipesados de la figura 1.2, es de cuerpo entero y fijación al suelo, destinado a la mayor parte de trabajos industriales pudiendo recibir en su nariz todos los útiles necesarios.

---

<sup>3,4</sup> <http://www.dmatel.es/BOBINADORAS%20BOB600S.html>

**Funcionamiento:**

Accionada por medio de un motor de 1CV de potencia, con velocidad regulable por pedal electrónico, freno magnético, contador electrónico programable (cuenta y descuenta), y puesta a cero.

**Características:**

Diámetro máximo de la bobina.....	580 mm.
Potencia del motor.....	1 c.v.
Peso máximo de la bobina.....	30 Kg.
Velocidades de.....	0 a 40 - 80 - 120 r.p.m.
Conexión monofásica.....	220 V. 50 Hz.
Dimensiones.....	1.300 x 650 x 630 mm.
Peso.....	81 Kg.

**1.2.3 Rebobinadora Automática <sup>5</sup>**

**Figura 1.3** Rebobinadora automática <sup>6</sup>

**Características:**

La rebobinadora de la figura 1.3, es de potencia de tracción para 20 hilos No. 12 AWG, es decir, 2 pulgadas en paralelo. Bobinas de hasta 800 libras (370 Kg), 17,8 pulgadas de ancho, desde 4 AWG (12mm) hasta 32 AWG (0.2 mm).

<sup>5,6</sup> <http://www.jenlor-samatic.com/spanish/m2680es.html>

### ***Características de control***

- Control asistente para guía automática de hilo para asegurar un devanado en capas perfectas y sin cruces.
- Tensor de hilo automático de hasta 2 pulgadas de ancho total disponible.
- Facilidad de inserción en los canales gracias a un cruce nulo, lo que representa una ganancia de tiempo considerable con bobinas de alta calidad.
- Liberación automática de camisas dónde y cuándo sea necesario para ahorrar un tiempo precioso de conexión (Bobinado continuó).
- Concéntrico ajustable con asistente instantáneo de instalación.
- Cada juego de moldes se adapta a miles de combinaciones de bobinas.

### ***Modo Aprendiz.***

La máquina “aprende” un modo de moldear estándar o a la medida, con un simple arreglo por teclado.

Tiempo de Arreglo Instantáneo (30 – 120 segundos) con un tiempo de intercambio muy corto entre moldes por:

- Ajuste automático de tamaño de bobina
- Procedimiento de atadura rápida en 10 segundos o menos, todas las 18 bobinas son atadas
- Medida de seguridad, impide el contacto con las piezas móviles.

### ***Banco de Datos***

La máquina se acuerda de todas las especificaciones de las tareas y de las bobinas para un arreglo automático. Un adaptador para micro computador está incluido en el programa. Tareas de bobinado como: Datos/Cambio, Diseño/Análisis, y una alarma que señala la “falta de hilo” y detiene la máquina.

### 1.3 REBOBINADO DE UN MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO <sup>7</sup>

Básicamente el rebobinado de un motor trifásico es un proceso paso a paso que se debe cumplir cada uno estrictamente.

Los pasos a seguirse son los siguientes:

- 1.3.1.- Toma de datos
- 1.3.2.- Cálculo del número de espiras
- 1.3.3.- Extracción del arrollamiento antiguo
- 1.3.4.- Aislamiento de las ranuras estáticas
- 1.3.5.- Confección de las bobinas
- 1.3.6.- Colocación de las bobinas en las ranuras
- 1.3.7.- Conexión de las bobinas entre sí
- 1.3.8.- Verificación eléctrica del nuevo arrollamiento
- 1.3.9.- Secado e impregnación

#### 1.3.1 Toma de datos

Los datos se tomaran antes y durante la extracción del bobinado antiguo con ayuda de una tabla de datos; como la de la tabla 1.1

Potencia (CV)	Velocidad (rpm)	Tensión (V)	Corriente (A)
Frecuencia (Hz)	Tipo	Cifra clave	Factor sobrecarga
Temperatura adm.	Modelo	Número serie	Fases
Número bobinas	Número ranuras	Conexión	
Diámetro conductor	Espiras/Bonica	Número grupos	
Bobinas/grupo	Número polos	Paso de bobinas	

**Tabla. 1.1** Modelo de tabla de datos para motores polifásicos<sup>8</sup>

---

<sup>7,8</sup> “Folleto de Motores de Corriente Alterna Reparación y Diseño, Ing. Carlos Chiluisa, 2009”

### 1.3.2 Cálculo del nuevo arrollamiento.

Todos los motores trifásicos están provistos de un arrollamiento estático de doble capa, es decir, con igual número de bobinas que de ranuras. Las bobinas van conectadas formando tres arrollamientos independientes llamados "Fases" las cuales se designan generalmente con las letras A, B y C. Puesto que cada fase debe estar constituida por el mismo número de bobinas, este será igual a un tercio del número total de bobinas existentes en el estator. Las reglas a aplicarse son las siguientes:

➤ **Regla 1**

Para determinar el número de bobinas por fase, se divide el número total de bobinas estáticas por el número de fases del motor.

$$\text{Bobinas por fase} = \frac{\# \text{ de bobinas}}{\# \text{ de fases}}$$

➤ **Regla 2**

Para determinar el número de bobinas por polo, se divide el número total de bobinas estáticas por el número de polos del motor.

$$\text{Bobinas por polo} = \frac{\# \text{ de bobinas}}{\# \text{ de polos}}$$

➤ **Regla 3**

Para determinar el número de grupos de bobinas, se multiplica el número de polos por el número de fases del motor.

$$\text{Grupos de bobinas} = \# \text{ de polos} \times \# \text{ de fases}$$

➤ **Regla 4**

Para determinar el número de bobinas por grupo se divide el número total de bobinas del estator por el número de grupos.

$$\text{Bobinas por grupo} = \frac{\# \text{ de bobinas}}{\# \text{ de grupos}}$$

### 1.3.2.1 Cálculo del número de espiras por bobina.

$$Z = \frac{NPP \times V \times 10^8}{2.664 \times d \times l \times B}$$

En donde:

Z = Número de espiras por fase.

NPP = Número de pares de polos.

V = Voltaje al que está sometida la fase.

$10^8$  = Constante.

2.664 = Constante para el cálculo con 60 Hz.

d = Diámetro interior del yugo en centímetros.

l = Largo del yugo en centímetros.

B = Se debe tomar entre 5.000 y 8.000 líneas/cm<sup>2</sup>.

$$\text{No. espiras bobina} = \frac{\text{No. espiras por fases}}{\text{No. de bobinas}}$$

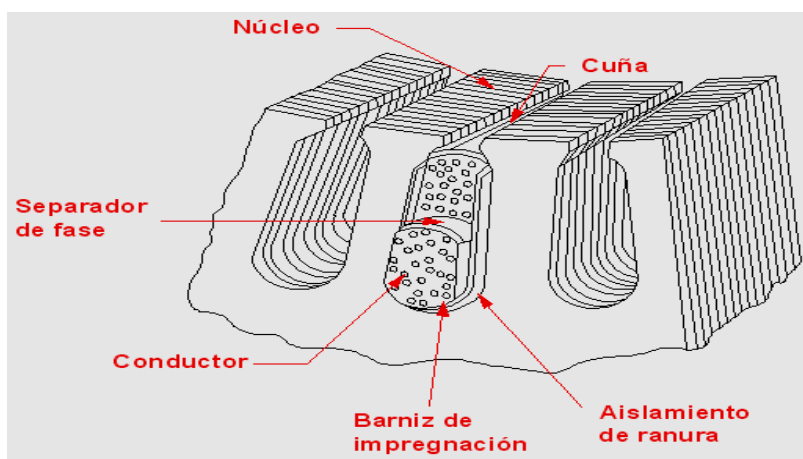
### 1.3.3 Extracción del arrollamiento antiguo.

En el transcurso de esta operación pueden tomarse los datos restantes necesarios para el rebobinado. Antes de extraer el arrollamiento estático de las ranuras es preciso determinar y anotar de qué modo están unidos entre sí los diversos polos a las diversas ramas del arrollamiento, y cuál es la clase de conexión entre fases.

### 1.3.4 Aislamiento de ranuras estáticas.

La figura 1.4 muestra el sistema de aislamiento, que consta de los siguientes elementos:


- Núcleo
- Cuña
- Conductor
- Separador de fase
- Aislamiento de ranura
- Barniz de impregnación



**Figura 1. 4** Aislamiento básico en máquinas eléctricas <sup>9</sup>

El aislamiento original será remplazado por otro de igual calidad y espesor.

La tabla 1.2, mostrada a continuación es del material aislante de fibra de vidrio.

	Ref.	Forma	Medidas	Presentación
	CUVR	Rectangular	3x2,4x2,6x2 8x2,10x2	100mts.
	CUVMC	Media caña	4x2,5x2.5,7x2.5,6x3 8x3,8x4	100mts.
	CUVCM	Cola milano	5x2,7x3,8x3,9x3,6x3 12x3	100mts.

**Tabla 1.2** Tabla de Características de cuñas de fibra de vidrio poliéster. <sup>10</sup>

<sup>9</sup> PUCCHOL, José, Manual de motores AC. Segunda edición. México. 1978.

<sup>10</sup> <http://www.dmatel.es/CUNAS.html>

### **1.3.5 Confección de bobinas.**

Generalmente para la confección de las bobinas se usa una máquina llamada rebobinadora las mismas que se clasifican en:

- Manual
- Semiautomática
- Automática

#### **1.3.5.1 *Proceso Manual***

En éste proceso de confección de grupos de bobinas, se debe medir exactamente el diámetro de la bobina del yugo del motor a ser rebobinado, y escoger el tipo de molde ya sea este tipo imbricado o concéntrico. La rebobinadora de banco manual está provista de un eje en el cual se empotra un canal de metálica perforada donde se coloca los moldes a la distancia adecuada. Dicho eje provisto de dos puntos de apoyo (rodamientos), y en otro extremo del eje provisto de una manivela para el movimiento rotacional del eje.

En este proceso el operario guía el alambre en el molde y debe dar también movimiento rotacional a la rebobinadora de banco manual, como también debe estar atento al número de espiras de cada bobina y su respectivo paso, y tener presente el sentido de giro de los moldes (sentido de giro para realizar la confección de los grupos de bobinas).

#### **1.3.5.2 *Proceso Semiautomático***

En este proceso también interviene la mano del hombre pero con una gran diferencia que en este caso se cuenta con una máquina eléctrica, manipulada mediante un control semiautomático, este se usa principalmente para facilitar las maniobras de mano del técnico rebobinador. Dicha máquina brinda parámetros de construcción de grupos de bobinas, tales como número de espiras, velocidad,



sentido de giro, que ayudaran a tener un arrollamiento nuevo de mejores características y condiciones, que son construidas manualmente.

### **1.3.5.3 Proceso Automático**

Una rebobinadora automática es aquella que es capaz de funcionar sin la intervención de ninguna persona, es decir, la que actúa por un hecho determinado.

Es el uso de elementos sistemáticos como control numérico, controladores lógicos programables (PLC) y otros sistemas de control industrial, relacionados con otras aplicaciones de la tecnología de la información, para el control industrial de maquinaria y procesos, reduciendo la necesidad de intervención humana <sup>11</sup>.

La rebobinadora automática realiza todo el proceso de confección de bobinas en forma sincronizada, es decir que no interviene la mano del hombre, esta máquina funciona con un interface hombre-máquina, se utiliza para confeccionar grupos de bobinas en serie (fabricación), ya que todo movimiento y especificación técnica de la bobina es controlado por un teclado.

### **1.3.5.4 Tipos de bobinados de corriente alterna.**

Cada fase del devanado trifásico está formada por varias espiras formando bobinas, conectadas de forma que se sumen las fuerzas electromotrices engendradas en los conductores. El bobinado de cada fase es de tipo tambor y abierto (con un principio y un final). Las fases deben ser idénticas y desfasadas entre sí, basándose en el ángulo característico del sistema (120° eléctricos en el devanado trifásico). Las bobinas del devanado forman grupos que pueden ser según su forma:

- Concéntricos, e Imbricados.

---

<sup>11</sup> Diccionario de Ingeniería, Editorial Cultural S.A. Miguel García Reveré

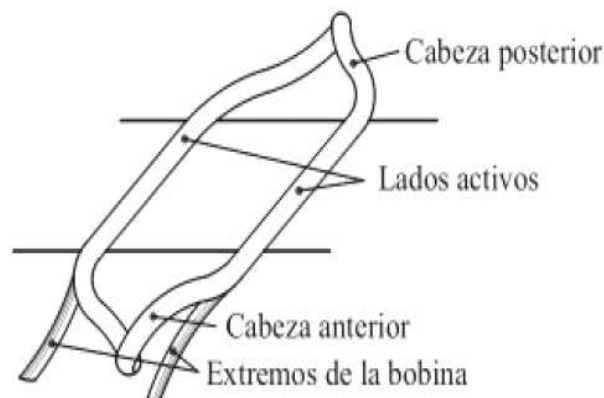
Según la manera de conexión de los grupos de bobina de una misma fase, el devanado puede ser conectado:

- Por polos.
- Por polos consecuentes.

#### 1.3.5.4.1 Términos técnicos del bobinado de motores eléctricos.

##### ***Bobina.***

En la figura 1.5, se muestra un conjunto compacto de espiras al que se denomina bobina. Las que van alojadas en las ranuras de la armadura por sus lados activos y cabezas.



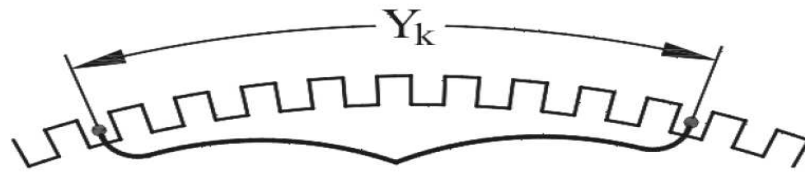
**Figura 1.5** Bobina <sup>12</sup>

##### ***Paso de bobina***

La figura 1.6, indica la distancia ( $Y_k$ ), que hay entre los dos lados de una bobina. Se puede medir en fracciones del paso polar, en radianes eléctricos o geométricos, pero normalmente se mide contando el número de ranuras que hay entre los dos lados de la bobina (al paso de bobina medida en número de ranuras se le designara paso de bobina).

---

<sup>12</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/BobinadosImbricados.htm>



**Figura 1.6** Paso de bobina <sup>13</sup>

### ***Devanados abiertos***

Están formados por una o varias fases, cada una de las cuales tiene un principio y un final. Estos devanados se usan en las máquinas de corriente alterna.

### ***Devanado de una capa o simple capa.***

En éste devanado, cada ranura solo posee un lado activo de una bobina. Actualmente solo se utilizan estos devanados en máquinas de c.a. En la figura 1.7 se puede observar el devanado de una capa.



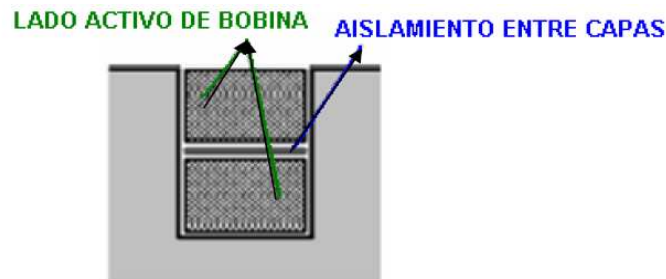
**Figura 1.7** Devanado de una capa <sup>14</sup>

### ***Devanado de dos capas o doble capa.***

En los devanados de doble capa, en cada ranura hay dos lados activos correspondientes a dos bobinas distintas, colocados uno encima del otro formando dos capas de conductores entre las cuales se coloca un aislante.

<sup>13,14</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/BobinadosImbricados.htm>

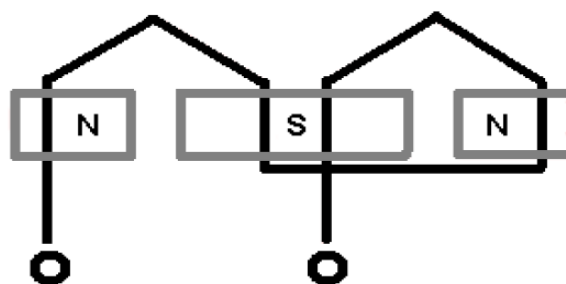
Estos devanados son abiertos. En la figura 1.8, se puede observar el devanado de doble capa.



**Figura 1.8** Devanado doble capa <sup>15</sup>

#### 1.3.5.4.2 Bobinado por polos.

Un bobinado es por polos cuando el final de un grupo de bobinas está conectado con el final del siguiente, y el principio de un grupo con el principio del siguiente, dejando sin conectar el principio del primer grupo y el principio del último, que serán el principio y el final, respectivamente de la fase. En la figura 1.9, se puede observar el bobinado por polos. En un bobinado por polos, el número de grupos por fase es igual al número de polos. Y el número total de grupos, es el número de grupos por fase, por el número de fases.



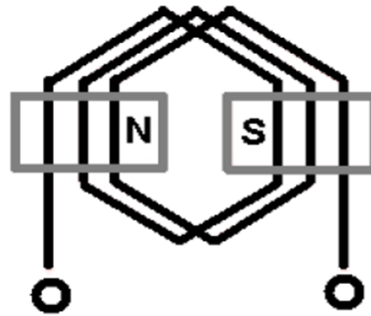
**Figura 1.9** Bobinado por polos <sup>16</sup>

#### 1.3.5.4.3 Bobinado imbricado.

Los bobinados imbricados están realizados con bobinas de igual tamaño y forma.

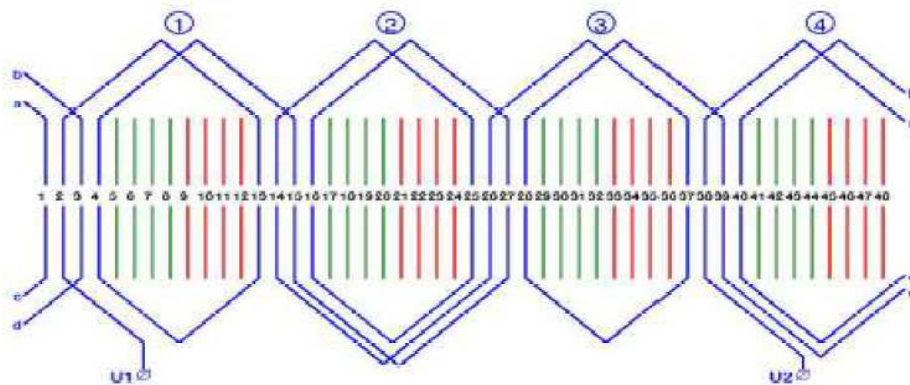
<sup>15,16</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/BobinadosImbricados.htm>

En los bobinados imbricados, un grupo polar se obtiene conectando en serie varias bobinas de una misma fase, todas ellas correspondientes al mismo polo como se muestra en la figura 1.10.



**Figura 1.10** Bobinado imbricado <sup>17</sup>

Por esta razón, en estos bobinados hay que retroceder para conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente, pues el final de una bobina está por delante del principio de la siguiente con la que se conecta. Obteniendo de esta manera los dos terminales de alimentación U1 y U2. Como se indica en la figura 1.11. Cuando un bobinado imbricado es de una sola capa el paso de bobina medido en número de ranuras, debe ser impar.



**Figura 1.11** Bobinado imbricado de una sola capa <sup>18</sup>

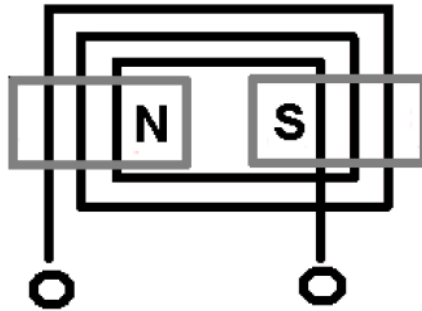
Por consiguiente, una bobina tendrá uno de sus lados en una ranura par y el otro en una ranura impar y el paso de bobina, es, pues, impar.

<sup>17,18</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/Bobinados.htm>

#### 1.3.5.4.4 Bobinado concéntrico.

En los bobinados concéntricos las bobinas de un grupo polar son de diferentes tamaños, y se van situando sucesivamente unas dentro de las otras.

En la figura 1.12, se puede observar el bobinado concéntrico.



**Figura 1.12** Bobinado concéntrico <sup>19</sup>

En este tipo de bobinado los pasos de bobina son diferentes de unas bobinas a otras. Los bobinados concéntricos pueden ser construidos tanto por polos como por polos consecuentes.

Los bobinados trifásicos se realizan por polos consecuentes, el bobinado trifásico concéntrico por polos consecuentes, se puede observar en la figura 1.13.

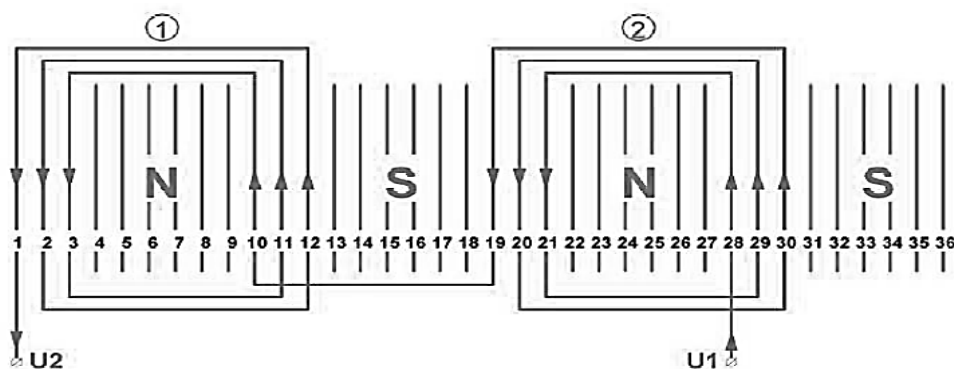
Cuando se usa la conexión por polos consecuentes, el valor medio de los pasos de las bobinas de un grupo polar es igual al paso polar.

#### ***Paso polar.***

El paso polar, es la distancia entre dos polos consecutivos (es el número de ranuras que corresponden a cada polo). Puede ser expresado en centímetros o por el número de ranuras.

---

<sup>19</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/Bobinados.htm>



**Figura 1.13** Bobinado trifásico concéntrico por polos consecuentes.<sup>20</sup>

### 1.3.6 Colocación de las bobinas en las ranuras

La colocación de las bobinas en sus respectivas ranuras requiere de pericia y mucho cuidado, generalmente se lo realiza introduciendo espira por espira en los motores que tienen ranuras semicerradas.

Cuando se trata de un bobinado imbricado, (aquel que se asemeja a una trenza) se procederá de la siguiente manera:

- ✓ Se coge un grupo de bobinas y se aloja en el fondo de las ranuras un solo lado de las mismas, dejando libre el segundo lado.
- ✓ Se repite la operación hasta que la ranura correspondiente al segundo lado de la primera, ha sido ocupado en su parte inferior por otra bobina y así sucesivamente hasta completar el bobinado.

### 1.3.7 Conexión de las bobinas entre sí

Las tres fases de un motor trifásico están siempre conectadas en estrella o en triángulo. En la conexión estrella los finales de las fases están unidos conjuntamente en el punto común (centro de estrella) punto neutro, y cada principio de fase va conectado a una de las líneas de red.

<sup>20</sup> <http://endrino.pntic.mec.es/rpel0016/Bobinados.htm>

El nombre de estrella que se designa a dicha conexión es debido a la forma que adopta las fases y se la representa abreviadamente por el símbolo (Y).

La conexión en triángulo, cuando el final de cada fase está unido al principio de la siguiente. Por ejemplo el final de la fase A esta unido al principio de la fase B, el final de la fase B al principio de la fase C, y el final de la fase C al principio de la fase A. De cada punto de unión o vértice parte una conexión hacia la red.

### 1.3.8 Verificación eléctrica del nuevo arrollamiento

Tras la reparación o rebobinado de un motor trifásico es preciso someter su arrollamiento a determinadas pruebas, con objeto de detectar la presencia de defectos. Tales como:

- ✓ **Prueba de Contactos a masa.-** Se verifica que el arrollamiento no esté en contacto a la carcasa del motor.
- ✓ **Prueba de Interrupciones.-** Se comprueba la conductividad de cada una de las bobinas del arrollamiento.
- ✓ **Prueba de Cortocircuitos.-** Esta se realiza a las diferentes bobinas del arrollamiento para comprobar si hay cortocircuito unas con otras.
- ✓ **Prueba de inversión de bobina.-** Esta se realiza sin rotor y alimentando al estator con voltaje controlado, y con la ayuda de un rodamiento, creando un campo magnético controlado, éste seguirá las líneas de flujo del campo, en caso de que este invertido el sentido de un grupo de bobinas el rodamiento nos indicara pues las líneas de flujo que crea esta será opuestas al resto y el rodamiento se enclava y no gira.
- ✓ **Prueba de inversión de giro.-** Esta se realiza una vez el motor esté conectado y alimentado, se observa su sentido de giro, en caso de no ser el correcto se debe invertir una fase de alimentación.



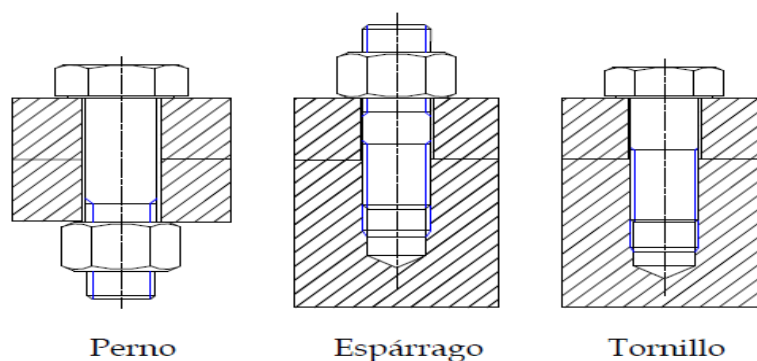
### 1.3.9 Secado e impregnación

Una vez verificado eléctricamente el arrollamiento, se introduce el motor en una estufa a unos 120°C y se deja en ella durante dos o tres horas. Entonces se impregnan las bobinas por espacios de unos cinco minutos con barniz de buena calidad, y se dejan escurrir. Finalmente, el motor se introduce nuevamente en la estufa, donde permanecerá unas tres horas a la misma temperatura de antes.

## 1.4 ELEMENTOS DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA

El estudio de los elementos de unión roscados es de vital importancia, pues permiten el fácil montaje y desmontaje de piezas o elementos de máquinas, facilitando así el mantenimiento de los sistemas industriales, entre los que se encuentran principalmente la construcción de maquinaria en general.

### 1.4.1 Elementos de sujeción <sup>21</sup>



**Figura 1.14** Tipos de elementos <sup>22</sup>

#### 1.4.1.1 Pernos

Son elementos roscados que unen varias piezas sirviendo de elemento de articulación o giro, apoyo o anclaje entre las mismas.

<sup>21</sup> <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/union-entre-piezas.pdf>.

<sup>22</sup> [http://es.scribd.com/tubi\\_chubi/d/37142141-Tor-Nil-Los](http://es.scribd.com/tubi_chubi/d/37142141-Tor-Nil-Los)

Dependiendo de la función que realicen reciben distintos nombres:

- Pernos de apoyo.
- Pernos de articulación.
- Pernos de anclaje.

#### **1.4.1.2 Tornillos de unión**

Un tornillo es un cuerpo cilíndrico con una cabeza en un extremo para su enroscado; el otro extremo sirve para encajar mediante esfuerzos de presión y giro, en una tuerca o en un hueco roscado. Las tuercas tienen el roscado por el interior. La cabeza del tornillo y la tuerca suelen ser hexagonales, aunque pueden tener otras formas.

En definitiva, los tornillos constan de dos partes

- **Cuerpo:** o elemento de unión, que está roscado.
- **Cabeza:** o elemento de apriete.

#### **1.4.1.3 Espárrago**

Es una varilla roscada por ambos extremos con la parte central sin roscar. Se suelen fijar en piezas metálicas grandes o costosas, donde se unen otras más simples que se van a desmontar con cierta regularidad durante la vida del mecanismo.

Con ello se consigue que si durante el montaje o desmontaje se deteriora algún elemento, éste sea el espárrago y nunca la rosca de la pieza base.

Para llevar a cabo el montaje y desmontaje de un espárrago se coloca una tuerca fijada mediante una contratuerca, haciendo girar ambas simultáneamente mediante llaves de tubo.


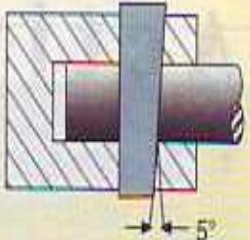
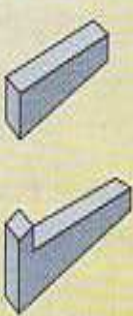

### 1.4.2 Prisioneros

Son pequeños tornillos que se enroscan en una pieza, traspasándola y alojándose en un hueco de otra segunda. De esta forma se evita que una pieza pueda girar o desplazarse longitudinalmente respecto a la otra.

### 1.4.3 Chavetas

Son piezas prismáticas en forma de cuña de acero que se interponen entre dos piezas para unir las y transmitir un esfuerzo entre ellas. Para ello es necesario realizar, previamente, un chavetero (ranura) en ambas piezas donde se introduce una chaveta.

En la figura 1.15 se puede observar el tipo de chavetas.

TIPO	DIBUJO	MONTAJE TÍPICO
<p><b>Chaveta transversal</b></p> <p>Colocada perpendicular al eje y forzada en una de las piezas, se utiliza para unir ejes o útiles de maquinas herramientas, de forma similar a los pasadores.</p>		
<p><b>Chaveta Longitudinal</b></p> <p>Se coloca paralela al eje y se utiliza para transmitir el giro entre dos piezas, inmovilizándolas en sentido axial, al ajustarse la chaveta en sentido radial sobre las piezas.</p>		

**Figura 1.15** Tipos de Chavetas <sup>23</sup>

<sup>23</sup> <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/union-entre-piezas-pdf>

#### 1.4.4 Lengüetas

Al igual que las chavetas, son piezas prismáticas de acero que se fijan al chavetero, por medio de tornillos o mediante una forma especial (lengüetas de disco). Las lengüetas permiten el desplazamiento longitudinal de una pieza respecto de la otra ya que no están sujetas, pero no permiten el giro axial.

#### 1.4.5 Soldadura <sup>24</sup>

Se llama soldadura a la unión de dos piezas metálicas de igual o parecida composición, de forma que la unión quede rígida y estática. Existen diferentes tipos de soldadura por fusión, pero los más utilizados en este proyecto son dos:

- Soldadura por arco eléctrico
- Soldadura MIG

##### 1.4.5.1 *Soldadura por arco eléctrico*

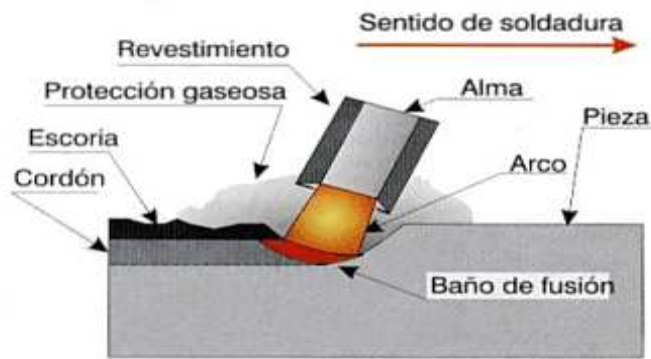
El sistema de soldadura por arco eléctrico es uno de los procesos por fusión para unir piezas metálicas. Mediante la aplicación de un calor intenso; el metal en la unión de dos piezas es fundido causando una mezcla de las dos partes fundidas entre sí, o en la mayoría de los casos, junto con un aporte metálico fundido.

Luego del enfriamiento y solidificación del material fundido, se obtuvo mediante este sistema una unión mecánicamente resistente.

En la figura 1.16 se observa básicamente el funcionamiento de la soldadora, de la máquina de soldar, salen dos cables, uno al que va unido el soporte del electrodo y otro para unir la mordaza para cerrar el circuito. En el soporte se introducen los electrodos. Al acercarse el electrodo a la pieza de metal se produce el arco que hace que el metal del electrodo se funda con las piezas de metal.

---

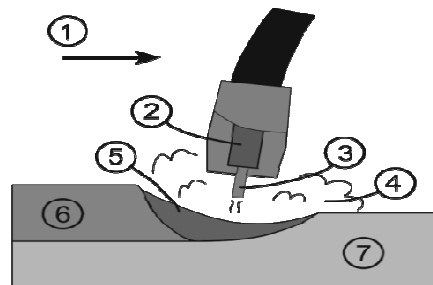
<sup>24</sup> <http://es.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Elctrica-Mig-y-Tig>



**Figura 1.16** Suelda por arco eléctrico <sup>25</sup>

#### 1.4.5.2 Soldadura MIG

La soldadura MIG/MAG es un proceso versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones, este procedimiento es muy utilizado en espesores pequeños y medios en estructuras de acero y aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere una gran trabajo manual. A continuación en la figura 1.17 se observa los elementos más importantes que intervienen en el proceso:



**Figura 1.17** Suelda MIG <sup>26</sup>

1. Dirección de la soldadura
2. Tubo de contacto
3. Hilo
4. Gas protector
5. Soldadura
- 6 y 7. Piezas a unir.

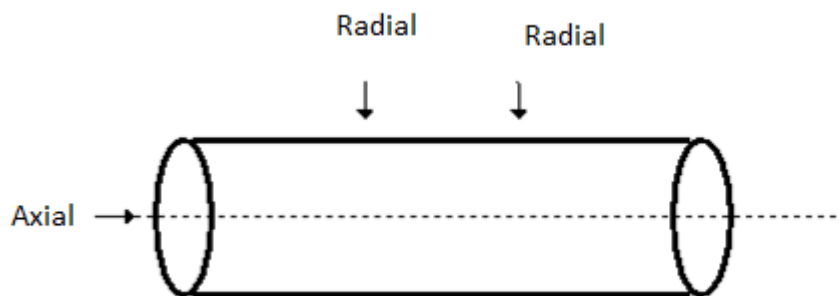
<sup>25,26</sup> <http://es.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Elctrica-Mig-y-Tig>

## 1.5 TRANSMISIONES MECÁNICAS

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por translación.

### 1.5.1 Eje

Es una barra cilíndrica de acero, con movimiento de rotación y soportada, en dos o más puntos, por los cojinetes.



**Figura 1.18** Eje <sup>27</sup>

La diferencia de los términos de la figura 1.18 se puede resumir en la siguiente forma:

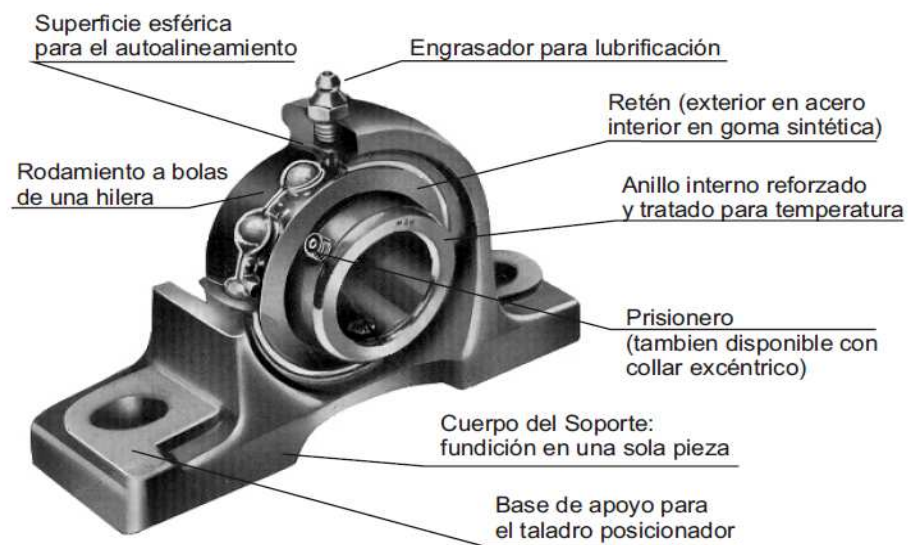
- **Eje:** Cargados transversalmente y sujetos a esfuerzos de flexión, para acople de piezas giratorias.
- **Radial:** En el sentido del radio.
- **Axial:** En el sentido del eje geométrico de la barra.
- **Combinada:** Se compone de fuerzas radiales y axiales.

---

<sup>27</sup> <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/union-entre-piezas>

### 1.5.2 Chumacera <sup>28</sup>

Es un soporte con rodamiento orientable, está formado por un rodamiento a bolas de una hilera con una junta de retén que estanca a ambos lados y por los diferentes tipos de soporte. En la figura 1.19 se ve sus partes componentes.



**Figura 1.19** Partes de una chumacera <sup>29</sup>

El rodamiento esférico usado en las chumaceras es muy similar en su construcción interna a las series 6200 y 6300 de los rodamientos a bolas de una hilera. Estos rodamientos pueden trabajar con cargas radiales, con cargas axiales o con una combinación de las mismas.

### 1.5.3 Rodamientos

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya. Su clasificación ver en el Anexo 2.

<sup>28,29</sup> [www.jocartransmisiones.com/.../15-Soportes%20con%20rodamiento](http://www.jocartransmisiones.com/.../15-Soportes%20con%20rodamiento)

### 1.5.4 Polea

La información principal que interesa conocer en una polea es:

- Ancho
- Diámetro
- Material de construcción

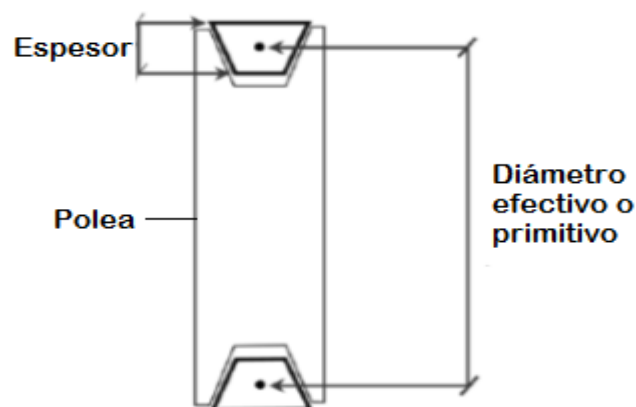
El diámetro efectivo de la correa o también llamado diámetro primitivo, se encuentra determinado por la posición de la llanta (parte donde se asienta la banda en la polea), es aquel punto en que la velocidad de la correa y la velocidad de la polea acanalada teóricamente son iguales.

A partir del esquema de la figura 1.20, se calcula el diámetro efectivo o primitivo a partir de la siguiente ecuación:

**Diámetro efectivo** = Diám. Externo -  $(2 \cdot e/2)$  (e = espesor de la correa)

Simplificando:

**Diámetro efectivo** = Diám. Externo - e



**Figura 1.20** Diámetro efectivo de una polea para correa trapezoidal <sup>30</sup>

<sup>30</sup> <http://www.tecnologia.maestrojuandeavila.es/temas/mec/mec.htm>



***El diámetro es importante para establecer la relación de transmisión:***

$$N_1 d_1 = N_2 d_2$$

Donde:

$d_1$  = Diámetro de la polea motriz

$N_1$  = Velocidad de la polea motriz (r.p.m.)

$d_2$  = Diámetro de la polea conducida

$N_2$  = Velocidad de la polea conducida (rpm).

***Los materiales más comúnmente utilizados en la construcción de poleas***

- Madera, Hierro, Acero, Aluminio.

***Características:***

- Las de madera son más livianas y por esto fatigan menos las transmisiones; además, su montaje es sencillo.
- Las de hierro tienen mayor resistencia y duración; se emplean para transmitir grandes potencias.
- Las de acero son más livianas que las anteriores y por consiguiente fáciles de montar.
- El aluminio es el material más liviano pero presenta el inconveniente de menor resistencia.

### **1.5.5 Bandas o Correas**

Las bandas o correas, son las que soporta la fuerza de tracción, estas consisten en cordones de algodón o rayón, a veces reforzados por hilos metálicos o de nylon, ubicados a la altura de la fibra neutra.

El núcleo de caucho que se caracteriza por ser flexible y poderse comprimir.

También se encuentra un recubrimiento, que es para tener mayor adherimiento a la polea y disminuir el patinamiento y el desgaste prematuro. También tiene un soporte de caucho que es el que protege a las cuerdas.

### ***Ventajas y Desventajas de las poleas:***

#### ***Ventajas***

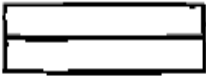


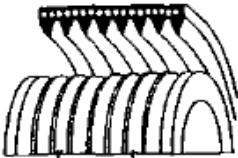
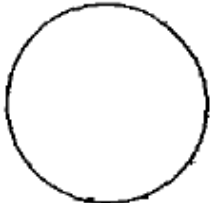
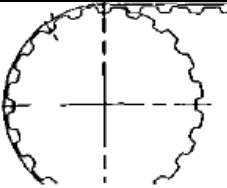
- Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.
- Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.
- Facilidad de ser empleada como fusible mecánico, debido a que presenta una carga límite de presión, valor que de ser superado produce el patinaje (resbalamiento) entre la banda y la polea.
- Diseño sencillo.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo.

#### ***Desventajas***

- Grandes dimensiones exteriores.
- Inconstancia de la relación de transmisión cinemática debido al deslizamiento elástico.
- Grandes cargas sobre los árboles y apoyos, por consiguiente considerables pérdidas de potencia por fricción.
- Vida de la banda relativamente corta.

En la tabla 1.3 se representa cada una de los tipos de bandas con su respectiva sección, el tipo de construcción, y las características de funcionamiento de cada una de estas.

Tabla 1.3 Tipo de bandas.<sup>31</sup>

TIPO DE BANDA	SECCIÓN	CONSTRUCCIÓN	CARACTERÍSTICAS
PLANA		Cuero hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Alta resistencia, peso moderado, amplio rango de secciones Muy flexible, resistencia al aceite altos límites de velocidad poleas de bajo costo alta relación de velocidad, desgaste en poleas despreciable.
TRAPEZOIDAL CLÁSICA SERVICIO PESADO		Hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Moderada resistencia a la temperatura, alta resistencia al aceite, fuego, poco ajuste inicial en la banda, larga vida por fatiga a la flexión, baja absorción de agua.
TRAPEZOIDAL ANGOSTA SERVICIO PESADO		Hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Alta resistencia potencia/tamaño, alta resistencia al calor, bajo costo/potencia, en comparación a la clásica, mayor flexibilidad, apropiada para altas potencias y pequeñas poleas
TRAPEZOIDAL ACANALADA		Hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Alta flexibilidad, altos límites de velocidad, bajo desgaste de poleas, resistente al aceite, apropiada para altas velocidades.
REDONDA		Hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Aplicaciones de baja velocidades, resistencia al aceite aplicaciones de baja potencia como instrumentos de medición transmisiones de ¼ de vuelta o transmisiones intermitentes.
SINCRÓNICA		Hule o caucho reforzado con fibras sintéticas	Proporciona relación entre ejes constantes, apropiada cuando se requiere sincronización entre ejes.

<sup>31</sup> [www.ing.puc.cl/icm2312/apuntes/correas](http://www.ing.puc.cl/icm2312/apuntes/correas).

### 1.5.6 Engranajes

Se utilizan para transmitir movimiento cuando dos ejes están muy próximos entre sí.

#### ***Tipos de Engranajes***

Según la forma de los dientes y la disposición de los ejes:

- **Recto.** Cuando los dientes de los engranajes son paralelos a los ejes que los soportan. En un sistema de engranajes, algunos llaman Piñón al de menor número de dientes y Rueda Dentada al de mayor número.
- **Cónico.** Cuando la transmisión se efectúa en ángulo recto (90°). Los dientes pueden ser rectos, oblicuos o en espiral.
- **Helicoidales.** La forma del diente es una hélice cilíndrica y curvada. Sirven para transmitir movimiento entre ejes paralelos y oblicuos.
- **Tornillo Sin fin.** Se usan para obtener grandes reducciones de velocidad entre ejes que no se interceptan pero hacen un ángulo de 90° el uno con respecto al otro.

## 1.6 CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

El contactor es un interruptor accionado electromagnéticamente diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia.

### ***1.6.1 Partes del contactor electromagnético***

En la figura 1.21 se indica las partes básicas que están constituidas por:

- **Contactos principales:** Destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia.
- **Contactos auxiliares:** Destinados a abrir y cerrar el circuito de mando, están acoplados mecánicamente a los contactos principales.

- **Bobina:** Produce una fuerza de atracción al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su alimentación puede ser de 12, 24, 110 o 220 V.
- **Armadura:** Es la parte móvil que se encarga de desplazar los contactos principales y auxiliares por la excitación de la bobina.
- **Núcleo:** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

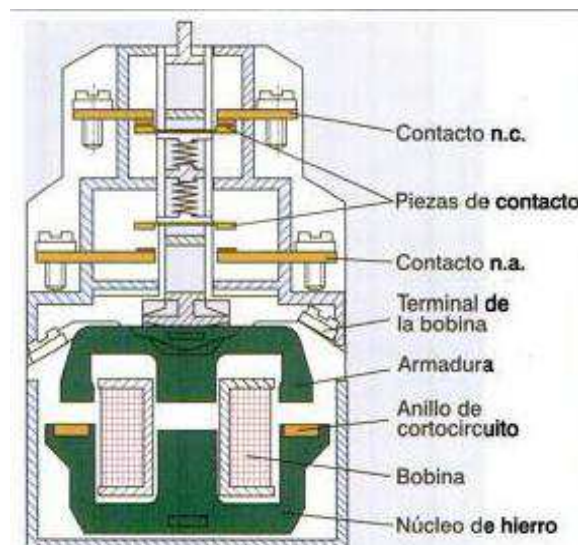


Figura 1.21 Partes internas de contactor <sup>32</sup>

**Existen 2 tipos de contactos:**

- Potencia
- Auxiliares.

**Los contactos de potencia.**- tienen generalmente 3 contactos principales y por lo menos un contacto auxiliar y su aplicación es en control de cargas de potencia.

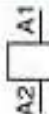
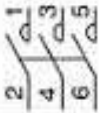

**Los contactos auxiliares.**- tienen solamente contactos auxiliares y se utilizan principalmente para las tareas de control y regulación en los circuitos de mando, señalización y enclavamiento.

---

<sup>32</sup> Electrotecnia” por Peter Bastian, Editorial “Akal” pg. 88, 2000.

Los contactos principales se identifican mediante números de una sola cifra, mientras que los contactos auxiliares se identifican mediante números de 2 cifras (la primer cifra es de posición y la segunda de función). Dicho esto, se puede identificar fácilmente los 2 tipos de contactores. La red se debe conectar a los bornes con número impar, el consumidor a los bornes con número par.

La simbología para representar los elementos de un contactor se detallan en la tabla 1.4.

Elemento	Símbolo	Identificador
Bobina		K
Contactos fuerza		K
Contacto auxiliar normalmente abierto		K
Contacto auxiliar normalmente cerrado		K

**Tabla 1.4** Simbología de elementos del contactor <sup>33</sup>

Cabe mencionar que se puede escribir un identificador secundario a la derecha de “K”, siendo “KM” si es de potencia ó “KA” si es auxiliar.

### 1.6.2 Selección de un contactor electromagnético.

Es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).
- La corriente de servicio ( $I_e$ ) que consume, en amperios (A).

<sup>33</sup> [www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm).

En la tabla 1.5 se observa la corriente de servicio mediante su respectiva potencia.

Potencia mecánica (Pm) (Kw)	Corriente de servicio (Ie) (A)	
	220 V	380 V
0,75	3	2
1,1	4	2,5
1,5	6	3,5
2,2	8,5	5
3	11	6,5
4	14,5	8,5
5,5	18	11,5
7,5	25	15,5
10	35	21
11	39	23
15	51	30
22	73,5	44

**Tabla 1.5** Tabla de corriente de servicio <sup>34</sup>

La tabla 1.6 muestra la naturaleza y la utilización del receptor, osea, su categoría de servicio.

Categoría de servicio	Ic / Ie	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
ACE	1	0,35
AC4	6	0,35

**Tabla 1.6** Tabla de categoría de servicio <sup>35</sup>

---

<sup>34,35</sup> [www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm)

La corriente de corte, depende del tipo de categoría de servicio y se obtiene a partir de la corriente de servicio, amperios (A).

### 1.6.3 Los pasos a seguir para la selección de un contactor.

- 1.- Obtener la corriente de servicio ( $I_e$ ) que consume el receptor.
- 2.- A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio.
- 3.- A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente de corte ( $I_c$ ).

### 1.6.4 Aplicaciones.

En la tabla 1.7, se puede identificar las aplicaciones de los contactores, en función de la categoría de servicio, son:

<b>Categoría de servicio</b>	<b>Aplicaciones</b>
AC1	<b>Cargas puramente resistivas</b> para calefacción eléctrica.
AC2	<b>Motores asíncronos</b> para mezcladoras, centrífugas.
AC3	<b>Motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado</b> , compresores, ventiladores.
AC4	<b>Motores asíncronos para grúas</b> , ascensores.

**Tabla 1.7** Tabla de aplicaciones de los tipos de contactores <sup>36</sup>

## 1.7 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO <sup>37</sup>

Un interruptor termomagnético o breaker, es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

<sup>36</sup> [www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm)

<sup>37</sup> Apuntes de control industrial, Ing. Jorge Molina



### 1.7.1 Funcionamiento.

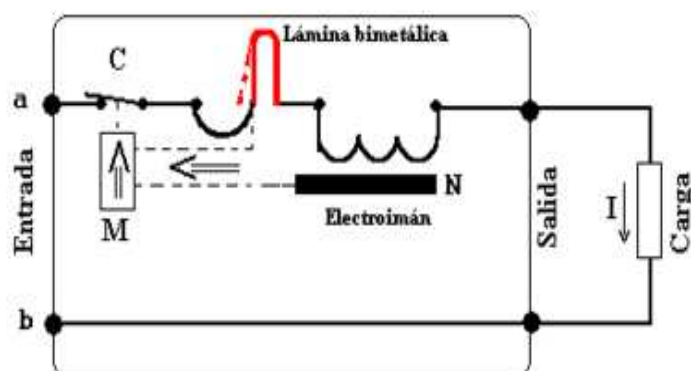
El interruptor termomagnético que se observa en la figura 1.22, funciona mediante dos dispositivos:

- **Dispositivo térmico**

Está compuesto por un bimetálico calibrado por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando ésta es superior a la intensidad para la que está construido el aparato, se calienta, se va dilatando y provoca que el bimetálico se arquee, con lo que se consigue que el interruptor se abra automáticamente.

- **Dispositivo magnético**

Lo forma una bobina, un núcleo y una parte móvil. La intensidad que alimenta la carga atraviesa dicha bobina, y en el caso de que ésta sea muy superior a la intensidad nominal del aparato, se crea un campo magnético que es capaz de arrastrar a la parte móvil y provocar la apertura del circuito de forma casi instantánea. Detecta las fallas por cortocircuito que pueda haber en el circuito eléctrico. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal, y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción.



**Figura 1.22** Interruptor termomagnético unipolar. <sup>38</sup>

<sup>38</sup> [www.bticino.cr/bticino/box\\_CR/contents](http://www.bticino.cr/bticino/box_CR/contents)

### 1.7.2 Clasificación de interruptores termomagnético

Están clasificados por Tipos B, C y D, la ubicación de estos se los puede observar en la figura 1.23.

#### Tipo B

Con 3  $I_n$  de sobrecarga, no desconecta. Con 5  $I_n$  de sobrecarga, desconecta.

#### **Aplicación:**

En líneas con cargas fuertemente (horno eléctrico) resistivas o con alumbrado fluorescente (de bajas corrientes de conexión)

#### Tipo C

Con 5  $I_n$  de sobrecarga, no desconecta. Con 10  $I_n$  de sobrecarga, desconecta

#### **Aplicación: (de mayor uso)**

En líneas con cargas del tipo de alumbrado y aparatos electrodomésticos (sin preponderancia de motores).

#### Tipo D

Con 10  $I_n$  de sobrecarga, no desconecta. Con 20  $I_n$  de sobrecarga, desconecta.

#### **Aplicación**

En caso de circuitos que alimentan motores que pueden arrancar con corrientes de 6 o 7 veces el  $I_n$  (con cuplas resistentes de arranque importantes). Los tiempos de desconexión son  $< 0,1$ seg.

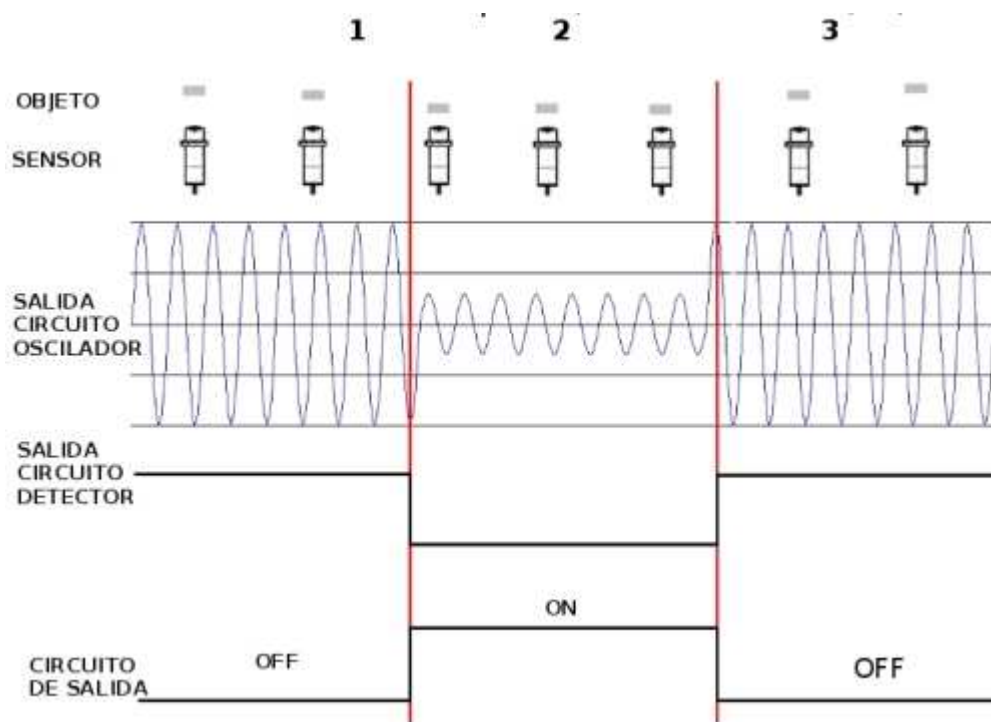


**Figura 1.23** Frente de un interruptor de riel con identificaciones obligatorias <sup>39</sup>

<sup>39</sup> <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero11/sobrecorrientes1.htm>

## 1.8 SENSOR ELÉCTRICO DE PROXIMIDAD <sup>40</sup>

En la figura 1.24, se visualiza el funcionamiento de un sensor eléctrico de proximidad, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.



**Figura 1.24** Funcionamiento del sensor eléctrico <sup>41</sup>

Los sensores eléctricos de proximidad se usan cuando hay que hacer detecciones rápidas, sin mantenimientos ni desgastes. Estos sensores son los más usados en los procesos de automatización por sus grandes ventajas que muestran en el Anexo 5.

El sensor utilizado en este proyecto es el descrito a continuación, ya que este cumplía con las características necesarias para la construcción de la máquina.

<sup>40,41</sup> <http://automatastr.galeon.com/seletrico.htm>

### 1.8.1 Sensor de proximidad inductivo

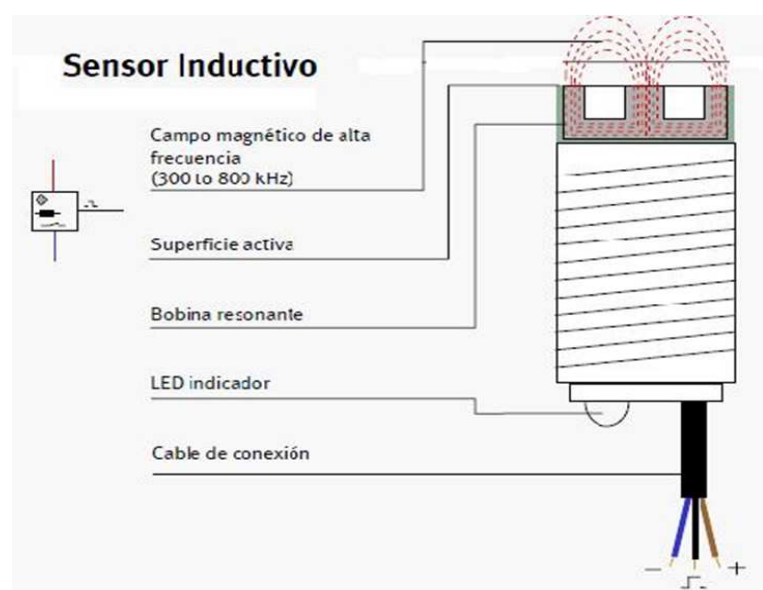


Figura 1.25 Sensor inductivo <sup>42</sup>

#### Funcionamiento

En la figura 1.25, muestra las partes del sensor inductivo que en el cual no hay contacto físico, el sensor puede detectar cualquier objeto metálico ferromagnético o no ferromagnético, no importa la forma.

#### Ventajas:

- No hay contacto con el objeto.
- No están expuestos al desgaste.
- No necesita mantenimiento.
- La respuesta del detector es clara y rápida.
- Insensibles a los golpes, a las vibraciones y al polvo.
- Resistentes a muchos productos químicos.
- Son de tamaño pequeño.
- Se puede instalar en cualquier lugar.

<sup>42</sup> <http://automatastr.galeon.com/selectrico.htm>

***Inconvenientes:***

- Solo puede medir distancias de menos de 4cm
- Solo se puede medir velocidades de hasta 50.000 r.p.m.

***Aplicaciones:***

Su utilización es muy apropiada en sistemas de fabricación automáticos ya que sus aplicaciones son muchas y es de larga duración, sin mantenimiento y muy eficaz.

**1.9 MOTORREDUCTOR**

Los Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

**Caja reductora****Motor eléctrico trifásico****Figura 1.26 Motorreductor**

En la figura 1.26, muestra un motorreductor el cual se suministra normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico

de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción.

***Ventajas:***

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

***1.9.1 Características del motorreductor - tamaño***

- **Potencia**, en HP, de entrada y de salida.
- **Velocidad**, en RPM, de entrada y de salida.
- **PAR** (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.
- **Relación de reducción**: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

***1.9.1.1 Características del trabajo a realizar***

- Tipo de máquina motriz.
- Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.
- Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.
- Duración de servicio: horas/día.
- N° de Arranques/hora.

***1.9.1.2 Guía para la elección del tamaño de un motorreductor***

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

***Características de operación***

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción.

***Características del trabajo a realizar***

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

***Condiciones del ambiente***

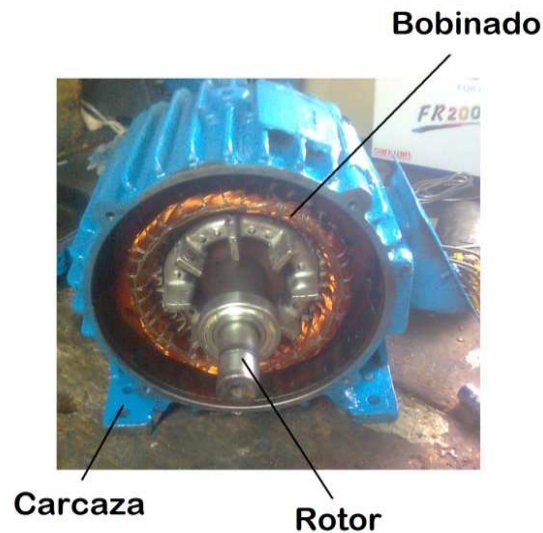
- Humedad
- Temperatura

***Ejecución del equipo***

- Ejes a 180°, ó, 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

**1.10 MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO**

En la figura 1.27, se muestra las partes principales de un motor eléctrico, que es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variable.



**Figura 1.27** Motor trifásico

### **1.10.1 Funcionamiento**

Un motor eléctrico trifásico está constituido, por arrollamientos que están debidamente desfasados 120 grados eléctricos en el yugo del estator.

Al alimentar con energía eléctrica trifásica de la red al arrollamiento del motor eléctrico se crea un campo magnético giratorio, este barre a las barras de la jaula de ardilla que conforman el rotor, las mismas que están cortocircuitadas en los extremos mediante anillos, induciendo una corriente en las mismas, la circulación de esta corriente produce un campo magnético secundario, y la interacción de los dos campos crea una fuerza magneto-motriz, con la que se crea torque y saca de la inercia al rotor.

## **1.11 VARIADOR DE FRECUENCIA**

Los variadores de frecuencia 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:

$$N_s = \frac{120 * f}{P}$$

**Ec. (1)**

- Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$N_m = \frac{120 * f * (1 - s)}{P}$$

**Ec. (2)**

Donde:

N<sub>s</sub>= velocidad síncrona (rpm)

N<sub>m</sub>= velocidad mecánica (rpm)

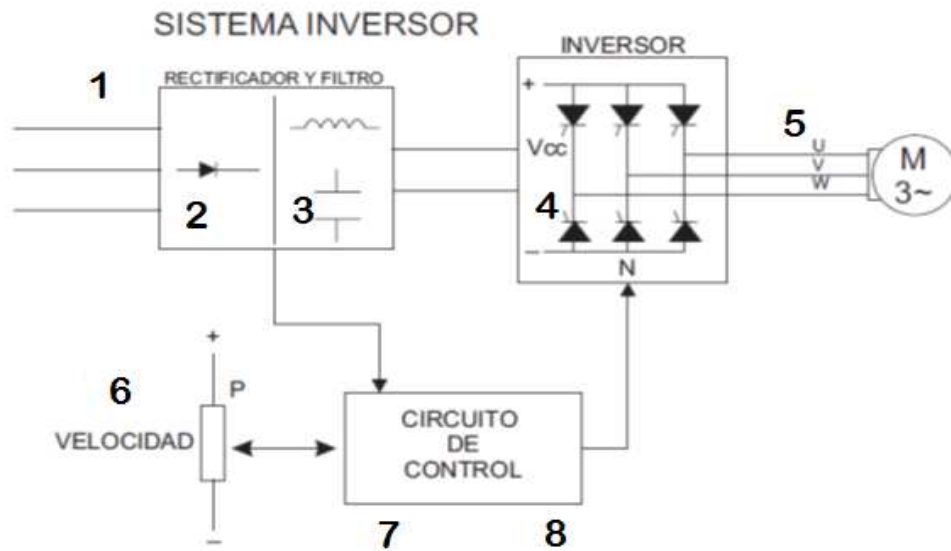
f = frecuencia de alimentación (Hz)

s= deslizamiento (adimensional)

P= número de polos.

Como puede verse en las ecuaciones (1) y (2), 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 los variadores manipulan la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

En la figura 1.28, representa el esquema básico de funcionamiento de un variador de frecuencia.



**Figura 1.28** Esquema básico de un variador de frecuencia <sup>43</sup>

- 1) Conjunto variador de frecuencia compuesto básicamente de:
- 2) Rectificador de corrientes trifásicas.
- 3) Filtrado por condensador.
- 4) Paso de corriente continua a corriente alterna, a base de tiristores.
- 5) Detección de la intensidad de corriente  $I_m$  absorbida por cada fase del motor.
- 6) Regulación de la variación de frecuencia.
- 7) Control de la velocidad, que con las referencias de  $I_m$  (5), velocidad elegida (6) y filtrado (3), actúa directamente sobre los tiristores a través de (8).
- 8) Control digital que envía la señal de (7) a (4).

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximo 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.

<sup>43</sup> <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/var/ace.variador.3.mecanismo.pdf>

### **1.11.1 Funciones de un variador de frecuencia**

- Arranque y regulación de velocidad, frenado de desaceleración y frenado de parada.
- Ahorro de energía.
- Controlar la cantidad de corriente y voltaje que ingresa al motor en el momento del arranque, logrando de esta manera que el arranque del motor sea progresivo de menos a más con la corriente y voltaje, estrictamente necesarios.
- Protección del motor y del variador,
- Velocidades preseleccionadas, marcha paso a paso (JOG), mando 2 hilos/3 hilos.
- Limitación automática del tiempo de marcha a pequeña velocidad.
- Visualización de la velocidad en "unidades cliente", etc.

### **1.11.2 Ventajas de la utilización del Variador de frecuencia en el arranque de motores asíncronos.**

- El variador de frecuencia no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc.).

### **1.11.3 Inconvenientes de la utilización del Variador de frecuencia en el arranque de motores asíncronos.**

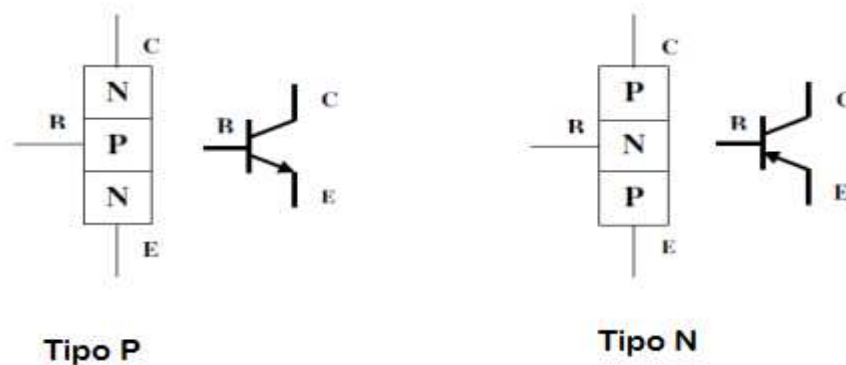
- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

## 1.12 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

Un componente electrónico es una base electrónica, elemento que está disponible en una forma discreta (un dispositivo discreto o componente discreto) que tiene dos o más terminales eléctricos. Estos por lo general están soldados a una placa de circuito impreso, para crear un circuito electrónico.

### 1.12.1 Transistor bipolar <sup>44</sup>

La figura 1.29, se ve la representación de un elemento electrónico que tiene 3 terminales denominados colector, base y emisor, en su estructura interna está construido por 3 capas de material semiconductor del tipo P y tipo N, colocados en forma alternada, es por eso que existen 2 tipos: el NPN y el PNP.



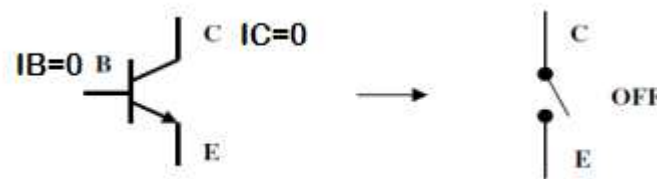
**Figura 1.29** Transistor tipo npn, y pnp.<sup>45</sup>

Se denomina unión semiconductor o juntura a la unión de un semiconductor tipo P con un tipo N, idéntico a un diodo.

<sup>44,45</sup> Electrónica teoría de circuitos, Boylestad

### 1.12.1.1 Región de Corte.

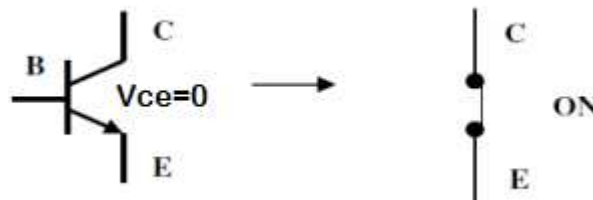
La corriente de base es la que controla el funcionamiento del transistor, si la  $I_B = 0$ , la corriente de colector  $I_C$  también será 0, tal como se indica en la figura 1.30, lo cual significa que el transistor funciona como un interruptor abierto, se dice que el transistor está en corte cuando la polarización del mismo produce una corriente de base igual a cero.



**Figura 1.30** Región de corte, el transistor actúa como interruptor abierto.<sup>46</sup>

### 1.12.1.2 Región de Saturación.

Si la corriente de base de un transistor es muy grande la corriente de colector también es muy grande y mientras más grande es la corriente de colector más pequeña es el voltaje entre colector – emisor, de tal manera que si la corriente de colector se incrementa demasiado, el voltaje colector – emisor  $V_{CE}$  prácticamente es 0, tal como se indica en la figura 1.31. En estas condiciones el transistor está saturado y su funcionamiento es muy parecido a un interruptor cerrado.



**Figura 1.31** Región de saturación, el transistor actúa como interruptor cerrado<sup>47</sup>

<sup>46,47</sup> Electrónica teoría de circuitos, Boylestad

### 1.12.2 Diodo

En la figura 1.32, tiene las características de un diodo, que es un elemento formado por dos semiconductores tipo N y tipo P, donde la respuesta tensión corriente no es lineal, un diodo ideal permite el flujo de corriente en conducción directa y lo impide en conducción inversa, en un diodo real la diferencia de potencial (umbral) es no nula y depende del material semiconductor del diodo. A temperatura ambiente, en los diodos de germanio el umbral es aproximadamente 0,3V mientras que en los diodos de silicio es aproximadamente 0,7V.

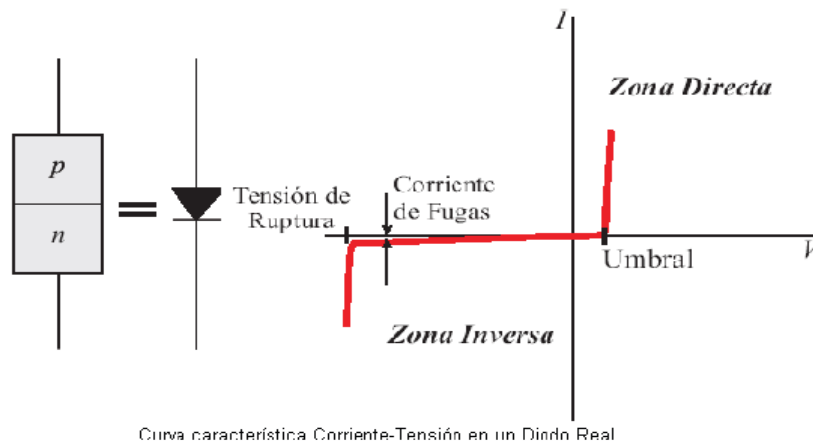


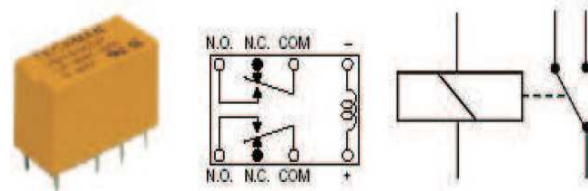
Figura 1.32 Funcionamiento de un diodo <sup>48</sup>

### 1.12.3 Relé electromagnético 5Vdc -120ac -10 A.

La figura 1.33 es un conmutador electromecánico controlado el cual sirve como interruptor, sus elementos son una bobina que cumple la función de electroimán donde se conecta el circuito controlador o el voltaje de entrada, el cual permite activar o desactiva uno o varios contactos, los contactos pueden ser normalmente abiertos NA o normalmente cerrados NC, teniendo un contacto común, los dos tipos de contactos cambian de estado cuando se activa el relé.

<sup>48</sup> Electrónica teoría de circuitos, Boylestad

El relé con el que trabajamos tiene presente un voltaje de entrada para activar de ( $V_{cc}$ ) de  $3.5V_{DC}$  a un máximo de  $12V_{DC}$ , resistencia de la bobina es de  $125\ \Omega$ , 10%, potencia de  $200mW$ , corriente dinámica de entrada ( $I_D = 1.6mA$ ),  $V_{cc}$  en los contactos hasta  $120V_{AC}$ .



**Figura 1.33** Relé interna y externamente <sup>49</sup>

### 1.12.3.1 Funcionamiento

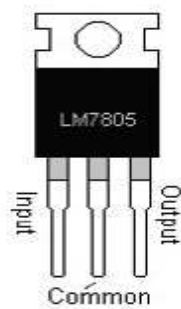
Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético. Cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce (ferrita). Este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse. Al energizar el circuito los contactos normalmente abiertos se cierran y los normalmente cerrados se abren dependiendo si es un relé normalmente cerrado o normalmente abierto. En nuestro caso usamos un relé normalmente cerrado.

### 1.12.4 Regulador de voltaje en circuito integrado

Son circuitos diseñados y construidos para entregar un voltaje fijo a una carga en el interior de un circuito integrado. El regulador de voltaje en circuito integrado tiene tres terminales de los cuales; uno es utilizado para la entrada, el otro para la salida y el tercero es común tanto para la entrada como para la salida.

En este caso se puede observar en la figura 1.34 al regulador de voltaje 7805

<sup>49</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2452/1/CD-3160.pdf>



**Figura 1.34** Regulador de voltaje en circuito Integrado <sup>50</sup>

#### 1.12.4.1 Funcionamiento

El voltaje de entrada siempre es mayor al voltaje de salida en el caso del 7805 el voltaje de entrada dado por el fabricante es de 35 a 40 voltios máximo, entregando una corriente máxima de 1 Amper, y soporta consumos pico de hasta 2.2A. Posee protección contra sobrecargas térmicas y contra cortocircuitos, que desconectan el regulador en caso de que su temperatura de juntura supere los 125°C. El 7805 es un regulador de salida positiva e s capaz de entregar 5 voltios positivos en corriente continua y una potencia de 65 W.

#### 1.12.5 Pantalla de cristal liquida (LCD)

En la figura 1.35 se muestra los pines de conexión de un módulo LCD han sido estandarizados.



**Figura 1.35** Pines del LCD <sup>51</sup>

<sup>50,51</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2452/1/CD-3160.pdf>



Por otro lado es de suma importancia localizar exactamente, cual es el pin número 1 ya que en algunos módulos se encuentra hacia la izquierda, y en otros módulos, se encuentra a la derecha.

#### **1.12.5.1 Distribución de pines**

- **Pin número 1 y 2:** están destinados para conectar los 5 Voltios que requiere el módulo para su funcionamiento, para polarización.
- **Pin número 3:** es utilizado para ajustar el contraste de la pantalla; es decir colocar los caracteres más oscuros o más claros para observar mejor.
- **Pin número 4:** denominado "RS" trabaja paralelamente al Bus de datos del módulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14).
- **Pin número 5:** denominado "R/W" trabaja paralelamente al Bus de datos del módulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14).
- **Pin número 6:** denominado "E" que significa habilitación del módulo LCD tiene una finalidad básica: conectar y desconectar el módulo.
- **Pines desde el número 7 hasta el número 14:** representan 8 líneas, que se utilizan para colocar el dato, que indica una instrucción para el módulo LCD o un carácter alfa numérico.
- **Los Pines 15 y 16:** Son destinados para suministrar la corriente al Back Light o retro iluminación.

#### **1.12.6 Potenciómetro**

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable.

De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia.

La figura 1.36, representa un potenciómetro y su simbología.

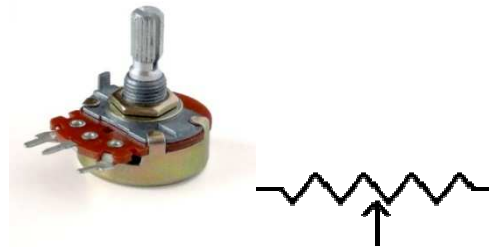


Figura 1.36 Potenciómetro<sup>52</sup>

### 1.12.7 Resistencia

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica. En la figura 1.37, muestra una resistencia externa así como su simbología eléctrica.

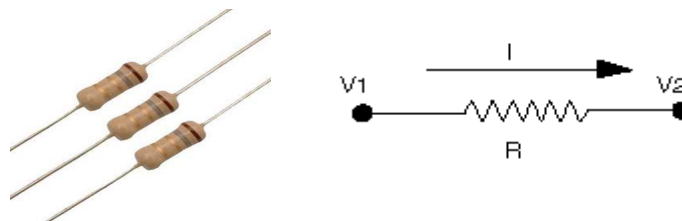


Figura 1.37 Resistencia<sup>53</sup>

### 1.12.8 Teclado numérico

Dispositivo periférico que envía una señal mediante, DTMF son las siglas en inglés de Dual Toned Multi Frequency, que significa dos tonos de múltiples frecuencias y que en español se denomina señalización DTMF o marcación por tonos.

Se eligió un conjunto de frecuencias bajas y un conjunto de frecuencias altas, o tonos bajos y tonos altos.

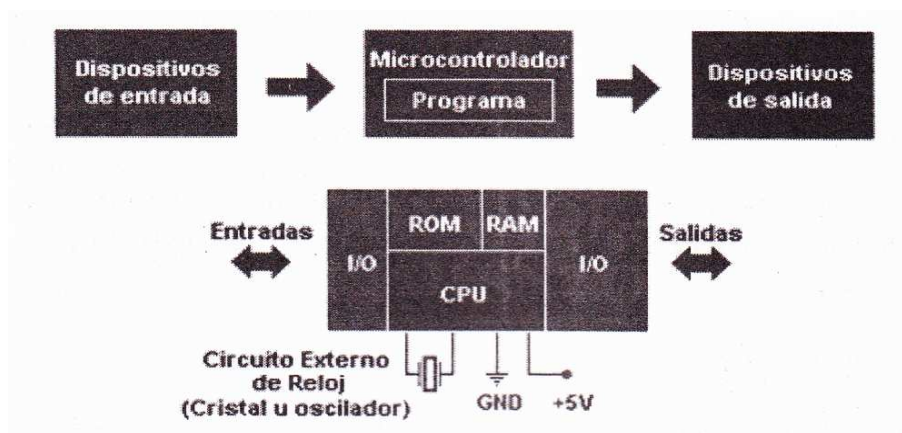
<sup>52,53</sup> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2452/1/CD-3160.pdf>

Para cada dígito del 0 al 9 se envía la suma algebraica de dos señales senoidales, una del conjunto de tonos bajos y otra del conjunto de tonos altos, indicado en el anexo respectivo.

### 1.13 MICROCONTROLADOR PIC <sup>54</sup>

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales los cuales cumplen una tarea específica, sus partes o componentes principales son:

- **Memoria ROM** memoria de solo lectura
- **Memoria RAM** memoria de acceso aleatorio
- **Líneas de entradas y salidas (I/O)** también llamados puertos
- **Lógica de control** coordina la interacción entre los demás bloques.



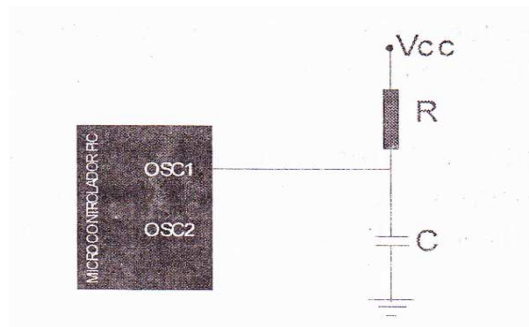
**Figura 1.38** microcontrolador pic. <sup>55</sup>

En la figura 1.38 se puede observar la estructura interna de un microcontrolador, y como se puede apreciar posee un circuito externo de reloj el cual indica al micro la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito se le conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el funcionamiento del sistema.

<sup>54,55</sup> Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC, Santiago Corrales V.

Ya que sin él no podríamos ejecutar las órdenes o líneas de instrucción que se encuentran programadas en el mismo. Los diferentes tipos de cristal más comunes para microcontroladores PIC son:

### 1.13.1 RC Oscilador con resistencia y condensador.

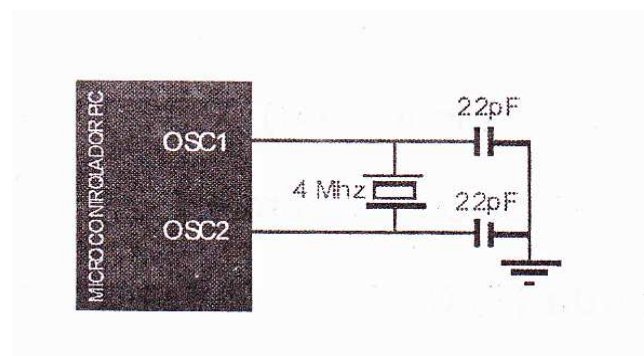


**Figura 1.39** Oscilador con resistencia y condensador.<sup>56</sup>

Según las recomendaciones de Microchip R puede tomar valores entre 5k y 100k, y C superior a 20pF en la figura 1.39.

### 1.13.2 XT. Cristal.

En la Figura 1.40 se puede observar el circuito básico para el funcionamiento de un microcontrolador con cristal.



**Figura 1.40** Oscilador con cristal y condensador.<sup>57</sup>

**HS.** Cristal de alta velocidad.

**LP.** Cristal de baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

<sup>56,57</sup> Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC, Santiago Corrales V.

El microcontrolador como se ha visto anteriormente es un microcomputador, el cual necesita de periféricos de entrada y salida para su correcta utilización.

Las entradas dependiendo de su aplicación pueden ser:

- Sensores, Teclados, Pulsadores switch.

Las salidas igualmente dependiendo de la aplicación pueden ser:

- LCD, Leds display, Relés, Computadoras.

### **1.13.3 Ventajas de los microcontroladores**

- Aumento de servicios y utilidades para el usuario.
- Aumento de la fiabilidad.
- Reducción de tamaño en el producto acabado.
- Mayor flexibilidad
- Bajo costo económico

## **1.14 TOLERANCIAS Y AJUSTES <sup>58</sup>**

Se entiende como tolerancia al máximo valor admisible para las dimensiones de una determinada pieza mecánica, sin que se vea afectado el normal funcionamiento de la pieza y por ende el normal funcionamiento del sistema del que la pieza es parte.

### ***Tolerancias ISO***

Las tolerancias ISO (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN) se definen mediante la posición y la calidad.

---

<sup>58</sup> Folleto de metrología mecánica, Ing. Vicente Toapanta

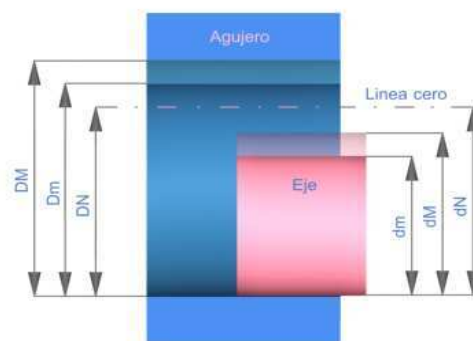
### 1.14.1 AJUSTE

Se denomina ajuste a la diferencia entre las medidas antes del montaje de dos piezas que se han de acoplar.

#### 1.14.1.1 Ajuste móvil o con juego.

Se denomina juego (J) a la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es menor que la del agujero:  $J = D_e - d_e > 0$

En la figura 1.41, se puede observar la diferencia de medidas del agujero y eje.



**Figura 1.41** Ajuste móvil o con juego<sup>59</sup>

Juego máximo (JM) es la diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y el mínimo del eje.

Juego mínimo (Jm) es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje.

Se llama tolerancia de juego (TJ) a la diferencia entre los juegos máximos y mínimos que coincide con las sumas de la tolerancia del agujero y del eje.

<sup>59</sup> [http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas\\_di2/dimensionales/ajustes.html](http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/dimensionales/ajustes.html)

### 1.14.1.2 Ajuste indeterminado

Se denomina ajuste indeterminado (I) a un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar positiva o negativa, dependiendo de cada montaje concreto:

$$I = De - de < 0 \quad \text{ó} \quad > 0$$

$$JM = DM - dm$$

$$AM = dM - Dm$$

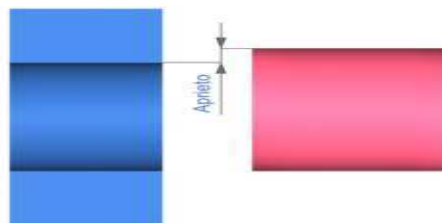
Se llama tolerancia del ajuste indeterminado (TI) a la suma del juego máximo y del aprieto máximo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje:

$$TI = JM + AM = T + t$$

### 1.14.1.3 Ajuste fijo o con apriete.

**Apriete (A)** es la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es mayor que la del agujero, como se muestra en la figura 1.42.

$$A = de - De > 0$$



**Figura 1.42** Ajuste fijo o con apriete <sup>60</sup>

<sup>60</sup> [http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas\\_di2/dimensionales/ajustes.html](http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/dimensionales/ajustes.html)

**Apriete mínimo (Am)** es el valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero.

**Apriete máximo (AM)** es el valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la medida mínima del agujero.

Se llama **tolerancia del Apriete (TA)** a la diferencia entre el apriete máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

## 1.15 CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES

### 1.15.1 EL HIERRO <sup>61</sup>

El hierro es el metal duro más usado, con el 95% en peso de la producción mundial de metal. El hierro puro (pureza a partir de 99,5%) no tiene demasiadas aplicaciones, salvo excepciones para utilizar su potencial magnético. Se considera que una aleación de hierro es el acero si contiene menos de un 2,1% de carbono; si el porcentaje es mayor, recibe el nombre de fundición.

**La ASTM A 500** es una especificación estándar publicada por American Society for Testing and Materials (ASTM). Esta es una especificación normalizada de acero para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, Electro soldados y sin Costura, de forma Circular y no Circular ver en Anexos.

### 1.15.2 ALUMINIO <sup>62</sup>

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica. Tales como su baja densidad ( $2.700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión.

Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato.

---

<sup>61</sup> Fundamentos para la selección de materiales de uso en ingeniería, germánico rosero

<sup>62</sup> [http://es.scribd.com/jes%C3%BAs\\_s\\_15/d/50668328-Catalogo-CONDUVEN](http://es.scribd.com/jes%C3%BAs_s_15/d/50668328-Catalogo-CONDUVEN)



### 1.15.3 CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA REBOBINAJE <sup>63</sup>

El alambre magneto o alambre esmaltado es un conductor aislado por medio de una película de esmalte, el cual puede ser redondo o rectangular. Se usa para embobinados de motores, balastos para lámparas fluorescentes, transformadores secos y en aceite, fuentes de poder para equipo eléctrico y electrónico, moto compresores para refrigeración, relevadores, componentes automotrices como reguladores y alternadores, yugos para cinescopios de televisores, bocinas y otras aplicaciones similares.



**Figura 1.43** Alambre magneto o esmaltado <sup>64</sup>

#### Valores típicos:

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	COBRE
Fuerza máxima	[N/mm <sup>2</sup> ]	220-270
Fuerza al 1% de elongación	[N/mm <sup>2</sup> ]	120-180
Conductividad	[S*m/mm <sup>2</sup> ]	58.5
Resistividad	[Ohm*mm <sup>2</sup> /m]	0.0171
Coefficiente de resistencia térmica	[1E-6/K]	3900-4000
Densidad	[kg/dm <sup>3</sup> ]	8.9

**Tabla 1.8** Valores referenciales del alambre de cobre <sup>65</sup>

<sup>63,64,65</sup> <http://www.elektrisola.com/es/alambre-esmaltado/datos-tecnicos-por-tamano/iec-60>

## **CAPÍTULO II**

### **DIMENSIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA SEMIAUTOMÁTICA**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El procedimiento de rebobinado de motores eléctricos, consiste en retirar el arrollamiento antiguo (grupo de bobinas debidamente conectadas entre sí que están alojadas en las ranuras del yugo del motor eléctrico), y remplazarlo por un arrollamiento nuevo.

Al realizar grupos de bobinas con la rebobinadora de banco manual, no se puede asegurar tener el mismo número de espiras en cada bobina del grupo, tiene como consecuencia grupos de bobinas de diferente valor de impedancia.

Construyendo la máquina rebobinadora semiautomática, con vueltas programables se asegurará el número exacto de espiras en cada grupo de bobinas, realizando un arrollamiento en menor tiempo, que en una rebobinadora de banco manual.

#### **2.2 SITUACIÓN INICIAL**

Cuando el arrollamiento esté completo con las conexiones correspondientes en el yugo del motor, se alimenta con una red trifásica y si la impedancia es grande (exceso número de espiras), la corriente no será suficiente para crear un campo magnético uniforme y el motor no funcionara con sus parámetros nominales.

Si la impedancia es menor que la requerida (menor número de espiras en la bobina), esto causa que la corriente suba, se sobrecaliente el enrollamiento,

causando el deterioro del aislamiento, se triza se escapan los electrones y se produce un cortocircuito. En primera instancia se tiene el proceso de confección manual. Obteniendo grupos de bobinas con diferentes números de espiras donde:

$$Z = R + jX_L$$

$Z$  = Impedancia es una magnitud que establece la relación entre la tensión y la intensidad de corriente.

$R$  = Resistencia.

$X_L$  = Reactancia es la oposición al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas).

Obteniendo la impedancia de la ley de Ohm:

$$Z = \frac{V}{I} \quad ; \quad I = \frac{V}{Z}$$

Donde se puede comprobar el valor de la intensidad de corriente ( $I$ ), en la bobina fácilmente; si la impedancia ( $Z$ ) es grande, la corriente en la bobina que crea el campo magnético es pequeña, considerando que el voltaje no varía.

Si el valor de la impedancia ( $Z$ ), es pequeña la intensidad de la corriente ( $I$ ), es muy grande, causando el efecto joule; (en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforman en calor debido a los choques que sufren los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo).

### 2.3 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Al realizar la confección del grupo de bobinas para motores eléctricos de un rango de 2Hp hasta 50 Hp de potencia, se tiene las siguientes alternativas:

- Confección de arrollamiento en forma Manual.
- Confección de arrollamiento en forma Semiautomática.

### **2.3.1 CONFECCIÓN DE ARROLLAMIENTOS EN FORMA MANUAL**

Este proceso de confección de grupos de bobinas, consiste en medir exactamente el diámetro de bobina del yugo del motor a ser rebobinado y escoger el tipo de molde ya sea éste imbricado, o concéntrico.

La rebobinadora de banco manual, está provista de un eje en el cual se empotra un canal metálica perforado, donde se coloca los moldes a la distancia adecuada. Dicho eje provisto de dos puntos de apoyo (rodamientos), y en otro extremo del eje provisto de una manivela para el movimiento rotacional del eje. En éste proceso el técnico rebobinador guía el alambre en el molde y debe dar también movimiento rotacional a la rebobinadora de banco manual, como también debe estar atento al número de espiras de cada bobina y su respectivo paso, y tener presente el sentido de giro de los moldes (sentido de giro para realizar la confección de los grupos de bobinas), debido a esto el técnico tiende a equivocarse en el número de espiras de cada bobina.

En el caso de realizar bobinas para motores de mediana potencia como para un motor de 50hp, el técnico busca la ayuda de otra persona, ya que en estos se utilizan más de un carrete de alambre de cobre esmaltado, esto quiere decir que se debe manipular al mismo tiempo todos los alambres. (Guiar los alambres a las gargantas del molde de bobinar).

#### **2.3.1.1 *Tiempo necesario para la confección de arrollamientos en forma manual.***

El tiempo mostrado en la tabla 2.1, es tomado de la fabricación del arrollamiento de un motor de 50 Hp, el cual consiste en realizar 12 grupos, de 4 bobinas por cada grupo, y 84 espiras por cada bobina, la galga del alambre de cobre esmaltado utilizada es de 18 AWG.

OPERACIÓN	TIEMPO DE DEMORA
Sujetar alambre al molde	60 seg.
Bobina del grupo	100 seg.
Grupo de bobinas total	400 seg.
Desmontar bobina hecha	60 seg.

**Tabla 2.1** Tiempo tabulado de forma manual

Los datos tabulados corresponden a la confección de un solo grupo de bobinas, es el tiempo total estimado para realizar un grupo de bobinas.

- **Cuantificando los valores se obtiene:**

Tiempo total estimado de un solo grupo de bobinas:

$$420 \text{ seg.} * \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}} = 7 \text{ min.}$$

Grupo de bobinas a realizar: 12

Tiempo estimado del grupo total de bobinas a realizar:

$$7 \text{ min.} \times 12 \text{ grupos} = 84 \text{ min.}$$

$$84 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min.}} = 1,4 \text{ horas}$$

$$0,4 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hora}} = 24 \text{ min.}$$

Tiempo estimado total = **1 hora, con 24 minutos.**

Es el tiempo estimado que le toma al técnico rebobinador, en realizar los doce grupos de bobinas, que servirán para el rebobinado del motor eléctrico.

**NOTA:** En los datos expuestos de la tabulación, no se considera pérdidas de tiempo por fallas tales como equivocarse, en el sentido de rebobinado de la bobina del grupo, tener inseguridad en el número de espiras por bobina, como también equivocarse en el paso de bobina, lo que ocasiona repetir todo el proceso, tampoco se considera el tiempo de descanso del técnico rebobinador, por todos estos factores el tiempo total calculado es un estimado.

### **2.3.2 CONFECCIÓN DE ARROLLAMIENTO EN FORMA SEMIAUTOMÁTICA.**

En este proceso también interviene la mano del hombre pero con una gran diferencia que este caso se cuenta con una máquina eléctrica, manipulada mediante un control semiautomático.

El control semiautomático se usa principalmente para facilitar las maniobras de mano del técnico rebobinador, la máquina provista de este tipo de control es de gran ayuda, ya que en este proceso el rebobinador puede programar la velocidad, el sentido de giro, y el número de vueltas, de la máquina, así como también accionarla mediante la manipulación de un interruptor de pie (pedal), y retirar el grupo de bobinas.

El sistema de control semiautomático es accionado manualmente mediante sus aparatos de maniobra (interruptor, pulsador, selector, teclado), y de esta manera controlando el funcionamiento específico de la máquina rebobinadora.

#### **2.3.2.1 *Tiempo necesario para la confección de arrollamientos en forma semiautomática.***

El tiempo mostrado en la tabla 2.2, es tomado de la fabricación del arrollamiento de un motor de 50 Hp, el cual consiste en realizar 12 grupos, de 4 bobinas por cada grupo, y 84 espiras por cada bobina, la galga del alambre de cobre

esmaltado utilizada es de 18AWG. Cabe destacar que este proceso de confección se lo realiza con la máquina rebobinadora semiautomática.

OPERACIÓN	TIEMPO DE DEMORA
Sujetar alambre al molde	50 seg.
Bobina del grupo	40 seg.
Grupo de bobinas total	160 seg.
Desmontar bobina hecha	50 seg.

**Tabla 2.2** Tiempo de confección en forma semiautomática.

Los datos tabulados corresponden a la confección de un solo grupo de bobinas, es el tiempo total estimado para realizar un grupo de bobinas.

- **Cuantificando los valores se obtiene:**

Tiempo total estimado de un solo grupo de bobinas: 260 seg. = 4.33 ≈ 4 min.

Grupo de bobinas a realizar: 12

Tiempo aproximado del grupo total de bobinas a realizar:

$$4 \text{ min.} \times 12 \text{ grupos} = 48 \text{ min.}$$

$$48 \text{ min.} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min.}} = 0,8 \text{ hora}$$

Tiempo estimado total = **0 horas, con 48 minutos.**

- **Velocidad estimada de funcionamiento de la máquina rebobinadora**

Se conoce que la máquina demora 40 segundos en dar 14 revoluciones.

Por lo tanto:

$$40 \text{ seg.} \cdot \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}} = 0,666 \text{ min.}$$

$$RPM = \text{min}^{-1} = \frac{1}{\text{min}} = \frac{14 \text{ revoluciones}}{0,666 \text{ minutos}} = 21 \text{ Revoluciones por minuto.}$$

Es el tiempo estimado que le toma al técnico rebobinador, en realizar todos los grupos de bobinas con la máquina rebobinadora semiautomática.

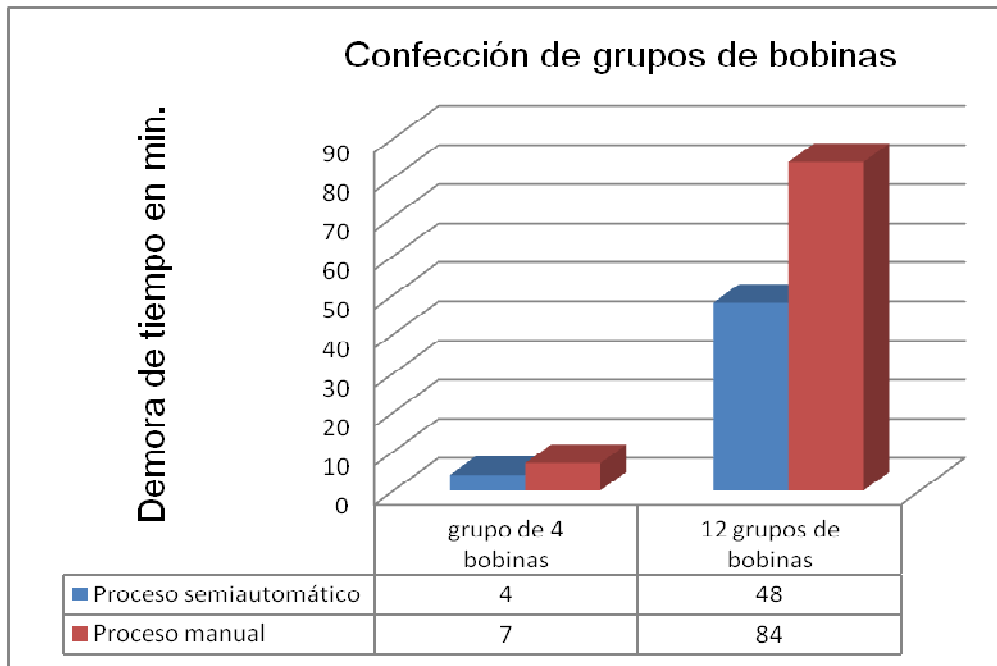
**NOTA:** Cabe destacar que el tiempo que se demora el técnico rebobinador, en confeccionar los grupos de bobinas puede disminuir, ya que una de las características que nos ofrece la máquina, es la velocidad variable de funcionamiento, los datos tabulados están considerados con una velocidad de trabajo de 21 RPM, la misma que se comprueba en los cálculos respectivos.

## 2.4 COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS UTILIZADOS PARA LA CONFECCIÓN DE ARROLLAMIENTOS.

En el gráfico estadístico de la figura 2.1, se observa la comparación de los procesos manual y semiautomático para la confección de grupos de bobinas.

Se compara el tiempo que toma realizar un grupo de cuatro bobinas, así como todos los grupos de bobinas en los dos procesos.





**Figura 2.1** Diagrama estadístico de los procesos

Cabe destacar que los dos procesos están comparados, realizando grupos de bobinas de igual características.

La barra de color azul en la gráfica representa el proceso semiautomático, con el tiempo que le toma realizar un grupo de cuatro bobinas, así como los doce grupos de bobinas, estos tiempos se comparan con las barras de color rojo que representan el proceso manual.

- **Cuantificando los resultados de la grafica:**

Proceso Manual (barra roja).

Tiempo de confección de los 12 grupos de bobinas: **84 min.**

Proceso Semiautomático (barra azul).

Tiempo de confección de los 12 grupos de bobinas: **48 min.**

$$X = 100\% - 57,14\% = 42,857\%$$

Obteniendo como resultado un ahorro de tiempo aproximado del 43%.

## **2.5 SELECCIÓN DEL MEJOR PROCESO PARA LA CONFECCIÓN DE ARROLLAMIENTOS.**

Como se ha visto en la comparación de los procesos, el semiautomático permite realizar el trabajo de confección de grupos de bobinas en menor tiempo que el manual, logrando esto con la ayuda de la máquina rebobinadora que permite también:

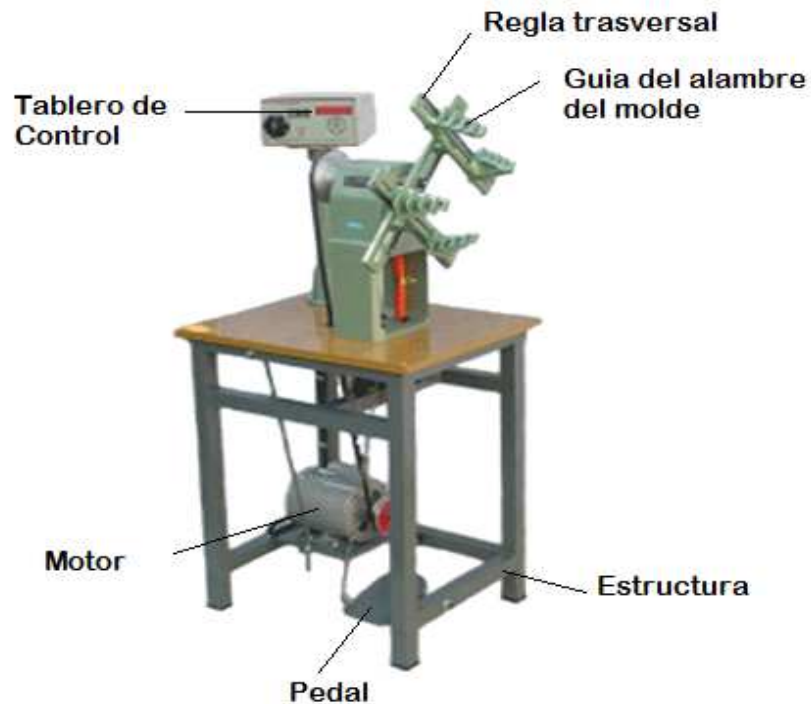
- ✓ Garantizar el número exacto de espiras de cada bobina del grupo.
- ✓ Garantizar el funcionamiento del motor eléctrico rebobinado, con sus parámetros nominales.
- ✓ Elegir el sentido de giro de confección de arrollamientos.
- ✓ Seleccionar la velocidad de trabajo de la máquina rebobinadora.
- ✓ Garantizar la confección de cada grupo de bobinas en un tiempo adecuado.
- ✓ Disminuir el esfuerzo físico del técnico rebobinador.
- ✓ Confeccionar grupos de bobinas de forma manual y automática.
- ✓ Visualizar el número de vueltas en una pantalla LCD.
- ✓ Programar número de espiras independientes de cada grupo de bobina.
- ✓ Permite tener un mayor control sobre los carretes del alambre esmaltado.
- ✓ Señales de emergencia en caso de fallar el sistema de control.
- ✓ Accionar la máquina rebobinadora mediante un interruptor de pie (pedal).
- ✓ Permite el fácil montaje de los moldes de bobinar en las bridas del plato.

Por estos motivos el proceso semiautomático prevalece del manual, por lo cual se ha visto la necesidad de construir una máquina rebobinadora semiautomática.

## **2.6 TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS SEMIAUTOMÁTICAS <sup>66</sup>**

Son máquinas herramientas para la confección de grupos de bobinas en motores eléctricos que pueden ser:

### 2.6.1 MÁQUINA PARA CAMPOS MODELO BMM79



**Figura 2.2** Máquina rebobinadora semiautomática (BMM79).<sup>67</sup>

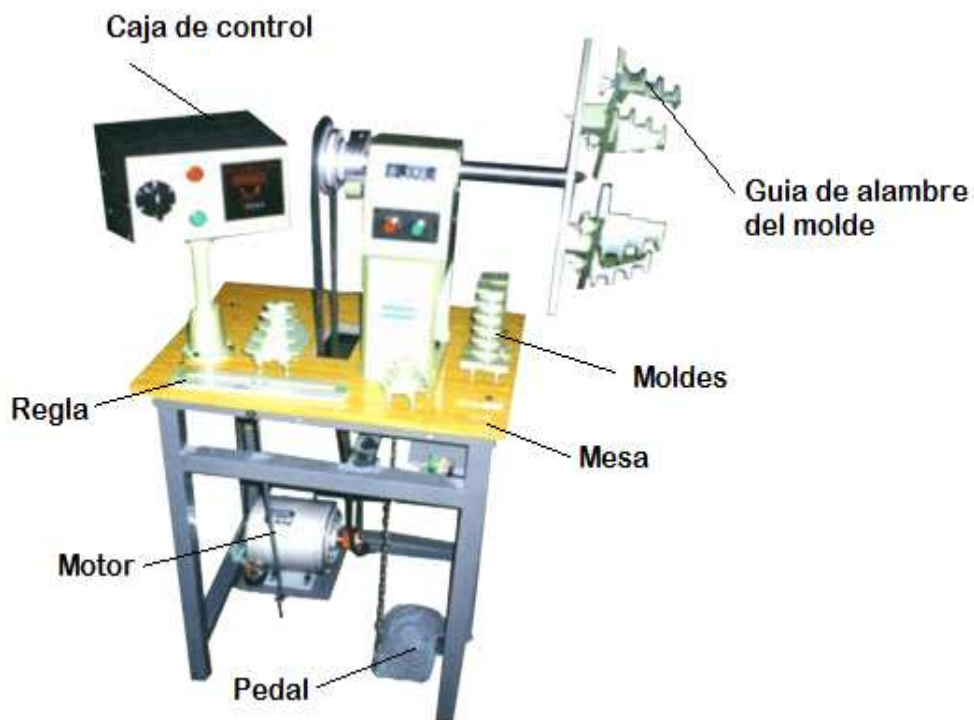
La máquina rebobinadora de campos de la figura 2.2, es por sistema de moldes regulables, desplazados en forma longitudinal y transversal, permite hacer bobinas para motores monofásicos, trifásicos y universales.

#### Características generales

- Guía de alambre manual.
- Contador digital de cuatro cifras.
- Velocidad de trabajo según pedido.
- Embrague incorporado a la mesa con rulimanes blindados (pedal de pie).
- Motor de 1/2hp de 1400rpm monofásico o trifásico.
- Regla de regulación de material de alto impacto, grabada, imborrables.
- Juegos de moldes diversos y dos reglas soporte, larga y corta. Porta-carrete de pie.

<sup>66,67</sup> <http://www.bobinadorasgmr.com.ar/campos.html>

## 2.6.2 MÁQUINA PARA CAMPOS CON PARADA AUTOMÁTICA.



**Figura 2.3** Máquina rebobinadora semiautomática con parada automática.<sup>68</sup>

La máquina rebobinadora de campos de la figura 2.3, es por sistema de moldes regulables, desplazados en forma longitudinal y transversal, permite hacer bobinas para motores monofásicos, trifásicos y universales.

### Características generales

- Guía de alambre manual, a través del accesorio soporte (pistola) para no tener contacto directo con el alambre.
- Tablero de pie con contador predeterminado digital de cuatro cifras.
- Velocidad de trabajo según pedido.
- Montada sobre mesa de caño de 40x40mm
- Motor de 1/2hp de 1400rpm monofásico o trifásico.

<sup>68</sup> <http://www.bobinadorasgmr.com.ar/campos.html>

- Embrague incorporado a la mesa con rulimanes blindados.

## **2.7 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA REBOBINADORA SEMIAUTOMÁTICA.**

Las máquinas rebobinadoras semiautomáticas están gobernadas por los siguientes tipos de control:

- Control Electromecánico.
- Control con PLC's.
- Control con Microcontroladores.

### **2.7.1 Control Electromecánico**

Los sistemas de control electromecánicos resultan ser versátiles para el funcionamiento y protección, de equipos como de máquinas eléctricas mediante contactores, relés, temporizadores, elementos de maniobra, (figura 2.4).

Éste sistema tiene su campo de aplicación, desde un circuito de arranque y parada de un motor eléctrico, hasta los sistemas de automatización más complejos, en combinación con los elementos de control electrónico, digital, neumático y otros.

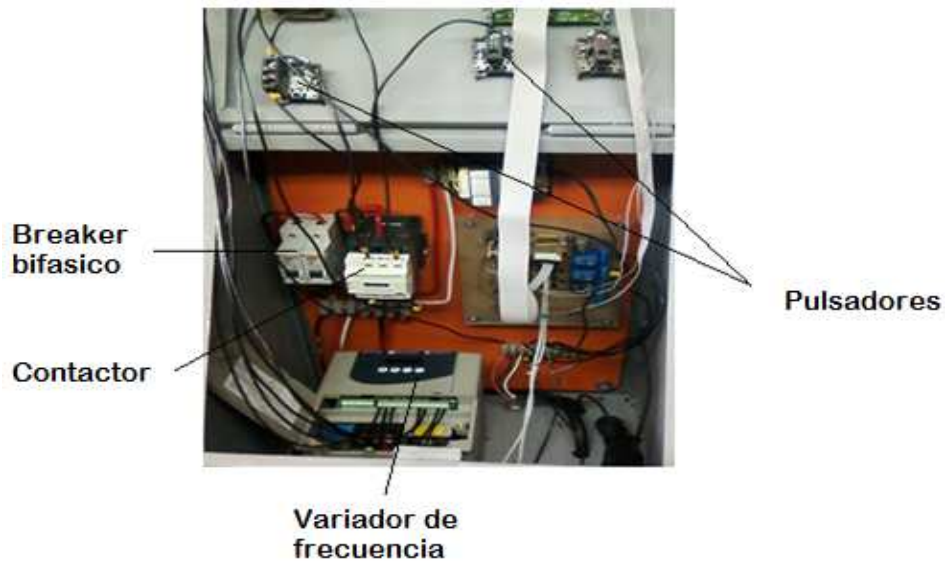
#### **Ventajas**

- Sencillo en momento de armar.
- Económico.
- Fiable (Seguro).

#### **Desventajas**

- Gran espacio de ocupación.
- Pesados en el momento de estar en el tablero de control.

- Conexiones eléctricas excesivas.



**Figura 2.4** Control electromecánico

### 2.7.2 Control con PLC's.<sup>69</sup>

Los autómatas programables como los de la figura 2.5, son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación). Al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las ordenes de salidas necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.



**Figura 2.5** PLC's <sup>70</sup>

---

<sup>69,70</sup> <http://www.rac1324.freewebspace.com/TESIS/CAP-4.html>

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

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

### **Ventajas**

- Mínimo espacio de ocupación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo del cableado.

### **Desventajas**

- Como inconvenientes se podría hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido.
- Alto costo

### **2.7.3 CONTROL CON MICROCONTROLADORES.** <sup>71</sup>

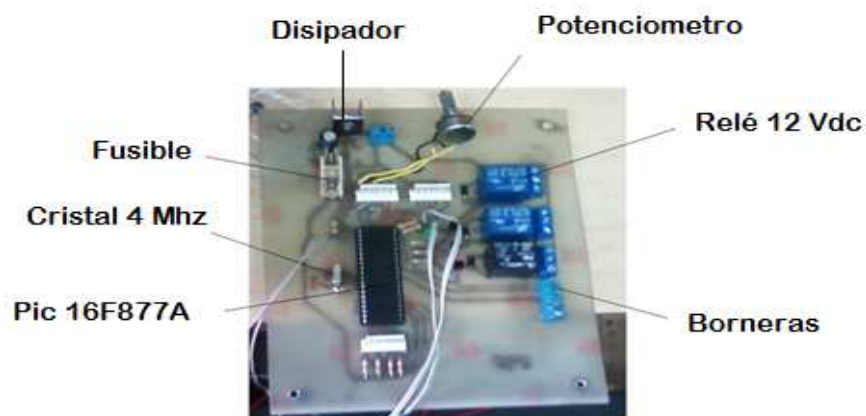
Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica, los microcontroladores constituyen la parte “inteligente” de gran cantidad de sistemas tales como:

- ✓ Control de procesos automáticos, de máquinas, herramientas, aparatos de maniobra, de posición, de velocidad, etc.

---

<sup>71</sup> Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC, Santiago Corrales V.2006.

Como se puede apreciar hay un número infinito de aplicaciones en las que se puede incluir a un microcontrolador, prácticamente lo que se pueda imaginar se puede implementar con un mayor o menor grado de dificultad. Pero hay que tomar en cuenta que los microcontroladores son dispositivos muy sensibles por lo que al utilizarlos se debería colocar a la par circuitos auxiliares que utilicen fusibles, cristales, disipadores, tal como se indica en la figura 2.6.



**Figura 2.6** Tarjeta electrónica con pic.

### **Ventajas**

- Gran capacidad de almacenamiento
- Bajo costo
- Controla varios procesos
- Espacio reducido

### **Desventajas**

- Son muy sensibles.
- Funcionan solo con corriente directa.
- Solamente personas con conocimientos básicos puede programar.



## **2.8 DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA REBOBINADORA**

La máquina rebobinadora semiautomática es una herramienta de vital importancia para el técnico rebobinador; tiene como propósito fundamental la confección de grupos de bobinas.

Las consideraciones teóricas para desarrollar el presente proyecto son parte importante del diseño en general, ya que dentro de la mecánica se tiene aspectos como: diseño construcción y aplicación de las máquinas y aparatos eléctricos y mecánicos, de todas las clases que deben intervenir a fin de construir la máquina rebobinadora.

Para poder desarrollar una idea que en este caso es la rebobinadora, deben conocerse cada una de las partes que la conforman. Para el dimensionamiento de las partes constructivas, se debe proporcionar los datos y la información necesaria para la construcción de las mismas, obviando aquellas que se encuentran estandarizadas.

### **2.8.1 PARTES DE LA REBOBINADORA.**

Para facilitar el entendimiento de cada una de las partes constitutivas de la rebobinadora, se la ha dividido en los siguientes conjuntos para su respectivo análisis y dimensionamiento.

- ✓ Estructura metálica (piezas que componen la mesa de trabajo).
- ✓ Unión de los componentes de la máquina (mediante tornillos, tuercas).
- ✓ Elementos de transmisión de movimiento (poleas, engranajes, ejes).
- ✓ Elementos eléctricos (aparatos de maniobra, protección y control).

#### ***2.8.1.1 Dimensionamiento de la estructura metálica.***

La estructura metálica es un soporte fijo que permite la estabilidad de todos los componentes de la rebobinadora, en el presente proyecto para el dimensionamiento de la misma, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Vibraciones producidas por el motor.
- Peso de la caja reductora y del motor eléctrico
- Esfuerzo a compresión.
- Tensión que se ejerce en eje rotacional.
- Esfuerzo a tensión.
- Acople de las partes de la estructura.

Donde se calcula el esfuerzo de tracción y compresión. El área utilizada para el cálculo es:

$$A_T = (A_{ext.} - A_{int.}).$$

Donde:

$A_t$  = área total

$A_{ext.}$  = Área externa.

$A_i$  = Área interna.

El esfuerzo de tracción o compresión es:

$$\sigma_{toc} = \frac{F}{A}$$

Donde:

F= Fuerza (Peso de los elementos de la máquina).

A = Área total del tubo estructural.

$$\sigma_{toc} = \frac{60Kg.}{2,27 cm^2} = 26,43 Kg/cm^2$$

Por lo cual se necesita una estructura con alta rigidez para no tener inconvenientes con los parámetros y cálculos descritos, para así obtener una estructura sólida.

Como también para su dimensionamiento se debe tener en consideración las dimensiones del motorreductor el que tiene las siguientes características:

- Marca: ANZA. Motor asíncrono.
- Potencia: Cv=1,5 Kw=1,1.
- Voltaje= 220/380 V.
- Frecuencia= 50/60 Hz.
- Corriente = 4,7/2,7 A.
- Peso Aproximado = 25 Kg.

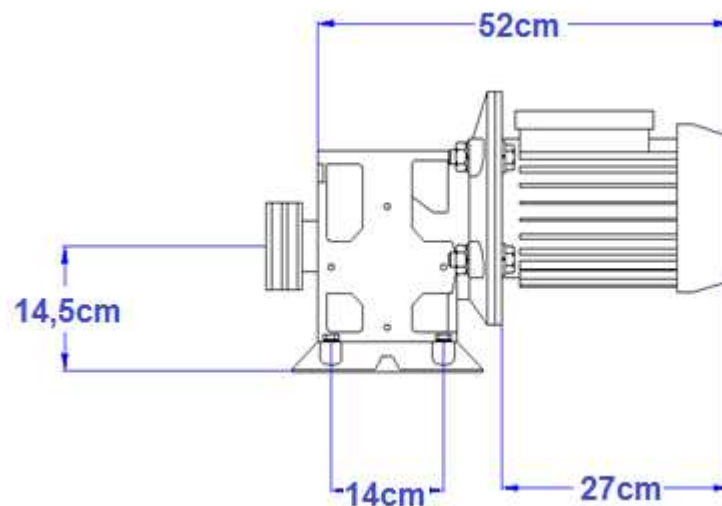
En la figura 2.7, se puede apreciar las dimensiones del motorreductor las que consisten en:

Longitud = 52cm (caja reductora y motor eléctrico).

Altura = 14,5 cm (distancia de la base al centro del eje).

Longitud del motor eléctrico = 27 cm

Distancia de los pernos de la base = 14cm.



**Figura 2.7** Dimensiones del motorreductor.

### **2.8.1.2 Selección del material**

La selección del material en el caso de un elemento estructural o máquina, es una de las decisiones que se debe llevar a cabo en el diseño.

Estas decisiones suelen tomarse después de que se determine las dimensiones de la pieza. Después de elegir el material y el proceso de fabricación (que están estrechamente relacionados), se podrá fijar las dimensiones de los elementos en estudio. Con lo que la estructura metálica, se decide construir con tubo metálico estructural de forma cuadrado de 1 pulgada 1/2, de medidas, el que nos ofrece las siguientes características:

**Alta Resistencia:** El acero posee gran resistencia por unidad de peso, lo cual nos permite una estructura relativamente liviana, esto es de gran importancia en la construcción.

**Elasticidad:** Propiedad mecánica de este tipo de material, de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

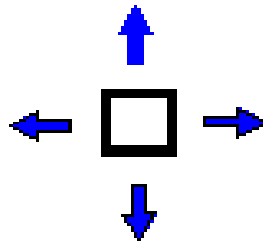
**Tenacidad:** El acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

**Durabilidad:** Las estructuras de acero, con un mantenimiento adecuado pueden durar indefinidamente.

**Facilidad de unión con otros miembros:** El acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de pernos o soldadura con otros perfiles, este tipo de tubo metálico nos ofrece las características que necesitamos para la construcción de la estructura de la máquina.

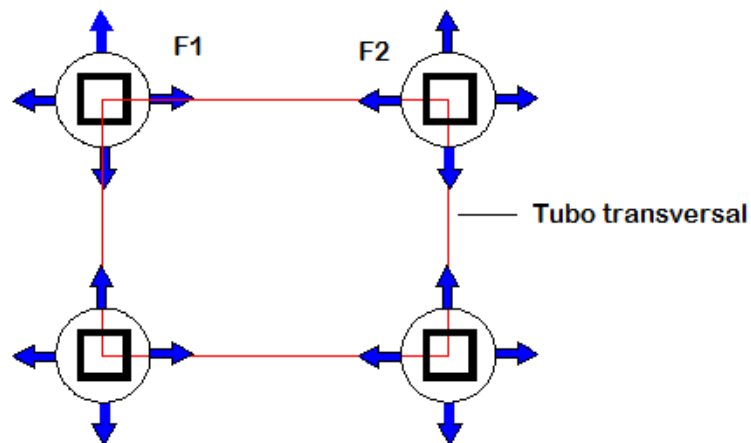
El material escogido cumple con la norma ASTM A500, es una especificación normalizada de acero para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, de forma Cuadrada. Ver Anexo 3.

En la figura 2.8, se ilustra todas las posibilidades de movimiento que tiene cada una de las patas de la estructura de la máquina.



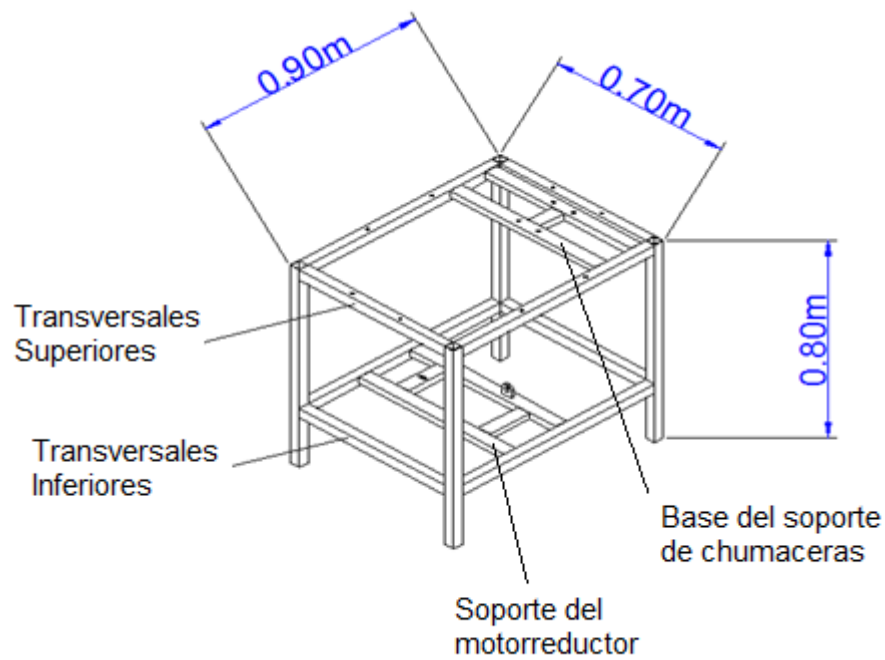
**Figura 2.8** Direcciones en las que la pata podría doblarse.

Para evitar este problema se debe interconectar las patas entre sí como lo muestra la figura 2.9, para lograr una estructura rígida sobre la que se va a montar la base de chumaceras, y la del motorreductor, cuando se interconectan las patas la estructura adquiere la firmeza deseada, debido a que las fuerzas ya no actúan por separado en cada pata sino que se eliminan entre sí dando como resultado una estructura rígida.



**Figura 2.9** Unión de la estructura metálica.

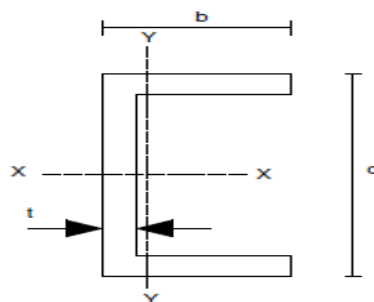
Por lo cual se coloca transversales superiores e inferiores, que en las mismas serán colocados los soportes de la base del motorreductor, así como para las chumaceras, las medidas de altura y ancho de la mesa son de acorde al espacio de trabajo de la máquina, y siempre tomando en cuenta las medidas de las piezas que se acoplaran a ésta tal como se muestra en la figura 2.10.



**Figura 2.10** Estructura metálica.

### 2.8.1.3 Dimensionamiento del soporte del motorreductor

Se selecciona el perfil tipo C, tanto para el soporte del motorreductor como también para la base de chumaceras.



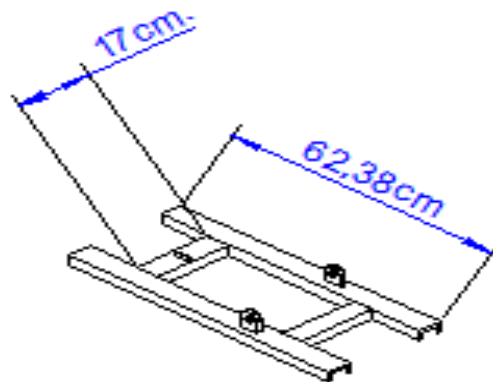
**Figura 2.11** Perfil metálico tipo C.

Donde las medidas de la figura 2.11 son:

- $d = \text{altura} = 5 \text{ cm.}$
- $b = \text{ancho} = 2.5 \text{ cm.}$
- $t = \text{grosor} = 3 \text{ mm.}$

Se utiliza éste tipo de perfil para los soportes, debido a sus dimensiones y sus características, cabe mencionar que son semejantes a las del tubo estructural ya mencionadas, que permitirá alojar el perno de sujeción de la platina del motorreductor, y sobre su superficie irá la unión de dos bisagras fijas, que serán los dos puntos de apoyo de la misma, las medidas de la base del motorreductor se consideran para el dimensionamiento del soporte de la figura 2.12, que contiene:

- 2 canales largos de 62.38 cm. de largo.
- 2 canales pequeños de 17 cm. de largo.



**Figura 2.12** Soporte del motorreductor.

#### **2.8.1.3.1 Dimensionamiento de Bisagras**

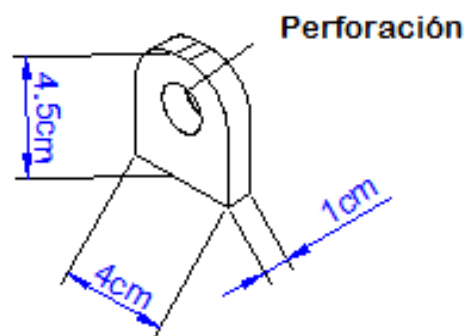
Las bisagras están diseñadas para ser el punto de apoyo de la pletina base del motorreductor, con las cuales se dará un movimiento radial, el cual permitirá dar el ajuste necesario a las bandas de transmisión.

La pletina de hierro metálico, es el material seleccionado para su construcción, la que nos brinda las características siguientes:

- ✓ Ductilidad y homogeneidad.
- ✓ Valor elevado de relación de resistencia mecánica.
- ✓ Soldabilidad
- ✓ Apto para ser cortado

Con lo que la rigidez y la maleabilidad, son características del material para trabajarlo, ya que éstas soportaran el motorreductor a través de su eje. La bisagra de la figura 2.13, tiene como dimensiones:

- Altura = 4.5 cm
- Ancho = 4 cm
- Espesor = 1 cm.
- Diámetro = 1,7 cm. (perforación para el eje).



**Figura 2.13** Bisagra.

#### **2.8.1.4 Dimensionamiento de la base del soporte de chumaceras**

Para el dimensionamiento de la base de chumaceras se ha tomado en consideración:

- La alineación y fijación del soporte de chumaceras.

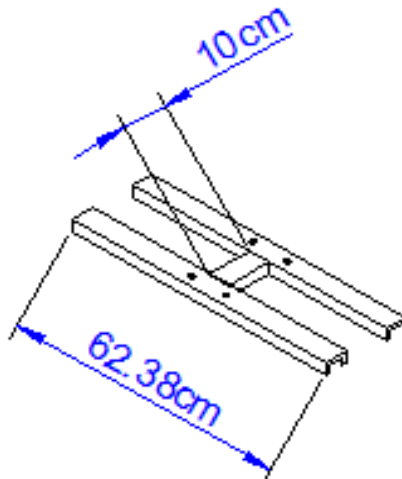


- Resistencia de la tensión ejercida en el eje del plato de brida.
- Longitud del eje del disco de brida.
- Posición del motorreductor.
- Costo del material

Con estos parámetros a tomar en consideración, la base de chumaceras se construirá de canales metálicos tipo C, y se unirá a la estructura metálica.

La figura 2.14, muestra la forma de la base que está compuesto de:

- 2 canales metálicos grandes de 62.38 cm. de largo.
- 1 canal metálico pequeño de 10 cm. de largo.



**Figura 2.14** Base del soporte de chumaceras.

### **2.8.1.5 Dimensionamiento del soporte de chumaceras**

El soporte está diseñado y dimensionado de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Dimensiones de chumaceras a utilizar (ASAHI 2205).
- Fijación del soporte a la base de chumaceras.
- Fijación y alineación de las chumaceras.

- Longitud del eje del disco de brida (distancia de apoyo de las chumaceras en el eje).

Cubriendo todos estos parámetros, se decide que el soporte de chumaceras estará formado de dos tubos metálicos estructurales de 1 1/2 "de sección, con la medida de:

- Largo = 29 cm.

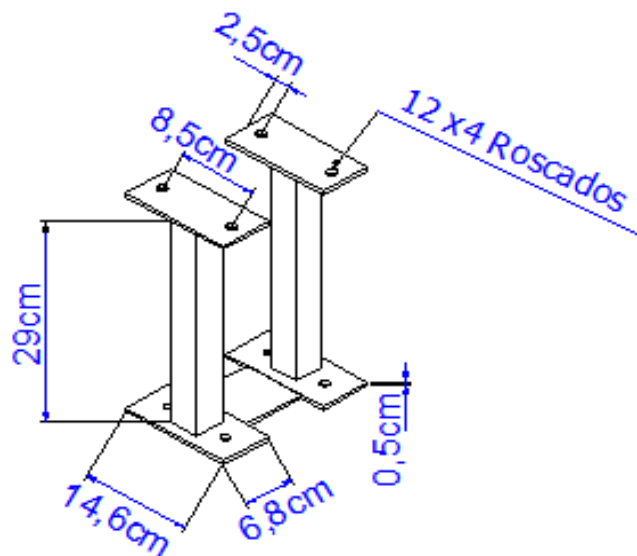
Y en su base con pletinas de hierro metálico rectangulares de dimensiones:

- Altura = 14.6 cm.
- Ancho = 6.8 cm.
- Espesor = 0.5 cm.

Las mismas que se unirán con otra pletina de dimensiones:

- Altura = 9 cm.
- Ancho = 6.8 cm.
- Espesor = 0.5 cm.

En la parte superior de cada tubo metálico se tendrá una pletina de igual dimensión que de la base inferior, como se observa en la figura 2.15, estas serán para la fijación de las chumaceras, las cuales tendrán que ser roscadas para un perno M12, en los cuales irán los pernos para sujetar la misma. Y la parte inferior irá fijada a la estructura metálica mediante pernos M10 x 13.



**Figura 2.15** Soporte de chumaceras.

#### **2.8.1.6 Dimensionamiento de la base del motorreductor.**

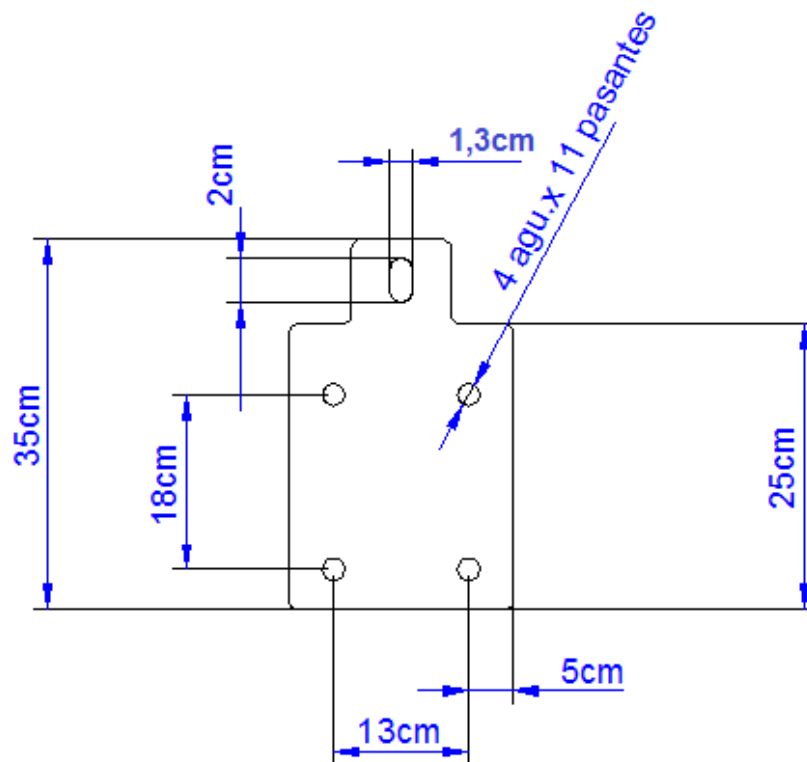
La base está diseñada y dimensionada de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Soportar y fijar en peso del motorreductor.
- Tener el juego radial para ajustar las bandas de transmisión.
- Controlar el ajuste del perno regulador.

Para cumplir estos parámetros, se decide que la base del motorreductor sea una pletina de hierro metálico, cuyas características ya fueron descritas; cabe destacar que se debe dimensionar de acuerdo a la caja reductora que irá fija en esta pletina, obteniendo así:

- Largo = 23 cm.
- Ancho = 21 cm.
- Espesor = 5mm.

La base dimensionada, mostrada en la figura 2.16, alojara el motorreductor, que soportara todo el peso del mismo, que está fijado a ella, mediante cuatro pernos negros (acero de carbón) de M10 x 25.

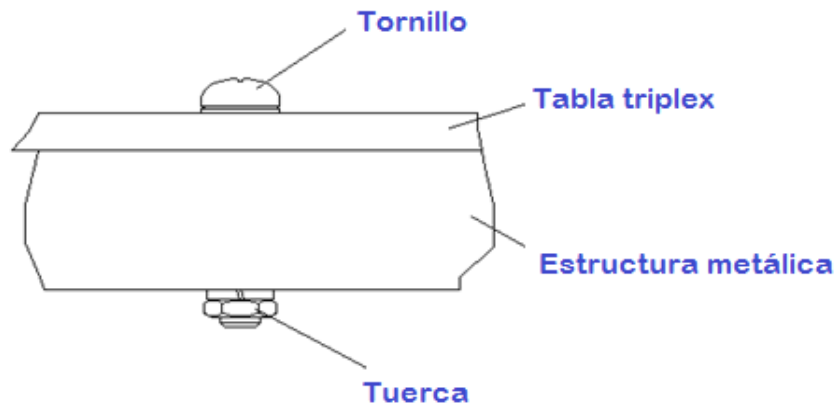


**Figura 2.16** Base del motorreductor.

Es la que tiene que controlar el movimiento angular, el cual sirve para que todo el motorreductor tenga el mismo efecto y con él su polea, para que de esta manera lograr el ajuste adecuado de las bandas de transmisión.

### 2.8.2 UNIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.

Los elementos de unión de la máquina se pueden montarse y desmontarse, están formados por tornillos y tuercas. El tornillo se usa para sujetar entre sí diferentes piezas, como ejemplo, en la máquina rebobinadora se necesita sujetar la tabla triplex a la estructura metálica como se muestra en la figura 2.17.



**Figura 2.17** Elemento de unión.

Así como para sujetar el motorreductor a la pletina base se utilizara: Cuatro pernos negros (acero al carbón), M10 x 25mm, con sus respectivas arandelas. Para fijar la base del soporte chumaceras a la estructura metálica se utilizara: Cuatro pernos negros (acero al carbón), M10 x 13mm, con sus respectivas arandelas. Y cuatro pernos M12 para fijar las chumaceras.

### 2.8.3 ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

El sistema de transmisión de la máquina rebobinadora estará constituido por:

- Polea motriz (Motorreductor).
- Polea conducida (Eje).
- Bandas de transmisión.
- Eje del plato.
- Plato de brida.

Con esto elementos descritos, se formara un sistema de transmisión reductora, esto quiere decir que la polea motriz girar más rápido que la polea del eje que es conducida, para ello se debe realizar previos cálculos para determinar el diámetro de la polea conducida.

### 2.8.3.1 Cálculo de la relación de transmisión de la caja reductora

Se debe conocer el número de dientes de los piñones que conforman la caja reductora y la velocidad del motor eléctrico, dato que se obtiene de la placa.

Número de dientes del piñón del eje = 11

Número de dientes del piñón del eje de polea (salida) = 56

Velocidad del motor = 1500 RPM

Fórmula:

$$Z_1 \times W_1 = Z_2 \times W_2$$

Dónde:

$Z_1$  = Número de dientes del piñón del eje.

$Z_2$  = Número de dientes del piñón del eje de polea.

$W_1$  = Velocidad de rotación de entrada.

$W_2$  = Velocidad de rotación de salida.

Remplazamos datos:

$$11 \times 1500 = 56 \times RPM_2$$

$$RPM_2 = \frac{11 \times 1500}{56}$$

$$RPM_2 = 294.64$$

Esto quiere decir que la velocidad del motorreductor es de aproximadamente 295 Revoluciones por minuto.

### 2.8.3.2 Cálculo de la relación de transmisión de poleas

Este cálculo nos permitirá saber el diámetro aproximado de la polea conducida para su inmediata fabricación.

Diámetro de polea del eje = X

Diámetro de polea del eje de la caja reductora = 9.5 cm

Velocidad de rotación de entrada = 294 RPM

Velocidad de rotación de salida = 180 RPM

Distancia entre ejes = 89 cm.

Fórmula:

$$d_1 \times W_1 = d_2 \times W_2$$

Dónde:

$d_1$  = Diámetro de la polea motriz

$d_2$  = Diámetro de la polea conducida

$W_1$  = Velocidad de rotación de entrada

$W_2$  = Velocidad de rotación de salida.

Remplazamos datos:

$$9.5 \times 295 = d_2 \times 180$$

$$d_2 = \frac{9.5 \times 295}{180}$$

$$d_2 = 15,56 \text{ cm}$$

**Nota:** La velocidad de rotación de salida accionada es la que se dimensionó para el rango de funcionamiento de la máquina, ya que no es necesaria una excesiva

velocidad, con lo que se obtiene una polea conducida de diámetro estimado 15 cm, lo que servirá para su construcción.

De esta manera se dimensiona la polea conducida; ya que las poleas son productos comerciales, se la debe adquirir conociendo la forma, el diámetro y número de vías, en este caso será: Polea de 2 vías de diámetro 15cm, para una banda tipo A.

### **2.8.3.3 Dimensionamiento del eje del plato de brida**

Los parámetros que definen el diseño y dimensionamiento del eje son:

- Longitud del agujero de acoplamiento de la polea conducida.
- Longitud del agujero del plato de brida.
- Sujetar el plato de brida.
- Fijar la polea conducida como también el plato de brida al eje.
- Diámetro de chumaceras.
- Rigidez al templar las bandas de transmisión.

Cumpliendo todos estos parámetros, se decide que eje se lo elabore en el material de acero al carbono, el que nos brinda las siguientes características:

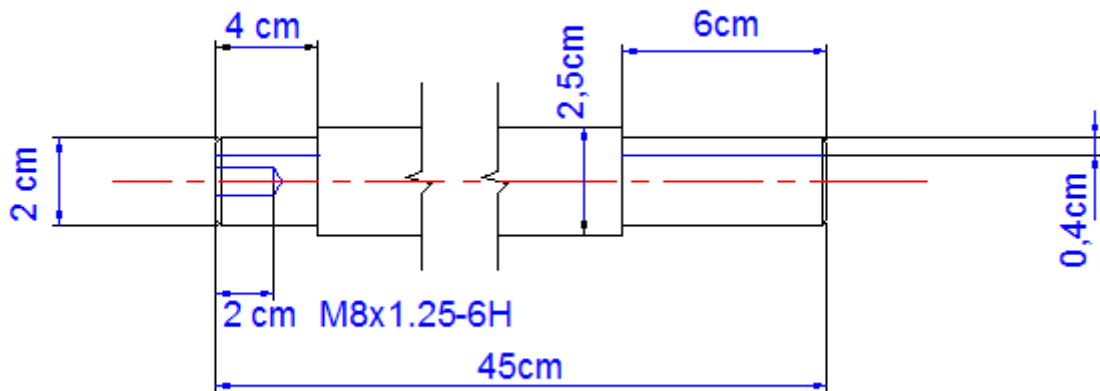
- Ductilidad y homogeneidad
- Valor elevado de resistencia mecánica
- De fácil mecanizado
- Resistente a la corrosión.

El eje metálico de 25 mm, de diámetro, transmitirá el movimiento del motorreductor al plato de brida, mediante dos puntos de apoyo que son:

- 2 Chumaceras ASAHI 2205, sus características ver Anexo 2.



Los extremos del eje serán mecanizados, ya que en ellos se acoplarán tanto el plato de brida, como la polea respectivamente, las medidas de los diámetros de acople que se muestra en la figura 2.18 son:



**Figura 2.18** Eje del plato de brida.

- Diámetro del eje = 2,5 cm x 45 cm de longitud.
- Diámetro del acoplamiento en el plato = 2 cm x 4 cm de longitud.
- Diámetro del acoplamiento en la polea = 2 cm x 6 cm de longitud.
- Guía del chavetero de la polea: ancho = 5mm; Alto= 4mm; Largo 6 cm.
- Guía del chavetero para el plato: ancho = 5mm; Alto= 4mm; Largo 4 cm

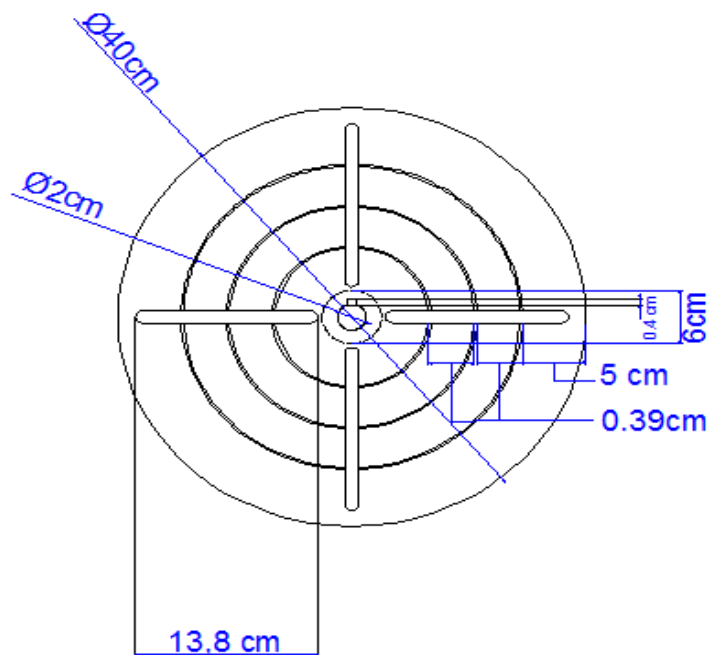
#### **2.8.3.4 Dimensionamiento del plato de brida**

El plato de brida permitirá sujetar los moldes de rebobinar a una determinada distancia, ya sean estos de tipo imbricado o concéntrico. Esto se podrá realizar mediante las bridas que tiene el plato, y un perno milimétrico M6 x 11cm de longitud, que apretamos con su respectiva tuerca, para que el molde de bobinar quede totalmente fijo.

Para el diseño y dimensionamiento del plato de brida se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Alojarse los moldes de bobinar.
- Dimensionar su diámetro de acuerdo a la bobina del motor de mayor potencia (50 Hp).
- Fijarse al eje de rotación de una manera desmontable al mismo.
- Guías en el frente del plato para adecuar la posición del molde.
- Material liviano debido a que estará en movimiento rotacional.

Tomando en cuenta los parámetros mencionados se dimensiona el plato y se manda a fabricar, donde utilizan una aleación de aluminio como material de fabricación, el cual se puede observar en Anexos 3.



**Figura 2.19** Plato de brida.

La ventaja que ofrece este material, es que se puede mecanizar con facilidad y es relativamente barato. En la figura 2.19, se indica el dimensionamiento que consta de:

- Diámetro exterior del plato = 40 cm.

- Diámetro interior = 2 cm.
- Canal del chavetero = Alto =4 mm. ; Ancho =5 mm.
- Longitud de la brida = 15 cm.
- Diámetro de la brida = 1 cm.
- Diámetro del prisionero = 4 mm.

#### **2.8.4 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL**

Este proyecto de tesis tiene como objetivo involucrar al técnico rebobinador con las nociones básicas que comprende el control de un proceso de confección de grupos de bobinas. El control es la parte de la electricidad que mejor se adapta a la relación entre el hombre y la máquina, aportando a simplificar los esfuerzos que el hombre tiene para realizar ciertos trabajos, a través de los sistemas que controlan el accionamiento de un miembro móvil por efecto del trabajo de los elementos de mando y maniobra existentes en el medio.

Con relación a lo expresado, para este proyecto es necesario dimensionar algunos parámetros que influyen en la operación de los elementos eléctricos del sistema de la máquina rebobinadora.

##### ***2.8.4.1 Determinación del tipo de control eléctrico.***

En el capítulo I, en la parte de tipos de máquinas rebobinadoras, se mencionó que existen varios tipos de control, los mismos que son:

- Semiautomático
- Automático

Se determina que el tipo de control eléctrico sea semiautomático debido a que:

- Es un tipo de control sencillo.
- Es común para el accionamiento de motores pequeños y tensión nominal.
- Es un control relativamente económico.

- Fácil operación.

Lo que lleva a dividir el sistema de control de la máquina en:

- ✓ Control electromecánico
- ✓ Control electrónico

#### **2.8.4.1.1 Control electromecánico**

El control electromecánico consistirá en controlar el apagado y encendido de todo el sistema mediante un interruptor, contactor y elementos de maniobra y pilotos.

#### **Lógica de control**

Mediante un pulsador de marcha se activara la bobina del contactor de alimentación del variador de frecuencia altivar 28, tanto como para el transformador de voltaje de la tarjeta electrónica y de esta manera activando el sistema. Indicando esto con una luz piloto verde; la luz piloto roja se encenderá solo en el caso de que el variador de frecuencia detecte una falla en su funcionamiento esto se logra programando manualmente al variador de frecuencia.

Con un selector de dos posiciones, conectado a la bornera de control del variador se logra dar el sentido de giro al motor. Así como la conexión de una resistencia lineal a las borneras del control del variador con la cual, se podrá regular la velocidad del motor.

Para el apagado del sistema se lo hará con un pulsador rojo, en un caso de emergencia se tendrá un pulsador general, el que apagara automáticamente todo el sistema.

### 2.8.4.1.2 Selección de los elementos de control electromecánico

Luego de haber determinado la lógica de control que se usara, se procede a seleccionar los componentes del control en mención. Para esto se debe dar los parámetros que se tienen a disposición, tales como son: Voltaje de la fuente, tipo de motor, fases, potencia, volteje nominal del motor, corriente nominal, velocidad, frecuencia.

Puesto que son conocidos los parámetros del motor trifásico (tabla 2.3), se debe realizar la selección de los elementos en base a los parámetros que se disponen en los datos de placa del motor que se selecciono.

DATOS DE PLACA DEL MOTOR	
VOLTAJE (V)	220/380
POTENCIA (Kw)	1,1
RPM	1500
CORRIENTE (A)	4,7/ 2,7
FRECUENCIA (HZ)	50/60
FASES	3

**Tabla 2.3** Datos del motor.

### 2.8.4.1.3 Selección del contactor y breaker

Según las disposiciones de la Comisión Electromecánica Internacional (I.E.C), las características de un contactor vienen determinadas en los siguientes términos:

**Tipo de contactor.**- Este punto hace referencia a:

- El número de polos del motor, si este es trifásico.
- Clases de corriente. Si los contactos principales son para circuitos de C.C. o C.A.; si se trata de corriente alterna especificar la frecuencia.

- Medio de interrupción.- Extinción para el arco eléctrico es en aire, aceite, al vacío.
- Método de control. Es decir, si el accionamiento del contactor es electromagnético, neumático, etc.

**Valores nominales.-** Según la Norma que se especifica, los datos de placa de los contactores traen los siguientes valores nominales:

- (Ve).- voltaje nominal de operación, se refiere al voltaje entre los contactos principales. Para circuitos trifásicos este viene dado por el voltaje entre fases.
- (Ie).- Corriente nominal de operación. La mayoría de contactores no traen explícitamente este valor de (Ie); pero viene determinado en forma de potencia activa (H.P. o KW), para un determinado voltaje de operación (Ve), y categoría de utilización.
- (Ith).- corriente térmica nominal.
- (F).- Frecuencia nominal.
- (Ui).- voltaje de aislamiento.

**Circuito de control y contactos auxiliares.-** Este punto es la cantidad de contactos auxiliares del contactor.

Los mismos parámetros descritos son utilizados para la dimensión del breaker a utilizar en el circuito eléctrico, este servirá como protección del circuito en sí.

#### **2.8.4.1.4 Selección de los elementos de maniobra**

Los aparatos de maniobra, son clasificados como interruptores, que tienen retroceso, que son accionados manualmente y se emplean para el mando de pequeñas potencias.

Los pulsadores son los elementos de mando más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente en el mando de motores eléctricos. Ver Anexo 9

La combinación de ellos se utiliza para abrir o cerrar circuitos auxiliares, para señalización, para el mando de relés, etc.

Para la selección de los elementos de maniobra se debe tomar en cuenta:

- Facilidad de montaje y operación.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistencia lineal para las borneras de control del variador (observar recomendaciones del manual).
- Bajo nivel de mantenimiento.
- El voltaje nominal.

Tanto para los pulsadores de marcha como para pulsadores de paro se emplean los mismos, teniendo en cuenta la normativa de régimen según los colores, esto es el color verde significa la marcha del motor y el color rojo el paro de la acción motriz.

#### **2.8.4.1.5 Selección del variador de frecuencia**

El variador de frecuencia a utilizarse es un Altivar 28 Telemecanique, para motores de 1.5 Kw/ 2Hp, ya que la potencia del motor es de 1.1 Kw, la que está en el rango del variador de frecuencia.

El Altivar 28 tiene las condiciones tanto eléctricas como de control; exigidas:

- Visualización: variador listo (parado), frecuencia del motor (en funcionamiento)
- Frecuencia nominal del motor: 60 Hz
- Tensión del motor: 230 V ó 400 V, según el modelo
- Rampas: 3 segundos
- Mínima velocidad: 0 Hz
- Máxima velocidad: 60 Hz
- Ganancia del bucle frecuencia: estándar

- Corriente térmica del motor = intensidad nominal del variador
- Corriente de frenado por inyección a la parada = 0,7 x de la intensidad nominal del variador durante 0,5 segundos.
- Funcionamiento a par constante con control vectorial de flujo sin captador
- Adaptación automática de la rampa de deceleración cuando hay sobretensión en el frenado
- Frecuencia de corte 4 kHz

#### **2.8.4.2 Control electrónico**

Para el diseño de la tarjeta electrónica se debe conocer el software utilizado para la programación del pic 16F877A y construir el circuito.

#### **Lógica de control**

La programación de la tarjeta electrónica tiene como fin controlar automáticamente los contactos de los tres relés electromagnéticos, a los que identificaremos:

- **Relé 1:** Para controlar el mando Manual / Automático.
- **Relé 2:** Para controlar el freno dinámico.
- **Relé 3:** Para controlar el interruptor de pie (pedal).

Esto se lograra programando el pic 16F877A, de tal manera que mediante una orden externa al pic (con el teclado numérico), controle la apertura sincronizada de los contactos de los relés, según los datos ingresados los cuales indican el número de vueltas exactas que dé el plato de brida donde se alojan los moldes de bobinar. El número de vueltas del plato de brida es reconocido mediante un sensor, el que enviará la señal de reconocimiento de cada vuelta al pic.

Seleccionando el modo automático este dará a escoger un número determinado de pasos que estarán programados de 1 a 4 pasos, una vez seleccionado éste número, el programa pedirá ingresar el número de vueltas independiente en cada



paso. De ésta manera el pic, controlara la apertura del relé 1, y en el momento que acabe de contar el número de vueltas en el paso 1, activara el relé 2, por un corto lapso de tiempo (5 segundos), en este lapso de tiempo se inyectara corriente continua al motor eléctrico, y el relé 1, se apagara luego de este lapso de tiempo automáticamente el relé 2 se desconectara y el 1 se activara, este proceso se repetirá dependiendo del número de pasos escogidos, y al terminar el paso escogido se apagara automáticamente.

Seleccionando el modo manual, el pic controlara la apertura del relé 1 y del relé 3, al seleccionar este modo se cierran los contactos de los dos relés 1 y 3, que permitirán controlar el encendido del motor eléctrico mediante un interruptor de pie (pedal).

Mediante un sensor eléctrico, se dará la señal al pic del número de vueltas y estas se representen en el lcd (pantalla de cristal liquida).

El sensor eléctrico seleccionado es de proximidad inductivo, ya que cumple con los parámetros exigidos:

- No hay contacto con el objeto.
- La respuesta del detector es clara y rápida.
- Insensibles a los golpes, a las vibraciones y al polvo.
- Son de tamaño pequeño.
- Se puede instalar en cualquier lugar

### 2.8.4.2.1 Diagramas de flujo

En el siguiente diagrama de flujo, se explicará lo que realiza el programa a ser grabado en el PIC. Figura 2.20

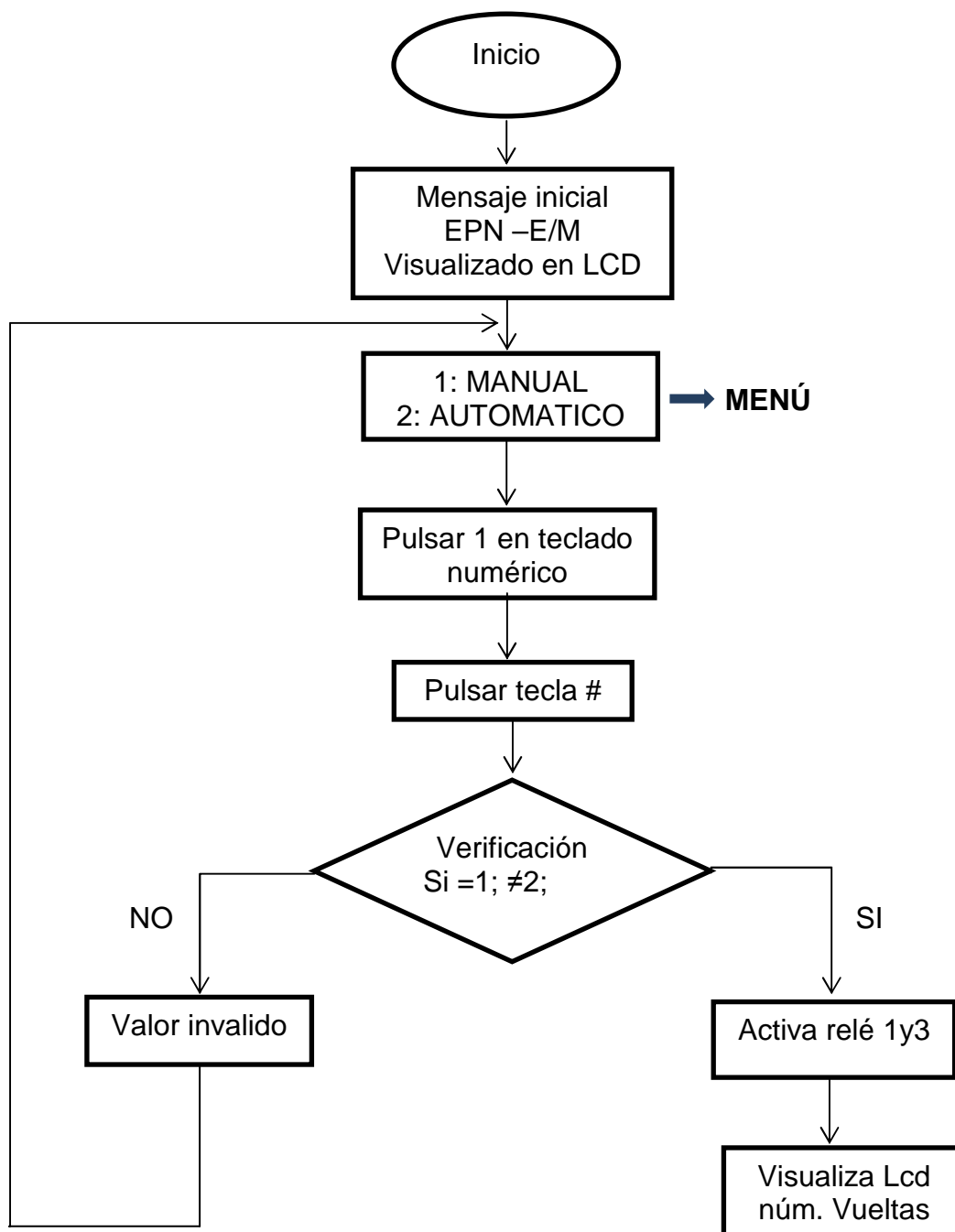
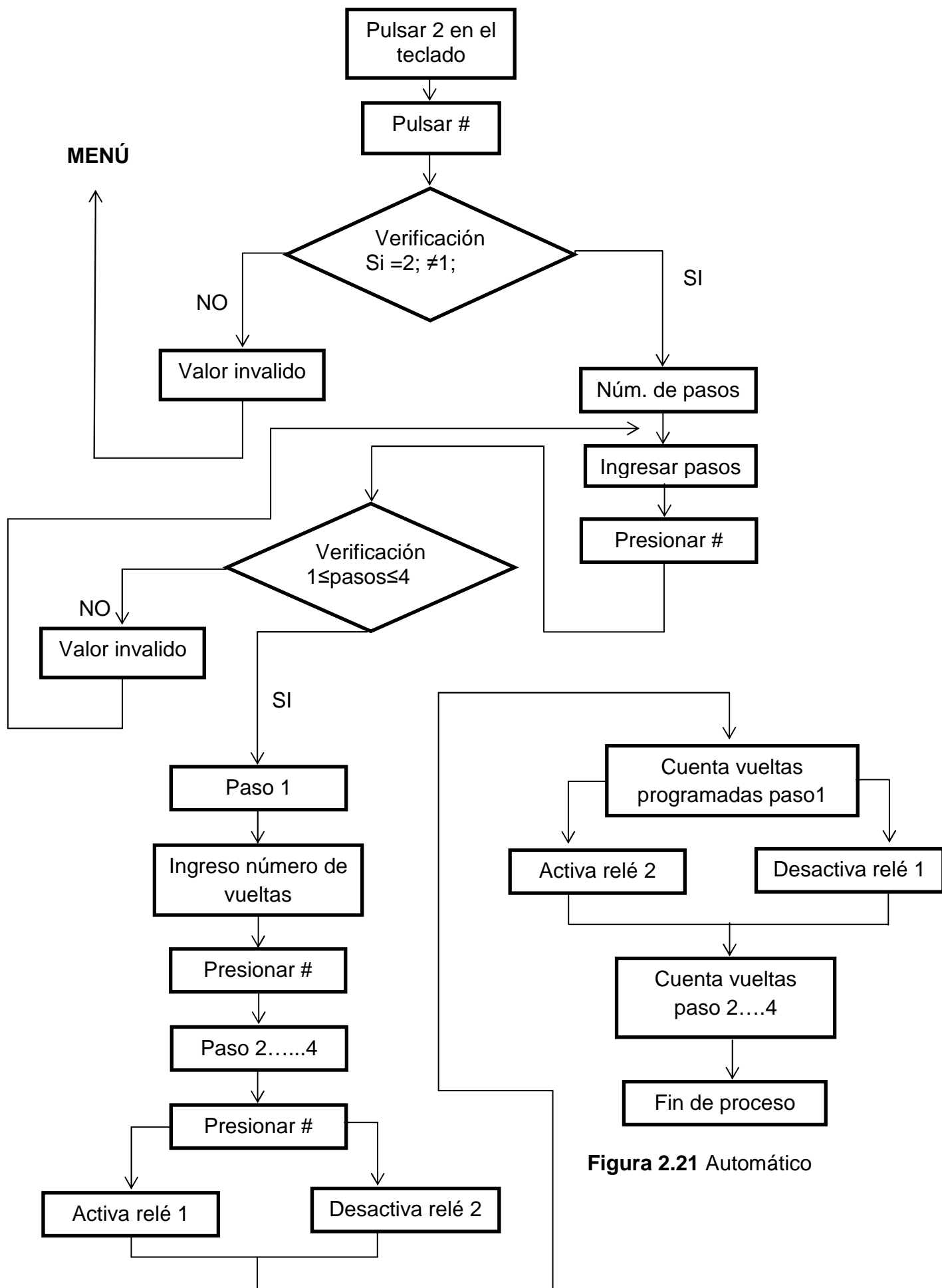


Figura 2.20 Diagrama de flujo manual.



**Figura 2.21** Automático

Al presionar la tecla 1, y pulsando la tecla (#), se ingresa éste valor al sistema, con el que se ingresa al modo manual de la máquina, si no es 1 y es un número cualquiera excepto el 2 el programa indicara valor invalido y volverá al menú.

Seleccionado el modo manual se activa los relés 1 y 3, de la tarjeta con lo que se utilizará la apertura y cierre de los contactos de los relés para realizar el control de la máquina solo cuando se active el sistema mediante el interruptor de pie (pedal), enviando la señal de control al variador Altivar 28, y éste alimentando al motor eléctrico. Visualizando en el LCD las señales del sensor es decir el NÚMERO DE VUELTAS del eje portador del plato de brida.

Pulsando Reset, el sistema mostrara el MENÚ (Figura 2.20); pulsando la tecla 2, se acepta este valor con la tecla (#), el pic verifica si este valor es el correcto o no, tal como se indica en la figura 2.21, si el dígito ingresado no es correcto el programa indica valor inválido y se regresa al MENÚ, y si el valor es correcto; en el LCD se mostrara (# de pasos 1-4), se debe ingresar el número de pasos de 1 hasta 4 pasos, se acepta el dígito ingresado con la tecla (#), caso que el dígito no esté dentro del rango indicado y se acepte éste valor; en el LCD se mostrara VALOR INVALIDO, y el programa regresa al ingreso de pasos como se indica en el diagrama de flujo automático. Siendo correcto el número de pasos el LCD mostrara (PASO 1), en el cual se debe ingresar un número determinado, el que representa el número de vueltas exactas que dará el plato de brida aceptando este valor con la tecla (#). Este número ingresado tiene como valor máximo 999, si se ingresa un número superior, el programa no aceptara este valor.

El momento que se acepta el número de vueltas del paso 1, el LCD indicara (PASO 2) en donde se ingresa el número de vueltas, y con la tecla (#) se acepta, y a continuación al (PASO 3) de igual manera se ingresa el número de vueltas y aceptando, y a continuación al (PASO 4), de la misma manera.

Este proceso esta descrito si la selección de paso es 4, en caso de ser diferente el programa indicara en el LCD, que ingrese el número de vueltas hasta el paso seleccionado, por ejemplo si se selecciona un paso 2, el momento de aceptar el

número de vueltas de dicho paso con la tecla (#), empieza el funcionamiento de la máquina.

Con estos valores ingresados, el pic dará la orden que los relés 1 y 2, que se activen y desactiven en sincronización, empieza el programa a contar el número de vueltas en el paso 1, estará activado el relé 1 y desactivado el relé 2, acaba de contar el número de vueltas ingresadas con lo que se desactiva 1 y se activa el relé 2, por un lapso de tiempo de 5 segundos, en éste lapso de tiempo la activación del relé 2, servirá para alimentar al motor eléctrico con corriente continua (freno dinámico), esto se lograra enviando una señal al variador de frecuencia, y éste inyectara corriente directa controlada al motor por el lapso de tiempo dicho.

Una vez terminado el lapso de tiempo se desactivara el relé 2 y se activara el relé 1, y empezara a contar el número de vueltas ingresadas del paso 2, una vez que termine de contar se repite el proceso descrito en el paso 1, esto se repite hasta el paso seleccionado, y el sistema se apagara automáticamente indicando en el LCD, FINAL DE PROCESO.

### **2.8.5 SOFTWARE A UTILIZARSE**

Para el desarrollo del programa, para el PIC16F877A se lo realizara usando 3 programas: **MicroCode Studio**, **Proteous V 7.0**, **PICkit2 V2.6** estos son programas gratuitos que se lo puede descargar de Internet.

#### **2.8.5.1 Microcode Studio**

Es un programa editor de texto como el bloc de notas de Windows, pero con la diferencia que está hecho exclusivamente para facilitar la programación del microcontrolador PIC.

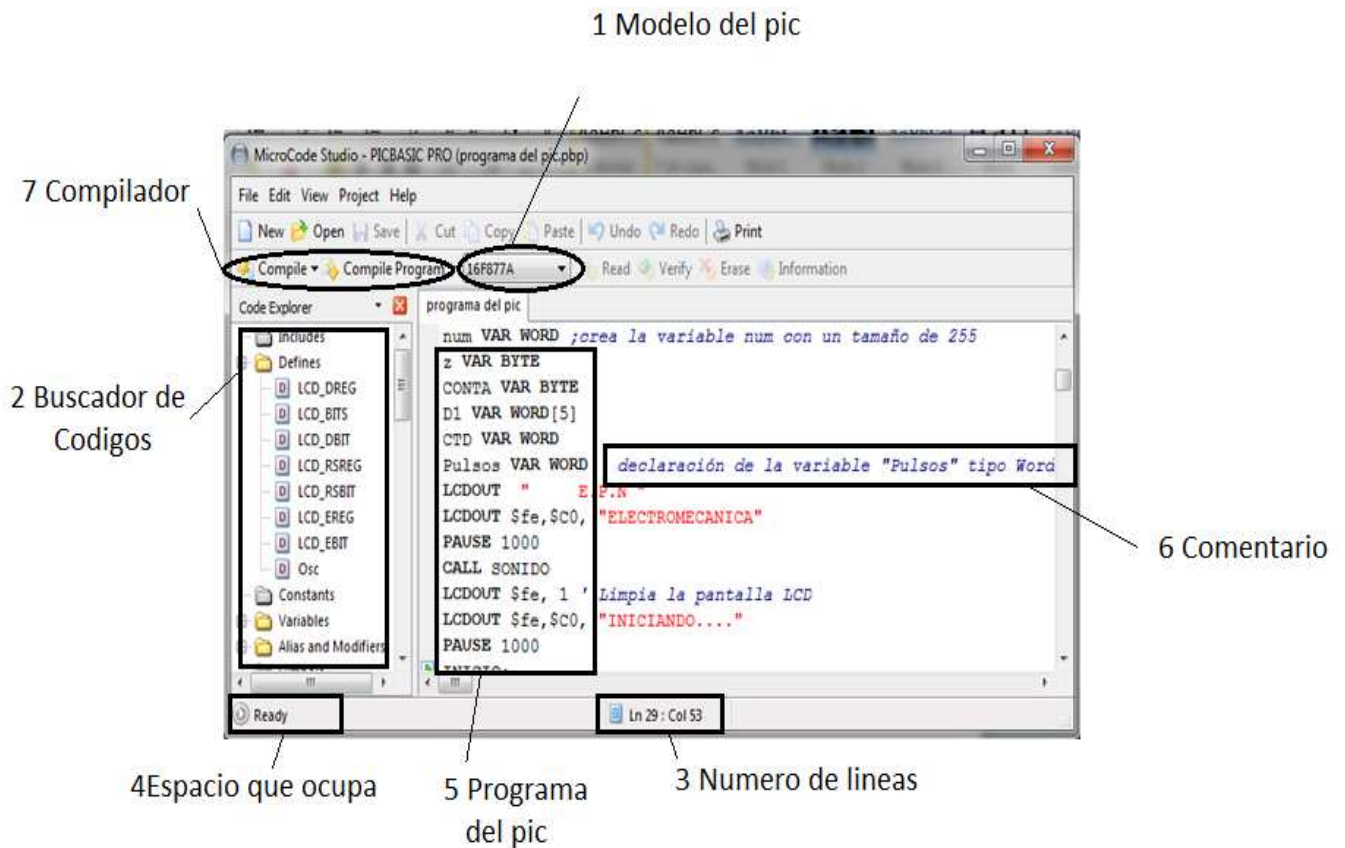
El Microcode Studio es una interface en el cual se escribe el código del programa, el que corrige errores de sintaxis, y ordena visualmente las subrutinas.

El Microcode queda enlazado con el PICBASIC de manera que una vez que se termina el programa, se compila y genera el archivo \*.HEX, los programas son guardados en formato Picbasic Pro \*.PBP.

Los procedimientos de programar son muy sencillos:

Primero se selecciona el modelo del PIC, (16F877A) **(1)**, se escribe el programa y se guarda, en este caso programa del pic, por último se compila **(7)**, si el programa está bien escrito y sin fallas compilará y mostrará en la parte inferior izquierda el espacio que requiere en el PIC **(4)**, enseguida se creará automáticamente 3 archivos: programa del pic. Mac, programa del pic Asm y programa del pic. Hex, este último es el más importante para el PIC, es el que se debe grabar en el microcontrolador.

Como se muestra en la figura 2.22:



**Figura 2.22** Pantalla principal de microcode studio.

### 2.8.5.2 Proteus v 7.0

Proteus en realidad se divide en dos programas, ISIS y ARES. Con el primero se tiene un generador de circuitos reales, que funcionan, de forma que se compruebe si el diseño que se desea implementar en un PIC funciona.

Una vez comprobado con las herramientas incorporadas, ARES pasará a la acción para conseguir pasar el diseño virtual, a algo que se pueda implementar en la realidad con todos los componentes de su base de datos correctamente identificado. Proteus incluye la función de generar las pistas de cobre automáticamente si se le indica, simplemente, como van conectadas, aunque seguramente se deberá retocar algunos detalles, ya que este tipo de automatismos no siempre son totalmente válidos.

Con lo que se puede diseñar y simular el funcionamiento del circuito mostrado en la figura 2.23.

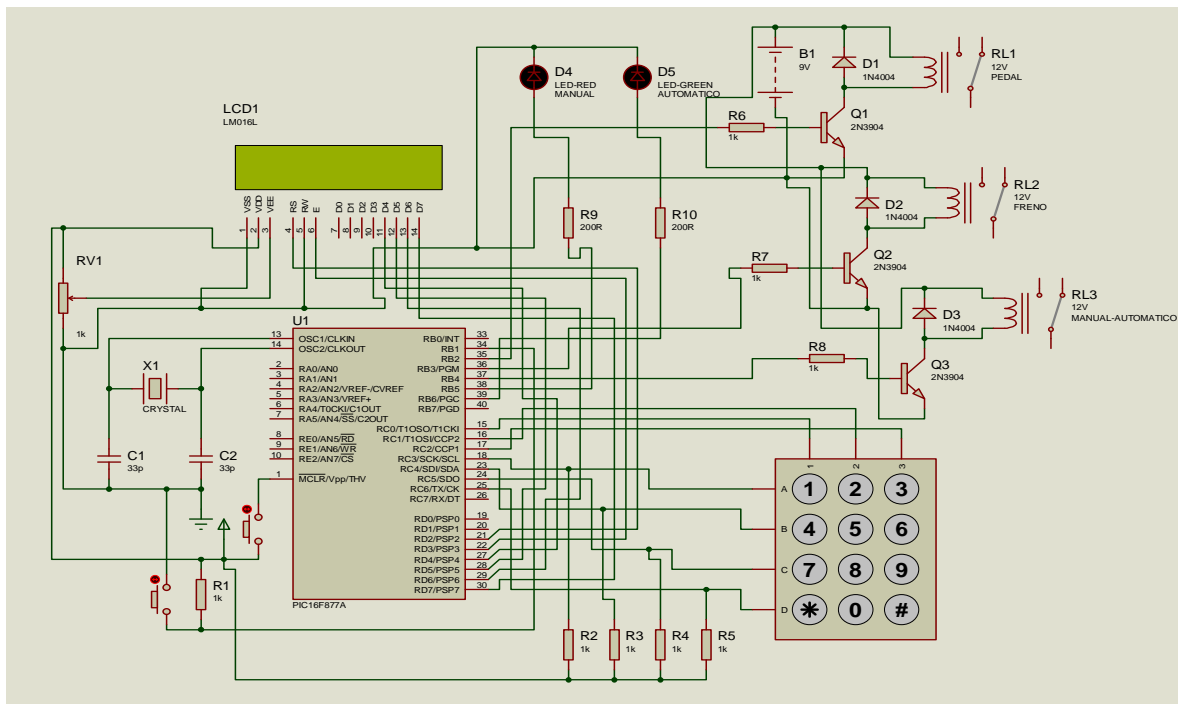


Figura 2.23 Diseño electrónico del programa.

### **2.8.5.3 *Pickit2 v2.6***

El programador PicKit2, es una herramienta de programación, de bajo costo. Es capaz de programar la mayoría de los microcontroladores y memorias seriales EEPROM de Microchip. Mediante el puerto de conexión USB, es un conector del tipo mini-B. Conecta el PicKit2 a la PC usando el cable suministrado. Ver Anexo 6.

## **2.9 CONTROL GENERAL DE LA MÁQUINA.**

Con todo el dimensionamiento y diseño expuesto, se lograra aprovechar las aperturas y cierres de los relés de la tarjeta electrónica, los mismos que permitirán dar una señal de voltaje continuo al variador de frecuencia para que el motor funcione de acuerdo al modo que programe el técnico rebobinador.

La tarjeta electrónica se la puede definir como un dispositivo de función específica, que al accionarla permitirá dar una señal al variador de frecuencia, con la que se manipulara las características de velocidad, sentido de giro, número de vueltas, en su funcionamiento, mediante un control electromecánico.



## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA REBOBINADORA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La máquina rebobinadora semiautomática llega, a su punto cumbre, debido a que todos los datos, parámetros, análisis y criterios que se observaron en los capítulos anteriores, se juntan para realizar, en forma real lo que se dimensionó y calculó. Así mismo el objetivo principal para lo que fue realizado éste estudio es el de construir la máquina rebobinadora.

#### **3.2 CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Previa realización de cualquier actividad se tienen los planos correspondientes donde se muestran: dimensiones, tolerancias dimensionales y geométricas, material, para la construcción.

En general para cualquier procedimiento de fabricación es importante mencionar que las piezas tales como ejes, plato de brida y polea, se obtienen con arranque de viruta hasta obtener la forma deseada.

Para llevar a cabo la construcción de la máquina rebobinadora semiautomática se realizan las siguientes operaciones: trazar, limar, cortar, taladrar, doblar, pintar, soldar, roscar (machos), torneear, fresar con lo que se obtiene sus formas finales.

Las máquinas y herramientas utilizadas para el proceso de construcción se las describe en la tabla 3.1 y son:

<b>MÁQUINAS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
Cizalla	Sierra manual
Suelda Eléctrica (SMAW)	Limas
Prensa	Entenalla
Compresor	Machuelos
Taladro	Cuchillas
Moladora	Herramientas de trazado
Torno	Brocas
Fresadora	Terraja
	Calibrador

**Tabla 3.1** Máquinas y Herramientas utilizadas.

A continuación se describen las actividades realizadas para la construcción de los diferentes elementos de la máquina rebobinadora.

### **3.3 PARTES DE LA MÁQUINA REBOBINADORA**

La máquina rebobinadora semiautomática dimensionada tendrá como partes principales:

- Estructura metálica
- Base de motorreductor
- Soporte de chumaceras
- Motorreductor
- Chumaceras
- Eje
- Poleas
- Disco de brida
- Bandas
- Caja de control

### 3.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La unión por soldadura (Anexo 10), es más eficiente en estructuras totalmente continuas, existe una razón principal para esta eficiencia:

Cuando se tiene sobrecargas, se distribuye más fácilmente en las estructuras totalmente continuas como la que se tiene que construir.

#### 3.4.1 Proceso de construcción

La estructura de la máquina está conformada por cuatro patas principales de tubo metálico de 80 centímetros de largo cada una. Unidas superiormente con 2 transversales largas de 82.38 cm de largo. Y 2 transversales cortas de 62.38 cm de largo.

Para su fabricación se seguirá el plan de construcción de la tabla 3.2.

<b>PLAN DE CONSTRUCCIÓN – ESTRUCTURA METÁLICA (MESA)</b>				
<b>N</b>	<b>PROCESO</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>PARÁMETROS</b>
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte	Moladora	Sierra manual	Sobre medida 1mm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro eléctrico	Broca helicoidal Ø=11mm	Velocidad 250 RPM Avance manual
5	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 80 Cd.
6	Pintado	Compresor	Soplete spray	Pintura anticorrosiva color negro

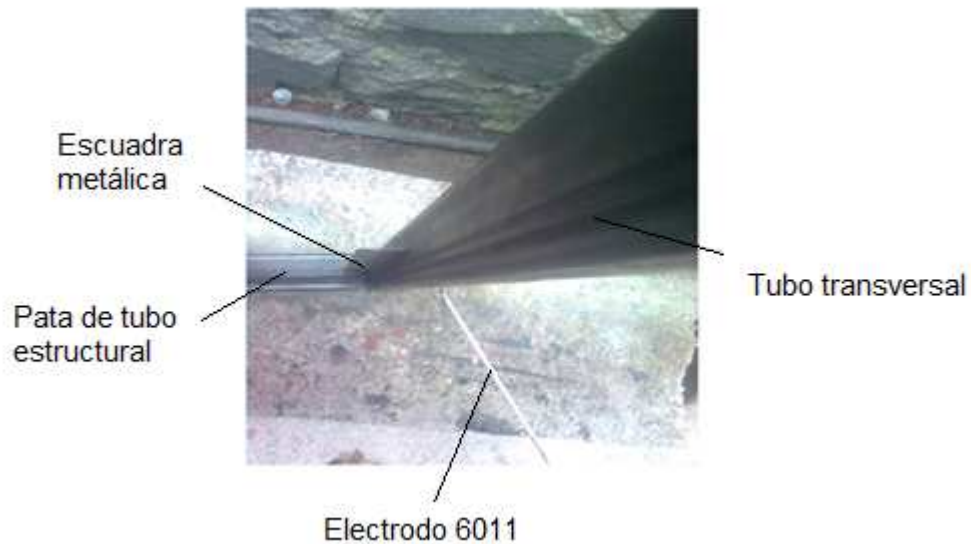
**Tabla 3.2** Proceso de construcción de la mesa

Obteniendo los 12 tubos metálicos, debidamente cortados con sus respectivas medidas cada uno. Se coloca la pata en una parte fija y mediante una escuadra se ubica la transversal metálica, como se muestra en la figura 3.1.



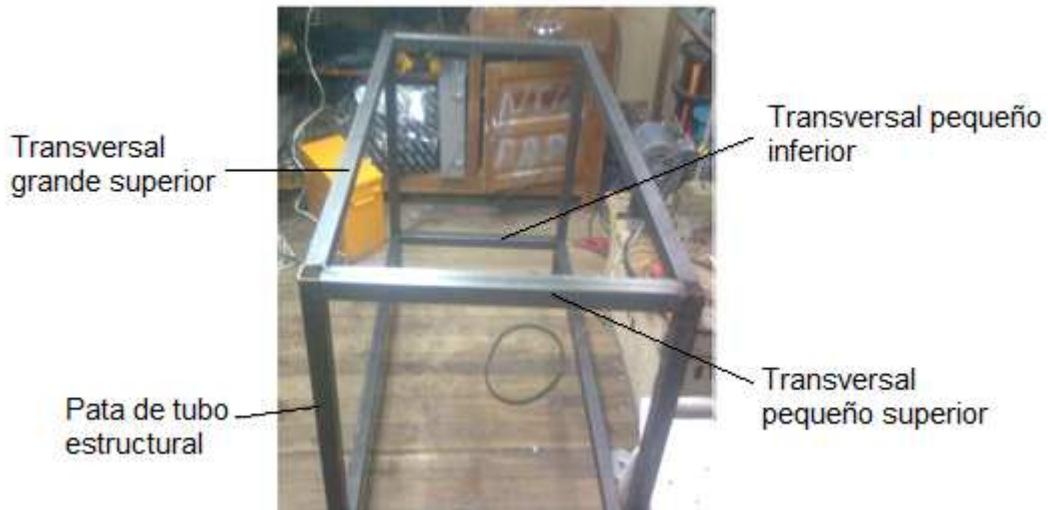
**Figura 3.1** Unión de tubos estructurales metálicos.

Uniendo las dos partes con una soldadura tipo filete como se muestra en la figura 3.2, mediante un electrodo 6011.



**Figura 3.2** Procesos de unión de tubos metálicos.

Este procedimiento de unión se realiza a las cuatro patas metálicas con sus respectivas transversales pequeñas, obteniendo dos estructuras metálicas solidas en forma de U. Las mismas que se soldaran, con sus transversales metálicas grandes y así obteniendo una estructura solida con las medidas determinadas como se indica en la figura 3.3 correspondiente.



**Figura 3.3** Mesa metálica.

La que alojara en su parte inferior el soporte para el motorreductor. Y en la parte superior el soporte para la base de las chumaceras.

### **3.5 SOPORTE DEL MOTORREDUCTOR**

El soporte del motorreductor está construido de un canal metálico tipo U, el cual tiene las mismas características del tubo metálico estructural ya descritas.

#### **3.5.1 Proceso de construcción del soporte**

El soporte del motorreductor está conformado por:

2 Canales pequeños = 17cm.

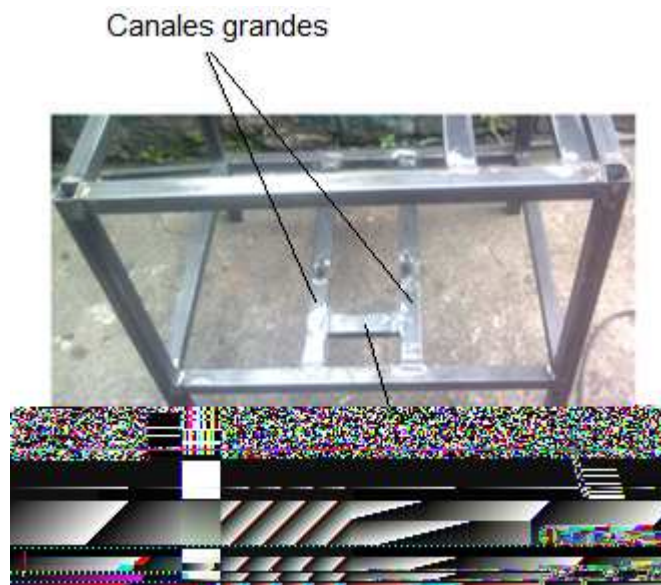
2 Canales Grandes = 62,38cm

Para su fabricación se tendrá presente el plan de construcción de la tabla 3.3.

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – SOPORTE DEL MOTORREDUCTOR				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte	Moladora	Sierra manual	Sobre medida 1mm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal Ø=13mm	Velocidad 250 RPM Avance manual
5	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 60 Cd.

**Tabla 3.3** Proceso de construcción del soporte.

Cabe mencionar que el proceso de taladrado se lo realiza a un canal pequeño, ya que este servirá para ajustar el perno que regula la base del motorreductor, uniendo el soporte a la parte inferior de la estructura como se muestra en la figura 3.4



**Figura 3.4** Canales de soporte del motorreductor.

### 3.6 BASE DEL SOPORTE DE CHUMACERAS

La base del soporte de chumaceras es la pieza construida de perfil tipo C, con el fin de fijar el soporte donde se alojaran las chumaceras.

#### 3.6.1 Proceso de construcción de la base

La base del soporte de chumaceras está conformada por 2 canales grandes y un pequeño:

Canal pequeño = 10 cm.

Canales Grandes = 62,38 cm.

Para su fabricación se tomara en cuenta el plan de construcción de la tabla 3.4.

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – BASE SOPORTE				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte	Moladora	Sierra manual	Sobre medida 1mm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal Ø=10mm	Velocidad 250 RPM Avance manual
5	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 60 Cd.

**Tabla 3.4** Proceso de construcción de la base soporte.

Las perforaciones se las realiza en un taladro de banco, primero se señala mediante un punto la ubicación exacta de la perforación, colocando la broca M10, en la mordaza del taladro, y perforando en los puntos indicados.

Siguiente a esto se une la base a la parte superior de la estructura metálica, obteniendo de esta manera la pieza indicada en la figura 3.5.



**Figura 3.5** Canales bases del soporte de chumaceras.

### **3.7 BISAGRAS DE LA PLETINA BASE DEL MOTORREDUCTOR**

Las bisagras para soporte de la pletina metálica, la cual será base del motorreductor, fueron creadas de hierro debido a sus características de rigidez descritas en el capítulo 2. Estas bisagras serán el punto de apoyo para sostener el motorreductor, y estarán fijadas entre la pletina metálica y la base del canal metálico.

#### **3.7.1 Proceso de construcción de bisagras**

Para la construcción de las bisagras se tiene cuatro pletinas metálicas en forma de rectángulo con las medidas:

- Altura = 4.5 cm
- Ancho = 4 cm
- Espesor = 1 cm.

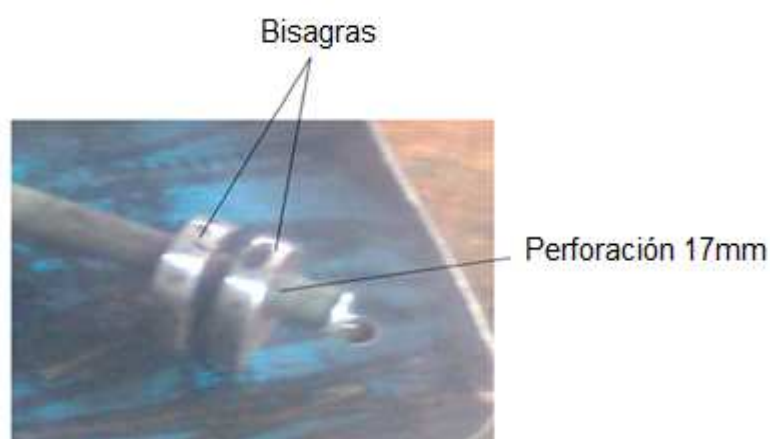


Las mismas que siguen el plan de construcción de la tabla 3.5

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – BISAGRAS				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte		Sierra manual	Sobre medida 1mm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal Ø=17mm	Velocidad 80 RPM Avance manual
5	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 60 Cd.

**Tabla 3.5** Proceso de construcción de las bisagras.

Una vez realizadas las perforaciones en las 4 bisagras se eliminan aristas vivas, redondeando sus esquinas superiores obteniendo una pieza como se muestra en la figura 3.6



**Figura 3.6** Bisagras

### 3.8 EJE SOLIDO DE BISAGRAS

Este eje junto a sus bisagras permitirá el movimiento angular de la pletina de hierro, la cual es base soporte del motorreductor, la que permitirá la tensión de las bandas de transmisión.

#### 3.8.1 Proceso de construcción del eje de bisagras

Se obtiene un eje metálico de medidas:

Largo = 23 cm.

Diámetro = 16 mm.

El que sigue el plan de construcción de la tabla 3.6

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – EJE DE BISAGRAS				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
□				
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Refrentado	Torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 500 Rpm Avance: manual
3	Chaflanado	torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.
4	Destaje	Torno	Cuchilla de acero rápido	1,1x 0,8mm

**Tabla 3.6** Proceso de construcción del eje de bisagras.

El destaje es de 0,8 mm de profundidad y 1,1 mm de grosor, también se realiza un chaflanado en sus extremos, esto se lo realiza con la ayuda de un torno, siguiendo las medidas del plano indicado y de esta manera obteniendo el eje mostrado en la figura 3.7.



**Figura 3.7** Eje de bisagras.

### 3.9 PLETINA BASE DEL MOTORREDUCTOR.

La pletina de hierro es la que alojara y fijara la posición del motorreductor, mediante pernos M10 x 25, con sus respectivas tuercas y arandelas.

#### 3.9.1 *Proceso de construcción de la pletina base*

Se cuenta con una pletina de hierro con las siguientes medidas: Largo = 23 cm; Ancho = 21 cm; Espesor = 5mm.

La cual sigue el plan de construcción de la tabla 3.7.

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – PLETINA BASE				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte	Moladora	Disco de corte uso general	4-1/2x1/8x7/8” Tipo 27
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal Ø=11mm	Velocidad 80 RPM Avance manual
5	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 100 Cd.

**Tabla 3.7** Proceso de construcción de la pletina base del motorreductor.

En el proceso de taladrado, cabe destacar que 4 perforaciones son M 11 pasantes para el motorreductor, y una perforación de M13 x 2 cm, de longitud entre radios es para el perno de sujeción. Se sueldan las bisagras en la posición establecida, señalando la pletina, la referencia es el centro de la perforación. Las esquinas de la pletina son redondeadas, dando un acabado superficial a mano mediante lima, de esta manera obteniendo la pieza mostrada en la figura 3.8.



**Figura 3.8** Pletina base.

### 3.10 BASE DEL MOTORREDUCTOR

La base del motorreductor está constituida por:

- ✓ Canales tipo u
- ✓ Bisagras
- ✓ Eje de bisagras
- ✓ Pletina base

El conjunto de estas piezas conforman la base del motorreductor donde sus dos puntos de apoyo, ejercen la fuerza (peso del moto reductor 30 kilogramos). Garantizando su estabilidad, las características de los tubos y canales estructurales. Ver en Anexos 3.

Esta base está construida de acuerdo a las dimensiones existentes del motorreductor utilizado, asegurando de esta manera su fijación en la base de la estructura metálica.

### 3.10.1 Proceso de construcción de la base

La construcción de la base del motorreductor se realiza mediante el plan de la tabla 3.8, que servirá para unir las piezas anteriormente construidas.

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – BASE DEL MOTORREDUCTOR				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 100 Cd.

**Tabla 3.8** Proceso de construcción de la base del motorreductor.

Soldando a la estructura inferior de la mesa, las bisagras inferiores de acuerdo al dimensionamiento dado, tal y como se muestra en la figura 3.9.



**Figura 3.9** Bisagras inferiores.

Una vez que sea obtenida una estructura solida se coloca la pletina base en la cual están soldadas las bisagras superiores con su respectivo eje. Al mismo que

se fija con anillos de seguridad axiales exteriores, los cuales se colocan en los destajes realizados al eje de las bisagras como mostrado en la figura 3.10.



**Figura 3.10** Montaje de pletina base.

De esta manera se controlara que el eje, se salga de sus bisagras en el momento que tengan juego axial o angular. El perno de sujeción, se fija con dos juegos de contratuercas:



**Figura 3.11** Sistema de sujeción de la base del motorreductor.

Un juego de contratuerca a la pletina base del motorreductor, y el otro al canal de la estructura, esto permitirá regular el movimiento angular del motor, con lo cual se regula la tensión de las bandas de transmisión, como se muestra en la figura 3.11.

### 3.11 SOPORTE DE CHUMACERAS

Es la pieza metálica, donde se alojara las chumaceras, que son los puntos de apoyo del eje del plato de brida.

#### 3.11.1 Proceso de Construcción del soporte.

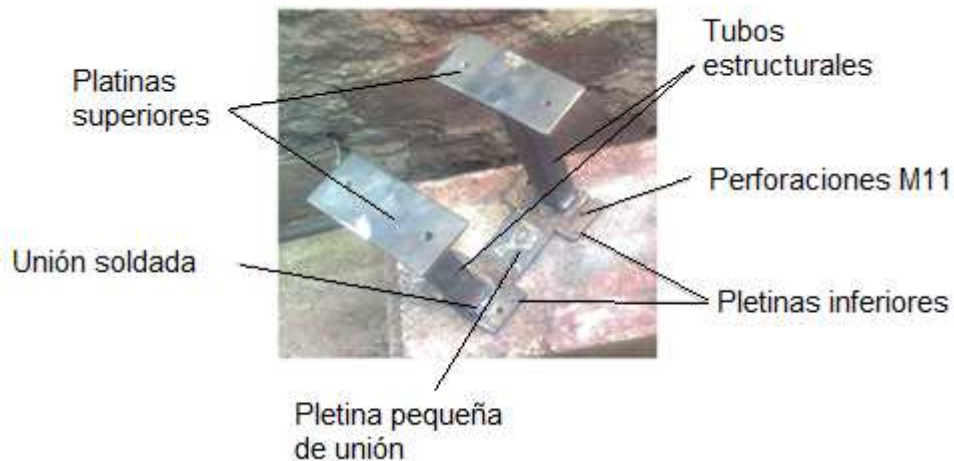
Para su construcción se tomara en cuenta el plan de la tabla 3.9

PLAN DE CONSTRUCCIÓN –SOPORTE DE CHUMACERAS				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Corte		Sierra manual	Sobre medida 1mm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal $\square=3/16''$	Velocidad 80 RPM Avance manual
5	Roscado	Terraja	Machuelos	10mmx1.5
6	Soldado	Suelda eléctrica SAEW	Electrodo 6011	Amp. = 80 Cd.

**Tabla 3.9** Proceso de construcción del soporte de chumaceras.

En las pletinas inferiores se señala, los puntos para las perforaciones M11 de diámetro, esto se realiza en un taladro de banco, con una broca M11, ya que

éstos servirán para la unión entre el soporte y la base superior de la mesa, mediante pernos milimétricos de 10 mm x 25 mm. Obteniendo las dos pletinas inferiores listas y perforadas, se coloca en una parte fija y se suelda con la pletina pequeña de unión, formando una base solida, en la cual irán soldados los dos tubos metálicos.



**Figura 3.12** Partes del soporte de chumacera.

De la misma manera se soldara las pletinas superiores, donde se alojen las chumaceras, obteniendo así el soporte solido para las mismas, como se indica en la figura 3.12

### 3.12 MACHUELADO DE LAS PLETINAS SUPERIORES

Las dos pletinas superiores de hierro rectangulares de dimensiones:

- Altura = 14.6 cm.
- Ancho = 6.8 cm.

Deben ser primero taladradas con una broca metálica:

Para la elección de la broca se debe considerar:

Perno a utilizar milimétrico o en pulgadas

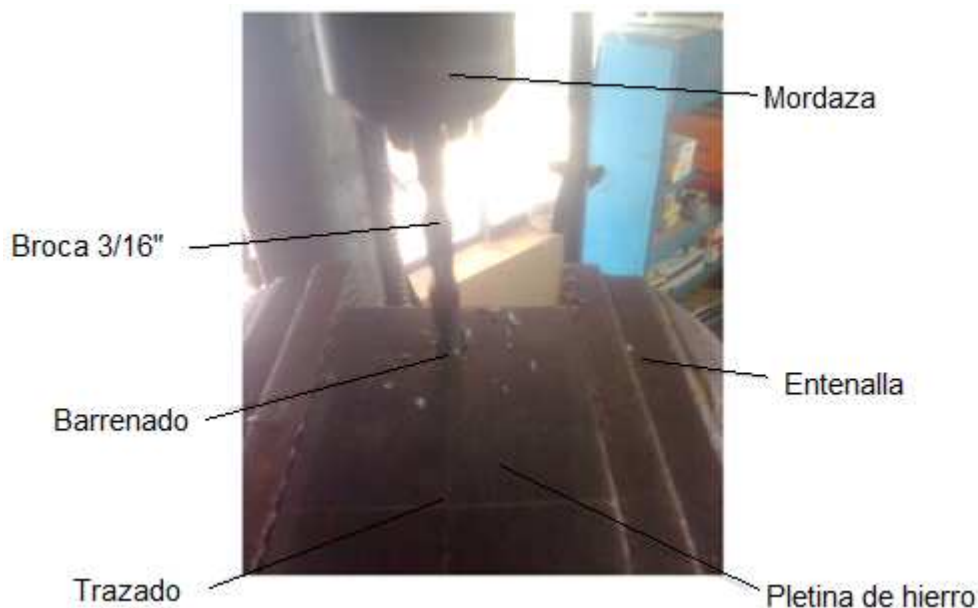


Tipo de rosca del perno ya sea esta fina o gruesa  
Debe ser de menor diámetro del machuelo.

El perno a utilizar es de medida M10, según la tabla del Anexo 4. Que recomienda para este tipo de rosca, es utilizar una broca 3/16" ya que el machuelo que se utilizara es de 10mm x 1.5 de 16 hilos. Así señalando la ubicación exacta de las perforaciones con la ayuda de un rayador metálico y con un punto se da la guía para que la broca realice el barrenado al material.

### 3.12.1 Barrenado

Es la operación de producir una perforación en una pieza ya sea un barreo pasado o ciego por medio de la herramienta de corte llamada broca. Se coloca la broca en la mordaza del taladro de banco, la pletina de hierro se fijara en una posición adecuada en la entenalla del taladro y se realiza el barrenado como se indica en la figura 3.13.



**Figura 3.13** Barrenado.

Realizado el barrenado en forma manual, y de esta manera obteniendo las perforaciones en las dos pletinas de hierro.

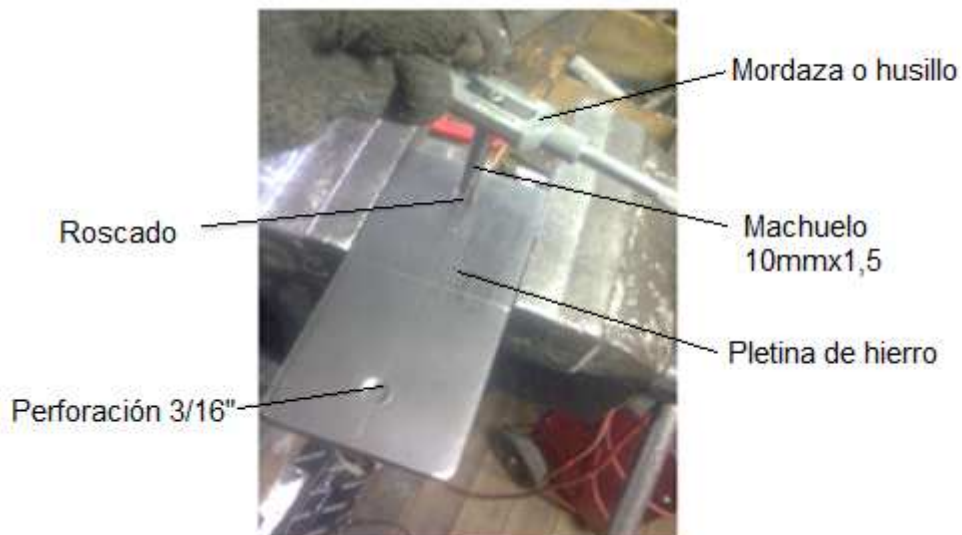
### 3.12.2 Rimado

Es la operación final de un barrenado en el cual requiere de un accesorio llamado porta rima flotante, o con una lima circular. Después de que la perforación esta rimada realizamos el roscado.

### 3.12.3 Roscado

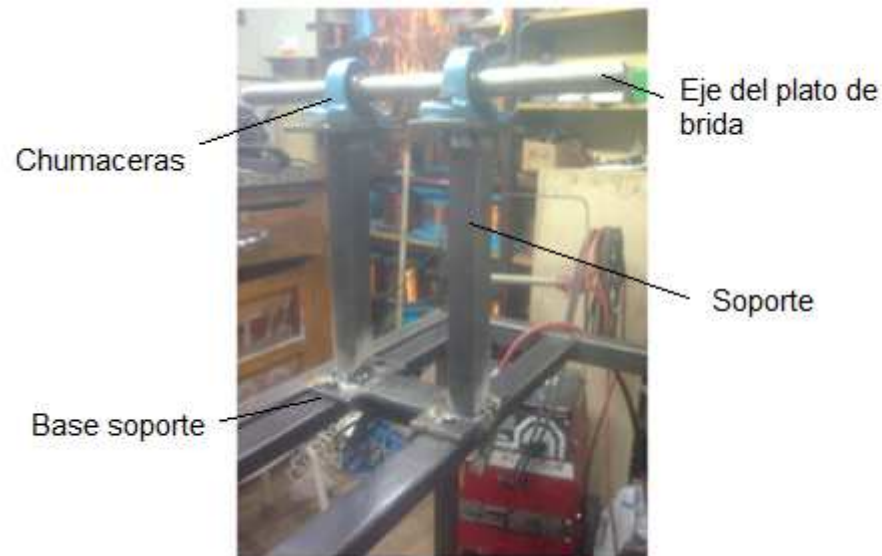
Es la operación que tiene por objeto realizar la rosca, mediante el machuelo, utilizando los movimientos del husillo en ambos sentidos.

Primero se realiza el roscado con el machuelo más fino, luego el mediano y por último el más grueso. Como se muestra en la figura 3.14.



**Figura 3.14** Roscado.

En los cuales se fijan las chumaceras, que son los puntos de apoyo del eje del disco de brida como se indica en la figura 3.15.



**Figura 3.15** Soporte de chumaceras.

Una vez construida toda la estructura metálica se da fondo, y se pinta de color negro anticorrosivo, y una vez seco se coloca la tabla triplex, base que se adquiere con las medidas específicas.

### **3.13 PLATO DE BRIDA**

El plato de brida nos permitirá sujetar los moldes de rebobinar a una determinada distancia ya sean estos de tipo imbricado o concéntrico. Esto se puede realizar mediante las bridas que tiene el plato y un perno milimétrico M6 x 11cm, de longitud que se apretará con su respectiva tuerca, para que el molde de rebobinar quede totalmente fijo.

#### **3.13.1 Proceso de construcción del plato de brida**

El plato debe seguir algunos procesos de construcción para obtener las bridas, guías, agujero del eje, prisioneros, el técnico que realiza la construcción debe leer los planos respectivos, en el cual se especifican sus medidas y diseño que están compuestas por:

- Diámetro exterior del plato = 40 cm.
- Diámetro interior = 20 mm.
- Canal del chavetero = Alto =4 mm. ; Ancho =5 mm.
- Longitud de la brida = 15 cm.
- Diámetro de la brida = 1 cm.; Diámetro del prisionero = 4 mm.

Para lograr la forma del disco se debe seguir el plan de la tabla 3.10.

<b>PLAN DE CONSTRUCCIÓN –PLATO DE BRIDA</b>				
<b>N</b>	<b>PROCESO</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>PARÁMETROS</b>
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Fundición	horno	Molde de fundición	Dímetro =40cm
3	Limado	Entenalla	Limas de desbaste, limas de acabado	
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal □=20mm	Velocidad 80 RPM Avance manual
5	Roscado	Terraaja	Machuelos	6 mmx1.5
6	Maquinado	Torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.
7	Fresado	Fresadora	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.
8	Chaflanado	torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.

**Tabla 3.10** Proceso de construcción del plato de brida.

El fresado es un proceso de mecanizado de superficies, que consiste en el eliminado progresivo de una determinada cantidad de material de la pieza de trabajo, con un valor de avance relativamente bajo, y con una alta velocidad de rotación. Las principal características del proceso de fresado es la eliminación de material de cada labio de la fresa, partiéndolo en pequeñas pociones (viruta). Los dientes de corte están localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal. Con esto se realizara el plato de brida, como se indica en la figura 3.16.



**Figura 3.16** Partes del plato de brida.

### 3.14 EJE DEL PLATO DE BRIDA

Es un eje metálico de 25 mm, de diámetro, el cual transmitirá el movimiento del motorreductor al plato de brida, mediante dos puntos de apoyo que son:

- Chumaceras ASAHI 2205.

Los extremos del eje son los mecanizados, ya que en ellos se acoplaran tanto el plato de brida, como la polea respectivamente.

### 3.14.1 Proceso de construcción del eje

La construcción está basada a los planos del Anexo 1, de cada parte del eje, siguiendo el plan de construcción de la tabla 3.11

PLAN DE CONSTRUCCIÓN – EJE DEL PLATO				
N	PROCESO	MÁQUINA	HERRAMIENTAS	PARÁMETROS
□				
1	Trazado		Escuadra reglas, compas de puntas, rayador granete.	
2	Refrentado	Torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 500 Rpm Avance: manual
3	Chaflanado	torno	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.
4	Taladrado	Taladro de banco	Broca helicoidal □=10mm	Velocidad 80 RPM Avance manual
5	Roscado	Terraaja	Machuelos	8mmx1.5- 6H
6	Fresado	Fresadora	Cuchilla de acero rápido	Velocidad 320 Rpm Avance: 0.033 mm/rev.

**Tabla 3.11** Proceso de construcción del eje del plato de brida.

La rosca en el eje sirve para fijar el plato, así como el fresado sirve para la guía de los chaveteros respectivamente, y de esta manera se obtiene un eje como se muestra en la figura 3.17.



**FIGURA 3.17** Eje del plato de brida.

### 3.15 POLEA DE TRANSMISIÓN

En el sistema de la máquina existen dos poleas una del eje del motor y otra del eje del plato de brida.

**La polea motriz (motor):** también llamada polea conductora, es la polea ajustada al eje que tiene movimiento propio, causado por el motorreductor.

**Polea conducida (eje):** Es la polea ajustada al eje del plato de brida, la misma que debe moverse.

Estas poleas son las que mediante unas bandas de transmisión tipo A, producen el movimiento giratorio del plato de brida. Las poleas utilizadas son de dos vías, para que el sistema tenga una mejor transmisión de movimiento y no resbalen las bandas.

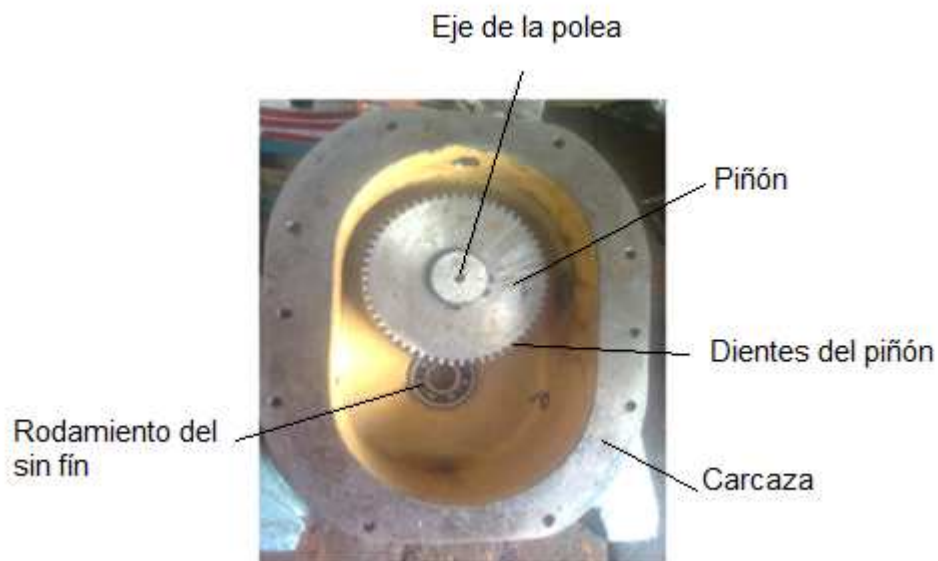
### 3.16 MOTORREDUCTOR

Está compuesto de una caja reductora de piñones debidamente acoplados con un motor eléctrico trifásico de seis terminales.

El motorreductor utilizado es recuperado ya que estaba fuera de funcionamiento, y por motivos de economía se decide rehabilitarlo mediante el respectivo mantenimiento:

- Cambio de rodamientos de motor y caja reductora.
- Cambio de lubricante.
- Cambio de retenedores.
- Cambio de bornera y terminales.
- Cambio de arandela expansora.

Al momento de realizar el mantenimiento se cuenta los dientes del piñón, dato que servirá para calcular la velocidad de rotación de la caja reductora, como se indica en la figura 3.18.



**Figura 3.18** Caja reductora.



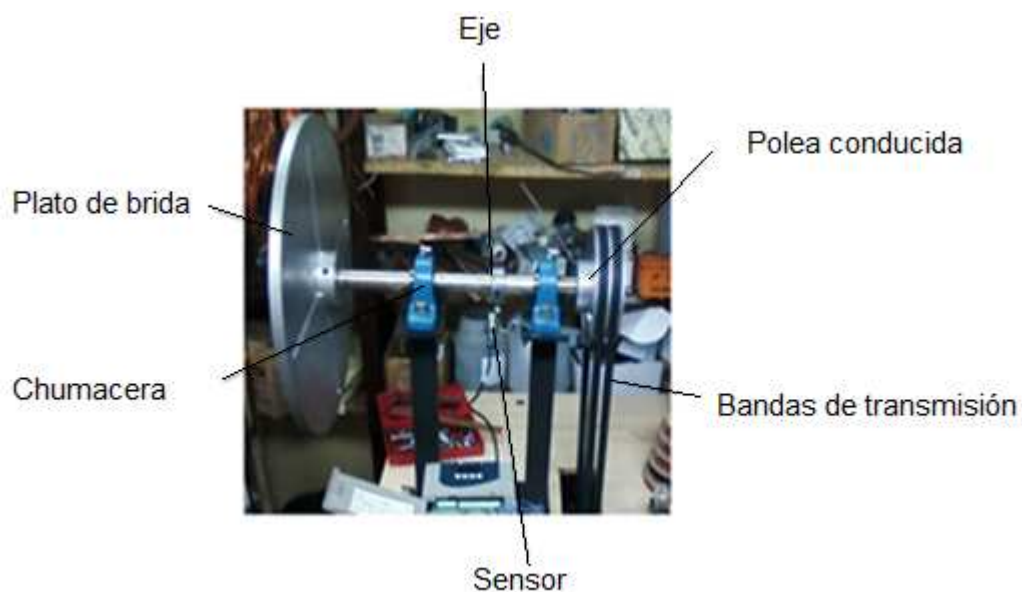
### 3.17 BANDAS DE TRANSMISIÓN

Las bandas transmiten el movimiento de una parte a otra, mediante la acción de la fuerza de fricción que actúa en las poleas.

Las bandas utilizadas es de acuerdo a la polea adquirida en éste sistema, son dos bandas para polea tipo A de 1700 mm de longitud.

### 3.18 MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Una vez descrito los parámetros de utilización y construcción del sistema, se acoplan las poleas a los ejes respectivos y se arma el eje del plato de brida con las chumaceras pero teniendo en cuenta que en la mitad de estas debe ir un buje portador del material de reconocimiento del censado de revoluciones. Ver figura 3.19.

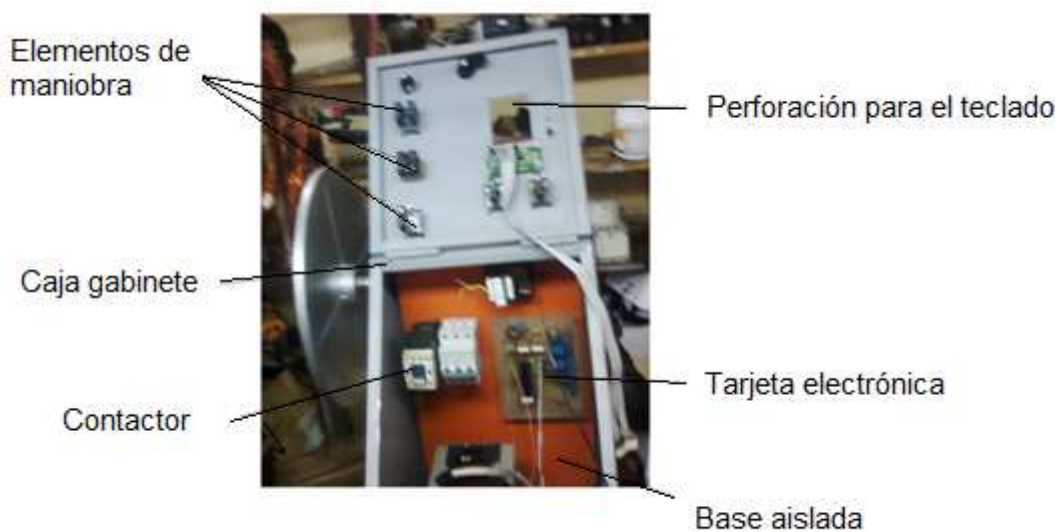


**Figura 3.19** Sistema de transmisión.

### 3.19 CAJA GABINETE METÁLICA DE CONTROL

Es una caja diseñada y mandada a construir con las medidas específicas. Una vez que la caja metálica ha sido terminada, se pinta, realizando las perforaciones de fijación a la mesa, tanto como para cada elemento de control, LCD, luces piloto, teclado numérico. Para esto se identifica la mejor posición para cada elemento, señalando, y perforando con un sacabocado de ½" pulgada, para dejar el orificio adecuado para cada elemento.

En el interior de la mencionada caja tiene una plancha metálica debidamente aislada respecto a la misma en la cual se fijaran todos los elementos electrónicos y de fuerza eléctrica, tal como se muestra en la figura 3.20



**Figura 3.20** Elementos de la caja gabinete.

### 3.20 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

El sistema eléctrico que necesita la máquina para funcionar se divide en:

- Alimentación bifásica para el variador de frecuencia

- Alimentación monofásica para el transformador de voltaje de la tarjeta electrónica
- Alimentación trifásica para el motor eléctrico.

### **3.20.1 Materiales utilizados en el sistema de control electromecánico**

- Breaker termomagnético para riel din bifásico de 20 A.
- Contactor C1 – D18 /120V 18 A.
- Protección térmica R2D1321 12- 18 A.
- Variador de frecuencia Altivar 28 Telemecanique.
- Transformador de voltaje input: 110Vac output: 12Vdc.
- Borneras de cable flexible 12 AWG y 18 AWG.
- Aisladores porta barras alto 40 mm;Max. Diámetro 30 mm.; Perno 6x10mm.
- Luz piloto verde y roja 110V de 20 mm, de diámetro.
- Selector metálico de 22 mm de diámetro.
- Pulsadores con retorno.
- Pulsador de emergencia.
- Potenciómetro lineal, rango de resistencia de 50k Ohm. De 10 vueltas.
- Motorreductor trifásico 220V.

### **3.20.2 Materiales utilizados en el sistema de control electrónico.**

Los materiales mencionados son para poder construir la tarjeta electrónica de la máquina. La que se diseño para que cumpla ordenes específicas dadas por el operador.

- Borneras de 5 mm de diámetro.
- Relé de 12 Vdc.
- Cristal de 4 MHz.
- Capacitores de 22 pF.
- Baquelita de una sola cara 17 x 15 cm.
- Transistores 3904, 3906.

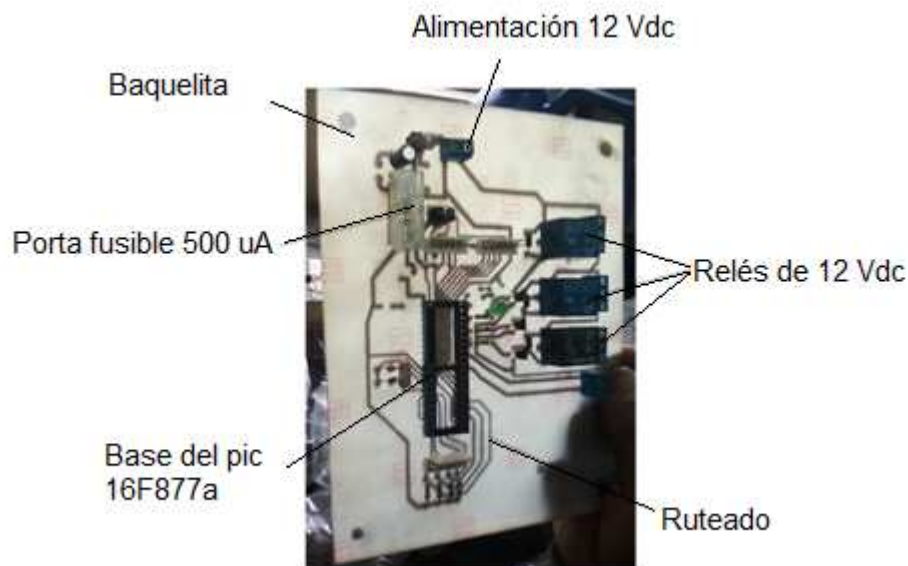
- Potenciómetro regulable.
- Diodos leds.
- Resistencias de 1.5 K $\Omega$ , 220 $\Omega$ .
- Porta fusible pequeño.
- Fusible de 500mA.
- Diodos rectificadores 1N4007
- Transistores 2N3906, 2N3904
- Buses de datos (cable ribbon).
- Pic 16F877A.
- Base del pic de 40 pines.
- LCD (pantalla de cristal liquida) 16 caracteres x 2 líneas.
- Teclado numérico.

### **3.20.3 Montaje de los elementos de la tarjeta electrónica**

Una vez programado el microcontrolador pic 16F877A, y con ello el diagrama del circuito para la baquelita. Se manda a rutear la baquelita de una sola cara con las medidas de 17 x 15 cm siguiendo el diagrama del anexo 6.

Antes de fijar los elementos se arma el circuito en un protoboard para comprobar su funcionamiento.

Una vez que se ha comprobado el circuito diseñado, y se obtiene la baquelita ruteada y perforada para cada elemento se coloca todos éstos y se los fija con soldadura de estaño, como se indica en la figura 3.21.



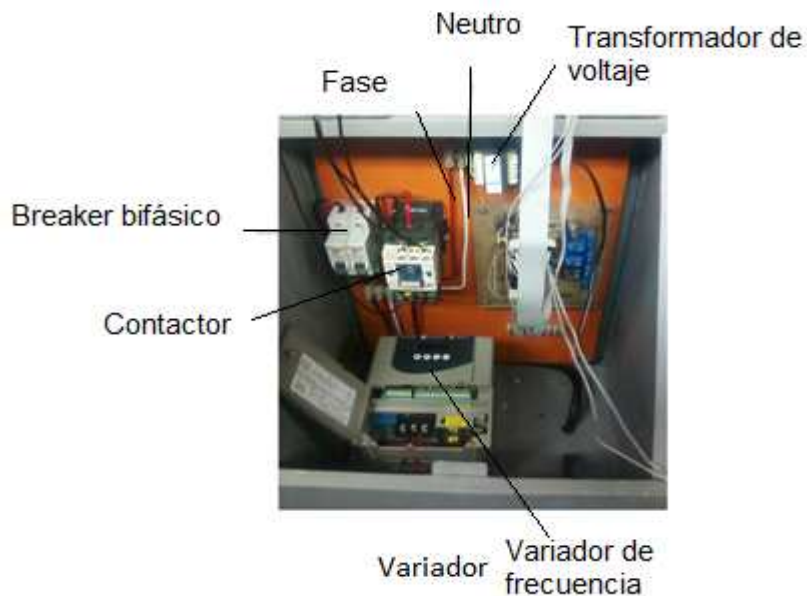
**Figura 3.21** Tarjeta electrónica.

### 3.21 CONEXIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA

Como todos los elementos de control están colocados en la caja gabinete se realiza primero la conexión de fuerza, ésta se realizara con cable flexible 12 AWG rojo y negro ya que es una alimentación bifásica.

Se elige el cable de galga 12 AWG, debido que la corriente máxima que consume el variador de frecuencia es de 16 A. Con lo que se selecciona la protección, el breaker de 2 polos 20 A, el cable entra a las borneras, de aquí va al breaker, y de éste al contactor C1-D18, que tiene una protección térmica de 12-18 A, y sale a la alimentación del variador de frecuencia.

De las borneras se deriva un sistema monofásico, esto es una línea y el neutro, para la línea color rojo y para el neutro blanco, éste es para alimentar el transformador de voltaje y obtener el voltaje directo de 12 Vdc, que necesita la tarjeta electrónica para funcionar como se indica en la figura 3.22.

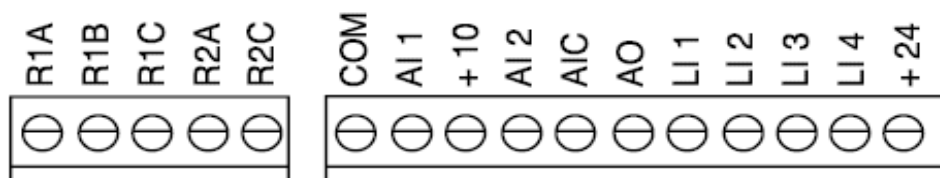


**Figura 3.22** Elementos de fuerza.

Desde el variador de frecuencia, se coloca tres líneas para alimentar al motor eléctrico trifásico el que está conectado en triángulo, lo que quiere decir que tendrá una corriente nominal aproximadamente de 4.7 A.

### 3.22 CONEXIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia utilizado es un Altivar 28 Telemecanique para motores de 1.5 Kw/ 2Hp. Está formado por borneras de control (figura 3.23), y de fuerza. Este dispositivo electrónico debe ser programado de acuerdo al motor utilizado, para esto se considera el manual del usuario Anexo 11.



**Figura 3.23** Borneras de control.

En **R1A y R1B** se cablea con cable flexible negro galga 18 AWG, estos son contactos de un relé que alimentan un extremo con 110Vac, y salé por R1B hacia la luz piloto verde.

**R2A y R2C** son terminales de un relé programable R2 donde ira conectada la luz piloto roja que indicara, el riesgo que le programemos.

Mediante el menú de asignación de las entradas y salidas I-0- seleccionamos:

**CtA:** umbral de corriente alcanzado. El contacto se cierra si la corriente del motor es mayor o igual al umbral ajustado por Ctd (1)

**COM; AI1: +10** son terminales cableados en el cual se instala el potenciómetro que servirá para la regulación de la velocidad del motor.

**+24; L1; L2** son los terminales donde se instala el selector el mismo que servir para seleccionar el sentido de giro de la máquina. Está orden está dada por relé 1y 3 de la tarjeta electrónica.

Mediante el menú de asignación de las entradas y salidas I-0- seleccionar:

**-tCC** Configuración del control bornero: control 2 hilos o 3 hilos

2C = 2 hilos, 3C = 3 hilos.

Control 2 hilos: El estado abierto o cerrado de la entrada controla la marcha o la parada.

**+24; L4** está conectada los terminales del relé 2 de la tarjeta electrónica que da la orden que se alimente con corriente continua el motor eléctrico.

Mediante el menú de asignación de las entradas y salidas I-0- seleccionar:

**-LI4 -dCI:** frenado por inyección de corriente continua IdC, limitado a 0,5 ItH a los 5 segundos si la orden se mantiene

### **3.22.1 Parámetros importantes de programación.**

#### **Tensión de voltaje del motor.**

**-UnS** Tensión nominal del motor que aparece en la placa de características del motor.

#### **Frecuencia de voltaje**

**-FrS** Frecuencia nominal del motor que aparece en la placa de características del motor

#### **Corriente continua suministrada**

**-IdC** Intensidad de la corriente de frenado por inyección de corriente continua.

A los 5 segundos, la corriente de inyección queda limitada a 0,5 Ith si está ajustada a un valor superior

0,1 Ith a In (1)

0,7 In (1)

#### **Tiempo de duración de la corriente continua.**

**-tdC** Tiempo de frenado por inyección de corriente continua a la parada

Si se aumenta hasta 25,5 s, se visualiza "Cont" y la inyección de corriente pasa a ser permanente a la parada

0 a 25,4 s

Cont.

0,5 s

Es recomendable separar el cableado de control y el de fuerza como se indica en la figura 3.24, y utilizar el manual de usuario para programar el resto de parámetros.





**Figura 3.24** Variador Altivar 28 telemecanique.

### 3.23 CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MANIOBRA

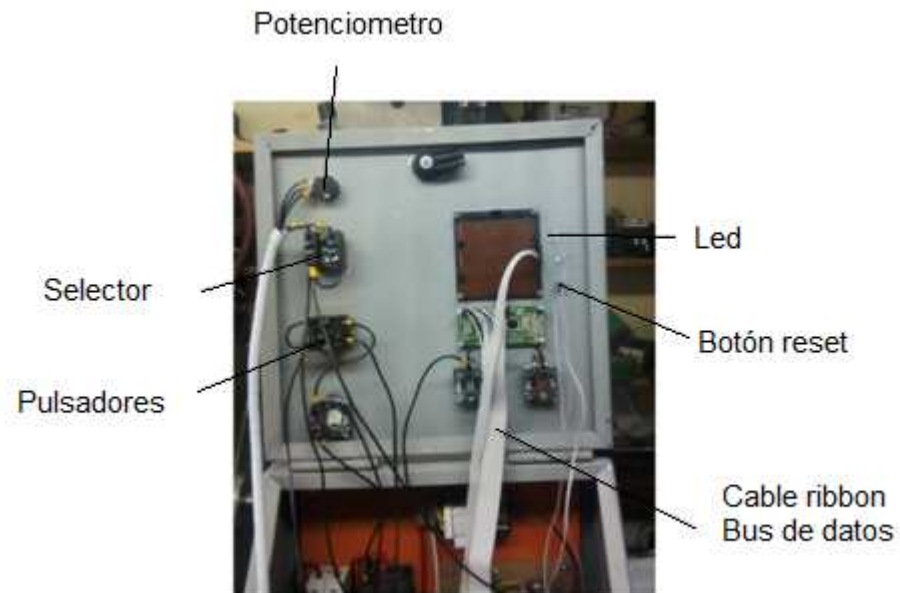
El encendido y apagado del sistema se realiza mediante el contactor C1-D18 220V, realizando el cableado de control del circuito electromecánico.

La conexión de cada elemento de control se realiza con cable flexible de galga 18AWG, el potenciómetro, selector, luces piloto, van conectados al variador de frecuencia, el sensor Autonics está conectado a la tarjeta electrónica con el fin de dar la señal de 5V al pic, para que ésta se reconozca como una vuelta.

El interruptor de pie (pedal) está conectado al relé 3 de la tarjeta electrónica para que funcione solamente cuando éste se active, como se indica en el diagrama de control del Anexo 1.

El teclado numérico y el LCD, se conectan mediante buses de datos (cable ribbon) de 7 pines y 16 pines respectivamente, a la tarjeta electrónica.

Adicionalmente se conectan los leds, que indicaran el modo manual y automático, y el reset tal como se indica en la figura 3.25.



**Figura 3.25** Elementos de maniobra.

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se hace la descripción de las pruebas de todos los elementos que componen la máquina rebobinadora, con la finalidad de verificar que se cumplan los objetivos perseguidos en el desarrollo del presente proyecto.

#### 4.2 PRUEBAS

A continuación se describe las pruebas realizadas antes de poner en funcionamiento la máquina rebobinadora.

##### 4.2.1 PRUEBAS DE CABLEADO

Estas pruebas se realizan a cada dispositivo de control independiente.

##### ***4.2.1.1 Prueba de cableado de la tarjeta electrónica.***

Antes de ser construida la tarjeta electrónica, se realiza el circuito en un protoboard para verificar sus conexiones de funcionamiento, y distribución de pines tanto del teclado como del LCD (pantalla de cristal líquido). Una vez que la tarjeta está lista con todos sus elementos electrónicos fijados, se utiliza un multímetro para comprobar la continuidad del cable ribbon, ya que éste será la comunicación de la tarjeta y el teclado numérico donde se ingresaran los datos, como también del LCD, para esto; colocar la punta (roja) del multímetro en el pin de la tarjeta, y la punta (negra) el pin del LCD, lo mismo se realiza a los pines del teclado. Esta prueba se la realiza con el sistema desenergizado.

#### **4.2.1.2. Prueba de cableado del variador de frecuencia.**

Con la ayuda del multímetro en continuidad se revisa conexión por conexión, por este motivo es importante su identificación, con esto se comprueba que cada cable de la bornera de control este con su respectiva bornera de la tarjeta electrónica. Dichos contactos están encargados de dar una señal de 24 Vdc, a la bornera del variador de frecuencia.

#### **4.2.1.3 Prueba de cableado del motor eléctrico.**

El motor eléctrico utilizado es trifásico y su conexión es la de triangulo, en la cual con la ayuda de un multímetro en la posición de continuidad, se verifica cada uno de sus terminales, tanto en la bornera del motor como en la bornera del variador de frecuencia los mismos que deben dar continuidad. Con esto se afirma la correcta conexión y la conductividad <sup>72</sup>, como también el apriete correcto de cada terminal.

### **4.2.2 PRUEBAS DEL TABLERO DE CONTROL**

Luego de la instalación de todos los elementos de protección, operación, control y maniobra en el tablero se procedió a realizarse las siguientes pruebas:

#### **4.2.2.1 Pruebas de alimentación de voltaje.**

Esta prueba descarta que al activar los elementos de protección ningún elemento reciba un nivel de voltaje equivocado y evite que existan conexiones que produzcan cortocircuitos, y la posterior avería de algún componente.

La codificación del cableado en los dispositivos mediante etiquetas es muy importante, con esta información se procedió a medir los voltajes en cada uno de los terminales que alimentan a cada componente del circuito.

---

<sup>72</sup> La **conductividad eléctrica** es una medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas

Una vez verificado los voltajes se procedió a encender uno a uno y a constatar el buen funcionamiento de cada uno de los dispositivos y elementos de control.

#### **4.2.2.2 Pruebas de alimentación de voltaje al variador de frecuencia**

Mediante esta prueba se descarta que al activar los elementos de protección, y pulsar ON en el panel de control, el variador de frecuencia reciba un valor de voltaje equivocado, esto se realiza con la ayuda de un multímetro. El variador de frecuencia debe estar configurado de acuerdo a las características del motor eléctrico utilizado, si este no detecta ningún problema en el sistema eléctrico de funcionamiento, su pantalla indicara "Rdy", lo que significa que está listo para trabajar, caso contrario no funcionara indicando "SCF", esto representa la existencia de un cortocircuito en el motor, con lo que se debe verificar, ver en el Anexo 11, los demás posibles problemas.

#### **4.2.2.3 Pruebas de alimentación de voltaje a la tarjeta electrónica**

Mediante esta prueba se descarta que al activar los elementos de protección, y pulsar ON en el panel de control, el transformador reciba un voltaje equivocado, esto se realiza con la ayuda de un multímetro, comprobando el voltaje en el lado primario 110 Vac, y en el secundario 12 Vdc, que alimentara la tarjeta electrónica.

El LCD en el panel de control, es la interface hombre máquina, que muestra un mensaje de bienvenida y seguidamente el menú del sistema.

### **4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

#### **4.3.1 Pruebas de funcionamiento en modo manual.**

En estas pruebas se verifico el funcionamiento correcto del sistema de control de la máquina rebobinadora, para lo cual se pulsa On, en el panel y el sistema se enciende, es decir se alimenta al variador de frecuencia, y al transformador que alimenta la tarjeta electrónica.

El LCD muestra el menú (1) Manual y (2) Automático, se escoge el modo manual de la máquina (1), para verificar que el relé del pedal de la tarjeta, este cerrado es decir su bobina energizada, y con el accionamiento del pedal (interruptor de pie), funcione la rebobinadora, y el sensor eléctrico dará una señal a la tarjeta electrónica, representada en el LCD como el número de vueltas.

Se verifica el enclavamiento de los relés de la tarjeta, ya que solo deben estar enclavados el relé de modo manual, y el del pedal para funcionar en este modo.

#### **4.3.2 Pruebas de funcionamiento en modo automático.**

Esta prueba es realizada utilizando el modo automático, para esto se escoge el modo (2) Automático en el menú, al ingresar todos los datos del grupo de bobina se acepta estos con la tecla (#), y el sistema funciona automáticamente, se verifica que solo el relé del modo automático este activado en la tarjeta, el que dará la señal al variador de frecuencia para que funcione.

Una vez que se detiene el sistema en el primer paso, se debe verificar que el relé de freno se active un lapso de 5 segundos, tiempo que en el cual, se envía una señal al variador, para que éste alimente al motor eléctrico con corriente continua y de esta manera frenar al motor.

En el parámetro de programación "tdC", tiempo de frenado por inyección de corriente continua a la parada, se encuentra en el menú de ajuste "Set", es el tiempo de duración de frenado, éste debe ser igual o menor al tiempo de la programación del pic, (tiempo que permanece alimentado el relé de freno).

#### **4.4 RESULTADOS**

Los resultados del sistema de control de la máquina rebobinadora, son obtenidos una vez que se realizó las pruebas de funcionamiento del proceso, los mismos que se detallan a continuación:

- Los elementos de control y visualización utilizados para la construcción de la máquina rebobinadora, son los más recomendados ya que permiten un buen funcionamiento y con un tiempo de respuesta óptimo durante la confección de grupos de bobinas.
- La máquina rebobinadora construida puede desempeñar diferentes actividades a la de confección de grupos de bobinas, tales como usar para enrollar cable, realizar enrollamientos para transformadores, etc.
- El modo de operación automático de la máquina rebobinadora asegura el número exacto de espiras por bobina de cada grupo, y de esta manera garantizando el rebobinado del motor eléctrico.
- La máquina está construida para ser una herramienta de vital importancia para el técnico rebobinador, con la cual desempeñara su trabajo diario de rebobinado de motores eléctricos.

#### **4.5 MANUAL DEL USUARIO**

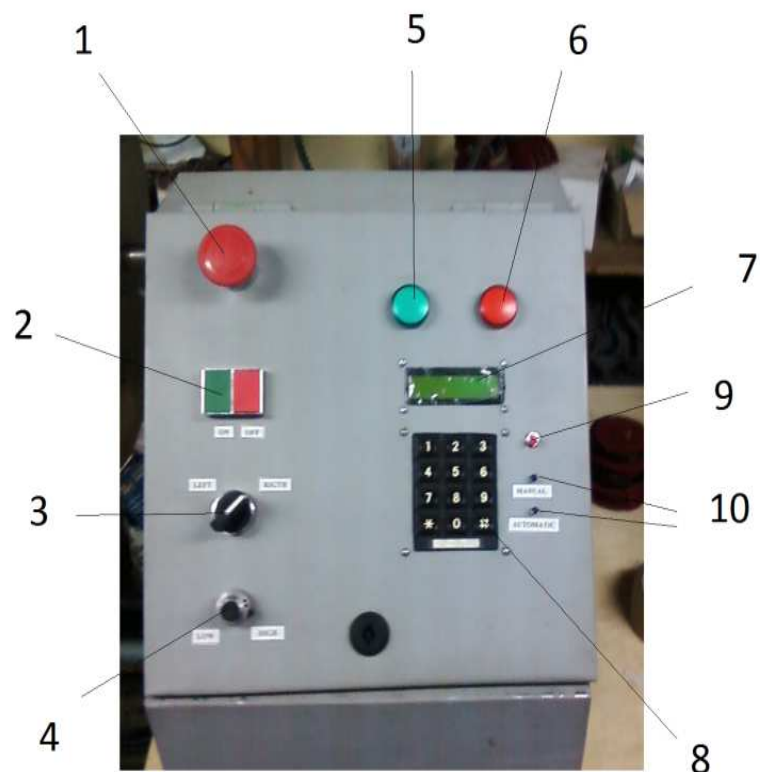
La máquina rebobinadora semiautomática se alimenta de un sistema bifásico con neutro, las dos fases conectadas al breaker principal de 20 A, del tablero y su neutro se conecta en las borneras (se indica la posición).

La protección para la tarjeta electrónica es de 500 $\mu$ A. El motor eléctrico está protegido por el variador de frecuencia, mediante la programación de parámetros nominales del mismo.

El panel de control de la figura 4.1 está compuesto de:

- 1.- Pulsador de emergencia
- 2.- Pulsadores de marcha y paro
- 3.- Selector
- 4.- Potenciómetro

- 5.- Luz piloto verde
- 6.- Luz piloto roja
- 7.- LCD
- 8.- Teclado numérico
- 9.- Reset
- 10.- LEDES indicadores



**Figura 4.1** Panel de control

#### 4.5.1 Pulsador de emergencia

Éste elemento de control sirve para desenergizar el control del sistema de una manera inmediata, una vez que se pulsa este se queda enclavado, se debe girar el pulsador al lado indicado para que este salte y se pueda alimentar el sistema.



#### **4.5.2 Pulsadores de marcha y paro**

Pulsador de marcha, es el de color verde, éste alimenta el sistema.

Pulsador de paro, es el de color rojo, éste desenergiza el sistema.

#### **4.5.3 Selector**

El selector es el elemento de control que permite seleccionar el sentido de giro de la máquina ya sea este anti horario u horario.

#### **4.5.4 Potenciómetro**

Es el dispositivo eléctrico que permite regular la velocidad de trabajo de la máquina, en un rango de 5 -180 RPM.

#### **4.5.5 Luz piloto verde**

Esta luz piloto indica que el sistema esta encendido.

#### **4.5.6 Luz piloto roja**

Esta luz piloto se encenderá solo cuando haya detectado algún problema en el sistema por ejemplo si la corriente suministrada al motor eléctrico no es la correcta.

#### **4.5.7 LCD**

Es un dispositivo electrónico el cual es la interface del técnico rebobinador con la máquina, donde se podrá visualizar el número de vueltas y los modos del menú para seleccionarlos:

1.- Manual

2.- Automático

#### **4.5.8 Teclado numérico**

Es un dispositivo electrónico que permite ingresar los datos numéricos para programar el modo manual y automático independientemente.

#### **4.5.9 Tecla #**

Es la tecla programada para activar todos los valores ingresados.

#### **4.5.10 Reset**

Es el pulsador con el cual el programa vuelve al modo menú otra vez, es decir reiniciarse el sistema.

#### **4.5.11 LED'S indicadores**

Cuando el sistema funcione en modo manual el led indicador naranja se enciende.

Cuando el sistema funcione en modo automático el led indicador azul se enciende.

#### ***Sistema de encendido***

Pulsando ON el sistema se enciende, la luz piloto verde indica esto, y el LCD da un mensaje inicial, y visualizando los dos modos de funcionamiento, tal como se observa en la figura 4.2:

1.- Manual

2.- Automático



**Figura 4.2** Encendido de la máquina.

En el modo manual la máquina solo funciona con el interruptor de pie (pedal), y representa el número de vueltas en el LCD, como se observa en la figura 4.3



**Figura 4.3** Máquina en forma manual

En el modo automático se programa el número de pasos que se desea de 1 a 4, como también el número de vueltas de cada uno de forma independiente.

El sistema comienza a funcionar automáticamente, contando el número de vueltas programadas en el paso 1 y frenando rígidamente un lapso de 5 segundos mientras comienza a contar el paso 2, y así sucesivamente hasta el paso programado.

Esta parada rígida del motor eléctrico, sucede para asegurar el paso de bobina, lo que es pasar el alambre a otra garganta guía del molde de rebobinar, el momento que cuenta el número de vueltas del último paso el sistema se apagara automáticamente indicando FINAL DE PROCESO, como se observa la figura 4.4.



**Figura 4.4** Fin de proceso automático

Los carretes del alambre de bobinar, están alojados en un portacarrete que permite el mejor desenrollamiento del alambre, con esto se puede utilizar más de un carrete de alambre para la confección de grupos de bobinas, este portacarrete está construido de acuerdo a las medidas estándares del carrete de alambre de bobinar, el cual se observa en la figura 4.5.



**Figura 4.5** Porta carretes

Con lo que fácilmente se puede realizar el rebobinado, colocando los moldes de bobinar él en plato de brida, templando el alambre o alambres y se coloca en la primera ranura de la garganta guía del molde y mediante el funcionamiento de la máquina se realiza la confección de bobinas.



**Figura 4.6** Máquina rebobinadora semiautomática.

## **4.6 MANUAL DE MANTENIMIENTO**

Las operaciones de mantenimiento y/o reparación del sistema de control de la máquina rebobinadora, deben ser ejecutadas por personal especializado, ya que si se revisa periódicamente los parámetros de los componentes más importantes, se asegurara un funcionamiento correcto, y mayor duración de todos sus elementos.

### **4.6.1 Precauciones de seguridad**

Para utilizar el sistema de modo correcto y seguro, es esencial que las personas encargadas del mantenimiento y reparación tomen en cuenta las medidas de seguridad, a fin de reducir riesgos mecánicos y eléctricos.

## **4.6.2 Mantenimiento preventivo**

Con el objeto de mantener el sistema mecánico y de control de la máquina en buenas condiciones, se vale del mantenimiento preventivo, el cual provee los medios para la conservación de sus elementos físicos, con una máxima eficiencia, seguridad y economía.

### ***4.6.2.1 Mantenimiento del tablero de control***

- Comprobar voltajes y corrientes del motor eléctrico, variador de frecuencia, y de la tarjeta electrónica.
- Verificar el correcto funcionamiento del transformador de voltaje tanto como en el lado de corriente alterna como en el de corriente continua.
- Chequeo de fusibles y protecciones del sistema.
- Chequear y ajustar los tornillos de borneras de la tarjeta electrónica, variador de frecuencia, contactor, transformador de voltaje.

### ***4.6.2.2 Mantenimiento del sistema mecánico***

- Chequear la tensión de las bandas de transmisión.
- Lubricar periódicamente las chumaceras, soportes del eje.
- Controlar el nivel de lubricante de la caja reductora.
- Chequear y ajustar pernos tanto de la estructura como de los elementos móviles.

## **4.7 CONCLUSIONES**

La presente sección detalla las conclusiones a la que se ha llegado luego de haber construido la máquina rebobinadora, tanto de la parte mecánica como la eléctrica y de control, las cuales se complementan con las recomendaciones que se hace en función de las experiencias que se adquieren durante la ejecución del proyecto.

- El tiempo de confección de los grupos de bobinas con la máquina rebobinadora semiautomática es menor que con una rebobinadora de banco manual.
- El sistema de la máquina funciona independientemente, esto significa que el proceso automático en funcionamiento no se verá interrumpido, en el caso de pulsar el interruptor de pie (pedal).
- Con el modo automático de la máquina se puede asegurar el número exacto de espiras de cada bobina del grupo, esto permite garantizar el rebobinaje del motor eléctrico, y cumplir con los parámetros nominales de funcionamiento tales como: Corriente y Voltaje.
- El sistema eléctrico de alimentación de la máquina es bifásico de 210 V, debido a que el variador de frecuencia Altivar 28 Telemecanique, necesita dos líneas de alimentación para funcionar, y éste controlara el funcionamiento del motor eléctrico.
- Para la construcción de la tarjeta electrónica se debe realizar el circuito perteneciente en el software Proteus V7, en cual se puede simular el programa, y funcionamiento de los elementos periféricos del pic 16F877A.
- La protección eléctrica para el sistema es escogida mediante la corriente nominal del variador de frecuencia la que es de 16 A, con lo que se calcula el 30% más de ésta corriente para su protección, donde se obtiene un valor de corriente de 20,8 A, como se debe tener un valor comercial será una protección de 20 A (interruptor bifásico). De esta manera protegiendo la carga y el cable utilizados.
- El cable de fuerza seleccionado es flexible TSJN (con chaqueta de aislamiento), 12 AWG, el cual tiene una capacidad de conducción eléctrica de 26 A, con el cual se asegura el funcionamiento del motor eléctrico. Ya que éste tiene una corriente nominal de 4.7 A, y en el momento de arrancar el motor

toma 3 veces su corriente nominal lo que es 14,1 A. Dicho valor esta dentro del valor de capacidad eléctrica del cable.

- El cálculo del diámetro de la polea conducida está sujeta a la relación de transmisión mecánica en forma reductora, con el fin de obtener menos revoluciones en el eje del plato de brida.
- En el cálculo del esfuerzo de tracción y compresión de la estructura metálica se puede comprobar las características mecánicas del acero al carbono ASTM A-36. Las que se puede ver en el anexo 3.
- Las ranuras circulares del plato de brida, tienen el propósito de ser guías en la ubicación exacta de los moldes de bobinar tanto imbricado como concéntrico.
- Los moldes de bobinar son de medidas estándar, para el rango de motores de 2hp - 50hp, y fabricados de madera con el fin de no lastimar el aislamiento del alambre de cobre. De esta manera evitando problemas de aislamiento en los grupos de bobinas.
- El portacarrete construido, puede alojar seis carretes de 20 cm de longitud cada uno, con lo que se logra un mejor desenrollamiento del alambre de cobre.
- La máquina rebobinadora semiautomática construida, tiene todos los parámetros de funcionamiento de una máquina rebobinadora importada, con la gran diferencia de su costo, ya que la construida tiene un menor valor que la importada, y con parámetros adicionales. (tal como detección de falla del sistema).

#### **4.8 RECOMENDACIONES**

- Para la construcción de piezas de la máquina, se deben seguir normas de fabricación, tales como tener un juego mecánico en los extremos mecanizados del eje, para que las piezas acopladas sean desmontables. Tanto como para el eje del plato de brida, y la polea.



- Al realizar la unión de la estructura metálica con la suelda eléctrica se debe considerar que funcione con una corriente de fundición de 60 A, esto evitara la perforación del tubo estructural metálico.
- Es recomendable utilizar bandas trapezoidales tipo A por sus características, de ajuste, deslizamiento, y fijación a las poleas.
- El montaje de la caja gabinete se realiza con el fin de cubrir las bandas de trasmisión para la prevención de accidentes.
- En el cableado de fuerza, se recomienda utilizar cable flexible tipo sucre TSJN 3 x 12 AWG, por la capacidad eléctrica que brinda, ya que con esto podemos asegurar el correcto arranque del motor eléctrico.
- Al motorreductor se debe realizar un mantenimiento completo, tanto del motor eléctrico, como de su caja reductora, se utiliza un aceite sintético pesado para engranajes para reducir el ruido debido al desgaste de los dientes de los piñones.
- Los elementos electrónicos deben estar correctamente soldados en la baquelita, comprobando que no tengan continuidad, uno con otro, así como también para el cable ribbon.
- Una vez que la placa electrónica este colocada en el panel de control, se acopla un ventilador para la refrigeración de los elementos electrónicos de ésta, como también un disipador de calor para el regulador de voltaje.
- Al instalar el cable ribbon que conecta el LCD, teclado numérico, leds, pulsador de reset, ubicados en el panel de control, se debe abrir el mismo y medir la distancia de los elementos a la tarjeta y unirlos.

- En la programación del variador de frecuencia, el tiempo de alimentación de corriente continua al motor (freno dinámico), debe ser menor que el tiempo de pausa (tiempo que permanece energizado el relé del freno), en la tarjeta que es de 5 segundos.
- Antes de poner en funcionamiento la máquina, siempre se debe seleccionar el sentido de giro primero.
- La velocidad de la máquina se la puede regular mediante el potenciómetro lineal del tablero, en un rango de 5 – 180 Rpm.
- Al armar el control de la máquina utilizar marquillas, para identificar los cables con su respectiva conexión.
- La alimentación de fuerza del variador de frecuencia, así como la salida del motor eléctrico trifásico, se lo debe hacer de manera separada e independiente del cableado de control para prevenir problemas futuros.
- Realizar pruebas mecánicas, eléctricas y de control a la máquina, antes de ponerla en funcionamiento.
- Poner prisioneros en el eje del plato de brida, tanto como en las chumaceras y en el buje portador del material de censado.
- Si se desea cambiar de modo de operación de la rebobinadora se debe pulsar el botón (RESET), del panel de control para escoger el modo que se necesite.
- En el momento que se esté trabajando en la máquina, y la luz piloto roja se encienda, se debe apagar el sistema y verificar la falla que hizo encenderla, se debe abrir la tapa del panel de control, y observar la pantalla del variador de frecuencia (Altivar 28 Telemecanique), el código que muestra, indicará la falla presente en el sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo molinos, *Guía Práctica de Electricidad y Electrónica*, (2000) Cultural S.A. Polígono Industrial.
- Ing. Carlos Chiluisa. *Folleto de Motores de Corriente Alterna, Reparación y Diseño*. (2010).
- Ing. Jorge Molina. *Folleto de Apuntes de Control Industrial*, (2010).
- Ing. Pablo Angulo. *Folleto de Diagramas de Control Industrial*. (2010).
- Ing.: Vicente Toapanta. *Folleto de metrología*, (2009).
- Irving L. Kosow, *Máquinas Eléctricas y Transformadores*, (1993), Tipos de arranques para motores de inducción. Editorial production, supervisión and interior desing.
- Juan Carlos Martin, *Automatismos industriales*,(2000), Editorial "Editex"
- Paulo Roberto Calderón Hidrobo, *Recaudación de un sistema de impregnación por presión y vacío en la empresa de rebobinaje multitecni-servicios*. (2009), Tesis de Ingeniería en electrónica y control; Quito-Ecuador.
- R. Rosenberg, *Reparación de Motores Eléctricos*,(1980) GG/México. Motores Polifásicos de Inducción. México D.F
- Santiago Corrales, *Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC*, (2006) Director de Investigación de la Empresa BC Technology Application S.A. Ecuador.

## **ANEXO # 1**

**Planos de fuerza, control y de piezas constructivas  
de la máquina rebobinadora semiautomática.**

## **ANEXO # 2**

### **Chumaceras y Rodamientos**

## **CHUMACERA**

### **Características**

#### **Auto alineamiento**

El anillo externo del rodamiento esta rectificando de forma esférica para acoplarse en el alojamiento del soporte.

#### **Construcción interna del rodamiento esférico**

El rodamiento esférico usado en los soportes orientables es muy similar en su construcción interna a las series 6200 y 6300 de los rodamientos a bolas de una hilera.

Estos rodamientos pueden trabajar con cargas radiales, con cargas axiales o con una combinación de las mismas.

#### **Retén**

El rodamiento está provisto de un retén resistente al calor y al aceite, consistente en una goma sintética recubierta de una junta de acero.

Esta junta de acero está sujeta al anillo interno del soporte y giran conjuntamente.

#### **Fijación del rodamiento al eje**

El rodamiento del soporte orientable puede estar provisto de dos tipos de fijación.

El primer método el más común, consiste en dos tornillos prisioneros situados en la prolongación del anillo interno.

El otro sistema en cambio consiste en un collar excéntrico el cual consigue una fijación realmente eficiente.

#### **Solidez del soporte**

El cuerpo del soporte está construido de una sola pieza lo cual garantiza una máxima solidez y duración.

#### **Pivote de bloqueo en el anillo externo del rodamiento**

Un pivote de bloqueo situado entre el anillo externo del rodamiento y el soporte impide la rotación relativa y evita su salida.

#### **Intercambiabilidad del rodamiento respecto al soporte**

Una completa intercambiabilidad del rodamiento en el soporte permite un fácil recambio en el caso de que este fuera necesario.

## TIPOS DE CHUMACERAS

### Chumacera base de dos tornillos

Seguros de tornillos de fijación en los modelos de seguro sencillo y doble.  
 Con anillos de seguridad SKWEZLOC, agujero de lubricación.  
 Soportes ligeros Intercambiables con los modelos standard.  
 Resistencia a la corrosión (agua, productos químicos).  
 Óptimas condiciones de higiene.  
 Aptos para cargas medias.



### Chumacera tipo expansión base de dos tornillos

Con seguro de tornillos de fijación, diseño de seguro sencillo.  
 Con anillos de seguridad SKWEZLOC.  
 Sistema de Sellado Confiable.  
 Posee un doble sistema de sellado.  
 Deflectores para repelar el polvo, agujero de lubricación



### Chumacera base de cuatro tornillos

Con seguros de tornillos de fijación, sencillo y doble.  
 Prisonero Punta de Bola, Mayor fijación al eje, agujero de lubricación  
 Ideal para aplicaciones a alta temperatura.  
 Intercambiables con los modelos standard.  
 Resistencia a la corrosión.  
 Óptimas condiciones de higiene.



### **Chumacera tensora**

Cobertores para aplicaciones de extrema contaminación, de acero prensado y acero fundido.

Soportes ligeros Intercambiables con los modelos standard

Resistencia a la corrosión (agua, productos químicos)

Optimas condiciones de higiene

Aptos para cargas ligeras.

El sello fijado en el cobertor posee una placa retenedora para evitar que el sello gire junto al eje y un pin con el mismo objetivo.



### **Chumacera de brida con cuatro tornillos**

El agujero de lubricación posee un ángulo de inclinación de 10°, facilitando la entrada de lubricante aun cuando este desalineada.

Soportes ligeros.

Ejes de Ø pequeños, Resistencia a la corrosión (SILVER STAINLESS)

Optimas condiciones de higiene.

También con doble agujero de lubricación, estándar.





## RODAMIENTOS

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

Los rodamientos se denominan también cojinetes no hidrodinámicos.

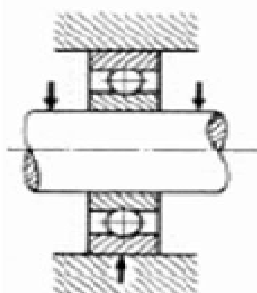
Para disminuir esta fricción se lubrica el rodamiento creando una película de lubricante entre las bolas y la pista de rodadura.

## CLASIFICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS.

Pueden clasificarse en tres categorías

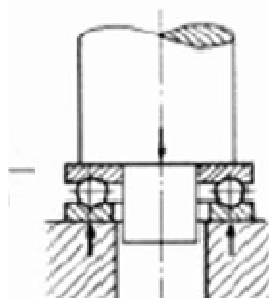
### Rodamientos para cargas radiales.

Pueden soportar preferentemente cargas dirigidas en la dirección perpendicular al eje de rotación.



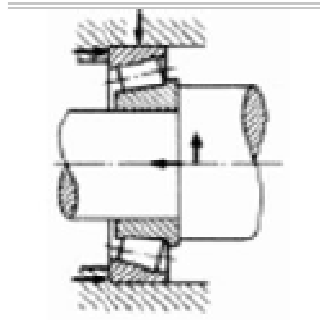
### Rodamientos para cargas axiales

Pueden soportar cargas que actúen únicamente en la dirección del eje de rotación. A su vez pueden ser: rodamientos de simple efecto, que pueden recibir cargas axiales en un sentido, y rodamientos de doble efecto, que pueden recibir cargas axiales en ambos sentidos.



**Rodamientos para cargas mixtas.**

Pueden soportar esfuerzos radiales, axiales o ambos combinados.



## **ANEXO # 3**

### **Características de materiales**

## EL HIERRO

El hierro es el metal duro más usado, con el 95% en peso de la producción mundial de metal. El hierro puro (pureza a partir de 99,5%) no tiene demasiadas aplicaciones, salvo excepciones para utilizar su potencial magnético.

El hierro tiene su gran aplicación para formar los productos siderúrgicos, utilizando éste como elemento matriz para alojar otros elementos aleantes tanto metálicos como no metálicos, que confieren distintas propiedades al material.

Se considera que una aleación de hierro es acero si contiene menos de un 2,1% de carbono; si el porcentaje es mayor, recibe el nombre de fundición.

Obtenido a partir del mineral de hierro presente en los óxidos y sulfuros, es el elemento metálico de mayor uso en la ingeniería.

Es un metal ALOTRÓPICO, que asume más de una estructura cristalina en el intervalo de temperaturas ambiente-fusión que permite con el carbono tener transformaciones controladas para sus propiedades mecánicas.

Las aleaciones férreas presentan una gran variedad de propiedades mecánicas dependiendo de su composición o el tratamiento que se haya llevado a cabo.

## ACEROS

Los aceros son aleaciones férreas con un contenido máximo de carbono del 2%, el cual puede estar como aleante de inserción en la ferrita y austenita y formando carburo de hierro. Algunas aleaciones no son ferromagnéticas. Éste puede tener otros aleantes e impurezas.

### **Acero bajo en carbono:**

Menos del 0,25% de Carbono en peso.

Son blandos pero dúctiles.

Se utilizan en vehículos, tuberías, elementos estructurales, etcétera.

También existen los aceros de alta resistencia y baja aleación, que contienen otros elementos aleados hasta un 10% en peso.

Tienen una mayor resistencia mecánica y pueden ser trabajados fácilmente.

### **Acero medio en carbono**

Entre 0,25% y 0,6% de Carbono en peso.

Para mejorar sus propiedades son tratadas térmicamente.

Son más resistentes que los aceros bajos en carbono, pero menos dúctiles; se emplean en piezas de ingeniería que requieren una alta resistencia mecánica y al desgaste.

**Acero alto en carbono:**

Entre 0,60% y 1,4% de Carbono en peso.

Son aún más resistentes, pero también menos dúctiles.

Se añaden otros elementos para que formen carburos, por ejemplo, con wolframio se forma el carburo de wolframio, WC; estos carburos son muy duros. Estos aceros se emplean principalmente en herramientas.

**Aceros inoxidables:**

Uno de los inconvenientes del hierro es que se oxida con facilidad.

Añadiendo un 12% de cromo se considera acero inoxidable, debido a que este aleante crea una capa de óxido de cromo superficial que protege al acero de la corrosión o formación de óxidos de hierro.

**ALUMINIO**

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica.

Tales como su baja densidad ( $2.700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión.

Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX<sup>2</sup> el metal que más se utiliza después del acero.

El aluminio puro es un material blando y poco resistente a la tracción.

Para mejorar estas propiedades mecánicas se alea con otros elementos, principalmente magnesio, manganeso, cobre zinc y silicio, a veces se añade también titanio y cromo.

Actualmente las aleaciones de aluminio se clasifican en series, desde la 1000 a la 8000, según la tabla siguiente.

Las series 2000, 6000 y 7000 son tratadas térmicamente para mejorar sus propiedades.

Serie	Designación	Aleante principal	Principales compuestos en la aleación
Serie 1000	1XXX	99% al menos de aluminio	-
Serie 2000	2XXX	Cobre (Cu)	$\text{Al}_2\text{Cu}$ - $\text{Al}_2\text{CuMg}$
Serie 3000	3XXX	Manganeso (Mn)	$\text{Al}_6\text{Mn}$
Serie 4000	4XXX	Silicio (Si)	-
Serie 5000	5XXX	Magnesio (Mg)	$\text{Al}_3\text{Mg}_2$
Serie 6000	6XXX	Magnesio (Mg) y Silicio (Si)	$\text{Mg}_2\text{Si}$
Serie 7000	7XXX	Zinc (Zn)	$\text{MgZn}_2$
Serie 8000	8XXX	Otros elementos	-

Tabla de Aleaciones de Aluminio

- **Serie 1000**

Realmente no se trata de aleaciones sino de aluminio con presencia de impurezas de hierro o aluminio, o también pequeñas cantidades de cobre, que se utiliza para laminación en frío.

- **Serie 2000**

El principal aleante de esta serie es el cobre, como el duraluminio o el avional. Con un tratamiento T6 adquieren una resistencia a la tracción de 442 MPa, que lo hace apto para su uso en estructuras de aviones.

- **Serie 3000**

El principal aleante es el manganeso, que refuerza el aluminio y le da una resistencia a la tracción de 110 MPa. Se utiliza para fabricar componentes con buena mecanibilidad, es decir, con un buen comportamiento frente al mecanizado.

- **Serie 4000**

El principal aleante es el silicio.

- **Serie 5000**

El principal aleante es el magnesio que alcanza una resistencia de 193 MPa después del recocido.

- **Serie 6000**

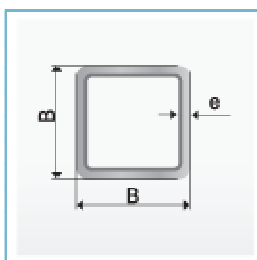
Se utilizan el silicio y el magnesio. Con un tratamiento T6 alcanza una resistencia de 290 MPa, apta para perfiles y estructuras.

- **Serie 7000**

El principal aleante es el zinc. Sometido a un tratamiento T6 adquiere una resistencia de 504 MPa, apto para la fabricación de aviones.

## TUBO METÁLICO ESTRUCTURAL CUADRADO

Tubo metálico negro estructural, que cumple con la norma de fabricación ASTM A 500 Gr, con un espesor de 1.5 a 4 mm, con un longitud normal de 6 m.



Las dimensiones comerciales están representadas en la siguiente tabla.-

DIMENSIONES		AREA	PESO
B	e	A	P
mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m
20	1.5	1.05	0.83
	2.0	1.34	1.05
25	1.5	1.35	1.06
	2.0	1.74	1.36
30	1.5	1.65	1.30
	2.0	2.14	1.68
	3.0	3.01	2.36
40	1.5	2.25	1.77
	2.0	2.94	2.31
	3.0	4.21	3.30
50	1.5	2.85	2.24
	2.0	3.74	2.93
	3.0	5.41	4.25
60	1.5	3.45	2.71
	2.0	4.54	3.56
	3.0	6.61	5.19
75	2.0	5.74	4.50
	3.0	8.41	6.60
	4.0	10.95	8.59
100	2.0	7.74	6.07
	3.0	11.41	8.96
	4.0	14.95	11.73

La ASTM A 500 es una especificación estándar publicada por American Society for Testing and Materials (ASTM).

Esta es una Especificación normalizada de acero para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, Electro soldados y sin Costura, de forma Circular y no Circular. Lo cual considera tanto las formas: cuadrada, rectangular, u otra forma especial, utilizadas para construcción mediante la unión de los elementos en forma electro soldada, remachada o atornillada de puentes y edificaciones, y para usos generales en estructuras.

El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se identifica en cuatro grados A, B, C, y D el cual el grado D requiere tratamiento por temperatura. Sus características físicas y químicas se pueden apreciar en la tabla siguiente:

Grado	Composición (% by weight in heat)					Requerimientos mínimos de esfuerzos			
	C	Mn	P	S	Cu	tensión	Limite elástico	Esfuerzo de fluencia	Elongación
	max %	max %	max %	max %	min %	MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	%
A	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	310 (45)	230 (33)	270 (39)	25
B	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	400 (58)	290 (42)	315 (46)	23
C	0.23	1.35	0.035	0.035	0.20	425 (62)	315 (46)	345 (50)	21
D	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	400 (58)	250 (36)	250 (36)	23

Tabla de Características del acero en el tubo metálico

## LAMINA DE METAL

El espesor en la lámina de metal puede ser tan pequeño como varias décimas de milímetro, pero la mayor parte de los espesores del metal están entre 0.4 y 6 mm.

Cuando el espesor excede de 6 mm se le llama placa en lugar de lámina.

La importancia comercial del trabajo con láminas es significativa. Considérese el número de productos industriales y de consumo que incluyen partes de hechas de lámina metálica: carrocerías de automóviles y camiones, aeroplanos, utensilios pequeños y grandes, muebles para oficina, cajas metálicas y equipo de oficina, etc.

Las partes de lámina de metal se caracterizan generalmente por su

- alta resistencia,
- buena precisión
- dimensional
- buen acabado superficial y
- bajo costo relativo.



La mayoría de los procesos con láminas metálicas se realizan a temperatura ambiente (trabajo en frío), herramientas convencionales de punzón y dado, muchas de las cuales no se realizan en prensas de troquelado.

## **CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA REBOBINAJE**

El alambre magneto o alambre esmaltado es un conductor aislado por medio de una película de esmalte, el cual puede ser redondo o rectangular.

Se usa para embobinados de motores, balastos para lámparas fluorescentes, transformadores secos y en aceite, fuentes de poder para equipo eléctrico y electrónico, moto compresores para refrigeración, relevadores, componentes automotrices como reguladores y alternadores, yugos para cinescopios de televisores, bocinas y otras aplicaciones similares.

El alambre magneto se encuentra esmaltado a base de polivinil formal, poliuretano, poliéster-imida y algunos otros, así mismo, se encuentran cubiertos con forro de algodón, papel, dacrón y fibra de vidrio; estas características, se deben tomar en cuenta para elegir el tipo de alambre adecuado a las necesidades del motor.

Al especificar o comprar los conductores para hacer las bobinas, suele indicarse su aislamiento poniendo las iniciales del recubrimiento deseado.

Los fabricantes norteamericanos utilizan las designaciones siguientes:

E. para el esmalte.

S.C. (single cotton) para una capa de algodón.

D.C. (double cotton) para dos capas de algodón.

S.S. (single silk) para una capa de seda.

D.S. (double silk) para dos capas de seda.

S.C.E. (single cotton and enamel) para una capa de algodón y esmalte.

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ALAMBRE ESMALTADO**

Para especificar un alambre esmaltado, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- **Materiales Conductores:** Son importantes para conocer las propiedades eléctricas tales como resistencia, conductividad, etc., y propiedades mecánicas tales como fuerza máxima, elongación, etc.
- 
- **Tipos de Alambre Esmaltado:** Son importantes para la aplicación de la bobina. Por ejemplo, la resistencia térmica (temperatura de ruptura) o temperatura de durabilidad, o características de procesabilidad (como soldabilidad), son criterios importantes.

- Datos Técnicos por Tamaño: Muchos parámetros varían por diámetro. Los más importantes para una especificación son los diámetros del alambre, resistencia y diámetro exterior. Estos valores son necesarios para el diseño de la bobina.

## **ALAMBRE DE COBRE ESMALTADO**

Desde los inicios de la era eléctrica, el cobre ha sido reconocido por sus cualidades únicas y benéficas en las aplicaciones eléctricas.

El Cobre es un material maleable y dúctil con una excelente conductividad.

El Cobre electrolítico es de alta pureza. Se utiliza cobre con una pureza de 99.95% lo cual da la capacidad de producir alambre ultra fino hasta de un diámetro de 10 micras.

El Alambre de Cobre Magneto está disponible en diámetros desde 0.010mm hasta 0.500mm (AWG 24-58) en todos los tipos de aislantes y esmaltes auto soldables.

### **Características:**

- ✓ Alta conductividad
- ✓ Buena soldabilidad
- ✓ Alta ductilidad

### **Aplicaciones:**

- ✓ Motores Industriales
- ✓ Automotriz
- ✓ Electrodomésticos
- ✓ Audio y Video
- ✓ Relojes
- ✓ Computadoras

En la siguiente tabla observamos las normas de construcción:

➤ **Tabla de normas de construcción del alambre esmaltado:**

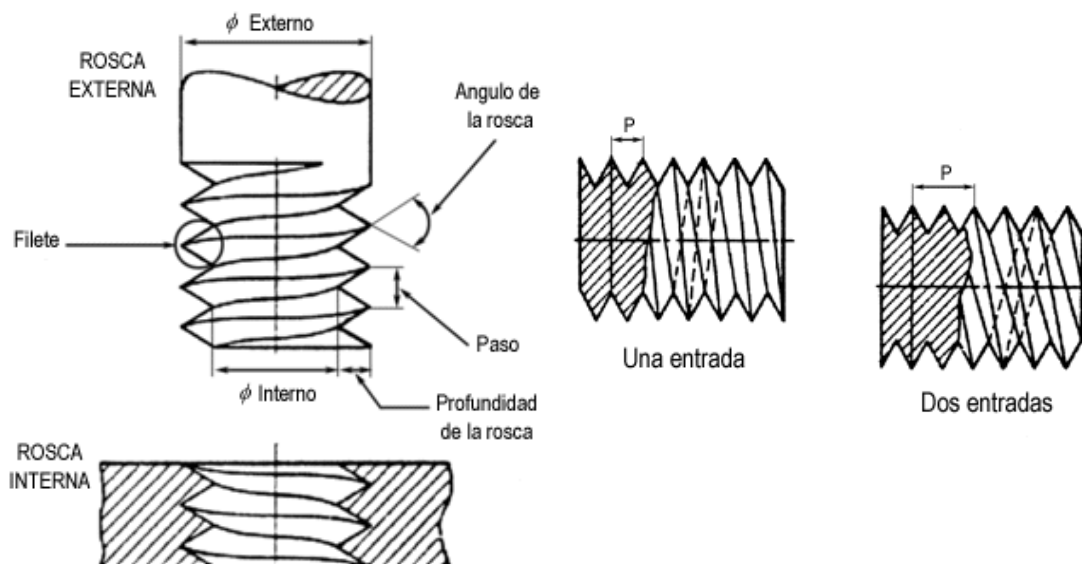
CÓDIGO DEL PRODUCTO	P155	P180	E180	A200	AI1210	ML240
Nombre de Producto	Polysol155	Polysol 180	Estersol 180	Amidester 200	Amidester210	
Descripción General	Poliuretano mod.	Poliuretano mod.	Poliesterimide	Poliesterimide Theic-mod.	A200 + Poliamidimide	Poliimide
IEC (incluyendo las siguientes normas)	IEC 60317-20, IEC 60317-4	IEC 60317-51, IEC 60317-20	IEC 60317-23, IEC 60317-3/8	IEC 60317-8	IEC 60317-13	IEC 60317-46, 60317-7
NEMA (incluyendo las siguientes normas)	MW 79, MW 2, MW 75	MW 82, MW79, MW75	MW 77, MW 5, MW 26	MW 74, MW 5, MW 30	MW35, MW73	MW 16
aprobación UL	si	Si	si	si	si	no, JW 1177
Diámetros disponibles	0,010 - 0,50 mm	0,010 - 0,50 mm	0,010 - 0,50 mm	0,010 - 0,50 mm	0,015 - 0,50 mm	0,02 - 0,11 mm, ex USA
Propiedades	Muy buena soldabilidad y altas propiedades térmicas	Buena soldabilidad a 370°C, valores térmicos elevados.	Soldable a altas temperaturas, altas propiedades térmicas y buena resistencia química.	Altas propiedades térmicas y buena resistencia química	muy altas propiedades térmicas y alta resistencia mecánica	excelentes propiedades térmicas, excelente resistencia química y alta resistencia a radiación
Aplicaciones	Usado en transformadores pequeños, motores lineales, relevadores, solenoides, motores pequeños, bobinas de relojes y relojes de mano, transformadores de fly-back.	Usado en bobinas automotrices como relevadores y bobinas de ignición, en transformadores y solenoides.	Usado en motores y transformadores pequeños, bobinas automotrices.	Usado en motores, motores pequeños, transformadores.	Usado en motores	Usado en aplicaciones militares y espaciales.

## **ANEXO # 4**

### **Elementos roscables**

## Roscas

### Definiciones de la Terminología



### Normas y Estándares

#### Organismos de Normalización

En la tabla que se presenta a continuación, se indican los organismos de normalización de varias naciones.

PAIS	ABREVIATURA DE LA NORMA	ORGANISMO NORMALIZADOR
Internacional	ISO	Organización Internacional de Normalización.
España	UNE	Instituto de Racionalización y Normalización.
Alemania	DIN	Comité de Normas Alemán.
Rusia	GOST	Organismo Nacional de Normalización Soviético.
Francia	NF	Asociación Francesa de Normas.
Inglaterra	BSI	Instituto de normalización Ingles.
Italia	UNI	Ente Nacional Italiano de Unificación.
América	USASI	Instituto de Normalización para los Estados de América.

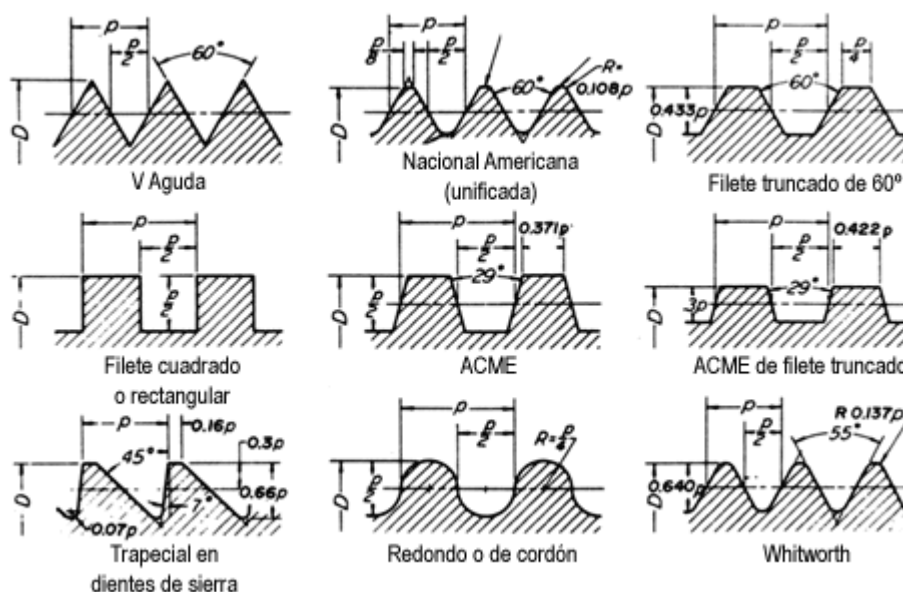
## Tipos de Roscas:

Existen varios tipos de rosca, como por ejemplo:

Roscas **métricas (M)**,  
 Rosca **unificada fina (UNF)**,  
 Rosca **unificada normal (corriente) (UNC)**,  
 Rosca **Witworth de paso fino (BSF)**,  
 Rosca **Witworth de paso normal (BSW o W)**, entre otras.

Las diferencias se basan en la forma de los filetes que los hacen más apropiados para una u otra tarea, las roscas indicadas son las más utilizadas en elementos de unión.

En la figura siguiente se aprecian varias formas de roscas, los filetes triangulares son utilizados en pernos y tuercas, los filetes redondos son utilizados en uniones rápidas de tuberías, finalmente las roscas rectangulares en general se utilizan para ejercer fuerza en prensas.



## DESIGNACIÓN DE LAS ROSCAS

La designación de las roscas se hace por medio de su letra representativa e indicando la dimensión del diámetro exterior y el paso. Este último se indica directamente en milímetros para la rosca métrica, mientras que en la rosca unificada y Witworth se indica a través de la cantidad de hilos existentes dentro de una pulgada. Por ejemplo, la rosca M 3,5 x 0,6 indica una rosca métrica normal de 3,5 mm de diámetro exterior con un paso de 0,6 mm. La rosca W 3/4 "- 10 equivale a una rosca Witworth normal de 3/4 pulg de diámetro exterior y 10 hilos por pulgada. La tabla siguiente entrega información para reconocer el tipo de rosca a través de su letra característica, se listan la mayoría de las roscas utilizadas en ingeniería mecánica.

Símbolos de roscado más comunes	Denominación usual	Otras
American Petroleum Institute	API	
British Association	BA	
International Standards Organisation	ISO	
Rosca para bicicletas	C	
Rosca Edison	E	
Rosca de filetes redondos	Rd	
Rosca de filetes trapesoidales	Tr	
Rosca para tubos blindados	PG	Pr
Rosca Whitworth de paso normal	BSW	W
Rosca Whitworth de paso fino	BSF	
Rosca Whitworth cilíndrica para tubos	BSPT	KR
Rosca Whitworth	BSP	R
Rosca Métrica paso normal	M	SI
Rosca Métrica paso fino	M	SIF
Rosca Americana Unificada p. normal	UNC	NC, USS
Rosca Americana Unificada p. fino	UNF	NF, SAE
Rosca Americana Unificada p.exrafino	UNEF	NEF
Rosca Americana Cilíndrica para tubos	NPS	
Rosca Americana Cónica para tubos	NPT	ASTP
Rosca Americana paso especial	UNS	NS
Rosca Americana Cilíndrica "dryseal" para tubos	NPSF	
Rosca Americana Cónica "dryseal" para tubos	NPTF	

Es posible crear una rosca con dimensiones no estándares, pero siempre es recomendable usar roscas normalizadas para adquirirlas en ferreterías y facilitar la ubicación de los repuestos. La fabricación y el mecanizado de piezas especiales aumenta el costo de cualquier diseño, por lo tanto se recomienda el uso de las piezas que están en plaza. Se han destacado solamente las roscas métricas, unificadas y whitworth por ser las más utilizadas, pero existen muchas roscas importantes para usos especiales. Le entregan a continuación las tablas detalladas de estas tres familias de roscas para las series fina y basta.

**METRICA PASO FINO**

Medida Nominal		
Dext		x paso
M	2.5	x 0.35
M	3	x 0.35
M	3.5	x 0.35
M	4	x 0.5
M	5	x 0.5
M	6	x 0.75
M	7	x 0.75
M	8	x 0.75
M	8	x 1
M	9	x 0.75
M	9	x 1
M	10	x 0.75
M	10	x 1
M	10	x 1.25
M	11	x -
M	11	x 0.75
M	12	x 1
M	12	x 1
M	12	x 1.25
M	13	x 1.5
M	14	x 1
M	14	x 1
M	14	x 1.25
M	15	x 1
M	15	x 1.5
M	16	x 1
M	16	x 1.5
M	17	x 1.5
M	17	x 1
M	18	x 1.5
M	18	x 1
M	20	x 1.5
M	20	x 1
M	22	x 1.5
M	22	x 1
M	24	x 1.5
M	24	x 1

**METRICA PASO FINO**

Medida Nominal		
Dext		x paso
M	25	x 1.5
M	25	x 2
M	26	x 1.5
M	27	x 1
M	27	x 1.5
M	27	x 2
M	28	x 1
M	28	x 1.5
M	28	x 2
M	30	x 1
M	30	x 1.5
M	30	x 2
M	32	x 1.5
M	32	x 2
M	33	x 1.5
M	33	x 2
M	34	x 1.5
M	35	x 1.5
M	35	x 2
M	36	x 2
M	36	x 3
M	38	x 1.5
M	38	x 2
M	39	x 1.5
M	39	x 2
M	39	x 3
M	40	x 1.5
M	40	x 2
M	40	x 3
M	42	x 2
M	42	x 3
M	45	x 1.5
M	45	x 2
M	45	x 3
M	48	x 2
M	48	x 3
M	50	x 2

**METRICA PASO NORMAL**

Medida Nominal		
Dext		x paso
M	1.6	x 0.35
M	1.7	x 0.35
M	2	x 0.4
M	2.2	x 0.45
M	2.3	x 0.4
M	2.5	x 0.45
M	2.6	x 0.45
M	3	x 0.5
M	3	x 0.6
M	3.5	x 0.6
M	4	x 0.7
M	4	x 0.75
M	4.5	x 0.75
M	5	x 0.75
M	5	x 0.8
M	5	x 0.9
M	5	x 1
M	5.5	x 0.9
M	6	x 1
M	7	x 1
M	8	x 1.25
M	9	x 1.25
M	10	x 1.5
M	11	x 1.5
M	12	x 1.75
M	14	x 2
M	16	x 2
M	18	x 2.5
M	20	x 2.5
M	22	x 2.5
M	24	x 3
M	27	x 3
M	30	x 3.5
M	33	x 3.5
M	36	x 4
M	39	x 4



M	24	x 1.5
M	25	x 1
M	25	x 1.5

M	50	x 3
M	52	x 2
M	52	x 3

M	42	x 4.5
M	45	x 4.5
M	48	x 5
M	52	x 5

UNIFICADA NORMAL		PASO
Medida Nominal		
	Nº - H/"	
4	(.112") - 40	UNC
5	(.125") - 40	UNC
6	(.138") - 32	UNC
8	(.164") - 32	UNC
10	(.190") - 24	UNC
12	(.216") - 24	UNC
	1/4" - 20	UNC
	5/16" - 18	UNC
	3/8" - 16	UNC
	7/16" - 14	UNC
	1/2" - 13	UNC
	9/16" - 12	UNC
	5/8" - 11	UNC
	3/4" - 10	UNC
	7/8" - 9	UNC
	1" - 8	UNC
	1"1/8" - 7	UNC
	1"1/4" - 7	UNC
	1"3/8" - 6	UNC
	1"1/2" - 6	UNC
	1"3/4" - 5	UNC
	2" - 4 1/2	UNC
	2" - 4 1/2	UNC
	2"1/2" - 4	UNC
	2"3/4" - 4	UNC
	3" - 4	UNC

UNIFICADA PASO FINO		
Medida Nominal		
	Dext	Nº - H/"
Nº 0	(.060") - 80	UNC
Nº 1	(.073") - 72	UNC
Nº 2	(.086") - 64	UNC
Nº 3	(.099") - 56	UNC
Nº 4	(.112") - 48	UNC
Nº 5	(.125") - 44	UNC
Nº 6	(.138") - 40	UNC
Nº 8	(.164") - 36	UNC
Nº 10	(.190") - 32	UNC
Nº 12	(.216") - 28	UNC
	1/4" - 28	UNC
	5/16" - 24	UNC
	3/8" - 24	UNC
	7/16" - 20	UNC
	1/2" - 20	UNC
	9/16" - 18	UNC
	5/8" - 18	UNC
	3/4" - 16	UNC
	7/8" - 14	UNC
	1" - 12	UNC
	1"1/8" - 12	UNC
	1"1/4" 4 12	UNC
	1"3/4" 4 12	UNC
	1"1/12" - 12	UNC

Con respecto al sentido de giro, en la designación se indica "izq" si es una rosca de

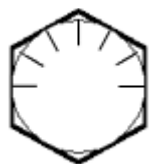
sentido izquierdo, no se indica nada si es de sentido derecho. De forma similar, si tiene más de una entrada se indica "2 ent" o "3 ent". Si no se indica nada al respecto, se subentiende que se trata de una rosca de una entrada y de sentido de avance derecho. En roscas de fabricación norteamericana, se agregan más símbolos para informar el grado de ajuste y tratamientos especiales

## RESISTENCIA DE PERNOS

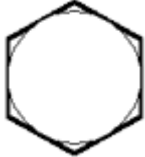



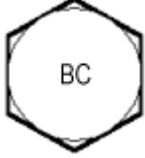
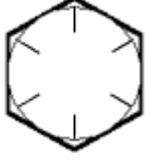
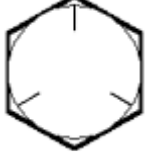
Las normas de prueba de pernos indican cargarlo contra su propio hilo, sin utilizar una probeta representativa. Esto genera un valor llamado carga de prueba, la cual puede utilizarse para diseñar en reemplazo de la resistencia a la fluencia.



Se adjuntan las marcas con que se indica el grado de resistencia de los pernos, para las normas SAE, ASTM y Métrica. Se adjunta también la tabla de marcas de los productos American Screw.

Marcado de pernos de acero grado SAE					
Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
1 2	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4} - \frac{3}{4}$ <sup>7/8</sup> - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5	$\frac{1}{4} - 1$ $1\frac{1}{8} - 1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
5.2	$\frac{1}{4} - 1$	85	120	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
7	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	105	133	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	







8.2	$\frac{1}{4}$ - 1	120	150	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
-----	-------------------	-----	-----	---	---


### Marcas para pernos de acero grado ASTM

Designación ASTM	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
A307	$\frac{1}{4}$ a 4			Acero de bajo carbono	
A325 tipo 1	$\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{8}$ a $1 \frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
A325 tipo 2	$\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{8}$ a $1 \frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
A325 tipo 3	$\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{8}$ a $1 \frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero recubierto, Templado y Revenido	
A354 grado BC				Acero aleado, Templado y Revenido	
A354 grado BD	$\frac{1}{4}$ a 4	120	150	Acero aleado, Templado y Revenido	
A449	$\frac{1}{4}$ a $1 \frac{1}{8}$ a $1 \frac{1}{2}$ $1 \frac{3}{4}$ a 3	85 74 55	120 90 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	




A490 tipo 1	½ a 1½	120	150	Acero aleado, Templado y Revenido	
A490 tipo 3				Acero recubierto, Templado y Revenido	




### Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica

Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
8.8	M16 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	

12.9	M1.6 - M36	970	1220	Acero Templado y Revenido	aleado,	
------	------------	-----	------	---------------------------------	---------	---

### MARCAS DE GRADOS DE RESISTENCIA PERNOS DE ACERO

MARCA A.S. GRADO RESISTENCIA	ESPECIFICACIÓN			ALGUNOS USOS RECOMENDADOS	Resistencia a tracción mínima [Kg/mm <sup>2</sup> ]	Límite de fluencia mínima [Kg/mm <sup>2</sup> ]	DUREZA
	SAE grado	ISO clase	ASTM				
		3,6		Para requerimientos menores de resistencia, metalmecánica, motores eléctricos, línea blanca. electrónica, usos generales.	34	20	53 - 70 Rb
	J429 grado 1 ¼ " a 1 ½ "	4,6	A307 grado A y B	Para requerimientos de resistencia media, construcción de máquinas livianas, automotriz (piezas no afectas a fuertes tensiones), máquinas agrícolas, estructuras livianas.	42	23	70 - 95 Rb
		8,8	A449	Para requerimientos de alta resistencia a la tracción, ruedas de vehículos, partes de motores de tracción, cajas de cambio, máquinas herramientas, matrices	80	64	22 - 32 Rc

			A325	<p>Para requerimientos de alta resistencia a la tracción y otros, especialmente para juntas estructurales exigidas mecánicamente. Debe trabajar con TU y golilla de la misma calidad</p>	<p>Hasta 1 f 85 de 1 1/8 a 1 1/2 f 74</p>	<p>Hasta 1 f 65 de 1 1/8 a 1 1/2 f 57</p>	<p>Hasta 1 f 23 - 35 Rc de 1 1/8 a 1 1/2 f 19 - 31 Rc</p>
			A490	<p>Para requerimientos de alta resistencia a la tracción y alta temperatura. Debe trabajar con TU y golilla de la misma calidad</p>	105	81	32 - 38 Rc
	8	10,9		<p>Para requerimientos de alta resistencia a la tracción, flexión, cizalle, etc. Culata de motores, paquete de resortes, pernos para ruedas vehículos pesados, bielas, etc.</p>	105	88	31 - 38 Rc

Fuente: Catálogo de productos American Screw

### TABLA DE TALADROS PREVIOS AL ROSCADO

METRICO ISO			METRICO ISO FINO			UNF			BSF			PG		
M	PASO	Ø Broca	M	PASO	Ø Broca	UNF	PASO	Ø Broca	BSF	PASO	Ø Broca	PG	PASO	Ø Broca
1	0,25	0,75	2,5	0,35	2,15	0	80	1,30	3/16"	32	4	7	20	11,5
1,1	0,25	0,85	3	0,35	2,35	1	72	1,60	1/4"	26	5,20	9	18	14,0
1,2	0,25	0,95	3,5	0,35	3,15	2	64	1,90	5/16"	22	6,60	11	18	17,25
1,4	0,3	1,1	4	0,50	3,5	3	56	2,10	3/8"	20	8,10	13,5	18	19,0
1,6	0,35	1,25	4,5	0,50	4,0	4	48	2,40	7/16"	18	9,50	16	18	21,25
1,7	0,35	1,3	5	0,50	4,5	5	44	2,70	1/2"	16	11	21	16	27,0
1,8	0,35	1,45	5,5	0,50	5,0	6	40	3,00	9/16"	16	12,7	29	16	35,5
2	0,4	1,6	6	0,75	5,2	8	36	3,50	5/8"	14	14	36	16	45,5
2,2	0,45	1,75	7	0,75	6,2	10	32	4,10	3/4"	12	16,5	42	16	52,5
2,3	0,45	1,9	8	0,75	7,2	12	28	4,70	7/8"	11	19,5	48	16	58,0
2,5	0,45	2,05	8	1,00	7,0	1/4"	28	5,50	1"	10	22,5			
2,8	0,45	2,10	9	0,75	8,2	5/16"	24	6,90	1 1/8"	9	25,5			
3	0,5	2,5	9	1,00	8,0	3/8"	24	8,50	1 1/4"	9	28,75			
3,5	0,6	2,9	10	0,75	9,2	7/16"	20	9,90	1 1/2"	8	34,8			
4	0,7	3,3	10	1,00	9,0	1/2"	20	12,90						
4,5	0,75	3,7	10	1,25	8,8	5/8"	18	14,50						
5	0,8	4,2	11	0,75	10,2	3/4"	16	17,50						
6	1,00	5,00	11	1,00	10,0	7/8"	14	20,40						
7	1,00	6,00	12	1,00	11,0	1"	12	23,30						
8	1,25	6,8	12	1,25	10,8	1 1/8"	12	26,50						
9	1,25	7,8	12	1,50	10,5	1 1/4"	12	29,50						
10	1,50	8,5	14	1,00	13,0	1 3/8"	12	32,70						
11	1,50	9,5	14	1,25	12,8	1 1/2"	12	36,50						
12	1,75	10,2	14	1,50	12,5									
14	2	12	15	1,00	14,0									
16	2	14	15	1,50	13,5									
18	2,5	15,5	16	1,00	15,0									
20	2,5	17,5	16	1,50	14,5									
22	2,5	19,5	17	1,00	16,0									
24	3	21	17	1,50	15,5									
27	3	24	18	1,00	17,0									
30	3,5	26,5	18	1,50	16,5									
33	3,5	29,5	18	2,00	16,0									
36	4	32	20	1,00	19,0									
39	4	35	20	1,50	18,5									
42	4,5	37,5	20	2,00	18,0									
45	4,5	40,5	22	1,00	21,0									
48	5	43	22	1,50	20,5									
52	5	47	22	2,00	20,0									
56	5,5	50,5	24	1,00	23,0									
60	5,5	54,5	24	1,50	22,5									
64	6	58	25	1,00	24,0									
68	6	62	25	1,50	23,5									
			25	2,00	23,0									
			26	1,50	24,5									
			27	1,00	26,5									
			27	1,50	25,5									
			27	2,00	25,0									
			28	1,00	27,0									
			28	1,50	26,5									
			28	2,00	26,0									
			30	1,00	29,0									
			30	1,50	28,5									
			30	2,00	28,0									
			30	3,00	27,0									
			32	1,50	30,5									
			32	2,00	30,0									
			33	1,50	31,5									
			33	2,00	31,0									
			33	3,00	30,0									
			35	1,50	33,5									
			36	1,50	34,5									
			36	2,00	34,0									
			36	3,00	33,0									
			38	1,50	36,5									
			39	1,50	37,5									
			39	2,00	37,0									
			39	3,00	36,0									
			40	1,50	38,5									
			40	2,00	38,0									
			40	3,00	37,0									
			42	1,50	40,5									
			42	2,00	40,0									
			42	3,00	39,0									
			45	1,50	43,5									
			45	2,00	43,0									
			45	3,00	42,0									
			48	1,50	46,5									
			48	2,00	46,0									
			48	3,00	45,0									
			50	1,50	48,5									
			50	2,00	48,0									
			50	3,00	47,0									
			52	1,50	50,5									
			52	2,00	50,0									
			52	3,00	49,0									

### WHITWORTH

W	PASO	Ø Broca
3/32"	48	1,80
1/8"	40	2,50
5/32"	32	3,10
3/16"	24	3,60
7/32"	24	4,40
1/4"	20	5,10
5/16"	18	6,50
3/8"	16	7,90
7/16"	14	9,30
1/2"	12	10,60
9/16"	12	12,00
5/8"	11	13,50
3/4"	10	16,50
7/8"	9	19,25
1"	8	22,00
1 1/8"	7	24,75
1 1/4"	7	27,75
1 3/8"	6	30,50
1 1/2"	6	33,50
1 5/8"	5	35,50
1 3/4"	5	39,00
1 7/8"	4,5	41,50
2"	4,5	44,50
2 1/4"	4	50,00
2 1/2"	4	56,50
2 3/4"	3,5	62,00
3"	3,5	68,50

### UNC

UNC	PASO	Ø Broca
1	64	1,50
2	56	1,80
3	48	2,10
4	40	2,30
5	40	2,60
6	32	2,85
8	32	3,50
10	24	3,90
12	24	4,50
1/4"	20	5,20
5/16"	18	6,60
3/8"	16	8,00
7/16"	14	9,40
1/2"	13	10,75
9/16"	12	12,25
5/8"	11	13,50
3/4"	10	16,50
7/8"	9	19,50
1"	8	22,25
1 1/8"	7	25,00
1 1/4"	7	28,25
1 3/8"	6	30,75
1 1/2"	6	34,00
1 3/4"	5	39,50
2"	4,5	45,25

### GAS

G	PASO	Ø Broca
1/8"	28	8,80
1/4"	19	11,80
3/8"	19	15,25
1/2"	14	19,00
5/8"	14	21,00
3/4"	14	24,50
7/8"	14	28,25
1"	11	30,75
1 1/8"	11	35,50
1 1/4"	11	39,50
1 3/8"	11	42,00
1 1/2"	11	45,20
1 5/8"	11	49,60
1 3/4"	11	51,40
2"	11	57,20
2 1/4"	11	63,30
2 3/8"	11	67,00
2 1/2"	11	72,80
2 3/4"	11	79,10
3"	11	85,50
3 1/4"	11	91,50
3 1/2"	11	98,00
3 3/4"	11	104,00
4"	11	110,50

### ROSCAS CÓNICAS



ROSCA	Ø Broca
1/8"	8,1
1/4"	10,7
3/8"	14,25
1/2"	17,7
3/4"	23
1"	29
1 1/4"	37,6
1 1/2"	43,5
2"	55
1/16"	6,10
1/8"	8,5
1/4"	11,00
3/8"	14,5
1/2"	18,00
3/4"	23
1"	29
1 1/4"	38
1 1/2"	44
2"	56
1/16"	6,25
1/8"	8,6
1/4"	11,1
3/8"	14,7
1/2"	17,95
3/4"	23,4
1"	29,4
1 1/4"	38,1
1 1/2"	44
2"	56,4

### MACHOS LAMINACIÓN



M	PASO	Ø Broca
3	0,50	2,75
4	0,70	3,65
4,5	0,75	4,15
5	0,80	4,60
5	0,90	4,55
6	1,00	5,50
7	1,00	6,50
8	1,25	7,40
10	1,50	9,30

M	PASO	Ø Broca
1/8"	40	2,40
5/32"	32	3,60
3/16"	24	4,25
1/4"	20	5,70
5/16"	18	7,20
3/8"	16	8,70

➤ **Valores referenciales para machuelos**

MACHUELOS FRACCIONALES						
Clave	Medida	Broca Ref.	(mm)	Empaque	Caja	Master
68250	1/8" x 40h	3/32"	(1,38x40h)	Blister	12	120
68251	1/8" x 44h	3/32"	(1,38x44h)	Blister	12	120
68254	5/32" x 32h	1/8"	(3,96x32h)	Blister	12	120
68255	5/32" x 36h	1/8"	(3,96x36h)	Blister	12	120
68200	3/16" x 24h	9/64"	(4,76x24h)	Blister	12	120
68201	3/16" x 32h	9/64"	(4,76x32h)	Blister	12	120
68202	1/4" x 20h	13/64"	(6,35x20h)	Blister	12	120
68203	1/4" x 28h	13/64"	(6,35x28h)	Blister	12	120
68204	5/16" x 18h	1/4"	(7,93x18h)	Blister	12	120
68205	5/16" x 24h	17/64"	(7,93x24h)	Blister	12	120
68206	3/8" x 16h	5/16"	(9,52x16h)	Blister	6	60
68207	3/8" x 24h	21/64"	(9,52x24h)	Blister	6	60
68208	7/16" x 14h	23/64"	(11,1x14h)	Blister	6	60
68209	7/16" x 20h	25/64"	(11,1x20h)	Blister	6	60
68210	1/2" x 13h	27/64"	(12,7x13h)	Blister	6	60
68211	1/2" x 20h	29/64"	(12,7x20h)	Blister	6	60
68112	9/16" x 12h	15/32"	(14,2x12h)	Blister	6	60
68113	9/16" x 18h	1/2"	(14,2x18h)	Blister	6	60
68114	5/8" x 11h	17/32"	(15,8x11h)	Blister	6	60
68115	5/8" x 18h	9/16"	(15,8x18h)	Blister	6	60
68116	3/4" x 10h	21/32"	(19,0x10h)	Blister	6	60
68117	3/4" x 16h	11/16"	(19,0x16h)	Blister	6	60

MACHUELOS MILIMETRICOS					
Clave	Medida	Broca Ref.	Empaque	Caja	Master
68369	3mm x 0,50	3/32"	Blister	12	120
68371	4mm x 0,70	1/8"	Blister	12	120
68373	5mm x 0.80	11/64"	Blister	12	120
68375	6mm x 1,00	3/16"	Blister	12	120
68378	8mm x 1,25	17/64"	Blister	6	60
68384	10mm x 1,50	21/64"	Blister	6	60
68388	12mm x 1,75	13/32"	Blister	6	60
68391	14mm x 2,00	15/32"	Blister	6	60



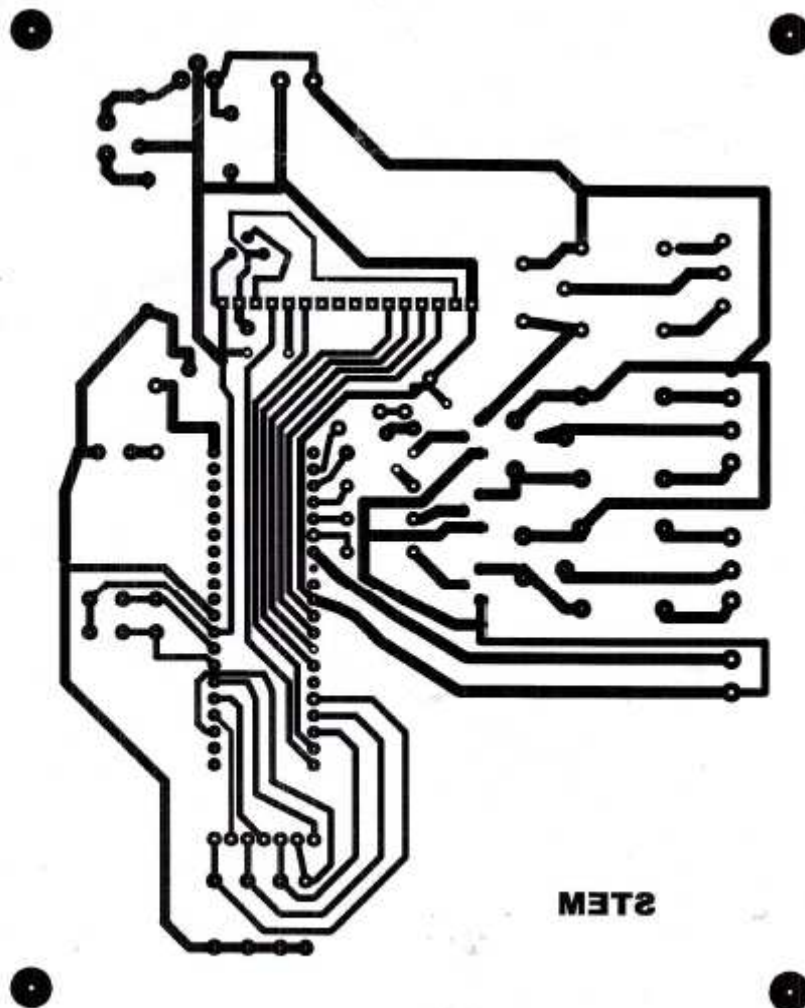
## **ANEXO # 5**

### **Catalogo Sensor fotoeléctrico**

## **ANEXO # 6**

**Elementos y circuitos electrónicos.**

➤ *Circuito de la tarjeta electrónica*



➤ **Distribución de pines del teclado numérico**

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
1	IN+	Entrada no invertida
2	IN-	Entrada no invertida
3	GS	Selector de Ganancia
4	Vref	Salida de voltaje de referencia
5	INH+	Inhibe la detección de tonos representados por las teclas A,B,C,D
6	PD	Con una entrada de voltaje alta, deshabilita el dispositivo
7	OSC1	Entrada del clock
8	OSC2	Salida del clock
9	Vss	Voltaje negativo (usualmente 0 Voltios)
10	OE	Output Enable (Salida activada con un pulso lógico alto)
11,12,13,14	Q1,Q2,Q3,Q4	Output Data (Salida respectiva binaria cuando OE está activado o con un pulso lógico alto)
15	StD	Salida de manejo atrasada (Presenta un voltaje lógico "alto" cuando se registra un tono)
16	Est	Salida de manejo anticipada (Presenta un voltaje lógico "alto" cuando el algoritmo digital reconoce un tono)
17	St/GT	Un voltaje mayor que $V_{tst}$ activa el dispositivo para registrar el tono marcado y actualizar la salida. Un voltaje menor que $V_{st}$ libera al dispositivo para poder aceptar un nuevo tono
18	Vdd	Voltaje positivo (usualmente 5 voltios)

➤ **Frecuencias y salidas binarias del teclado numérico**

FLOW	FHIGH	Key (ref)	OE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
ANY	ANY	ANY	L	Z	Z	Z	Z
L= logic Low, H= logic high, Z= high Impedance							

➤ **Descripción de señales empleadas por el módulo LCD**

PIN N°	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	V <sub>SS</sub>	Patilla de tierra de alimentación
2	V <sub>DD</sub>	Patilla de alimentación de 5 V
3	V <sub>O</sub>	Patilla de contraste del cristal líquido. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura R/W=0 El módulo LCD es escrito R/W=1 El módulo LCD es leído
6	E	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

## **ANEXO # 7**

### **Bandas y poleas de transmisión**

## **ANEXO # 8**

### **Contactor electromagnético**



## **ANEXO # 9**

### **Elementos de maniobra**

## **ANEXO # 10**

### **Manual de soldadura**

## **ANEXO # 11**

### **Variador de frecuencia**

















