

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA POSTFORMADORA EN  
POSTFORMADOS DEL VALLE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**ARIAS PAZMIÑO JOSÉ LEONARDO  
PACHACAMA CHANGO IVÁN GIRALDO**

**DIRECTOR: ING. NELSON SOTOMAYOR**

**QUITO, DICIEMBRE 2004**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Arias Pazmiño José Leonardo y Pachacama Chango Iván Giraldo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



AP.

---

Arias Pazmiño José Leonardo



---

Pachacama Chango Iván Giraldo

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Arias Pazmiño José Leonardo y Pachacama Chango Iván Giraldo, bajo mi supervisión.



---

Ing. Nelson Sotomayor

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, quienes inculcaron el deseo de superación por medio del estudio.

A mis familiares, amigos y compañeros que estuvieron para darme su apoyo y comprensión a lo largo de mi carrera.

A mis profesores, con los cuales forje este triunfo.

José Arias Pazmiño

## **DEDICATORIA**

A todos los que confían y creen en mí.

José Arias Pazmiño

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por el apoyo incondicional recibido en cada meta que me he propuesto alcanzar.

A mis profesores por entregarme su conocimiento e inculcarme valores de responsabilidad, honradez y perseverancia.

Iván Giraldo Pachacama

## **DEDICATORIA**

A Luís Chango, mi tío.

Iván Giraldo Pachacama

# CONTENIDO

## PÁGINAS

Contenido	i
Resumen	vi
Presentación	viii

## CAPITULO 1

### FUNDAMENTOS GENERALES

1.1 Fabricantes y modelos de máquinas postformadoras	1
1.2 Principio de funcionamiento de una postformadora	4
1.3 Teoría básica utilizada	5
1.3.1 Resinas termo fijas	5
1.3.2 Aglomerados relacionados con la postformación	7
1.4 Sensores y actuadores de posible aplicación	9
1.4.1 Temperatura	9
1.4.2 Nivel	16
1.4.3 Velocidad	20
1.5 Sensores y actuadores utilizados en el diseño	21

## CAPITULO 2

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROEMPRESA

2.1 Realidad industrial de la microempresa	23
2.1.1 Razón social de la microempresa	23
2.1.2 Constitución de la microempresa	23
2.1.3 Breve historia de la microempresa	24
2.1.4 Productos	25
2.1.5 Capacidad de las instalaciones	25



2.1.6 Materias primas	25
2.1.7 Propietarios de la microempresa	26
2.1.8 Máquinas que utiliza para la producción	26
2.1.9 Destino de estos productos	27
2.2 Descripción del proceso	27
2.2.1 Preparación de los módulos	27
2.2.2 Proceso de postformado	28
2.3 Análisis del proceso	29
2.4 Análisis FODA	30
2.4.1 Fortalezas y debilidades	31
2.4.2 Oportunidades y amenazas	33
2.5 Análisis FODA postformados del valle	34
2.5.1 Fortalezas.	34
2.5.2 Debilidades	34
2.5.3 Amenazas.	34
2.5.4 Oportunidades.	35
2.6 Que se va hacer	35

### CAPITULO 3

#### DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

3.1 Diseño mecánico	37
3.1.1 Tornillo de potencia de cabeza redonda y afianzadores	37
3.1.2 Como diseñar un sistema para levantar planchas	37
3.1.3 Tornillos de potencia	38
3.1.4 Torque que se requiere para mover una carga	41
3.1.5 Eficiencia de un tornillo de potencia	44
3.1.6 Formas altermas de las ecuaciones de torque	45
3.1.7 Ajuste para cuerdas ACMÉ	46
3.1.8 Potencia que se necesita para insertar o impulsar un tornillo de potencia	46
3.1.9 Cálculo de la potencia necesaria para elevar los puentes	46

3.2 Medidas de la máquina	48
3.2.1 Puente de nivel	48
3.2.2 Tornillo de potencia (nivel)	49
3.2.3 Rodillo de presión	49
3.2.4 Puente de 90-180	50
3.2.5 Tornillo de potencia (90-180)	50
3.3 Cálculos de potencia de los tornillos	51
3.3.1 Cálculo tornillo de potencia puente nivel	51
3.3.2 Cálculo del tornillo de potencia puente de doblado 90-180°	53
3.4 Motores instalados	54
3.4.1 Motor del puente de nivel	54
3.4.2 Motor del puente que dobla 90-180 grados	55
3.4.3 Motor de arrastre	56
3.4.4 Motor del variador de velocidad mecánico	57
3.5 Diseño mecánico para el sensor de velocidad	58
3.6 Diseño mecánico del sensor de nivel	59
3.6.1 Entrada de módulos	59
3.6.2 Equilibrio del puente	60
3.7 Rediseño de la etapa de calentamiento	61
3.8 Diseño eléctrico	62
3.8.1 Cálculo de protecciones de los motores	62
3.8.2 Diagrama unifilar	66
3.8.3 Circuito utilizado en la inversión de giro	66
3.9 Diseño electrónico	67
3.9.1 Diseño del sistema HMI	67
3.9.2 Diseño del sistema de control	74
3.9.3 Diseño de la fuente de alimentación	87

## CAPITULO 4

### ARQUITECTURA DEL PROGRAMA

4.1 Funciones que desempeña el PIC del HMI	89
4.2 Funciones que desempeña el PIC de control	91
4.2.1 Funcionamiento que desempeña el PIC de control en mando manual	92
4.3 Configuración de registros de los PIC's	93
4.3.1 Configuración del PIC del HMI	93
4.3.2 Configuración del PIC de control	94
4.4 Explicación de los programas principales de los PIC's	95
4.4.1 Programa principal del HMI	95
4.4.2 Programa principal de control	96
4.5 Explicación de las subrutinas de los PIC's	97
4.5.1 Subrutinas de HMI	97
4.5.2 Subrutinas de control	103
4.5.3 Subrutinas utilizadas en los dos PIC's	107
4.6 Diagrama de flujo HMI	109
4.7 Diagrama de flujo control	118
4.8 Diagrama de flujo de operación	127

## CAPITULO 5

### PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Proceso de implementación de la automatización.	128
5.1.1 Trabajo realizado para el nivel.	128
5.1.2 Trabajos realizados para el puente de doblado	134
5.1.3 Trabajos realizados en la cámara de calentamiento	137
5.1.4 Trabajos realizados en el motor de arrastre	138
5.2 Pruebas de fórmicas y resultados	140

5.3 Sistema eléctrico implementado	142
5.4 Sistema electrónico implementado	146
5.5 Análisis económico	150

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Problemas y soluciones de los diseños	152
6.2 Conclusiones	153
6.3 Recomendaciones	155

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
----------------------------	-----

### ÍNDICE DE ANEXO A

ANEXO A-1 CIRCUITO DE POTENCIA

ANEXO A-2 CIRCUITO DE LA FUENTE ALIMENTACIÓN

ANEXO A-3 CIRCUITO DE VERIFICACIÓN DE LÁMPARAS

ANEXO A-4 CIRCUITO DEL HMI

ANEXO A-5 CIRCUITO DE CONTROL

### ÍNDICE DE ANEXO B

ANEXO B-1 TABLA DE DATOS NEC

ANEXO B-2 HOJA DE DATOS CABLEC

ANEXO B-3 HOJA DE DATOS DEMULTIPLEXOR

ANEXO B-4 HOJA DE DATOS DEL MAX 232

ANEXO B-5 HOJA DE DATOS TERMOCUPLA

ANEXO B-6 CÁLCULOS EN EXCEL FUNCIÓN DE AJUSTE

## RESUMEN

El proceso de postformado consiste en adherir láminas decorativas (llamadas también fórmicas) a módulos de madera. Como primer paso se aplica un adherente manualmente tanto al módulo como a la fórmica, la lámina decorativa mediante un rodillo se lo aplica sobre la madera dejando 6 cm de fórmica al filo del mueble e ingresa a la máquina postformadora la cual mediante lámparas de cuarzo calienta la fórmica para un acabado de 90 o 180 grados de acuerdo con el borde del módulo. Un acabado de 90 grados corresponde a un cuarto de circunferencia y el de 180 grados representa una semicircunferencia.

Normalmente el tiempo de calentamiento de la fórmica esta entre 20 y 30s esto varia de acuerdo al tipo de fórmica, procedencia y las técnicas empleadas para su elaboración, se trata de mantener la temperatura a 160 grados en la mayoría de los casos. Conforme varíe la velocidad deberá variar la temperatura.

El presente trabajo auspiciado por PostFormados del Valle tiene por finalidad el diseño y construcción del sistema de control automático de una máquina post formadora de manera que se logre disminuir los posibles errores que se cometen al trabajar en forma manual permitiendo mejorar el proceso y optimizar los recursos que intervienen en el mismo.

La máquina postformadora fue construida utilizando chatarra industrial de máquinas de preferencia textil con ayuda de profesionales del país, la misma actualmente tiene un control manual de las diferentes fases del proceso.

Para alcanzar el objetivo de automatización de la máquina se implementó un sistema de monitoreo y control de las variables que intervienen en el proceso mediante el sistema microprocesado.

La máquina actualmente posee un control de temperatura basado en lámparas de cuarzo activado por un sistema de control directo el cual permite alcanzar el valor

seteado, la variable es monitoreada por una termocupla tipo J. El control de nivel permite ajustar un puente de 5 metros de largo automáticamente de acuerdo al ancho del módulo, para monitorear el nivel del puente se diseño el sensor de acuerdo al material existente de igual manera se logra ajustar un puente de 1m de largo el cual permite obtener un acabado de 90 o 180 grados en la fórmica. Se realiza el control de velocidad en una banda transportadora de manera que la fórmica se desplace en forma continua sobre las lámparas de cuarzo un determinado tiempo dependiendo del tipo de la misma.

El interfaz hombre máquina (HMI) que posee el sistema permite visualizar los valores reales como los valores seteados que se ajustan al tipo de fórmica que trabaja la empresa, estos valores pueden ser manipulados con ayuda de un teclado básico.

El control del sistema y el HMI se basa en dos PIC`s (16F877A) los cuales se comunican serialmente.

## PRESENTACIÓN

Postformados del Valle ubicada en la Parroquia de Amaguaña se dedicada a la construcción y diseño de muebles de cocina, dormitorio y oficina a base de módulos recubiertos de láminas decorativas posee una postformadora ensamblada a partir de chatarra industrial. Su dueño ha confiado en la capacidad del profesional ecuatoriano y ha implementado la parte mecánica desde hace ya 11 años. El objetivo que persigue es mostrar que con medios poco comunes como es la chatarra industrial y dependiendo en forma mínima del mercado internacional se podría ensamblar y hacer maquinaria de tecnología propia del Ecuador.

El presente proyecto esta distribuido de la siguiente manera:

Dentro del primer capitulo se presenta fundamentos generales de la construcción de máquinas postformadoras existentes en el mercado, como sus principios de funcionamiento, presentando posibles soluciones para el control de variables que intervienen en este proceso.

Seguidamente en el capítulo dos se describe de manera general a la microempresa y se realiza un análisis FODA del proceso de postformado lo que permitirá ajustar el diseño a las necesidades de producción de la microempresa.

En el tercer capítulo se diseña los sistemas de control automático tanto de la parte mecánica, eléctrica y electrónica permitiendo con ello llegar a cubrir las expectativas de la empresa.

El cuarto capítulo consta de la arquitectura del programa tanto del sistema de interfaz (HMI) como el sistema de control de la postformadora permitiendo de esta manera conocer la lógica de funcionamiento del sistema.

De acuerdo al análisis realizado y al diseño implementado tanto del software como hardware se realiza las pruebas y análisis de costos correspondientes a la implementación del sistema de automatización de la máquina postformadora dentro del quinto capítulo.

Finalmente en el capítulo sexto se presenta conclusiones y recomendaciones de acuerdo al trabajo realizado.



# CAPITULO 1

## FUNDAMENTOS GENERALES

La máquina postformadora nace de la necesidad de fabricar muebles para oficina y en su desarrollo se amplió para el hogar con muebles de cocina y dormitorio.

Los principios fundamentales que presenta una máquina postformadora no son enteramente definidos, la información que se puede obtener acerca de este tema es muy escasa debido a que en el país son pocas las empresas dedicadas a esta línea de producción. A nivel internacional la información no se maneja de forma abierta, es muy reservada debido a la competencia y clonación de las máquinas desarrolladas.

A continuación se presentaran ciertos fundamentos generales relacionados con principios básicos y manejo de postformadoras, se incluye además los métodos utilizados para la obtención de la fórmica, la obtención del aglomerado y se presenta datos de algunos fabricantes de máquinas postformadoras en el mercado internacional.

### 1.1 FABRICANTES Y MODELOS DE MÁQUINAS POSTFORMADORAS

Dentro de los diseñadores de máquinas postformadoras se tiene a dos grandes empresas que son PIONITE y EVANS MACHINERY, INC. Cada una de ellas presenta en el mercado una gama de máquinas capaces de postformar, laminar, lijar, etc. EVANS MACHINERY, INC. es una empresa que se dedica a la construcción en sí de la maquinaria y presenta diversos modelos como los siguientes:

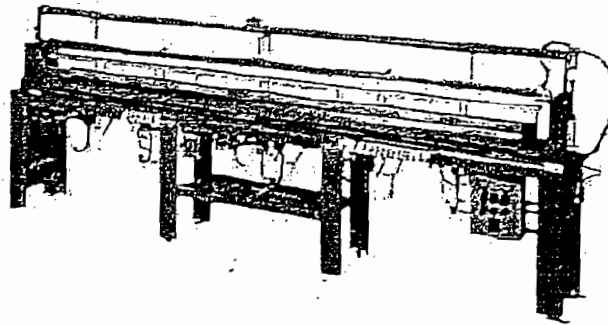


Figura 1.1 Modelo 0110

El modelo 0110 rinde mayores ganancias en la manufactura de mesas de mostrador, neumáticamente controlado y manualmente operado, el Modelo 0110 produce una mesa de mostrador de doce pies de largo en menos de 8 minutos, con todo tipo de laminados. La unidad tiene la capacidad de manejar cualquier ancho; radios hasta 1/8 de pulgada por dentro, 3/8 de pulgada por fuera; y maneja todos los tipos de laminados desde 0.032 hasta 0.050 pulgadas. Se carga desde su extremo y prácticamente es libre de mantenimiento. El modelo 0110 opera con 220 VAC monofásico, 60 Hz y requiere un suministro de aire de 100 PSI. [1]

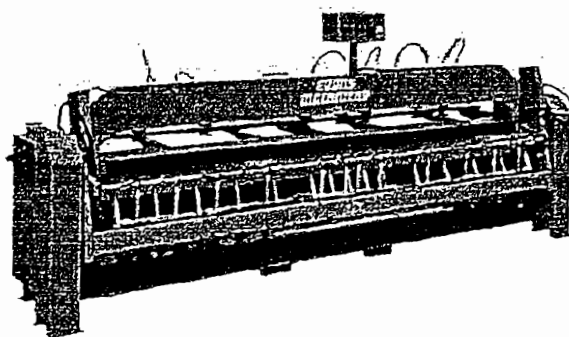


Figura 1.2 Modelo 0132

El modelo 0132, All Form, es una máquina pesada, capaz de envolver hasta 360 grados, tanto con dobladuras simples de 90 grados o envolturas de 180 grados. Los paneles están sujetos por vacío, sujetadores de aire, o una combinación de las dos. El brazo de envoltura de contrapeso surte presión continua durante la

envoltura o dobladura. Opera con 220 VAC monofásico y 60 Hz. Requiere un suministro de aire de 100 PSI. Puede manejar material de hasta 96 pulgadas.[1]

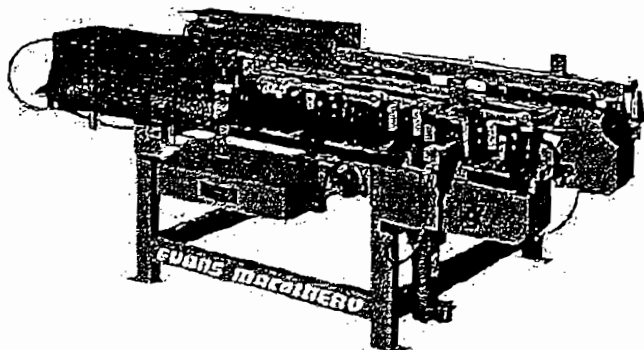


Figura 1.3 Modelo 6100

El modelo 6100, Form-O-Mati, es una postformadora automática de doble lado y de etapa sencilla. Tiene la capacidad de postformar una variedad de materiales laminados alrededor de bordes de perfil. Esta máquina es ideal para postformar mesas de mostrador de cocina, mesas de escritorio, puertas de gabinete, y caras exteriores de cajón. El Form-O-Matis le da envolturas precisas de 90 y 180 grados [1]. Si la longitud del postformado es extensa es ideal para su recorrido en forma manual.

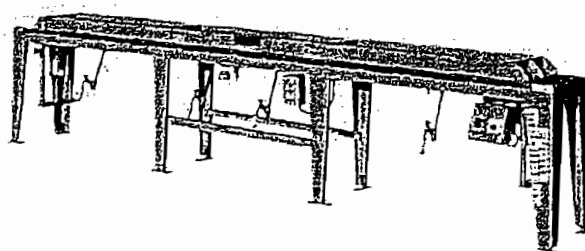


Figura 1.4 Modelo 0190

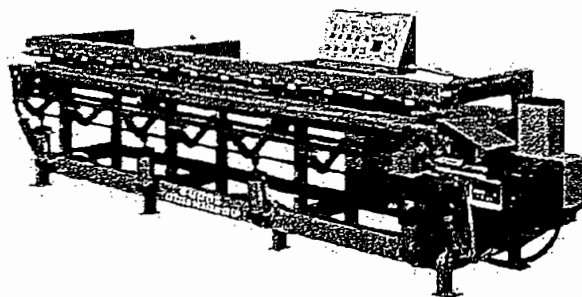


Figura 1.5 Modelo 0161

En las Figuras 1.4, 1.5 se puede observar dos tipos más de postformadoras, el modelo 0190 llamado coving machina y el modelo 0161 llamado automatic hot melt coving machina. Cada una de las máquinas aquí mostradas tiene algo en común y es el hecho de controlar la temperatura y la presión, por lo general cada una de estas máquinas dependen de las variables ya anotadas para dar el acabado de la lámina decorativa; no importa mucho las dimensiones del aglomerado que se utilice, lo que importa es el control de las variables. Cabe destacar que en los modelos mencionados no se tiene un proceso continuo, son procesos estacionarios en vista de que necesita cierto tiempo de colocación y retiro del material para reiniciar nuevamente el proceso. [1]

## 1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA POSTFORMADORA

Una postformadora se la llama así por su característica de envolver una hoja de fibra sintética sobre un material tomando su forma. Es una máquina exclusiva capaz de envolver hasta 360 grados, también se lo puede utilizar en dobleces radiales de 90 grados o envoltura de 180 grados. Para tener un mejor acabado el mecanismo ejerce presión continua durante el proceso de formación, donde la fibra sintética queda adherida a la cubierta del aglomerado. [2]

El material a recubrir puede ser madera (generalmente de tipo aglomerada), metal ó plástico, los cuales en sus bordes tiene una forma radial o curva. Previo al proceso, tanto al material como a la fibra sintética se le aplica pegamento de

contacto (amarillo). La fibra sintética deberá exceder aproximadamente unos 10 cm a la dimensión que tiene la cubierta del aglomerado; estas dos se unen y pegan entre sí con la otra aplicación de presión en la parte plana y, después, se lleva a la postformadora.

La fibra sintética dentro de la máquina deberá estar aproximadamente unos 30 segundos a una temperatura de 160 grados centígrados para así lograr su manipulación. El tiempo y la temperatura variarán de acuerdo con el tipo de fibra sintética, conocida como melamina o fórmica. El tiempo de la fase de calentamiento de la fórmica, también, dependerá de las técnicas utilizadas en su elaboración las cuales varían de acuerdo con el país de fabricación.

El control del proceso se lo realiza con sistemas microprocesados y durante el funcionamiento se debe controlar tres variables fundamentales: la temperatura, velocidad y presión, las cuales se explicarán en mayor detalle a continuación.

### **1.3 TEORÍA BÁSICA UTILIZADA**

La fórmica decorativa tiene la propiedad de ser moldeada a cierta temperatura y en determinado tiempo. Para comprender mejor este aspecto se señala el proceso para conseguir este material y se describe los polímeros o resinas sintéticas que se derivan de los petroquímicos básicos como el metano, etileno, propileno, butileno, benceno, tolueno y xilenos, los cuales permiten obtener la melamina que sirve como elemento decorativo.

#### **1.3.1 RESINAS TERMO FIJAS**

Estos materiales se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde. Polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida y dura. Ésta es la diferencia básica entre los polímeros termoplásticos y los termo fijos.

En la Tabla 1.1 se describe las resinas termo fijas más importantes.

Tabla 1.1 Principales resinas termo fijas

<i>nombre</i>	<i>familia</i>
poliuretano	éster-amida
resinas alcídicas	poliéster
poliéster insaturado	poliéster
resina epóxica	poliéter
fenol-formaldehído	fenólica
urea-formaldehído	urea
melamina-formaldehído	melamina

Los polímeros termo fijos pueden reforzarse para aumentar su calidad, dureza y resistencia a la corrosión. El material de refuerzo más usado es la fibra de vidrio. Ésta se usa en proporciones que varían entre 20% y 30%. [3]

#### 1.3.1.1 Melamina

La melamina está constituida por tres moléculas de urea formando un heterociclo aromático que puede reaccionar con el formaldehído dando la resina melamina-formaldehído. Tanto la urea-formaldehído como la melamina-formaldehído tienen propiedades generales muy similares, aunque existe mucha diferencia en sus aplicaciones, a ambas resinas se les conoce como aminorresinas. Los artículos hechos con aminorresinas son claros como el agua, fuertes y duros, tienen buenas propiedades eléctricas, pero se pueden romper. Las aminorresinas se usan principalmente como adhesivos para hacer madera aglomerada y triplex, usados en la construcción residencial y fabricación de muebles.

Las resinas melamina-formaldehído se emplean en la fabricación de vajillas y productos laminados que sirven para cubrir muebles de cocina, mesas, escritorios, etc.

Tabla 1.2 Usos de las resinas melamina-formaldehído

<i>mercado</i>	<i>%</i>
laminados plásticos	60
productos moldeados	30
pinturas y otros	10

El laminado postformado está diseñado para la elaboración de topes y otros tipos de superficies horizontales donde el laminado puede ser calentado sobre el borde del módulo para eliminar el empate. El laminado postformable de alta presión es manufacturado en una prensa plana donde se combinan varios papeles decorativos saturados en una resina de melamina con capa de kraft impregnada con fenolito a una presión que excede 1000 PSI y temperaturas aproximadas a 150 grados centígrados; el grueso es determinado por el número de capas de papel kraft utilizado. El proceso de laminación combina la durabilidad de las resinas de melamina con la estética de los papeles decorativos creando así un material para superficies que se han mantenido estándar por más de 40 años. [3].

### 1.3.2 AGLOMERADOS RELACIONADOS CON LA POSTFORMACIÓN

El material de mayor uso en el mercado para construir los módulos es la madera aglomerada que se reseña a continuación [4]:

#### 1.3.2.1 MDF

También se lo llama DM o tablero de fibra de densidad media, está fabricado a partir de elementos fibrosos básicos de madera prensados en seco, los cuales utilizan como aglutinante un adhesivo de resina sintética.

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus dos caras y sus cantos tengan un acabado perfecto, con el se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, pudiéndose fresar y tallar incluso los cantos. La estabilidad dimensional, al contrario que la madera maciza, es óptima,

pero su peso es muy elevado. Constituye una base excelente para las chapas de madera, es perfecto para lacar o pintar y, también, se puede barnizar. Se encola (con cola blanca) fácilmente y sin problemas. Es comercializado en grosores desde 2,5 mm a 4 cm o más. La medida del tablero es de 244 x 122 cm

### 1.3.2.2 Aglomerado Sin Cubrir

Es un tablero fabricado con pequeñas virutas de madera encoladas a presión y sin ningún acabado posterior.

Existen principalmente tres tipos de aglomerado según su fabricación: de una capa, de densidad graduada y de tres capas. En el de una capa las virutas son pequeñas, están distribuidas de manera uniforme, resultando una superficie relativamente ásperas por lo que no admite bien ningún acabado. El de densidad graduada tiene virutas muy finas en las superficies y más ásperas en el núcleo siguiendo una transición uniforme, su superficie es más suave y permite ciertos acabados. El de tres capas tiene el núcleo formado por virutas dispuestas entre dos capas exteriores de partículas muy finas de alta densidad y con alta proporción de resina, lo que da lugar a una superficie muy suave y apta para recibir la mayor parte de los acabados y recubrimientos, suele ser de color marrón claro moteado y sus cantos son más ásperos que la superficie, como consecuencia, sus cantos no admiten bien el fresado ni el pintado, sin embargo su superficie se puede pintar sin problema y admite perfectamente ser chapada o plastificada. Se comercializa en grosores de 10, 16, 19 y 30 mm la medida normal es de 244 x 122 cm, pero algunos grosores se fabrican también en 366 x 183 cm, es recomendable para cualquier función en la que no quede visto

Un ejemplo del acabado de la fibra sintética y el aglomerado se muestra en la Figura 1.6 en la que se puede observar el enrollado a 90 y 180 grados



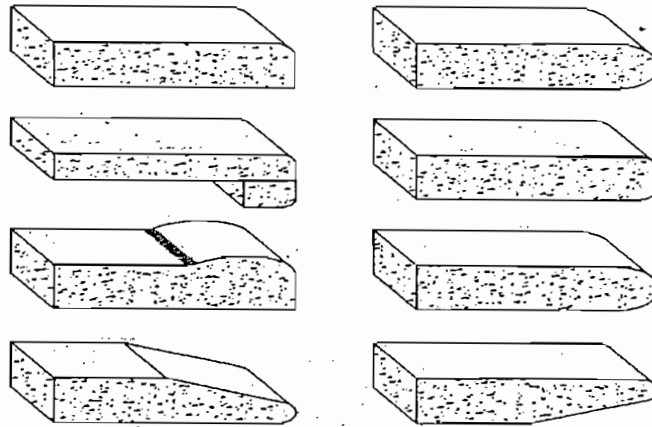


Figura 1.6 Tipos de cantos en los que se realiza el postformado

## 1.4 SENSORES Y ACTUADORES DE POSIBLE APLICACIÓN

### 1.4.1 TEMPERATURA

Dentro de la postformadora se encuentra el control de temperatura, por lo tanto es necesario realizar el análisis de algunos tipos de sensores que podrían ser utilizados.

#### 1.4.1.1 Termómetros de Resistencia

Los termómetros de resistencia se basan en el principio de que al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia del conductor que forma el elemento propio de la resistencia. El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura resistencia", que expresa, a una temperatura especificada, la variación de resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

En la Figura 1.7, se muestra la gráfica de la variación de la resistencia en función de la temperatura para una sonda Pt-100. Se da el código Pt-100 porque el elemento sensor es platino y el valor de la resistencia a 0 °C es de 100Ω. Para obtener los valores de las resistencias de las sondas Pt-200 y Pt-500 se deben multiplicar los valores Pt-100 por dos y cinco respectivamente.

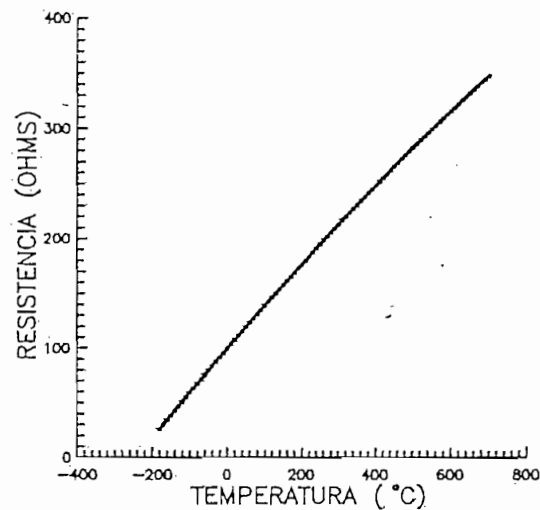


Figura 1.7 Gráfica de la resistencia en función de la temperatura para una sonda Pt-100

La variación de la resistencia de las sondas se mide con un puente de Wheatstone dispuesto en montajes denominados de dos y de tres hilos, según sea el número de hilos de conexión a la resistencia.

El más utilizado en la práctica es el montaje de tres hilos Figura 1.8b pues tiene la ventaja de que la medida no es afectada por causa de la variación adicional de resistencia que supone la longitud de los conductores y la temperatura de los mismos, ya que estas variaciones afectan a la vez en dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos a y b sea exactamente la misma, lo cual ocurre prácticamente en las instalaciones industriales.

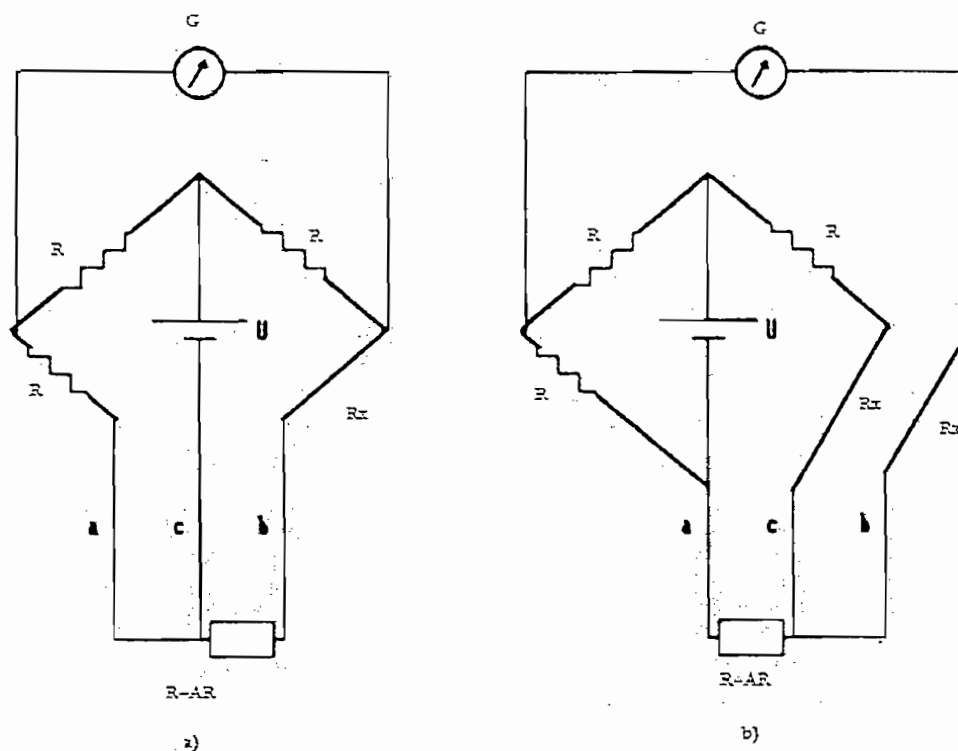


Figura 1.8 Montaje de tres Hilos

a) Hilo unido al detector b) Hilo unido al instrumento de medida

Los termistores son similares a las sondas de resistencia con la diferencia de poseer un coeficiente térmico definido por el fabricante. Normalmente se especifican con coeficientes negativos de valor elevado y dentro de un campo de medida particular que, a veces, pueden ser pequeños ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). De aquí que los termistores son especialmente útiles en circuitos de compensación de temperaturas en termopares, aplicaciones médicas y en laboratorio; su uso en procesos industriales está limitado debido a sus rangos de medida estrechas.

#### 1.4.1.2 Termopares.

El termopar Figura 1.9, se basa en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

Como la fem generada es una función de las temperaturas de las uniones, es necesario controlar o referir las medidas a la temperatura de la unión de referencia o unión fría, como se ve en la parte b y c de la Figura 1.9. Los valores de estas fems en función de la temperatura del termopar se muestran en las Figuras 1.10 a 1.14, con la unión de referencia a 0 °C y clasificadas según el termopar, es decir, según los diferentes materiales que forman la unión.

De las diversas clases de termopares existentes, las que se utilizan, son las cinco establecidas por la Instrument Society of América (ISA) de la siguiente forma:

Tipo T: Cobre soldado con Constantán.

Tipo J: Hierro soldado con Constantán

Tipo K: Cromel soldado con Alumel

Tipo R: Platino soldado con Platino/Rodio al 13%.

Tipo S: Platino soldado con Platino/Rodio al 10%.

El Constantán, el Cromel y el Alumel, son nombres registrados de unas aleaciones desarrolladas por la Hoskins Co. las cuales son empleadas universalmente. En ciertas instalaciones se pueden emplear termopares con otros códigos, tales como ingleses o alemanes, que difieren algo de los anteriores. Merece citarse el DIN43710 alemán que contempla los termopares siguientes: Cobre soldado con Constantán, Hierro soldado con Constantán, Platino soldado con Platino-Rodio y Níquel soldado con Cromo-Níquel.

Otros valores de la fem se encuentran cuando la temperatura de referencia es distinta de 0 °C, haciendo uso de la llamada ley de las "temperaturas sucesivas", que indica que la fem generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T2 es la suma algebraica de la fem del termopar con sus uniones a T1 y T2 y de la fem del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T3, es decir, a temperaturas superiores e inferiores a 0 °C la fem será inferior y superior, respectivamente a la fem de las tablas referidas a 0 °C. Las Figuras siguientes pueden utilizarse como guía en la selección de termopares. [5]

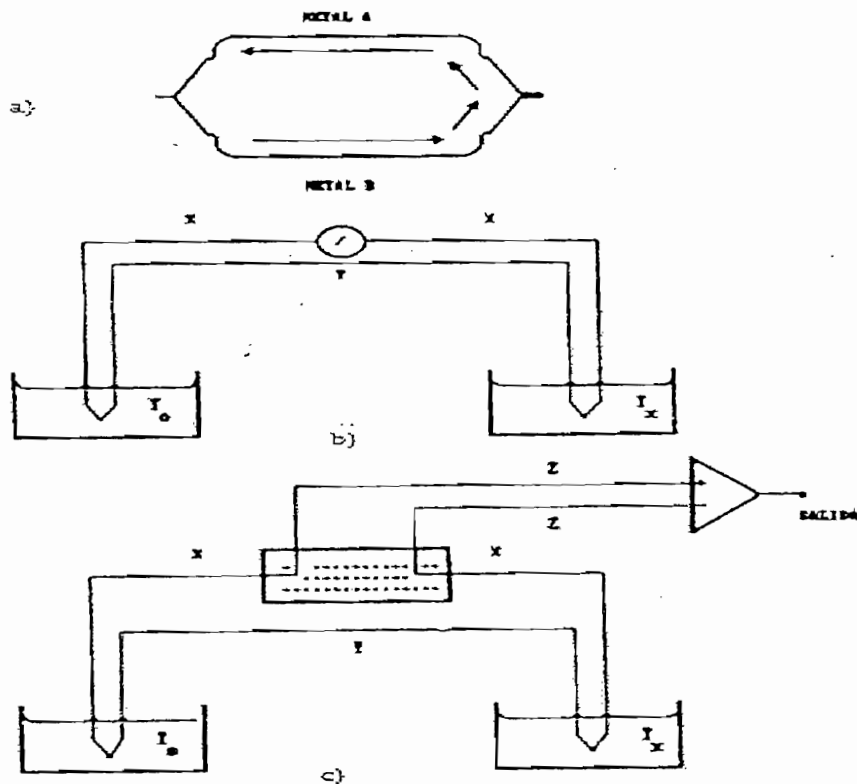


Figura 1.9 Esquema de un termopar

El área marcada debe mantenerse a temperatura constante

Las letras X, Y y Z representan diferentes metales

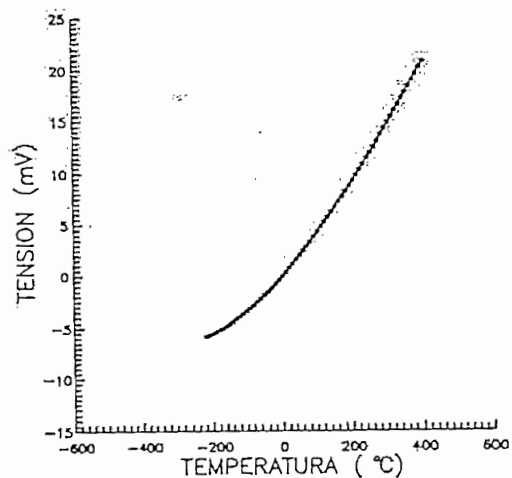


Figura 1.10 Gráfica de la tensión en función de la temperatura para un termopar tipo T (unión de referencia a 0°)

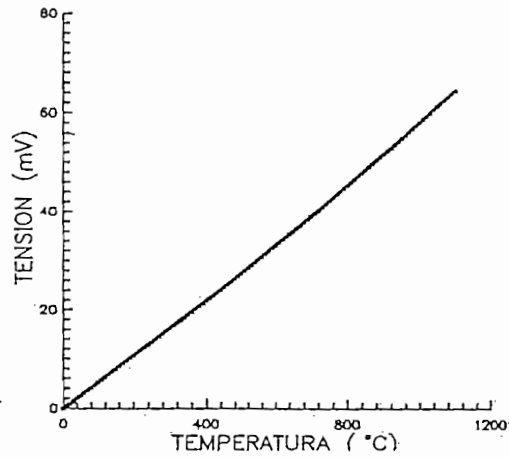


Figura 1.11 Gráfica de la tensión en función de la temperatura para un termopar tipo J (unión de referencia a 0°)

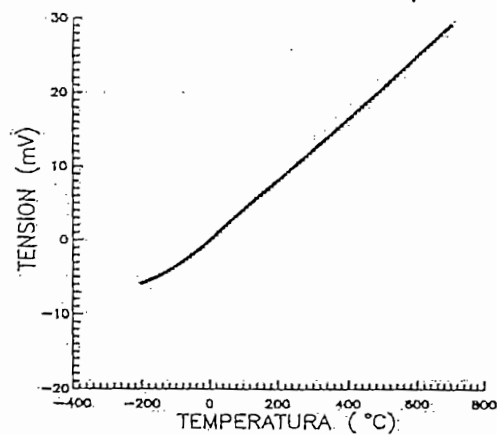


Figura 1.12 Gráfica de la tensión en función de la temperatura para un termopar tipo K (unión de referencia a 0°)

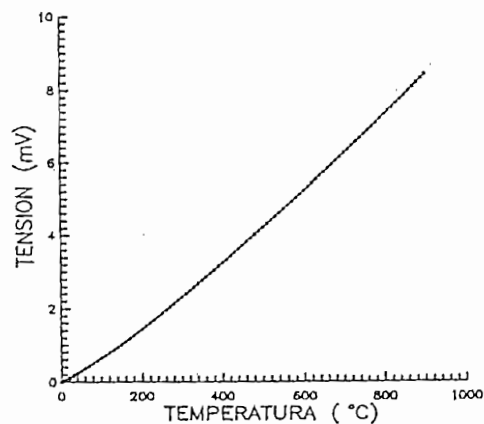


Figura 1.13 Gráfica de la tensión en función de la temperatura para un termopar tipo R Platino-Platino/Rodio (13%) (unión de referencia a 0°)

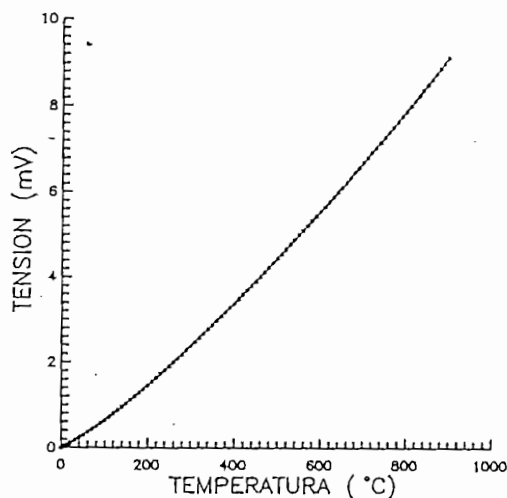


Figura 1.14 Gráfica de la tensión en función de la temperatura para un termopar tipo S Platino-Platino/Rodio (10%) (unión de referencia a 0°)

Cuando la distancia entre el termopar y el instrumento es considerable se utilizan los denominados cables de extensión, que son conductores con propiedades similares eléctricamente a las del termopar dentro de ciertos límites de temperatura (0 a 200 °C). Se utilizan los siguientes:

Conductores tipo J para termopares tipo J.

Conductores tipo K o tipo T para termopares tipo K.

Conductores tipo T para termopares tipo T.

Conductores Cobre-Cobre Níquel para termopares tipo R o S.

La utilización de los termopares requiere un cierto número de precauciones:

- a) respetar los dominios de temperaturas utilizables para cada tipo de termopar,
- b) las soldaduras deben ser bien hechas,
- c) tomar en cuenta las propiedades físico-químicas del medio donde se mide la temperatura,
- d) la elección del tipo de medida (absoluta o diferencial) y
- e) mantener la temperatura de referencia en valores fijos.

Las temperaturas límites de los diferentes termopares se muestran en la Tabla 1.3. Ellas resultan, a bajas temperaturas, debido a la disminución del coeficiente de Seebeck y al aumento de las desviaciones debido a los defectos cristalinos a

altas temperaturas. Las limitaciones resultan por los problemas de difusión entre los materiales que forman el termopar.

Tabla 1.3 Límites de utilización de las termocuplas.

TERMOPAR	RANGO DE TEMPERATURA, °C	V <sub>s</sub> (mV)	PRECISIÓN
Cobre - Constantán Tipo T 1,63 mm de diámetro	-270 a 370	-6258 a 19027	+/- 2% de -100 a -40 °C +/- 8% de -40 a 100 °C +/- 0,75% de 100 a 350 °C
Fierro - Constantán Tipo J 3,25 mm de diámetro	-210 a 800	-8096 a 45498	+/- 3 °C de 0 a 400 °C +/- 0,75% de 400 a 800 °C
Cromel - Alumel Tipo K 3,25 mm de diámetro	-270 a 1250	-5354 a 50633	+/- 3 °C de 0 a 400 °C +/- 0,75% de 400 a 1250 °C
Cromel - Constantán Tipo E 3,25 mm de diámetro	-270 a 870	-9835 a 66473	+/- 3 °C de 0 a 400 °C +/- 0,75% de 400 a 1250 °C
Platino - Rodio (10% Platino) Tipo S 0,51 mm de diámetro	-50 a 1500	-0,236 a 15576	+/- 2,5 °C de 0 a 600 °C +/- 0,4% de 600 a 1600 °C
Platino - Rodio (13% Platino) Tipo R 0,51 mm de diámetro	-50 a 1500	-0,226 a 17445	+/- 1,4 °C de 0 a 538 °C +/- 0,25% de 538 a 1500 °C
Platino - Rodio (30%) Platino - Rodio (6%) Tipo B	0 a 1700	0 a 12426	+/- 0,5 °C de 870 a 1700 °C

Si el medio a medir es corrosivo para el termopar a la temperatura de medida, es necesario envolver la unión mediante una vaina protectora, generalmente de acero inoxidable. Es evidente que el empleo de una vaina protectora aumenta la constante de tiempo del termopar.[5]

#### 1.4.2 NIVEL

La medición de nivel es una parte integral del control del proceso que puede ser dividida en dos categorías, medida discreta y medida continua. Los sensores de nivel discretos son usados para marcar una condición de nivel prefijada generalmente trabajan como una alarma en alto o como un marcador de alarma en bajo. El sensor de nivel continuo mide un rango y entrega una señal análoga



que se relaciona directamente al nivel. Muchos transductores de desplazamiento miden nivel por medio de sus ejes sensores, que están mecánicamente unidos a través de algún mecanismo al punto del objeto cuyo nivel quiere medirse.

Excepciones a lo anterior vienen dado por dispositivos sensores sin contacto los cuales usan un acoplo óptico, inductivo u otro similar entre el sensor y el objeto a medir.

#### **1.4.2.1 Sensores de Desplazamiento**

Muchos trasductores de desplazamiento detectan movimientos o miden posición por medio de sus ejes sensores, que están mecánicamente unidos o a través de algún mecanismo al punto del objeto cuyo desplazamiento quiere medirse.

Excepciones a lo anterior vienen dadas por dispositivos sensores de desplazamiento sin contacto en los que se utiliza un acoplo óptico, inductivo u otros similares entre el elemento sensor y el objeto que se quiere medir. Para entender la importancia de los ejes sensores y sus medios de acoplo, es preciso pensar que la salida del transductor indica la posición del eje sensor y no la del punto de accionamiento.

Para hacer ambas magnitudes iguales se requiere un eje de la forma y consistencia adecuada. Este último ha de estar diseñado de manera que este libre de juegos o percusiones innecesarias así como no debe existir ninguna demora cuando es accionado. Algunos diseños de transductores de desplazamiento incorporan provisiones con tolerancias conocidas para poder minimizar la falta de alineamiento entre el punto de medida y el eje sensor. A continuación se muestran algunos ejes de transductores de desplazamiento. [6]

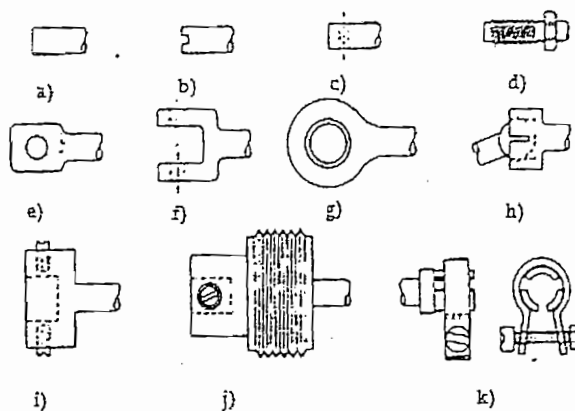


Figura 1.15 Extremos y acoplos de ejes de transductores de desplazamiento  
 a) Liso; b) rasurado; c) con agujero pasante; d) roscado; e) con oreja; f) con orquilla; g) con cojinete; h) con rotula; i) acoplador; j) acoplo con fuelle y k) de abrazadera

#### 1.4.2.2 Switch de Flotador

Es uno de los sensores discretos más simples, está equipado con un magneto, el cual se mueve directamente con la superficie líquida activando un conmutador herméticamente sellado dentro de este. La robusta construcción del switch provee un servicio extenso libre de problemas, además posee una alta repetibilidad debido a la minimización de los efectos de choque, vibración y presión. Los conmutadores de flotador pueden ser usados en varios medios, ya que están contruidos de distintos materiales, además requieren un mantenimiento mínimo y son de instalación simple.

#### 1.4.2.3 Sensor Ultrasónico

Es un sensor de nivel sin contacto compuesto por un transductor, procesador análogo de la señal, microprocesador, conmutadores BCD y un circuito manejador de salida. El microprocesador genera una serie de pulsos de alta frecuencia, los cuales son llevados a través del procesador análogo hacia el transductor, el cual transmite un rayo ultrasónico al nivel que se desea medir, el eco que retorna es detectado por el sensor y llevado al microprocesador, el cual procesa la señal y almacena el valor de la distancia, el mismo usando la técnica de promedio móvil

implementada por software compara la medición con otros valores almacenados en memoria para determinar si el nivel sube o baja del valor seteado.

Constantemente se actualiza y revisa las señales recibidas creando nuevos valores promediados los cuales son una indicación del valor real del nivel.

#### **1.4.2.4 Sensor Capacitivo**

Puede usarse para mediciones discretas o continuas. Un detector insertado dentro del fluido sensa los cambios en nivel del material y los acondiciona electrónicamente para convertirlos en señales análogas. El sensor y el contenedor forman las placas del capacitor con el material por medio actuando como dieléctrico, la señal es generada de cambios verdaderos en el nivel, con lo cual se rechaza efectos no deseados de acumulación de materiales en el detector. [6]

#### **1.4.2.5 Sensor Inductivo**

Estos transductores, que convierten el desplazamiento, normalmente lineal, de nivel en un cambio de la auto inductancia de un simple devanado, pueden ser agrupados en dos versiones: acoplados y sin contacto.

El diseño acoplado emplea un núcleo permeable magnético deslizante, que se mueve dentro de un devanado. El eje sensor determina el movimiento del núcleo, cuando el núcleo se mueve el devanado cambia su auto inductancia. El devanado puede conectarse a un oscilador LC de modo que el cambio de inductancia implica un cambio de frecuencia en la salida. Más frecuentemente, el devanado actúa como un brazo de un puente de impedancias cuyas salidas CA. (cuando el puente se excita con corriente alterna) refleja el cambio de inductancia. Un segundo devanado (devanado de referencia o equilibrado) se conecta usualmente en el brazo adyacente del puente de impedancias, este devanado cuya inductancia no se ve influida por los cambios de desplazamiento se monta de manera integral con el devanado sensor. Esto reduce los efectos indeseables

debido a los contactos, causa los mismos efectos térmicos y en algunos casos ajusta el devanado de referencia al punto de medida.

Los diseños sin contacto son más comúnmente usados que los diseños de acoplo, la proximidad relativa del devanado sensor al objeto a medir causa cambios en la inductancia del devanado. Aunque las medidas son factibles cuando el objeto esta hecho de un material diamagnético altamente conductor o material paramagnético, el método más eficaz es cuando el objeto es de material ferromagnético que tiene alta permeabilidad. Los rangos de medida a fondo de escala de estos transductores son típicamente del orden de 1,5 cm

Los desplazamientos del objetivo a medir, que debe ser conductor pero no necesariamente ferromagnético, causan cambios en las corrientes en remolino que a su vez cambian la impedancia del devanado sensor. Un diseño específico es el denominado transductor de proximidad electromagnético, que contiene un devanado con un núcleo fijo, estos sensores responden a cambios de proximidad de un objeto metálico. También son usados los devanados sensores en algunos diseños de tacómetros y medidores de caudal. [6]

### 1.4.3 VELOCIDAD

Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto lineal como angular, pero la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de la velocidad angular de los motores. La forma más popular de conocer la velocidad del giro de un motor es utilizar para ello un dínamo tacométrico acoplado al eje del motor. Este dispositivo genera un nivel determinado de tensión continua en función de la velocidad de giro de su eje, si se conoce a que valor de tensión corresponde una determinada velocidad, se puede determinar de forma muy fiable a qué velocidad gira un motor. Este tipo de sensores al ser mecánicos se deterioran, y pueden generar errores en las medidas.

Para evitar este inconveniente se puede utilizar sensores ópticos basados en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado al eje del motor,

dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso se determinará la velocidad del motor.

## 1.5 SENSORES Y ACTUADORES UTILIZADOS EN EL DISEÑO

El trabajo consiste en monitorear y controlar variables como la velocidad, temperatura y nivel. La máquina postformadora con la que se está trabajando es de proceso continuo, la aplicación de calor se realiza por medio de lámparas de cuarzo, ubicadas en una cámara de calentamiento, por lo cual se debe realizar el control y medición de la velocidad del motor de arrastre de la fórmica, para determinar el tiempo que debe estar en la cámara de calentamiento para que pueda doblar la fórmica sin riesgos de ruptura. Para facilitar el avance de los módulos el puente de nivel debe realizar un ligero ajuste entre el módulo y la banda transportadora, este nivel del puente se regulará de manera automática. Es por este motivo que los sensores y actuadores presentes en este trabajo se ajustan a las necesidades propias de la máquina utilizada. Estos son construidos con los materiales existentes dentro de la empresa en la medida de las posibilidades, a continuación se presenta los sensores utilizados:

Para la temperatura se elige la termocupla tipo J como elemento de medida ya que su rango de operación se encontrará entre 0-1200 grados centígrados; se lo acondicionará con un amplificador operacional para obtener una señal de 0-5V que permita ser trabajada con el PIC. Otra razón para utilizar el termopar tipo J es la facilidad de obtención en el mercado nacional y su costo relativamente bajo. [7]

Mediante la ayuda de resistencia de variación lineal se implementó el circuito de medida de nivel y se realizó el trabajo en la parte electrónica y mecánica del puente de nivel.

Se instaló un tacómetro digital ayudado de un engranaje colocado en el eje del motor de arrastre y un final de carrera, mediante software se relaciona los 32 dientes del engranaje y la distancia que recorre en 10s (aproximadamente 58 cm).

Se utilizan diferentes tipos de finales de carrera que permiten mantener la seguridad de los varios componentes que integran esta máquina.

## CAPITULO 2

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROEMPRESA

#### 2.1 REALIDAD INDUSTRIAL DE LA MICROEMPRESA

Postformados del Valle es una empresa dedicada al acabado de módulos de madera para muebles de oficina, cocina y dormitorios con un acabado de alta calidad. Se encuentra dentro de las especificaciones CIIU R3A sección D correspondiente a las industrias manufactureras división 20 y 36 que tienen como actividad la fabricación de muebles industriales manufactureros y transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho excepto muebles, fabricación de artículos de cestería y espartería como norma internacional.[8]

##### 2.1.1 RAZÓN SOCIAL DE LA MICROEMPRESA

La razón social de esta empresa es POSTFORMADOS DEL VALLE LTDA. Ella se preocupa de entregar al mercado nacional acabados de calidad que permiten competir en igualdad de condiciones con empresas multinacionales y a futuro abrir un espacio en el mercado internacional dentro de la línea modular de oficinas, cocinas y dormitorios.

##### 2.1.2 CONSTITUCIÓN DE LA MICROEMPRESA

Esta constituida por una parte administrativa y una parte funcional.

La parte administrativa esta constituida por:

- Gerente y propietario
- Jefe de ventas
- Asistente de oficina
- Técnicos y obreros

La parte funcional se toma en cuenta la siguiente maquinaria

- Postformadora
- Laminadora
- Sierra circular
- Embolilladora
- Esmeril
- Tupís, Taladro, Cepilladora
- Dos Torno Industriales
- Torno de madera
- Sierra para metales
- Dos Postformadoras manuales
- Sierra para fórmica
- Accesorios de carpintería y mecánica
- Herramientas de carpintería y mecánica

### **2.1.3 BREVE HISTORIA DE LA MICROEMPRESA**

Esta microempresa se fundó hace 12 años y desde sus inicios se ha manejado bajo la premisa de optimización de recursos y personal y es por este motivo que siempre está pendiente de los avances realizados en el campo de la automatización de procesos que permita cumplir con las expectativas de la microempresa. El mayor desarrollo se dio en los últimos cinco años dándose a conocer con empresas renombradas en este campo como ATU y elaborando modulares para KFC, entre otros, lo cual permitió abrirse campo en el mercado nacional obteniendo renombre. Adicionalmente realiza pruebas de fórmicas a nivel nacional lo cual ha posibilitado que en la microempresa se tenga registros de ensayos de más de 120 fórmicas provenientes de diferentes lugares del mundo como Colombia, Israel, EEUU y más de propiedad de empresas contratistas.



#### 2.1.4 PRODUCTOS

Los productos de esta microempresa son:

- Módulos de cocina
- Módulos de oficina
- Módulos del hogar en general
- Módulos de acuerdo con el diseño del contratista.

#### 2.1.5 CAPACIDAD DE LAS INSTALACIONES

La instalación consta de un área aproximada de 2000 m<sup>2</sup>, repartida en una área de bodega (tanto de fórmicas y madera), una área dedicada a la producción y una oficina de atención al cliente (San Rafael, Valle de los Chillos).

#### 2.1.6 MATERIAS PRIMAS

La lista que se presenta a continuación corresponde a las materias primas que se utilizan en la fabricación de los modulares.

- Fórmica o melamínico
- Aglomerados
- Pegamento amarillo (cemento de contacto)
- Tornillos, bisagras y clavos
- Láminas para bordes

La frecuencia con la que se adquiere los materiales depende de los contratos firmados y se realiza el trabajo con materia prima del stock de la microempresa o de acuerdo con el material que entregue el contratista.

### 2.1.7 PROPIETARIOS DE LA MICROEMPRESA

Esta microempresa se maneja con inversión nacional directa entregada por su dueño quien consta como accionista único, esta legalizado en el país como una sociedad limitada.

### 2.1.8 MÁQUINAS QUE UTILIZA PARA LA PRODUCCIÓN

Actualmente la microempresa cuenta con:

Una embolilladora que a base de presión ejercida sobre la cara del aglomerado y el melamínico o fórmica ayuda a pegar y permite eliminar las posibles ampollas de aire entre los dos materiales.

Una postformadora que trabaja de manera continua lo cual permite obtener el acabado de 90 o 180 grados intrínsecos en el borde.

Una laminadora que trabaja en forma continúa colocando, a base de pegamento blanco y presión, en el borde del tablero modular una lámina decorativa.

Un tupí de alta frecuencia que permite dar el acabado final al módulo en los bordes excedentes sea al final de la laminadora como de la postformadora.

Dos postformadoras manuales que permiten realizar un proceso estático de doblado en 90 grados extrínsecos, de igual manera, con ayuda de la temperatura.

Dos tornos industriales y una sierra de metales que permiten hacer el mantenimiento de piezas desgastada en la maquinaria descrita y ayudan a la implementación de nueva maquinarias que se ajuste a las necesidades de la microempresa.

Una sierra circular, taladro, cepilladora y sierra para fórmicas que facilitan el diseño e instalación de los módulos.

### **2.1.8.1 Tecnología Utilizada**

La tecnología de esta microempresa se basa en la reutilización de partes de máquinas industriales consideradas como chatarra, principalmente textil, que en el país es abundante. Cabe resaltar que para la adquisición del equipo se realiza las revisiones e inspecciones con profesionales y técnicos que tienen a cargo la implementación y reutilización de dicho equipo. Los mandos para cada una de las máquinas son manuales. Se anhela instalar mandos automáticos en toda la maquinaria, se empezará por la postformadora.

### **2.1.9 DESTINO DE ESTOS PRODUCTOS**

La línea de modulares en el mercado interno se ha desarrollado por su facilidad de implementación y de cambio, es por esta razón que gran número de empresas contratista utilizan muebles modulares dentro de sus instalaciones con ahorros significativos en tiempo de montaje y, sobre todo, funcionalidad y finos acabados.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

### **2.2.1 PREPARACIÓN DE LOS MÓDULOS**

La construcción del módulo se basa en las necesidades del contratista en cuanto a medida y forma. Para su elaboración se utiliza la cortadora de fórmica, de acuerdo con las medidas dadas se elabora un trazado básico como guía para el corte, dependiendo del uso se utiliza la madera que puede ser aglomerada en sus diferentes tipos. De acuerdo con el tipo de mueble que se construya se colocará refuerzos en los bordes que permiten adornar con el melamínico y dar un mejor acabado. Se coloca en las caras, tanto de la fórmica como del aglomerado, pegamento de color amarillo (cemento de contacto), para que el pegamento se distribuya uniformemente sobre las dos caras se utiliza una espátula. Luego de un tiempo de secado se lo pasa por la embolilladora (cabe destacar que la fórmica

deberá estar pasada unos 6 cm del borde para su acabado final) luego de lo cual queda el módulo listo para ser introducido en la postformadora y la laminadora.

La embolilladora es una máquina compuesta por dos rodillos separados una distancia del ancho del aglomerado para obtener presión sobre la fórmica, estos rodillos son accionados mediante un motor trifásico que permite que el movimiento de los mismos se contraponga. Este proceso permite adherir la fórmica al aglomerado y eliminar posibles cápsulas de aire entre los dos materiales.

### **2.2.2 PROCESO DE POSTFORMADO**

Previo a la entrada de los módulos a la máquina postformadora se debe ajustar el puente principal (de una longitud aproximada de 5m) al ancho del aglomerado, para lo cual se cuenta en los extremos del puente con tornillos los cuales suben o bajan el puente. Este puente ayuda a ejercer una presión en el arrastre y facilita el avance de los módulos dentro de la máquina, ya que en la parte inferior del mismo cuenta con rodillos.

De acuerdo con el acabado en el borde de los módulos se ajustará un segundo puente de 1m el cual permite establecer el tipo de doblado sea en 90 grados o 180 grados los cuales están determinados por la mitad de una circunferencia o un cuarto de ella. Para maniobrar este puente se utiliza dos tornillos sin fin colocados en los extremos del mismo los cuales ajustan unos rodillos para ayudar a doblar.

Se coloca el módulo sobre una mesa de rodillos giratorios que ayudan al desplazamiento dentro de la máquina. Comienza el avance con una etapa de precalentamiento a base de niquelinas, a continuación ingresa a una cámara en la cual se utilizan lámparas de cuarzo para calentar la fórmica a una temperatura aproximada de 160 grados centígrados, como base, que permite doblarla sin problemas.

Al salir de la etapa de calentamiento se posee mandos mecánicos que a base de ródillos con una inclinación determinada permiten realizar los primeros dobleces de la fórmica antes de entrar al puente que girará en 90 o 180 grados la misma.

### 2.3 ANÁLISIS DEL PROCESO

El sistema presenta ciertas características que deben ser tomadas en cuenta para la automatización como:

Posee un sobre dimensionamiento del motor de la banda de arrastre, motor de 3CV bifásico el cual fue colocado de manera provisional. El hecho de utilizar este tipo de motor a la microempresa le representa un incremento en los costos de producción.

La cámara de calentamiento está compuesta de dos semicírculos separados una distancia de 10 cm, lo cual genera pérdida en el calentamiento de la fórmica al no concentrarse en esta por cuanto se dispersa en el ambiente.

Al no poseer un control de temperatura los trabajadores se basan en su experiencia para determinar si la fórmica alcanza la temperatura adecuada para poder doblarse sin generar ningún tipo de fallas en el mismo, esto produce pérdidas a la microempresa por que los errores de apreciación hacen que el producto final se dañe.

El hecho de no tener un control de velocidad que regule el avance de la fórmica hace que esta se encuentre en determinadas ocasiones mayor tiempo del necesario dentro de la cámara de calentamiento lo que conlleva a que se queme o se ampolle; también existen ocasiones en la cual el proceso se lo acelera sacando antes del tiempo establecido la fórmica de la cámara de calentamiento lo que repercute en el momento de doblarla ya que esta se triza y este daño genera pérdidas.

En el transcurso del proceso es muy difícil observar si todas las lámparas de cuarzo se encuentran funcionando y ya que es indispensable que tengan un funcionamiento adecuado para llegar a obtener una temperatura uniforme dentro de toda la cámara, si llegara a faltar una de estas lámpara como no es un proceso automático sino un proceso que depende de la experiencia de los trabajadores ellos fallarían y la microempresa tendría pérdidas.

Al no tener una regulación de temperatura dentro de la cámara las lámparas siempre están funcionando a su máxima capacidad en ocasiones innecesariamente, provocando que la fórmica se dañe al no saber a que temperatura deben malearla es por esta razón que alteran la velocidad de la banda de arrastre ocasionando incrementos en el costo de producción.

Cuando el puente que controla el avance no es colocado a la misma altura en sus tornillos se pierde la presión de arrastre lo que provoca que los módulos pierdan la linealidad, esto afecta al momento de realizar el doblado de la fórmica ya que para manipularle se depende de la presión de los rodillos sobre el módulo.

Al momento de terminar el proceso el módulo postformado sale con una considerable temperatura en la cual se basan los trabajadores para el siguiente módulo.

Después de haber analizado el proceso se realiza un análisis FODA que permitirá entender el entorno de la microempresa.

## **2.4 ANÁLISIS FODA**

FODA (en inglés *SWOT*), es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que permite trabajar con toda la información que se posea de la microempresa, útil para examinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de la microempresa y el entorno en el cual esta compete. Muchas de las conclusiones obtenidas como resultado del análisis FODA, podrán ser de gran utilidad en el análisis del mercado y en las estrategias de mercadeo que se diseñe y que califiquen para ser incorporadas en el plan de negocios. Debe resaltarse las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno. Lo anterior significa que el análisis FODA consta de dos partes: una interna y otra externa.

La parte interna tiene que ver con las fortalezas y las debilidades de la microempresa, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control. La parte externa mira las oportunidades que ofrecen el mercado y las amenazas que debe enfrentar la microempresa en el mercado seleccionado. Se debe desarrollar toda la capacidad y habilidad para aprovechar esas oportunidades y para minimizar o anular esas amenazas, circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control directo. [9]

#### **2.4.1 FORTALEZAS Y DEBILIDADES**

Se debe considerar áreas como las siguientes:

➤ **ANÁLISIS DE RECURSOS**

Capital, recursos humanos, sistemas de información, activos fijos, activos no tangibles.

➤ **ANÁLISIS DE ACTIVIDADES**

Recursos gerenciales, recursos estratégicos, creatividad

➤ **ANÁLISIS DE RIESGOS**

Con relación a los recursos y a las actividades de la empresa.

## ➤ ANÁLISIS DE PORTAFOLIO

La contribución consolidada de las diferentes actividades de la organización.

Al evaluar las fortalezas de una organización, se debe tomar en cuenta que éstas se pueden clasificar así: [9] y [10]

### **2.4.1.1 Fortalezas Organizacionales Comunes**

Cuando una determinada fortaleza es poseída por un gran número de empresas competidoras. La paridad competitiva se da cuando un gran número de empresas competidoras están en capacidad de implementar la misma estrategia.

### **2.4.1.2 Fortalezas Distintivas**

Cuando una determinada fortaleza es poseída solamente por un reducido número de empresas competidoras. Las empresas que saben explotar su fortaleza distintiva generalmente logran una ventaja competitiva y obtienen utilidades económicas por encima del promedio de su industria. Las fortalezas distintivas podrían no ser imitables cuando:

Su adquisición o desarrollo pueden depender de una circunstancia histórica única que otras empresas no pueden copiar, o cuando su naturaleza y carácter podría no ser conocido o comprendido por las empresas competidoras (Se basa en sistemas sociales complejos como la cultura empresarial o el trabajo en equipo).

### **2.4.1.3 Fortalezas de Imitación de las Fortalezas Distintivas**

Es la capacidad de copiar la fortaleza distintiva de otra empresa y de convertirla en una estrategia que genere utilidad económica.

La ventaja competitiva será temporalmente sostenible, cuando subsiste después que cesan todos los intentos de imitación estratégica por parte de la competencia.



## 2.4.2 OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Las oportunidades organizacionales se encuentran en aquellas áreas que podrían generar muy altos desempeños. Las amenazas organizacionales están en aquellas áreas donde la empresa encuentra dificultad para alcanzar altos niveles de desempeño.

Se debe considerar:

### ➤ ANÁLISIS DEL ENTORNO

Estructura de su industria (Proveedores, canales de distribución, clientes, mercados, competidores).

### ➤ GRUPOS DE INTERÉS

Gobierno, instituciones públicas, sindicatos, gremios, accionistas, comunidad.

### ➤ EL ENTORNO VISTO EN FORMA MÁS AMPLIA

Aspectos demográficos, políticos, legislativos, etc.

Al evaluar las debilidades de la organización, tenga en cuenta que se está refiriendo a aquellas que le impiden a la empresa seleccionar e implementar estrategias que le permitan desarrollar su misión. Una empresa tiene una desventaja competitiva cuando no está implementando estrategias que generen valor mientras otras firmas competidoras si lo están haciendo. [9] y [10]

## 2.5 ANÁLISIS FODA POSTFORMADOS DEL VALLE

### 2.5.1 FORTALEZAS.

- La maquinaria que se ha conseguido abarata los costos de producción reduciendo considerablemente la mano de obra, aproximadamente en una relación de veinte personas a dos.
- Brinda un servicio óptimo a empresas nacionales como a transnacionales llegando a cumplir los requerimientos y expectativas de estas empresas.
- Con el recurso humano que cuenta la empresa ha llegado a ser reconocido por sus clientes en la entrega de sus pedidos.
- Reutilización de la maquinaria chatarra.
- Creatividad en el diseño de maquinaria y equipo.
- Flexibilidad a los cambios de mercado por moda o por nuevos tipos de fórmica.

### 2.5.2 DEBILIDADES

- Falta de producción constante.
- No cuenta con dinero circulante.
- Gastos de energía altos debido a un mal dimensionamiento del equipo usado.
- Falta de asesoramiento técnico.
- No tener registros técnicos, contables y de mercado.
- Químicos e instrumentos que afectan al ambiente laboral (pegamento, lámparas de cuarzo).

### 2.5.3 AMENAZAS.

- El ingreso de producto Colombiano y de otros países a menor costo.
- Inestabilidad económica del país que afecta al sector de la construcción el cual deja de invertir.

- Implementación de medidas drásticas como aranceles a otros países fuera del ALCA.

#### 2.5.4 OPORTUNIDADES.

- El proceso de libre comercio de las Américas ALCA permitirá, de acuerdo con estudios realizados, que a partir de la firma del convenio pasarán cinco años y se reducirá aranceles que favorecerán a la exportación de madera y productos en la misma línea.
- Con el área de libre comercio la empresa puede exportar y a la vez adquirir materia prima a menor costo.
- Existe poca competencia en un nicho de mercado.

#### 2.6 QUE SE VA HACER

Dentro del proceso se realizarán las siguientes modificaciones:

El motor que mueve la banda de arrastre se cambia por un motor de 0.5 HP trifásico adaptado mecánicamente, esto permitirá abaratar costos de producción, el arranque que presentaba el motor de 3CV. bifásico y su funcionamiento continuo incrementaba considerablemente la factura de energía eléctrica.

Para mantener la linealidad de los módulos dentro de la postformadora se ha enlazado los tornillos del puente mediante una cadena la cual evita que el puente se desnivele y se tenga una distancia uniforme entre el puente y la cadena de arrastre en toda su longitud, esto ayudado de un control de nivel que se ajusta automáticamente al ancho del aglomerado a ser postformado.

Adicionalmente se coloca seguridades en los tornillos del puente que permite verificar el nivel en los extremos del mismo.

Se ha realizado un control de temperatura y velocidad que se ajusta directamente al tipo de fórmica utilizada, la cual se selecciona desde el panel de control, estos valores pueden ser modificados de acuerdo con las necesidades de postformado.

En la etapa de calentamiento se rediseño la cámara para concentrar el calor sobre el módulo y disminuir las perdidas por disipación al ambiente, para que las lámparas trabajen de manera eficiente se realiza un control de temperatura que permite mantener una temperatura seteada de acuerdo con el tipo de fórmica, obteniendo un ahorro de energía al no tener las lámparas funcionando a su máxima capacidad todo el tiempo.

Para que el tipo de acabado de los módulos sea 90 o 180 grados se controla los tornillos del puente de doblado de tal forma que se ajusta en a un valor seteado.

Es importante destacar que se tiene un límite mínimo de funcionamiento de lámparas de cuarzo ya que si baja de este el proceso no es óptimo por lo que en este caso se da una alarma y se para el proceso de postformado.

## CAPITULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

#### 3.1 DISEÑO MECÁNICO

##### 3.1.1 TORNILLO DE POTENCIA DE CABEZA REDONDA Y AFIANZADORES

De acuerdo con las especificaciones de la máquina se tiene que el puente de 5m es accionado manualmente por medio de dos tornillos de potencia con su respectiva palanca separados entre si 2,64m, para mover ambo tornillos de forma simultanea se utiliza una cadena la cual por medio de engranajes colocados en cada tornillo permitirán mover en la forma deseada. Se necesita saber la potencia para elegir el motor que moverá el puente para lo cual se utiliza la siguiente teoría.

##### 3.1.2 COMO DISEÑAR UN SISTEMA PARA LEVANTAR PLANCHAS

Como responsable del diseño del sistema para levantar la plancha, se debe tomar varias decisiones. Qué calibre de tornillo se requiere para asegurar que puede levantar con seguridad la plancha, observe que los tornillos se someten a tensión o esfuerzo según se apoyan en los collarines que se encuentran en el sistema de soporte elevado. Qué diámetro, tipo y tamaño de cuerda hay que utilizar, el dibujo sugiere un tipo de cuerda Acme, Qué otros tipos están disponibles, A qué velocidad tienen que girar los tornillos para levantar la plancha en tres minutos o menos, Qué tanta potencia se requiere para impulsar el tornillo, Qué aspectos de seguridad deben ser observados en tanto se maneja esta carga pesada, Qué ventajas ofrece utilizar un tornillo de cabeza redonda en lugar de uno de potencia. [11]

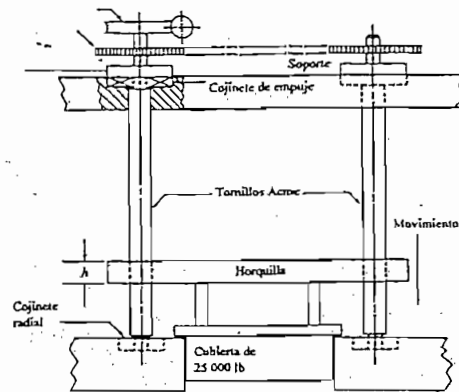


Figura 3.1 Sistema impulsado por un tornillo de potencia

Los tornillos de potencia y los de cabeza redonda están diseñados para convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal y ejercer la fuerza necesaria para mover una pieza de una máquina a lo largo de una trayectoria deseada. Los tornillos de potencia operan con base en el principio clásico de la cuerda de tornillo y la tuerca con la que enlaza. Si el tornillo se apoya en cojinetes y gira en tanto se evita que la tuerca gire, la tuerca se enroscará a lo largo del tornillo, por el contrario, si la tuerca se mantiene fija mientras gira, el tornillo es el que se desplaza. El tornillo de cabeza redonda es similar a un tornillo de potencia, no obstante, la configuración es distinta, en la tuerca contiene numerosas bolas que hacen contacto giratorio con los hilos de la cuerda del tornillo disminuyendo la fricción e incrementando la eficiencia. [11]

### 3.1.3 TORNILLOS DE POTENCIA

La Figura 3,2 muestra tres tipos de cuerdas de tornillos de potencia: la cuerda cuadrada, la cuerda Acmé y la cuerda trapezoidal, la cuadrada y la trapezoidal son más eficientes ya que requieren un torque mínimo para desplazar una carga particular a lo largo del tornillo. La Tabla 3.1 proporciona las combinaciones que más se utilizan de diámetro principal básico,  $D$ , y número de hilos por pulgada cuadrada,  $n$ , para cuerdas de tornillos Acmé. El paso,  $p$ , es la distancia desde un punto en un hilo hasta el punto correspondiente en el hilo adyacente, y  $p = 1/n$ .

Tabla 3.1 Roscas para tornillos Acme que se prefieren

<i>Diámetro mayor nominal (pulg.)</i>	<i>Hilos de cuerda por pulgada n</i>	<i>Paso. L = 1/n (pulg.)</i>	<i>Diámetro o menor mínimo</i>	<i>Diámetro de paso mínimo</i>	<i>Área de tensión por esfuerzo de tracción (pulg<sup>2</sup>)</i>	<i>Área de tensión por esfuerzo de corte (pulg<sup>2</sup>)</i>
1/4	16	0.062 5	0.161 8	0.204 3	0.026 32	0.335 5
5/16	14	0.071 4	0.214 0	0.261 4	0.044 38	0.434 4
3/8	12	0.083 3	0.263 2	0.316 1	0.065 89	0.527 6
7/16	12	0.083 3	0.325 3	0.378 3	0.097 20	0.639 6
1/2	10	0.1000	0.359 4	0.430 6	0.122 5	0.727 8
5/8	8	0.125 0	0.457 0	0.540 8	0.195 5	0.918 0
3/4	6	0.166 7	0.537 1	0.642 4	0.273 2	1.084
7/8	6	0.166 7	0.661 5	0.766 3	0.4003	1.313
1	5	0.200 0	0.750 9	0.872 6	0.517 5	1.493
1 1/8	5	0.200 0	0.875 3	0.996 7	0.688 1	1.722
1 1/4	5	0.2000	0.999 8	1.121 0	0.883 1	1.952
1 3/8	4	0.250 0	1.071 9	1.218 8	1.030	2.110

1 <sup>1/2</sup>	4	0.250 0	1.1965	1.342 9	1.266	2.341
1 <sup>3/4</sup>	4	0.250 0	1.445 6	1.591 6	1.811	2.803
2	4	0.250 0	1.694 8	1.8402	2.454	3.262
2 <sup>1/4</sup>	3	0.333 3	1.857 2	2.045 0	2.982	3.610
2 <sup>1/2</sup>	3	0.333 3	2.1065	2.293 9	3.802	4.075
2 <sup>3/4</sup>	3	0.333 3	2.355 8	2.542 7	4.711	4.538
3	2	0.500 0	2.432 6	2.704 4	5.181	4.757
3 <sup>1/2</sup>	2	0.5000	2.931 4	3.202 6	7.388	5.700
4	2	0.5000	3.430 2	3.700 8	9.985	6.640
4 <sup>1/2</sup>	2	0.500 0	3.929 1	4.199 1	12.972	7.577
5	2	0.500 0	4,428 1	4.697 3	16.351	8.511

Por pulgada de longitud de enlazamiento

Otras dimensiones necesarias que se enumeran en la Tabla 3.1 incluyen el diámetro menor mínimo y el diámetro mínimo de paso de un tornillo con cuerda externa. La tensión es resultado de utilizar el *área de tensión por esfuerzo de tracción*, que se indica en la Tabla 3.1, la cual se calcula a partir de:

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{D_r + D_p}{2} \right]^2 \quad (3-1)$$



Área que corresponde al promedio del diámetro menor, o raíz,  $D_r$  y el diámetro de paso,  $D_p$ . Los datos reflejan los mínimos para tornillos disponibles en el mercado de acuerdo con las tolerancias. El área de tensión por esfuerzo de corte,  $A_s$ , que se indica en la Tabla 3.1 representa el área que se somete a esfuerzo de corte aproximadamente en la línea de paso de los hilos o cuerdas para una longitud de enlazamiento de 1.0". Otras longitudes requerirán que el área se modifique en razón de la longitud actual con 1.0". [11]

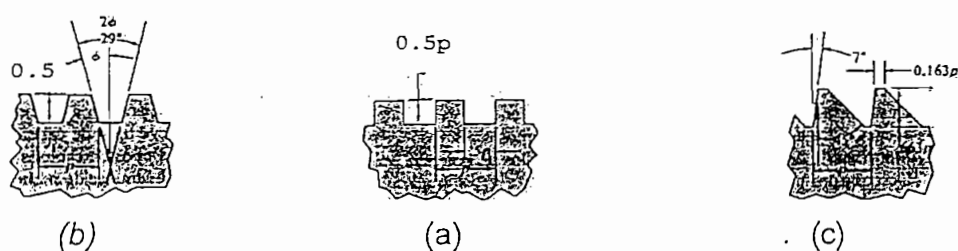


Figura 3.2 Formas de cuerdas de tornillos de potencia, (b) Cuerda Acmé (a) Cuerda redonda(c) Cuerda trapezoidal (b, ANSI B1.5—1973; c, ANSI B 1.9-1973.)

### 3.1.4 TORQUE QUE SE REQUIERE PARA MOVER UNA CARGA

Cuando se utiliza un tornillo de potencia para ejercer una carga, como al levantar una carga con un gato, es necesario saber qué tanto torque hay que aplicarle a la tuerca del tornillo para mover la carga. Los parámetros a considerar incluyen la fuerza que hay que mover,  $F$ ; el tamaño del tornillo según lo indica su diámetro de paso,  $D_p$ ; el desplazamiento del tornillo,  $L$ ; y el coeficiente de fricción  $f$  observe que el *desplazamiento* se define como la distancia axial a lo largo de la cual se moverá el tornillo en una revolución completa. Para el caso común de un tornillo de una sola cuerda, el desplazamiento es igual al paso y se puede leer en la Tabla 3.1, o se puede calcular a partir de  $L = p = 1/n$ .

En el desarrollo de la ecuación (3-2) correspondiente al torque que se requiere para hacer girar el tornillo se emplea la Figura 3.3a que describe una carga que está siendo empujada sobre un plano inclinado. Esta es una representación razonable de una cuerda cuadrada si se considera que la cuerda se está desenroscando del tornillo y se coloca plana. El torque para una cuerda Acmé es un poco diferente a

esto debido al ángulo de la cuerda, la ecuación revisada para la cuerda Acme se muestra más adelante.

El torque que se calculó a partir de la ecuación (3-2) se denomina  $T_u$ , (*torque de subida*) lo cual implica que la fuerza se aplica para mover una carga a lo largo del plano, es decir, para levantar la carga. Esta observación resulta por completo adecuada si la carga es levantada en sentido vertical, como ocurre con un gato, no obstante, si la carga es horizontal o presenta algún ángulo, la ecuación (3-2) sigue siendo válida si la carga debe avanzar a lo largo del tornillo "a través de la cuerda". La ecuación (3-4) muestra el torque que se necesita,  $T_d$ , para bajar una carga o moverla "hacia afuera de la cuerda".

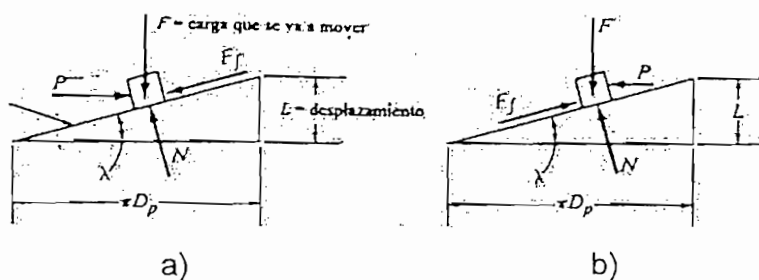


Figura 3.3 Análisis de fuerza en la cuerda de un tornillo

$P$  = Fuerza que se requiere para mover la carga

$F_f$  = Fuerza de fricción

$N$  = Fuerza normal

$\alpha$  = Ángulo de desplazamiento

$D_p$  = Diámetro de paso

El torque que se necesita para mover una carga a lo largo de la cuerda es

$$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{L + \pi f D_p}{\pi D_p - fL} \right] \quad (3-2)$$

Esta ecuación corresponde a la fuerza que se necesita para compensar la fricción entre el tornillo y la cuerda además de la fuerza que se requiere para mover la carga. Si el tornillo o la tuerca se apoya contra una superficie plana mientras gira, en esa superficie se desarrollará un torque de fricción adicional. El torque de fricción que se va a utilizar en la ecuación (3-2) depende de los materiales que se utilicen y de la manera en que se lubrique el tornillo. Para tornillos de acero bien

lubricados que actúan sobre tuercas de acero,  $f = 0.15$  debe resultar un valor conservador.

Un factor importante en el análisis acerca del torque es el ángulo de inclinación del plano. En una cuerda de tomillo, al ángulo de inclinación se le denomina como *ángulo de desplazamiento*,  $A$ , es el ángulo entre la tangente a la hélice de la cuerda y el plano transversal al eje del tomillo. A partir de la Figura 3.3b es posible observar que

$$\tan A = \frac{L}{\pi D_p} \quad (3-3)$$

Donde  $\pi D_p$  es la circunferencia de la línea de paso del tomillo. Así, si la rotación o giro del tornillo tiende a levantar la carga, (moverla hacia arriba de la inclinación) la fuerza de fricción se opone al movimiento y actúa hacia abajo del plano. Por el contrario, si el giro del tomillo tiende a bajar la carga la fuerza de fricción ejercerá su acción hacia arriba del plano, como se ilustra en la Figura 3.3b. El análisis de torque cambia, ello origina la ecuación (3-4):

$$T_d = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{\pi f D_p - L}{\pi D_p + fL} \right] \quad (3-4)$$

Si la pendiente de la cuerda es muy pronunciada, es decir su ángulo de desplazamiento es alto, es probable que la fuerza de fricción no sea capaz de superar la tendencia de la carga a "deslizarse" hacia abajo del plano y la carga caerá a consecuencia de la fuerza de gravedad. Sin embargo, en casi todos los casos de tornillos de potencia con cuerdas únicas, el ángulo de desplazamiento es más bien pequeño y la fuerza de fricción es lo suficiente grande para oponerse a la carga y evitar que se deslice hacia bajo del plano. Un tornillo de este tipo se denomina *auto asegurador* o *auto cerrador*, una característica recomendable para gatos y dispositivos similares. En términos cuantitativos, la condición que debe ser satisfecha para que exista el auto cerrado es

$$f > \tan A \quad (3-5)$$

El coeficiente de fricción tiene que ser mayor que la tangente del ángulo de desplazamiento. Para  $f = 0.15$ , el valor correspondiente del ángulo de desplazamiento es  $8.5^\circ$ . Para  $f = 0.1$ , para superficies muy lisas, bien lubricadas, el ángulo de desplazamiento del auto asegurado es  $5.7^\circ$ . Los ángulos de desplazamiento para los diseños de tornillo que se indican en la Tabla 3.1 varían entre  $1.94^\circ$  y  $5.57^\circ$ , por lo que, se espera que todos se auto aseguren. Sin embargo, hay que evitar la operación en condiciones en la que existe vibración ya que ésta puede provocar que se mueva el tornillo. [11]

### 3.1.5 EFICIENCIA DE UN TORNILLO DE POTENCIA

La *eficiencia* para la transmisión de una fuerza mediante un tornillo de potencia se puede expresar como la relación del torque que se requiere para mover el tornillo sin fricción con la que se necesita para moverlo donde si existe fricción.

La ecuación (3-2) proporciona el torque que se necesita con fricción,  $T_u$ . Si  $f = 0$ , el torque que se necesita sin fricción,  $T'$ , es [11]

$$T' = \frac{FD_p}{2} \frac{L}{\pi D_p} = \frac{FL}{2\pi} \quad (3-6)$$

En consecuencia, la eficiencia,  $e$ , es

$$e = \frac{T'}{T_u} = \frac{FL}{2\pi T_u} \quad (3-7)$$

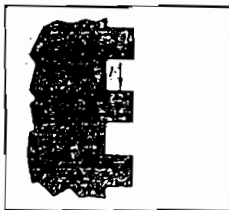
### 3.1.6 FORMAS ALTERNAS DE LAS ECUACIONES DE TORQUE

Las ecuaciones (3-2) y (3-4) se pueden expresar en función del ángulo de desplazamiento en lugar del desplazamiento y el diámetro de paso, observando la relación en la ecuación (3-3). Con esta sustitución, el torque para mover la carga será: [11]

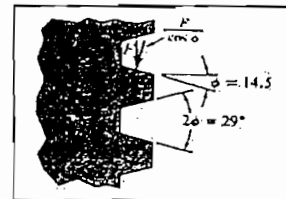
$$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{(\tan A + f)}{(1 - f \tan A)} \right] \quad (3-8)$$

Y el torque que se necesita para bajar la carga es:

$$T_d = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{f - \tan A}{1 + f \tan A} \right] \quad (3-9)$$



(a)



(b)

Figura 3.4 Fuerza en una cuerda ACMÉ (a) Fuerza normal a una cuerda cuadrada (b) Fuerza normal a una cuerda Acmé

### 3.1.7 AJUSTE PARA CUERDAS ACMÉ

La diferencia entre las cuerdas Acmé y las cuerdas cuadradas es la presencia del ángulo de cuerda,  $\Phi$ . A partir de la Figura 3.2 se puede observar que  $2\Phi = 29^\circ$ , y por consiguiente  $f = 14.5^\circ$ , esto modifica el sentido en el que actúan las fuerzas en la cuerda respecto a lo que se describe en la Figura 3.3. La Figura 3.4 muestra que  $F$  tendrá que ser sustituida por  $F/\cos\Phi$ . Al extender esto al análisis relativo al torque se obtendrán formas modificadas de las ecuaciones (3-8) y (3-9): [11]

El torque que se necesita para mover la carga a lo largo de la cuerda será:

$$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{\cos \phi \tan A + f}{\cos \phi - f \tan A} \right] \quad (3-10)$$

Y el torque que se requiere para mover la carga hacia afuera de la cuerda es:

$$Td = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{f - \text{Cos } \phi \text{Tan} A}{\text{Cos } \phi + f \text{Tan} A} \right] \quad (3-11)$$

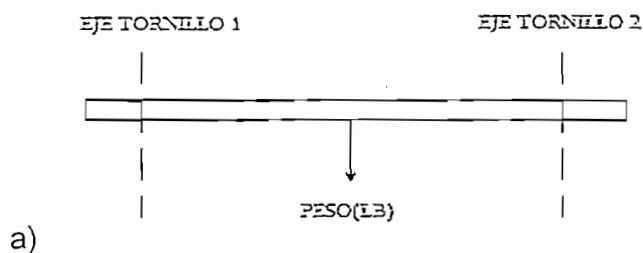
### 3.1.8 POTENCIA QUE SE NECESITA PARA INSERTAR O IMPULSAR UN TORNILLO DE POTENCIA

Si el torque que se necesita para hacer girar el tornillo se aplica a una velocidad de giro constante,  $n$ , entonces la potencia, en caballos de potencia que se necesita para impulsar el tomillo es

$$P = \frac{T * n}{63000} \quad (3-12)$$

### 3.1.9 CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA PARA ELEVAR LOS PUENTES

Se asume para el cálculo de la potencia que el peso se encuentra distribuido de manera uniforme a lo largo de los dos puentes considerando así el peso equilibrado al centro de los mismos para lo cual se realiza un diagrama de fuerzas y se utiliza la ecuación (3-13):



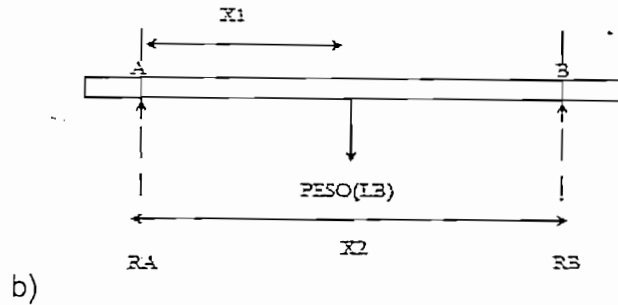


Figura 3.5 a),b) distribución de fuerzas en el puente de nivel

$$R_B = R_A * \frac{X1}{X2} \quad (3-13)$$

Donde:

$R_B$  reacción ejercida por el tornillo B

$R_A$  reacción ejercida por el tornillo A

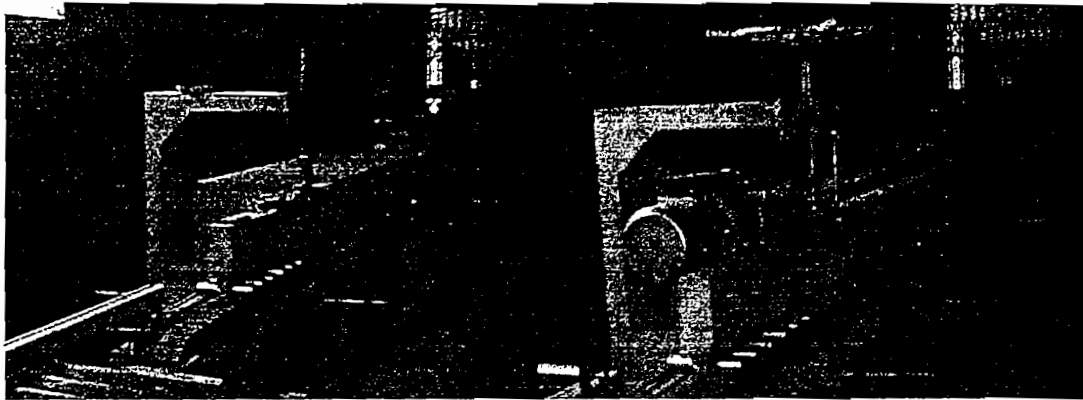
$X2$  distancia entre ejes

$X1$  distancia del eje A al centro

Para el cálculo también será necesario los siguientes datos: la fuerza que ejercerá cada tornillo calculado con la ecuación 3-13, diámetro de paso el cual es proporcionado por la Tabla 3.1 se consigue en relación al diámetro mayor nominal, el desplazamiento o paso de tornillo proporcionado por la Tabla 3.1, y el coeficiente de fricción dado mediante especificaciones mecánicas de acuerdo con el puente, es de esta forma que se tiene casos desde 0,1 hasta críticos como 0,2 en adelante.

## 3.2 MEDIDAS DE LA MÁQUINA

### 3.2.1 PUENTE DE NIVEL



ANTES

NUEVO

Figura 3.6 Cambios realizados en los puentes

#### *DIMENSIONES DEL PUENTE*

LARGO 4,09 m

ANCHO 6,8 cm

ALTO 12,7 cm

DISTANCIA DEL FILO AL TORNILLO 58,6 cm

VOLANTE 30 cm

DISTANCIA ENTRE TORNILLO 2,74 m

PESO APROXIMADO 3qq.

#### *BASE DE SUJECCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA*

LARGO 10 cm

ANCHO 6,8 cm

ALTO 4,1 cm



### 3.2.2 TORNILLO DE POTENCIA (NIVEL)



ANTES

NUEVO

Figura 3.7 Cambios del tornillo de potencia del puente de nivel

DIÁMETRO EXTERIOR 1 3/8 in. - 3,5 cm

DIÁMETRO INTERNO 1 3/16 in. - 3 cm

LARGO 43,6 cm

*POSEEN RODAMIENTOS Y COJINETES PARA REDUCIR LA FRICCIÓN*

### 3.2.3 RODILLO DE PRESIÓN

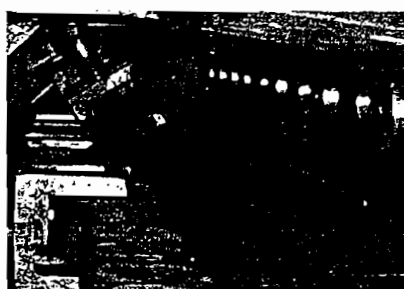


Figura 3.8 Rodillos de presión y doblado

DIÁMETRO 1 3/in. - 3,5 cm

LARGO 4,5 cm

### 3.2.4 PUENTE DE 90-180



ANTES

NUEVO

Figura 3.9 Cambios realizados en el puente de doblaje

LARGO 1,04 m

ANCHO 6 cm

ALTO 2,5 cm

DISTANCIA ENTRE TORNILLO 80 cm

PESO APROXIMADO 0.5 qq.

### 3.2.5 TORNILLO DE POTENCIA (90-180)



ANTES

NUEVO

Figura 3.10 Cambio del tornillo de potencia del puente de doblado

DIÁMETRO EXTERNO 7/8 in. - 2.2 cm

DIÁMETRO INTERNO 6/8 in. - 1,9 cm

LARGO 13 cm

POSEEN RODAMIENTOS Y COJINETES PARA REDUCIR LA FRICCIÓN

### 3.3 CÁLCULOS DE POTENCIA DE LOS TORNILLOS

#### 3.3.1 CÁLCULO TORNILLO DE POTENCIA PUENTE NIVEL

El siguiente cálculo se realiza para saber que potencia será necesaria aplicar al tornillo A.

Se calcula la fuerza necesaria del tornillo, la cual esta en relación directa al peso del puente:

DATOS

$$P = 300 \text{ lb}$$

$$D_p = 1,2188 \text{ in. (Tabla 3.1)}$$

$$L = 0,25 \text{ in. (Tabla 3.1)}$$

$$f = 0,35$$

La consideración de este valor de fricción esta tomada en vista que el puente se encuentra desvalanceado y además tiene como carga la cadena que enlaza los tornillos.

$$F = RB = 300 \text{ lb} \frac{2,05 \text{ m}}{4,1 \text{ m}}$$

$$F = 150 \text{ lb}$$

$$Tu = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{L + \pi f D_p}{\pi D_p - fL} \right]$$

$$Tu = \frac{150 \text{ lb} * 1,2188 \text{ in}}{2} \left[ \frac{0,25 \text{ in} + \pi * 0,35 * 1,2188 \text{ in}}{\pi * 1,2188 \text{ in} - 0,35 * 0,25 \text{ in}} \right]$$

$$Tu = 38,85 \text{ lb} * \text{in}$$

Se asume que el caso del torque de subida es el más crítico es por este motivo que se realizan los cálculos siguientes sin tomar en cuenta la relación que existiría con el torque de bajada.

Los tornillos de potencia basan su principio en el giro en ambos sentidos manteniendo siempre su posición, de esta manera el puente no bajaría si no se aplica algún control sobre el motor que active el mismo.

$$P = \frac{T * n}{63000} = \frac{38,85lb * in * 300RPM}{63000} = 0,185HP$$

Considerando que el cálculo es realizado para un sólo tornillo la potencia que necesitaría el motor dependerá de los dos tornillos es por esta razón que el valor se duplica obteniendo así:

$$P = 0,37HP$$

Dado que la empresa basa su implementación mediante chatarra industrial el instante de instalación solo contaban con un motor de 0.99kW, 3450 RPM 220 VAC que representa 1,3HP por lo que se utilizó un variador de velocidad mecánico que disminuye al 17% la velocidad nominal, como la velocidad del puente es muy elevada en su funcionamiento se colocó un moto reductor de relación 1/7,5 con lo cual se podrá trabajar adecuadamente a una velocidad de 78.2 RPM aunque en el cálculo se utilizó un caso crítico de 300 RPM con esta velocidad satisface las necesidades del puente.

### 3.3.2 CÁLCULO DEL TORNILLO DE POTENCIA PUENTE DE DOBLADO 90-180°

#### DATOS

$$P = 70\text{lb}$$

$$D_p = 0,6424 \text{ in. (Tabla 3.1)}$$

$$L = 0,1667 \text{ in. (Tabla 3.1)}$$

$$f = 0,35$$

El valor de la fricción es considerado ya que ha futuro se realizaran nuevas modificaciones al puente.

$$F = RB = 70\text{lb} \frac{0,52\text{m}}{1,04\text{m}}$$

$$F = 35\text{lb}$$

$$Tu = \frac{FD_p}{2} \left[ \frac{L + \pi f D_p}{\pi D_p - fL} \right]$$

$$Tu = \frac{35\text{lb} * 0,6424\text{in}}{2} \left[ \frac{0,1667\text{in} + \pi * 0,35 * 0,6424\text{in}}{\pi * 0,6424\text{in} - 0,35 * 0,1667\text{in}} \right]$$

$$Tu = 5,008\text{lb} * \text{in}$$

$$P = \frac{T * n}{63000} = \frac{5,008\text{lb} * \text{in} * 300\text{RPM}}{63000} = 0,024\text{HP}$$

$$P = 0,0477\text{HP}$$

Este puente basa su movimiento al desplazarse la tuerca en el tornillo mientras que el puente anterior basa su moviendo en el desplazamiento del tornillo sobre la

tuerca lo cual crea mas fricción, el puente que se señala al final es de una aplicación óptima y por tal motivo su potencia no es muy elevada, de igual manera utilizando el equipo adquirido por la empresa se ha colocado un motor de 0,17HP, 1100RPM, 220 VAC un moto reductor de relación 1/20 que entrega una velocidad de movimiento en puente de 55 RPM

La instalación final y la velocidad obtenida es a la cual se moverá cada puente.

### 3.4 MOTORES INSTALADOS

#### 3.4.1 MOTOR DEL PUENTE DE NIVEL



Figura 3.11 Reductor variador motor del puente de nivel

MARCA MOTOVARIO  
TRIFÁSICO SERIE NT71G2

CONEXIÓN DELTA  
VOLTAJE 220V  
CORRIENTE 4,5A  
Fp 0,77  
POTENCIA 0.9kW

CONEXIÓN Y  
VOLTAJE 380V  
CORRIENTE 4,5A  
Fp 0,77

POTENCIA 0,9 kW

FRECUENCIA 60 Hz

VELOCIDAD 3450 RPM

*VARIADOR DE VELOCIDAD MECÁNICO DE NIVEL*

MARCA MOTOVARIO

SERIE 9019137

TYPE TXF/005

VARIACION DE VELOCIDAD 2400/408 RPM

M2MAX B5 (Nm)

*MOTO REDUCTOR DE NIVEL*

MARCA GHIRRI

SERIE MBQ10

RELACIÓN DE VELOCIDAD 1/7,5

### **3.4.2 MOTOR DEL PUENTE QUE DOBLA 90-180 GRADOS**



Figura 3.12 Motor reductor del puente de doblado

MARCA FAN MOTOR (REBOBINADO)

TRIFÁSICO

SERIE 125619

VOLTAJE 220V

CORRIENTE 2,6A

FRECUENCIA 60 Hz

POTENCIA ¼ HP

VELOCIDAD 1100 RPM

*MOTOREDUCTOR 90-180*

MARCA ARCORGERUMA

SERIE 190684

TIPO FUF10F

RELACIÓN DE VELOCIDAD 1/20

VELOCIDAD 1400/70

### 3.4.3 MOTOR DE ARRASTRE

Con la ayuda del personal de la micro empresa en aspectos mecánicos y basados en nuestro conocimiento sobre máquinas eléctricas se determinó que el motor instalado esta sobre dimensionado y mal utilizado, por lo que se procedió a cambiar el motor de arrastre de conexión bifásica de 3HP por un motor de 0,5HP trifásico disminuyendo así el consumo de energía que encarecían los costos de producción. Debido a que los acoples mecánicos del nuevo motor son totalmente diferentes al sistema anterior se procedió a cambiar de igual forma el variador mecánico de velocidad, como el moto reductor, por el siguiente sistema



ANTES



NUEVO

Figura 3.13 Cambio del sistema de arrastre de la banda



MARCA ABB  
SERIE M2BA71BB4  
TRIFÁSICO

CONEXIÓN Y  
VOLTAJE 380V  
CORRIENTE 1,45A

CONEXIÓN DELTA  
VOLTAJE 220V  
CORRIENTE 2,5A

FRECUENCIA 60Hz

POTENCIA 0,54kW

Fp 0,73

VELOCIDAD 1690RPM

*CONSTA DE UN MOTOREDUCTOR Y VARIADOR SIN PLACAS (se utilizaba en molienda)*

#### 3.4.4 MOTOR DEL VARIADOR DE VELOCIDAD MECÁNICO

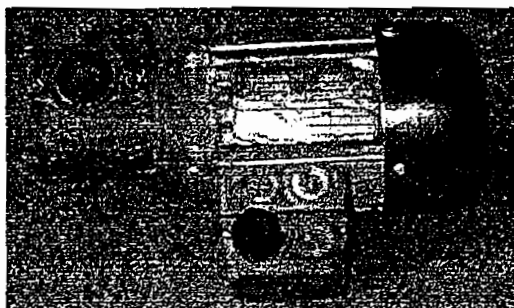


Figura 3.14 Motor y moto reductor del variador de velocidad mecánica

MARCA CARPANELLI  
TIPO M56P4  
SERIE A1351237

TRIFÁSICO  
POTENCIA P 0.11kW/0, 15HP  
Fp 0,74  
VELOCIDAD 1600RPM

CONEXIÓN DELTA  
VOLTAJE 220V  
CORRIENTE 1,08A

CONEXIÓN Y  
VOLTAJE 380V  
CORRIENTE 0,6A

*MOTO REDUCTOR DEL MOTOR DEL VARIADOR DE VELOCIDAD MECÁNICO*

MARCA MOTOVARIO  
TYPE NMRB-025  
RELACIÓN DE VELOCIDAD 1/60

### **3.5 DISEÑO MECÁNICO PARA EL SENSOR DE VELOCIDAD**

Para sensor la velocidad se realizó un tacómetro digital utilizado un final de carrera con su contacto normalmente abierto que entrega pulsos, los cuales se los acondiciona en el circuito electrónico.

Adicionalmente se acopla al eje del moto reductor del motor de arrastre un engranaje de 32 dientes por vuelta que equivale en el desplazamiento lineal de la cadena a 58,5 cm, estos datos permitirán obtener el valor de velocidad en cm/min. lo cual ayuda a verificar el nivel de producción.

La unidad de velocidad entrega una visión más clara de cuantos centímetros de aglomerado se ha logrado postformar en un minuto, lo que al dueño le permitirá establecer tiempos de trabajo y entrega.

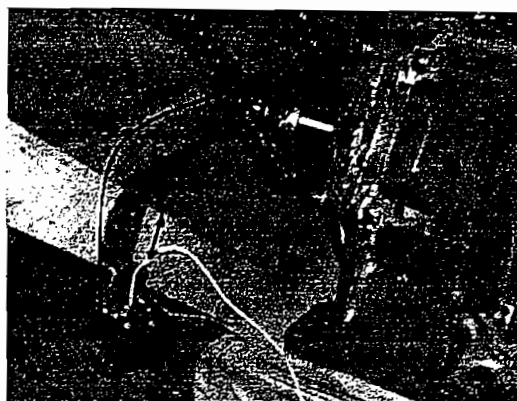


Figura 3.15 Sensor de velocidad

Se utilizó un engranaje de 32 dientes ya que el motivo está en verificar la velocidad con mayor precisión, se podría colocar un engranaje con mayor número de dientes pero para la aplicación se ha determinado que los 32 dientes son suficientes.

El diseño que se presenta se lo implemento de esta manera ya que se utiliza los elementos existentes en la micro empresa.

## **3.6 DISEÑO MECÁNICO DEL SENSOR DE NIVEL**

### **3.6.1 ENTRADA DE MÓDULOS**

Este sensor se basa en el movimiento de un pivote inclinado aproximadamente  $80^\circ$  con respecto a la horizontal ayudado por un brazo con el principio del flotador de nivel de agua que forma un ángulo de  $90^\circ$  grados con el pivote en el punto de referencia de nivel, esto permite que el movimiento del pivote sea tangencial al radio de brazo mecánico permitiendo direccionar la fuerza que ejerce el brazo de manera lineal, el movimiento del pivote depende de una rueda la cual elimina fricción y permite deslizar el pivote sobre el brazo realizando el ajuste tangencial.

Se acoplo un potenciómetro lineal al pivot para lograr obtener una relación lineal entre voltaje y nivel, obteniendo una señal análoga de esta variable, la cual será acondicionada en el circuito electrónico.

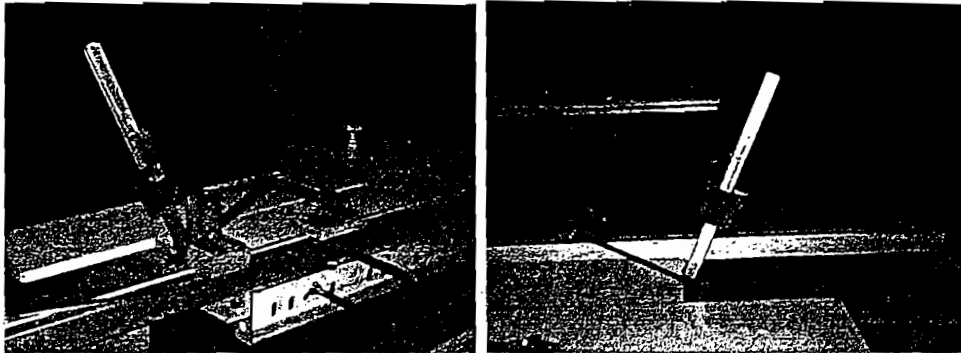


Figura 3.16 Sensor de entrada de nivel

### 3.6.2 EQUILIBRIO DEL PUENTE

Para poder equilibrar el puente se utilizó dos potenciómetros lineales colocados al lado de los tornillos de potencia los cuales permite dar una señal análoga que ajuste el puente al valor de la entrada.

Además se logra verificar que el puente se encuentre nivelado. Las pestañas del potenciómetro lineal están, acopladas mecánicamente a la base del tornillo, mientras que el potenciómetro se encuentra acoplado a la base de la tuerca de potencia.

Al variar el nivel del puente variara la pestaña del potenciómetro lineal dando así un valor análogo de voltaje que se acondicionará en el circuito electrónico.

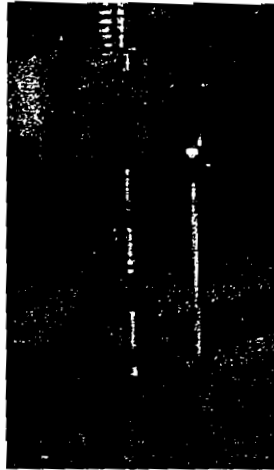


Figura 3.17 Sensor de nivel del puente

### 3.7 REDISEÑO DE LA ETAPA DE CALENTAMIENTO

De la teoría de transmisión de calor se conoce que el desplazamiento del calor se realiza de temperatura elevada a una temperatura baja produciendo con esto el desfogue de calor en lugar de concentrarlo en un punto deseado.

Por esta razón y con el material disponible se procede a cambiar el diseño de la cámara de calentamiento de las lámparas de cuarzo para obtener una cámara hermética, con lo cual se disminuyen las perdidas y el calor se concentra a la temperatura deseada sobre el melaminico para un mejor acabado en su doblaje.

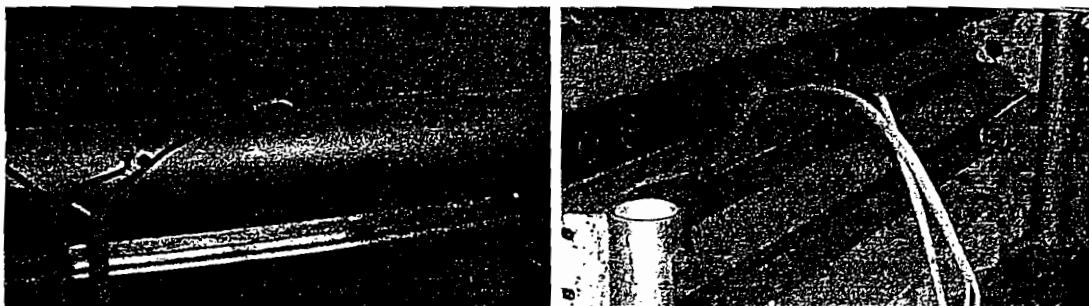


Figura 3.18 Cámara de Calentamiento

Mediante un acople mecánico se logra variar la forma de la cámara con lo cual se logra concentrar en diferentes niveles el calor que se emite en su interior.

### **3.8 DISEÑO ELÉCTRICO**

Como parte fundamental de la seguridad de la máquina se debe tener conciencia de las protecciones y las inversiones de giro que se necesitaría para cada uno de los motores, es por este motivo que a continuación se realiza el respectivo diseño utilizando los materiales existentes en la micro empresa.

#### **3.8.1 CÁLCULO DE PROTECCIONES DE LOS MOTORES**

Este cálculo esta basado de acuerdo con las normas internacionales NEC de la siguiente manera:

Lo primero que se presenta es el cálculo de protecciones de este sistema, que en la parte eléctrica consta de 4 motores trifásicos 220V de 1,2 HP puente de nivel, 0,17HP puente de doblado, 0,72HP motor de arrastre y 0,15HP motor del variador de velocidad mecánico del motor de arrastre lo que indica la NEC es que el valor de corriente que utilizaría cada uno de los motores con estas características es de 5.2A, 2A (utilizando el valor mínimo de la NEC para un motor trifásico de baja potencia), 2.8 A y 2 A respectivamente. Para el ventilador monofásico 110V de 1/4HP da una corriente de 5,8A La protección termo magnética (protección de sobrecarga) que se implementaría tanto para los motores como para el ventilador esta basada en un coeficiente que entrega la NEC dado por la Letra que marca cada uno de los elementos a utilizar así el motor 1,2HP le corresponde la letra K, y su coeficiente es de 300%, el motor de 0,17HP y el de 0,15 HP les corresponde la letra L y su coeficiente es de 300%, el motor de 0,72Hp le corresponde la letra K, su coeficiente es de 300% para el ventilador le corresponde la letra L considerando el valor mínimo y su coeficiente es e 300% (capacidad máxima del fusible para arranque a pleno voltaje) y un factor de demanda de 0,3(norma NEC), los cuales multiplicados por la corriente respectiva indican el valor del elemento termo magnético a instalar. Para lo fusibles (protección de cortocircuito) de cada

motor se toma un valor de 1,25 por la corriente determinada del motor. Según la NEC los contactos de los controles del motor deben soportar 1,25 la corriente a plena carga. (Normas NEC anexo B1) Para los cálculos se utilizan las ecuaciones (3-14), (3-15) y (3-16): [12]

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} \quad (3-14)$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} \quad (3-15)$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} \quad (3-16)$$

Se detalla además el tipo de cable que se puede utilizar dependiendo del mercado nacional con un voltaje aproximado de 600V y a una temperatura de 60° C. (Tabla.CABLEC.anexo B2)

Tabla 3.2 Intensidad de corriente a plena carga (NEC)

HP	Motor de inducción jaula de ardilla y rotor					Motor síncrono factor de			
	115V	250V	4MV	575V	2300V	220	440V	550t	'2300V
1/2	4	2	1						
3/4	5.6	2.8	1.4	1.1					
1	7.2	3.6	1.8	1.4					
1 1/2	10.4	5.2	2.6	2.1					
2	13.6	6.8	3.4	2.7					
3		9.6	4.8	3.9					
5		15.2	7.6	6.1					
7 1/2		22	11	9					
10		28	14	11					
15		42	21	17					
20		54	27	22					
25		68	34	27		54	27	22	
30		80	40	32		65	33	26	
60		154	77	62	16	128	64	51	12
125		312	156	125	31	264	132	106	25

### 3.8.1.1 Motor del Puento de Nivel

$$P = 0,90kW = 1,2HP$$

$$I_{pc} = 5,2A$$

$$Letra = K$$

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} = 3 * 5,2 = 15,6A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 5,2 = 6A$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 5,2 = 6A$$

El cable recomendado para una corriente de 5,2A es el N° 18 AWG TF (CABLEC) número de tubería de ½ in. (3F-N)

### 3.8.1.2 Motor del Puento de Doblado

$$P = 0,13kW = 0,17HP$$

$$I_{pc} = 2A$$

$$Letra = L$$

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} = 3 * 2 = 6A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2 = 2,5A$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2 = 2,5A$$

El cable recomendado para una corriente de 2A es el N° 18 AWG TF (CABLEC) número de tubería de ½ in. (3F-N)

### 3.8.1.3 Motor de Arrastre

$$P = 0,54kW = 0,72HP$$

$$I_{pc} = 2,8A$$

$$Letra = K$$

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} = 3 * 2,8 = 8,4A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2,8 = 3,5A$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2,8 = 3,5A$$

El cable recomendado para una corriente de 2,8A es el N° 18 AWG TF (CABLEC) número de tubería de ½ in. (3F-N)



### 3.8.1.4 Motor del Variador Mecánico de Velocidad del Motor de Arrastre

$$P = 0,11kW = 0,15HP$$

$$I_{pc} = 2A$$

$$Letra = L$$

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} = 3 * 2 = 6A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2 = 2,5A$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 2 = 2,5A$$

El cable recomendado para una corriente de 2A es el N° 18 AWG TF (CABLEC) número de tubería de ½ in. (3F-N)

### 3.8.1.5 Ventilador Monofásico

$$P = 0,18kW * FDD = 0,25HP * FDD$$

$$P = 0,25 * 0,3 = 0,075HP$$

$$I_{pc} = 4,4A$$

$$Letra = L$$

$$I_{termico} = 3 * I_{pc} = 3 * 4,4 = 13,2A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 4,4 = 5,5A$$

$$I_{decontactos} = 1,25 * I_{pc} = 1,25 * 4,4 = 5,5A$$

El cable recomendado para una corriente de 4,4A es el N° 18 AWG TF (CABLEC) número de tubería de ½ in. (F-N)

La protección del alimentador por cuanto existen 4 motores, un ventilador es 3,0 por la corriente de plena carga del motor más grande más la suma de las corrientes de plena carga, el valor del fusible es de 1,25 por la corriente de plena carga del motor más grande más la suma de las corrientes de plena carga así se tiene que el alimentador tendrá una protección termo magnética de 26,8 A Un breaker de 17,7A no normalizadas. Utilizando las ecuaciones (3-17) y (3-18) se hace:

### 3.8.1.6 Cálculo de las Protecciones del Alimentador

$$I_{protección} = 3 * I_{pc\ motor\ grande} + \sum I_{pc\ de\ los\ motores} \quad (3-17)$$

$$I_{protección} = 3 * 5,2 + 2 + 2 + 2,8 + 4,4 = 26,8 A$$

$$I_{fusible} = 1,25 * I_{pc\ motor\ grande} + \sum I_{pc\ de\ los\ motores} \quad (3-18)$$

$$I_{fusible} = 1,25 * 5,2 + 2 + 2 + 2,8 + 4,4 = 17,7 A$$

El cable recomendado para una corriente de 26,8A es el N° 10 AWG TF (CABLEC) número de tubería de 3/4 in. (3F-N)

### 3.8.2 DIAGRAMA UNIFILAR

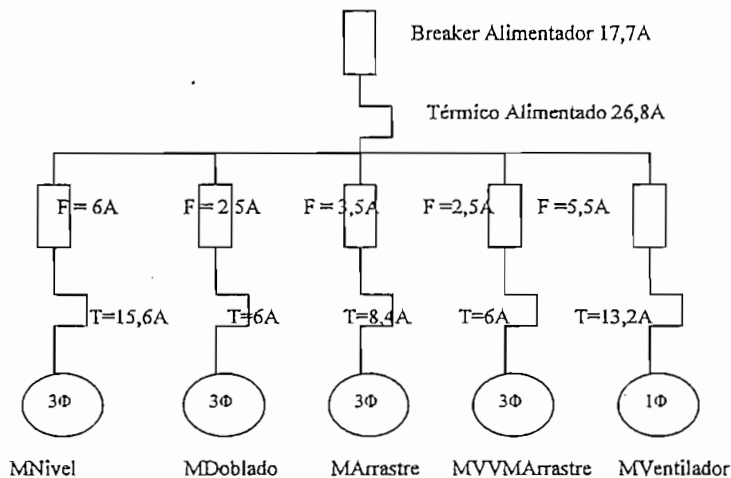


Figura 3.19 Diagrama unifilar del circuito de potencia

### 3.8.3 CIRCUITO UTILIZADO EN LA INVERSIÓN DE GIRO

El circuito que se muestra a continuación detalla la parte de potencia correspondiente a la inversión de giro, cada una de las bobinas serán activada desde el circuito de control. [13]

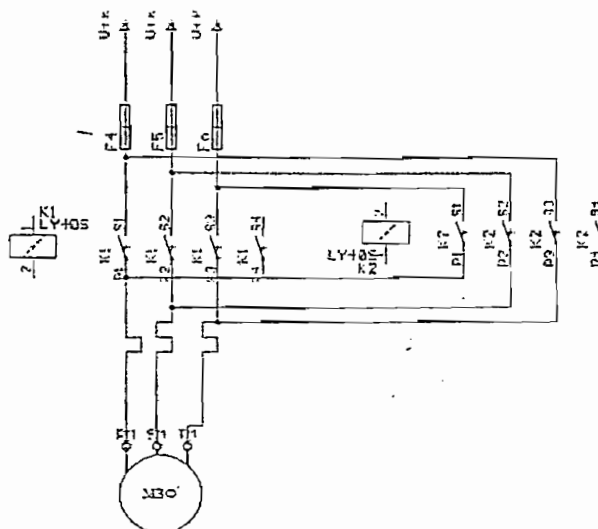


Figura 3.20 Circuito de potencia para inversión de giro

### 3.9 DISEÑO ELECTRÓNICO

El diseño electrónico de la postformadora esta basado en la arquitectura de sistemas microprocesados, se utiliza para el presente proyectó dos microcontroladores PIC 16F877A los cuales se encargan de la visualización y control del sistema automático de la postformadora.

Adicionalmente se ha diseñado fuentes reguladas de 5 y 12 voltios las cuales alimentan los circuitos de control y visualización.

#### 3.9.1 DISEÑO DEL SISTEMA HMI

El HMI (Interfaz Hombre Máquina) permite al usuario tener una visualización de las variables que intervienen en el proceso de postformado y tener la factibilidad de controlar en cualquier momento el proceso.

El interfaz se lo diseñado de tal forma que sea lo más amigable posible, consta de un teclado el cual permite desplazarse en un menú de variables como color,

temperatura, velocidad, nivel, y posicionamiento del puente de doblado los que visualizan con ayuda de LED's, además facilita el incremento o decremento de los valores seteados de las variables existentes, para su visualización numérica del valor real o seteados de las variables se ha empleado 4 display de siete segmentos de ánodo común, debido a las condiciones de trabajo que presenta la maquinaria, las más significativa son la falta de iluminación y vibración de la misma lo cual afectaría al funcionamiento de otros dispositivos como LCD's. Dentro de las variables existentes esta la de color del melamínico a utilizar en el proceso el cual posee un gama tan amplia que puede llegar más allá de 120 colores es por esta razón que se lo ha tomado por gamas es así que se presenta 8 gamas bases que encerrarían los ya mencionados, se logra visualizar las respectivas gamas por medio de LED's. Como dato adicional cada una de las gamas presentes consta de un valor seteados de temperatura y velocidad de acuerdo con el color de la fórmica.

En el teclado como punto adicional se ha instalado un botón de emergencia (tipo hongo) el cual para el proceso.

Para lograr visualizar el estado de la variable si corresponde a una señal análoga o seteadas se ha colocado dos LED que ayudaran a diferenciar el valor que están visualizando los display's.

### 3.9.1.1 Diseño del Teclado

El teclado consta de 5 botoneras que activan cada una un final de carrera (NA), esta señal se ha acondicionado con un circuito supresor de rebotes compuesto por un capacitor y una resistencia (100Ω y 1μF) los cuales pueden filtrar una señal de 1,5KHz determinado por la ecuación (3-19):

$$f = \frac{1}{2 * \pi RC} \quad (3-19)$$

$$f = \frac{1}{2 * \pi * 100\Omega * 1\mu F} = 1,56 KHz$$

Cada final de carrera ingresa su señal a un pin del puerto B del microcontrolador 1 para identificar el accionamiento de los mismos se utiliza la interrupción externa del PIC, para ingresar todas las señales por el mismo pin se ha implementado mediante diodos un esquema similar a la compuerta lógica OR adicionalmente este pin tiene un circuito supresor de rebote que filtra una señal calculado con la ecuación (3-19):

$$f = \frac{1}{2 * \pi * 100\Omega * 10\mu F} = 156 Hz$$

El circuito del teclado se presenta en la Figura 3.21:

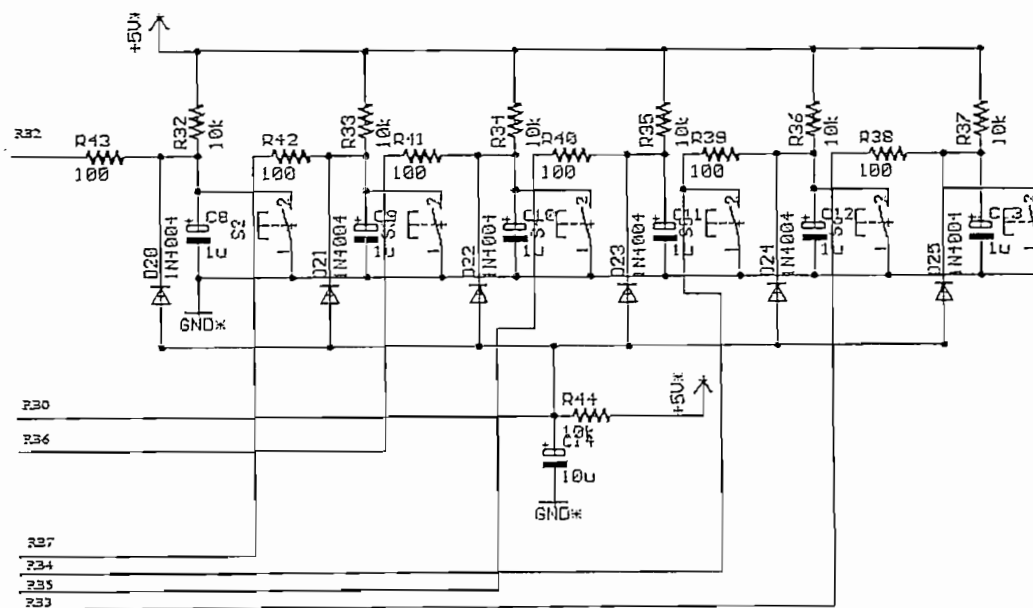


Figura 3.21 Teclado del HMI

### 3.9.1.2 Diseño de los Displays

Este diseño está basado por el barrido de los 4 display de ánodo común activados por un transistor NPN cuyo emisor está colocado al ánodo común del display el cual sirve como amplificador de corriente para lograr la visualización, se colocaron por seguridad resistencia de  $100\Omega$  limitadoras de corriente entre la base y el pin de accionamiento de cada display que son RE2, RD0, RD1 y RD3 del PIC.

Para cada una de los segmentos del display se colocaron resistencia de  $330\Omega$  los cuales limitan la corriente a  $20\text{mA}$ . para enviar los datos se utiliza el puerto A y el pin RE0 como bus de datos, el diagrama se presenta en la Figura 3.22

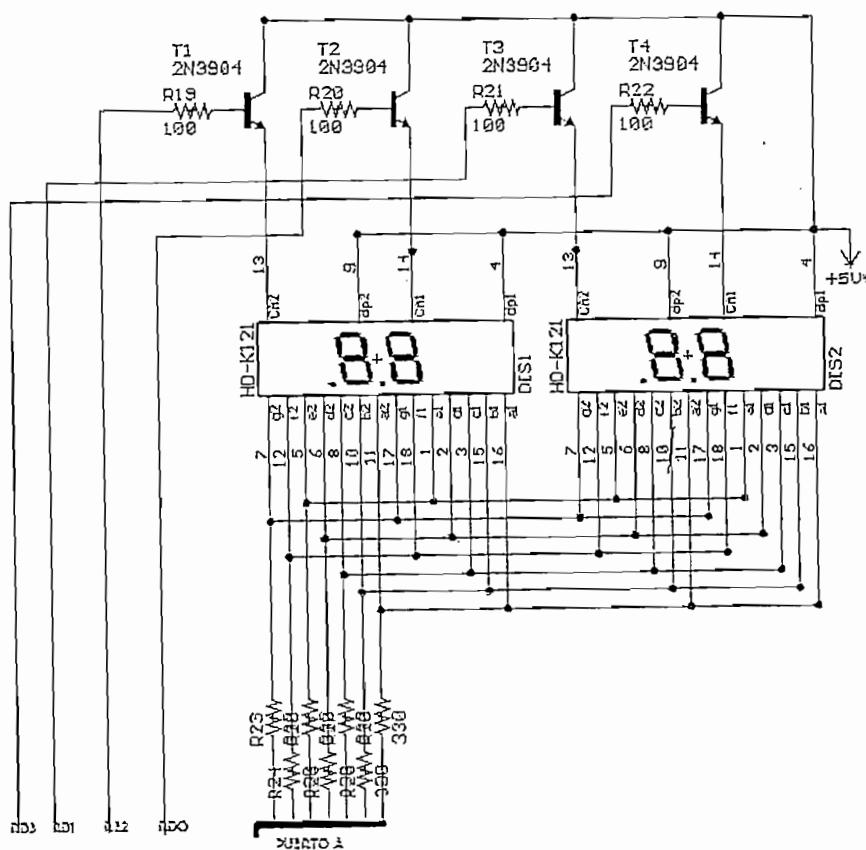


Figura 3.22 Esquema del display del HMI

### 3.9.1.3 Diseño de la Visualización del Menú y Gama de Colores

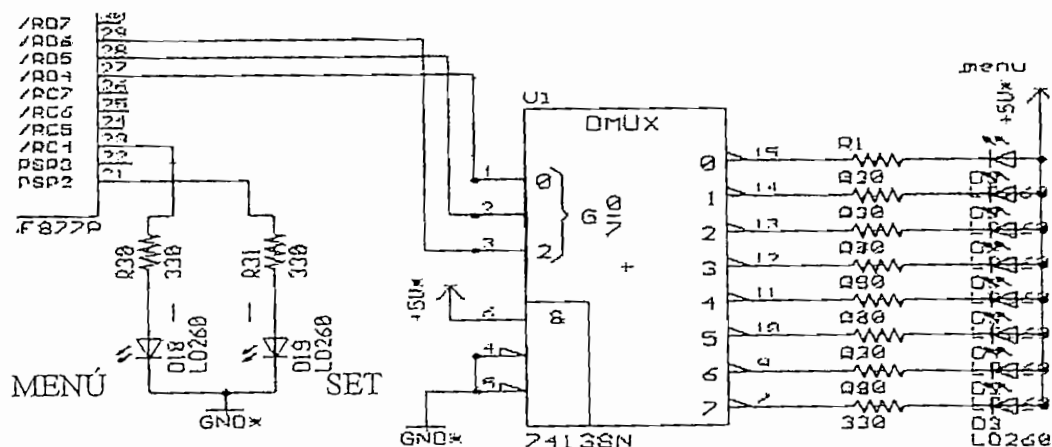
La visualización de este menú se la hace utilizando LED's los mismos que son activados por la señal que entrega un demultiplexor de 3/8 74138N el cual permite optimizar el número de pines del PIC obteniendo el control mediante tres pines.

La habilitación de los demux se lo realizó de forma directa conectando los gate's g1 y g2 a tierra y el enable EN a Vcc con lo cual solo necesita 3 bit de datos del PIC para realizar el control. (Anexo B3).

Este diseño se utiliza tanto para la visualización del menú general como para la visualización del menú color.

Para diferenciar entre la visualización análoga del valor seteado de una variable se ha colocado dos LED's al PIC.

Para la visualización del menú general se utiliza del PIC los pines RD4, RD5 y RD6, para la visualización del menú de color los pines RC0, RC1 y RC2, el indicador del valor análogo se encuentra conectado al pin RC4 mientras que para el valor seteado se lo ha ubicado en el pin RD2.



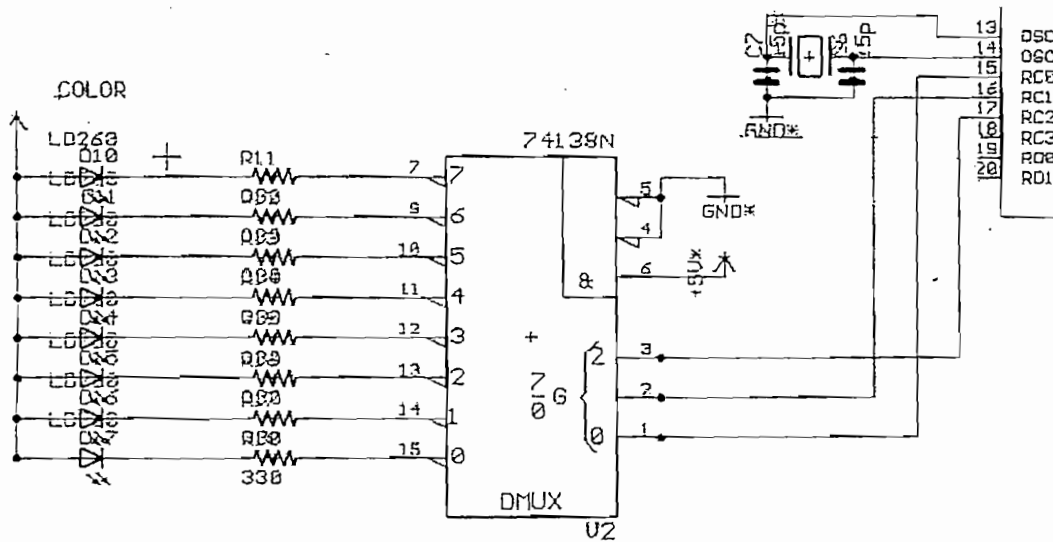


Figura 3.23 Visualización de menús

#### 3.9.1.4 Diseño de la Comunicación

La comunicación entre PIC's se ha implementado el protocolo RS232 para lo cual se utilizó en el diseño un MAX232. (Anexo B3), que permite aislar entre el circuito de control y el HMI de posibles fallas y tierras. Del PIC del HMI se conecta al MAX232 por medio de los pines RC6 y RC7 al MAX232 a los pines 10 y 9 respectivamente ver Figura 3.24 y del MAX se conectara hacia el PIC de control mediante los pines 7 y 8. El mismo circuito de comunicación se utiliza para el PIC de control. Cabe destacar que para comunicar los PIC's se conectara TX1 con RX2 y TX2 con RX1.



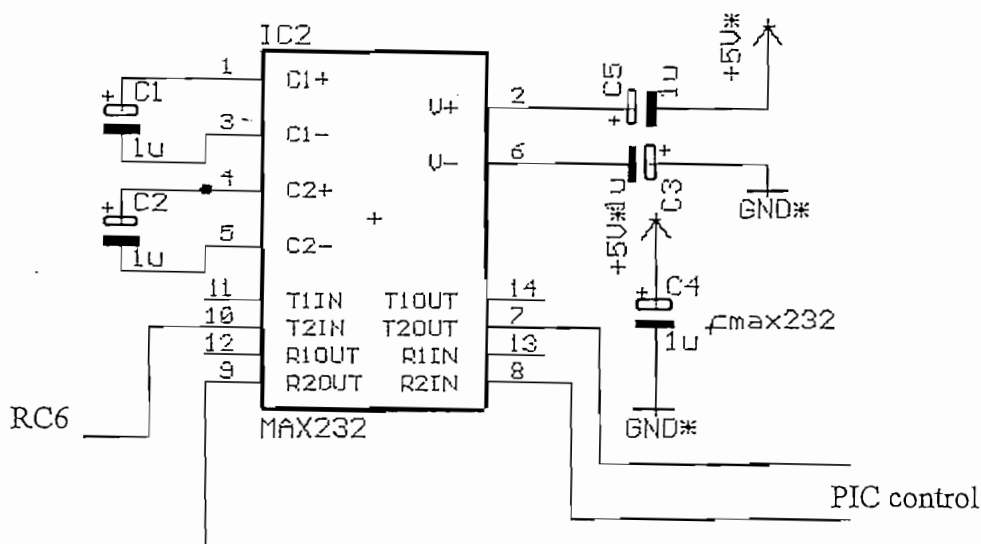


Figura 3.24 Conexión del MAX232 al PIC

### 3.9.1.5 PIC del HMI

Para este sistema se utilizó un PIC 16F877A de 40 pines los recursos utilizados se encuentran a continuación:

- Pin 1 pin de reset y circuito correspondiente activo con cero
- Puerto A y pin 8 (E0) bus de datos para display
- Pin 10 (E2) señal de activación para el display 4
- Pin 11 y 12 (VDD y VSS) fuente de alimentación y tierra
- Pin 13 y 14 (OSC1 y OSC2) señal del cristal de 4MHz y capacitores de 15pF
- Pin 15, 16 y 17 (C0, C1 y C2) señales de datos de visualización de menú de color.
- Pin 19, 20 (D0 y D1) señales de activación para los display 1 y 2.
- Pin 21 (RD2) señal de visualización set point.
- Pin 22 (RD3) señal de activación del display 3
- Pin 23 (RC4) señal de visualización de menú
- Pin 25 y 26 (RC6 y RC7) comunicación serial
- Pin 27, 28 y 29 (RD4, RD5, y RD6) señales de datos de visualización del menú general.

- Pin 30 (RD7) selector manual automático
- Pin 31 y 32 (VSS y VDD) tierra y fuente de alimentación.
- Puerto B teclado.

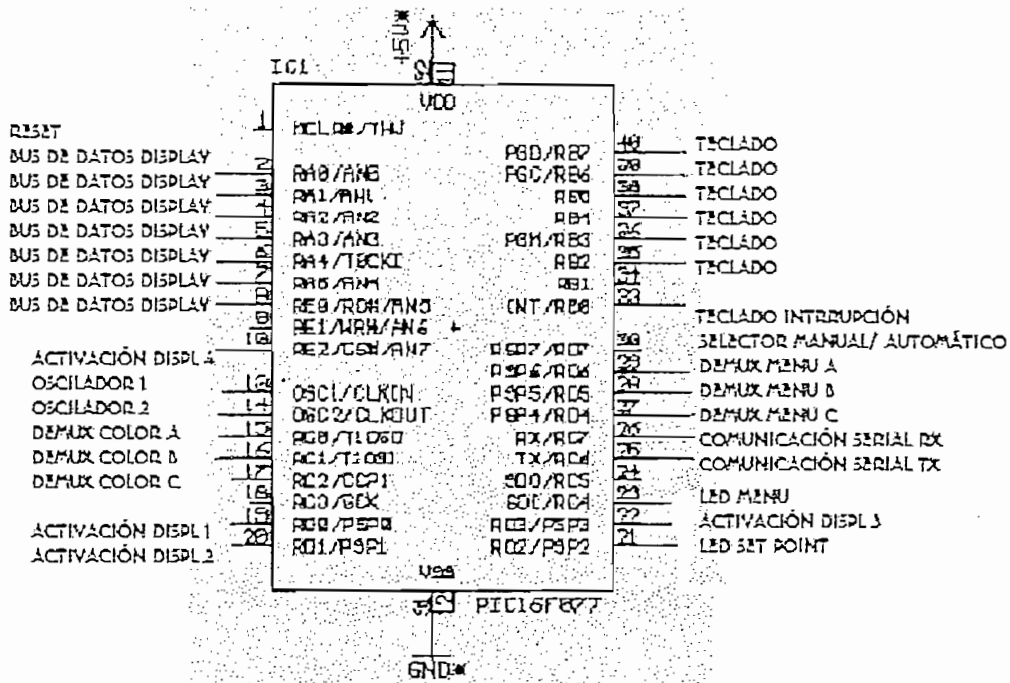


Figura 3.25 PIC 16F877A (HMI)

### 3.9.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Este sistema microprocesado se ha diseñado utilizando un PIC 16F877A el cual controla los motores, ventilador, circuito de disparo de TRIAC que activa las lámparas y sensa finales de carrera como seguridades y tacómetro digital, adicionalmente recibe las señales análogas de temperatura y nivel y en casos de emergencia hacer un paro general de la máquina.

Ya que el equipo existente dentro de la postformadora trabaja a 220 voltios el circuito de control se encuentra aislado usando opto acopladores tanto en salidas como en entradas.

### 3.9.2.1 Diseño de la Comunicación

Este sistema se lo a diseñado de igual forma que el caso del PIC del HMI se ha utilizado un MAX232 que aislará posibles fallas y tierras. Del PIC del HMI se conecta al MAX232 por medio de los pines RC6 y RC7 ha los pines 10 y 9 del MAX232 respectivamente ver Figura 3.24

La conexión entre los dos MAX se lo realiza al conectar el pin numero 7 del MAX 1 al 8 del MAX dos ver Figura 3.26

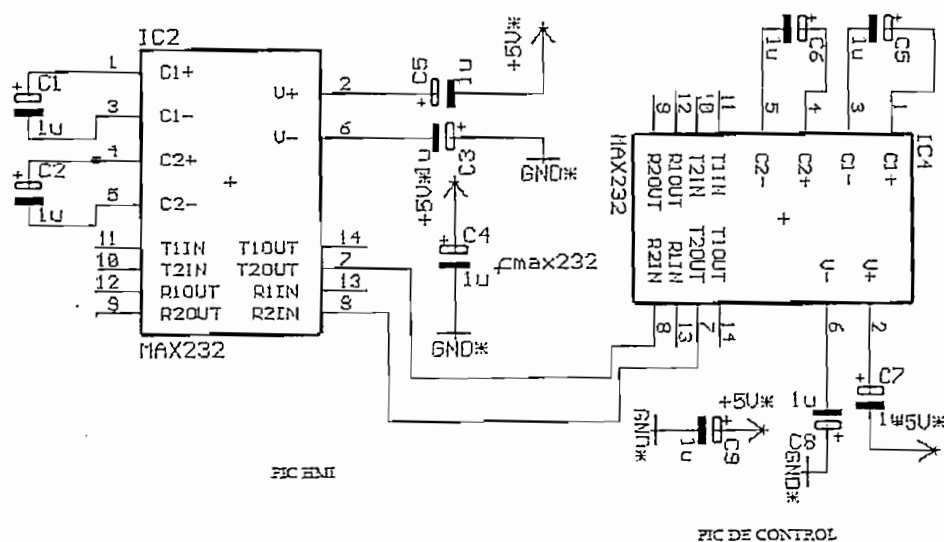


Figura 3.26 Conexión entre MAX232

Como se indico esta conexión permite dar una protección a cada una de las placas y de igual manera permite realizar un mantenimiento preventivo con un programa simple de Q-Basic, así se sabe con exactitud si la parte de transmisión o recepción presenta algún problema.

### 3.9.2.2 Acondicionamiento de Señales Análogas

#### 3.9.2.2.1 Acondicionamiento de la Termocupla.

La termocupla utilizada es tipo J soporta hasta aproximadamente 1700° C y es muy utilizado en el campo industrial.

De la teoría presentada y de los conocimientos adquiridos en clases se intento acondicionar la termocupla con un circuito de instrumentación de tal forma que entregue una señal de 0-5V cuando varié de 0-1024 grados centígrados lo que permite al PIC utilizar los 10 BIT de la entrada análoga para tener la relación por medio del software de variación en un grado hasta 1024 suficiente para la aplicación de la micro empresa donde se instaló la termocupla.

La termocupla utilizada es de un tipo especial con aterrizaje, (es decir que el blindado de la misma tiene contacto con los unión de los metales que forman la termocupla) cabe destacar que en el mercado nacional existen varios tipos de termocuplas y la más común es sin aterrizaje; esto es lo más común y fácil de implementar pero la idea es un funcionamiento global sin ningún tipo de contratiempos por el equipo de medida por este motivo se realizó un circuito estándar de termocuplas tipo J.

El acondicionamiento se baso en un acoplador de impedancias y utilizando la tabla (Anexo B5) de la termocupla tipo J se llegó a determinar una ganancia de 90 con lo cual se implementó un circuito amplificador no inversor con valores de resistencias  $R_f = 383,6k\Omega$  y  $R_1 = 4,31k\Omega$ . para lo cual se utilizó la ecuación (3-20).

$$G = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (3-20)$$

De acuerdo con la tabla para 10°C le corresponde 0,507mV mientras que al valor máximo de temperatura (de la tabla) de 240°C le corresponde 13mV con lo cual se tiene una pendiente de acuerdo con la ecuación (3-21).

$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (3-21)$$

Donde:

$\Delta Y$  = variación de voltaje

$\Delta X$  = variación de temperatura

De esta forma se tiene una pendiente de:

$$m = \frac{13 - 0,507(mV)}{240 - 10(^{\circ}C)} = 5,43^{-5} \frac{mV}{^{\circ}C}$$

Con este resultado y asumiendo linealidad se determinó que el valor de la temperatura para 1024 es de 55.62mV de la siguiente manera:

$$V_{T1024} = 1024 * 5,43^{-5} (mV) = 55.62mV$$

Se determinó la ganancia al dividir el valor máximo que puede entrar al PIC para el valor máximo de voltaje a 1024°C:

$$G = \frac{5(V)}{55.62(mV)} = 90$$

Con esta ganancia se procede a calcular (con la ecuación (3-20)) el valor de las resistencias asumiendo  $R_f = 383,6k\Omega$  y obteniendo  $R_1$  de:

$$R_1 = \frac{R_f}{G-1} = \frac{383,6k\Omega}{90-1} = 4,31k\Omega$$

para lograr obtener estos valores se utilizaron dos potenciómetros de precisión.

Para el circuito de acondicionamiento se utilizó el LM324N ya que este integrado se polariza con tierra y 12V que entrega la fuente, como el circuito de acondicionamiento y el PIC función a diferentes valores de voltaje se colocó a la

salida del acondicionador un zener de 5,1V por proteger a la entrada análoga del PIC (RA0).

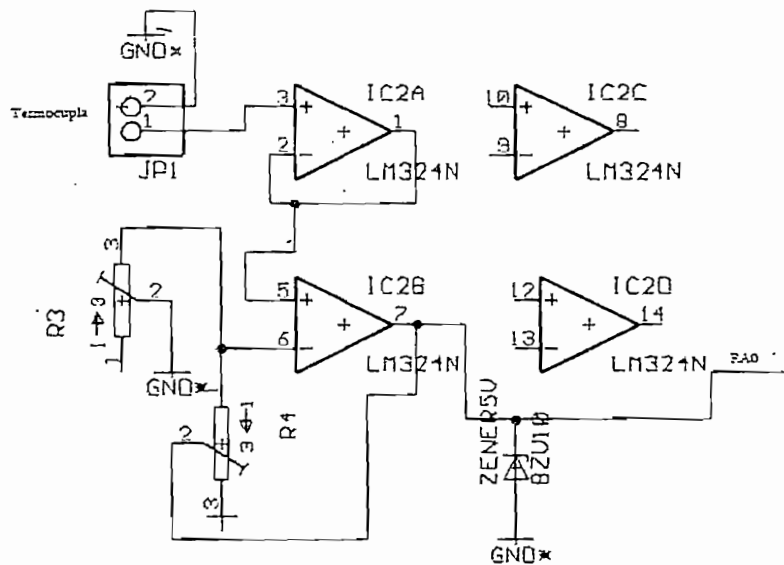


Figura 3.27 Acondicionamiento de la termocupla tipo J

### 3.9.2.2.2 Acondicionamiento de Señal de Nivel

Para el circuito acondicionador de nivel se utilizó el LM324N como en el caso anterior, realizando acoples de impedancia y colocando potenciómetros lineales de tal manera que el valor máximo que entrega es de 5V para la máxima amplitud del nivel por lo que no es necesario el uso de etapas amplificadoras. Las señales ingresan al PIC de forma analógica utilizando RA1, RA2 y RA3.

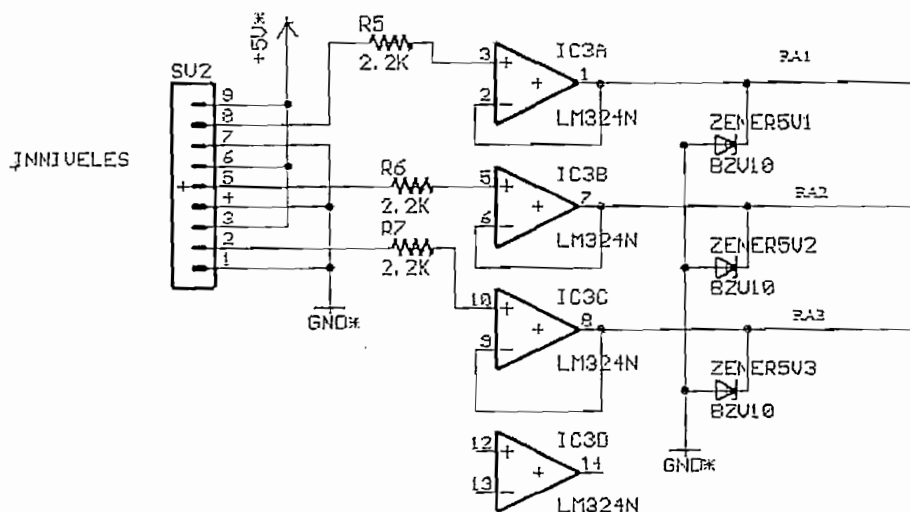


Figura 3.28 Acondicionamiento de niveles

### 3.9.2.3 Acondicionamiento del Sensor de Velocidad

Esta basado en el principio del tacómetro digital es por este motivo que se utiliza un circuito supresor de rebotes debido a que el sensor que entregar los pulsos al PIC es un final de carrera (NA) el cual es ayudado de un engranaje colocado en el eje del motor como se explicó ya en el diseño mecánico del sensor de velocidad Figura 3.15.

Para el cálculo del circuito supresor de rebotes se utilizo la ecuación (3-19) para lo cual se asume los valores de resistencia  $R=100\Omega$  y un capacitor de  $C=1\mu F$  dando como resultado un frecuencia de 1,56Khz.

$$f = \frac{1}{2 * \pi * 100\Omega * 1\mu F} = 1,56\text{KHz}$$

El pin utilizado para sensar la velocidad es el RD3 del PIC de control donde se verifica continuamente el estado del mismo el cual debe pasar de uno a cero lógico para incrementar el valor en uno, ver Figura 3.29.

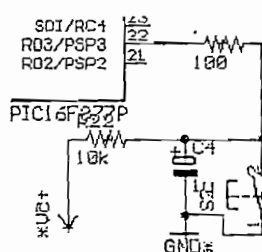


Figura 3.29 Acondicionamiento de señal de velocidad

### 3.9.2.4 Acondicionamiento de Control de Fase para las Lámparas de Cuarzo

Para sincronizar la red con el valor del ángulo de disparo del TRIAC que controla las lámparas de cuarzo basado en una níquelina amplificada por medio del cuarzo se utilizó un transformador reductor de 220/12 voltios el cual es conectado entre las dos fases que alimentan a las lámparas, el transformador de fase convierte una señal de 220VAC a 12VAC, mediante un puente de diodos se rectifica la

señal la cual se entrega a un opto transistor el cual generara un pulso en el instante que cruce por cero, mediante este pulso se genera una interrupción del PIC.

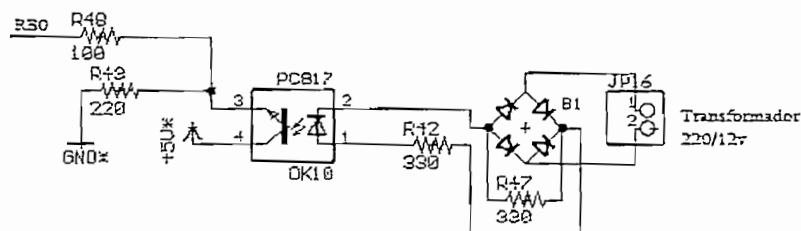


Figura 3.30 Circuito de sincronización

Las resistencias R48 y R42 permiten limitar la corriente de ingreso a cada uno de los elementos la resistencia R43 ayuda a que los 5V de la fuente se reflejen en el emisor manteniendo la interrupción inactiva hasta que exista el cruce por cero.

### 3.9.2.5 Acondicionamiento del Sistema de Seguridad

Se utilizó para seguridad de la máquina finales de carrera que permiten sensor valores críticos como máximos y mínimos tanto en niveles como velocidad y para verificar el ingreso de la fórmica y la activación del ventilador, dichos finales de carrera ingresan al PIC a través de los pines RB2, RB1, y RD1 para máxima y mínima de los puentes cabe destacar que el puente de nivel no podrá cambiar su posición de manera automática si su seguridad (RB2) es activada, para hacer cambio de posición se debe realizar de forma manual por cuanto es un requerimiento de funcionamiento propuesto por su dueño.

El ingreso de fórmica esta determinado por el pin RD6 y el del ventilador por RD7 para cada uno de los finales de carrera se utilizó un circuito supresor de rebotes el cual se detalló en el diseño del sensor de velocidad.



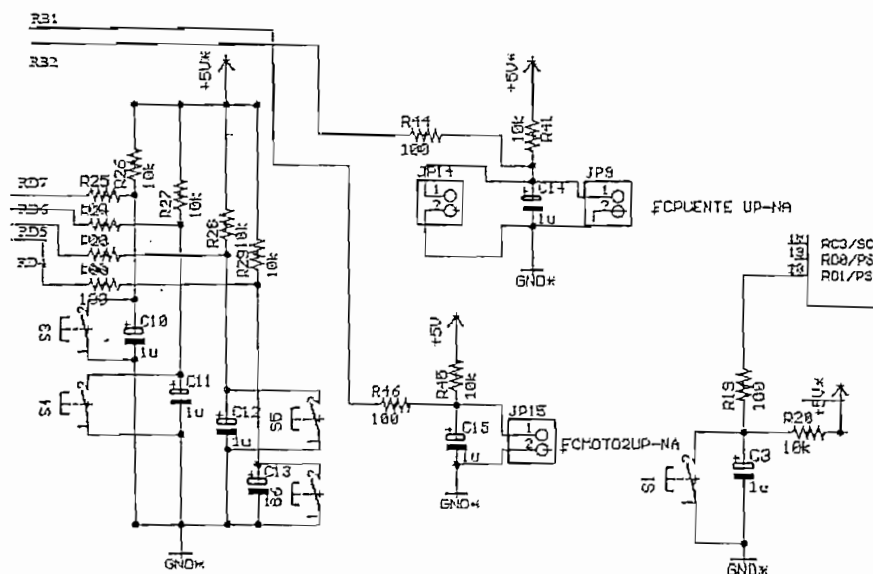


Figura 3.31 Seguridades de la postformadora

### 3.9.2.6 Acondicionamiento de Lámparas

Las lámparas de la máquina son a base de niquelinas las cuales se encuentran dentro de tubos de cuarzo logrando un efecto de amplificación del calor de la niquelina, son lámparas que consumen aproximadamente 3A a 220 voltios por lo cual se diseño un circuito basado en una resistencia en serie a la lámpara de valor  $R=1\Omega$  con lo cual se obtiene un voltaje de 3VAC los cuales son rectificadas y filtrados con un capacitor de valor  $C=470\mu F$  a cuya salida se tiene un valor de voltaje de 2,67VDC que permite activar un opto transistor limitando la corriente con una resistencia de  $R=100\Omega$  ingresando así una señal de 1 lógico al PIC si la lámpara se encuentra funcionando y permitiendo aislar el circuito de potencia del de control.

Para realizar estos cálculos se basaron en las ecuaciones (3-22) que relaciona el voltaje de AC con el DC por medio de un puente de diodos y (3-23) para el cálculo de la resistencia limitadora.

$$V_d = 0,636 * V_{max} \quad (3-22)$$

$$V_d = 0,636 * \sqrt{2} * 3 = 2,69VDC$$

$$R = \frac{VDC}{Idiodo} \quad (3-23)$$

$$R = \frac{2,69VDC}{20mA}$$

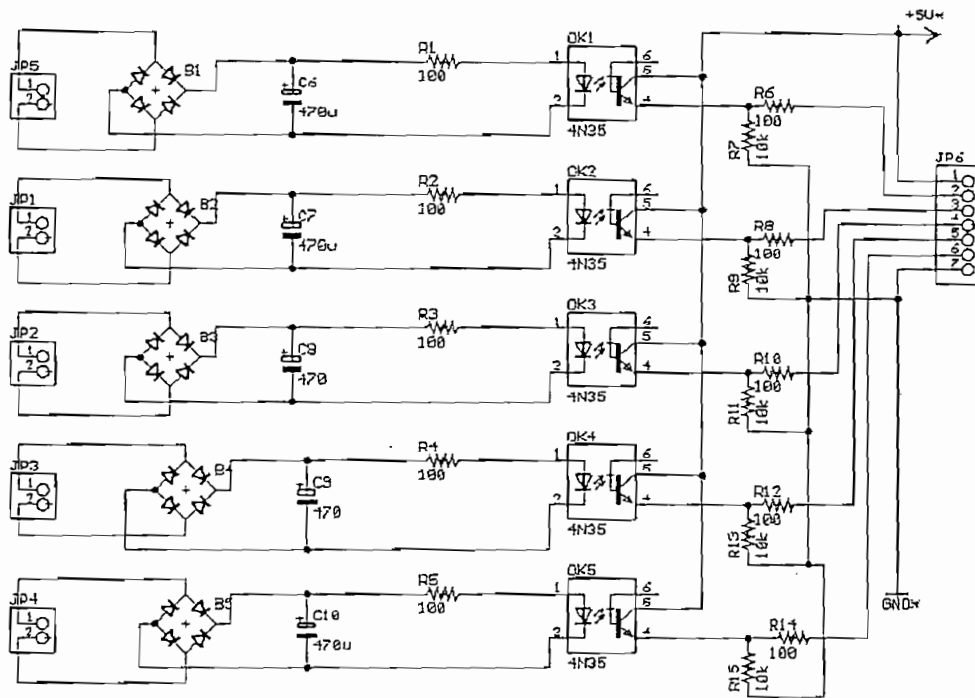


Figura 3.32 Acondicionamiento de las Lámparas

Las señales de los acondicionamientos se encuentran en los pines RC0, RC3, RD0, RC4 y RC5 respectivamente

### 3.9.2.7 Activación de los Motores

Se cuenta con cuatro motores trifásicos distribuidos de la siguiente manera:

1. Motor de arrastre de la cadena de avance
2. Motor de variación de nivel
3. Motor de doblado 90/180°

#### 4. Motor del variador de velocidad mecánico

Además se tiene un motor monofásico que mueve un ventilador.

La activación se ha dividido en dos etapas, la primera que permite activar por medio del PIC opto transistores los cuales activan la bobina de los reles de bajo potencia (12V) cuyos contactos activaran el interruptor magnético de 220VAC de cada una de las bobina de inversión de giro, de igual forma se utilizó el mismo principio para activar el motor del ventilador y para desconectar en caso de emergencia el motor de arrastre.

Para realizar un manejo manual del puente de nivel y de doblado se colocó una palanca de cuatro posiciones cuyos contactos unen el colector con el emisor del opto transistor permitiendo activar los motores como parte de la seguridad mientras se utilice el mando manual los contactos NA de la palanca se encuentran en serie con los contactos NC de los finales de carrera de seguridad evitando con esto posibles accidentes.

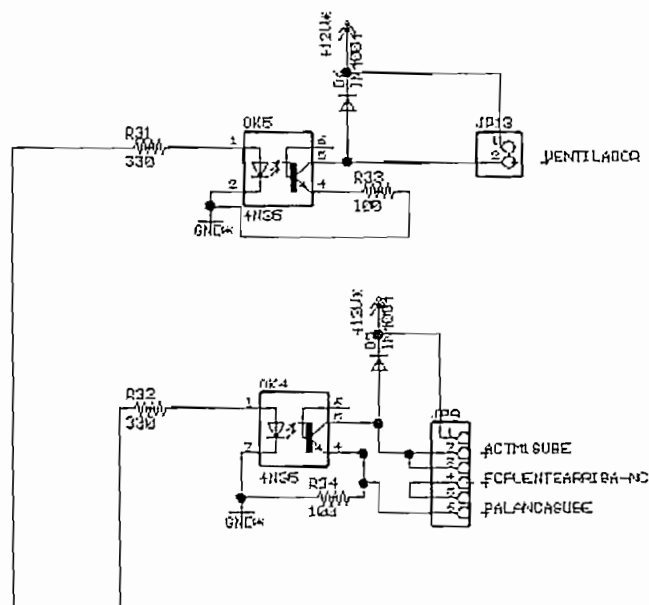


Figura 3.33 Activación de motores

En la segunda etapa con los contactos de los relés se realiza un enclavamiento entre las bobinas que intervienen en la inversión de giro de los motores, de esta forma se logra activar un solo sentido de giro para cada motor.

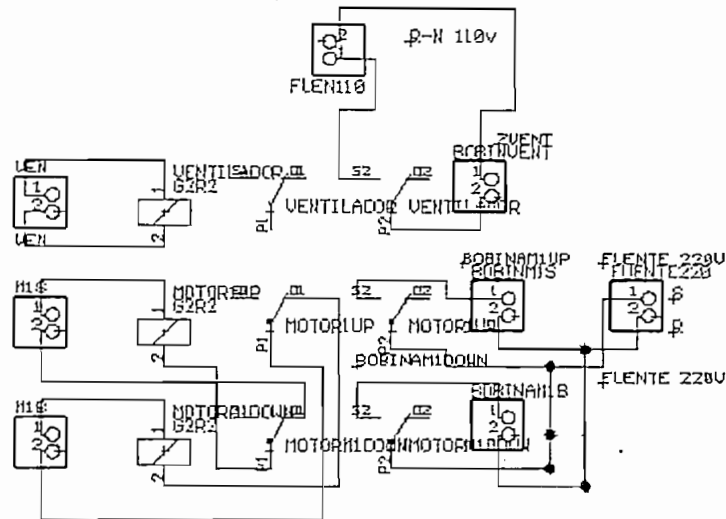


Figura 3.34 Seguridades para inversión de giro

### 3.9.2.8 Diseño del Circuito de Disparo del TRIAC

De igual manera se lo ha dividido en dos etapas la primera consta de un opto transistor que activa un transistor que permite amplificar la corriente utilizando la ecuación (3-24).

$$I_c = \beta I_b \quad (3-24)$$

Considerando que el transistor utilizado es un NPN de  $\beta = 153$  se logra amplificar la corriente para activar la segunda etapa.

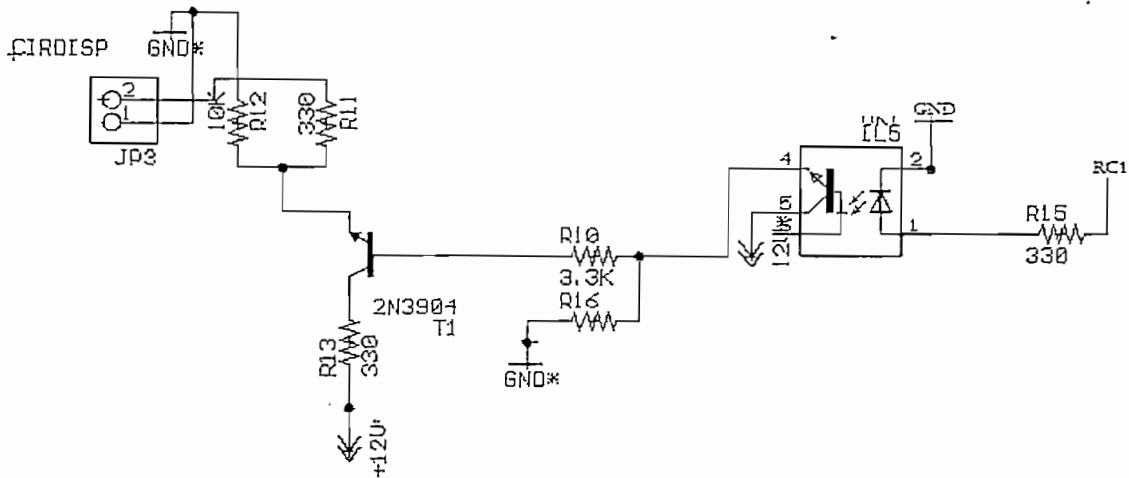


Figura 3.35 Circuito de disparo

La segunda parte del circuito de activación del TRIAC de 25A es diseñado a partir de un optotriac el cual es activado por el circuito de disparo de la Figura 3.35.

Se utilizó un resistencia de potencia entre opto y el TRIAC para limitar la corriente, la carga presente a la salida es las lámparas en serie con las resistencias y la fuente de 220V.

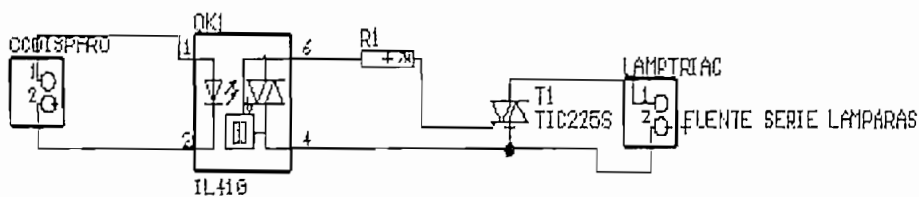


Figura 3.36 Disparo del TRIAC de potencia

### 3.9.2.10 Distribución de Pines de PIC de Control

La distribución se realizó de la siguiente manera:

- Pin 1 pin de reset y circuito correspondiente activo con cero
- Pin 2 (RA0) entrada análoga de la termocupla
- Pin 3 (RA1) entrada análoga de nivel del aglomerado
- Pin 4 (RA2) entrada análoga de nivel del puente
- Pin 5 (RA3) entrada análoga de nivel del puente
- Pin 8 (RE0) visualizador de falla de lámparas circuito correspondiente en la

Figura N° 32

- Pin 9 (RE1) activación del motor de arrastre
- Pin 10 (RE2) activación del incremento de velocidad del motor del variador de velocidad del motor de arrastre
- Pin 11 y 12 alimentación VDD y VSS
- Pin 13 y 14 entradas del oscilador de 4MHz con capacitores de 15pF
- Pin 15 (RC0) entrada de lámpara N° 1
- Pin 16 (RC1) activación del TRIAC
- Pin 17 (RC2) activación del decremento de velocidad del motor del variador de velocidad del motor de arrastre.
- Pin 18 y 19 (RC3) y (RD0) entradas de lámparas N° 2 y 3
- Pin 20 (RD1) seguridad del motor de doblado límite mínimo
- Pin 22 (RD3) entrada de velocidad
- Pin 23 y 24 (RC4) y (RC5) entrada de lámparas N° 4 y 5
- Pin 25 y 26 (RC6) y (RC7) comunicación RS232
- Pin 27 (RD4) final de carrera de seguridad límite máximo del motor del variador de velocidad.
- Pin 28 (RD5) final de carrera de seguridad límite mínimo del motor del variador de velocidad.
- Pin 29 (RD6) final de carrera de entrada de la fómica
- Pin 30 (RD7) final de carrera del ventilador
- Pin 31 y 32 tierra y alimentación.
- Pin 33 (RB0) entrada de sincronización de fase.
- Pin 34 (RB1) seguridad del motor de doblado límite máximo.
- Pin 35 (RB2) seguridades del motor de nivel
- Pin 36 y 37 (RB3) y (RB4) activación 180 y 90 de doblado
- Pin 38 (RB5) activación del motor para que el puente de nivel baje
- Pin 39 (RB6) activación del motor para que el puente de nivel suba.
- Pin 40 (RB7) activación del ventilador.

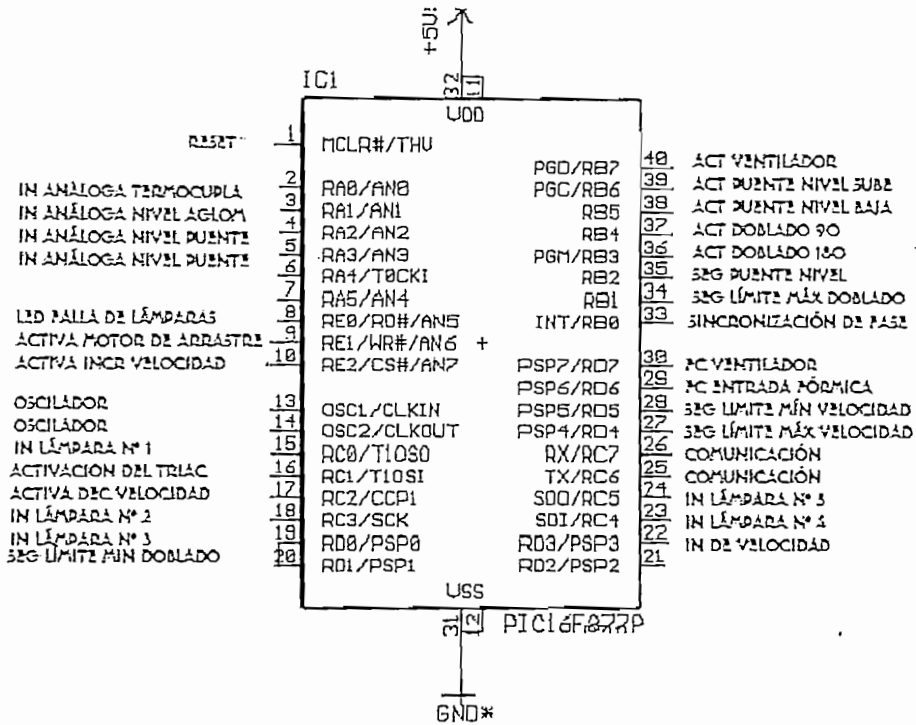


Figura 3.37 Distribución de pines del PIC de control

### 3.9.3 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El diseño realizado se encuentra basado en reguladores de voltaje fijos de valores 5V y 12V, los 5V permiten alimentar el circuito de control mientras que el de 12V alimenta a los acondicionamientos de señales análogas y alimenta las bobinas de baja potencia.

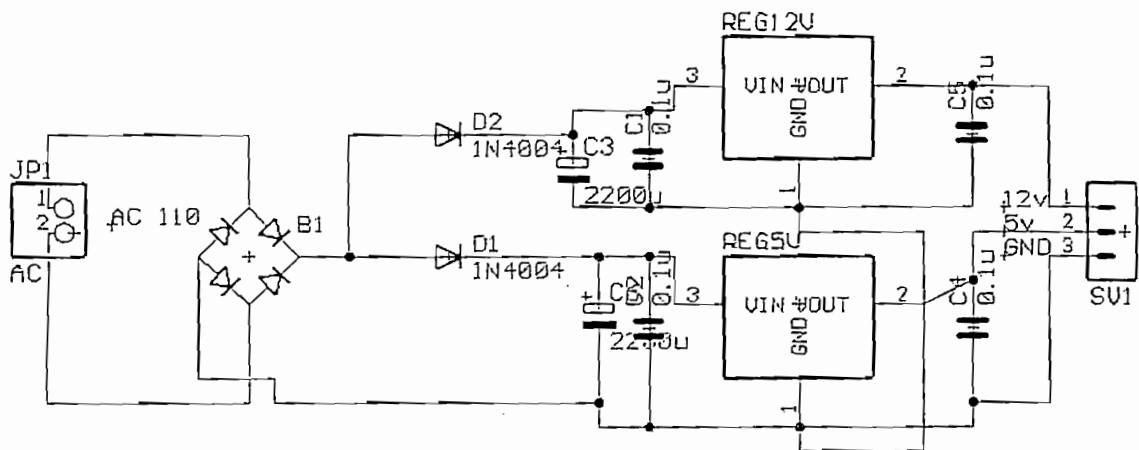


Figura 3.38 Fuente de 12V y 5V de alimentación

El diagrama diseñado (Figura 3.38) utilizó un transformador reductor de 110V/26VAC con el objeto de bajar el voltaje a 26V, mediante el puente de diodos se rectificó la onda obteniendo un voltaje de DC de 23,01VDC según la ecuación (3-22). [14]

$$V_d = 0,636 * \sqrt{2} * 26 = 23,01VDC$$

Con este voltaje se alimentarán a los reguladores de 5V y 12V, los cuales en su entrada poseen un capacitor de 2200 $\mu$ F eliminando así el rizado y en paralelo un cerámico de 0,1  $\mu$ F que cumple la función de condensador de desacoplo, la ausencia de este condensador hace que el dispositivo sea más sensible a los ajustes o a la presencia de condensadores de salida, el valor anterior eliminará cualquier tipo de problema en el voltaje regulado.

Cuando se utiliza condensadores con cualquier tipo de circuito regulador es necesario añadir diodos de protección para evitar descargas de los condensadores a través de puntos de baja corriente del regulador.



## CAPITULO 4

### ARQUITECTURA DEL PROGRAMA

El sistema de control utiliza dos PIC's de la familia 16F877A, el primer PIC esta encargado de la interfaz hombre máquina y el segundo PIC se encarga del control de la maquinaria y monitoreo de las variables que intervienen en el proceso.

#### 4.1 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA EL PIC DEL HMI

El HMI utilizado consta de visualizadores mediante LED's y DISPLAY's de siete segmentos los cuales permiten monitorear cada una de las variables que intervienen en el proceso, consta de un teclado básico el cual permite setear valores de las variables monitoreadas, dichos valores son transmitidos al PIC de control mediante comunicación serial.

El programa al inicio carga valores de diseño que corresponden a la temperatura y velocidad de acuerdo con el color, la primera visualización en los displays es de saludo con el mensaje "HOLA" luego se mostrará en ellos los diferentes valores que toman las variables monitoreadas.

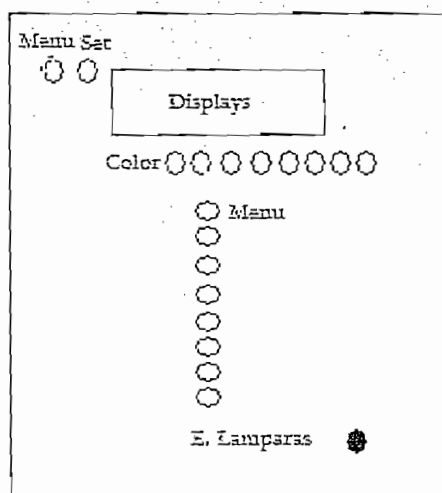


Figura 4.1 Presentación del HMI

El menú principal mostrado en la Figura 4.1 consta de las variables de color, temperatura, velocidad, nivel y posición ordenadas en forma descendente, en la variable color se posee 7 gamas de colores y una posición que indica sin color la cual da un genérico para posibles fórmicas que no encajen dentro de las gamas propuestas.

Dentro de la visualización se puede obtener el acceso a valores de set como a los valores monitoreados de las variables, adicionalmente se colocó para verificar el funcionamiento de las lámparas un LED el cual actúa cuando no funcionen dos lámparas.

Para navegar por cada menú se utilizó el teclado mostrado en la Figura 4.2

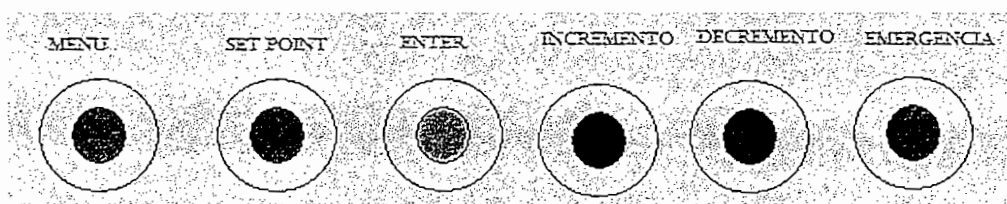


Figura 4.2 Teclado HMI

Para utilizar el teclado se debe tener en cuenta que los valores de temperatura y velocidad seteados se encuentran en cada uno de los registros y aparecerán de acuerdo con la maniobrabilidad del teclado. El primer paso para manipular el teclado es aplastar "ENTER" si desea moverse dentro del menú principal presione la tecla "MENÚ" para indicar que esta dentro del menú se prenderá el LED correspondiente, para acceder a cada una de las variables indicadas anteriormente se pulsa los botones de "INCREMENTO" o "DECREMENTO", mientras se encuentre dentro del menú principal los valores de las variables que están visualizándose en los display son los valores monitoreados, esto sucede al elegir temperatura velocidad y nivel, si se encuentra en la variable color se obtiene el mensaje "HOLA" y si se encuentra en la variable posición se visualiza 90 o 180 grados que corresponden a posición actual en la que se encuentra el puente de doblado de la fórmica.

Si al elegir una variable se desea cambiar o verificar el valor seteado se deberá seguir los siguientes pasos: pulsar "ENTER" a continuación pulsar el botón de "SET POINT" y luego pulsar los botones de "INCREMENTO" o "DECREMENTO" de acuerdo con la necesidad del operario o simplemente pulsar "ENTER" y se visualizará valores monitoreados.

Los cambios realizados en los valores seteados se mantendrán mientras se encuentre en funcionamiento el sistema luego de su apagado regresarán a valores preestablecidos en el diseño.

Al pulsar el botón de "EMERGENCIA" la máquina se para completamente.

Los incrementos y decremento de los valores seteados varían de la siguiente manera: para la temperatura se ha variado en 1 grado centígrado desde 0 hasta 1024 grados, la velocidad se visualiza en cm/min. (requerimiento de la micro empresa) y las variaciones son en pasos de 1 cm/min., el nivel se visualiza en milímetros y los pasos de variación son de 1mm.

## **4.2 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA EL PIC DE CONTROL**

Para realizar los lazos de control el PIC necesita dos valores: monitoreados y seteados, los valores monitoreados de las variables son adquiridos con el conversor A/D del PIC los seteados son predeterminados en el diseño y se encuentran en el PIC del HMI el cual envía los datos al PIC de control usando comunicación serial.

La máquina comienza su funcionamiento encendiendo las lámparas las cuales se ajustan al valor seteado de temperatura, al ubicar el módulo en la entrada de la máquina de postformado se activa un final de carrera que determina el nivel del aglomerado con la ayuda de una resistencia lineal que varía de acuerdo con el ancho permitiendo ajustar el puente de nivel al aglomerado.

Si el puente excede los niveles permisibles de construcción mecánica de la máquina por medio de finales de carreras se detendrá hasta que se regule su ubicación la cual deberá realizarse manualmente.

De acuerdo con el valor elegido en el tipo de doblado el puente se ajusta a 90 o 180 grados.

El valor de velocidad se lo determina mediante un tacómetro digital, el valor seteado viene del PIC del HMI para su control se utiliza un variador de velocidad mecánico controlado por un moto reductor y un motor con inversión de giro para así tener un control de la banda de arrastre.

La temperatura se la mide a través de un termocupla tipo J y ayudados de un canal análogo del PIC, el valor seteado se entrega del HMI como en los otros casos, para su funcionamiento en las lámparas se aplica un control directo. De acuerdo con el valor seteado se variará el ángulo de disparo y se mantendrá dentro de un rango el valor de temperatura.

En la etapa final del postformado se activa un ventilador por medio de un final de carrera ubicado en la salida de la máquina.

#### **4.2.1 FUNCIONAMIENTO QUE DESEMPEÑA EL PIC DE CONTROL EN MANDO MANUAL**

El sistema cuenta con una palanca de maniobra la cual permite variar los parámetros de nivel y de doblado de acuerdo con criterio del operador, para no salir de los rangos de construcción de la máquina se colocan finales de carrera en los límites máximos y mínimos de cada puente, si estos son activados en PIC inhibe el funcionamiento de la palanca.

## 4.3 CONFIGURACIÓN DE REGISTROS DE LOS PIC's

### 4.3.1 CONFIGURACIÓN DEL PIC DEL HMI

Para el funcionamiento adecuado del HMI se configuró:

El puerto A como salidas digitales para lo cual se colocó en el registro TRISA el valor de 00h y adicional a esto en el ADCON1 se colocó 06h, el puerto B como entradas colocando en el registro TRISB FFh, el puerto C se configuró como salidas excepto el pin C7 para lo cual se colocó en el TRISC 80h, para el puerto D se configuró como salidas excepto el D7 colocando el TRISD 80h, el puerto E se configura como salidas colocando en el TRISE 00h.

Adicionalmente se utilizó la interrupción externa y serial configurando de la siguiente manera: En el bit 6 del OPTION\_REG se colocó un 0 que permite la interrupción por flanco de bajada y en el INTCON bit 4 se colocó un 1 permitiendo habilitar la interrupción externa. Para la comunicación serial se colocó un 0 en el bit 6 del TXSTA seleccionado 8 bit de transmisión, un 1 en el bit 5 habilitando la transmisión un 0 en el bit 4 seleccionando comunicación asincrónica y un 0 en el bit 2 seleccionando baja velocidad en transmisión, en el registro SPBRG se carga el valor de 33h permitiendo comunicar a una velocidad de 1200 baudios.

En el bit 7 del RCSTA se colocó un 1 para la habilitación de los pines del puerto serial, se colocó en el bit 6 del RCSTA un 1 para seleccionar 8 bit de recepción, en el bit 4 del RCSTA se colocó un 1 para obtener una comunicación asincrónica de recepción, en el bit 5 PIR1 se colocó un 0 para que el reciba el USART un buffer vacío, el bit 4 del PIR1 esta en 0 para limpiar la bandera de transmisión, con el bit 5 y 4 del PIE1 habilitó las interrupciones por recepción y transmisión.

Como parte de estabilidad del PIC se realizó un retardo deshabilitado los bit 7 y 6 del INTCON que son las habilitaciones de las interrupciones globales y de periféricos, luego de transcurrir este retardo de estabilidad del PIC se las vuelve a habilitar.

Luego de habilitar se envía el primer dato para que exista la comunicación entre los dos PIC's.

#### 4.3.2 CONFIGURACIÓN DEL PIC DE CONTROL

Como primera parte de la configuración se coloca en TRISA, TRISD y TRISE FFh lo que indica que los puertos A, D y E son entradas, luego en el TRISB se coloca 07h indicando que los tres bits menos significativos son entradas y todas los pines superiores como salidas, luego el en TRISC se coloca b'10111001' indicando que en el puerto C existen varias entradas y salidas, para la habilitación del puerto A se a utilizado el ADCON1 con un 1 en el bit 7 que indica justificación hacia la derecha y un 1 en el bit 1 indicando que se utilizará tres entradas digitales y cinco análogas compartiendo así el puerto A y el E.

Para la comunicación serial se colocó un 0 en el bit 6 del TXSTA seleccionado 8 bit de transmisión, un 1 en el bit 5 habilitando la transmisión un 0 en el bit 4 seleccionando comunicación asincrónica y un 0 en el bit 2 seleccionando baja velocidad en transmisión, en el registro SPBRG se carga el valor de 33h permitiendo comunicar a una velocidad de 1200 baudios.

En el bit 7 del RCSTA se colocó un 1 para la habilitación de los pines depuesto serial, se colocó en el bit 6 del RESTA un 1 para seleccionar 8 bit de recepción, en el bit 4 del RCSTA se colocó un 1 par obtener una comunicación asincrónica de recepción, en el bit 5 PIR1 se colocó un 0 para que el reciba el USART un buffer vacío, el bit 4 del PIR1 esta en 0 para limpiar la bandera de transmisión, con el bit 5 y 4 del PIE1 habilitó las interrupciones por recepción y transmisión.

Para la configuración el TIMER 2 se colocó en el PIE1 en el bit 1 un 1 que habilita el timer en el T2CON se colocó 06h con lo cual se enciende el timer y se utiliza una pre escala de 16 y se colocó una post escala en 1:1, se coloca en el INTCON en el bit 4 un 1 habilitación de la interrupción externa además se coloca un 0 en el bit 1 para limpiar la bandera de interrupción.

Se configuró además el TIMER 1 colocando en el PIE1 bit 0 un 1 con lo cual se habilita por medio del desbordamiento del timer la interrupción, se colocó el en T1CON el 05h lo que indica que no se necesita sincronización externa del reloj en su entrada, además se coloca el reloj interno del timer, y se habilita el timer, su pre escala es de 1:1.

## **4.4 EXPLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS PRINCIPALES DE LOS PIC's**

### **4.4.1 PROGRAMA PRINCIPAL DEL HMI**

Dentro del PIC que se ha utilizado para el HMI por motivos de secuencia se ha preferido hacer el programa de manera continua y sin muchas subrutinas que alteren su funcionamiento, después de la configuración se asigna los valores de temperatura y velocidad de acuerdo con el diseño estos serán los valores del set de la máquina como siguiente paso se envía el primer valor que permitirá la comunicación entre PIC's, se utiliza un registro de nombre PUERTOB para almacenar el valor del puerto B, para luego determinar que es lo que se ha pulsado en el teclado, si es FFh es como que se hubiese pulsado enter del menú es por eso que se lo inicializó con valores que no afecten ni generen la interrupción que se explico con anterioridad, como paso siguiente se revisa el bit 5 del registro si esta en bajo se envía a la subrutina de menú si no se revisa el bit 2 del registro si esta en bajo se envía a la subrutina de set point.

Se a conseguido luego de estos pasos cargar valores para visualizar de acuerdo con el registro de menú que se haya elegido, se revisa de cada uno de los registros su correspondencia mediante comparaciones es así que: si se utiliza o ingresa al menú general su valor es cero y asignará el valor de color y se saltará a una subrutina de operación de color, si el valor es uno se selecciona temperatura con lo cual se salta a la subrutina de operación temperatura luego si el valor es de 2 se obtiene la de velocidad con lo cual se salta a una subrutina de operación de velocidad, de la misma manera si el valor de comparación es 3 se salta a la subrutina de operación de anchos y como último paso se encuentra la

subrutina de color en el menú al comparar con 4, después de cada comparación los saltos que realizan el primer valor y el último son directo a una rutina de visualización en cambio los otros saltan a una rutina de DISPLAY que no es mas que cambiar el valor obtenido a BCD con lo cual se saltará a la rutina de visualización y luego empezará nuevamente el programa desde INICIO, el cual se encuentra luego de las configuraciones y carga de registros iniciales.

#### 4.4.2 PROGRAMA PRINCIPAL DE CONTROL

El programa de control se lo realizó de una forma más versátil y con más subrutinas de operación ya que así el programa lo amerita, se comenzó asignando los registros de operación se configuró los puertos de acuerdo con lo ya señalado y se realizó la configuración de la comunicación, la conversión análoga con los 10 bit y la utilización de los dos timer:

La conversión análoga se la hizo como parte del programa principal ya que se necesitaba los datos de temperatura y nivel por lo que el primer canal se lo habilito con el ADC00 colocando b'01000001' que indica que la conversión se relajará a 1/8 de la frecuencia de oscilación y con los tres últimos bit se escoge el canal, canal 0 para temperatura y los canales 1, 2,3 para los tres datos de nivel.

Como paso siguiente se llama a una subrutina de lámparas que comprueba el buen estado de las mismas de ser el valor inferior a 4 lámparas la subrutina de lámparas para el sistema y no permitirá laborar ya que no cubriría con las necesidades del calentamiento de la fórmica para su doblado y se trisaría de igual forma se verifica si el registro de emergencia se encuentra en FFh si es así llama a una subrutina que parará completamente la maquinaria.

Después de haber pasado por estas pequeñas seguridades se llama a un subrutina de tolerancia que permite marcar valores máximos y mínimos en los cuáles puede trabajar cada una de las variables de control, se llama también a la subrutina de temperatura que con ayuda de los valores de tolerancia y un cruce



por cero determina el valor del ángulo de disparo que encenderá las lámparas manteniendo así el nivel requerido de temperatura.

Antes de seguir se verifica la seguridad del puente de nivel si esta en los parámetros correctos y no se encuentra activada seguirá su camino a una subrutina de nivel que modifica el puente de manera que se ajuste al aglomerado que se ha introducido en la postformadora, pero si no cumple el final de carrera esta presionado apagará el motor de nivel y se debe ajustar nuevamente el puente de forma manual ya que el diseño mecánico es empírico no se podría garantizar al hacerlo automáticamente.

Como paso a seguir se encuentra con un subrutina de velocidad la cual regula mediante el valor del set, el del tacómetro y los niveles de tolerancia, el tiempo necesario para el calentamiento de acuerdo con la gama, se tiene una subrutina de posición que ajusta el puente de tal forma que doble en 90 o 180 grados la fórmica, el motor se detendrá cuando llegue a activar el correspondiente final de carrera de acuerdo con su elección, como paso final se colocó un final de carrera al ser activado encenderá un ventilador a la salida de la fórmica evitando con esto que el material salga con excesivo calor y queme las manos de los trabajadores luego de esto el programa volverá al INICIO.

## **4.5 EXPLICACIÓN DE LAS SUBROUTINAS DE LOS PIC's**

### **4.5.1 SUBROUTINAS DE HMI**

Dentro del programa se tiene las siguientes subrutinas:

- Rutina de menú
- Rutina de set
- Subrutina opecolor
- Subrutina operatemp
- Subrutina operavelo
- Subrutina operancho

- Subrutina operaposición
- Subrutina de asignación
- Subrutina operatemp
- Subrutina operavelos
- Subrutina operanchos
- Subrutinas valorin
- Rutina de display
- Rutina visualizar
- Subrutina ojo
- Subrutina de interrupción
  - Subrutina externa
  - Subrutina de transmisión
  - Subrutina de recepción

#### 4.5.1.1 Rutina de Menú

Para facilidad de programación se utiliza un registro de nombre PUERTOB el cual es un espejo del PORTB del PIC y actualiza sus valores al generarse una interrupción externa del teclado.

La rutina menú se ejecuta cuando con la ayuda del teclado básico se elige el menú principal por medio del bit 5 del PUERTOB. Como primer paso enciende el indicador de menú y apaga el indicador de set para luego comprobar el estado de los bit 6 y 7 del registro PUERTOB los cuales permiten saber si incrementa o decremento el registro menú, el bit 6 indica que debe decrementarse el registro MENÚ mientras que el 7 indica lo contrario, si al decrementarse el registro menú tiene un valor de FFh se le asignará inmediatamente el valor de 4h permitiendo obtener con esto la asignación de valores para las cinco variables, cuando se incrementa el registro menú y tiene un valor de 5 se asigna inmediatamente el valor de cero, luego de este proceso siempre se asigna un uno al bit 6 y 7 del registro PUERTOB para realizar el incremento o decremento una sola vez hasta el momento en el que se pulse nuevamente.

#### 4.5.1.2 Rutina de Set

Se ejecuta cuando en el bit 2 del PUERTO B este un cero, inicia activando el indicador de set y desactivando el de menú, posterior a esto verifica nuevamente el bit 7 del PUERTO B y si esta en un valor cero prosigue a comparar el registro MENÚ si este tiene un valor de cero ingresa a incrementar el registro MCOLOR el cual varia su valor entre 0 y 7 para ejecutar la subrutina de asignación y luego la subrutina opecolors para luego saltar a la rutina de visualización, si menú es igual a uno incrementa los registros de temperatura de set point para aplicar luego la subrutina operatemp y salir a la rutina de Display, si menú indica 2 incrementa los registros de velocidad y ejecuta la subrutina operavelos y salta a la rutina display, al tener menú un valor de 3 incrementa los registros de nivel seteados ejecutando luego la subrutina de operanchos y salta a la rutina display, el último valor de menú es 4 el cual ejecuta la subrutina operaposicion y salta a la rutina visualizar.

Si en el bit 6 del PUERTO B es igual a cero se ejecuta el decremento de los valores y para saber de que variable, se realiza la comparación explicada en el proceso de incremento.

#### 4.5.1.3 Subrutina Opecolor

En esta subrutina se asignan valores a los registros de visualización VIS1, VIS2, VIS3 y VIS4 con lo cual se logra mostrar el saludo correspondiente de HOLA en los displays. La subrutina de OPECOLORS realiza el trabajo indicado en esta subrutina.

#### 4.5.1.4 Subrutina Operatemp

Se asigna los valores análogos de temperatura a los registros DIS1, DIS2 con lo cual se realiza la correspondiente transformación de BCD a 7 segmentos.

#### **4.5.1.5 Subrutina Operavelo**

El número de pulsos que entrega el PIC de control realiza operaciones de acuerdo con el número de dientes del engranaje del tacómetro digital utilizado que es de 32, mediante pruebas se determinó que en una vuelta aproximadamente recorre 58,5 cm con estos datos y realizando operaciones el objetivo es visualizar la velocidad en cm/min. para lo cual se debe multiplicar al número de pulsos por un factor de 10,96 esta operación se realiza multiplicando por el valor entero 1096 y luego dividiendo para 100, luego de este proceso se carga a los registros de DIS1, DIS2 para hacer la correspondiente transformación de BCD a 7 segmentos.

#### **4.5.1.6 Subrutina Operancho**

En esta subrutina con los valores digitalizados de nivel se procede a realizar una división para 10, la equivalencia esta realizada al valor máximo de 10 cm semejante a 1024 decimal del conversor, los valores de este registro se cargan a DIS1, DIS2 para hacer la correspondiente transformación de BCD a 7 segmentos.

#### **4.5.1.7 Subrutina de Operaposición**

Se comienza comparando el registro POSICON que indica el valor en el que se encuentra el puente de doblado, si el registro POSICON es cero asigna a los registros VIS1, VIS2, VIS3 y VIS4 valores para visualizar 90 en los displays, si es igual a FFh se asigna a estos registros el valor de 180 para ser visualizado.

#### **4.5.1.8 Subrutina de Asignación**

Su funcionamiento se basa en parámetros determinados por los fabricantes de acuerdo con la gama de color presente es de esta manera que se asigna valores de set a la temperatura y velocidad, estos valores se cargan en cada uno de los registros asignados para temperatura y velocidad del set de acuerdo con el valor del registro MCOLOR.

#### 4.5.1.15 Subrutina Ojo

Para lograr visualizar la variable elegida en cualquiera de los dos menús se utiliza dos DEMUX de 3/8 los cuales están siempre habilitados requiriendo las señales del bus de datos que corresponden a tres pines del PIC, para el un DEMUX las tres líneas menos significativas del puerto C controlan los datos esto cambia para el otro DEMUX que debe realizar recorridos hacia la izquierda ya que las tres líneas se encuentran en el puerto D (bit's 4,5,6) esta rutina facilita el control del encendido de los 8 LED's de cada DEMUX.

#### 4.5.1.16 Subrutina de Interrupción

En esta subrutina al inicio es necesario guardar los valores del acumulador, del STATUS y del PCLATCH para conservar al momento de terminar a interrupción la ubicación de ejecución del programa, el valor que se encontraba en el acumulador y bits de operación utilizados como el carry y el Z, posteriormente se verifica las banderas de interrupción ya sea externa o serial para atender a la subrutina correspondiente.

##### 4.5.1.16.1 Subrutina Externa

Verifica el funcionamiento del teclado y revisa cada pin del puerto B asignado, dependiendo del pin accionado el programa permite cambiar los valores del registro PUERTO B es así al querer presionar el botón del set previamente se debe pulsar el botón de enter de igual manera se verifica para el menú, si se pulsa el botón de enter el registro PUERTO B se asigna el valor de FFh que posteriormente indicar que se debe visualizar los valores monitoreados.

##### 4.5.1.16.2 Subrutina de Transmisión

Con la ayuda del registro SERIAL1 y comparando en que valor se encuentra este se determina el dato que se va a transmitir, mientras se transmite los datos se desactiva la recepción, los datos a transmitir son 8 que son de set: dos datos de

temperatura, dos de velocidad, dos de nivel, uno de posición, y uno de emergencia, al terminar la transmisión se habilita la recepción.

#### *4.5.1.16.3 Subrutina de Recepción*

Utiliza el valor del registro SERIAL para determinar el dato que se ha recibido, mientras se realiza esta operación se desactiva la transmisión, los datos recibidos son 7 valores: dos de temperatura, dos de velocidad, dos de nivel y un dato de posición. Terminada la recepción se activa la transmisión y envía el primer valor de temperatura con lo cual se tiene una comunicación de manera continua.

### **4.5.2 SUBROUTINAS DE CONTROL**

Dentro del programa se tiene las siguientes subrutinas:

- Subrutina de Lámparas
- Subrutinas de Tolerancia
- Subrutina de Temperatura
- Subrutina de Nivel
- Subrutina de Posición
- Subrutina de Velocidad
- Subrutina de Interrupción
  - Subrutina externa
  - Subrutina del TIMER1
  - Subrutina del TIMER2
  - Subrutina transmisión
  - Subrutina de recepción

#### **4.5.2.1 Subrutina de Lámparas**

Al encender la maquinaria las lámparas de cuarzo empiezan a calentarse, comienza verificando si el ángulo e disparo del TRIAC esta en su mínimo valor, de esta manera se verifica por medio de pines ya seleccionados en el PIC que cada

lámpara este en correcto funcionamiento de no ser así el programa retorna a su inicio hasta que al menos 3 lámparas funciones adecuadamente para si proseguir con la subrutina y el funcionamiento de la maquinaria.

#### **4.5.2.2 Subrutina de Tolerancia**

Permite calcular los límites máximos y mínimos del valor seteado tanto para temperatura, velocidad y nivel, en la temperatura se tiene un rango de 20 grados centígrados, 10 grados más del valor seteado y 10 grados menos del mismo, en la velocidad se tiene de igual manera 20 cm/min. de rango de variación lográndose ubicar 10 hacia arriba o hacia abajo del valor seteado y en el nivel el rango de variación es de 6mm

#### **4.5.2.3 Subrutina de Temperatura**

Verifica si se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos del valor seteado, al estar sobre el límite máximo el ángulo de disparo del TRIAC alfa es igual a 144 grados, si se encuentra bajo el límite mínimo se le asigna un valor al ángulo de 5 grados. Al encontrarse dentro de los límites se realiza una comparación entre el valor seteado y el valor monitoreado de tal manera que a este valor se le multiplica el valor de 15 grados y se carga este resultado el ángulo alfa, con esto se consigue incrementar la temperatura de una forma rápida si está bajo el límite mínimo y cuando lo supere se obtiene un control más fino de manera que se ajuste al set, del mismo modo al estar sobre el valor máximo se aumenta alfa a 144 y se regresa al rango donde mantiene su ajuste al set en variaciones de 15 grados.

#### **4.5.2.4 Subrutina de Nivel**

Para ejecutarse esta subrutina se verifica con la ayuda de un final de carrera que en la entrada de la maquinaria se encuentre un aglomerado caso contrario sale de la misma, si se encuentra un módulo en la entrada se procede a verificar que el nivel del aglomerado sea similar o se encuentre dentro de los límites máximo y

mínimo del valor seteado si no es así se actualiza el valor de set y se vuelve a calcular los límites con la ayuda de la subrutina tolerancia, a continuación se verifica el nivel de los dos tornillos de potencia los cuales deben tener una diferencia máxima de 3mm, al no cumplir con esta condición se termina la subrutina apagando el motor lo que indicaría que posiblemente la cadena se rompió.

Si cumple con todo lo establecido se procede a comparar con los límites máximos y mínimos el valor de uno de estos tornillos de potencia si esta sobre el límite máximo se procede a bajar el puente hasta que el valor este dentro del rango de variación, si está bajo el nivel mínimo se procede a subir el puente hasta que logre el rango de operación, se consigue llegar al rango de operación comparando el nivel real con el set y apagando el motor.

#### **4.5.2.5 Subrutina de Posición**

Con ayuda del valor del registro posición se determina si el puente de doblado debe ubicarse en 90 o 180 grados, si el valor de este registro es 00h y adicionalmente se verifica que el final de carrera no esta activado el puente sube, si el valor es FFh y el final de carrera no este activado el puente baja, si los finales de carrera se activan el motor se apaga.

#### **4.5.2.6 Subrutina de Velocidad**

Como primer paso calcula la velocidad en cm/min. con la ayuda de la subrutina operavelocid igual a la ya descrita en el HMI, luego compara el valor real entre los límites máximos y mínimos del valor seteado si el valor se encuentra sobre el nivel máximo y el final de carrera de seguridad de velocidad mínima no esta activado se procede a bajar la velocidad, si el valor se encuentra bajo el límite mínimo y el final de carrera de seguridad de velocidad máxima no esta activado sube la velocidad, en el momento que se ubique dentro del rango de variación se apaga el motor que permite controlar el variador de velocidad mecánico, si se activa cualquiera de los finales de carrera se apaga el motor.



#### 4.5.2.7 Subrutina de Interrupción

En esta subrutina al inicio es necesario guardar los valores del acumulador, del STATUS y del PCLATCH para conservar al momento de terminar la interrupción la ubicación de ejecución del programa, el valor que se encontraba en el acumulador y bits de operación utilizados como el carry y el Z, posteriormente se verifica las banderas interrupción ya sea externa, timer1, timer2 y serial para atender a la subrutina correspondiente.

##### 4.5.2.7.1 Subrutina Externa

Permite sincronizar el ángulo de disparo alfa con la red, para el presente proyecto se lo consigue acondicionando un cruce por cero de la red que entra a la interrupción externa, en esta se carga los valores calculados de alfa al timer 1 el cual contará el respectivo ángulo. Se coloca en valor bajo al pin que genera el tren de pulsos de activación del TRIAC.

##### 4.5.2.7.2 Subrutina Timer 1

Al generarse esta interrupción se procede a cargar los valores al timer para generar pulsos que activen el TRIAC, los pulsos se generan al ir complementando un bit cada que se genera la interrupción.

##### 4.5.2.7.3 Subrutina Timer 2

Permite generar la base de tiempo en la cual se determina el número de pulsos del tacómetro digital de velocidad.

##### 4.5.2.7.4 Subrutina de Transmisión

Con la ayuda del registro SERIALT y comparando en que valor se encuentra se determina el dato que se va a transmitir, mientras se transmite los datos se

desactiva la recepción, los datos a transmitir son 7 (datos monitoreados): dos datos de temperatura, dos de velocidad, dos de nivel y uno de posición, al terminar la transmisión se habilita la recepción.

#### *4.5.2.7.5 Subrutina de Recepción*

Utiliza el valor del registro SERIAL para determinar el dato que se ha recibido, mientras se realiza esta operación se desactiva la transmisión, los datos recibidos son 8 valores: dos set de temperatura, dos set de velocidad, dos set de nivel, un dato set de posición y un dato de emergencia. Terminada la recepción se activa la transmisión y envía el primer valor de temperatura con lo cual se tiene una comunicación de manera continua.

### **4.5.3 SUBROUTINAS UTILIZADAS EN LOS DOS PIC's**

Las subrutinas de operación matemáticas como la resta, multiplicación y división de 16 bits se detallan a continuación:

- Subrutina de resta
- Subrutina de multiplicación
- Subrutina de división

#### **4.5.3.1 Subrutina de Resta**

Esta subrutina realiza restas de 16bits y entrega el carry correspondiente.

#### **4.5.3.2 Subrutina Multiplicación**

Esta subrutina realiza la multiplicación en 16 bits mediante sumas y desplazamientos hacia la derecha.

#### 4.5.3.3 Subrutina División

Esta subrutina realiza la división en 16 bits mediante desplazamientos hacia la izquierda y restas sucesivas.

## 4.6 DIAGRAMA DE FLUJO HMI

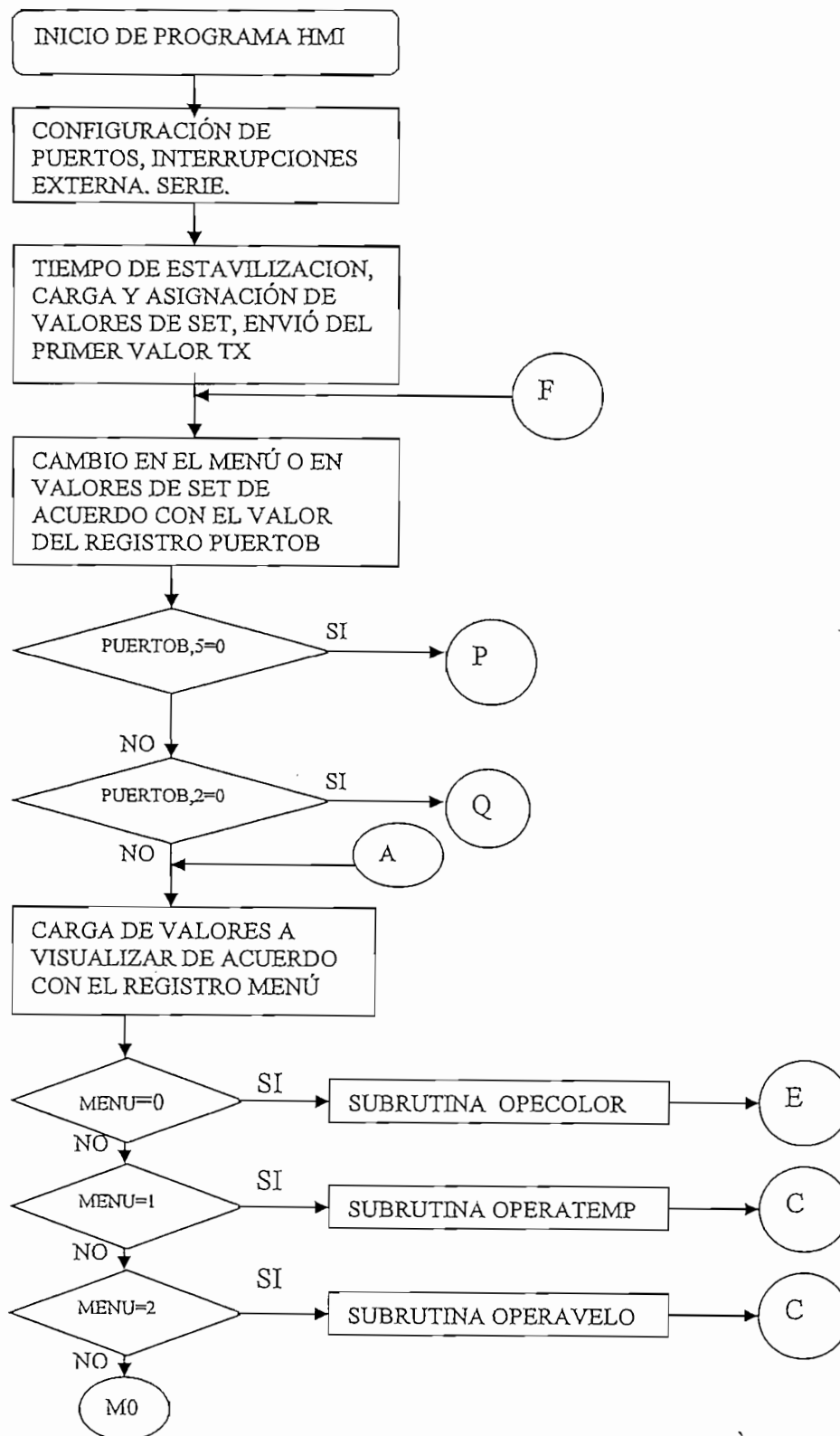


Figura 4.3a Programa Principal del HMI

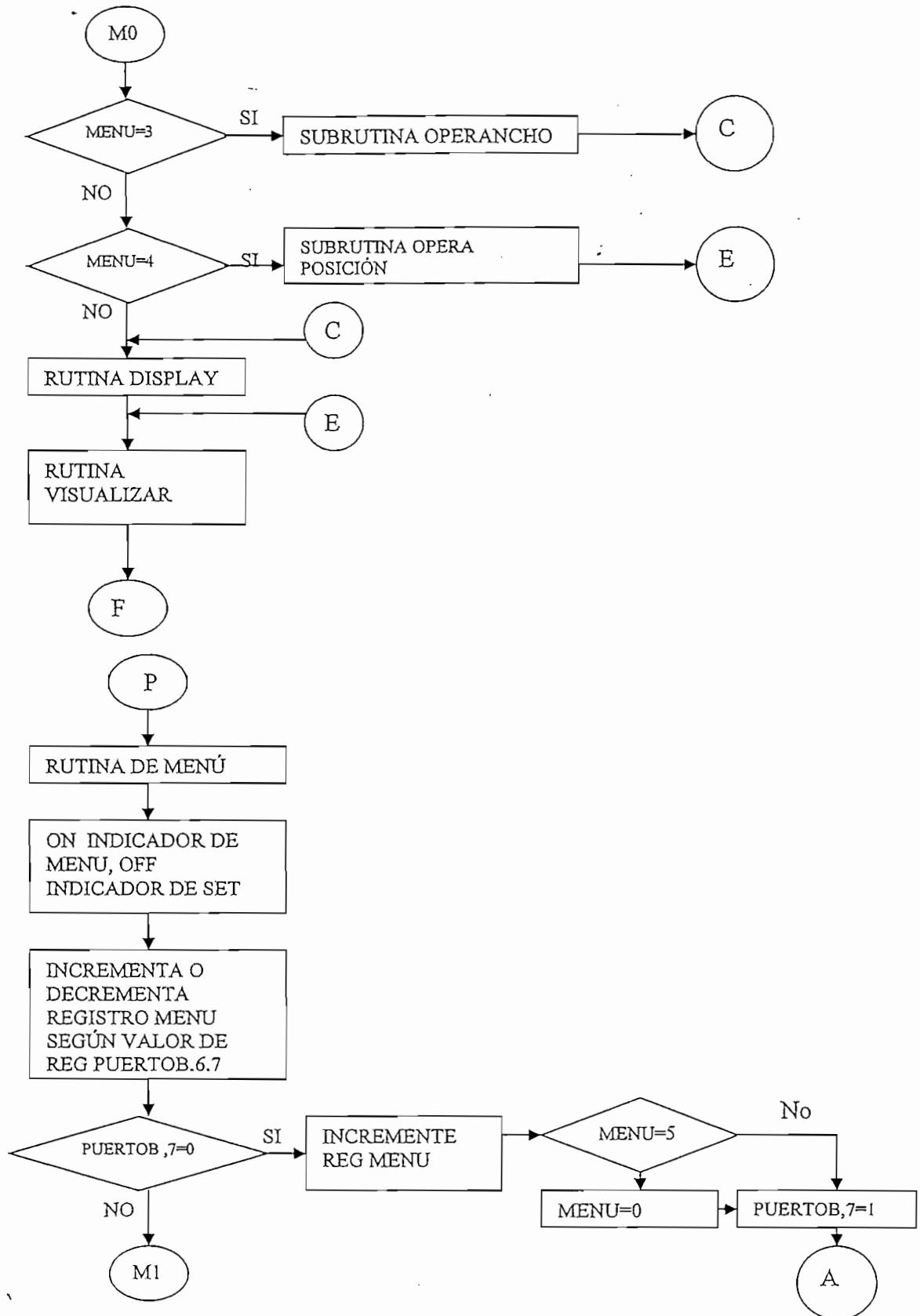


Figura 4.3b Programa Principal del HMI

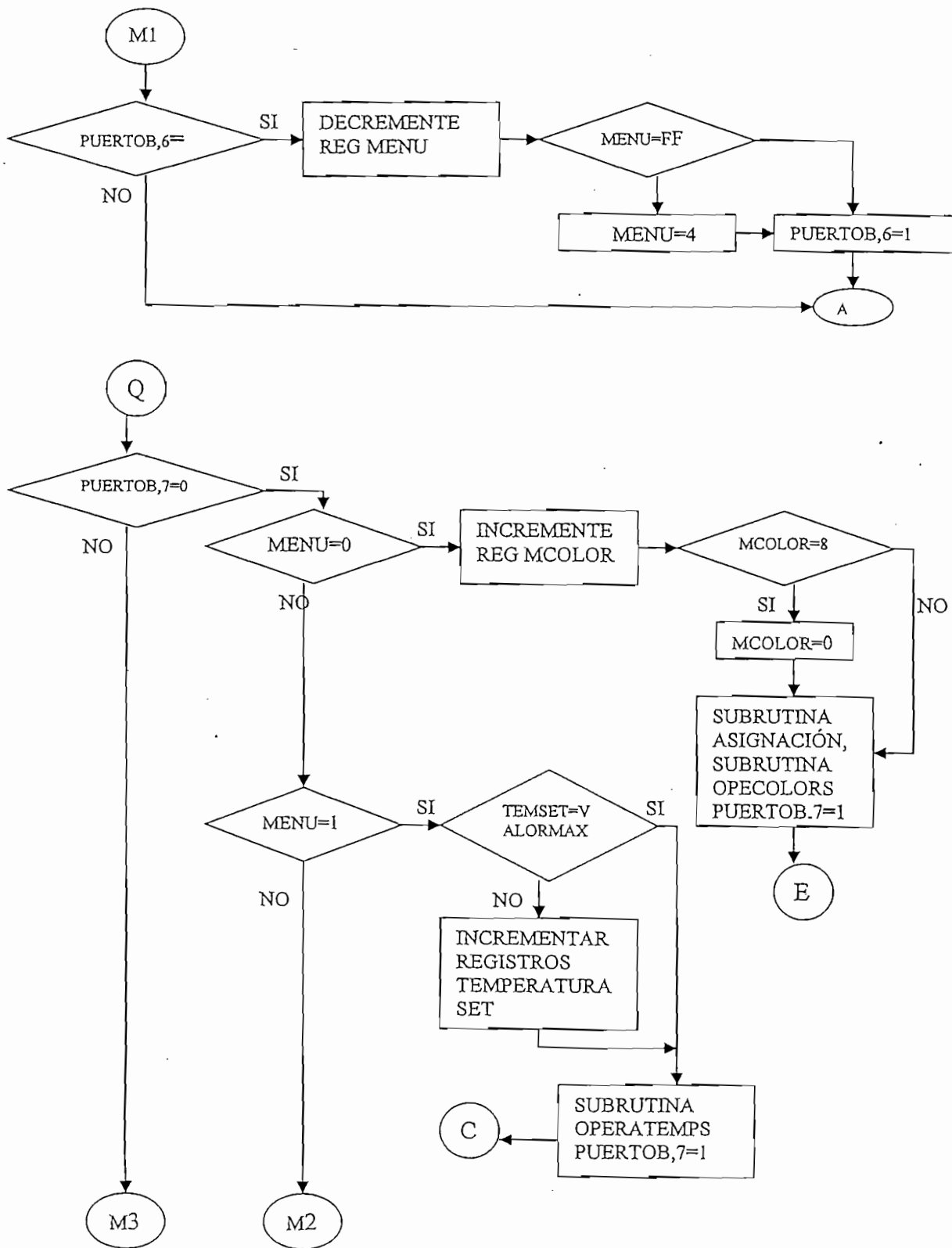


Figura 4.3c Programa Principal del HMI

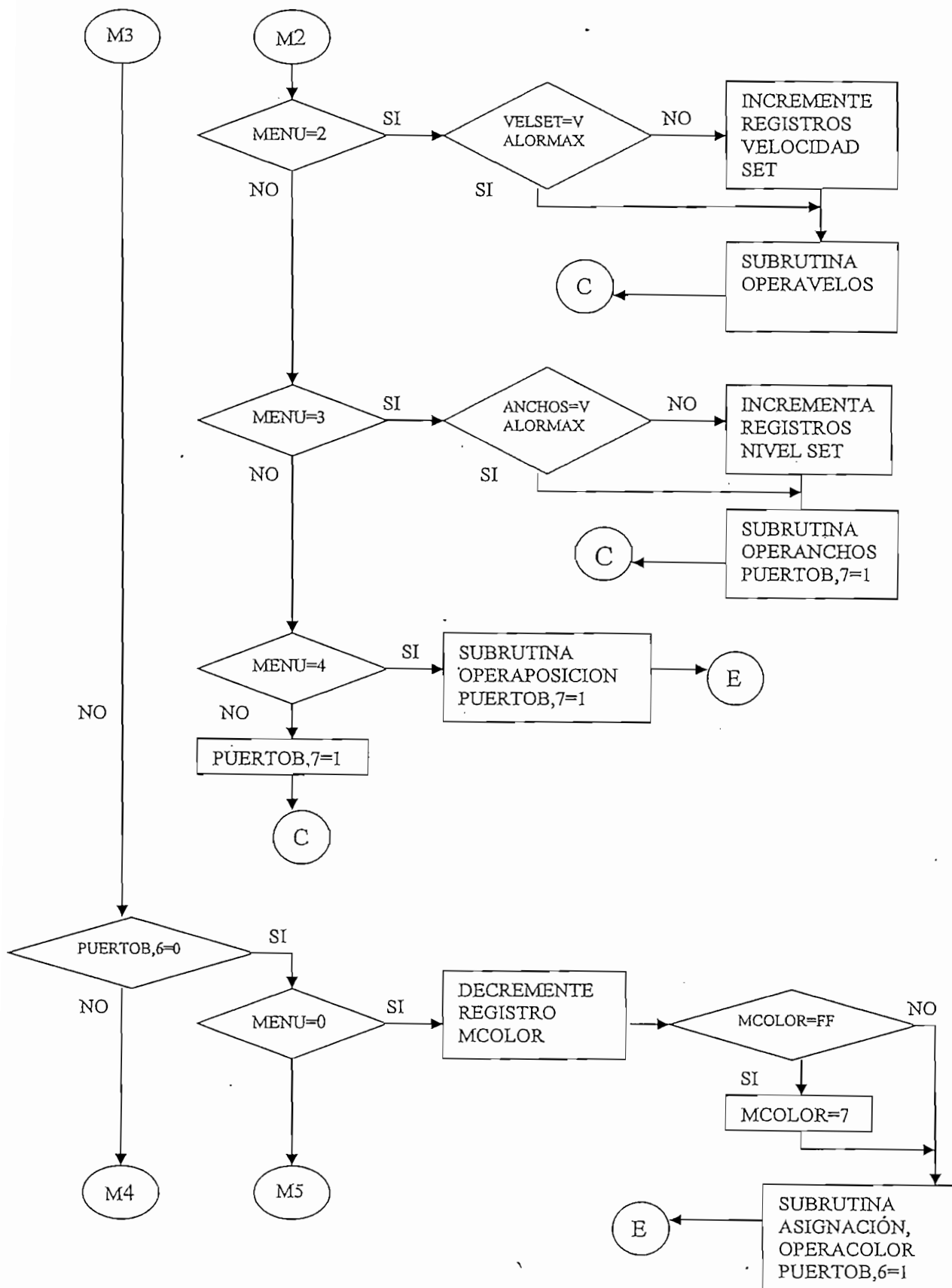


Figura 4.3d Programa Principal del HMI

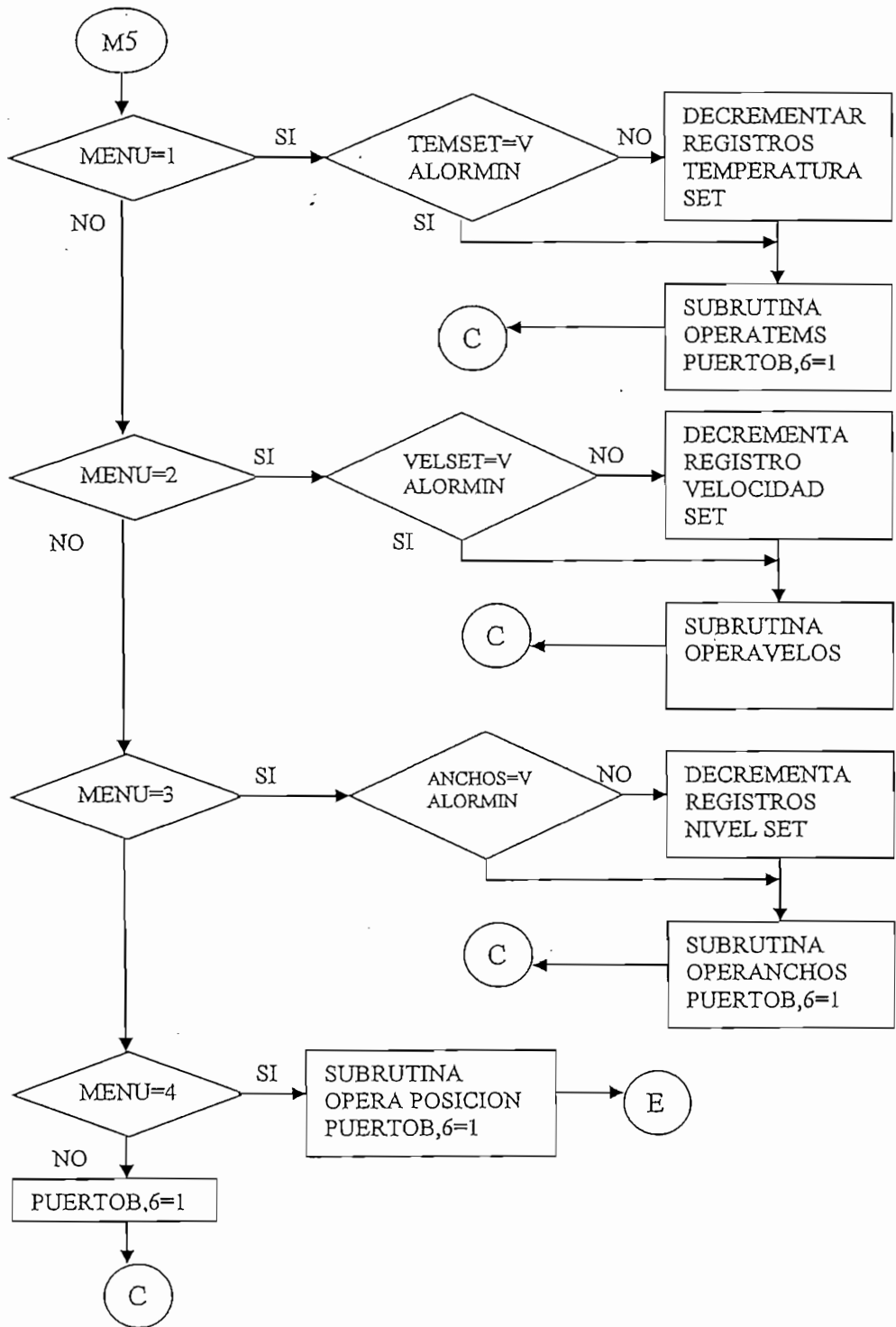


Figura 4.3e Programa Principal del HMI



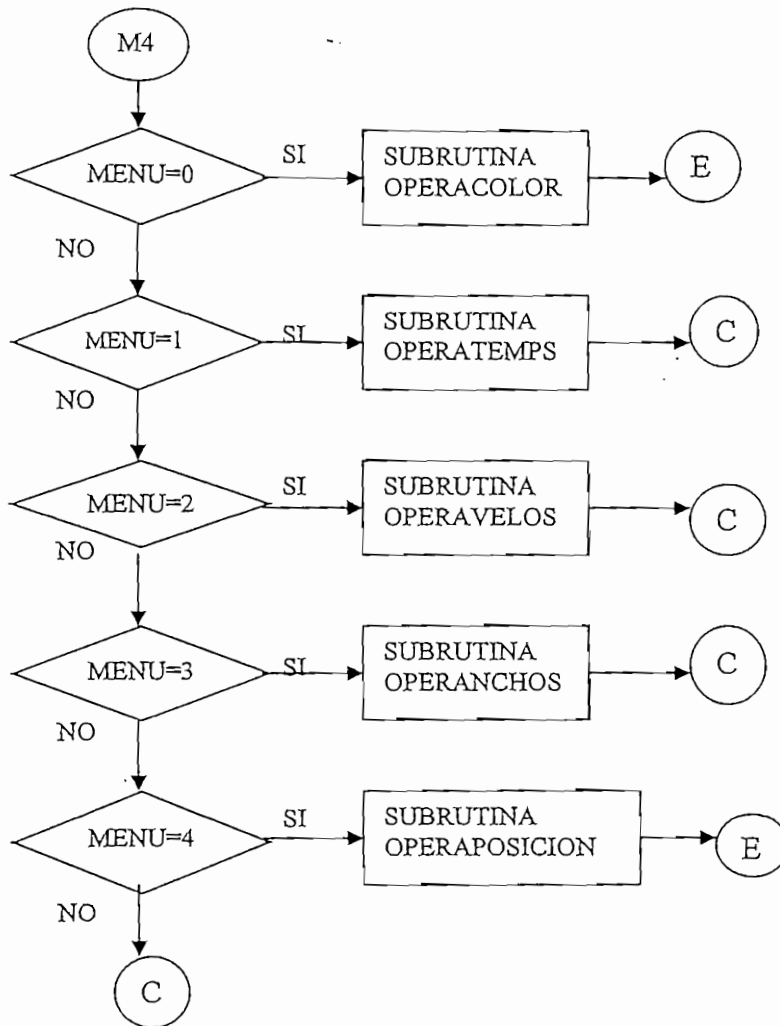


Figura 4.3f Programa Principal del HMI

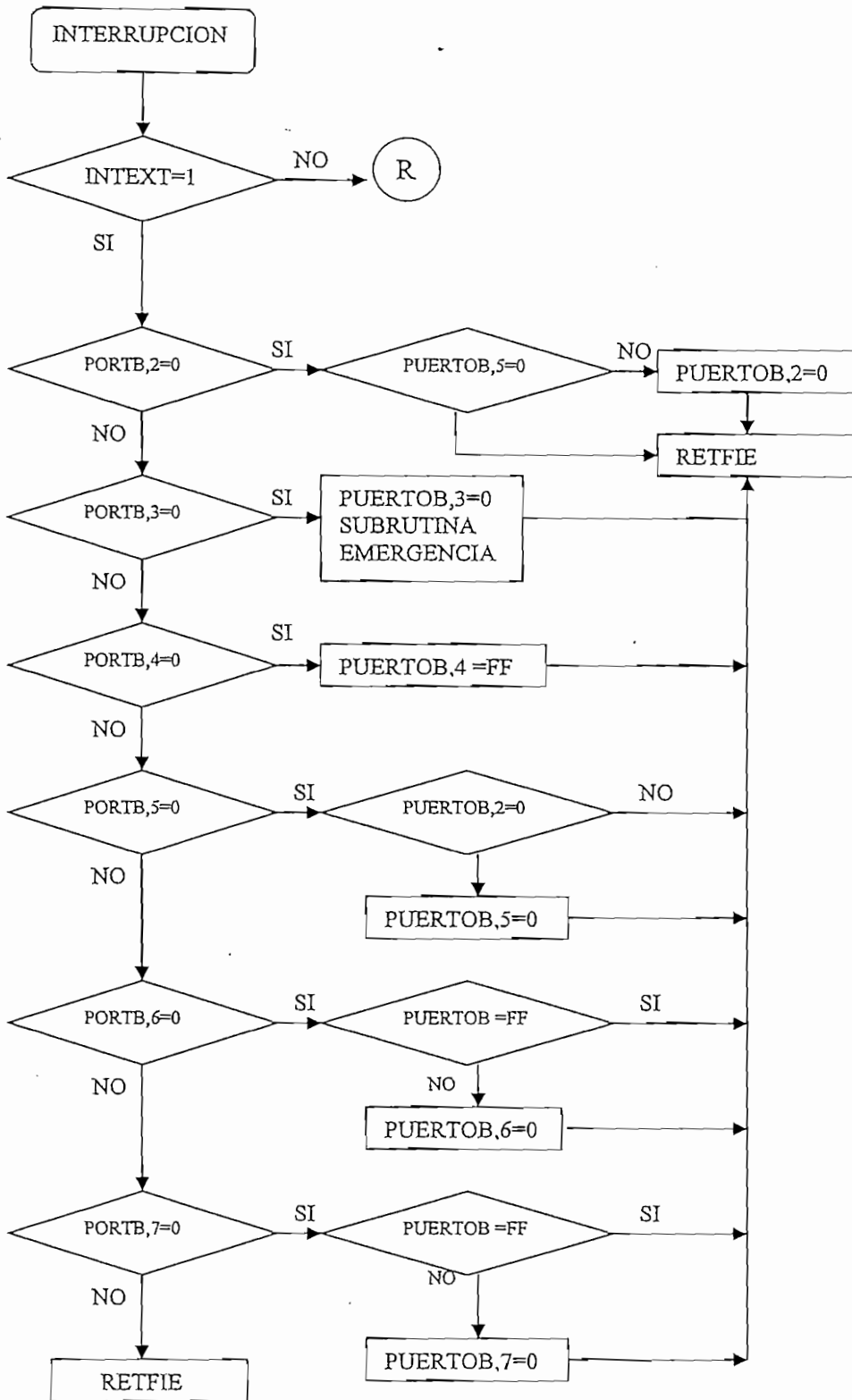


Figura 4.4a Subrutina de interrupción

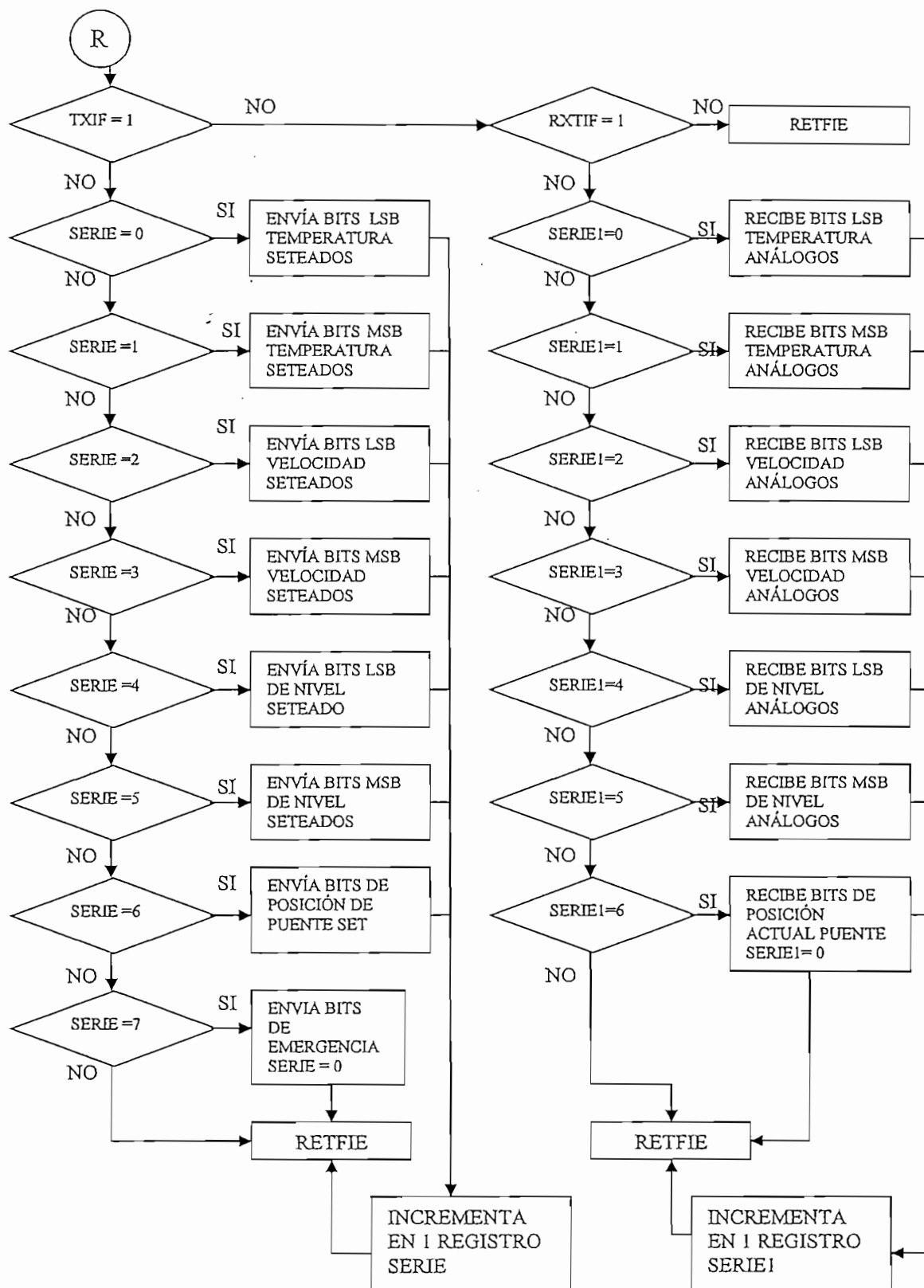


Figura 4.4b Subrutina de interrupción

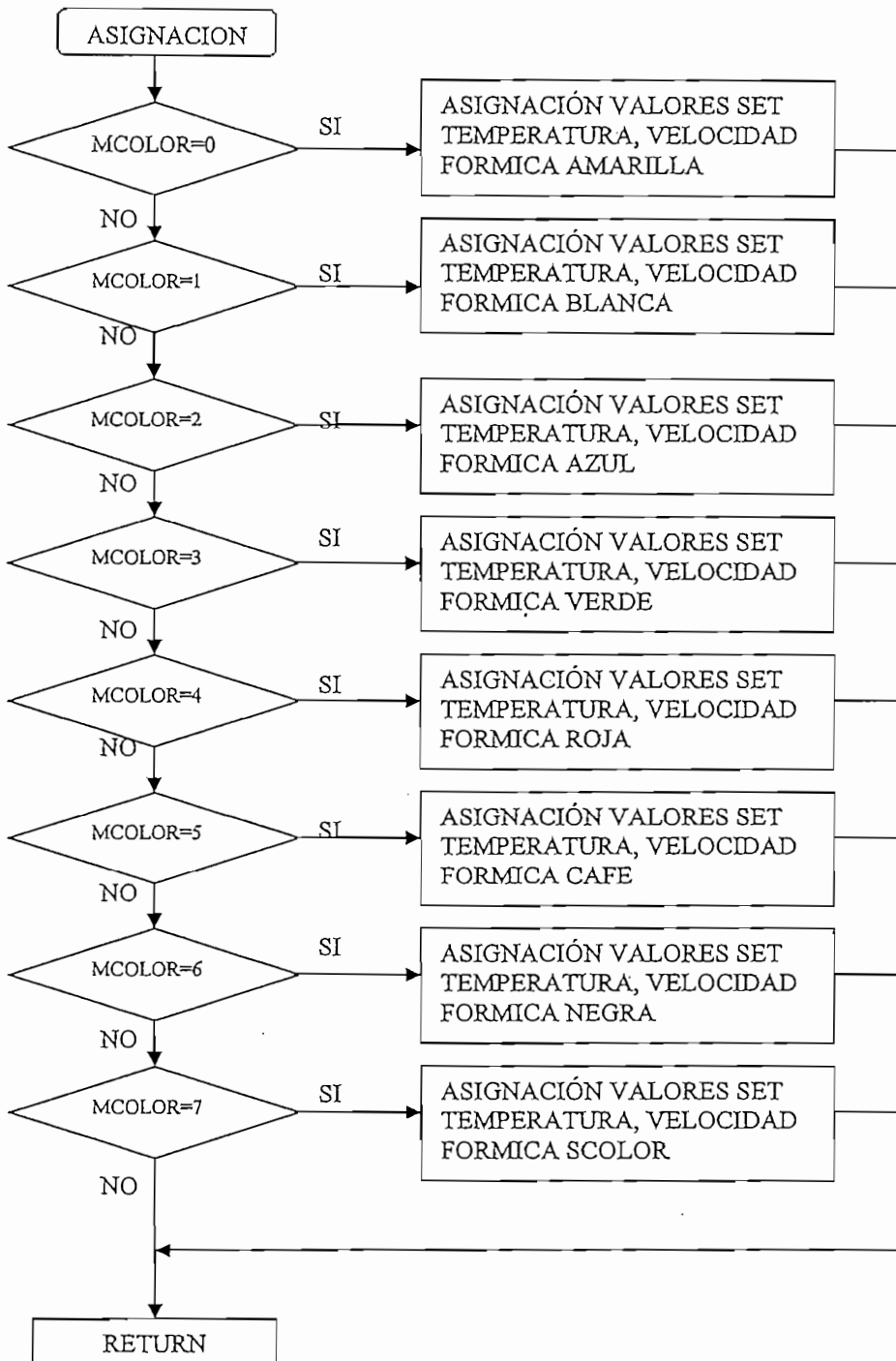


Figura 4.5 Subrutina asignación

## 4.7 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL

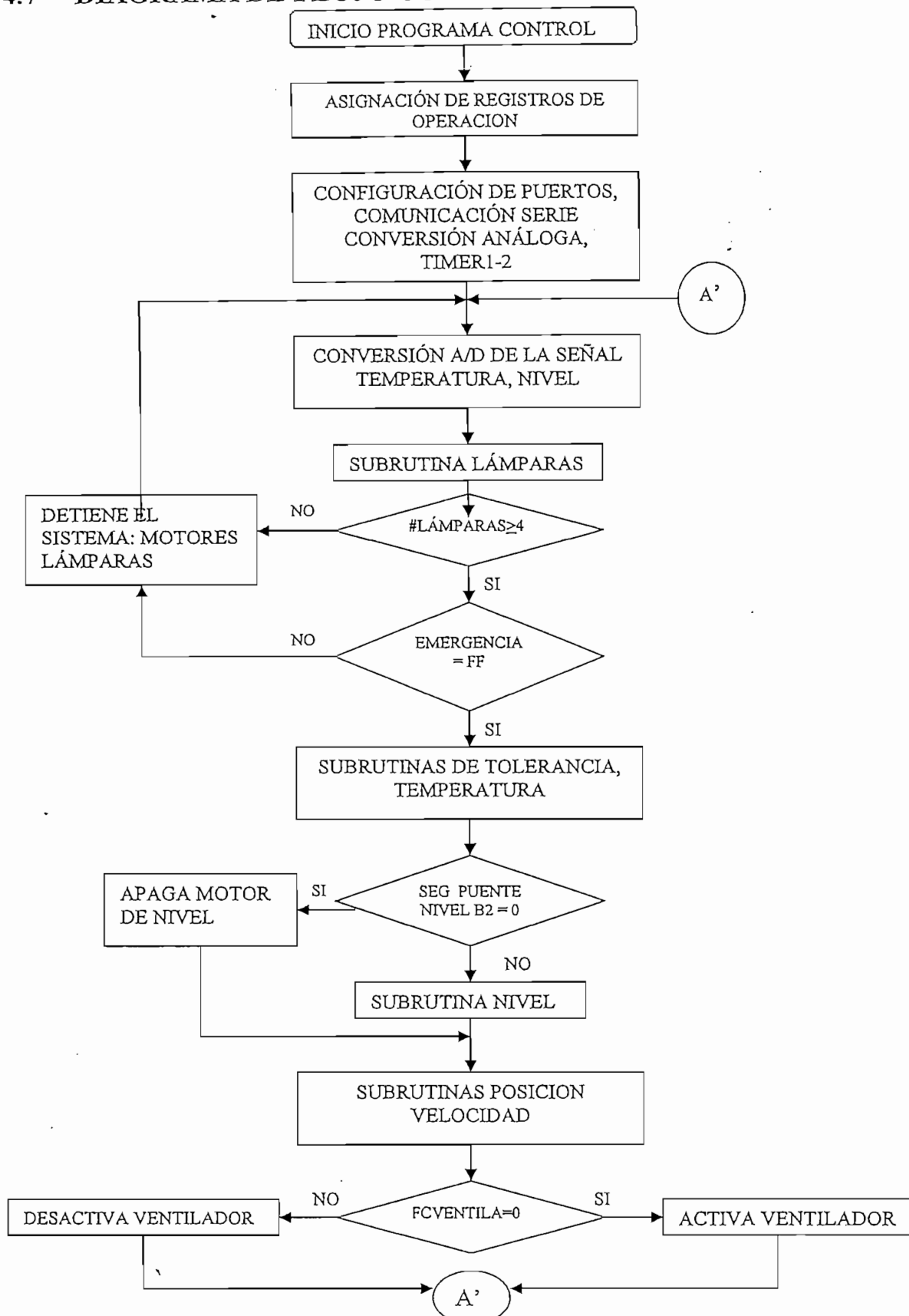


Figura 4.6a Programa principal PIC de control

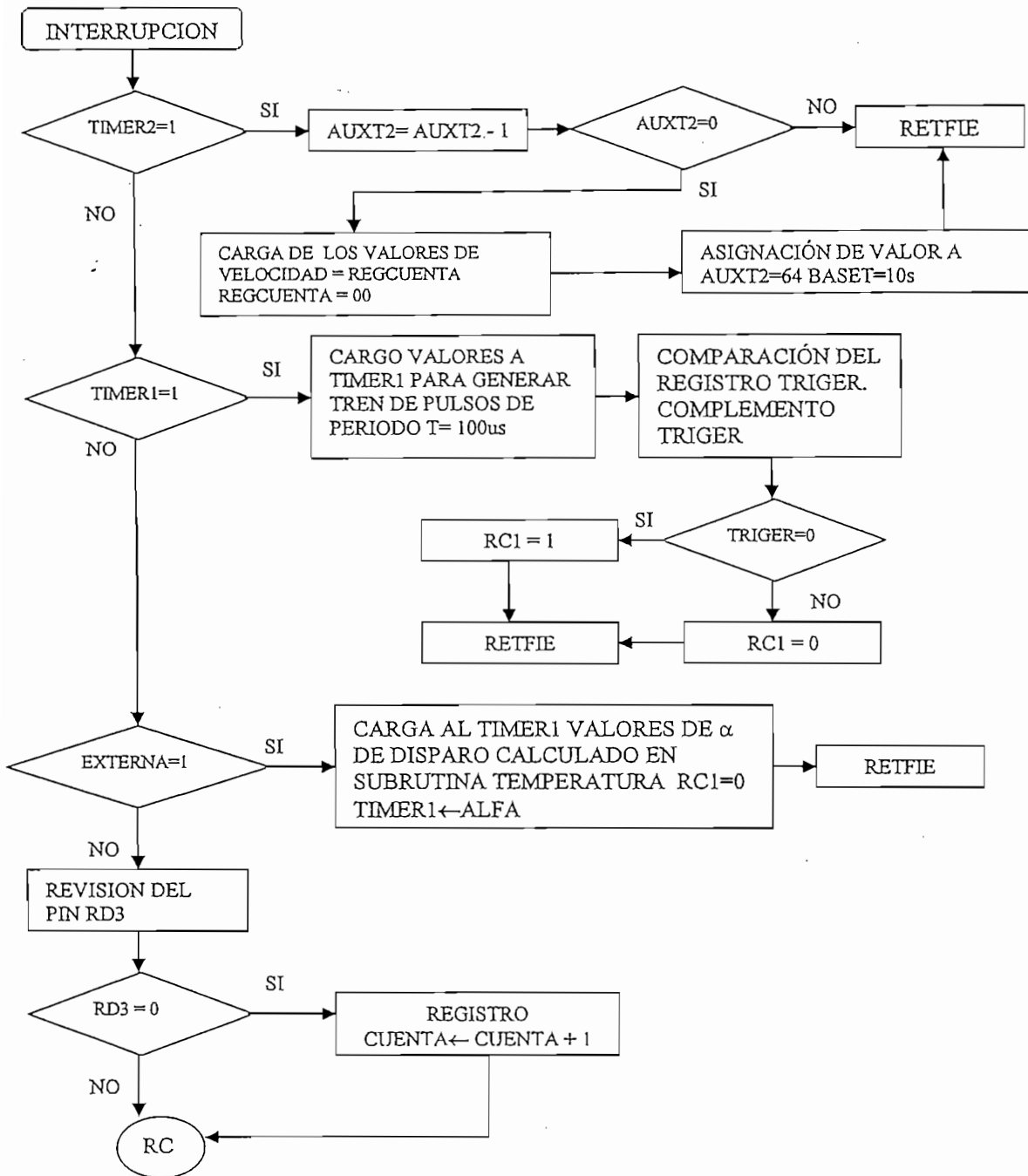


Figura 4.7a Subrutina de Interrupción (PIC Control)

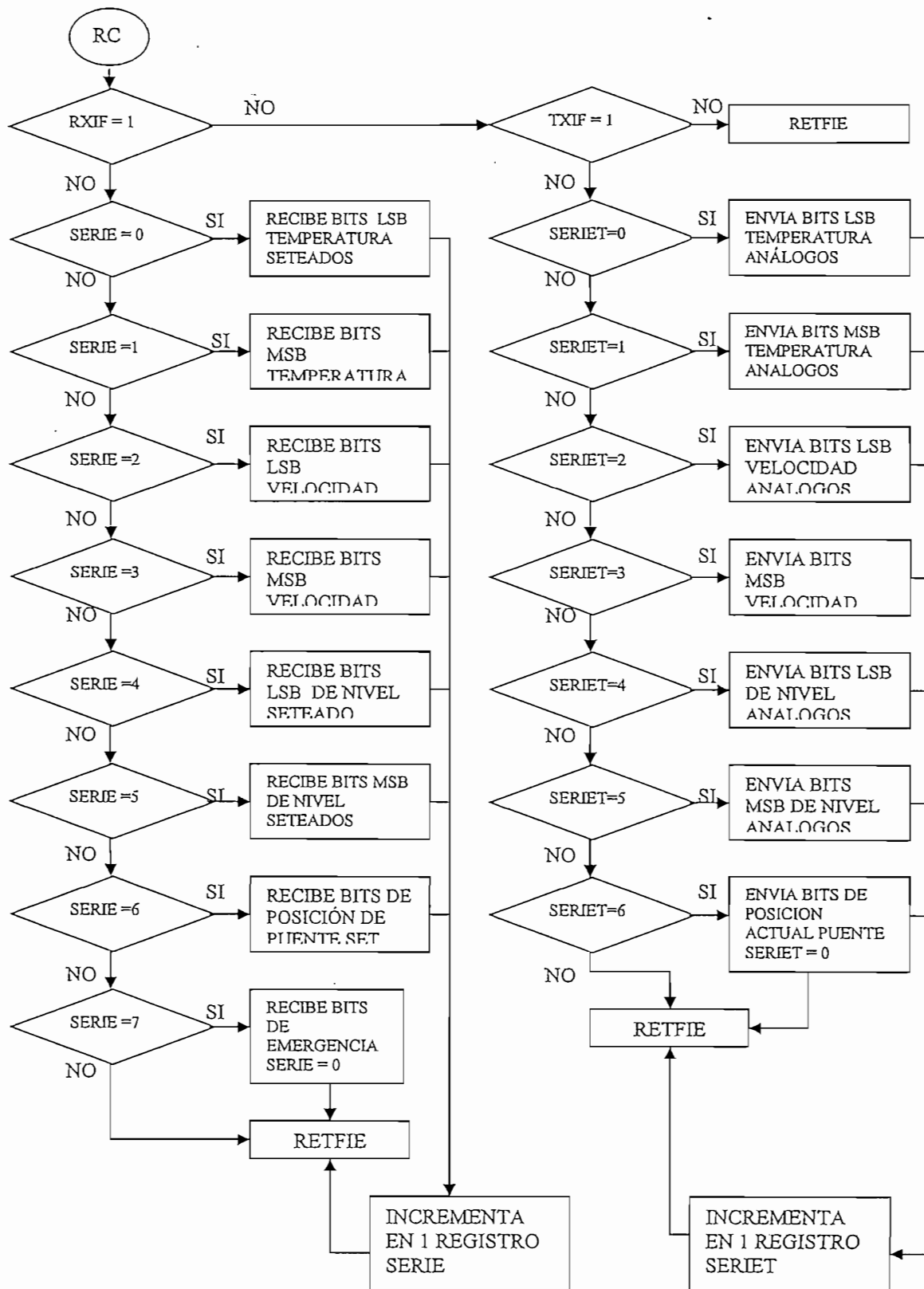


Figura 4.7b Subrutina de Interrupción (PIC Control)

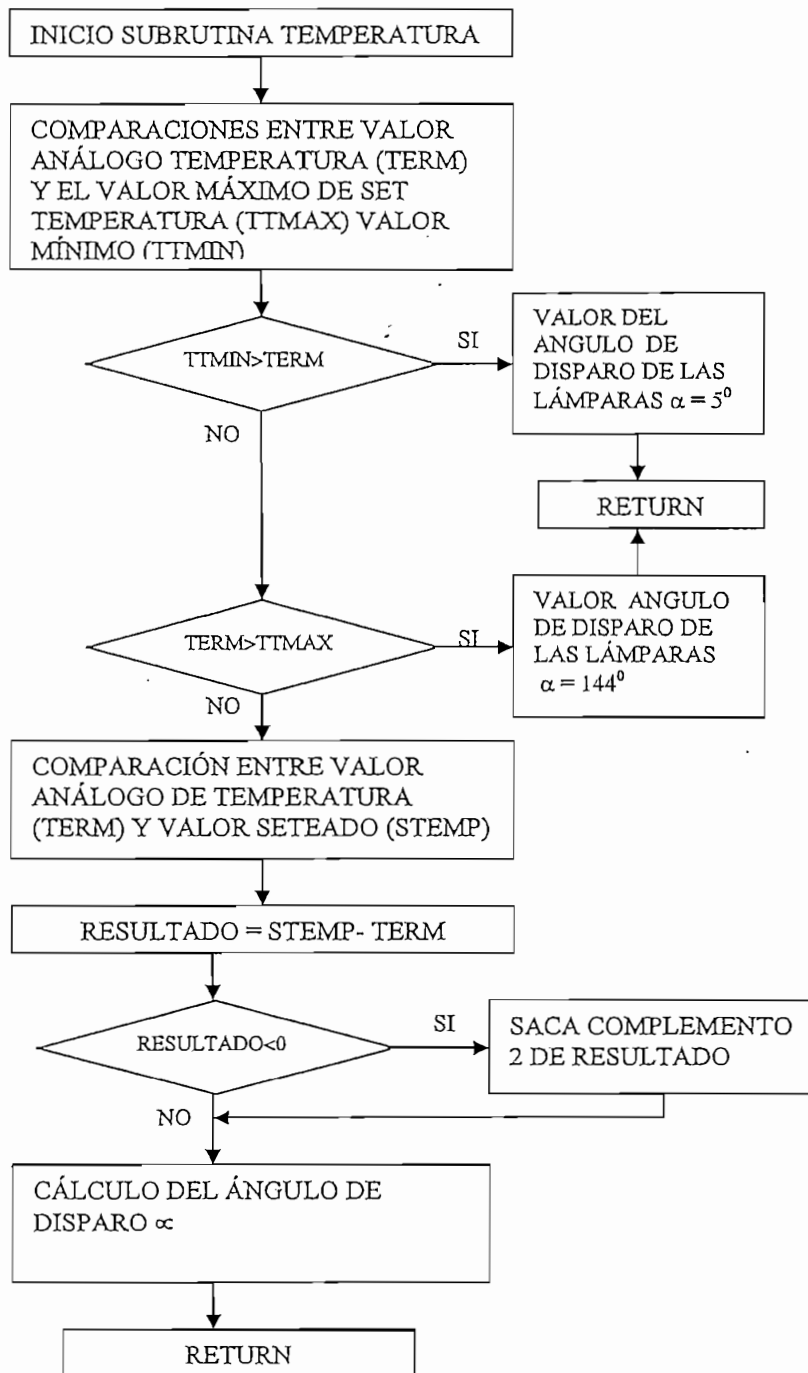


Figura 4.8 Subrutina Temperatura



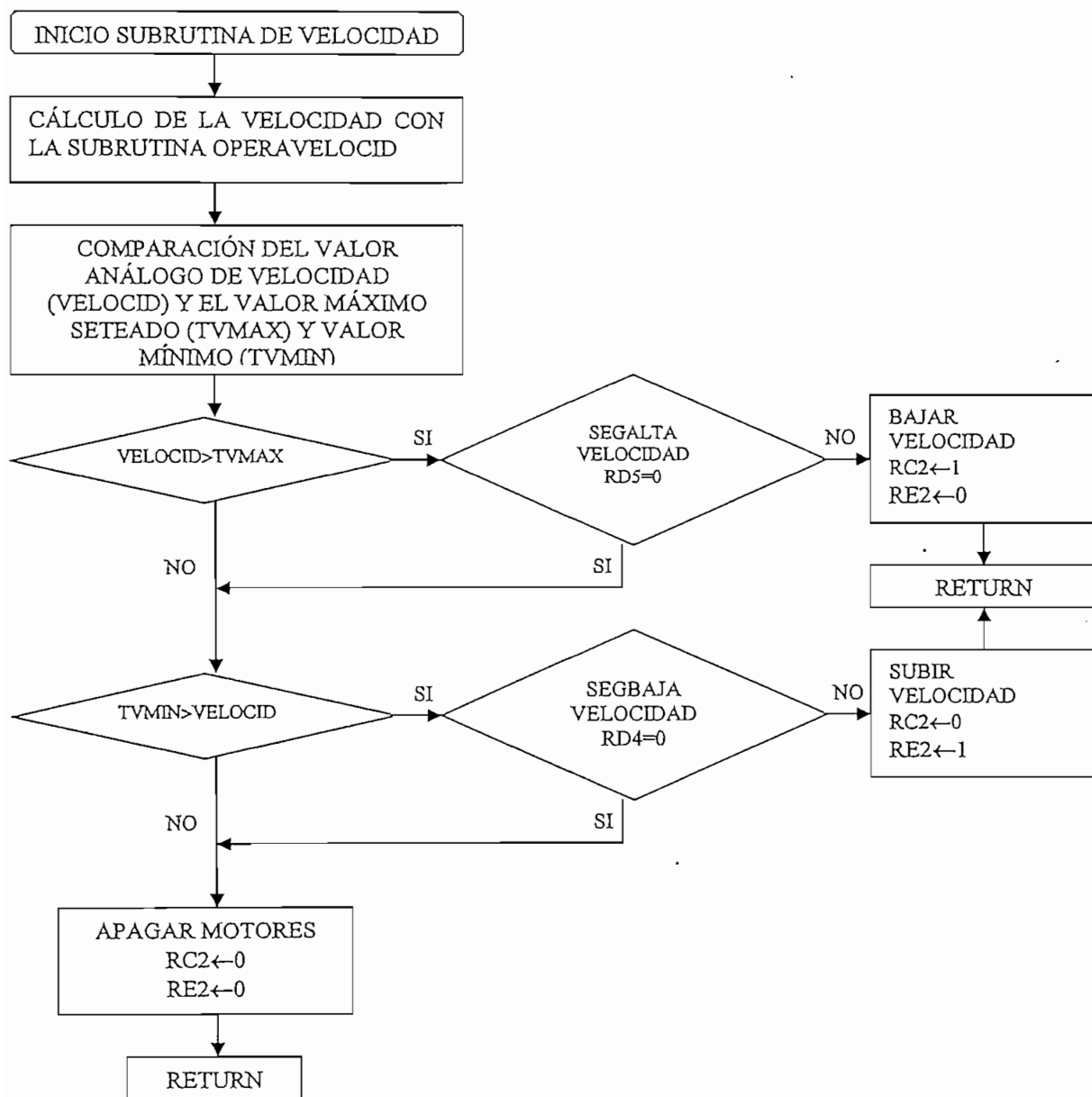


Figura 4.9 Subrutina Velocidad

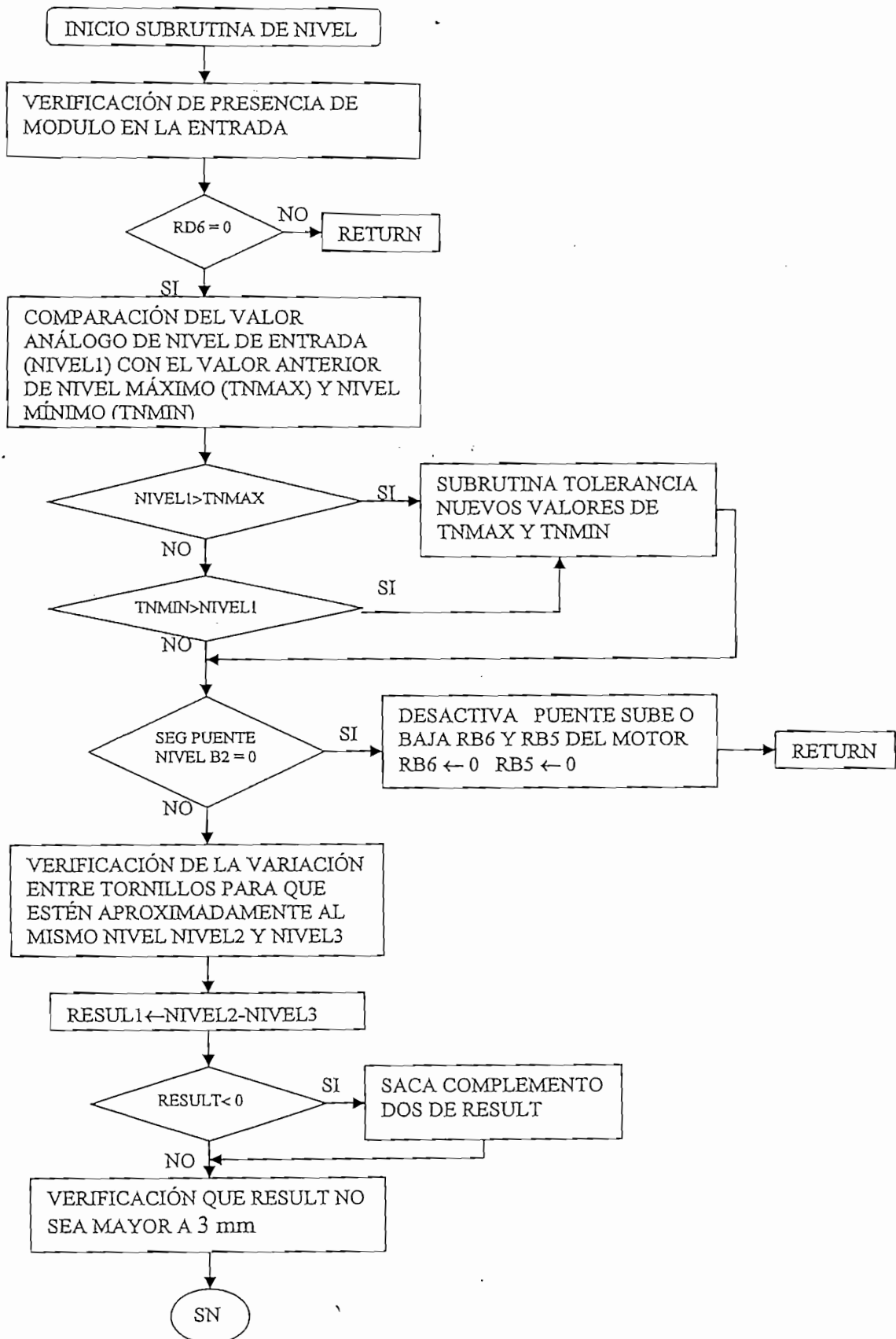


Figura 4.10a Subrutina Nivel

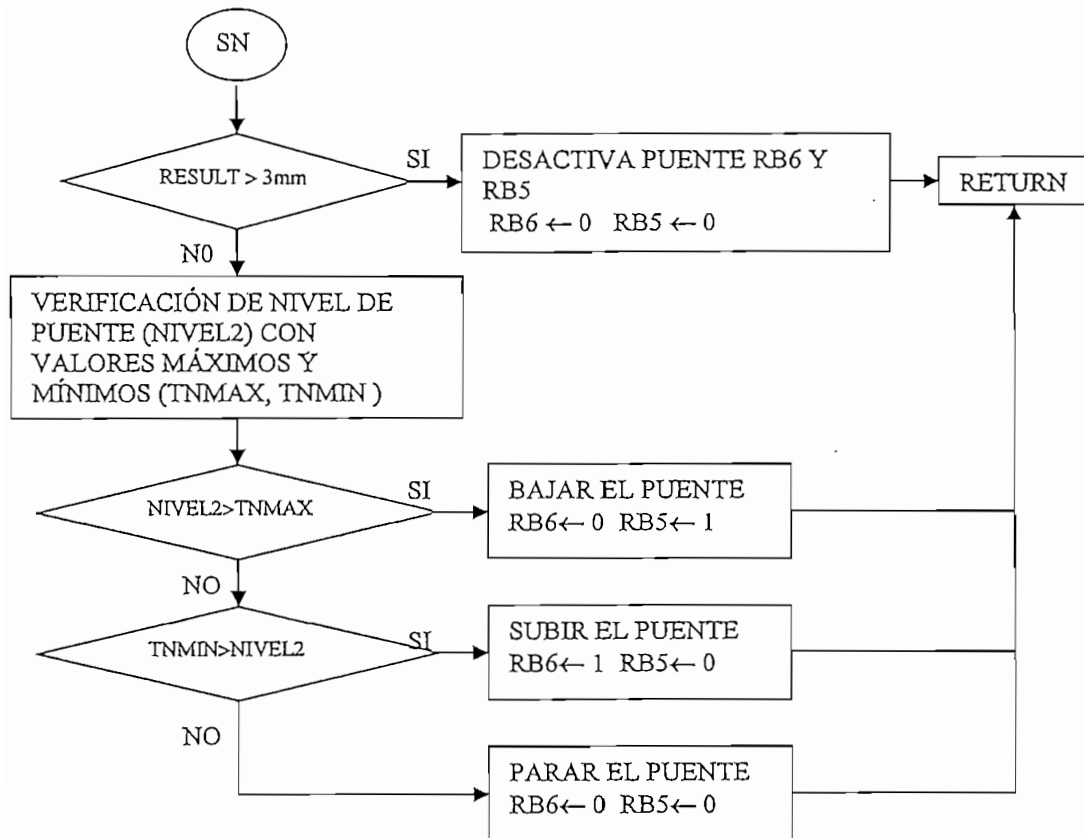


Figura 4.10b Subrutina Nivel

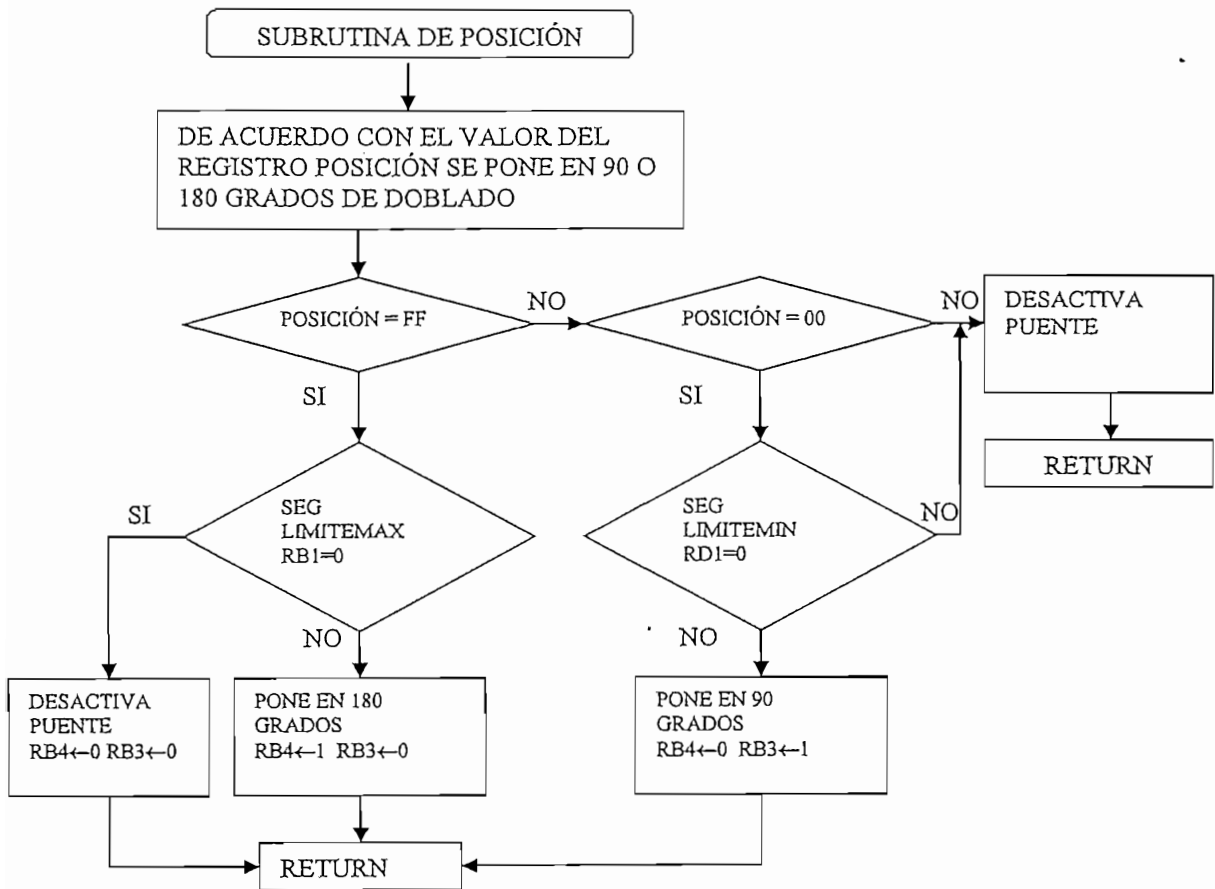


Figura 4.11 Subrutina Posición

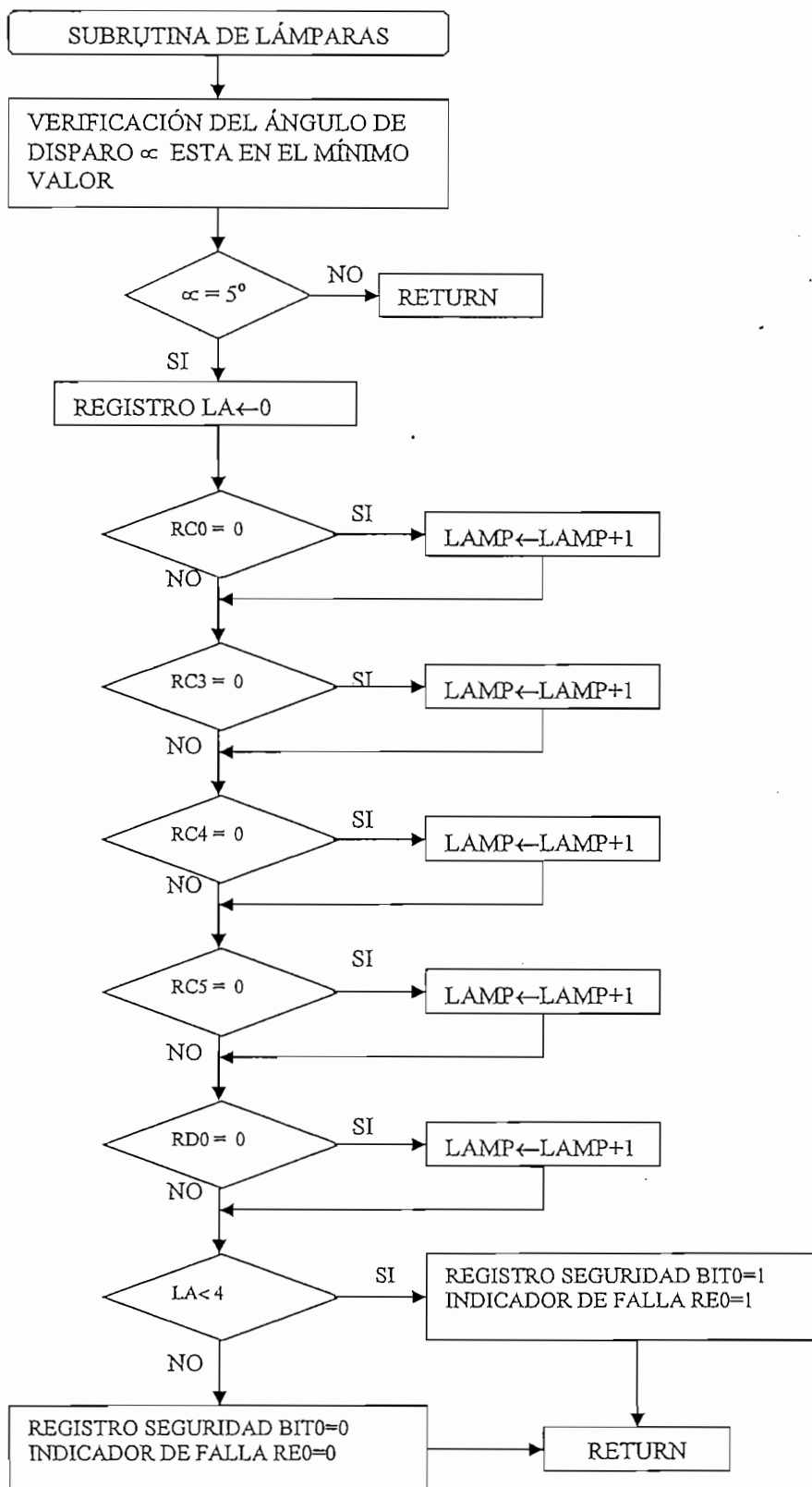


Figura 4.12 Subrutina Lámparas

## 4.8 DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIÓN

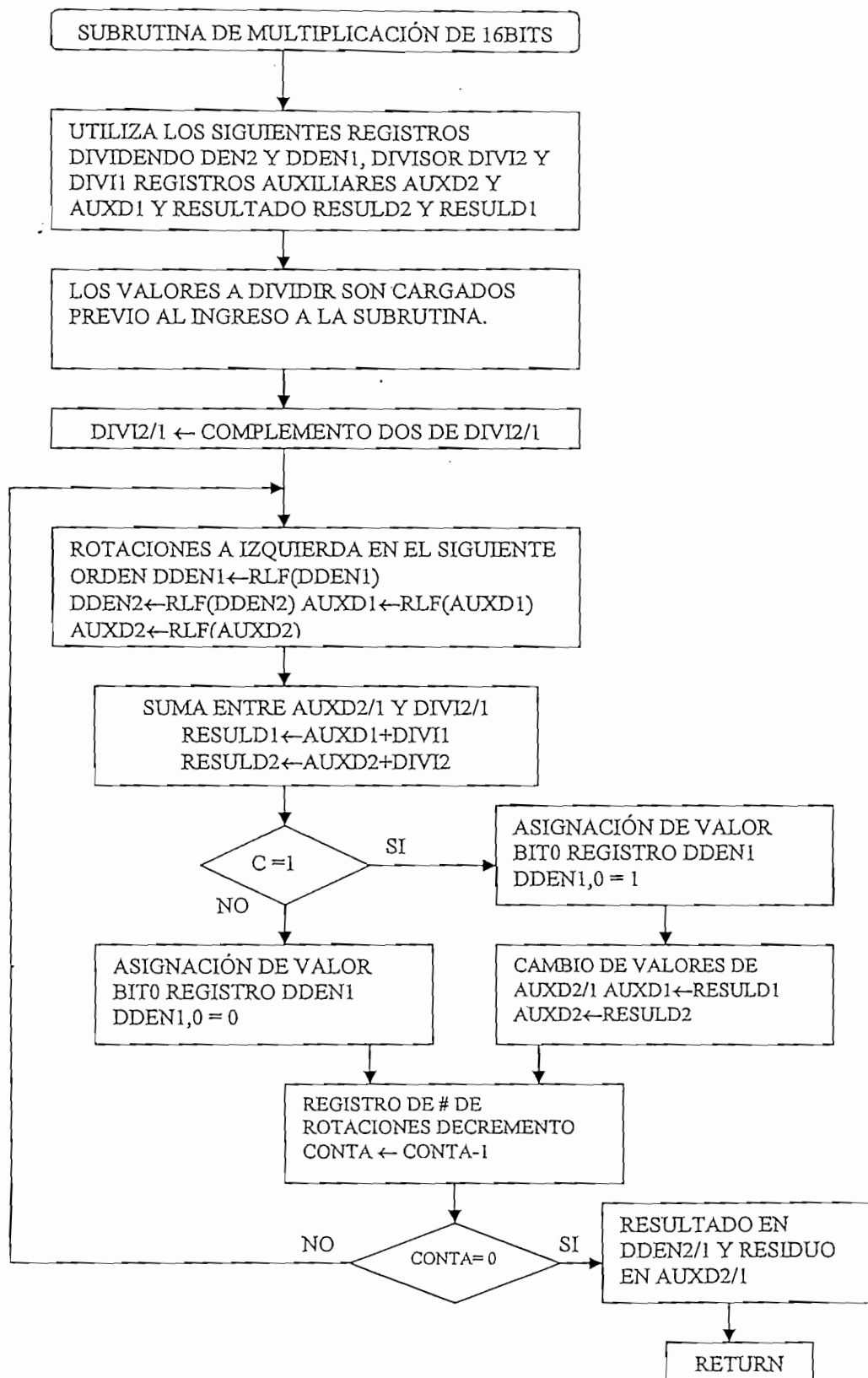


Figura 4.13 Subrutina Multiplicación

## CAPITULO 5

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Dentro del esquema planteado se determina que para el funcionamiento óptimo de la postformadora se debe plantear varios factores que permitirán este resultado, como primer paso esta la capacitación del personal que operara dicha maquinaria, se debe tener en cuenta las facilidades de operación en posibles averías del esquema de control planteado, logrando con esto que la producción no se pare y que el costo de la misma no supere los anteriores valores de gasto establecido, para lo cual se determinaron varios factores que ayudaran en su momento al manejo de la postformadora. Otro de los aspectos que se debe tratar es el análisis económico que represento el construir el sistema de control desde su inicio hasta la finalización de la misma.

#### **5.1 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN.**

Como ya se planteo con anticipación la maquinaria que se automatizó lleva funcionando en forma manual aproximadamente 11 años.

Para entender de mejor manera el trabajo realizado se pondrá a consideración la implementación de la postformadora desde su inicio hasta la culminación del trabajo realizado.

##### **5.1.1 TRABAJO REALIZADO PARA EL NIVEL.**

En un principio se determinó a base de pruebas manuales que los tornillos de potencia presentaban una fricción alta y para su movimiento se necesitaría un motor de mayor potencia del calculado, por este motivo se procedió como primer paso a dar un mantenimiento de los mismos Figura 5.1, luego se colocó rodamientos en la base de los tornillos disminuyendo considerablemente la fricción Figura 5.2.

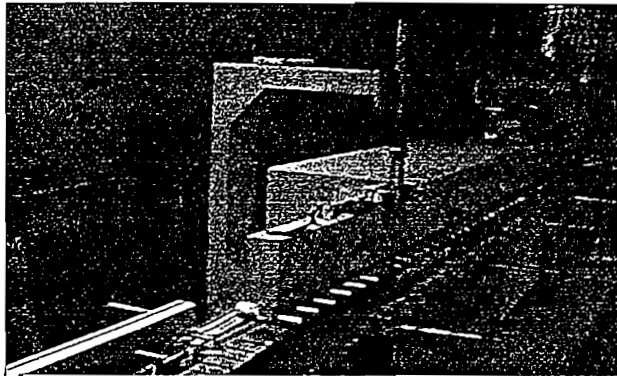


Figura 5.1 Tornillo de potencia

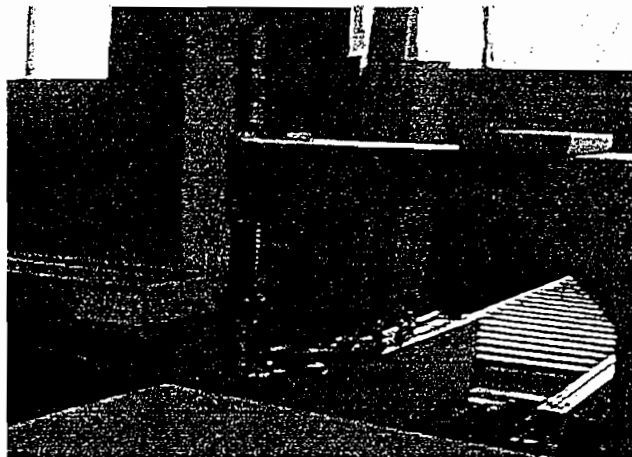


Figura 5.2 Colocación de rodamientos y cojinetes en la base de los tornillos

Realizado este mantenimiento se procedió a instalar el sistema que permite mover el puente de nivel (Figura 5.3) el cual está compuesto por un motor, un variador de velocidad mecánico y un moto reductor. En un principio se pretendió obviar el uso del variador de velocidad mecánico, sin embargo pese a que el reductor tiene una relación alta la velocidad con la que se movía el puente era muy elevada debido a que el motor que se tiene a disposición es de 3450 RPM, por esta razón se utilizó el variador de velocidad mecánico el cual para su funcionamiento se encuentra en su relación más alta disminuyendo así considerablemente la velocidad y permitiendo que el puente se ajuste a una velocidad adecuada.



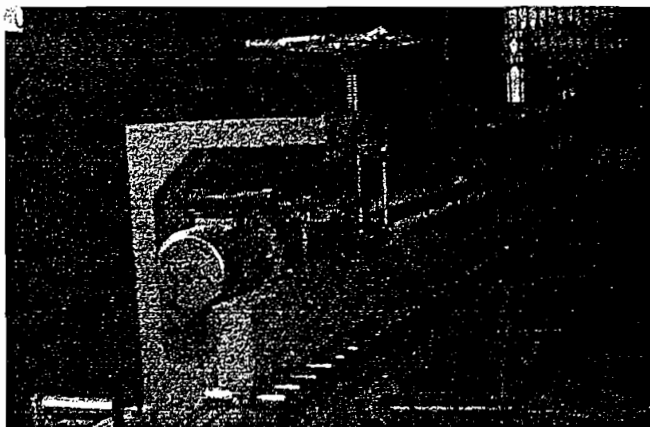


Figura 5.3 Instalación del sistema de movimiento del puente de nivel

Para unir el sistema de movimiento con los tornillos se utilizó cadenas tanto entre el eje del moto reductor y el primer tornillo (Figura 5.4) como para enlazar los dos tornillos de potencia (Figura 5.5), en la cadena que une los dos tornillos se hizo necesario la utilización de rieles para evitar que esta se cuelgue debido a la longitud de la misma (Figura 5.6) y al peso de esta, las rieles permiten soportar el peso de la cadena de tal forma que la fuerza que debe realizar el sistema de movimiento disminuye.

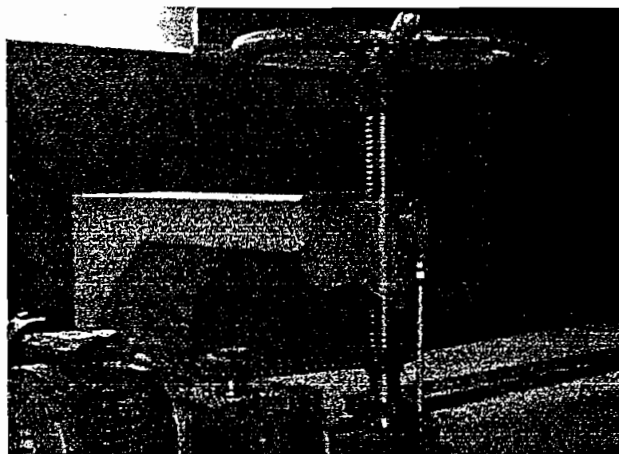


Figura 5.4 Unión entre el tornillo de potencia y el eje del moto reductor

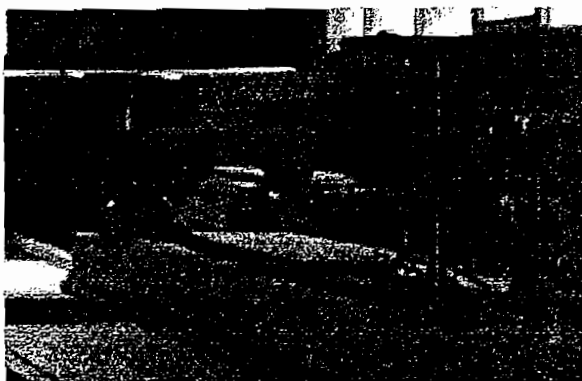


Figura 5.5 Enlace entre los dos tornillos de potencia

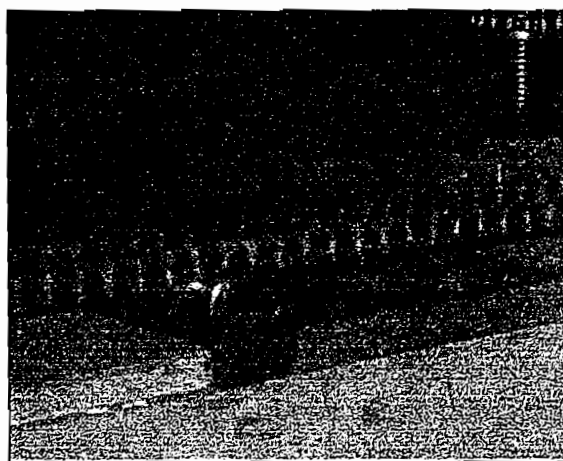


Figura 5.6 Rieles de la cadena

Concluidos los trabajos que permiten moverse al puente de nivel se colocó en los tornillos de potencia resistencias lineales de una longitud de recorrido de 6cm, ver Figura 5.7 las cuales permitirán sensar el nivel de los dos tornillos y por consiguiente el nivel del puente de acuerdo con el valor entregado por el sensor de entrada.

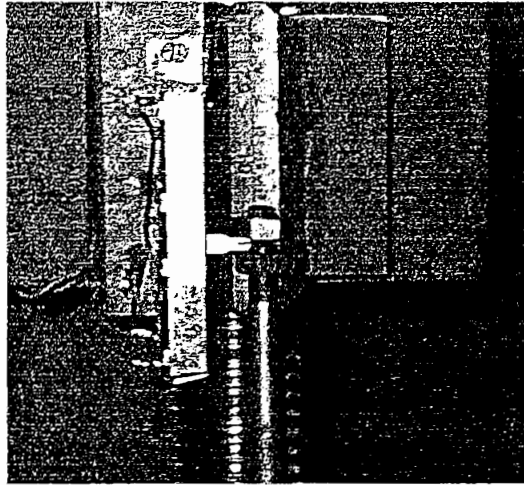


Figura 5.7 Resistencias lineales para sensor nivel

El sensor de nivel en la entrada a un inicio se colocó con un sistema mecánico que permita acoplar un potenciómetro angular como se muestra en la Figura 5.8 el cual facilitaba el movimiento y paso de los aglomerados al inicio de la máquina, sin embargo al realizar las comparaciones de las señales se producían errores ya que se comparaba una señal lineal con una señal angular, por lo que el puente de nivel no se ajustaba correctamente al valor del ancho del aglomerado. Al querer linealizar la señal del potenciómetro angular se determinó que se debe utilizar una función radical y debido a la complejidad de implementar dicha función en el PIC se procedió a rediseñar mecánicamente el sensor para poder acoplar un potenciómetro lineal de similares características a los colocados en los tornillos de potencia. Este nuevo diseño requería que el sensor de nivel de entrada tenga un ángulo de incidencia para lo cual se colocó un brazo mecánico que permite dar dicho ángulo al sensor ver Figura 5.9.

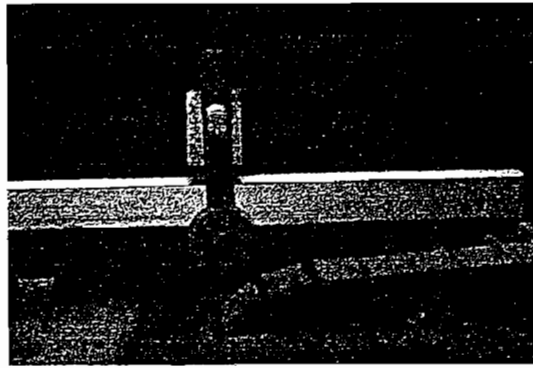


Figura 5.8 Sensor de nivel angular

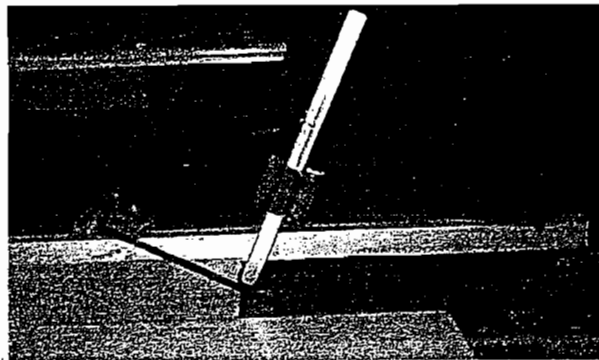


Figura 5.9 Sensor de nivel lineal

Por defecto mecánico se observó que los rodillos previo al ingreso de la máquina no se encontraban al mismo nivel que la banda transportadora, esto generaba que el aglomerado de varios valores de nivel y el puente actúe constantemente, es por esta razón que se colocó entre la banda y los rodillos una alza que permita el ajuste de los niveles (Figura 5.10) y adicionalmente por programa se realizó la lectura solo al momento del ingreso de la fórmica detectada por medio del final de carrera de ingreso de fórmica

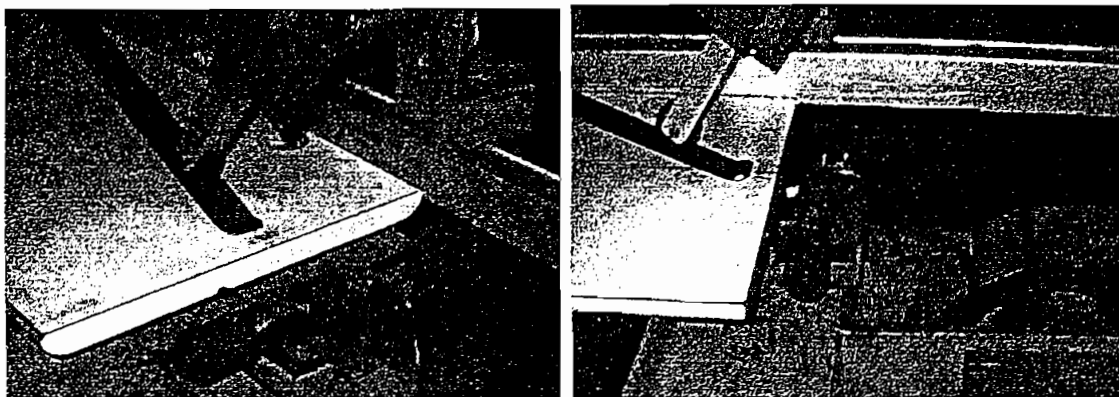


Figura 5.10 Corrección de nivel entre rodillos y banda transportadora

Al tener solucionado el ingreso de la fórmica se obtuvo el sensor de nivel de entrada mostrado en la Figura 5.11 que para en el presente proyecto presenta un trabajo y rendimiento aceptable.

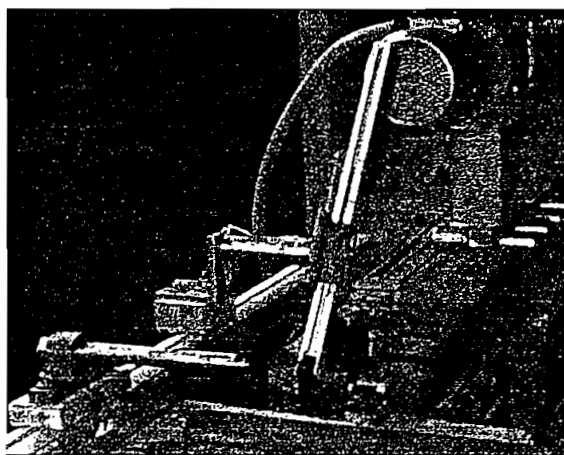


Figura 5.11 Sensor de nivel de entrada

### 5.1.2 TRABAJOS REALIZADOS PARA EL PUENTE DE DOBLADO

El aspecto mecánico de este puente es muy favorable, presenta un rozamiento bajo debido a los cojinetes y rodillos en sus tornillos de potencia, el puente se mueve con un sistema de tornillos sin fin no troquelado el cual permite disminuir el trabajo mecánico, para lo cual en su accionamiento se utilizó un motor de baja

potencia y de baja velocidad permitiendo el acople de un moto reductor al tornillo de potencia como se visualizará en las Figuras 5.12, 5.13, 5.14.

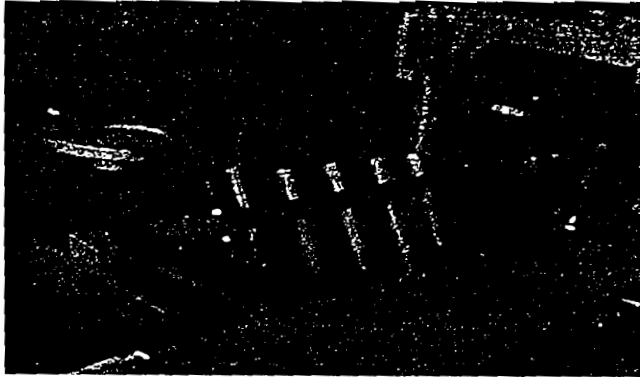


Figura 5.12 Puesto de doblado

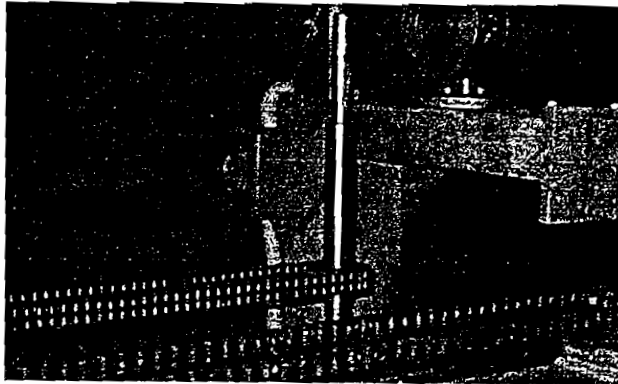


Figura 5.13 Reestructuramiento mecánico para el acople del motor

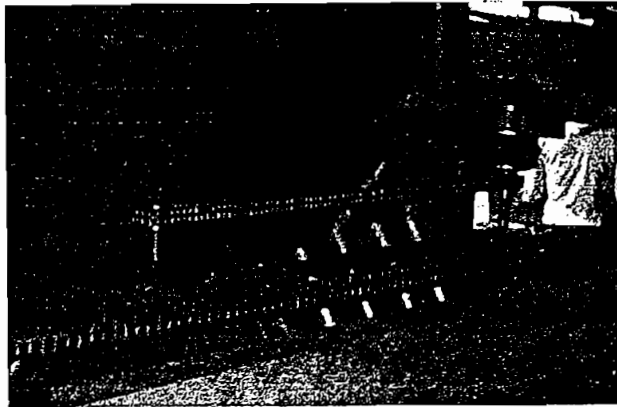


Figura 5.14 Acoplamiento mecánico del motor al puente

Ya que la longitud de la cadena que enlaza los dos tornillos no es superior a los 2m no es necesario la utilización de un riel, adicionalmente se colocó finales de carrera que permiten sensar la posición del puente y sirven de seguridad en el caso de sobrepasar el límite máximo y mínimo ver Figura 5.15, 5.16.

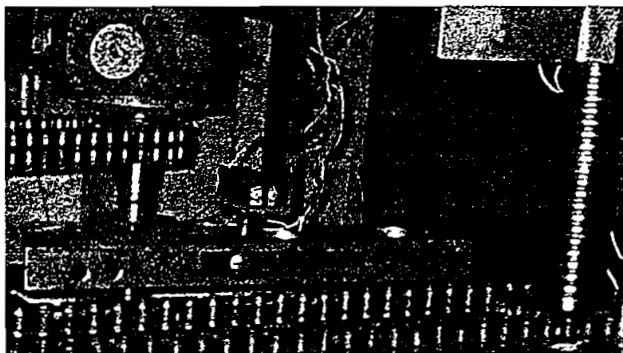


Figura 5.15 Seguridad del límite máximo

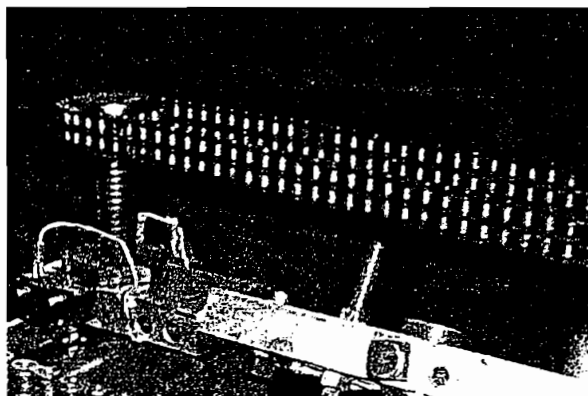
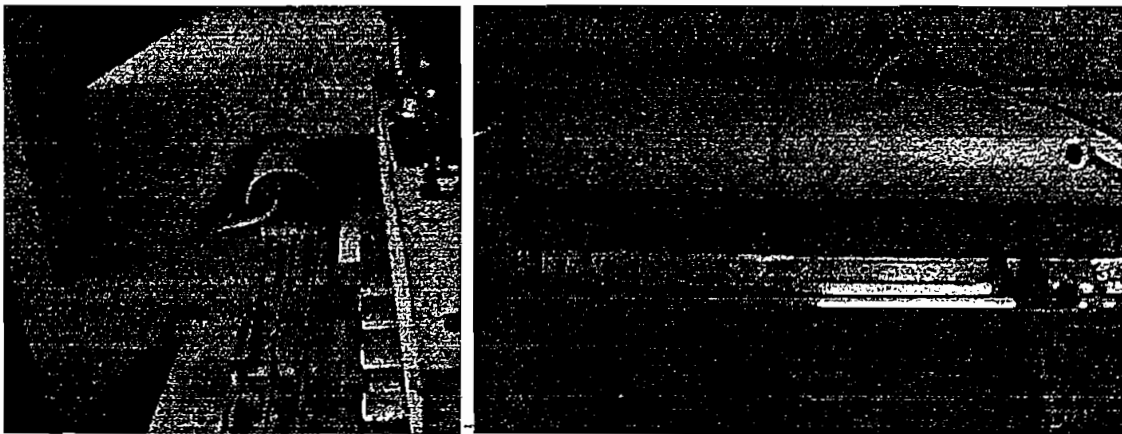


Figura 5.16 Seguridades del límite mínimo

### 5.1.3 TRABAJOS REALIZADOS EN LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO

La cámara de calentamiento de la postformadora en un principio (Figura 5.17) era abierta, no poseía las características herméticas que se necesitaban para la concentración de calor hacia la fórmica por lo cual se optó por realizar un rediseño mecánico ver Figura 5.18 que permitía obtener un hermetismo adecuado del horno, la pieza que no se puede descartar en el hermetismo es el banco de madera que poseía un recubrimiento de fibra de vidrio, la cual se sacó por ser nocivo para la salud de los trabajadores ya que esta no se encontraba en buen estado ni presenta las garantías de hermeticidad necesarias. En la cámara se instaló la termocupla tipo J que ayuda a la medición de temperatura se la puede observar en la Figura 5.18b.

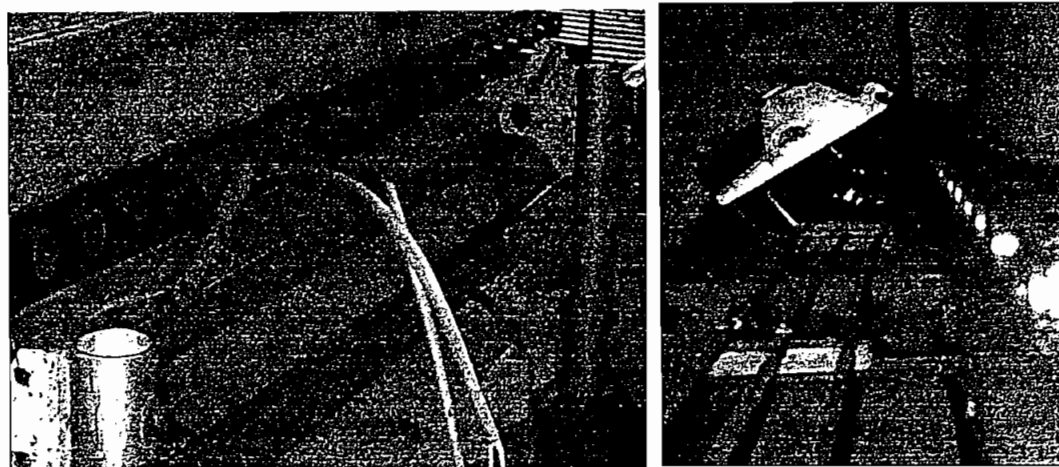


a)

b)

Figura 5.17 Cámara de calentamiento inicial





a)

b)

Figura 5.18 Cámara de calentamiento readecuada

#### 5.1.4 TRABAJOS REALIZADOS EN EL MOTOR DE ARRASTRE

Como ya se manifestó en el capítulo anterior el motor que en un principio estaba colocado era de 3HP en conexión bifásica a un cuando este motor es de conexión trifásico (Figura 5.19) el motivo de dicha conexión responde a que antes la micro empresa se abastecía de una conexión bifásica.

Se procedió al cambio de motor y con ayuda del personal mecánico se determinó el motor, el moto reductor y el variador de velocidad el cual se controla mediante un pequeño motor ya especificado en los capítulos anteriores (Figura 5.20).



Figura 5.19 Motor y reductor de la banda de arrastre al inicio



Figura 5.20 Motor, variador y reductor actual

Para el control de la velocidad se colocó un engranaje de 32 dientes ayudado de un final de carrera que permite obtener pulsos en cada paso de dientes ajustando así el tacómetro ver Figura 5.21. Se utiliza además finales de carrera que ayudaran en el sistema de seguridad (Figura 5.22).

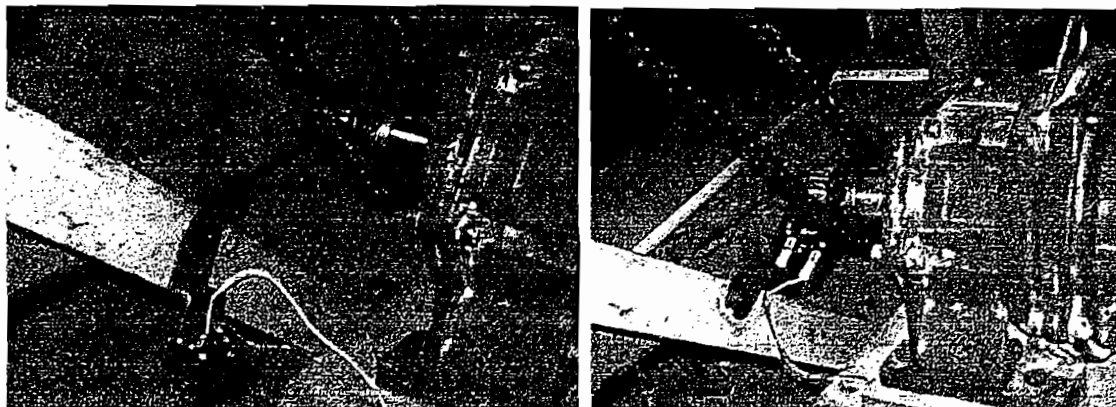


Figura 5.21 Tacómetro digital utilizado

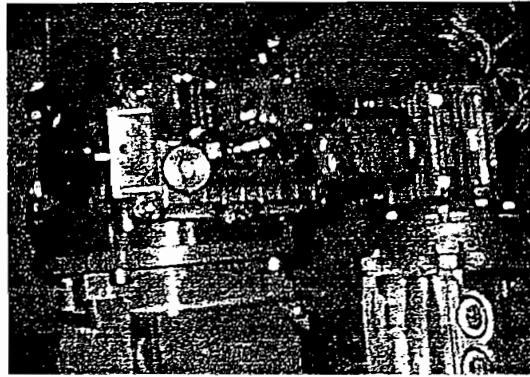


Figura 5.22 Seguridad del motor del variador de velocidad del motor de arrastre

## 5.2 PRUEBAS DE FÓRMICAS Y RESULTADOS

Como se señaló anteriormente la máquina lo que pretende es un ajuste de la fórmica, un control de velocidad y temperatura de acuerdo con el color de la misma mas no al tipo de fabricante de la melamina ya que de ser así se tendría que realizar un nuevo estudio de mercado y comparar todas las fórmicas existentes para realizar el control en base de estos tipos y origen. Se mantiene la idea principal de que la fórmica debe recorrer el horno en 30s y alcanzar una temperatura de 160 grados aunque en la práctica no corresponde a este rango, ya que depende de las características de construcción de la máquina. Mediante pruebas realizadas se determinó que para el color blanco de origen colombiano su temperatura de doblado varía de 40 grados hasta 120 grados, de la misma forma se obtuvo la variación de velocidad de 1,97 m/min. hasta aproximadamente 3 m/min. siendo la fórmica del mismo origen pero diferente acabado aunque manteniendo el color blanco, por lo cual se ha dado valores de temperatura y velocidad que pueden ser modificados. Es por este motivo que los valores cargados son a base de las necesidades del propietario de la micro empresa. Los tipos de acabados de postformado tanto de 180 grados o de 90 de doblado se visualizan en las figuras 5.24, 5.25, 5.26, 5.27.

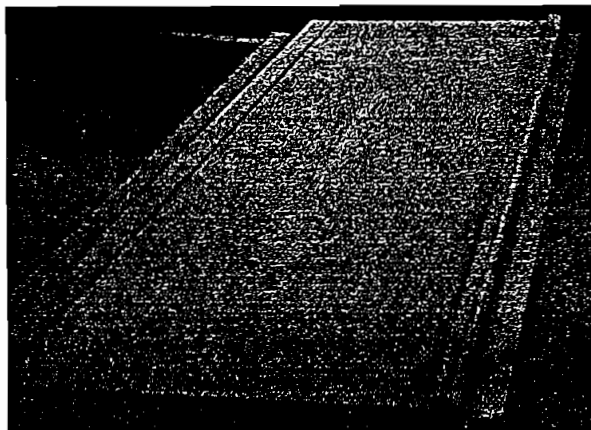


Figura 5.23 Muestra del peine de la fórmica

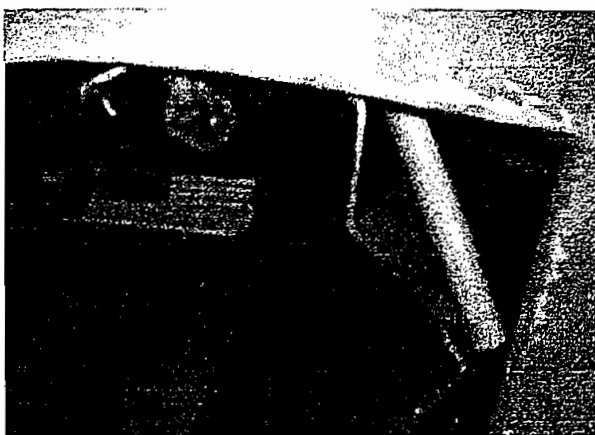


Figura 5.24 Muestra del peine de la fórmica para 90 grados en el horno



Figura 5.25 Muestra del acabado de la fórmica en 180 grados

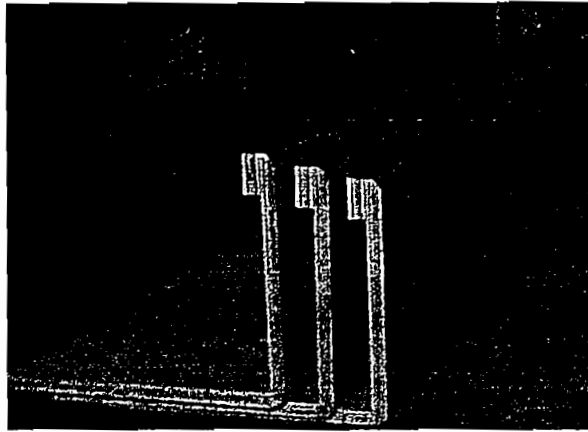


Figura 5.26 Muestra del acabado de la fórmica en 90 grados en modulares

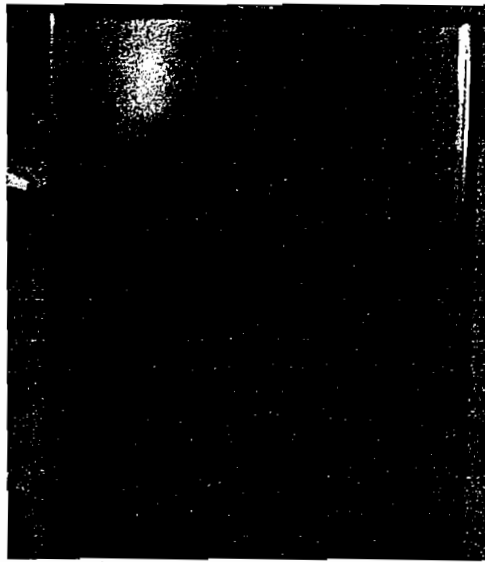


Figura 5.27 Acabado final

### 5.3 SISTEMA ELÉCTRICO IMPLEMENTADO

Esta armado a base de equipo industrial reciclado el cual a sido probado previo a la colocación en el tablero, se utilizó un caja de acometida eléctrica residencial la cual contiene barras de cobre que permiten distribuir las fases que se utiliza posteriormente para alimentar a los motores y accionar los contactores, la parte de potencia para el horno se la separa para así intentar equilibrar la carga a las tres fases Figura 5.28.

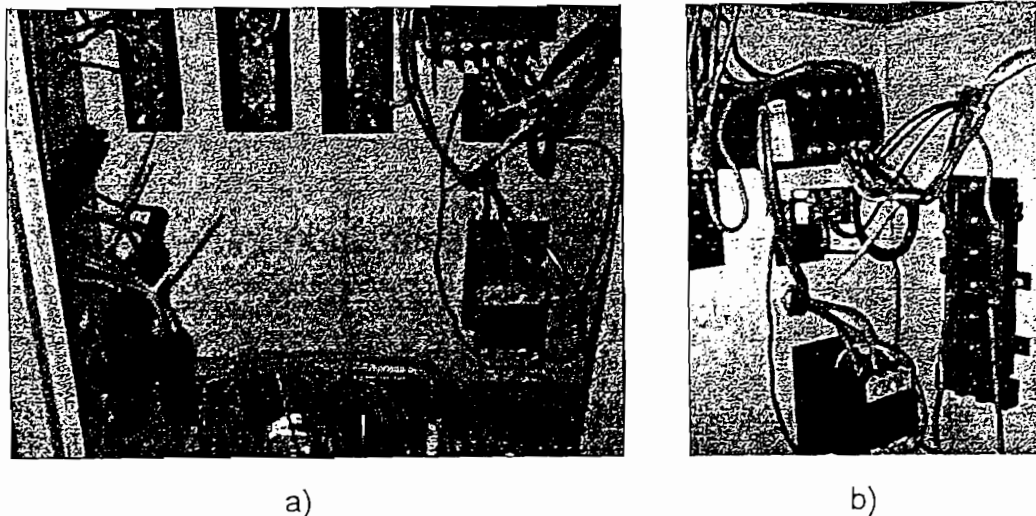


Figura 5.28 Distribución de fases

En la Figura 5.28 a) la barra en la parte superior izquierda tiene la fase R, la barra del centro la fase S y la del otro extremo la T y el neutro en la parte superior derecha del tablero, la Figura 5.28 b) muestra la distribución de fases empleadas en el horno.

La Figura 5.29 muestra las inversiones de giro realizadas y la activación del motor de arrastre de la banda transportadora de izquierda a derecha se tiene los siguientes contactores:

- Motor de arrastre
- Inversión de giro del puente de nivel
- Inversión de giro del motor del variador mecánico
- Inversión de giro del puente de doblado
- En la parte superior derecha se encuentra el accionamiento del ventilador



Figura 5.29 Contactores para accionamiento de los motores

Los transformadores presentes en la Figura 5.29 sirven para activar la bobina de los contactos la cual funciona a 24 VAC. por lo cual se establece una relación de 220 a 12 VAC. con tap central. Las señales de activación para cada bobina provienen del tablero de control.

Para salvaguardar los motores en caso de presentarse algún problema se colocó fusibles previamente calculado en capítulo de diseño Figura 5.30 y están distribuidos desde el inicio al fondo de la siguiente manera:

- Motor de arrastre (3 fusibles)
- Inversión de giro del puente de nivel (3 fusibles)
- Inversión de giro del motor del variador mecánico (3 fusibles)
- Inversión de giro del puente de doblado (3 fusibles)
- Ventilador (1 fusible)



Figura 5.30 Fusibles colocados en el tablero

El tablero como medida de seguridad tiene un contactor general Figura 5.28 b) que al activarse corta la alimentación a las barras, este trabajara en caso de presentarse alguna emergencia, sin embargo el sistema microprocesado seguirá alimentado por cuanto se encuentra conectado al interruptor principal el cual está ubicado en la puerta de la caja Figura 5.31

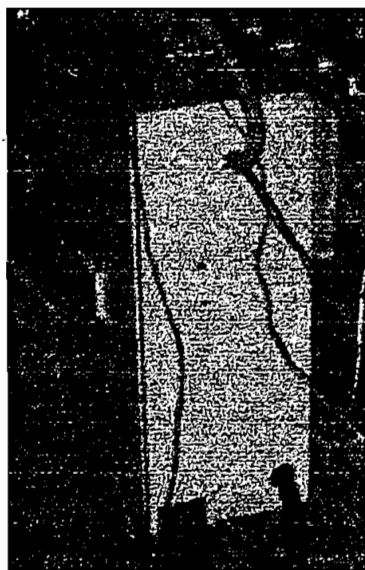


Figura 5.31 Interruptor principal



## 5.4 SISTEMA ELECTRÓNICO IMPLEMENTADO

El sistema de control automático conformado principalmente por dos tarjetas que se encuentran ubicadas en una caja sujeta a uno de los brazos que sostienen el puente de nivel mediante su tornillo de potencia, la Figura 5.32 muestra la placa del HMI la Figura 5.33 muestra lá placa de control

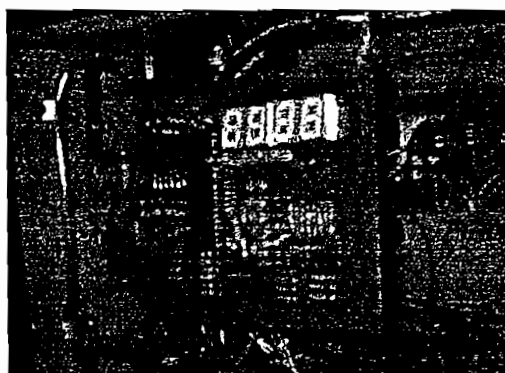


Figura 5.32 Tarjeta del HMI



Figura 5.33 Tarjeta de control

Al intentar accionar los relés de baja potencia el arco eléctrico generado por los 220 VAC presente en los contactos de los relés no permitía el correcto funcionamiento de la placa, por este motivo se optó por realizar sueldas de forma que el arco eléctrico no se genere, por razones de disipación se separó el TRIAC y se lo ubicó en la parte superior izquierda de la caja Figura 5.34



Figura 5.34 Ubicación de TRIAC

En la parte lateral izquierda Figura 5.35 se ubica la regleta de conexión que facilita las uniones del tablero de control con el de potencia el cual tiene sus terminales distribuidos de izquierda a derecha de la siguiente manera en pares de dos:

- Alimentación de 110 VAC para el sistema microprocesado.
- Accionamiento para doblado de 180 grados
- Accionamiento puente de nivel baja
- Accionamiento puente de nivel sube
- Accionamiento sube velocidad de la banda transportadora
- Accionamiento baja velocidad de la banda transportadora
- Alimentación de 110 para relés de baja potencia (Ventilador)
- Accionamiento de emergencia
- Alimentación de 220 para terminales de relés de baja potencia
- Accionamiento para doblado de 90 grados
- Accionamiento del ventilador
- Auxiliar de conexión del contactor de emergencia.



Figura 5.35 Regleta de conexión

En la parte lateral derecha se encuentra la regleta de conexión que se especifica de izquierda a derecha a continuación (Figura 5.36):

- Señal de nivel 2 (señal del tornillo de potencia 1)
- Señal de nivel 1 (entrada de la formica)
- Señal de nivel 3 (señal del tornillo de potencia 2)
- Alimentación de 5 VDC
- Tierra de los sensores de nivel
- Señal de cruce por cero (dos terminales)
- Alimentación del TRIAC (dos terminales)



Figura 5.36 Regleta de conexión auxiliar

En la Figura 5.36 en la caja se puede observar tanto el sistema que permite sensor el correcto funcionamiento de las lámparas como un interruptor de seguridad de las mismas.

Al realizar las pruebas se determinó que el sistema microprocesado no respondía adecuadamente a las instrucciones manuales generadas por la palanca por lo cual se vio la necesidad ingresar la señal al sistema microprocesado por medio de un selector.

El teclado y la palanca visualizados en la Figura 5.37 funcionan de la siguiente manera:

La palanca permite variar el puente de nivel y el puente de doblado, en modo automático esta variación se la puede realizar dentro de las tolerancias establecidas en el sistema microprocesado, en modo manual se puede variar al criterio del operador.

El teclado permite navegar sobre el menú de visualización, de esta manera al presionar el botón de enter se visualizará el valor real de la variable elegida, dichas variables se pueden seleccionar previa accionamiento del botón menú y elección con el botón incremento o decremento, para poder visualizar el valor seteado de una variable se deberá pulsar el botón enter y el botón set, estos valores se los puede variar de igual forma con el incremento o decremento del teclado instalado.

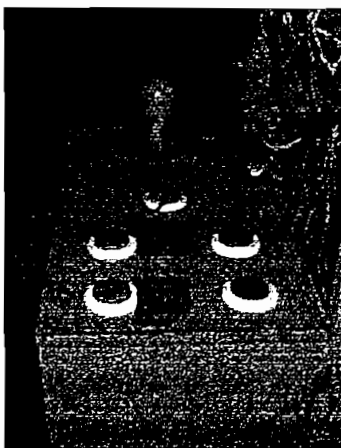


Figura 5.37 Palanca y Teclado del Tablero

## 5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Basándose en que la micro empresa ya poseía todo los motores utilizados y que la parte mecánica y su implementación corrió a cargo de la misma se pone a consideración el monto requerido para la implementación del sistema microprocesado.

Tabla 5.1 Costo del sistema microprocesado implementado

ELEMENTO	PRECIO (\$)
3 PIC Nota de Venta (Juan Cueva Robles)	33
Resistencia, Opto transistores, Cristales	8,04
Termocupla	28,59
TRIAC 25A 600V	1,9
KIT Elementos electrónicos	23,69
4 Optos	2
2 Optos	1
Capacitares y Resistencias	2,4
2 Display	3
5 Relay 12v cont 240	20
Max 232	3,95
Transf 12-0-12v 3 A	6,2
5 Placas electrónicas	72,16
4 sócalos	0,44

2 relay	6
6 Resistencias de Pot. 10W 1ohm	1,8
5 capacitores 470uF	0,6
10 Resistencias 100 ohm/5 Resistencias 10K	0,3
5 puentes de diodos	1,5
Cable telefónico 45m	4,05
Resistencias lineales, sócalos, FC, botoñeras	19,38
2 Opto 4N35	1,2
KIT elementos electrónicos	2,13
KIT elementos electrónicos	3,4
2 LM324	1,88
Opto Darlington	5,4
2 Reles, Potenciómetro lineal	7,14
Chupa suelda y suelda	2
KIT elementos electrónicos	3,9
Transformador 220/24	5,26
Transformadores 220/13,5-0-13,5 fuente	7,2
Palanca y FC	6,45
Placa, TRIAC, DISIPADOR	4,9
TRIAC	1,5
Resistencia Lineal, FC	3,76

296,12

Tomando en cuenta las horas dedicadas al trabajo se consideran que los gastos de ingeniería son: 5280 dólares americanos por lo que el valor total sería de 5580 dólares americanos.

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LOS DISEÑOS

Al realizar el cálculo del motor de nivel se determinó que el puente debería ser elevado por medio de un motor de potencia aproximada 0,37HP al colocar un motor de 0,5HP se observó que se necesitaba más potencia, esto se debe a que en un comienzo los tornillos de potencia en su base presentaban una fricción elevada que se disminuyó considerablemente al colocar rodamientos, de igual manera como el cálculo expresado se realizó para un tornillo fijado su peso al centro se determinó posteriormente que el recubrimiento de la cámara de calentamiento realiza un peso extra y desequilibra el puente aumentándole carga al motor.

Se debe considerar que la cadena colocada no es aplicable en ingeniería mecánica por las dimensiones que esta posee, pero al no poseer otro sistema de transmisión de movimiento se la utilizó, por todos estos factores que directamente incrementan la potencia del motor y por la variedad de motores que posee la micro empresa se colocó el motor ya especificado anteriormente para niveles, denominado motor de nivel, este motor propiedad de la micro empresa posee una velocidad relativamente alta lo cual si se lo colocaba de forma directa podría romper la cadena de arrastre entre los dos tornillos, por tal motivo se colocó un moto reductor el cual disminuye considerablemente la velocidad pero todavía mantenía un margen elevado por lo que fue necesario un variador de velocidad mecánico el cual se ajusta en parte a las necesidades de la postformadora.

El acople de motores no es una de las ramas que estén dentro del pensum de la Carrera de Electrónica y Control por tal motivo todos los acoples mecánicos fueron realizados con el asesoramiento del mecánico encargado.

Como se explico con anterioridad la termocupla utilizada tiene apantallamiento a tierra el cual producía interferencia y ruido en la señal para solucionar este problema se conecto el terminal negativo de la termocupla a tierra consiguiendo estabilizar la señal y estandarizando el circuito de acondicionamiento tipo J con o sin apantallamiento a tierra.

En el circuito de sincronización de fase se colocó a la salida del puente rectificador una resistencia dando una carga adicional la cual permite obtener una señal menos distorsionada, puesto que el puente funciona de mejor manera al poseer un carga, sin que esta exceda su capacidad.

En las entradas y salidas que están relacionadas con circuitos de potencia se los aisló por medio de opto transistores, para evitar posibles fallas

El propósito de colocar dos MAX232 se debe que si en un PIC existe una falla y se quema este no perjudique al otro, por esta razón no se colocan en forma directa los pines de ambos PIC's

## 6.2 CONCLUSIONES

- ✓ El ahorro de energía en la micro empresa es de vital importancia por esta razón no se deben sobredimensionar los elementos que intervienen en los procesos de producción (tal es el caso de motores, sistema de calentamiento a base de energía eléctrica como en el caso de la micro empresa sus lámparas de cuarzo) y su funcionamiento no debe presentar fallas para mejorar su rendimiento con lo cual se consigue disminuir los costos de producción de esta manera se puede competir dentro del mercado Nacional e Internacional.
- ✓ El correcto manejo y la verificación del buen estado de la chatarra industrial permite al micro empresario diseñar sistemas que se ajusten a sus necesidades, a bajo costo y sin tener dependencia del mercado internacional lo que en su momento podría afectar a la producción,



llegando en caso extremos a parar la maquinaria y con ello la producción afectando a la micro empresa y a quienes se benefician de ella.

- ✓ La automatización a base de sistemas microprocesadores es más flexible al momento de ajustarse a las necesidades de la micro empresa en el momento de la implementación y en sus costos, lo que permite una alternativa para el microempresario frente a posibilidades tradicionales como los PLC's.
- ✓ Dentro del trabajo realizado se ha concluido que una fórmica debe estar a una temperatura mínima de 160 grados en 30 segundos para así ser trabajada de una manera óptima evitando posibles daños en el proceso.
- ✓ La longitud del peine que presenta la fórmica siempre influirá en la recepción del calor es de tal manera que no es posible ajustar valores de velocidad y temperatura para una fórmica de un color determinado que se doble a 90 o 180 grados. Por esta razón al incrementarse la longitud del peine debe incrementarse la velocidad manteniendo constante la temperatura.
- ✓ El horno presenta un valor fijo de temperatura dentro de su cámara menor al establecido para el doblado de la fórmica esta acción se explica dando a conocer que la fórmica dentro de la cámara debe tener un máximo de 30 segundos y al salir debe la fórmica alcanzar una temperatura de 160 grados centígrados es por esta razón que la cámara se encuentra a menor temperatura y depende en si de la velocidad para que el melamínico sea trabajado.
- ✓ En la máquina postformadora la variación del nivel se encuentra supeditada a los potenciómetros lineales y a los tornillos de potencia es por este motivo que se ha empleado potenciómetros lineales de aproximadamente 6cm de recorrido, lo que ha permitido tener un buen control de nivel.
- ✓ Debido a que la cámara de calentamiento tiene una longitud aproximada de 1.2m se hace necesario que la máquina trabaje a velocidades bajas para de esta manera la fórmica alcance los 160 grados centígrados.

- ✓ Para sensar velocidades bajas en nuestro caso se necesita un engranaje sumamente dentado como las implementaciones mecánicas no facilitan esta condición, no se puede utilizar una base de tiempo para medir los pulsos generados por el final de carrera del tacómetro implementado es por esta razón que se optó por medir la frecuencia del pulso en máximo y en mínima velocidad para de esta forma realizar interpolaciones que determinan el rango de velocidad.
- ✓ Para el uso de la termocupla tipo J se determinó que el circuito amplificador de instrumentación no es una alternativa viable si se trabaja con termocupla con apantallamiento a tierra debido al ruido presente en la señal que entrega la misma, por lo que se diseñó un circuito amplificador con ayuda del LM324, donde la primera etapa es un seguidor de señal y luego de esta un amplificador no inversor con la ganancia correspondiente al diseño.

### 6.3 RECOMENDACIONES

- ✓ No trabajar de forma manual todo el tiempo, la máquina se diseñó para mantener y controlar los niveles exactos del manejo de la fórmica, si se trabaja en forma manual no se podrá explotar la postformadora a su máxima capacidad.
- ✓ La chatarra industrial como todas las cosas tienen un límite de operación no es aconsejable sobrepasar los límites establecidos de ciertos materiales como son contactores, finales de carrera y elementos de protección especialmente eléctricos.
- ✓ Es necesario antes de implementar una maquinaria a base de chatarra industrial revisar y llevar sus componentes a pruebas rigurosas para asegurar que los elementos presentan una confiabilidad estable de funcionamiento.
- ✓ Al realizar un mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta que el sistema se encuentra aislado tanto la parte de fuerza a 220 VAC como la

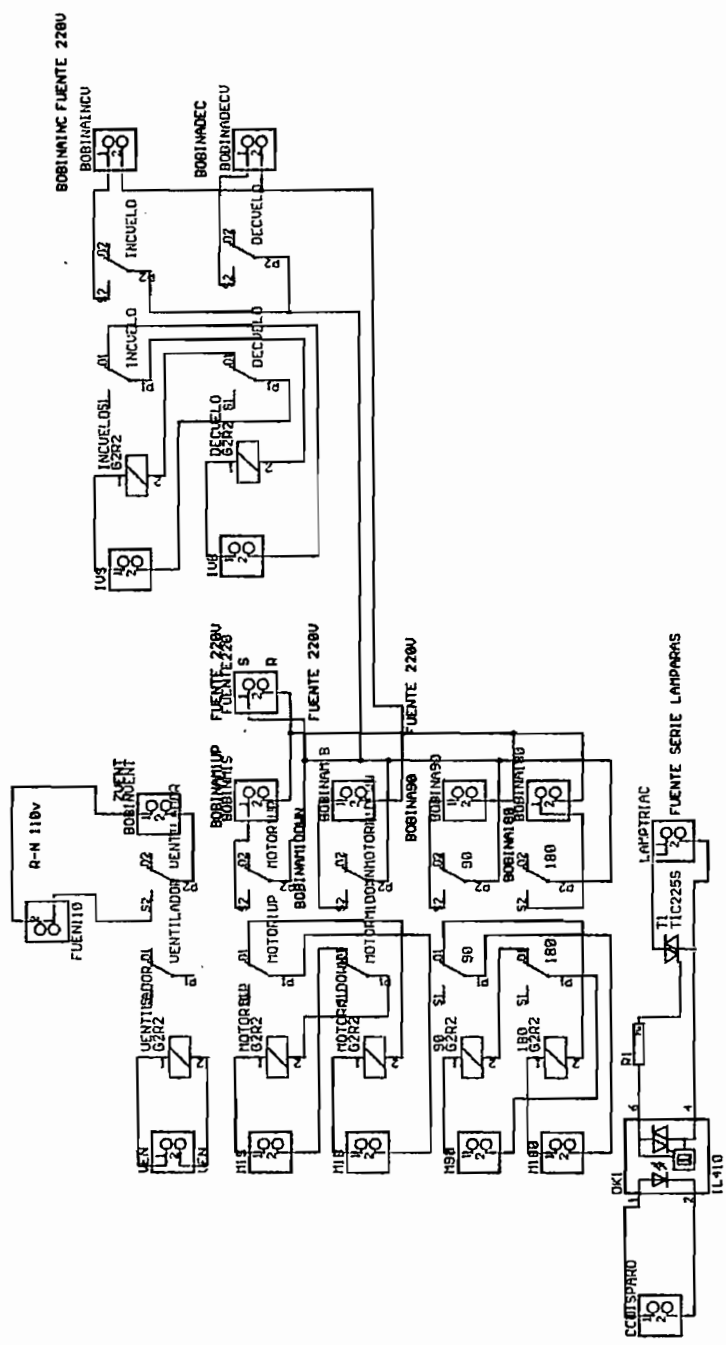
parte de control a 5 VDC de existir alguna avería se recomienda revisar los aislamientos como optoacopladores, transformadores y fusibles.

- ✓ En caso de posibles anomalías dentro del tablero de control se recomienda un trabajo de forma manual para lo cual se debe retirar el motor del variador de velocidad y puentear los terminales del TRIAC, operar de forma manual en el tablero de control y llamar a mantenimiento.
- ✓ Se recomienda trabajar por la obtención de tecnología propia y de ser posible difundirla, solo así creceremos como país y lograremos ser competitivos a nivel Internacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.evansmachineryinc.com/Spanish/index.htm>
- [2] J. Sandoval, Postformadora de Fibras Sintéticas Modelo HEJ-9407 SPD-09, México
- [3] S. Chow, Petroquímica y Sociedad, México; Fondo de cultura Económica, 1998.
- [4] [www.bricotodo.com](http://www.bricotodo.com)
- [5] <http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/fisica/fisica%20actual/fisica/ACADEMICOS.htm>
- [6] H. Norton, Sensores y analizadores, Barcelona- España; Gustavo Gili, 1984
- [7] R Coughlin, Circuitos integrados lineales y amplificadores operacionales, Mexico; Prentice Hall Hispanoamericana.
- [8] [http://www.ftaa-alca.org/alca\\_s.asp](http://www.ftaa-alca.org/alca_s.asp)  
<http://www.ildis.org.ec/informealca7.pdf>
- [9] <http://www.dequate.com/infocentros/gerencia/mercadeo/mk17.htm>
- [10] P. Kotler, Mercadotecnia, México; Prentice Hall Hispanoamericana, 1989.
- [11] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas.
- [12] National Fire Protection Association, National electrical code, Estados Unidos; Connecticut Printers Inc., 1975.
- [13] J. Molina, P. Angulo, Control industrial, Quito-Ecuador; EPN, 1990, Módulo III
- [14] R. Boylestad, Electrónica: teoría de circuitos, México; Prentice Hall, 1997,

# ANEXO A



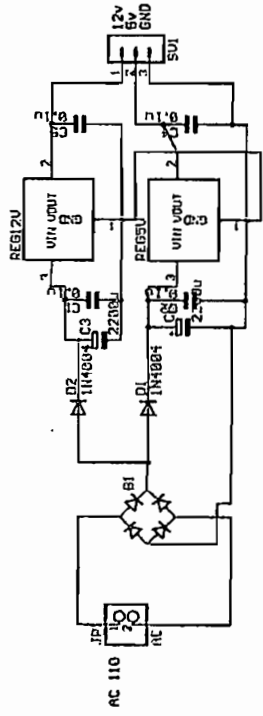
ANEXO A-1
TITLE: circuitopotencial
Document Number:
Date: 12/06/2004 15:56:22
Sheet: 1/1



Tabla A-1 Lista de Elementos Circuito de Potencia final

Símbolo	Descripción	Valor
VEN	Activación rele ventilador	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
M1S	Activación rele sube puente de nivel	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
M1B	Activación rele baja puente de nivel	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
M90	Activación rele doblado de 90 <sup>0</sup>	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
M180	Activación rele doblado de 180 <sup>0</sup>	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
IVS	Activación rele sube velocidad	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
IBV	Activación rele baja velocidad	Vact=12 VDC Vcont=220 VAC
CCDISPARO	Señal de disparo TRIAC	Vact=12 VDC
IL410	Opto triac	
R1	Resistencia	1k $\Omega$ 1 W
T1	TRIAC de Potencia	25 <sup>a</sup>





ANEXO A-2

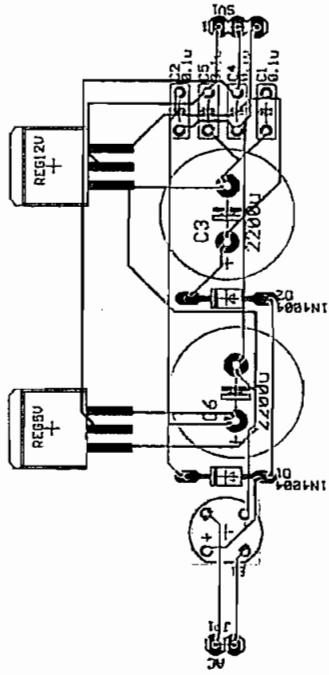
TITLE: fuentejo2

Document Number: DIAGRAMA DE CONEXIONES

REV:

Date: 12/08/2004 16:04:44

Sheet: 1/1



ANEXO A-2

TITLE: fuentejo2

Document Number: RUTEADO

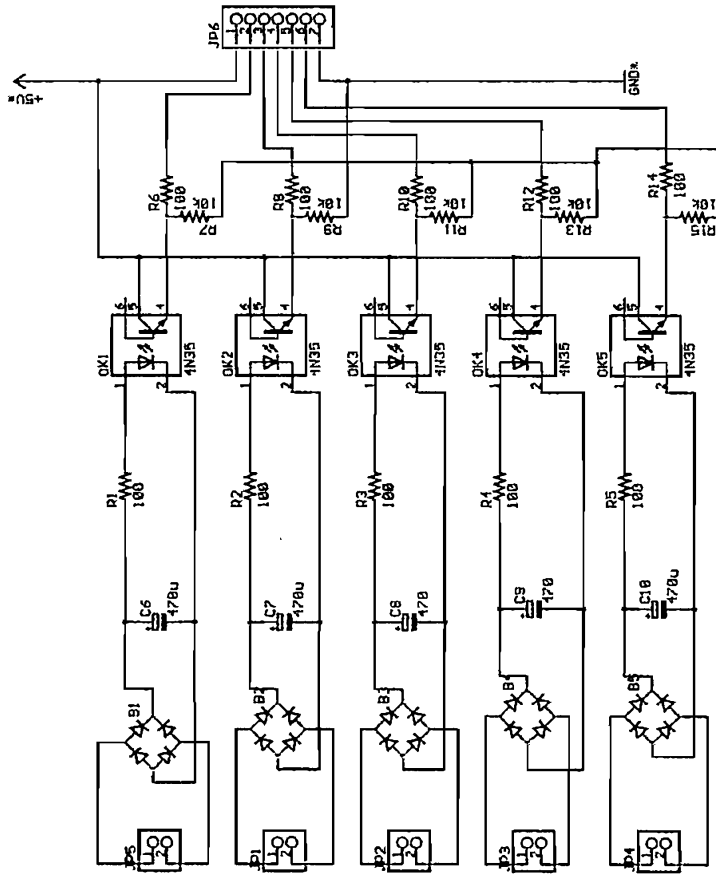
REU:

Date: 12/08/2004 16:04:44

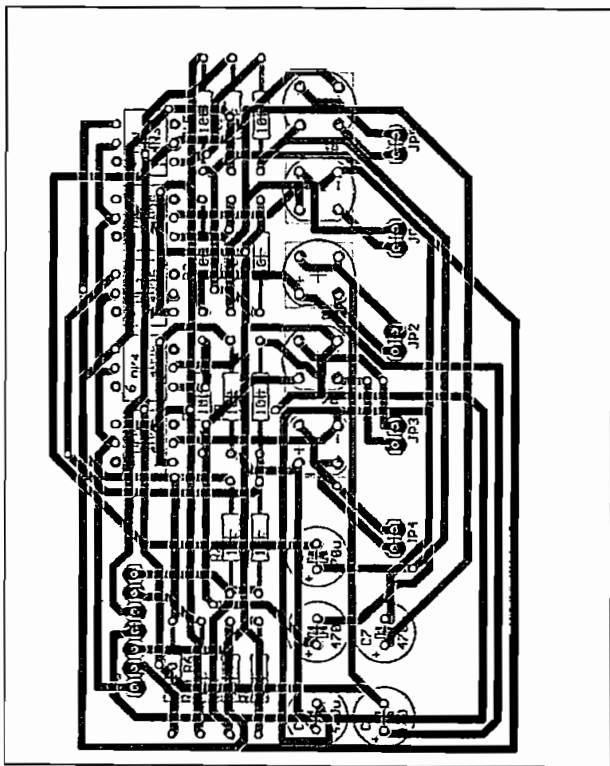
Sheet: 1/2

Tabla A-2 Lista de Elementos Circuito Fuente

Símbolo	Descripción	Valor
B1	Puente rectificador de diodos	1 A 110VAC
D1-2	Diodos	1 A 110VAC
C3,6	Capacitor Electrolítico	2200 uF 25V
C1,2,4,5	Capacitores Cerámicos	0.1 uF
REG12V	Regulador de voltaje	12VDC
REG5V	Regulador de voltaje	5VDC
SV1	Terminal de conexión	



ANEXO A-3	
TITLE: lamparaux1	
Document Number: DIAGRAMAS DE CONEXIONES	REU:
Date: 12/08/2004 16:12:02	Sheet: 1/1



ANEXO A-3

TITLE: 1 ampar aux1

Document Number: RUTEADO

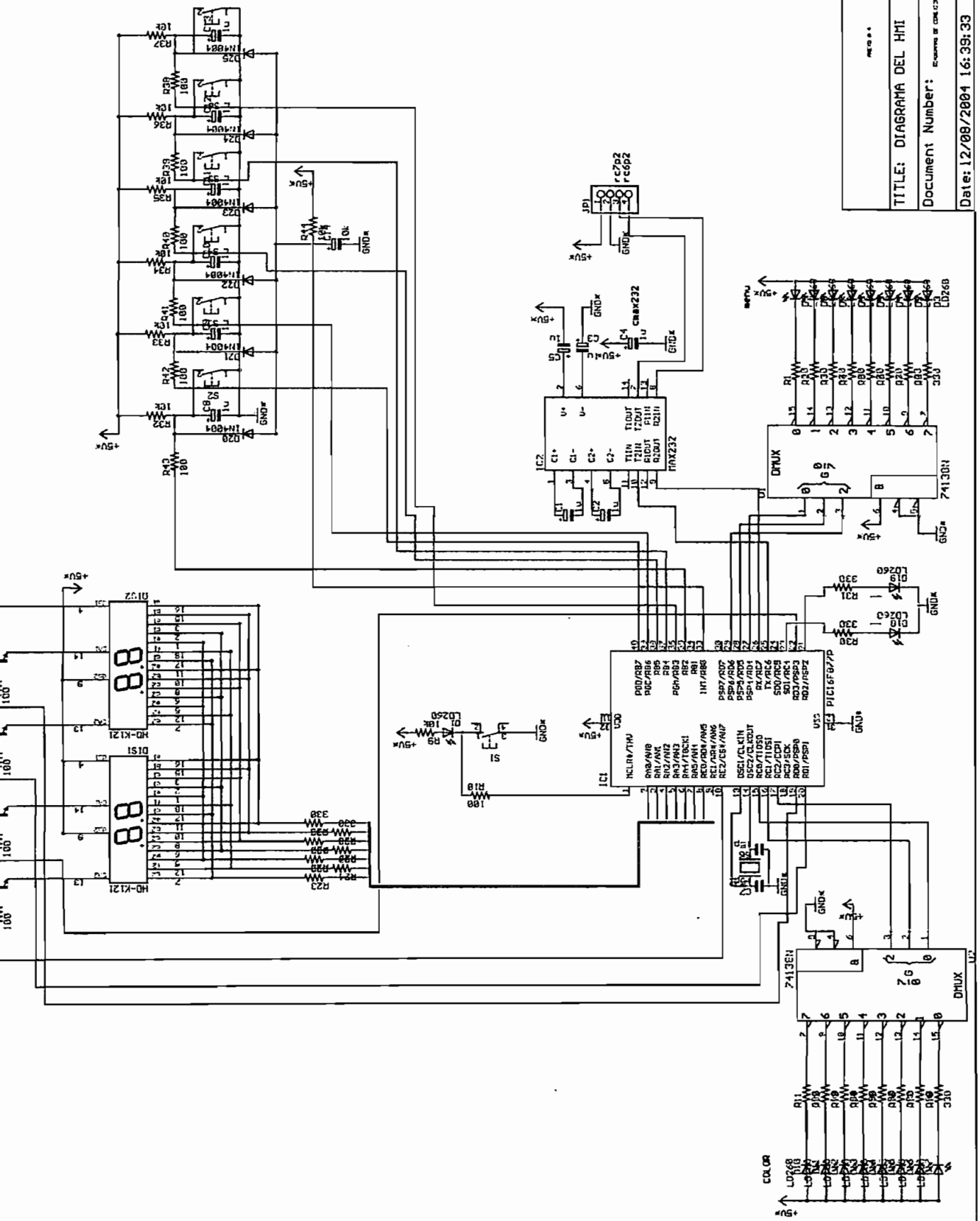
REV:

Date: 12/08/2004 16:12:02

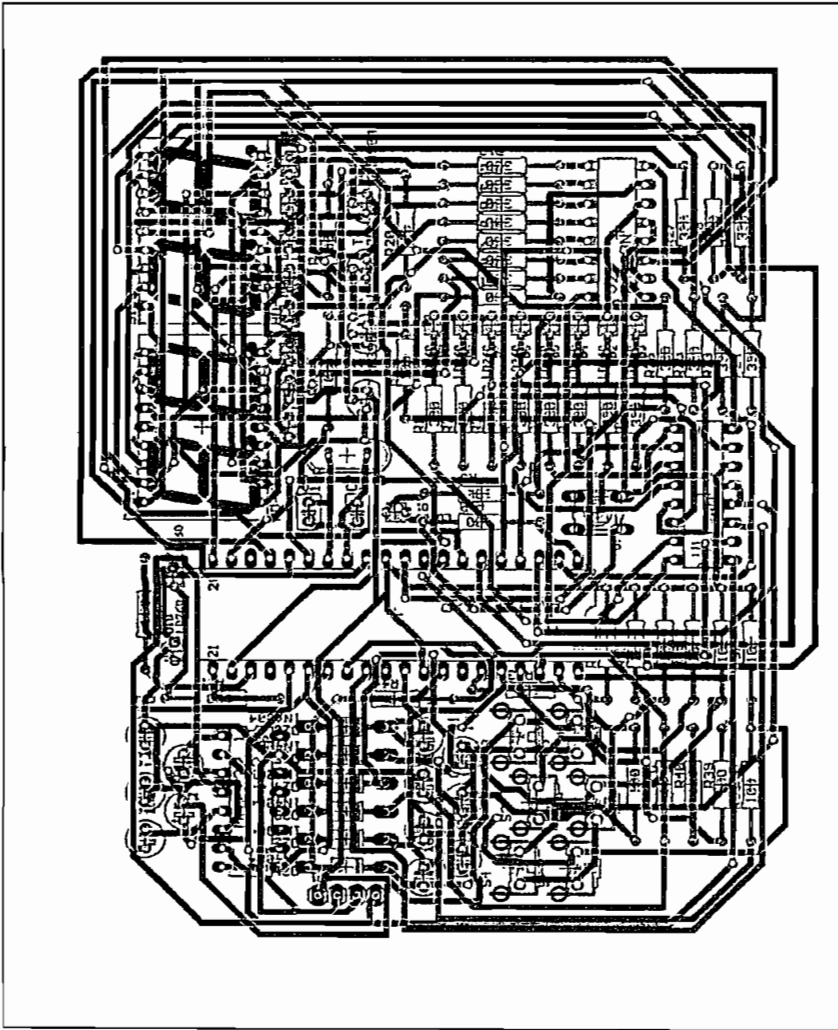
Sheet: 1/2

Tabla A-3 Lista de Elementos Circuito Lámparas

Símbolo	Descripción	Valor
B1-5	Puente rectificador de diodos	1 A 110VAC
C6-10	Capacitor Electrolítico	470 uF 16V
R1-5	Resistencias	110 $\Omega$ ¼ W
OK1-5	Opto Transistor 4N35	
R6,8,10,12,14	Resistencias	100 $\Omega$ ¼ W
R7,9,11,13,15	Resistencias	10 K $\Omega$ ¼ W
JP6	Terminal de Conexión	



TITLE: DIAGRAMA DEL HMI  
 Document Number: XXXXXXXXXX  
 Date: 12/08/2004 16:39:33  
 Sheet: 1/1



ANEXO A-4

TITLE: DIAGRAMA DEL HMI

Document Number: RUTEADO

REV:

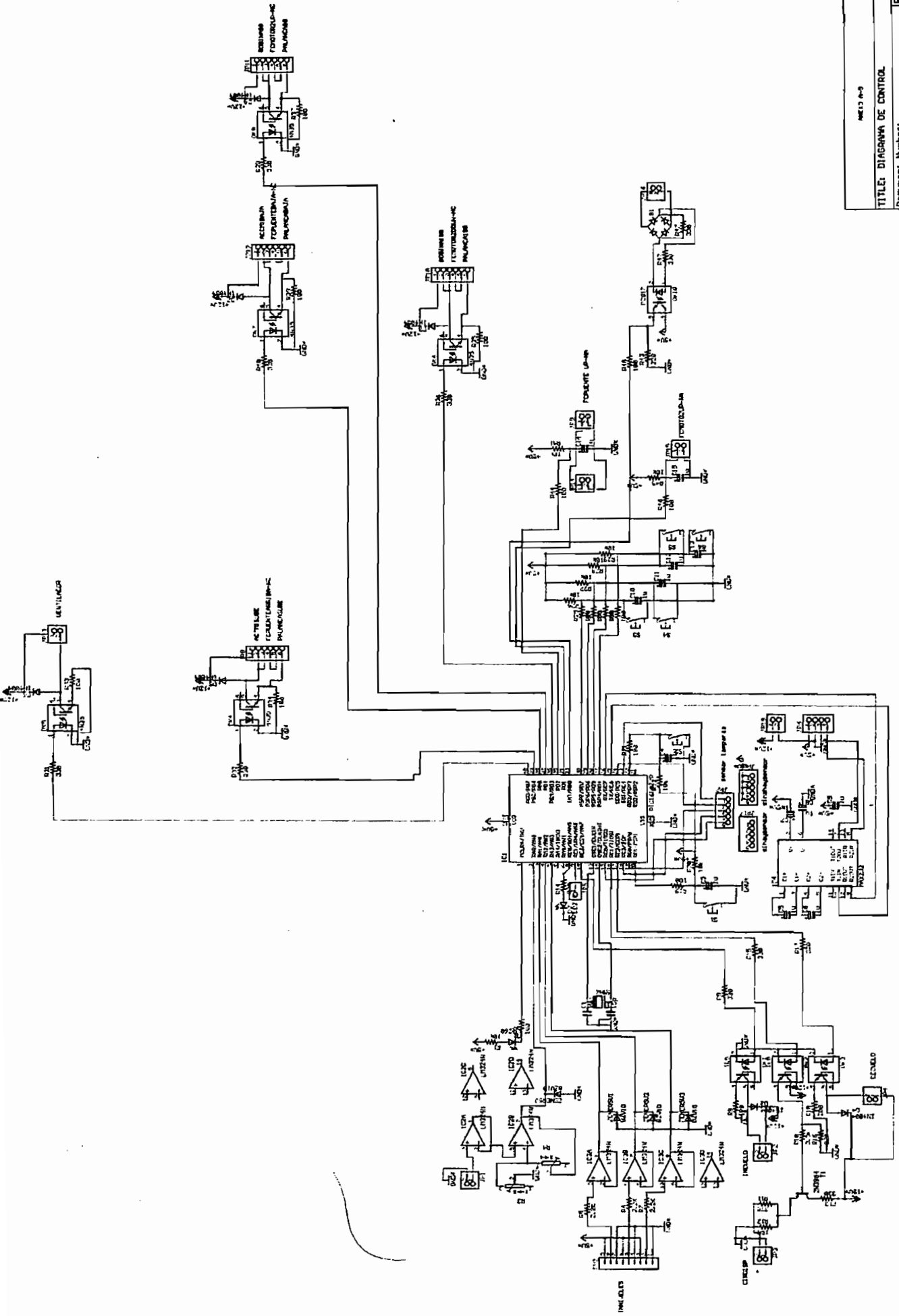
Date: 19/08/2004 12:54:13

Sheet: 1/2

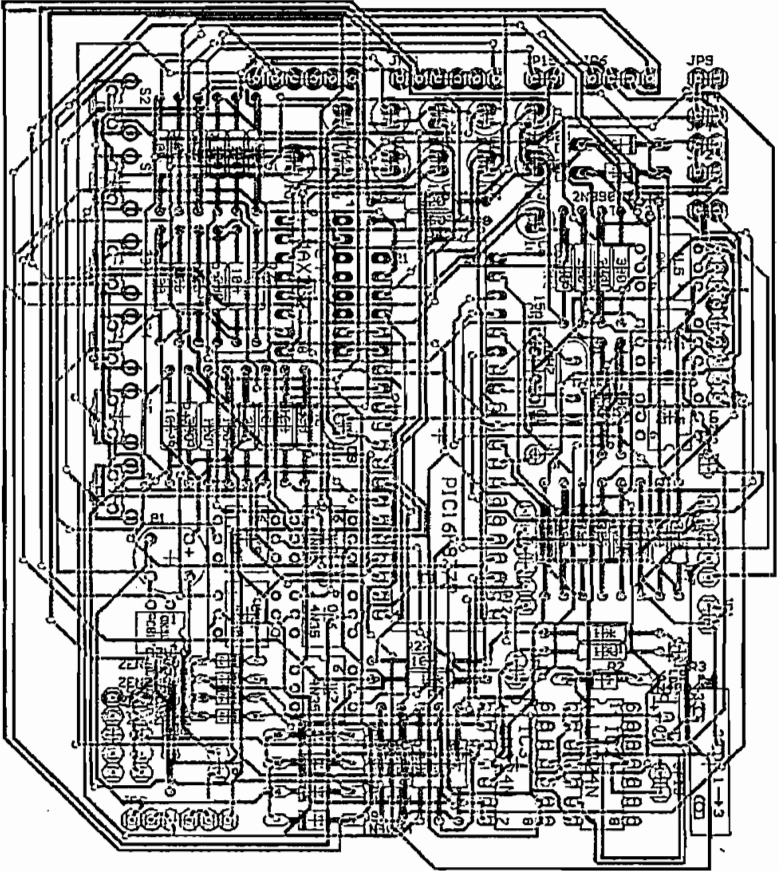


Tabla A-4 Lista de Elementos Circuito HMI

Símbolo	Descripción	Valor
R1-8	Resistencia	330 $\Omega$
D3-10	Diodo Led	5VDC
O1	Demultiplexor 74138N	
C1-5	Capacitores Electrolíticos	1uF 10V
R9	Resistencia	10 K $\Omega$
R10	Resistencia	100 $\Omega$
D1	Diodo Led	5 VDC
S1	Pulsador Placa	
U2	Demultiplexor 74138N	
D10-17	Diodo Led	5 VDC
R11-18	Resistencias	330 $\Omega$
C6-7	Capacitor cerámico	15 pF
CRIS	Cristal de cuarzo	4 MHZ
R19-22	Resistencias	100 $\Omega$
R23-29	Resistencias	330 $\Omega$
DIS1-2	Display de 7 segmentos	
D18-19	Diodo led	5 VDC
R30-31	Resistencias	330 $\Omega$
R32-37,44	Resistencias	10 K $\Omega$
R38-43	Resistencias	100 $\Omega$
D20-25	Diodo 1N4004	1 A 110 VAC
C8-13,14	Capacitores electrolíticos	1 uF 10V



MELO 10-9  
 TITLE: DIAGRAMA DE CONTROL  
 Document Number: cecoma de cecomas  
 DATE: 12/08/2004 16:51:20  
 Sheet 1/1



ANEXO A-5

TITLE: DIAGRAMA DE CONTROL

Document Number: RUTERADO

REV:

Date: 23/08/2004 12:51:20

Sheet: 1/2

Tabla A-5 Lista de Elementos Circuito Control

Símbolo	Descripción	Valor
R1	Resistencia	10 K $\Omega$
R2	Resistencia	100 $\Omega$
D1	Diodo led	5 VDC
JP1	Conexión termocupla (-)(+)	
IC28	Circuito Integrado LM324	
R3	Potenciometro 5 K $\Omega$	4.31 K $\Omega$
R4	Potenciometro 500 K $\Omega$	383.6 K $\Omega$
IC30	Circuito Integrado LM324	
R5-7	Resistencias	2.2 K $\Omega$
B1V5	Diodo Zener	5.1 V ¼ W
SV2	Terminal conexión Sensores Nivel	
JP3	Señal disparo TRIAC (+)(-)	
JP2	Señal activación sube velocidad	
JP1	Señal activación baja velocidad	
R8,11,13,15,17	Resistencias	330 $\Omega$
R9,16,18	Resistencias	200 $\Omega$
R12	Resistencia	10 K $\Omega$
R10	Resistencia	3.3 K $\Omega$
T1	Transistor 2N3804	
R14	Resistencia	10 K $\Omega$
OK1-3	Opto Transistor	
D2	Diodo Led	5 VDC
D3-4	Diodo 1N4004	1 A 110 VAC
R20,22	Resistencia	10 K $\Omega$
R19,21	Resistencia	100 $\Omega$
C3,4	Capacitor electrolítico	1 $\mu$ F 10V
S1,2	Conexión FC Seg Puente doblado, Velocidad	
JP7	Conexión lámparas	
JP6	Alimentación y transmisión	
IC4	Circuito Integrado MAX232	
C5-9	Capacitor electrolítico	1 $\mu$ F 10V
R23-25,30	Resistencia	100 $\Omega$
R26-29	Resistencia	10 K $\Omega$
C10-13	Capacitor electrolítico	1 $\mu$ F 10V
S3-6	Conexión FC	
R31,33,36,38,40	Resistencia	330 $\Omega$
R32,34,35,37,39	Resistencia	100 $\Omega$
OK4-8	Opto transistor	
D5-9	Diodo 1N4004	1 A 110 VAC
JP13	Señal activación ventilador	
JP8	Señal activación sube puente nivel, FC seguridad sube puente nivel, mando manual	

JP10	Señal activación doblado 180, FC seguridad baja puente doblado, mando manual	
JP11	Señal activación doblado 90, FC seguridad sube puente doblado, mando manual	
JP12	Señal activación baja puente nivel, FC seguridad baja puente nivel, mando manual	
JP9,14	FC seguridad Puente nivel	
JP15	FC seguridad puente doblado	
JP16	Conexión sincronización fase tranf. 220/12	12 VAC
R41,45	Resistencia	10 K $\Omega$
R42	Resistencia	330 $\Omega$
R43	Resistencia	220 $\Omega$
R44,46,48	Resistencia	100 $\Omega$
R47	Resistencia	330 $\Omega$
B1	Puente rectificado de diodos	1 A 110VAC

# ANEXO B

ANEXO B-1  
TABLAS DE DATOS NEC

Tabl\* 430-150. Full-load Current<sup>1</sup> Three-Phas\* Alternating-Current Motors

HP	Induction Type Squirrel-Cage and Wound Rotor Ampere-s					Synchronous Type (Unity Power Factor) Ampere-s			
	115V	230V	440V	575V	2300V	220V	440V	550V	2300v
1/2	4	2	1	.8					
3/4	5.6	2.8	1.4	1.1					
1	7.2	3.6	1.8	1.4					
1 1/2	10.4	5.2	2.6	2.1					
2	13.6	6.8	3.4	2.7					
3		9.6	4.8	3.9					
5		15.2	7.6	6.1					
7 1/2		22	11	9					
10		28	14	11					
15		42	21	17					
20		54	27	22					
25		68	34	27		54	27	22	
30		80	40	32		65	33	26	
40		104	52	41		86	43	35	
50		130	65	52		108	54	44	
60		154	77	62	16	128	64	51	12
75		192	96	77	20	161	81	65	15
100		248	124	99	26	211	106	85	20
125		312	156	125	31	264	132	106	25
150		360	180	144	37		158	127	30
200		480	240	192	49		210	168	40

For full-load currents of 208- and 200-volt motors, increase the corresponding 230-volt motor full-load current by 10 and 15 percent, respectively.

\* These values of full-load current are for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics. Motors built for especially low speeds or high torques may require more running current, and multispeed motors will have full-load current varying with speed, in which case the nameplate current rating shall be used.

t For 90 and 80 percent power factor the above figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25 respectively.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220 to 240, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

Table 430-151. Locked-Rotor Current Conversion Table

As Determined from Horsepower and Voltage Rating For Use Only With Sections 430-110, 440-12, and 440-41.

MAX HP RATING	SINGLEPHASE		TWO OR THREE PHASE				
	115V	230V	115V	200V	230V	460V	575V
1/2	5.8	2.9	J4	14	12	6	4.8
3/4	8.8	4.4	3M	19	16.8	8.4	6.6
1	9.6	4.8	42	24	21	10.8	8.4
1 1/2	120	60	60	34	30	15	12
2	144	72	78	45	39	19.8	15.6
3	204	102		62	54	27	24
5	336	168		103	90	45	36
7 1/2	480	240		152	132	66	54
10	600	300		186	162	84	66
15				276	240	120	96
20				359	312	156	126
25				442	384	192	156
30				538	468	234	186
40				718	624	312	246
50				862	750	378	300
60				1035	900	450	360
75				1276	1110	558	444
100				1697	1476	738	588
125				2139	1860	930	744
150				2484	2160	1080	864
200				3312	2880	1440	1152



TABLA PARA COEFICIENTES DE PROTECCIÓN

LETRAS CLAVE DE IDENTIFICACION EN MOTORES DE CORRIENTE ALTERNIA.

Clave de letra clave NEMA	Hva de arranque por caballo de fuerza	Protección de circuito de derivación en porcentaje de corriente de motor - plena carga					
		Arranque pleno a voltaje		Arranque de Autotransformador			
		Capacidad Máxima de Fusible	Ajuste + Máx. del Interrup.	Capacidad Máxima.	Ajuste Máx. del Interrup.		
A	0.00- 3.74	150	150	150	150		
B	3.75- 3.94	250	200	200	200		
C	3.95- 3.99	250	200	200	200		
D	4.00- 4.49	250	200	200	200		
E	4.50- 4.99	250	200	200	200		
F	5.00- 5.59	300	250	250	200		
G	5.60- 6.29	300	250	250	250		
H	6.30- 7.09	300	250	250	200		
J	7.10- 7.99	300	250	250	200		
K	8.00- 8.99	300	250	250	200		
L	9.00- 9.99	300	250	250	200		
M	10.00-11.19	300	250	250	200		
N	11.20-12.49	300	250	250	200		
P	12.50-13.99	300	250	250	200		
R	14.00-15.99	300	250	250	200		
S	16.00-17.99	300	250	250	200		
T	18.00-19.99	300	250	250	200		
U	20.00-22.39	300	250	250	200		
V	22.40-	300	250	250	200		
Motor rotor embobinado		150	150				
* No tiene letra clave.		+ Tipo, límite de tiempo					
Arranque Hva = $\frac{\text{watts} \times \text{amp. rotor cerrado}}{\text{h.p.}}$		1 para monofásico. 2 para bifásico. 1.732 para trifásico.					
Letras clave aplicadas a la clasificación de motores que normalmente arrancan con voltaje pleno.							
Letras clave		F	G to L <sup>5</sup>	H	J	K	L
h.p.		Trifásico 15 y más	10-7 1/2	5	3	2-1 1/2	1
		Monofásico	5	3	2-1 1/2	1-3/4	1/2

ANEXO B-2  
HOJA DE DATOS CABLEC

CABLES DE COBRE, TIPOS TF Y TW -600 V -60 °C ( C

Calibre AWG o MCM	CONDUCTOR			Espesor de Aislam	Diametro Exterior Aprox.	Peso Total Aprox.	CAPACIDAD		Denomi- nación CABLEC	TIPO
	Sección	Diametro	Peso				*	*		
	Aprox	Aprox	Aprox.				mm	Amp.		
18 Sol.	0.8	1,02	7,32	0.76	2,54	13,7	6		Quito	TF
10 "	1,3	1,29	11,62	0,76	2,01	19	8		Quito	TF
M "	2.1	1.63	18,55	0.76	3.15	27.1	15	20	' Quilo	TW
12 "	3.3	2.05	29,34	0,76	3.57	39,3	20	25	Quito	TW
10 "	5.3	2,59	46,84	0.76	4,11	58,7	30	40	Quito	TW
8 "	8,4	3.26	74,2	1.14	5.54	97,5	40	60	Quito	TW
6 "	13,3	4.11	118.2	1.52	7.15	158,1	55	80	Quito	rw
8 7 h	8.4	3,69	75,85	1,14	5.97	104,4	40	60	Ambato	TW
6 "	13.3	4,65	120,6	1.52	7.69	169,5	55	80	Ambato	TW
4 "	21,1	5,88	190,58	1.52	8,92	250,2	70	105	Ambato	rw
2 "	33.6	7,41	302,66	1,52	10,45	377,5	95	140	Ambato	TW
1/0 "	53,5	9.36	485,01	2,03	13,42	603	125	195	Ambato	TW
2/0 "	67,4	10.5	611,4	2,03	14,56	744	145	225	Ambato	TW
3/0 "	85	11,79	771	2.03	15,85	920,9	165	260	Ambato	TW
4/0 "	107.2	13.26	972.3	2.03	17.32	1143	105	300	Ambato	TW
1/0 19 h	53,5	9,45	484,9	2.03	13,51	598,5	125	195	Ambato	TV/
2/0 "	67,4	10,6	611.4	2,03	14,66	739	145	225	Ambato	TW
3/0 "	85	11.95	771	2,03	16,01	918	165	260		
1/0 "	107.2	13,4	972,3	2,03	17,46	1135,7	195	300	Ambato	TV/
250 37 h	126,6	14,62	1157,9	2,41	19,44	1362,3	215	340	Ambato	TV/
300 "	152	16	1389,5	2,41	20,82	1613,3	240	375	Ambato	TW
350 "	177,4	17.3	1622	2.41	22,12	1864,4	260	420	Ambato	rw
400 "	207,7	18,49	1853	2,41	23,31	2112,8	280	455	Ambato	TV/
500 "	263.4	20.65	2310	2.41	25,47	2600	320	515	Ambato	TW
600 "	304	22,63	2700	2,79	28,21	3148,1	355	575	Ambato	"PA/
600 61 h	304	22,60	2700	2,79	28,26	3148,1	355	575	Ambato	TW
700 "	354,7	24,40	3242	2.79	30,06	3641	385	630	Ambato	TW
750 "	380	25.35	3474	2.79	30,93	3888	400	655	Ambato	7W
800 "	405,4	26,17	3705	2,79	31.75	4134	410	680	Ambato	TW
1000 -	596,7	29.26	4632	2,79	34,04	5117	455	730	Ambato	TW

\* Capacidad de conducción para no más de 3 conductores en conduit, bandeja, cable o directamente enterrado a temperatura ambiente 30 °C, "

\*\* Capacidad de conducción para un conductor en aire a temperatura ambiente de 30 °C

Colores Quito Negro, Blanco, Rojo, Amarillo, Azul, Verde

Ambatos, Negro

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBERIA CONDUIT  
 TIPOS RF-2, RFH-2, R, RH, RW, RH-RW, RHH,  
 RU, RUH, RUW, SF y SFF  
 TIPOS TF, T, TW y THW

AWG MM <sup>2</sup>	1/2 Fulg.	3/4 Pulg.	1 Pulg.	1 1/4 Pulg.	1 1/2 Pulg.	2 Pulg.	2 1/2 Pulg.	3 Pulg.	3 1/2 Pulg.	4 Pulg.	5 Pulg.	6 Pulg.
18	7	12	20	35	49	30	115	176				
16	6	10	17	30	41	68	90	150				
14	4	8	10	10	25	41	58	90	121	155		
12	3	5	0	15	24	3-1	50	76	101	132	208	
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	173	
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67	105	152
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64	93
4	1	1	1	3"	5	8	12	18	24	31	49	72
3		1	1	3	4	7	10	16	21	28	44	63
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24	38	55
1		1	1	1	3	4	7	10	14	18	29	42
0			1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
00			1	1	1	3	5	8	11	14	22	32
000			1	1	1	3	4	7	9	12	19	27
0000				1	1	2	3	6	0	10	16	23
250				1	1	1	3	5	6	8	13	19
300				1	1	1	3	4	5	7	11	16
350				1	1	1	1	3	5	6	10	15
400					1	1	1	3	4	6	9	13
500					1	1	1	4	4	5	8	11
600						1	1	1	3	4	6	9
700						1	1	1	3	3	6	8
750						1	1	1	3	3	5	8
800						1	1	1	3	3	5	7
900						1	1	1	1	3	4	7
1000						1	1	1	1	3	4	6
1250							1	1	1	1	3	5
1500								1	1	1	3	4
1750								1	1	1	2	4
2000								1	1	1	1	3

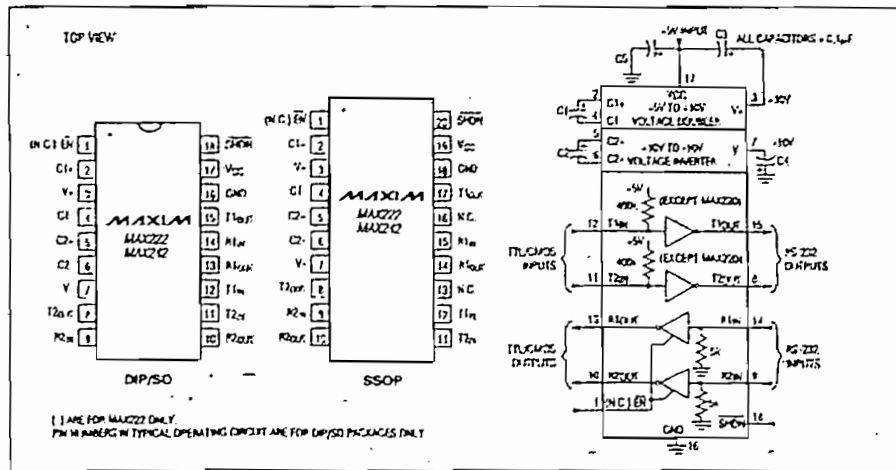
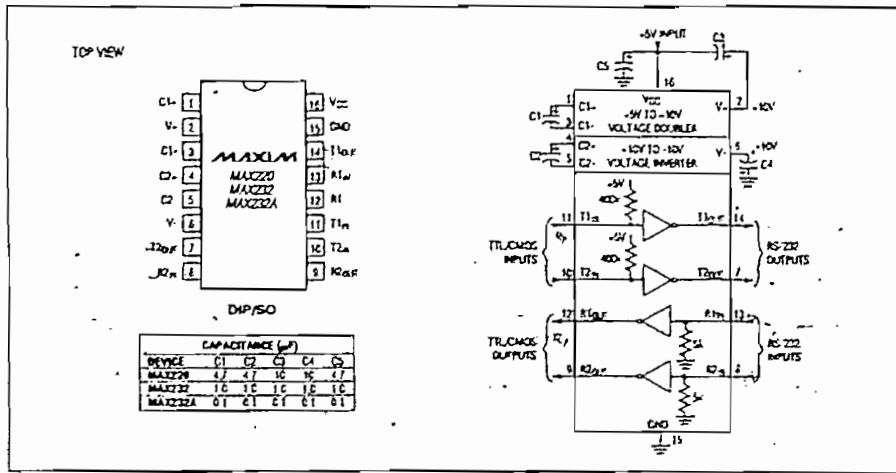
Cuando existe un tramo de tubería que no exceda 50 pies en longitud y con-tenga no mas de dos curvas de 90" o su equivalente, dos conductores aislados N° 4 AWG y un desnudo N° 4 pueden ser instalados en tubo de 1" de diámetro.

ANEXO B-4  
CONEXIÓN DEL MAX232

ANEXO B-4  
CONEXIÓN DEL MAX

**+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers**

MAX220-MAX249



ANEXO B-5

Hoja de datos de la termocupla

TABLE 7 Type J Thermocouple—thermoelectric voltage as a function of temperature (°C); reference junctions at 0 °C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
Thermoelectric Voltage in Millivolts												
-210	-8.095											-210
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	-8.095	-200
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868	-7.890	-190
-180	-7.403	-7.429	-7.456	-7.482	-7.508	-7.534	-7.559	-7.585	-7.610	-7.634	-7.659	-180
-170	-7.123	-7.152	-7.181	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.376	-7.403	-170
-160	-6.821	-6.853	-6.883	-6.914	-0.944	-6.975	-7.005	-7.035	-7.064	-7.094	-7.123	-160
-150	-6.500	-6.533	-6.566	-6.598	-6.631	-6.663	-6.695	-6.727	-6.759	-6.790	-6.821	-150
-140	-6.159	-6.194	-6.229	-6.263	-6.298	-6.332	-6.366	-6.400	-6.433	-6.467	-6.500	-140
-130	-5.801	-5.838	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.054	-6.089	-6.124	-6.159	-130
-120	-5.426	-5.465	-5.503	-5.541	-5.578	-5.616	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764	-5.801	-120
-110	-5.037	-5.076	-5.116	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.350	-5.388	-5.426	-110
-100	-4.633	-4.674	-4.714	-4.755	-4.796	-4.836	-4.877	-4.917	-4.957	-4.997	-5.037	-100
-90	-4.215	-4.257	-4.300	-4.342	-4.384	-4.425	-4.467	-4.509	-4.550	-4.591	-4.633	-90
-80	-3.786	-3.829	-3.872	-3.916	-3.959	-4.002	-4.045	-4.088	-4.130	-4.173	-4.215	-80
-70	-3.344	-3.389	-3.434	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742	-3.786	-70
-60	-2.893	-2.938	-2.984	-3.029	-3.075	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.300	-3.344	-60
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.571	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847	-2.893	-50
-40	-1.961	-2.008	-2.055	-2.103	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.385	-2.431	-40
-30	-1.482	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913	-1.961	-30
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.142	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433	-1.482	-20
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.749	-0.798	-0.847	-0.896	-0.946	-0.995	-10
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	-0.501	0
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	10
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.55	10.612	10.668	10.723	10.779	190
200	10.779	10.834	10.89	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	200
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.779	11.834	11.889	210
220	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	220
230	12.445	12.500	12.55	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000	230
240	13.000	13.056	13.111	13.167	13.222	13.278	13.333	13.389	13.444	13.500	13.555	240