

**Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Electrónica**



Diseño y modernización del sistema de control de una máquina de tornillos

**Informe del Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniera en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

Laura V. Hernández Ramírez

Cartago, febrero de 2005

Declaración de autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Heredia, 31 de Marzo de 2005

Laura V. Hernández Ramírez
1-1044-0567

INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Carlos Badilla

Profesor lector



Ing. Sergio Morales

Profesor lector



Ing. Eduardo Interiano

Profesor asesor



Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 30 de Marzo de 2005

Resumen

El problema consiste en la actualización de un sistema de control y del sistema de potencia de una máquina que hace tornillos y que tiene cargador automático.

Se pretende modernizar el control automático del cargador, pues éste se compone de muchas de las partes que ya no se consiguen en el mercado y que hacen difícil su reparación. Al durar mucho corrigiendo los errores que se presentan, se pierde tiempo de producción y esto no es favorable para la empresa.

Se quiere corregir cambiándole el sistema de control por un Controlador Lógico Programable y el sistema de potencia por un diseño totalmente nuevo con contactores y protección térmica, que sean de rápido y fácil reemplazo de ser necesario.

Además se instalará una pantalla de tacto que será la interrelación entre la máquina y el usuario, y que proveerá información cuando sucedan errores como profundidad de ranura, rotura de la faja principal y el sobrante no ha sido retirado propiamente de la máquina.

Palabras claves: Automatización; Controlador de motores; Motores trifásicos; Motores paso a paso; Motores reversibles; Microinterruptores.

Summary

The problem consists in the update of a system of control and the system of power of a machine that makes screws and that has automatic loader.

It's necessary to modernize the automatic control of the shipper because this one is made up of many parts that are no longer obtained in the market and could make its repair more difficult. When lasting much correcting the errors that appear, time of production is lost and this is not favorable for the company.

It is wanted to correct changing to the system of control by a Program Logic Controller and the system of power by a present design with cocking mechanisms and heat screen that are of express and easy replacement to be necessary.

In addition a tact screen will settle that will be the interrelation between the machine and the user, and will provide information when errors happen as depth of groove, plows of the main strip and the leftover has not been retired properly of the machine.

Key words: Automatization; Controller of motors; Three-phase motors; Motors step by step; Reversible motors; Micro interrupting.

Dedicatoria

A mi padre, cuya atmósfera cercana siempre me ha nutrido e hiciera en mi, ya videncialmente, adherirme a su pasión por el designio mágico de la electrónica.

Agradecimiento

Primero quiero agradecer a Dios y a la Virgen por permitirme llegar a cumplir mi sueño.

A mi padre, por su paciencia

A mi madre, por su inagotable energía

Ambos, senderos necesarisimos a lo largo de estos años

A mis hermanos, por su compañía y solidaridad.

A mis abuelos, por su amplio apoyo, motivación, confianza y esperanza en su nieta.

A una persona muy especial, mano firme que me levantara tantas veces, sostén y consuelo permanentes.

A mi mejor amiga, soporte incondicional y confianza

A mis profesores: en especial, al Ing. Eduardo Interiano asesor de este Proyecto.

A Trimpot Electrónicas, por abrirme sus puertas y permitirme llevar a cabo este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	12
1.1 Problema existente e importancia de su solución	12
1.2 Solución seleccionada	13
Meta y objetivos	15
2.1 Meta.....	15
2.2 Objetivo general.....	15
2.3 Objetivos específicos.....	15
2.3.1 Objetivos de <i>hardware</i>	15
2.3.2 Objetivos de <i>software</i>	15
2.3.3 Objetivos de documentación	16
2.3.4 Objetivos de implementación.....	16
Marco teórico	17
3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar	17
Procedimiento metodológico.....	26
4.1 Reconocimiento y definición del problema.....	26
4.2 Obtención y análisis de información	27
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución.....	31
4.4 Implementación de la solución.....	35
Descripción detallada de la solución (explicación del diseño).....	39
5.1 Análisis de soluciones y selección final	39
5.2 Descripción del <i>hardware</i>	42
5.2 Descripción del <i>software</i>	48
Análisis de resultados	60
6.1 Resultados.....	60
6.2 Análisis	64
Conclusiones y recomendaciones.....	67
7.1 Conclusiones	67
5.3 Recomendaciones	68
Bibliografía	69
Apéndices	70
Apéndice A.1 Glosario, abreviaturas y simbología	70
Apéndice A.2 Manual(es) de usuario.....	71
A.2.1 Manual de usuario	71
A.2.2 Diagramas eléctricos	79
Apéndice A.3 Información sobre la empresa / institución	84
A.3.1 Descripción de la empresa	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Distribución de la máquina original.....	17
Figura 3.2	Esquema del sistema original	19
Figura 3.3	Microinterruptores activados por levas.....	19
Figura 3.4	Microinterruptor activado por banderilla	20
Figura 3.5	Banderilla del cargador	20
Figura 3.6	Vista interior del controlador original del cargador	21
Figura 3.7	Vista posterior del controlador original del cargador	21
Figura 3.8	Etapas de potencia original.....	22
Figura 3.9	Motor servo	23
Figura 3.10	Motor reversible.....	23
Figura 3.11	Botonera del modo manual del controlador original de la máquina.....	24
Figura 3.12	Interruptor manual de la máquina.....	24
Figura 3.13	Botonera original del cargador	25
Figura 4.1	Diagrama de la secuencia del controlador	28
Figura 4.2	Diagrama de distribución de la pantalla de tacto.....	29
Figura 4.3	PIC 16F8X.....	31
Figura 4.4	Compact FieldPoint.....	32
Figura 4.5	Controlador lógico programable de la serie micro de OMRON.....	33
Figura 4.6	Elementos eliminados	36
Figura 5.1	Controlador del motor paso a paso (MAX 100).....	42
Figura 5.2	Conexión del MAX100.....	43
Figura 5.3	Conectores de 25 pines (espejos).....	44
Figura 5.4	Gabinete del nuevo controlador	45
Figura 5.5	Sensor de proximidad	46
Figura 5.6	Diagrama de bloques de <i>hardware</i>	47
Figura 5.7	Diagrama lógico del programa	52
Figura 5.8	Diagrama de flujo programa de la pantalla de tacto.....	55
Figura 5.9	Pantalla principal.....	56
Figura 5.10	Pantalla de mantenimiento.....	56
Figura 5.11	Pantalla de máquina.....	57
Figura 5.12	Pantalla de carga	57
Figura 5.13	Botón de seguridad del contador de mantenimiento	58
Figura 5.14	Alimentador vacío.....	58
Figura 5.15	Sobrante en boquilla	59
Figura 5.16	Error en faja.....	59
Figura 5.17	Error en profundidad de ranura	59
Figura 6.1	Controlador con PLC.....	60
Figura 6.2	Pantalla de tacto que reemplazó la botonera original.....	61
Figura 6.3	Partes del tornillo.....	63
Figura 6.4	Sistema de Potencia	65
Figura A1	Distribución de la máquina	71
Figura A2	Interruptor térmico	73
Figura A3	Pantalla principal	74

Figura A4	Pantalla de Mantenimiento	74
Figura A5	Pantalla control de la máquina	75
Figura A6	Ajuste de la máquina	75
Figura A7	Pantalla de carga.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Descripción de la distribución de la máquina original	17
Tabla 4.1	Resultados de investigación de alternativas de equipo	34
Tabla 5.1	Direcciones del PLC utilizadas en entradas y salidas.....	53
Tabla 6.1	Medidas de especificación del producto	62

Capítulo 1 Introducción

1.1 Problema existente e importancia de su solución

En este momento la empresa cuenta con máquinas que hacen tornillos que son utilizados para varios productos del mercado mundial así como para el ensamble del potenciómetro, que es uno de los productos que se realizan en la misma empresa. El problema consiste en que el control de la máquina original esta basada en tecnología que ya no es tan utilizada, con componentes difíciles de conseguir. El cargador tiene un control basado en relés y la etapa de potencia contiene elementos que ya han sido reemplazados en el mercado por otros. La dificultad radica en que la conexión de estos dos procesos no está clara, por esta razón al tratar de repararla pueden durar varias horas o días en encontrar el problema aunque su solución no sea muy complicada.

La finalidad de corregir este problema tiene alcance en la producción, ya que al hacerse difícil a los técnicos encontrar las fallas se pierde tiempo, y por tanto hay pérdidas económicas. Se podría pensar, que si se utiliza un par de horas para corregir un problema no es mucho tiempo, pero hay que tomar en cuenta que para hacer cada uno de estos productos se dura alrededor de 4.7s (para producir el más grande de los tres principales), esto implica que en una hora se producen aproximadamente 1532 tornillos.

Además las fallas eléctricas sin aviso provocan tiempos muertos y, como consecuencia, la producción se altera, es más cara por el tiempo extra de mano de obra que debe escoger el material defectuoso, sin contar con el que ya ha sido procesado, que se debe desechar y por tanto la calidad es baja.

1.2 Solución seleccionada

La solución al problema presentado anteriormente debe contemplar el ambiente en que trabaja la maquinaria, ya que como la barra de cobre es formada en tornillo por medio de cuchillas mientras ésta gira, necesita estar siendo lubricada con aceites de distintos tipos que no permiten el calentamiento de los materiales involucrados en el proceso. Esta lubricación la lleva a cabo una bomba que hace circular el aceite de donde cae hasta donde se unen las cuchillas, además el personal del área continuamente la están aceitando en distintas partes, lo que provoca un ambiente aceitoso y donde, por tanto, los productos electrónicos pueden llegar a fallar con facilidad.

Cuando la máquina está trabajando provoca vibración debido a que como la barra es girada por el motor trifásico en un extremo, ésta a veces en ciertos puntos golpea al tubo que la guía, que a su vez hace vibrar el cargador que es donde se debe colocar el controlador; además de que el área es muy ruidosa y caliente por el funcionamiento de aproximadamente unas veinte máquinas en un área no muy grande.

Una parte importante de comentar en este capítulo es que no existen planos eléctricos de la máquina, solamente mecánicos y se encuentran en otro idioma, por tanto se debe tomar una decisión en este aspecto para poder llegar a implementar el controlador, además se debe tomar en cuenta que las conexiones tanto del controlador del cargador como de su conexión con la máquina se encuentran en desorden y contienen componentes que no se consiguen en el mercado.

Dados los detalles anteriores se puede llegar a hacer una lista que contemple las restricciones y los requerimientos en este proyecto:

- Ambiente aceitoso
- Ambiente ruidoso
- Vibraciones
- Temperatura relativamente alta
- Utilización de tecnología conocida por el personal calificado de la empresa
- Fácil interacción con el usuario
- Sistema de control sea claro para su reparación

Capítulo 2

Meta y objetivos

2.1 Meta

Este proyecto tiene la intención de mejorar la producción disminuyendo los tiempos muertos ocasionados por la duración de las reparaciones eléctricas y dar facilidad en los mantenimientos tanto preventivos como correctivos.

2.2 Objetivo general

Modernizar el sistema de control y de alarma de la máquina de tornillos y su cargador, y rediseñar el sistema de potencia.

2.3 Objetivos específicos

2.3.1 Objetivos de *hardware*

- a. Diseñar y construir el controlador de la máquina y cargador
- b. Diseñar y construir una nueva etapa de potencia

2.3.2 Objetivos de *software*

- a. Programar el controlador para la máquina cargadora de barras y para la máquina de tornillos
- b. Programar los algoritmos para las señales de alarma por medio de microinterruptores y de temporizadores
- c. Programar la rutina para la pantalla de tacto

2.3.3 Objetivos de documentación

- a. Realizar un manual de operación y de mantenimiento del nuevo controlador de la máquina de tornillos.
- b. Realizar los diagramas eléctricos del nuevo controlador
- c. Dibujar los diagramas de tiempos del nuevo controlador

2.3.4 Objetivos de implementación

- a. Construir un nuevo sistema de control
- b. Ensamblar la nueva etapa de potencia
- c. Colocar los contactores a los extremos del controlador para mayor facilidad de interconexión
- d. Acoplar el motor paso a paso
- e. Integrar a la máquina el controlador del motor paso a paso.
- f. Cablear los interruptores, sensor, botones, embragues y motores
- g. Hacer las conexiones del controlador y la etapa de potencia

Capítulo 3 Marco teórico

3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar

En la figura 3.1 se presenta la distribución de la máquina sobre la cual se realizará el presente proyecto.

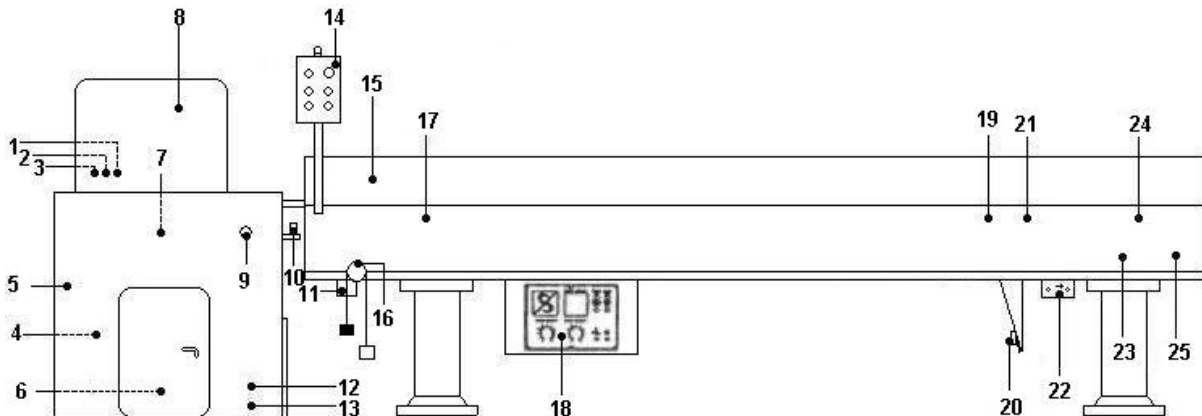


Figura 3.1 Distribución de la máquina original.

A continuación se presentará una tabla con la explicación de cada uno de los números señalados en la figura 3.1.

Tabla 3.1 Descripción de la distribución de la máquina original

Nº	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1	Interruptor de sincronía (LS8)	Sincroniza la máquina con el cargador
2	Microinterruptor de desactivación de válvula de rosca	Desactiva la cuchilla que hace la rosca
3	Microinterruptor de activación de válvula de rosca	Activa la cuchilla que hace la rosca
4	Etapas de potencia	Gabinete con la etapa de potencia que activa los motores trifásicos
5	Botonera de la máquina	Enciende y apaga la máquina
6	Embrague de la máquina	Acopla el motor con las levas
7	Válvula de aire	Válvula que mueve hacia delante la canasta y provee de aire a los interruptores del sistema mecánico que recoge los tornillos
8	Motor trifásico	Gira la cuchilla que hace la ranura al tornillo
9	Botón de inicio	Activa y desactiva el embrague de la máquina que permite el movimiento de las levas
10	Válvula de aire	Válvula que activa la cuchilla que hace la rosca

11	Microinterruptor de pesa (LS2)	Se activa cuando la pesa lo presiona esto ocurre cuando la barra se encuentra en el lugar indicado para empezar la producción
12	Motor trifásico	Mueve levas, la faja y realiza el ciclo del aceite para las cuchillas
13	Microinterruptor de faja (LS9)	Cuando se activa significa que la faja que hace girar la barra se ha reventado
14	Botonera del cargador	Activa y desactiva el cargador
15	Conjunto solenoide y microinterruptor (LS3)	Cuando el interruptor envía una señal se activa un temporizador para colocar la barra
16	Embrague del cargador	Mantiene la barra estable en el momento de la elaboración del tornillo y además proporciona el movimiento de la barra para el corte de cada producto
17	Microinterruptor de final de línea (LS1)	Indica el final de la línea, que es el momento en que la barra debe de devolverse
18	Controlador del cargador	Gabinete que contiene los relés y temporizadores de control y además reóstatos para el control del torque de los motores
19	Microinterruptor de límite en la carga (LS6)	Al ser activado el motor reversible se detiene al ir en dirección de las manecillas del reloj
20	Microinterruptor de sobrante (LS5)	Envía la señal de que el sobrante ha sido desechado y permite la continuación del ciclo en caso contrario la máquina se detiene
21	Microinterruptor de limite en la descarga (LS7)	Indica límite al botar el sobrante, detiene el motor reversible cuando este lleva dirección a favor de las manecillas del reloj
22	Botonera manual	Botonera con la que se coloca el cargador en modo manual
23	Motor reversible	Motor que realiza la carga y descarga de la barra
24	Microinterruptor de inicio de línea (LS4)	Al activarse indica que se puede empezar el siguiente ciclo de carga
25	Motor servo	Motor que realiza el movimiento en la alimentación de la barra y en la producción

Para dar a entender de una mejor manera el proceso que ejecuta la máquina de tornillos se realizó un diagrama de bloques, que está representado en la figura 3.2

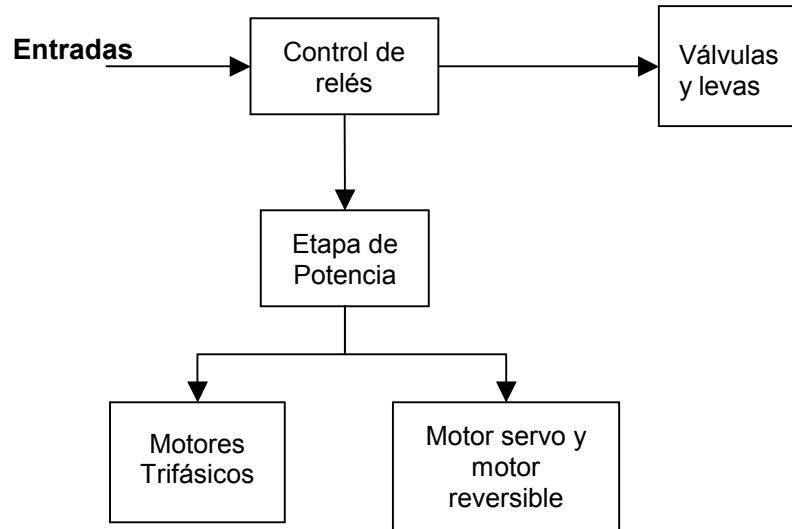


Figura 3.2 Esquema del sistema original

Las entradas al sistema de control por contactores son dadas por microinterruptores, que son activados por levas o por el paso de la banderilla por el riel, figura 3.3 y 3.4 respectivamente.

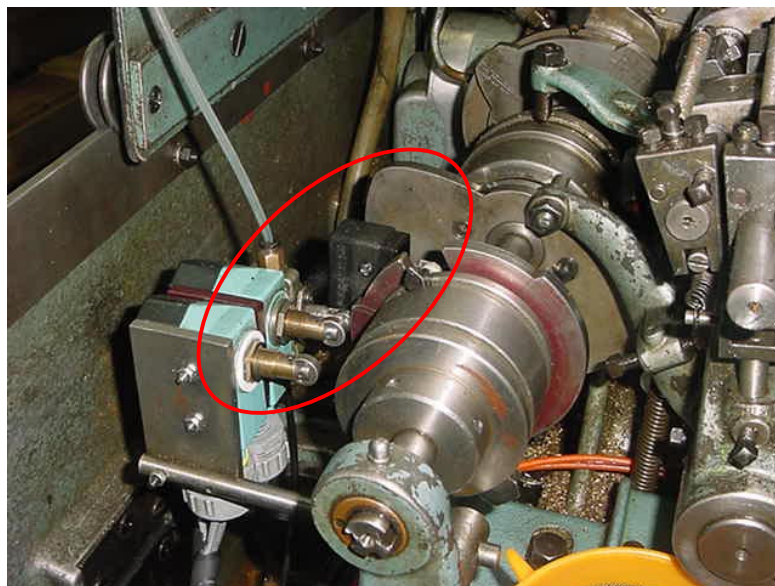


Figura 3.3 Microinterruptores activados por levas

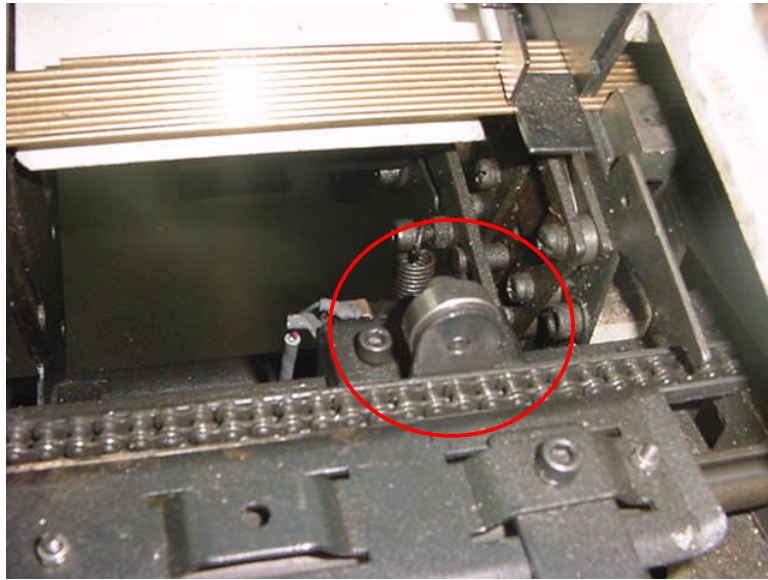


Figura 3.4 Microinterruptor activado por banderilla

La banderilla (figura 3.5) es el soporte que tiene la barra de cobre a lo largo de su recorrido, está compuesto de una boquilla donde se inserta la barra y un tubo que da la opción de utilizar la mayor cantidad de barra a la hora de hacer el producto.

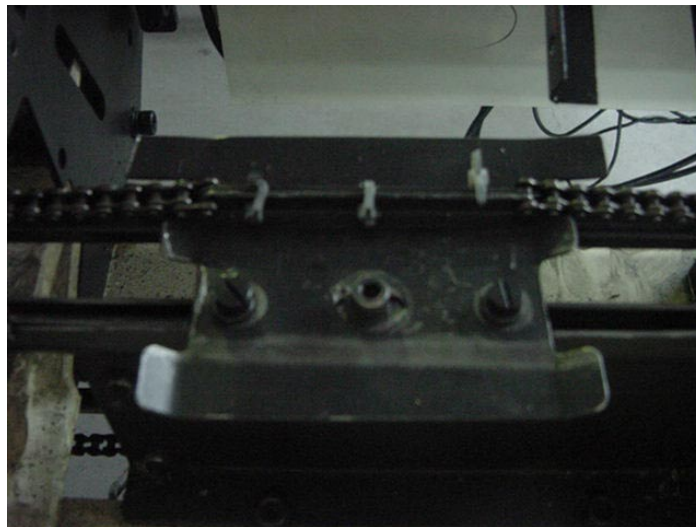


Figura 3.5 Banderilla del cargador

El sistema de control original de la máquina se muestra en la figura 3.6 y en la 3.7; como se puede observar no está muy claro ni ordenado, todos los cables provienen de la parte posterior del control y de ahí salen a cada terminal, si bien es cierto la mayor parte de terminales tienen número no es fácil encontrarlo dentro del controlador y mucho menos fuera de él.

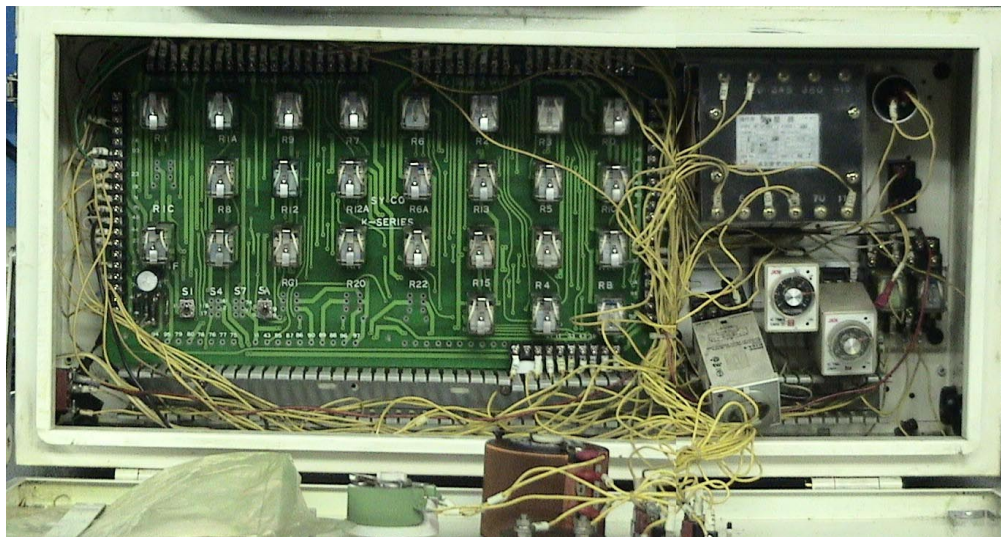


Figura 3.6 Vista interior del controlador original del cargador

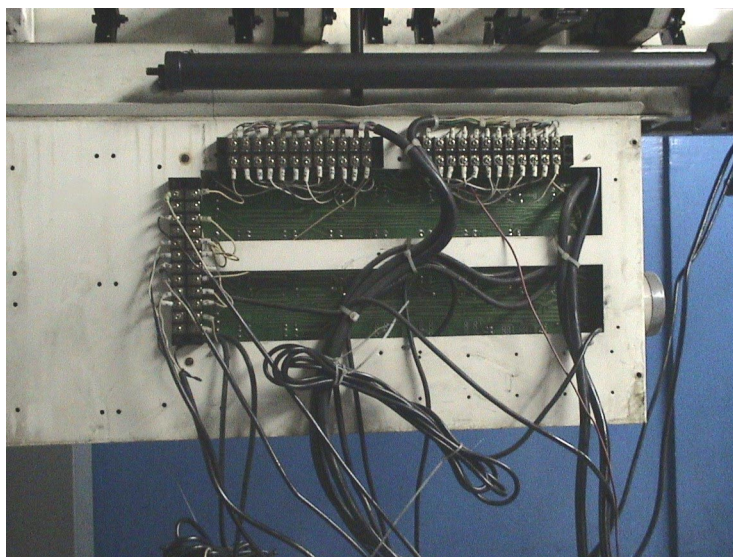


Figura 3.7 Vista posterior del controlador original del cargador

A este controlador se le han remplazado algunas partes como los temporizadores, por problemas que se tuvieron con los originales, se cambiaron por otro tipo de componentes porque no se encontraron en el mercado los originales. Como se sabe el hecho de cambiar un componente por otro diferente implica adaptaciones y sin una guía esto se convierte en una tarea difícil y prácticamente de prueba y error.

Como salidas del controlador, se tienen las señales para la etapa de potencia que activa un motor reversible, que tiene la función de cargar y descargar la barra; un servo motor, que es el que mueve la banderilla a lo largo del riel, y dos motores trifásicos, uno que tiene la función de girar una cuchilla que hace la ranura a los tornillos y el otro que mueve por medio de una faja todas las cuchillas y levas. La etapa de potencia se puede ver en la figura 3.8.

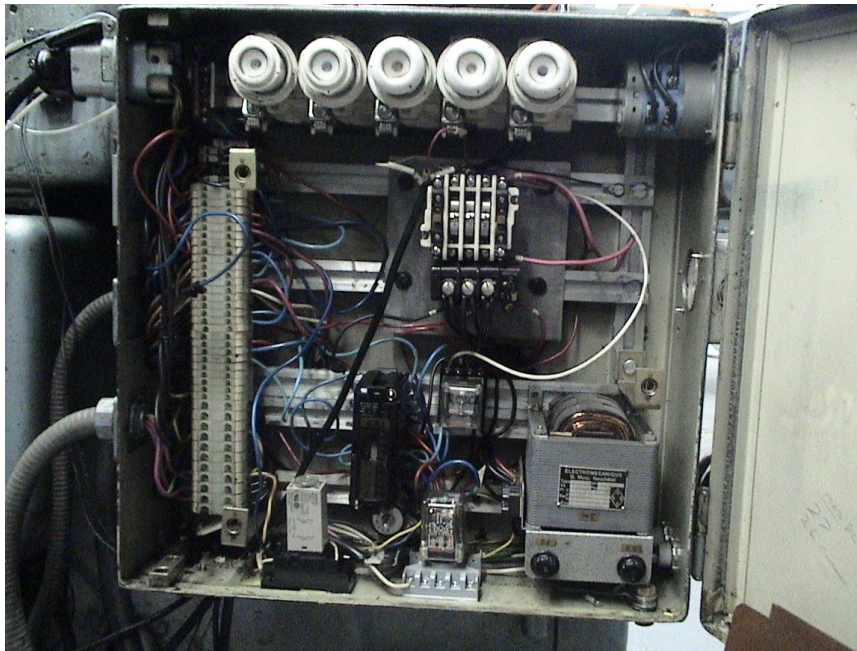


Figura 3.8 Etapa de potencia original

Como se puede observar en la figura 3.8, la etapa de control también ha sido alterada con los temporizadores, localizados en la parte inferior; además que se tienen varios componentes que en el mercado han sido remplazados por elementos más modernos.

Los motores servo y reversible se pueden ver en la figura 3.9 y 3.10 respectivamente. Como se dijo antes son muy importantes en el cargado automático.



Figura 3.9 Motor servo



Figura 3.10 Motor reversible

El cargador tiene un sistema de manual / automático que es seleccionado por medio de un interruptor y tiene dos botones con los que se realizan la carga y la eliminación del sobrante manualmente, se muestra en la figura 3.11.

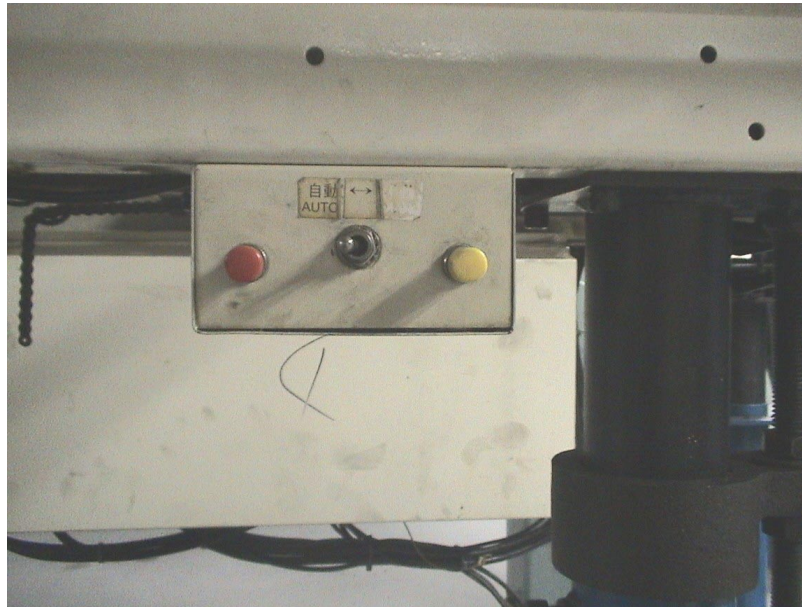


Figura 3.11 Botonera del modo manual del controlador original de la máquina.

La máquina también tiene su modo manual por medio de un interruptor y una palanca como se presenta en la figura 3.12. Cuando se presiona el interruptor y se gira la palanca toda la máquina empieza a funcionar, a la velocidad en que se gira la palanca y se puede detener en el momento que se desee teniendo en cuenta el cuidado con las cuchillas implicadas en el momento. Esta función es de suma importancia para el ajuste mecánico de la máquina.

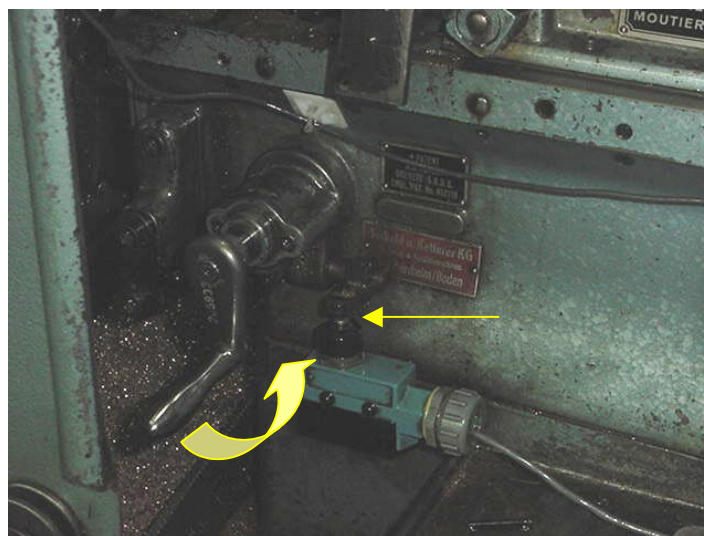


Figura 3.12 Interruptor manual de la máquina

El encendido de la máquina está dado por medio de un botón de inicio de seguridad y una botonera colocados a un costado de ésta, mientras que el cargador es controlado por medio de una botonera, la cual se muestra en figura 3.13.

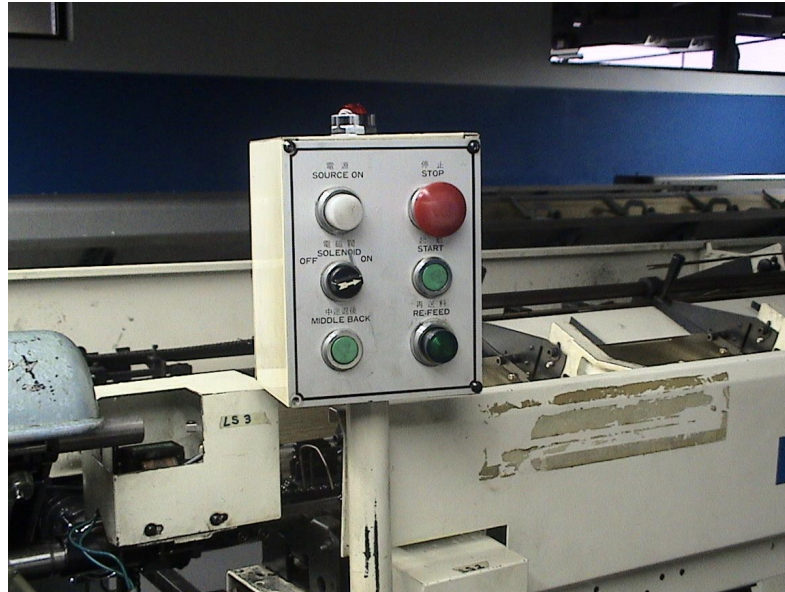


Figura 3.13 Botonera original del cargador

Como se puede ver con la información anterior, el control de la máquina y el cargador se encuentran por separado, esto se debe a que el cargador fue acoplado tiempo después a la máquina. El cargador fue hecho en Taiwán y la máquina en Suiza, a esto también se debe el desorden en las conexiones pues los cables tuvieron que ser enviados de un lado a otro para poder adaptar una máquina a la otra. Por esta razón la documentación se encuentra en un idioma oriental y los planos eléctricos para este modelo de cargador o su interconexión con la máquina son escasos.

Capítulo 4

Procedimiento metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

El problema consiste principalmente, según el ingeniero a cargo del área y el ingeniero a cargo del mantenimiento de la maquinaria, en el cambio de equipo y componentes electrónicos para obtener una máquina moderna con elementos que se puedan encontrar en el mercado. Este problema se recalca por el tiempo que se necesita para corregir algún problema en estas máquinas, ya que no existe información suficiente para corregirlo con precisión y rapidez.

Como se puede ver la forma de llegar a alcanzar la meta de este proyecto es la modernización del sistema de control y de la parte de potencia. Las restricciones que se presentadas para las posibles soluciones se encuentran en la sección 1.2.

4.2 Obtención y análisis de información

El primer paso para analizar cualquier solución en este caso es el conocimiento del proceso que realizaba el conjunto cargador-máquina, pues según lo que se había obtenido de una entrevista con un técnico mecánico del área las dos máquinas tienen ciertas señales compartidas.

En este caso el problema principal es el cargador, ya que la máquina que hace los tornillos está basada en levas, su relación con el cargador es lo que interesa propiamente.

El material facilitado por la empresa carecía de información necesaria para ser utilizada en el presente proyecto. Los documentos otorgados pertenecían a un modelo de cargador con partes extras y por tanto un funcionamiento distinto, además que la mayor parte de su información era del área mecánica. Por tanto se pidió ayuda a la empresa que fabricó los cargadores, pero ya variaron sus productos y por tanto no proporcionaron ningún documento.

Al no contar con información suficiente se llegó a la conclusión que el siguiente paso era conocer las señales y acciones del cargador-máquina siguiendo las señales de extremo a extremo. Dado que el proceso se hacía muy difícil y no se llegaba a ninguna solución clara, se cambió por analizar y tomar nota de cada paso que la máquina en conjunto realizaba, tanto en su momento de carga como de alimentación de la barra.

Con este modo de investigación, poco a poco llegaron las conclusiones y se conoció la forma en que trabaja la máquina completa. Con base a la información se pudo realizar un diagrama de flujo que de las pautas al programa que se debió realizar y así poder hacer un análisis más profundo de las señales con las que se tuvo que trabajar.

En una forma básica el proceso de esta máquina con cargador es la siguiente:

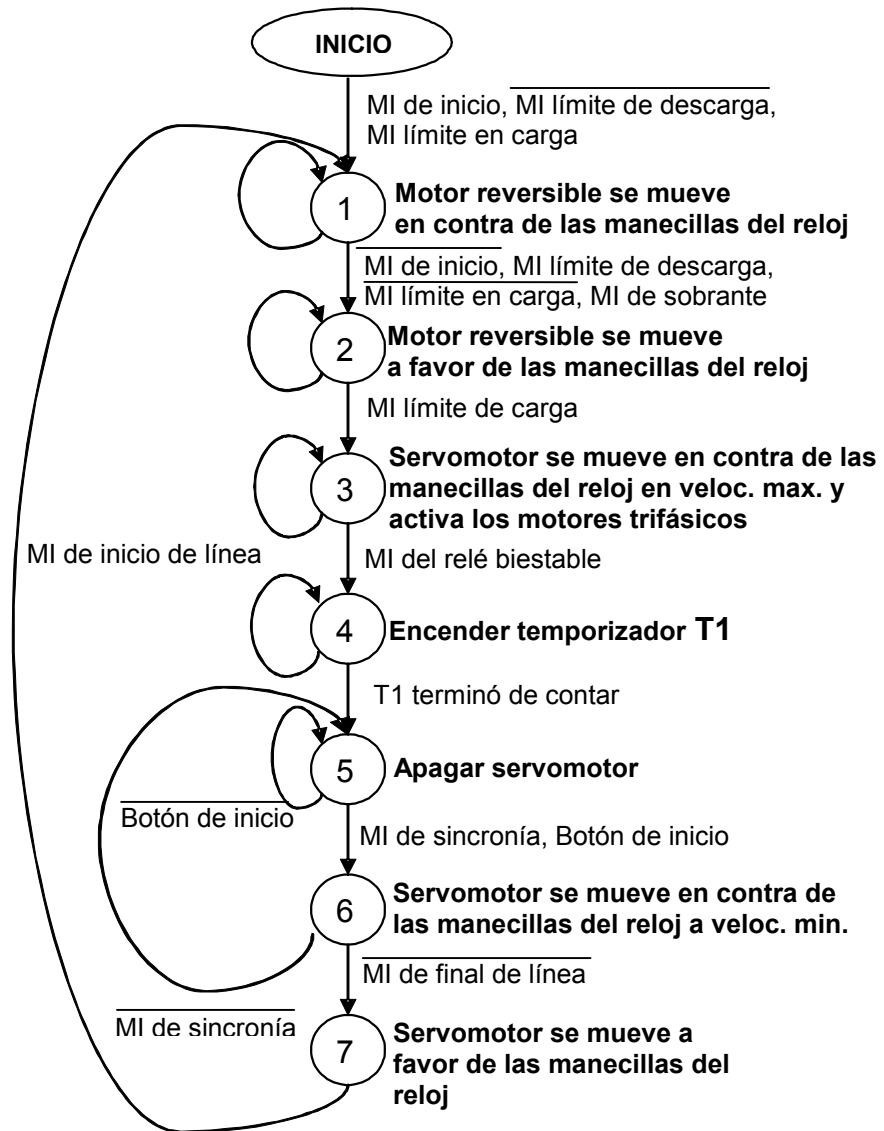


Figura 4.1 Diagrama de la secuencia del controlador

Por otra parte, no menos importante, se tiene la implementación de la interacción usuario – máquina. Para realizar este punto es primordial que las pantallas que se presenten sean de fácil uso y entendimiento, además que tengan secciones que solo personal calificado pueda modificar.

Como principio de esta programación se realizó un bosquejo con las pantallas que se pensaron en un principio podían funcionar, con opciones más que todo gráficas de encendido, apagado y mantenimiento. La secuencia se presenta en la figura 4.2:

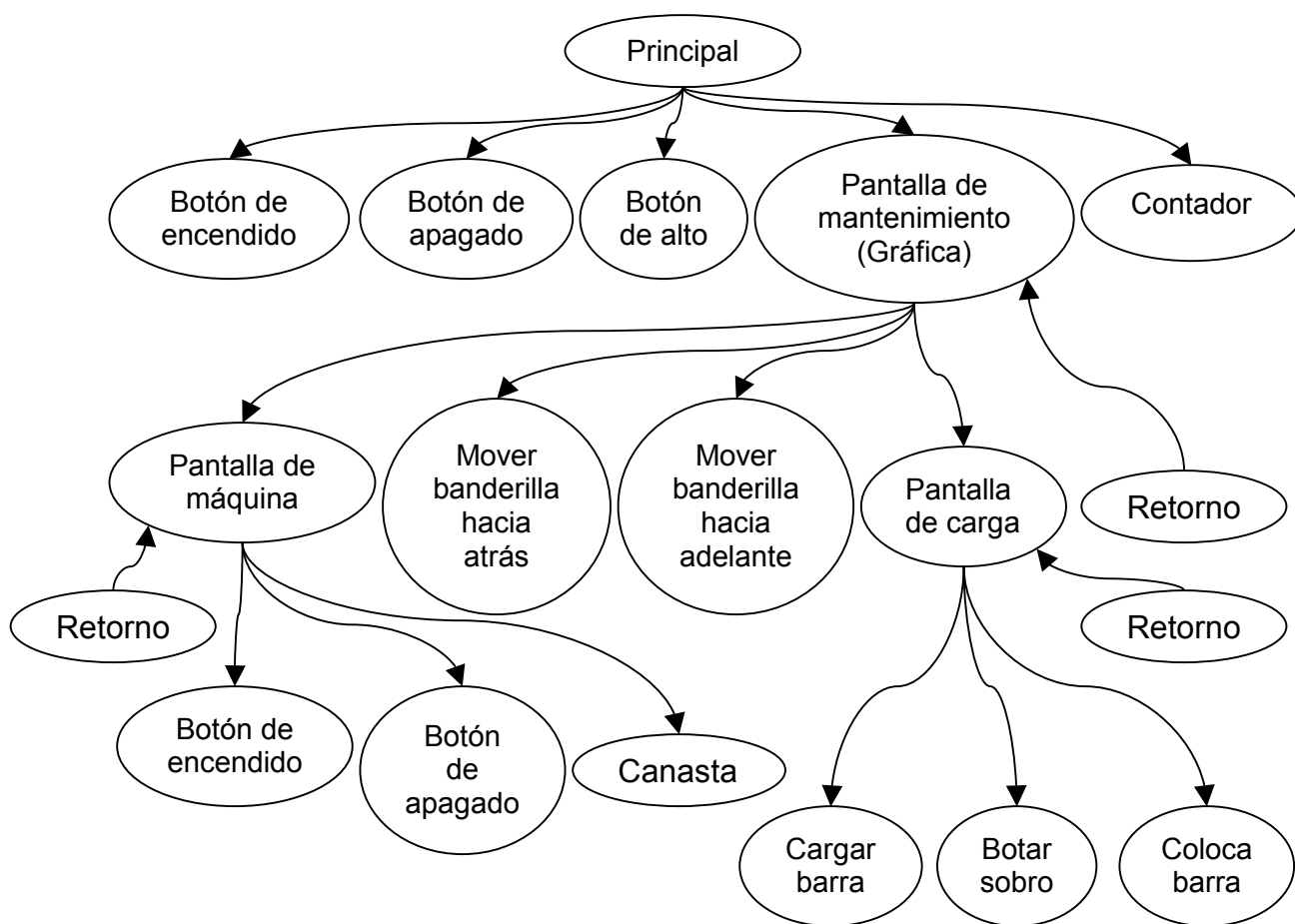


Figura 4.2 Diagrama de distribución de la pantalla de tacto

A la distribución anterior se le deben agregar algunas pantallas creadas para las alarmas, una para cuando se tuviera 1600 horas de labor, para la profundidad de

ranura, cuando la faja se reventara, cuando el alimentador estuviera vacío y, finalmente, falla en el cargado. Además que el reinicio del contador tiene botón de seguridad, es decir un botón escondido que se tiene que presionar simultáneamente con el botón de reinicio.

Aparte de esto se tenía pensado una pantalla donde se pudiera hacer el proceso de cargado y creación de los tornillos, paso por paso para localización de fallas.

Esta idea se presentó al jefe de los técnicos mecánicos del área, ya que conoce la forma de manejo de la máquina y su experiencia es importante en la implementación del nuevo controlador; se debe tomar en cuenta que como las máquinas llevan mucho tiempo en este lugar hacer un cambio radical a la hora del manejo puede entorpecer la utilización de la maquinaria y por tanto provocar un rechazo de los operarios hacia la misma.

Como resultado de la presentación y discusión se hicieron unos cambios, el despliegue del mensaje de mantenimiento rutinario cambió de una pantalla aparte a un mensaje en la pantalla principal y se decidió colocar el botón de reinicio del contador dentro de la pantalla de mantenimiento. Con esta retroalimentación se obtuvo suficiente información para proseguir con el proyecto y empezar con la programación del nuevo controlador con su pantalla de tacto.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

Según lo comentado en las entrevistas tenidas con los asesores se necesita un controlador que sea moderno. Se plantearon tres posibles soluciones: la utilización de un microcontrolador (PIC), la de un FieldPoint y la de un Programador Lógico Programable (PLC).

Con estos tres planteamientos se llevó a cabo la tarea de conocer sus ventajas y desventajas. De esta forma se obtuvo la siguiente información:

El microcontrolador que se investigó es de la familia 16F8X, los cuales son dispositivos que se presentan en dos formas en encapsulados de 18 pines o de montaje superficial, opera con una frecuencia máxima de 10 MHz, que puede ser suplida con un cristal; puede tener hasta 1K de memoria de programación Flash o ROM, cuatro módulos de salidas, tiene 13 pines de entradas/salidas, con una tensión de trabajo entre los 2.0V a 6.0V y contiene un módulo de temporizadores.

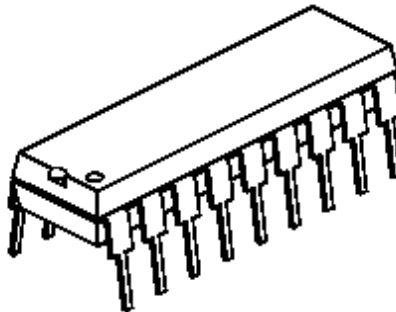


Figura 4.3 PIC 16F8X

La temperatura que este elemento puede soportar va desde los -65°C hasta los 150°C , así que no se tiene ningún inconveniente, pero es distinto al presentarse en un ambiente ruidoso, con vibración y además aceite. El PIC no soporta las vibraciones, ni el ruido eléctrico y además se pueden tener problemas cuando los pines estén en contacto con el aceite, más que éste debe ser implementado en una tabla de montaje.

Se debe de tomar en cuenta la corriente de salida del PIC, se encuentra entre los 20 a 25 mA, no es suficiente para la activación de las válvulas de aire, por ejemplo, así que se tendría que diseñar un circuito externo que amplifique la corriente para poder utilizarla. Por el trabajo externo que se requiere llegar desde el PIC hasta un sistema terminado no es conveniente su utilización.

Con el **FieldPoint** o el **Compact FieldPoint**, se pueden desarrollar sistemas de control o de medición. Tiene aislamiento para $2300V_{rms}$, un rango de tolerancia de temperatura entre $-40^{\circ} C$ hasta $70^{\circ} C$ y montaje en riel. Tiene módulos E/S inteligentes, que se pueden escoger de acuerdo con las necesidades.

Este controlador tiene un servidor Web y las redes de trabajo entre bancos se comunican a 10 y 100 Mbs en Ethernet.

Además, a diferencia de la opción anterior, éste tiene una tolerancia a la vibración de 5 g de vibración e inmunidad al ruido eléctrico.

El FieldPoint supera todas las expectativas pero para este proyecto se puede ocupar algo más simple y que tenga un precio más bajo.



Figura 4.4 Compact FieldPoint

La última opción es el **Controlador Lógico Programable**, los productos que se usan en la empresa son de marca OMRON y se decidió analizar los más pequeños de todos, los de la serie micro controladores, a causa de espacio.

Tiene de 20 a 60 entradas/salidas con expansiones hasta de 120. Puertos de comunicación periférica estándar y de comunicación en serie RS-232C, módulos de expansión (temperatura y de señales análogas), fuente auxiliar de 24V, reloj de tiempo real, contadores de alta velocidad a 20KHz.

Además tiene inmunidad al ruido eléctrico, resistencia a la vibración de 10 a 57 Hz; una resistencia de 147 m/s², tres veces en cada dirección X, Y y Z; temperatura de operación de 0° C a 55° C y permite una humedad de 10% al 90% sin condensación.

Se tiene que tener en cuenta que como la empresa utiliza esta marca de equipo, la adquisición del PLC es mucho más cómoda y rápida.

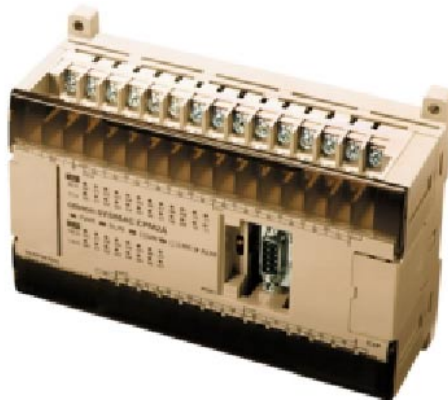


Figura 4.5 Controlador lógico programable de la serie micro de OMRON

Los resultados de esta investigación se presentan en la tabla 4.1, donde se analizarán los aspectos más trascendentes para el proyecto y en donde se pueda crear una diferencia:

Tabla 4.1 Resultados de investigación de alternativas de equipo

Equipo	Capacidad entradas/salidas	Rango de temperatura	Tolerancia a la vibración	Tolerancia ruido eléctrico	Tolerancia al aceite	Puertos de conexión	Precio
PIC		X					X
FIELD POINT	X	X	X	X	X	X	
PLC	X	X	X	X	X	X	X

X: Cumple con las especificaciones para el proyecto

Aunque el fieldpoint tiene muchas otras opciones, no del todo son necesarias para este tipo de proyecto o por lo menos para lo que se quiere llegar a tener en este punto. Según la tabla anterior se puede tener como conclusión que por comodidad de precio la opción de solución es el controlador lógico programable (PLC).

Además, aunque no fue planteado en la tabla anterior, se tiene una ventaja con este equipo, que es conocimiento de los técnicos de la empresa y además como se comentó anteriormente se conseguiría de la marca utilizada por la empresa, lo cual hace su tiempo de adquisición mucho menor y además no se tendría que ampliar el inventario en la empresa.

4.4 Implementación de la solución

La implementación de la solución sugerida comenzó con la programación base del PLC y de la pantalla de tacto.

Conociendo el proceso se empezó el programa tomando en cuentas todas las señales dadas por los microinterruptores en cada paso del proceso, cuando se terminó con la base del programa se continuó con el diseño de la pantalla de tacto.

Esta pantalla forma una parte muy importante en la implementación de la solución ya que es el único contacto tangible, el único control, que tiene el usuario con la máquina y las funciones que realiza. El diseño de las pantallas deben ser de fácil entendimiento, y de una u otra forma, algo no muy distinto de lo que se tenía con el control anterior, Por esta razón se le pidieron opiniones, en especial a los técnicos mecánicos del área, ya que son ellos los que van a tener más contacto con la ella.

Cuando el programa estuvo terminado se continuó con la adquisición del gabinete, ya que se debe conseguir con ciertas características que mantengan a los componentes de su interior en el mejor estado. Debe de ser hermético, proteger el interior contra el polvo y el aceite, así que se consiguió un gabinete con clasificación IP66 con dimensiones de 60x40x25cm.

Para la protección de los contactores de 25 puntos, que no se pueden quedar en intemperie se consiguieron cajitas plásticas con clasificación NEMA 4.

Además un fondo falso para colocar los rieles, los cuales deben ser montados con tornillos pero sin tuerca para que sean más fáciles de quitar, de ser necesario. Se diseñó un boceto de la ubicación de las partes pensadas para el proyecto y se montaron los rieles de acuerdo a su colocación.

Por otra parte se hicieron los cortes laterales necesarios para la colocación de los cuatro conectores de calidad militar para la conexión de los motores, el enchufe

110V, salida de 110V, la entrada de la línea trifásica, la salida de los cables planos y la conexión para la pantalla de tacto.

Luego se eliminó el controlador basado en relés y la etapa de potencia junto con todos sus cables como se puede ver en la figura 4.6.

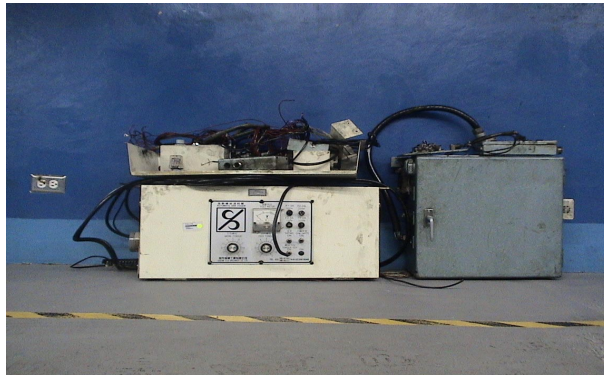


Figura 4.6 Elementos eliminados

Con los componentes para el nuevo controlador colocados en su lugar se prosiguió a cablear todas las entradas y las salidas necesarias a los conectores y a los relés. Se colocaron todas las terminales y los cables planos, así como la fuente de 24V y la seguridad.

Se montaron canaletas para esconder los cables, además cada cable que llega a los conectores fue numerado con el número del conector.

Se le colocó un ventilador para que expulse aire del controlador y así tratar de mantener una temperatura baja. El aire es expulsado del gabinete porque si se le introduce aire este podría contener aceite y maltratar el sistema.

Como los microinterruptores eran utilizados de distintas formas y no tenía ningún tipo de señalización, se tuvo que empezar por conectarlos de manera normalmente abiertos, pues esa fue la lógica utilizada en el programa, para poder recibir la señal.

Los demás componentes se trataron por separado ya que unos se activaban con 110V, se colocaron relés para estos casos, y otros trabajaban con 24V con los que no se tuvo mayor problema.

Todas estas señales se conectan a los conectores de 25 puntos que se colocaron en los extremos de la máquina con sus respectivos números. Se mostrarán más adelante en la figura 5.3.

Con todo montado se empezaron las pruebas, en especial en la etapa de cargado por ser la etapa más complicada del proyecto.

En esta etapa de pruebas se tuvo problemas con el servomotor, pues para alimentar la varilla se necesita un tiempo específico a una velocidad constante para así obtener una la misma distancia todas las veces que se necesite. Cuando se controlaba el servomotor con el nuevo controlador a un mismo tiempo, una misma tensión la distancia era diferente la mayoría de veces.

A causa de lo anterior se buscó otro motor que fuera más exacto en su movimiento. Por esto se buscó un motor paso a paso, se obtuvo un motor pequeño con el que se hicieron pruebas pero no tenía el torque suficiente para mover bien la banderilla, pues a lo largo del camino se pueden encontrar obstáculos que impidan su paso y el motor no tenía las fuerzas para continuar. Además que al ser detenido tendía a devolverse un poco, lo que podía llegar a perjudicar la producción.

El motor utilizado era de 11V con 0.44A/ fase, 25 Ω y de 4 cabezas o de 2 bobinas las cuales se conectaban al controlador de motores paso a paso.

Dado que este motor no funcionó se recurrió a buscar un motor del mismo tipo pero con más torque, el cambio fue positivo porque una parte importante de un proyecto de este tipo, que se quiere para implementar en otras máquinas, es que los componentes se puedan tener o conseguir fácilmente y que además sean conocidos por la empresa.

El motor paso a paso trabaja con una tensión de hasta 15V, el controlador utilizado es el MAX 100, que es especial para este tipo de motores.

A causa del cambio el motor debe tener tres diferentes velocidades en dos distintas direcciones. Se utilizaron tres relés que tienen que entrar a trabajar en distinto momento para obtener las velocidades y direcciones necesarias.

Otro punto importante es que este motor mientras esté conectado se mantiene en un solo lugar, es decir no hay forma de moverlo con la mano, la única forma de hacer esto es activando la opción inhibidora del controlador. Esto es importante porque en una etapa del cargado, que es cuando se desecha el sobrante, la banderilla es movida por el motor M2 (el reversible) y si M1 está tratando de mantenerse en el lugar, es muy posible que se perjudiquen ambos motores; esta opción se debe tomar en cuenta sin olvidar que si esto está activo aunque tenga la tensión necesario el motor no se va a mover.

Este cambio de propuesta supuso cambios en el programa.

Con esta nueva opción la varilla era colocada en el lugar con muy poca diferencia entre todas las pruebas manteniendo, por supuesto, la tensión constante.

Para la siguiente parte del proceso que es la de hacer tornillos, se pensó activar y desactivar el motor paso a paso con respecto al microinterruptor LS8, pero al activarlo y desactivarlo no se tenía el resultado que se quería así que se tuvo que cambiar la solución en este punto, así que se varió un poco el programa, de tal manera que el movimiento se notaba más continuo y ya no se obtenían tornillos con la medida total menor a la especificada.

Es importante comentar, que para la implementación del proyecto, se tuvo la colaboración de un técnico practicante, por la duración aproximada de dos meses.

Capítulo 5

Descripción detallada de la solución (explicación del diseño)

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Como se comentó anteriormente, para conocer la máquina y entender un poco su funcionamiento, se pensó en conseguir información de las dos máquinas, tanto la del cargador como la que hace propiamente los tornillos. Se encontró material en la empresa para empezar con la investigación, pero no se llegó muy lejos puesto que los documentos son muy mecánicos, hablan de la colocación de las piezas pero no de la parte eléctrica. Después de que se revisaron las lecturas y se analizaron poco a poco lo que se creía podía funcionar, se llegó a la conclusión que era mejor obtener el plano eléctrico desde la máquina.

Como se puede ver en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8, el controlador se encontró en mucho desorden, por tanto obtener información siguiendo las conexiones de un lado a otro se convertía en una tarea gigantesca, complicada y tediosa. Así que se llegó a la conclusión de que se debía hacer conociendo el proceso paso a paso y de esta forma se obtuvo la secuencia completa necesaria para el producto.

Este método puede tener fallos en el tanto no se encuentren todas las señales involucradas en el procedimiento, pero con la ventaja de que en el transcurso del proyecto se pueden encontrar las señales que no se encontraron al principio.

Teniendo un diagrama de flujo con la secuencia del conjunto se procedió a la escogencia del elemento más adecuado para suplir las necesidades del proyecto (ver sección 4.3).

Buscando en documentos en internet y catálogos, se fueron descartando poco a poco las soluciones escogidas (referirse al capítulo 4.3) donde se explicó la escogencia del PLC. En este caso se requirió del CMP2A pero se le tuvo que adjuntar una extensión debido a la cantidad de entradas y salidas necesarias.

El cargador original tiene un sistema con pesas en conjunto con el embrague del mismo que cumple la función de temporizador, teniendo en cuenta que los temporizadores se pueden programar en el PLC, este elemento se eliminará del diseño final.

Se deben manejar el encendido y el apagado de dos motores trifásicos; se necesita para cada uno de ellos un contactor con relé térmico.

Se tienen varios interruptores que de momento se encontraban trabajando con 110V, se les varió la tensión a 24V para que sean captados por el PLC directamente. El solenoide trabaja a 110V, por tanto necesita un relé para su activación y desactivación, las válvulas y embragues que se activan con 24V por lo tanto se conectan directamente al PLC.

Se deben controlar dos motores CD, un servomotor y otro reversible, por lo que se necesitan relés para enviar la señal de salida del PLC; estos motores se mueven en dos direcciones así que se necesita un relé para cada dirección y cada velocidad.

Posiblemente los tiempos de carga varíen pero se espera que sea para bien, o sea más rápido para así mejorar en la producción, que aunque no es una meta a cumplir siempre es importante para una empresa.

Un punto que se debe recalcar, es el tamaño del cargador, que tiene aproximadamente cuatro metros de largo, esto provoca dificultades en la conexión de extremo a extremo de la máquina. En este proyecto todas las conexiones deben ser lo más simples posibles de entender y si se pretende enviar cables de un lado a otro esto se perdería y se tendría el mismo problema que se tiene actualmente. Se utilizará, gracias a un consejo del ingeniero asesor, los conectores de 25 pines que se han mencionado a lo largo de todo el documento, los cuales son llamados "espejos", que están conectados con los que se encuentran dentro del controlador por medio de cable plano que es fácil de ocultar y proteger, y así la revisión por algún daño se hace mucho más simple.

Al hablar dentro del controlador y fuera de él se refiere al gabinete donde el PLC va a estar alojado. Dentro del gabinete se comprenden elementos como relés, fuentes, contactores que deben estar protegidos lo más posible del aceite y la suciedad, para alargar su vida útil en este ambiente.

Con esta propuesta no solo se pretende cambiar el control de la máquina, que es el objetivo principal, sino mejorarla. Tal vez cambiar partes que se puedan hacer más flexibles para el manejo con autómatas o eliminarlas por completo del diseño final.

Por otra parte es necesario considerar la seguridad a la hora de manipular la maquinaria; se tiene pensado que el control tenga un modo específico para la reparación y de ésta forma minimizar accidentes así como controlar la cantidad de material gastado durante la reparación. Este control se hará por medio de una pantalla de tacto.

Las señales de entrada al programa, los microinterruptores, no se cambiarán por sensores, ya que en la posición y el ambiente en que muchos se encuentran no es el más indicado y se pueden llegar a golpear o fallar con facilidad.

El sistema de potencia será cambiado por completo, ya que se tienen componentes que ya no existen o son fáciles de conseguir en el mercado, y que por tanto hacen que su reparación sea muy difícil.

Como adición se colocará un sensor inductivo que controle la profundidad de la ranura para que no se tenga problema con la especificación del producto. Por la colocación del elemento no se tendrá problemas con el contacto con el aceite, ni que sea golpeado en algún momento.

5.2 Descripción del *hardware*

El *hardware* se puede dividir en dos bloques: el controlador y la parte de electrónica de potencia.

En la parte de control, se utilizó un controlador lógico programable (PLC), este tipo de controladores son utilizados con frecuencia en la industria y por tanto lo conocen y cualquier problema puede ser resuelto con rapidez. Finalmente ese es uno de los propósitos del proyecto, disminuir casi por completo los tiempos muertos, provocados por la duración de las reparaciones.

Para la parte de potencia, que consiste en el control de cuatro motores: uno paso a paso, uno reversible y dos trifásicos, se utilizó el MAX 100, dos relés de estado sólido y dos contactores con protección térmica.

El MAX 100 es un controlador para motor que tiene la capacidad de girar el motor con dirección hacia las manecillas del reloj y viceversa, de inhibir el motor por completo dejándolo sin energía alguna y además de que se le puede variar la velocidad al motor cuanto se quiera, entre otras cosas que no fueron necesarias propiamente para este proyecto. Se escogió el MAX100 porque en la empresa es muy utilizado y conocido, cumple con lo necesario para el proyecto y los técnicos de la empresa lo manipulan con facilidad. Ver figura 5.1



Figura 5.1 Controlador del motor paso a paso (MAX 100)

Los dos relés de estado sólido que se usaron para el motor reversible se utilizaron, uno para una dirección y el otro para la contraria.

Como el sistema diseñado necesita tres velocidades diferentes, dos hacia adelante y una hacia atrás, se utilizan tres relés para mantener distintas tensiones para las distintas velocidades. Estas velocidades son variables y son controladas por medio de potenciómetros que están a disposición del usuario de ser necesario algún ajuste.

La conexión diseñada para el controlador MAX 100 es el siguiente:

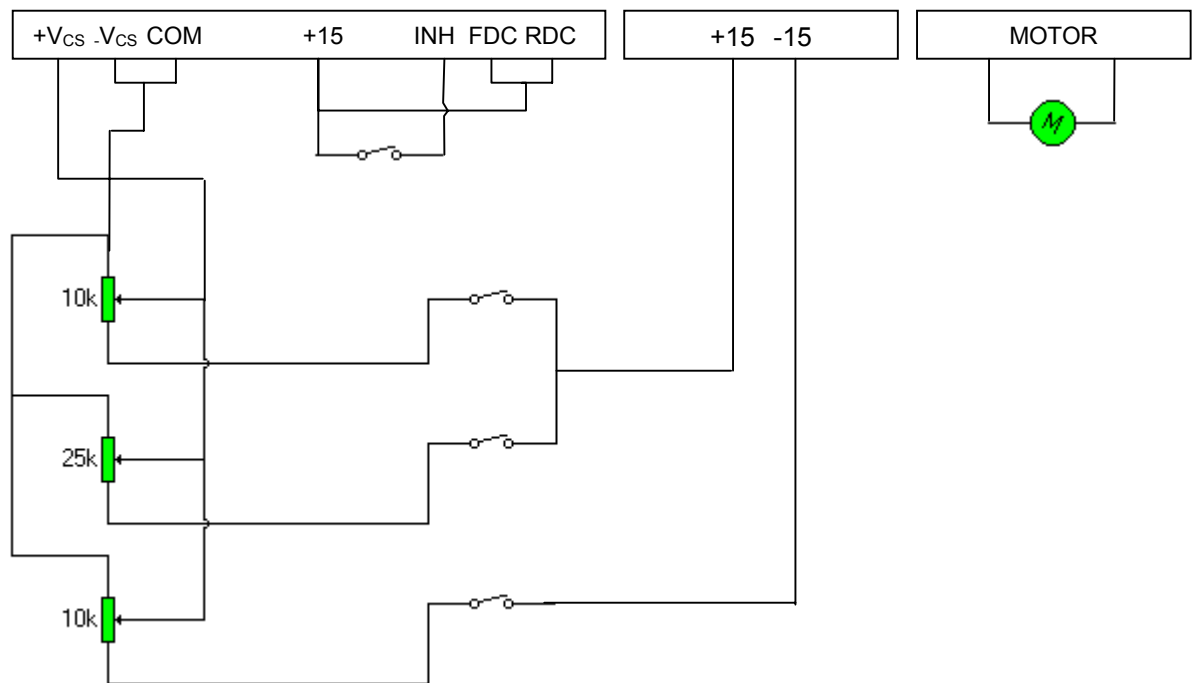


Figura 5.2 Conexión del MAX100

Al ser la máquina tan larga se utilizaron “espejos”, que se comunican a ambos extremos de la máquina desde el controlador, de ésta forma no se extienden cables por toda la máquina haciendo su comprensión mucho más simple y además mucho más ordenada. Así se elimina un problema que se presentaba con el controlador

original, pues los cables se extendían a lo largo de la máquina y se hacía casi imposible seguir la señal. En la figura 5.3 se muestra uno de los “espejos”.

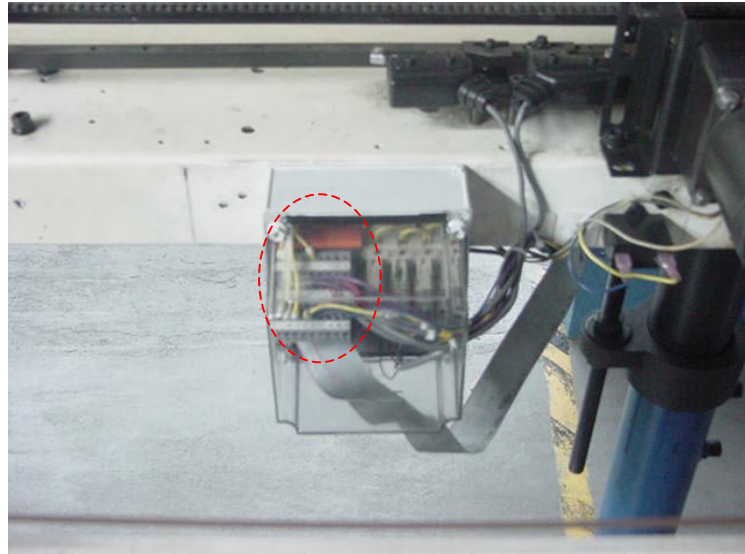


Figura 5.3 Conectores de 25 pines (espejos)

El cerebro del controlador, el PLC, se encuentra dentro de un gabinete en donde recibe de los microinterruptores las señales de entrada y de salida necesarias para la rutina de la máquina y su cargador. Ver figura 5.4.

El gabinete tiene ciertas características necesarias para el tipo de ambiente, es hermético, de un material resistente al agua y aceite pero que se pueda cortar y que se le pueda adaptar un fondo falso.



Figura 5.4 Gabinete del nuevo controlador

Para la interacción con el usuario se instaló una pantalla de tacto (NT21), donde se controlan varios aspectos del ciclo y donde se puede tener un control del material utilizado en el mantenimiento, producto terminado, detener la máquina en el siguiente ciclo y activar las distintas funciones por separado para revisar si están bien o si por el contrario tienen algún problema en su funcionamiento.

Se colocó en una base en la máquina un sensor de proximidad inductivo de 5 milímetros de diámetro que tiene mucha precisión para controlar la profundidad de la rosca, que debe de mantenerse entre 0.033" a 0.035"; este sensor se puede observar en la figura 5.5.

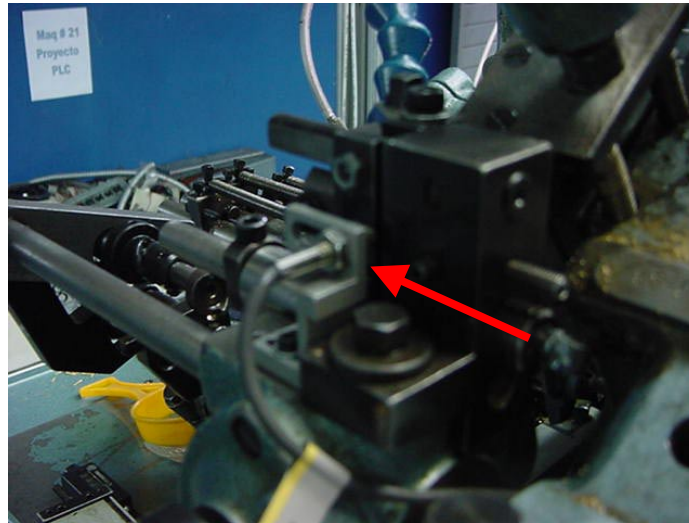


Figura 5.5 Sensor de proximidad

La fuente de 24V utilizada, debe tener la corriente necesaria para activar, el sensor de proximidad inductivo, embrague del cargador y de la máquina, solenoide, la pantalla de tacto y la activación de las salidas del PLC.

Se midió la corriente en todos los puntos; el embrague del cargador consume aproximadamente 1A al igual que el solenoide, el resto de componentes consumen muchísimo menos. Así se tiene que:

$$\text{Corriente total necesaria para la fuente} = \sum_{n=0}^m i_n$$

$$\sum_{n=0}^m i_n = 0.98A + 1.03A + 0.3A + 0.1A + (10mA) * 2 = 2.43A$$

m = número total de elementos conectados a la fuente de 24V.

La fuente empleada debe ser de al menos 2.5A.

Para dar una explicación grafica de este aspecto de *hardware*, se presentará a continuación un diagrama de bloques:

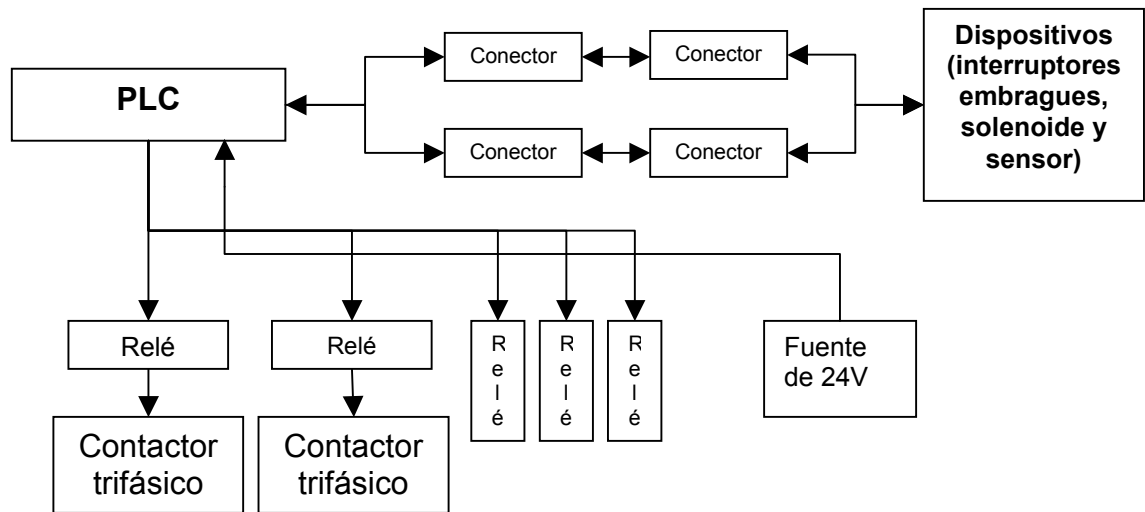


Figura 5.6 Diagrama de bloques de *hardware*

5.2 Descripción del *software*

El programa se puede decir que se dividió en tres partes, la de preparación, el ciclo de producción y la alarma.

Lo primero que hace el programa es comenzar el ciclo encendiendo los motores trifásicos y luego se activa el motor reversible M2 en dirección contraria a las manecillas del reloj (CCW) hasta activar el interruptor LS6, esto implica que la barra ha sido retirada de la boquilla de la banderilla, y luego se activa hacia la dirección contraria, a favor de las manecillas del reloj (CW), hasta que el interruptor LS7 sea activado, que indica que la nueva barra ha sido introducida en la boquilla. Durante este tiempo el motor M1 debe estar inhibido puesto que es movido mecánicamente por el M2.

Cuando lo anterior ha sido finalizado el motor M2 se desactiva y se activa el motor M1 en dirección en contra a las manecillas del reloj, en este mismo instante es activado un solenoide de 110V el cual activa el microinterruptor LS3 que es desactivado mecánicamente por la barra y en ese momento se activa un temporizador de aproximadamente 2.95s, éste es el tiempo de carga de la máquina, pero puede variar si se varia la velocidad del motor; cuando el tiempo finaliza el motor M1 se detiene. En ese momento la barra se encuentra en posición para empezar el ciclo productivo. Al terminar el ciclo la banderilla toca el microinterruptor LS1 y éste acciona el motor paso a paso en velocidad máxima con dirección CW y se detiene al activar el LS4 que se encuentra al otro extremo del cargador.

El ciclo de producción empieza cuando el embrague magnético es activado, ya que eso implica que las levas se empiecen a mover, en tres de las levas se encuentran interruptores, dos que activan y desactivan la rosca y el otro es el LS8, que es base esencial del ciclo, ya que este activa y desactiva tanto el embrague del cargador como el motor M1 en velocidad mínima, con lógica contraria uno del otro, es decir el embrague se activa cuando el motor M1 se desactiva y viceversa.

Se tuvo el problema que cuando al motor se le desactivaba la señal de movimiento daba la impresión de que se devolvía, claro no tanto como con el motor que se utilizó la primera vez, por esto lo que se hizo fue mantener esta señal de movimiento constante y lo que se activa y desactiva es el inhibidor del motor.

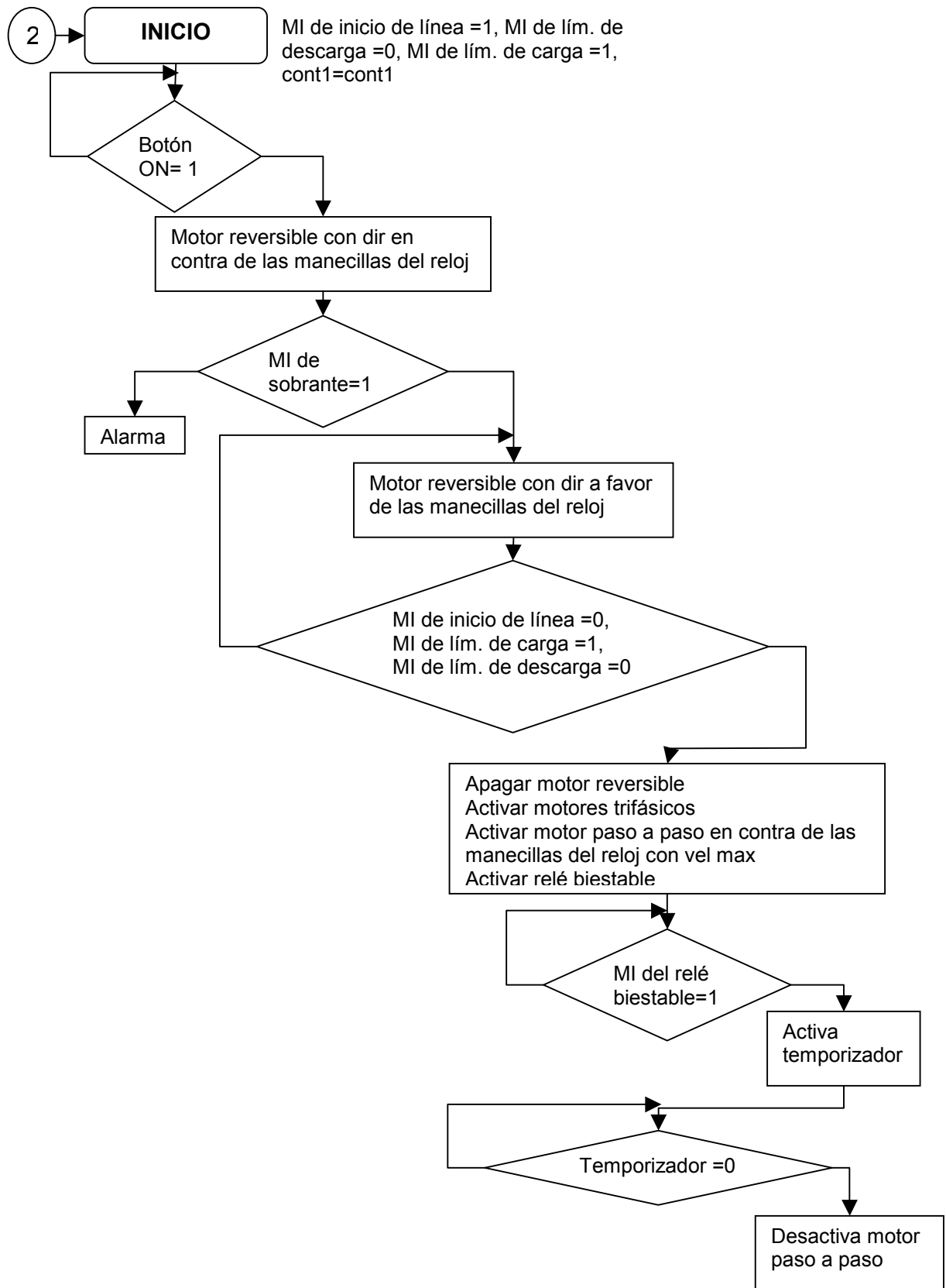
Finalmente la sección de alarmas se da por varias señales que son enviadas por medio de un interruptor, de un sensor y de temporizadores.

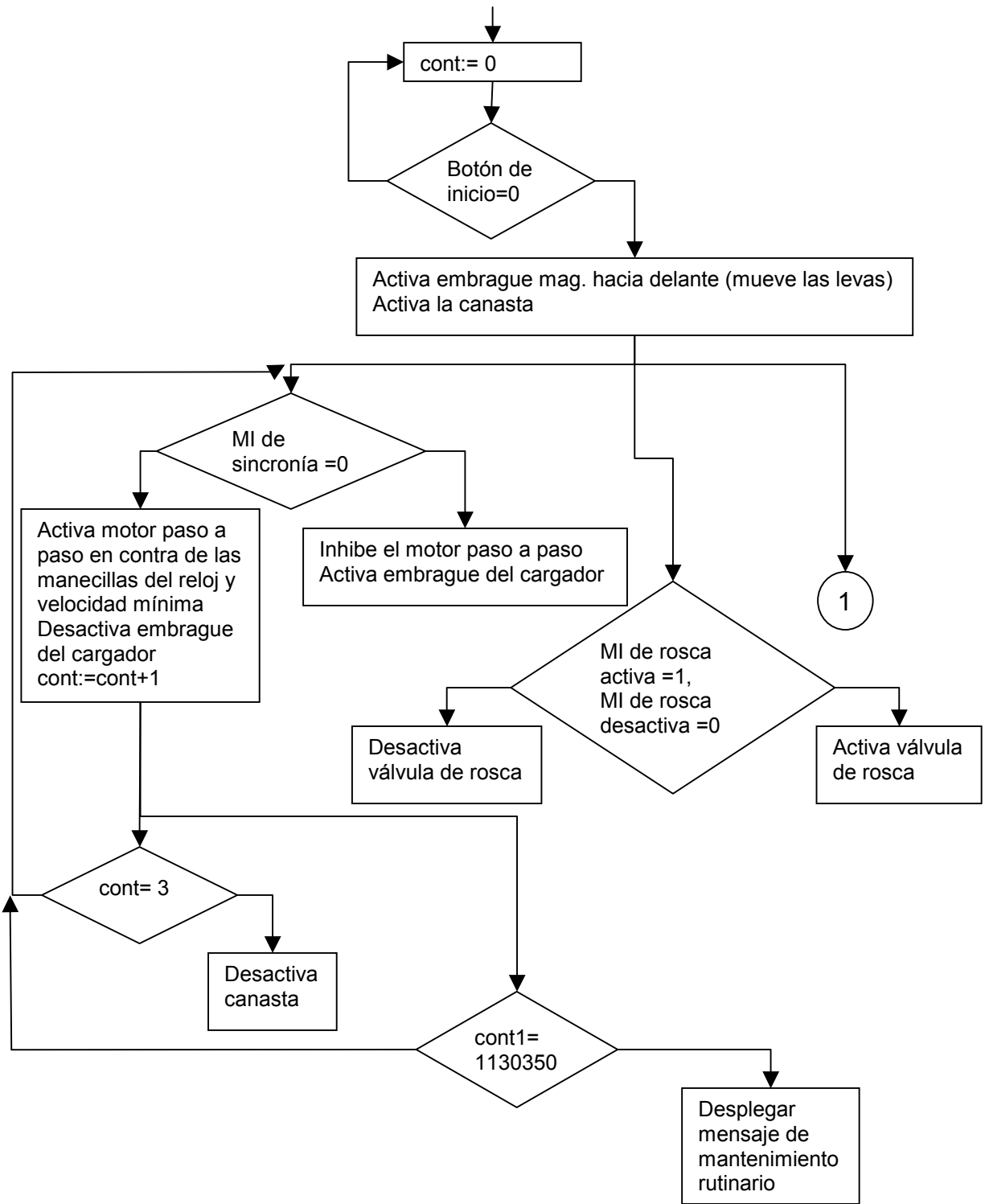
Dos microinterruptores se encuentran uno en la parte inferior de la máquina, se activa cuando la faja que hace girar las levas se rompe y el otro que se encuentra en el inicio del cargador, en la parte inferior también, asegura que el sobrante de la varilla fue eliminado porque si no, implicaría que se cargó mal el cargador o que el sobrante quedó en la máquina, lo cual provocaría un gran problema para el resto del ciclo.

En el momento en que ésta señal del sensor de proximidad no se dé, que implicaría que no hay tornillo en el brazo o que no se presionó lo suficiente contra la cuchilla de la ranura, la máquina se detiene al terminar el ciclo del tornillo.

Finalmente los temporizadores son muy importantes ya que gracias a ellos se puede saber si alguna de las acciones que se deben realizar sufrió algún atraso y por tanto un posible problema, estos temporizadores se encuentran a lo largo de todo el programa, en total son tres.

Se programó uno (T1) para que si se tiene algún problema al botar el sobro éste se active, la señal lo envía LS5 pero se necesita un tiempo específico para saber si sucedió la acción o si se tiene un problema mecánico o eléctrico. El temporizador T2 controla que el motor reversible (M2) se mueva correctamente al cargar la barra, que no se presente un problema antes de continuar con la secuencia. El temporizador T3 se activa cuando se tarda mucho tiempo después de que el servomotor (M1) se movió para desactivar el microinterruptor LS3, es decir cuando el alimentador está vacío o si por alguna razón no cayó barra alguna al cargador.





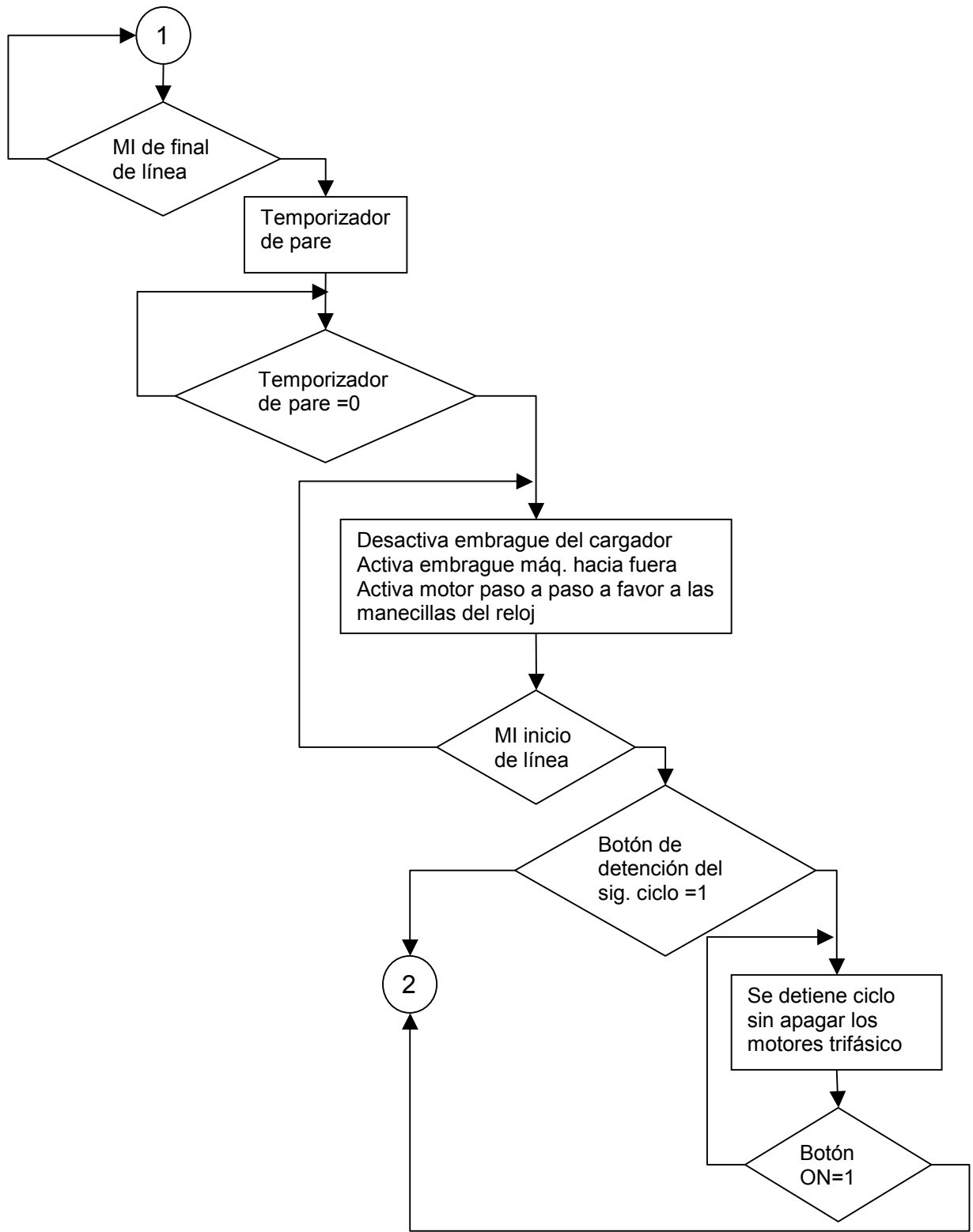


Figura 5.7 Diagrama lógico del programa

A continuación se presenta la tabla con las direcciones de cada señal utilizada en el programa del PLC:

Tabla 5.1 Direcciones del PLC utilizadas en entradas y salidas

ENTRADAS				SALIDAS			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DIRECCION	ENTRELEC	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DIRECCION	ENTRELEC
LS1	MI de final de línea	00001	22	M1_CCW min	Activa motor paso a paso en contra de las manecillas del reloj a vel mínima	01001	21
LS3	MI del relé biestable	00003	23	M1_CCW max	Activa motor paso a paso en contra de las manecillas del reloj a vel máxima	01107	22
LS4	MI de inicio de línea	00004	2	M1_CW	Activa motor paso a paso a favor de las manecillas del reloj	01002	24
LS5	MI de sobrante	00005	5	M1_Inh	Inhibe el motor paso a paso	01006	13
LS6	MI de límite en la carga	00006	8	M2_CCW	Activa motor reversible en contra de las manecillas del reloj	01004	-
LS7	MI de límite en la descarga	00007	11	M2_CW	Activa motor reversible a favor de las manecillas del reloj	01005	-
LS8	MI de sincronía	00008	20	M3	Motor trifásico principal	01000	-
LS9	MI de faja	00002	2	M4	Motor trifásico de ranura	01104	-
Rosca ON	Activa rosca	00009	5	Sol	Solenoide que forma el relé biestable	01007	4
Rosca OFF	Desactiva rosca	00010	17	Alarma	Activa la alarma	01100	7
Botón inicio	Activa y desactiva el embrague de la máquina	00011	11	Clutch	Embrague del cargador	01101	1
Manual	MI de funcionamiento manual	00102	24	Canasta	Mueve la canasta hacia delante	01102	10

Profund. rosca	Sensor de profundidad de rosca	00106	6	Clutch mag ON	Embrague de la máquina se mueve hacia adentro	01103	13
Carga barra	Coloca la barra dentro de la boquilla, manual	00104	17	Clutch mag OFF	Embrague de la máquina se mueve hacia fuera	01105	18
Alimenta barra	Coloca la barra en posición, manual	00100	20	Aire rosca	Activa la válvula de rosca	01003	14
Botar sobrante	Retira el sobro de la boquilla y deja caer la nueva barra, manual	00108	14				

Por otra parte se tiene la programación de la pantalla de tacto que es el vínculo entre el PLC y el usuario.

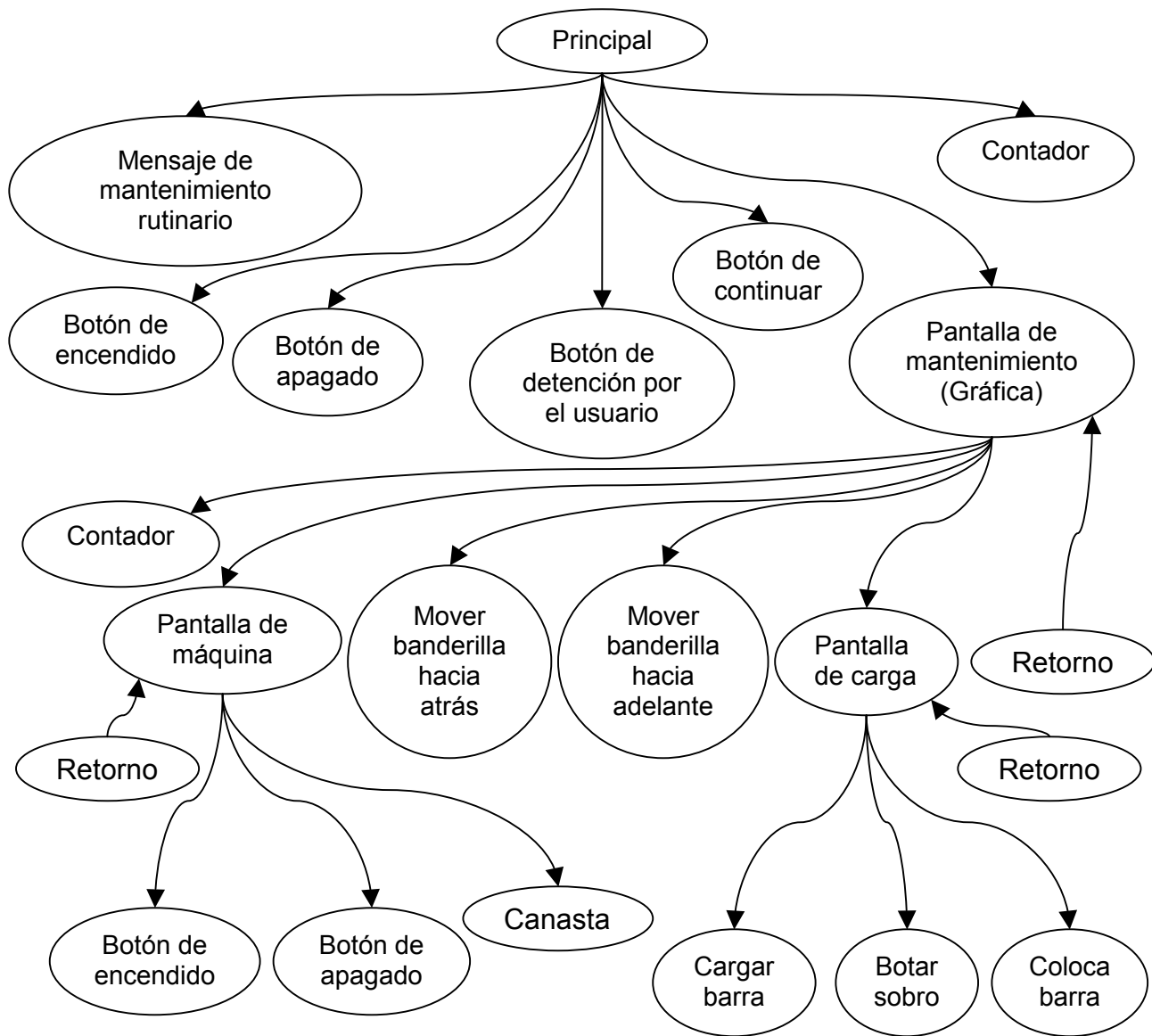


Figura 5.8 Diagrama de flujo programa de la pantalla de tacto

El *software* de la pantalla de tacto consiste en una pantalla principal que contiene un botón de mantenimiento, el encendido y apagado de la máquina, botón para detener el siguiente ciclo y un otro de continuar. Ver figura 5.9.



Figura 5.9 Pantalla principal

En primera instancia se explicará la función de la opción de mantenimiento, donde la pantalla que muestra se puede ver en la figura 5.10.

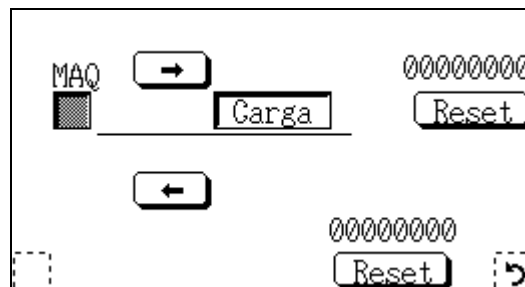


Figura 5.10 Pantalla de mantenimiento

Esta opción abre una pantalla nueva donde se tiene la posibilidad de entrar a la máquina presionando el “MAQ”, en donde se puede encender o apagar los motores principales, activar la canasta, que es la encargada de recoger los tornillos buenos y en el lado superior derecho se encuentran tres luces numeradas donde se puede ajustar los microinterruptores de encendido y apagado rosca y LS8. Figura 5.11.

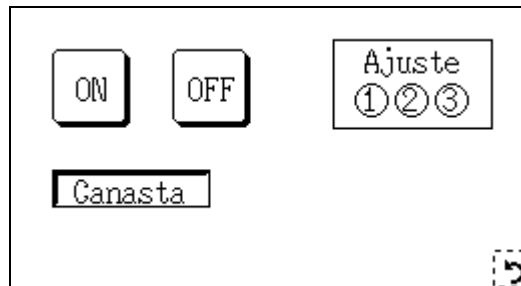


Figura 5.11 Pantalla de máquina

Presionando “CARGA”, que se encuentra en la figura 5.10, se habilita otra pantalla (figura 5.12) donde se tiene la opción de botar el sobrante, cargar la barra y de colocar la barra en el lugar indicado para empezar producción. En otras palabras es un cargado manual.

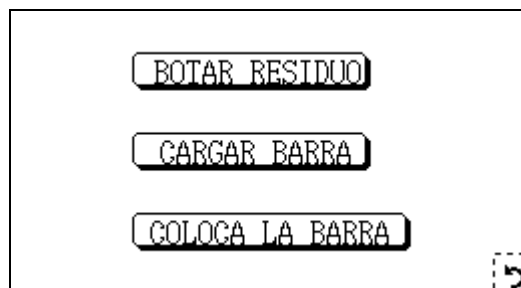


Figura 5.12 Pantalla de carga

Presionando las flechas de arriba y debajo de “CARGA”, que se pueden apreciar en la figura 5.10, la banderilla se hará para adelante y para atrás teniendo como tope hacia atrás (dirección contraria de alimentación) el microinterruptor LS4 y en su lado opuesto el microinterruptor LS1 para no incurrir en errores o sobrecalentamiento en el motor.

En esta pantalla de mantenimiento, figura 5.10, se puede ver que tiene dos contadores, el superior es el que cuenta el material utilizado en el momento de hacer un mantenimiento y el inferior la producción total de la máquina hasta el siguiente mantenimiento rutinario. Cada mantenimiento rutinario se realiza cada 1600 horas esto tiene su equivalente en 1.130.350 tornillos, cuando este contador llegue a este

número, el PLC enviará una señal que desplegará en la pantalla un mensaje que dice “Mto. rutinario”, que se desaparecerá hasta que se reinicie el contador, este mensaje se puede ver en la figura 5.9 dentro de las líneas punteadas. Para evitar que se desaparezca sin que los técnicos hagan el mantenimiento, se le colocó un botón de seguridad al lado inferior izquierdo, que debe ser presionado al mismo tiempo que el de reinicio del contador. Ver figura 5.13.

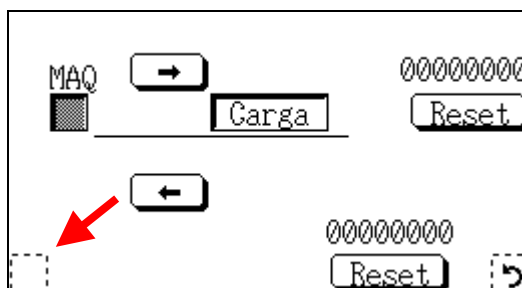


Figura 5.13 Botón de seguridad del contador de mantenimiento

Aparte de estas pantallas a las que el usuario puede acceder se tienen otras que son las cuatro de alarmas. Éstas indican la razón por la cual la máquina se detuvo y se apagó; y pueden ser porque el alimentador está vacío, el sobrante se queda en la boquilla por alguna razón, se reviente la faja o la profundidad de la rosca es incorrecta. Estas alarmas se muestran a continuación, respectivamente:

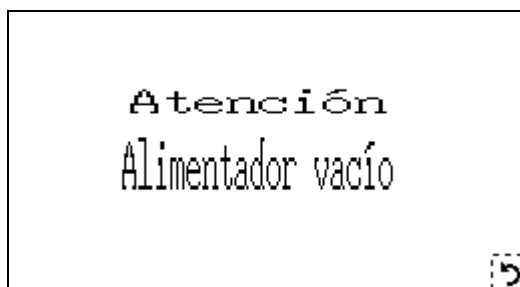


Figura 5.14 Alimentador vacío

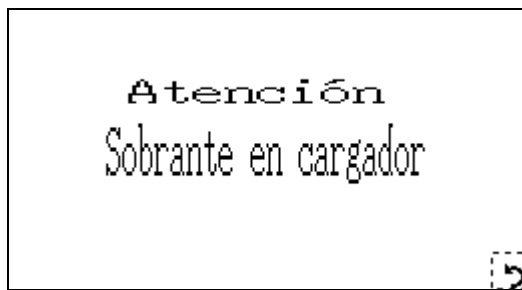


Figura 5.15 Sobrante en boquilla

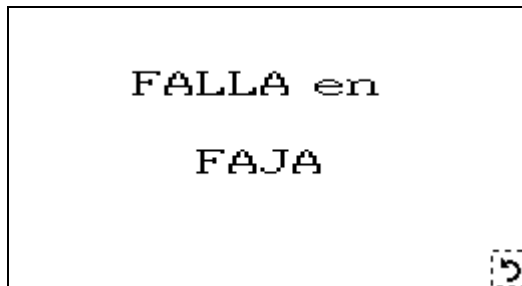


Figura 5.16 Error en faja



Figura 5.17 Error en profundidad de ranura

Capítulo 6

Análisis de resultados

6.1 Resultados

Los resultados obtenidos se pueden ver en la figura 6.1 y en la 6.2.



Figura 6.1 Controlador con PLC

La figura anterior muestra tanto el controlador formado por un PLC como la parte de potencia que se localiza en la parte inferior. Se obtuvieron los resultados esperados ya que el control fue cambiado totalmente por equipo nuevo de alta tecnología que se puede conseguir en el mercado nacional o internacional, con distribuidoras que la empresa conoce; pues son productos que tienen la confianza de la misma y han sido utilizados con anterioridad.



Figura 6.2 Pantalla de tacto que reemplazó la botonera original.

En este caso se muestra la pantalla de tacto utilizada en el nuevo controlador. En ésta se presenta un contador de tornillos que al llegar número 1130350, despliega un mensaje en la pantalla principal que indica que es momento de hacer el mantenimiento rutinario.

Además al ocurrir algún error, indicado ya sea por los microinterruptores, por el sensor de proximidad o por los temporizadores internos del PLC, se despliega en pantalla el error específico que en el momento está ocurriendo y se detiene la máquina por completo hasta ser reparada.

Se llegó a obtener una máquina que además de contar los tornillos producidos, cuenta los tornillos que son utilizados al dar mantenimiento, lo cual ayuda a los técnicos u operarios y por tanto a la empresa al tener reportes más precisos del material desechado.

Con este proyecto se adaptaron tres potenciómetros que son usados para variar la velocidad del motor paso a paso, dos de los cuales son pequeños que no son necesarios variar mucho y el último es más grande y es con el que se varía la velocidad de la máquina cuando trabaja.

El producto se comprobó analizando la producción de prueba obtenida. La muestra inicial fue de aproximadamente 3000 tornillos donde no se encontró ningún problema, se revisó en especial que el tornillo no saliera más corto de lo especificado, pues aquí es donde se podría incurrir en un mayor índice de error, ya que es el resultado de la interacción máquina – cargador, las demás dimensiones son de ajuste mecánico; que no fueron alterados al hacer el nuevo control. Además se vigiló que la barra no se doblara en el proceso o que por el contrario se saliera de la boquilla que la guía.

Las medidas utilizadas para el análisis de la prueba fueron las siguientes:

Tabla 6.1 Medidas de especificación del producto

Parte del tornillo	Medidas
Diámetro del pivot	0.032" ± 0.001"
Diámetro del hilo de la rosca	0.052" ± 0.0005"
Diámetro del chevron grande	0.0570" ± 0.0005"
Diámetro del chevron pequeño	0.0555" ± 0.0005"
Diámetro cabeza	0.086" ± 0.001"
Profundidad de la rosca	0.034" ± 0.001"
Largo total	0.323" ± 0.002"
Largo del pivot	0.017" ± 0.0015"
Largo de la cabeza	0.060" ± 0.003"
Profundidad de la ranura	0.030" ± 0.003"

Donde las partes más relevantes son especificadas en la figura 6.3.

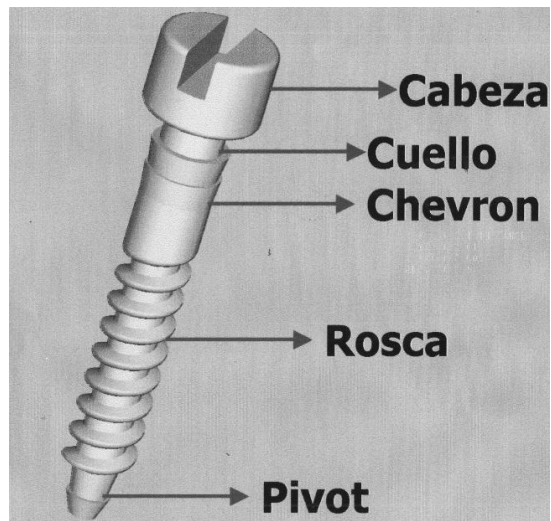


Figura 6.3 Partes del tornillo

Además se creó un documento que contiene planos eléctricos, un manual de usuario sencillo con instrucciones de ajuste y mantenimiento para el sistema.

Aunque el producto cumple con las especificaciones el sistema de control tiene un inconveniente que es la inexactitud de tiempos. Esto produce en el movimiento del motor paso a paso, distancias distintas en algunas de las oportunidades de carga. Este problema hace que el desperdicio de tornillos por cada barra cargada aumente de uno, desperdicio si se tuviera una máquina más exacta, hasta tres.

Además aunque las posibilidades son bajas, puesto que el índice de certidumbre es alto, puede provocar que se quede el sobrante de la barra en la máquina, lo que provocaría que la alarma por error se active.

6.2 Análisis

Con base los objetivos planteados al principio del proyecto, se puede ver que se llegó al objetivo general propuesto. Se modernizó el sistema de control con la utilización de un controlador lógico programable y una pantalla de tacto, las conexiones están ordenadas, son de fácil seguimiento y se encuentran documentadas.

Todos los componentes utilizados son parte del equipo que emplea la empresa para sus proyectos, mantenimientos preventivos o correctivos, de esta forma se tiene seguro el conseguir los materiales pues el contacto es de confianza y no se tuvo que agregar elementos al inventario. Esto aunque no es difícil de alcanzar a lo largo del proyecto es una gran ayuda a la empresa en el futuro.

El sistema de alarmas, es un sistema específico, en otras palabras dice exactamente el problema que se le está presentando tanto a la máquina de tornillos como a su cargador, desplegando en la pantalla de tacto, colocada en vez de la botonera del sistema original, un mensaje distinto para cada caso de error. De esta forma no se tiene que buscar en toda la máquina el problema para repararlo, sino que se llega directamente a él, disminuyendo a minutos la reparación o corrección.

Con el mismo fin antes planteado se diseñó el sistema de electrónica de potencia con elementos que se pueden obtener fácilmente en el mercado y está dispuesto de tal manera que su reemplazo se puede realizar de forma rápida y precisa.



Figura 6.4 Sistema de Potencia

Se debe tener sumo cuidado con la utilización de los potenciómetros de ajuste de velocidad. Lo ideal era mantener constante las velocidades, suponiendo que el producto no iba a variar, pero los técnicos del área decidieron que era necesario tener control sobre éste aspecto todo el tiempo, por eso se colocaron los tres potenciómetros, dos pequeños y uno grande para controlar las velocidades.

El ajuste del movimiento rápido hacia delante puede provocar tanto que la barra golpee las cuchillas, que se pueden llegar a quebrar, como por el contrario no llegue al lugar indicado, provocando que se active la alarma de profundidad de ranura, ya que sin tornillo el sensor no se activa. El variar la velocidad hacia atrás solo puede llegar a tener el problema de que si ésta es muy baja se active la alarma; pero por utilizarla con velocidad alta no representa ningún problema en el sistema. Con el ultimo ajuste, la velocidad de trabajo, se puede provocar dos problemas, si la velocidad es alta se puede doblar la barra o por el contrario, de ser baja, salirse de la boquilla, lo que provoca que los tornillos tengan una longitud menor a la especificada

Como se dijo en la sección de resultados, existe una inexactitud en los tiempos programados, esto es provocado por la forma en la que trabaja el PLC, es decir como recorre el programa en ciclos y hasta no terminarlo no lo comienza de nuevo, puede tener atrasos al igual que una computadora. Así que los tiempos que se dan en el proceso pueden mayores o menores que el tiempo real.

Por otra parte, aunque el cambio del control fue total todavía hay un elemento de la máquina que puede ser un problema para el futuro y es el relé biestable conformado por un solenoide y un microinterruptor. Pues no es fácil encontrar un solenoide de este tipo de ser necesitado. Este elemento no se cambió porque el sensor encontrado tiene un precio muy alto y se prefirió sustituirlo en el futuro.

Se obtuvieron como se demostró todos los alcances especificados para este proyecto. Se tuvieron ciertas limitaciones a causa del ambiente de trabajo y del funcionamiento del sistema, pero no por ellas el resultado ha sido insatisfactorio, se puede mejorar para llegar a tener un sistema totalmente moderno y mejorado, para ser más específico referirse a las recomendaciones del proyecto.

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Se tiene un mejor control en el mantenimiento preventivo periódico debido a que fueron agregados dos contadores de tornillos.
- Se tienen menos tiempos muertos por reparación, ya que el nuevo control indica cuál es el problema específico.
- Se tiene menos fallos en el producto final, pues al presentarse un error la máquina se detiene para ser revisada
- Se tiene un mantenimiento más rápido y exacto, ya que se puede probar las distintas partes del proceso por separado
- El control de la máquina está diseñado de tal manera que se pueda implementar fácilmente en las otras máquinas que tengan cargador automático.
- La utilización de temporizadores internos en dos puntos de la operación, en la carga y al final del ciclo, es inadecuada debido a la exactitud necesaria para un mejor rendimiento de la máquina.
- El uso inadecuado del potenciómetro que varía la velocidad de carga puede provocar que la colocación de la barra no sea exacta o que golpee las cuchillas.
- La variación inadecuada del potenciómetro de trabajo puede provocar que la barra se salga de su base o por el contrario doblarla.

5.3 Recomendaciones

Si se quiere eliminar los problemas con elementos no encontrados en el mercado es recomendable la utilización de un sensor de efecto de Hall en forma de aro o un sensor inductivo, que hiciera el trabajo del relé biestable formado por el solenoide y el microinterruptor. Para cualquiera de las dos opciones se debe de tomar en cuenta la protección y una guía pues la barra de cobre llega a vibrar mucho cuando la máquina está funcionando y esto puede llegar a perjudicar los sensores. Otra opción podría ser colocar una válvula electromecánica que haga la función del solenoide y de esta forma no se tendría problema con la protección ni con el precio de los sensores.

Si se desea mejorar la producción por barra eliminando la menor cantidad de materia cada vez que se carga una barra nueva es recomendable la adición de temporizadores externos para tener más exactitud en los tiempos. Esto sería relevante en secciones como en el tiempo de cargado, donde si se alcanza precisión en el tiempo se podrían desechar menos tornillos al empezar el ciclo, así en vez de desechar tres tornillos se desecharía solo uno.

Para tener más seguro que el sobrante no se quede en la máquina haciendo incurrir al sistema en error, se puede sustituir el temporizador de pare, que es el que detiene la máquina en el lugar preciso, donde se puede hacer la carga de la barra sin problemas, por uno externo que no tenga problemas de atraso o adelanto.

Bibliografía

1. Omrom. Productos [en línea]: Controladores lógicos programables. <<http://www.espanol.omron.com/Products-PLC.shtml>>. [Consulta 2004]
2. Omrom. Manual de programación para el CQM1
3. Omrom. Manual [en línea]: CPM2A-20CDR-A. <<http://www.omrom.com/>> [Consulta: 2004].
4. Sesame. Hojas de datos [en línea]: motor reversible. <<http://www.prosino.com.tw/sesame>> [Consulta 2004]
5. Applied Motion Products. User's Manual 3535 3535-O: Step Motor Drivers.
6. Electro-Craft. MAX 100 PWM Servo Drive, Installation Manual. p.p. 17-18.
7. National Instruments. "E/S Distribuidas". Catálogo de Medición y Automatización 2003-2004. p.p. 32,33. 2003.
8. Microchip Technology Inc. 18-pin Flash/EEPROM 8-Bit Microcontrollers [Disco]: PLC 16F8X.
9. SYMCO Inc. "Electric Parts Layout". KS Manual. p.p 3.3.1
10. Real Academia Española. Diccionario [en línea]: Diccionario de la lengua española. <www.rae.es> [Consulta 2004]

Apéndices

Apéndice A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

P.L.C: Controlador lógico programable. Ver sección 4.2

Interruptor/microinterruptor: aparato destinado a interrumpir una corriente eléctrica en el conductor de un circuito

Relé: Aparato destinado a producir en un circuito una modificación dada, cuando se cumplen determinadas condiciones en el mismo circuito o en otro distinto.

Relé térmico: Aparato destinado a producir en un circuito una modificación dada, cuando se cumplen determinadas condiciones térmicas.

Solenoides: alambre que, arrollado en forma de hélice, se emplea en varios aparatos eléctricos.

Contactores: Dispositivo que permite la apertura y el cierre en un circuito eléctrico.

Potenciómetro: Resistencia regulable en un circuito eléctrico

Torque/par: Sistema de dos fuerzas iguales paralelas, de sentidos contrarios y aplicadas en dos puntos distintos, que crean un movimiento de rotación.

Pantalla de tacto: pantalla que se activa por medio del tacto. Ver figura 6.2

Apéndice A.2 Manual(es) de usuario

A.2.1 Manual de usuario

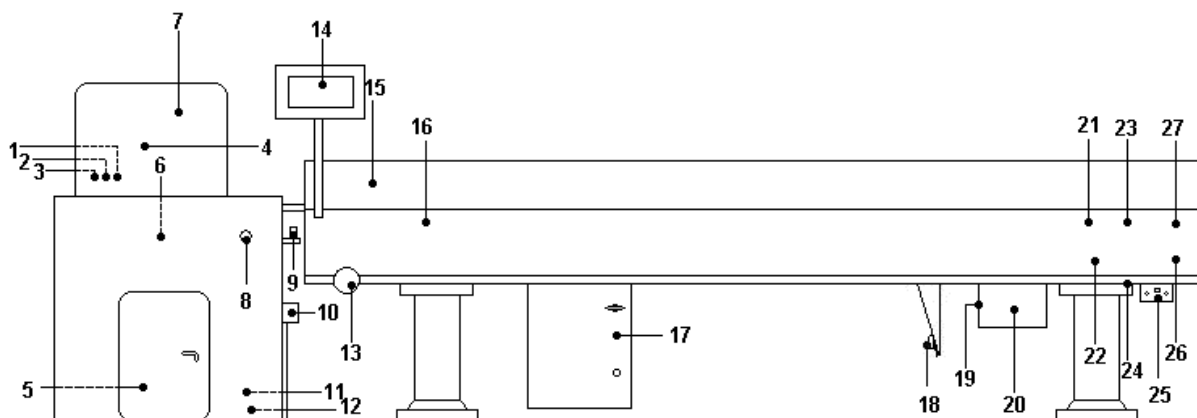


Figura A1 Distribución de la máquina

Tabla 1 Descripción de la distribución de la máquina

Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Microinterruptor (LS8)	Sincroniza la máquina con el cargador
2	Microinterruptor desactiva válvula de rosca	Desactiva la cuchilla que hace la rosca
3	Microinterruptor activa válvula de rosca	Activa la cuchilla que hace la rosca
4	Sensor	Sensor de profundidad de ranura
5	Embrague de la máquina	Acopla el motor con las levas
6	Válvula de aire	Válvula para la canasta y sistema de recolección de tornillos
7	Motor trifásico	Gira la cuchilla para hacer la ranura a los tornillos
8	Botón de seguridad	Activa y desactiva la máquina
9	Válvula de aire	Válvula para la activación de rosca
10	Conector de 25 pines	Conexión de los elementos del extremo izquierdo con el controlador
11	Motor trifásico	Mueve levas, la faja y realiza el ciclo del aceite para las cuchillas
12	Microinterruptor de faja	Al ser activado significa que la faja se reventó y enciende la alarma
13	Embrague del cargador	Mantiene la barra estable en el momento de la elaboración del tornillo y además proporciona el movimiento de la barra para el corte de cada producto
14	Pantalla de tacto	Interacción controlador / usuario
15	Relé biestable	Unión de solenoide con microinterruptor que activa temporizador para colocar la barra
16	Microinterruptor de final de línea (LS1)	Indica el final de la línea, que es el momento en que la barra debe de devolverse

17	Control de la máquina	Control del sistema compuesto por PLC y contiene la etapa de potencia
18	Microinterruptor de sobrante (LS5)	Envía la señal de que el sobrante ha sido desechado y permite la continuación del ciclo en caso contrario la máquina se detiene
19	Potenciómetros	Ajustan la velocidad del motor paso a paso en sus tres velocidades y dos direcciones
20	MAX 100	Controlador del motor paso a paso
21	Microinterruptor de límite en la carga (LS6)	Al ser activado el motor reversible se detiene al ir en dirección de las manecillas del reloj
22	Conector de 25 pines	Conexión de los elementos del extremo derecho con el controlador
23	Microinterruptor de límite en la descarga (LS7)	Indica límite al botar el sobrante, detiene el motor reversible cuando este lleva dirección a favor de las manecillas del reloj
24	Motor reversible	Motor que realiza la carga y descarga de la barra
25	Botonera de carga manual	Control manual extra de carga contiene tres botones los de los lados dan la dirección al motor reversible y el del centro coloca la barra para empezar
26	Motor paso a paso	Motor que realiza la alimentación de la barra y la producción
27	Microinterruptor de inicio de línea (LS4)	Al activarse indica que se puede empezar otro ciclo de carga

Para iniciar la producción asegúrese que el interruptor térmico este en posición de encendido. El interruptor se indica en la siguiente figura:

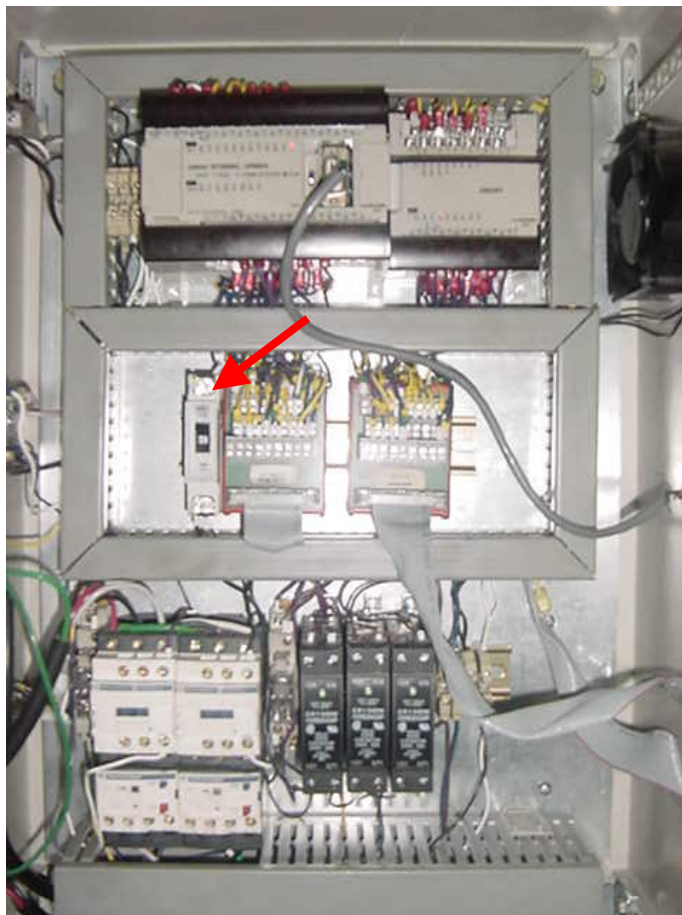


Figura A2 Interruptor térmico

Cuando el sistema está activo la pantalla mostrará la siguiente distribución de botones:



Figura A3 Pantalla principal

Al presionar el botón ON la máquina empezará a funcionar cargando una nueva barra. Si en este punto se presenta algún error favor dirigirse a la tabla 2 en la página 6.

Para que la máquina empiece la producción el botón de inicio (ver el punto 5 en la figura A1) que se encuentra a un costado de la máquina debe colocarse en su posición de encendido.

El botón Mantenimiento abre una nueva pantalla que contiene un gráfico con las distintas partes del sistema:

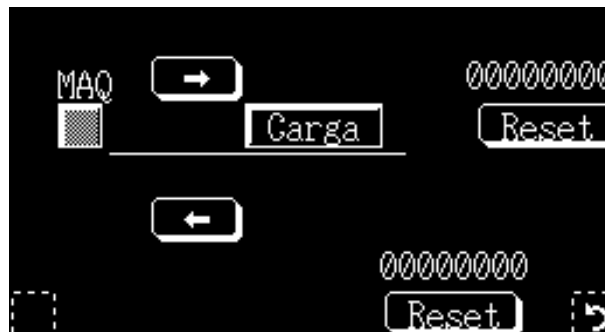


Figura A4 Pantalla de Mantenimiento

Al presionar **MAQ** se presenta una nueva pantalla



Figura A5 Pantalla control de la máquina

Al presionar **Canasta** se puede desactivar la canasta que recoge los tornillos. Se presenta el encendido y apagado de los motores trifásico y una sección de ajuste.

La sección de ajuste se compone de tres luces que se encienden dependiendo de la localización de las levas que activan los microinterruptores numerados 1, 2 y 3 en la figura A1, esto con el fin de tener un ajuste más fino del sistema.

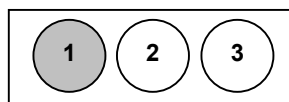



Figura A6 Ajuste de la máquina

En el número 1 se señaliza el punto numerado con el 1 y en los números 2 y 3 se señalizan los puntos numerados 2 y 3, respectivamente.

Pulse  para regresar a la pantalla anterior.

Al presionar **CARGA** aparece la siguiente pantalla:



Figura A7 Pantalla de carga

El botón de **BOTAR RESIDUO** abre la prensa para soltar el residuo que se encuentra en la banderilla y deja caer la nueva barra para la siguiente carga; **CARGAR BARRA** sujeta la barra con las prensas y la introduce a la boquilla de la banderilla; el botón **COLOCA LA BARRA** mueve la barra hacia delante hasta colocarla en el lugar indicado.

Las flechas de la pantalla mostrada en la figura A3, activan la banderilla hacia delante o hacia atrás mientras estén presionadas, al soltarlas la banderilla se detendrá. Se debe tener cuidado, si la banderilla está cargada, de no golpear las cuchillas ya que éstas podrían quebrarse.

En esta misma pantalla se muestran dos contadores, el de la parte superior cuenta la cantidad de piezas que se han hecho en el modo de mantenimiento, el de la parte inferior es del conteo total de piezas. Cada uno de ellos tienen botones de reinicio, el inferior tiene un botón de seguridad en la parte inferior izquierda que debe ser presionado simultáneamente con el de reinicio.

El botón **Detener** al ser presionado detiene la máquina en el siguiente ciclo, es decir termina la barra que está utilizando en el momento y la banderilla se devuelve hasta tocar el interruptor 20, es decir en posición de inicio.

El botón de Detener se mantiene activo hasta que se vuelva a pulsar o hasta que el ciclo finalice.

Cuando se detiene la máquina utilizando el botón de inicio (5) y se realizó alguna otra acción como mantenimiento, y se desea activar la máquina de nuevo, el botón se debe colocar en posición de encendido y presionar Continuar.

Los potenciómetros localizados en el punto 12 de la figura A1, son utilizados para ajustar las velocidades del motor principal y están distribuidos de tal forma que el superior es el que regula la velocidad cuando la máquina está produciendo; el segundo ajusta la velocidad cuando la barra es colocada o alimentada y el tercero la velocidad cuando, al termina el ciclo, vuelve a la posición de inicio.

Alarmas

Cuando se llegan a las 1600 horas o al conteo de 1 130 350 tornillos aparecerá en la pantalla principal un mensaje de “Mto Rutinario” que se borrará cuando el contador principal se reinicie.

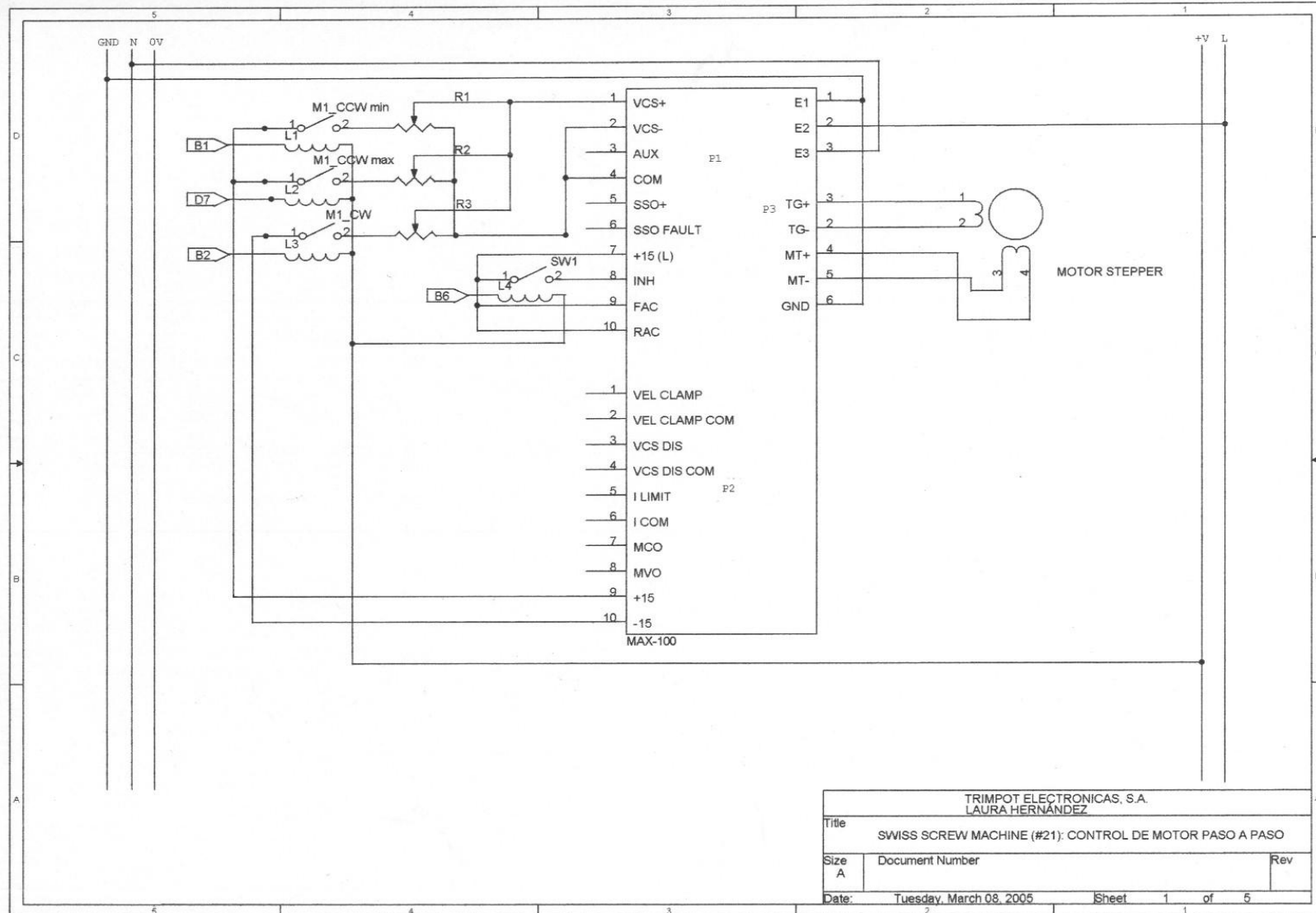
Cada vez que aparezcan las pantallas de alarma, la máquina se detiene por completo por seguridad.

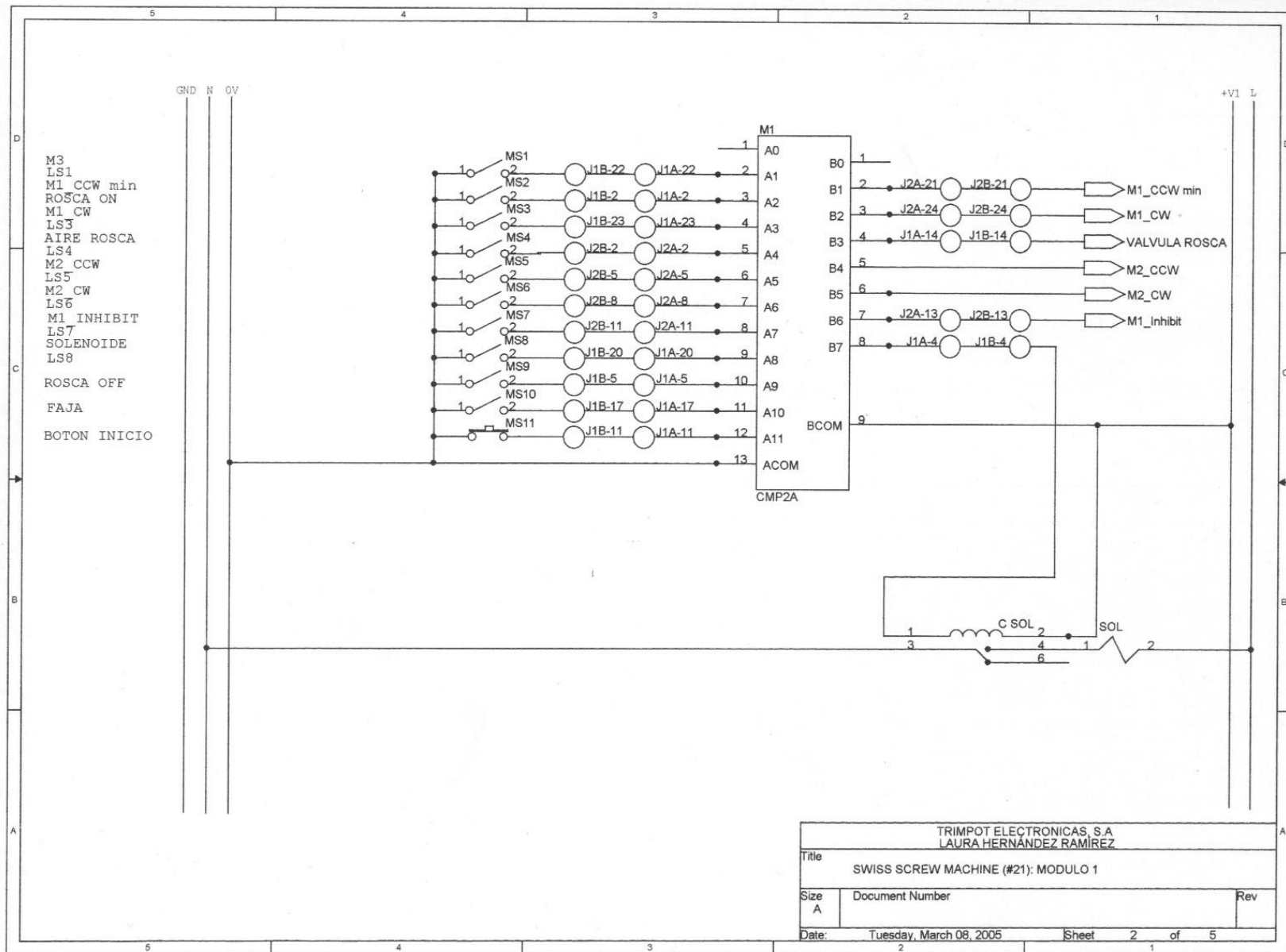
Las pantallas son:

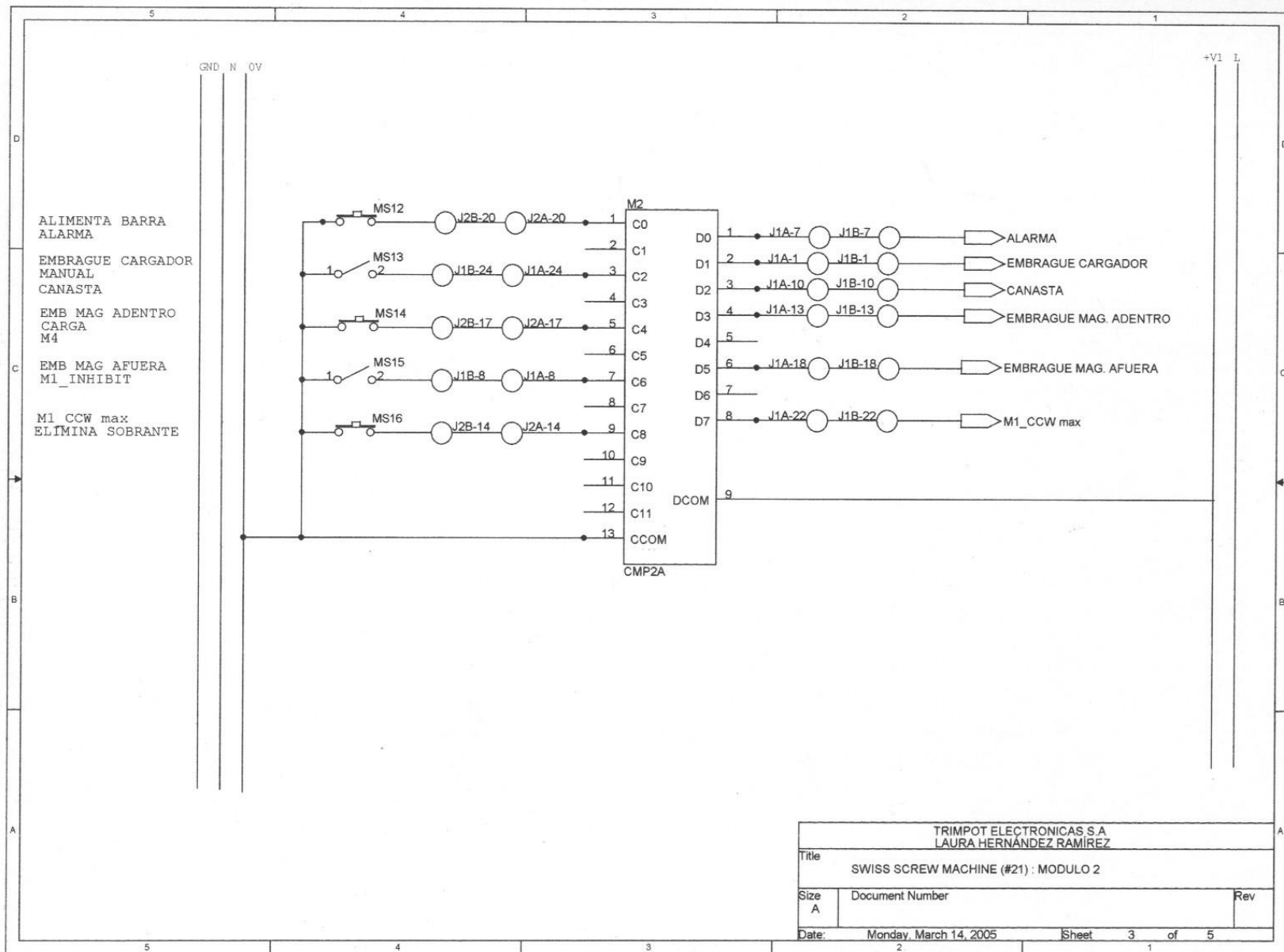
Tabla 2 Errores

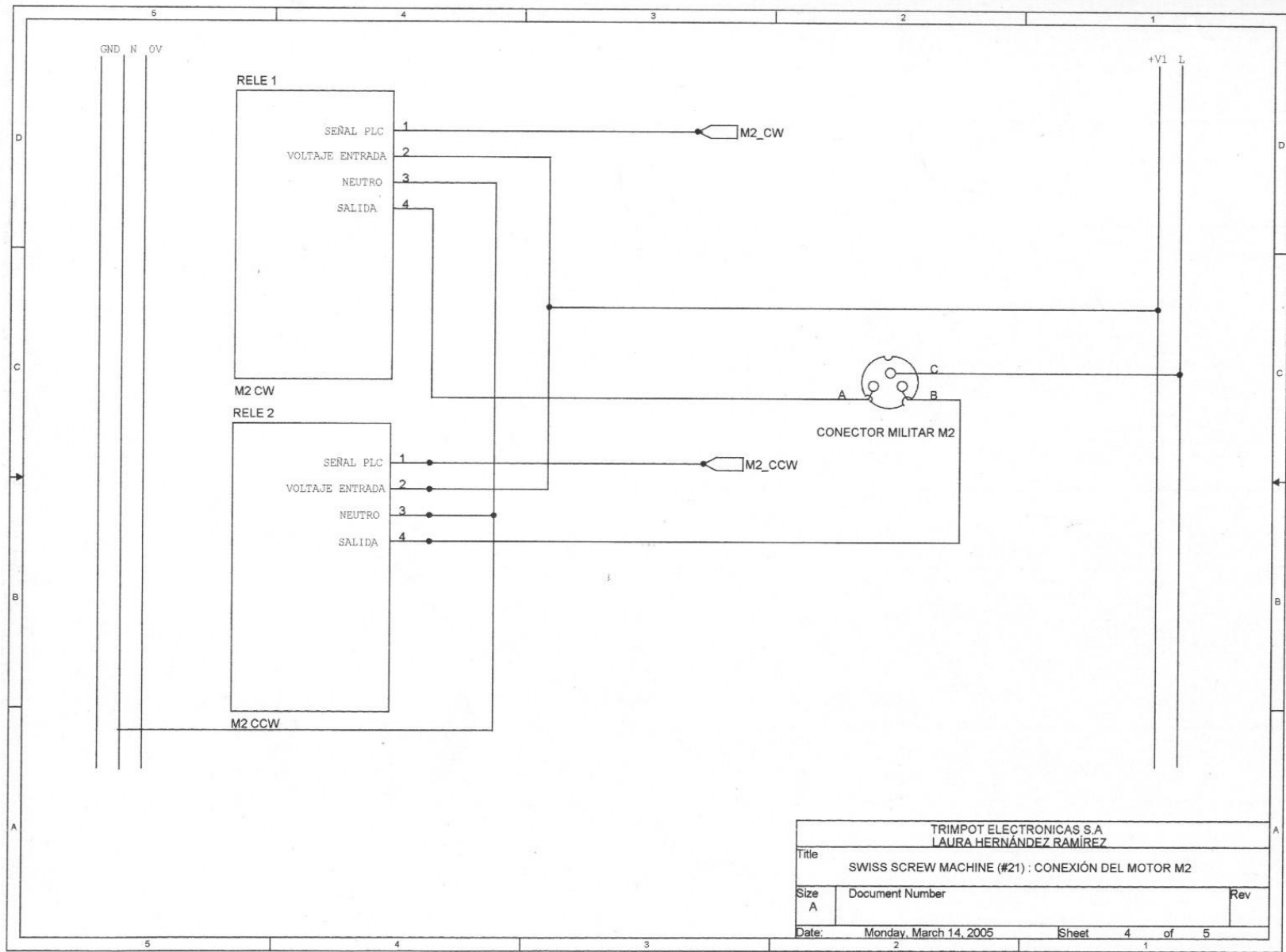
Pantalla	Explicación	Solución
ERROR EN PROFUNDIDAD DE RANURA	La profundidad de ranura es menor a la especificada	Puede ser que el brazo de la máquina no esté sosteniendo bien el tornillo o que se tiene un desajuste en la colocación del sensor
FALLA en FAJA	Faja de la máquina se reventó	La faja se reventó o el sistema que activa el microinterruptor está mal colocado
Atención Alimentador vacío	No hay barra en el cargador	El alimentador está vacío o no cayó la barra al cargador
Atención Sobrante en cargador	El sobrante en la barra no salió de la boquilla o no hay sobrante en la boquilla	Puede ser que la máquina paró mal y se quedó el sobrante en la boquilla de la máquina o el sistema mecánico que quita el sobrante de la boquilla del cargador está fallando

A.2.2 Diagramas eléctricos

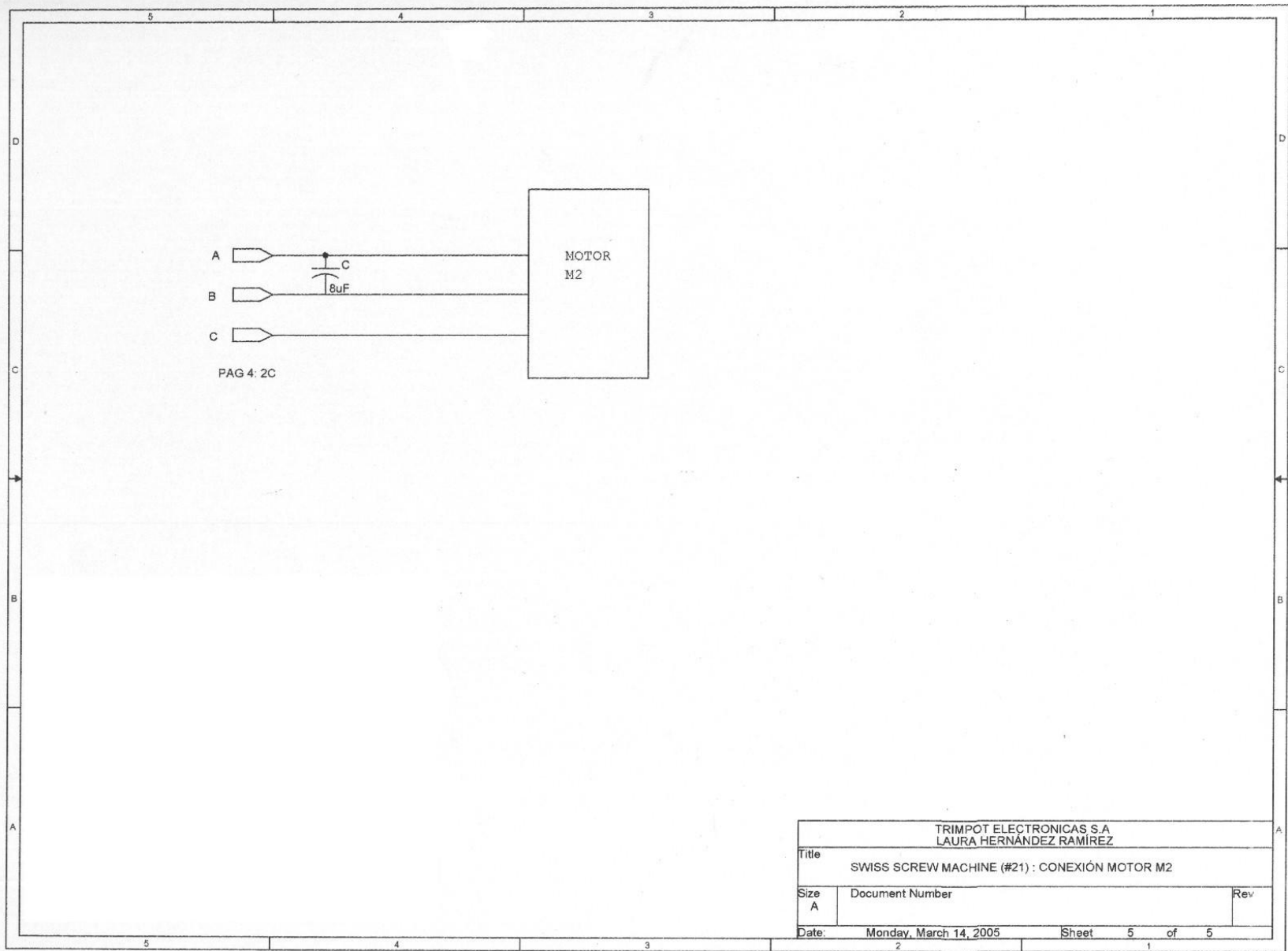








TRIMPOT ELECTRONICAS S.A LAURA HERNÁNDEZ RAMÍREZ		
Title SWISS SCREW MACHINE (#21) : CONEXIÓN DEL MOTOR M2		
Size A	Document Number	Rev
Date: Monday, March 14, 2005	Sheet 4	of 5



TRIMPOT ELECTRONICAS S.A LAURA HERNÁNDEZ RAMÍREZ		
Title SWISS SCREW MACHINE (#21) : CONEXIÓN MOTOR M2		
Size A	Document Number	Rev
Date:	Monday, March 14, 2005	Sheet 5 of 5

Apéndice A.3 Información sobre la empresa / institución

A.3.1 Descripción de la empresa

La corporación Bourns fue fundada en el año 1947 en un garaje en Altadena California por la pareja de esposos Marlan y Rosmary Bourns. Esta empresa tenía la visión de fabricar un dispositivo electrónico funcional para mediciones eléctricas precisas, así nació el potenciómetro, el cual fue producido en el año 1952. Este producto de ajuste multi-vuelta o de precisión llegó a ser un componente mundialmente aceptado y hoy por hoy es utilizado por empresas importantes de corte tecnológico.

Para noviembre de 1979, se inició un proyecto importante en Costa Rica, que consistía de la manufactura de potenciómetros (trimmers) para distribución mundial. Así nació TRIMPOT Electrónicas Sociedad Anónima, la cual pertenece a la sociedad BOURNS INC.

Las instalaciones actuales se encuentran en La Asunción de Belén, donde la empresa se divide en dos secciones la de “Networks” y la de “Trimmers”.

Actualmente la corporación Bourns tiene diez centros de manufactura distribuidos en siete países: Taiwán (Lin-Kou), Estados Unidos de Norteamérica (California y Utah), Costa Rica (Heredia), México (Tijuana y La Mesa), Escocia (Hillend), Irlanda (Cork) y China (Xiamen).

En este momento esta empresa consta con un promedio de 1 100 empleados aproximadamente, que colaboran con la producción de 350 000 potenciómetros diarios que se exportan en su totalidad al resto del mundo.f