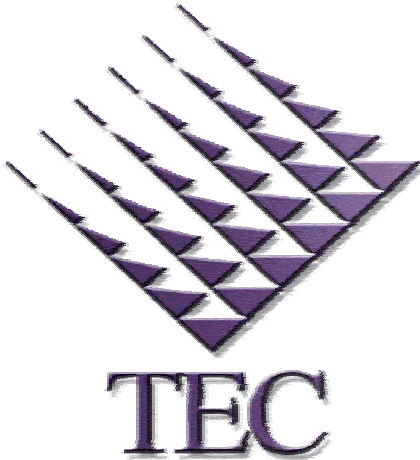


Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Formularios Standard

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller
en Ingeniería Electrónica**

Alejandro Alvarado Calvo

Cartago, 2000

INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la empresa.	2
1.2 Definición del problema y su importancia.	4
1.3 Objetivos	7
CAPÍTULO 2	8
ANTECEDENTES	8
2.1 Estudio del problema a resolver	9
2.1.1 Aspectos Técnicos del proceso:.....	9
2.1.2 Sobre la temperatura:.....	9
2.1.3 Sobre el papel:	10
2.1.4 Sobre el Carbón:	11
2.2 Requerimientos de la empresa	12
2.3 Solución propuesta	13
2.3.1 Máquina en su estado original:.....	13
2.3.2 Como se resuelve el problema:.....	17
2.3.2.1 Componentes del sistema:	17
2.3.2.2 Consideraciones sobre la temperatura:.....	18
2.3.2.3 Solución:.....	23
2.3.3 Sistema integrado:	27
CAPÍTULO 3	28
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	28
Metodología	29
CAPÍTULO 4	30
DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	30
CAPÍTULO 5	33
ANÁLISIS Y RESULTADOS	33

5.1	Explicación del diseño	34
5.1.1	Módulo 1 Encendido automático:	36
5.1.2	Módulo 2 Control de enfriamiento:	38
5.1.3	Módulo 3 Verificación de condiciones iniciales de operación:	38
5.1.4	Módulo 4 Verificación de condiciones de marcha plena:.....	40
5.2	Alcances y limitaciones	44
CAPÍTULO 6		45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
6.1	Conclusiones	46
6.2	Recomendaciones	47
BIBLIOGRAFÍA		48
APÉNDICES		50
Apéndice 1: Listado del programa.....		51
Apéndice 2: Diagramas de Circuitos.		65
Apéndice 3: Presupuestos.		69
Apéndice 4: Glosario de términos.		71
Apéndice 5: Diagrama de Flujo de la programación.		74
ANEXOS		75
Anexo1: Instrucciones de programación usadas.....		76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Proceso de Carbonado del Papel	6
Figura 2-1: Diagrama por bloques de máquina carbonadora.....	16
Figura 2-2: Comportamiento promedio de la temperatura del carbón líquido...	19
Figura 2-3: Comportamiento general de la temperatura del carbón líquido.....	20
Figura 2-4: Rango de temperaturas en el cilindro de impregnación de papel. .	21
Figura 2-5: Temperatura de enfriamiento vs tiempo.....	22
Figura 2-6: Rango de temperaturas para enfriamiento del papel	22
Figura 2-7: Ubicación de sensores capacitivos y termopares RTD.....	24
Figura 2-8: Entradas y salidas PLC.....	26
Figura 2-9: Diagrama de bloques sistema integrado.....	27
Figura 5-1: Diagrama de flujo de programación separado en módulos.....	35
Figura A1-1: Listado del programa del PLC de línea 0 a 6.....	51
Figura A1-2: Listado del programa del PLC de línea 7 a 12.....	52
Figura A1-3: Listado del programa del PLC de línea 13 a 18.	53
Figura A1-4: Listado del programa del PLC de línea 19 a 24.....	54
Figura A1-5: Listado del programa del PLC de línea 25 a 30.....	55
Figura A1-6: Listado del programa del PLC de línea 31 a 34.....	56
Figura A1-7: Listado del programa del PLC de línea 34 a 36.	57
Figura A1-8: Listado del programa del PLC de línea 37 a 41.	58
Figura A1-9: Listado del programa del PLC de línea 42 a 46.	59
Figura A1-10: Listado del programa del PLC de línea 47 a 52.	60

Figura A1-11: Listado del programa del PLC de línea 53 a 59.....	61
Figura A1-12: Listado del programa del PLC de línea 60 a 65.....	62
Figura A1-13: Listado del programa del PLC de línea 66 a 69.....	63
Figura A1-14: Listado del programa del PLC de línea 70 a 74.....	64
Figura A2-1: Circuito de entradas al PLC.....	65
Figura A2-2: Circuito de salidas del PLC.	66
Figura A2-3: Circuito de conexión módulo de entradas RTD.....	67
Figura A2-4: Diagrama de sistema de frenado neumático para debobinador..	68
Figura A5-1: Diagrama de flujo de programa del PLC.	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Descripción de E/S entradas y salidas del PLC.....	43
Tabla A3-1 Presupuesto de materiales en dólares	69
Tabla A3-2 Presupuesto de materiales en colones	70
Tabla A3-3 Presupuesto Total	70

Resumen

Buscando mejorar la producción de papel carbón que se utiliza como parte de la materia prima para hacer formularios continuos, la empresa formularios standard ha solicitado una consultoría como proyecto piloto para el desarrollo de un sistema que detecte fallas en una de sus máquinas carbonadoras de papel.

Este sistema de detección de fallas consiste en sensado de temperaturas, detección de cortes en el papel, avisos por medio de una alarma cuando ocurre un fallo, un sistema de frenado automático ante cualquier fallo del sistema y encendido / desconexión automático de los sistemas de calentamiento y enfriamiento.

En la etapa de sensado de temperaturas las lecturas de temperatura son tomadas con termopares RTD que están conectadas a un PLC, que continuamente monitorean el estado de la temperatura para que cuando ocurra un fallo, el sistema automáticamente detenga la operación de la máquina.

Los avisos de alarma se van a generar cuando las temperaturas de la máquina no sean aptas para la producción de papel carbón, o cuando se genere un corte en el papel.

El sistema de frenado automático se activa cuando ocurre un fallo, ya sea por temperatura o por corte en el papel. Este sistema de frenado es controlado por medio de un PLC que acciona una electroválvula activando el freno neumático del cilindro debobinador.

El sistema de encendido / desconexión de resistencias de calentamiento y sistema de enfriamiento está programado para activarse y desconectarse automáticamente dentro del horario de trabajo semanal del operador de la máquina.

Palabras claves: PLC, RTD, Temperatura, Papel Carbón, Formularios, Calendario, Ladder

Abstract

Looking for improving the coal paper production that is used as part of the raw material to make continuous paper forms, Formularios Standard company has asked for a consultancy as pilot project to develop a system that detects faults in one of the machines of coal paper.

This fault-detection system consists of measuring of temperatures, detection of cuts in the paper, alarm warnings when a failure occurs, an automatic stopping system when any failure occurs in the system and automatic ignition / disconnection of heating and cooling systems.

In the stage of temperatures measurement, the temperature readings are taken with thermocouples RTD that are connected to a PLC, which are continuously monitoring the temperature so, when a failure occurs, the system automatically stops the operation of the machine.

The red alerts will be triggered when the temperatures of the machine are not suitable for the coal paper production, or when the continuous coal paper is cutted.

The system of automatic stopping activates when a failure occurs, either by temperature or a cut in the paper. This stopping system is controlled by means of a PLC that triggers an electrovalve activating the air brake of the winder cylinder.

The ignition / disconnection system of heating resistances and cooling system are programmed to activate and disconnect automatically within the schedule of weekly work of the operator of the machine.

Key words: PLC, RTD, Temperature, Coal Paper, Forms, Calendar, Ladder

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa.

Descripción General

Formularios Standard es una empresa dedicada a la elaboración de formularios comerciales y de seguridad desde hace 25 años. Momento en que pasó de ser una empresa dedicada solo a la litografía a una empresa dedicada exclusivamente a la producción de formularios.

Actualmente cuenta con plantas de producción en Costa Rica, Panamá, Guatemala y Puerto Rico; con oficinas de ventas en Nicaragua, El Salvador, Honduras y República Dominicana. En Costa Rica brinda servicios al 65% del mercado y está expandiéndose en el área de seguridad, para ofrecer mayores ventajas competitivas hacia sus clientes.

Formularios Standard, está orientada a la administración participativa y el mejoramiento continuo. La dirección está constituida por un equipo de trabajo conformado por los gerentes de diferentes áreas a saber; ventas, finanzas y producción, cuyo resultado es el enfoque sinérgico para la solución de problemas y consecución de las metas.

El Gerente General de dicha empresa es el Señor, Roberto Verdecia. El Proyecto de Graduación se realiza en el departamento de Mantenimiento que cuenta con doce personas, dos técnicos eléctricos, dos choferes, un ayudante, un proveedor y un ingeniero cuyo nombre es el Señor Carlos Barboza, Jefe del departamento. Este departamento es el encargado de varias actividades entre las que se destacan:

- Mantenimiento General de la planta, edificio y máquinas.
- Desarrollo de proyectos.

1.2 Definición del problema y su importancia.

Formularios Standard cuenta con dos máquinas para fabricar papel carbón, que es la materia prima utilizada para hacer formularios que requieren múltiples copias.

Estas máquinas fueron fabricadas hace más de 30 años y no cuentan con sistemas automáticos de detección de fallas. Comúnmente cuando sucede una falla, por ejemplo, cuando se quema una resistencia de calentamiento, la temperatura empieza a bajar y el operario no se da cuenta de ello sino hasta que la producción de papel carbón empieza a salir dañada. Otro problema es el sistema de enfriamiento del papel. Actualmente el operario regula la temperatura manualmente, función que debe ser automática.

Por ello la empresa esta interesada en el desarrollo de un sistema para detección de fallas, como variaciones en las temperaturas de operación, cortes en el papel y un sistema de encendido automático de las resistencias de calentamiento de agua, pues en la actualidad el sistema depende de un reloj sin respaldo de alimentación eléctrica, y cuando ocurren cortes de electricidad se pierde la hora.

El sistema se desarrolló para la máquina 4B02 y consiste en avisar al operador cuando sucede una falla, si éste no detiene la operación de la máquina el sistema lo hace automáticamente.

Es importante para la empresa tener un sistema que detecte fallas, porque disminuye costos de producción gastando menos materia prima como papel, tiempo del operador, tiempo de los mecánicos, vida útil de las piezas de la máquina y costos en las reparaciones.

Aspectos importantes del problema

A continuación se describen en forma general las partes del problema a solucionar. Representado por medio de la Figura 1-1 se describe el funcionamiento de la máquina.

- Calentamiento del carbón líquido.

El carbón líquido debe estar a una temperatura entre 90 y 100 grados celsius. Cuando alguna de las tres resistencias encargadas del calentamiento falla es necesario que el operador se de cuenta a tiempo, porque al ir disminuyendo la temperatura el carbón líquido se hace más grueso produciendo papel de mala calidad y se genera desperdicio pues ese papel hay que botarlo.

- Enfriamiento del papel.

Después de impregnar el papel con carbón líquido se pasa por la sección de enfriamiento donde hay tres cilindros dentro de los cuales circula agua fría. La temperatura de ellos es controlada manualmente por el operador y varía entre 10 y 14 grados celsius. Este proceso debe ser automático.

- Encendido automático de resistencias de calentamiento.

En la actualidad el encendido de las resistencias que calientan el agua se programa por medio de un reloj que funciona con alimentación externa. Cuando hay cortes de electricidad el reloj pierde la hora.

- Freno automático.

Ante una ruptura del papel no existe un sistema que active el freno para evitar que el cilindro debobinador continúe girando y desenrollando papel. Por ello es necesario crear un sistema que detecte cuando ocurre un corte del papel para frenar la máquina.

En la Figura 1-1 se observa el proceso en el cual el papel es impregnado con carbón líquido en la sección del cilindro número 6 para luego ser enfriado en los cilindros 7,8 y 9. Pasando finalmente a la sección de corte para luego seguir el proceso hacia el cilindro rebobinador número 13 donde el papel carbonado se almacena en secciones más pequeñas.

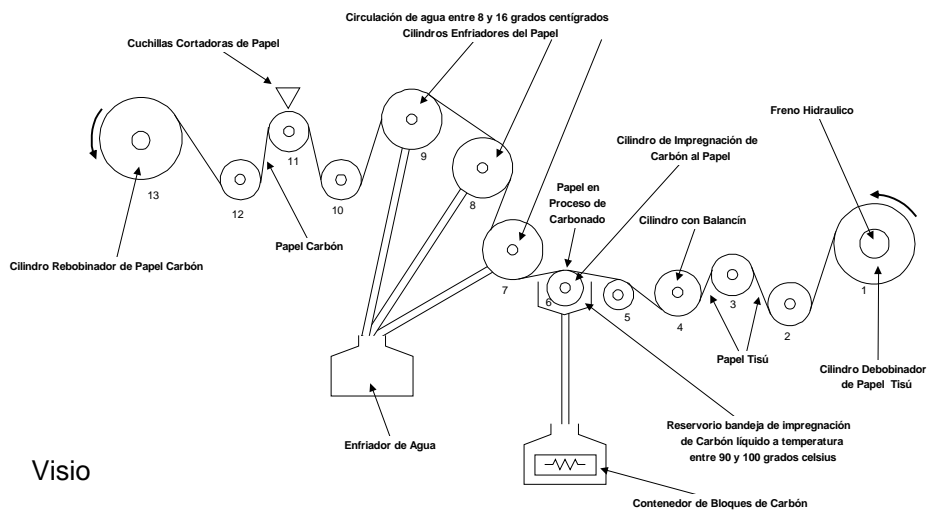


Figura 1-1 Proceso de Carbonado del Papel

1.3 Objetivos

- 1.3.1 Investigar en el comercio sobre diferentes tipos de PLC.
- 1.3.2 Investigar en el comercio sobre sensores y actuadores.
- 1.3.3 Seleccionar el tipo de PLC a usar.
- 1.3.4 Seleccionar los sensores y actuadores necesarios.
- 1.3.5 Aprender a programar el PLC seleccionado.
- 1.3.6 Conseguir el software para simular la programación del PLC.
- 1.3.7 Diseñar la programación necesaria para simular la detección de fallas.
- 1.3.8 Desarrollar informe final y analizar resultados.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 Estudio del problema a resolver

2.1.1 Aspectos Técnicos del proceso:

- 1) El papel tisú¹ se coloca en la posición de entrada y se enhebra en la máquina hasta la posición de salida.
- 2) El contenedor de carbón debe tener carbón a una temperatura entre 90 y 100 grados celsius ver Figura 1-1.
- 3) El carbón debe estar en movimiento por medio de un cilindro de impregnación dentro de la bandeja, lo que permite que la temperatura de todo el carbón sea homogénea ver Figura1-1.
- 4) El enfriador de agua debe mantener la temperatura del agua entre 10 y 14 grados celsius, y cuando esté en funcionamiento no debe sobrepasar los 16 grados celsius.
- 5) La temperatura mínima de operación es de 10 grados celsius.
- 6) Para fijar el carbón al papel, este pasa por los rodillos enfriadores, que son los que contienen el agua fría.

2.1.2 Sobre la temperatura:

- 1) La temperatura del carbón en la bandeja de impregnación debe estar entre 90 y 100 grados celsius.
- 2) La temperatura más baja permisible para el carbón es de 90°C en la bandeja de impregnación.

¹ Tipo de papel especial usado en la fabricación de papel carbón.

- 3) La temperatura del agua a la entrada de la máquina debe ser entre 10 y 14 grados celsius, 14 °C es el máximo cuando esté funcionando la máquina.

2.1.3 Sobre el papel:

La calidad del papel Tisú debe ser excelente. Algunos factores que afectan la calidad del papel son:

- 1) Manipulación deficiente en bodega: mal estibaje y golpes en el transporte hacia la máquina.
- 2) Alta humedad: provoca que el papel pierda resistencia, que se rompa, y que la impregnación del carbón no sea buena.
- 3) Arrugas: provocan que el carbón no se adhiera en el área de la arruga o que se concentre demasiado en esa área y no se pegue, lo que hace que las copias del papel impreso se manchen y el producto se pierda.
- 4) Problemas propios del fabricante del papel: tales como que el papel traiga poliéster impregnado lo que funciona como repelente del carbón u otros problemas de calidad del papel. La forma de detectar este problema es ver pequeños círculos o áreas sin imprimir con el papel aparentemente bueno.

2.1.4 Sobre el Carbón:

Este debe estar completamente líquido, lo que permitirá que la adherencia al papel sea homogénea y en cantidad razonable.

Cuando el carbón no está totalmente líquido, lo que sucede es que en la impregnación se le van a pegar pelotas al papel, y esto hace que se gaste más carbón, el papel sale demasiado cargado y mancha mucho dado que cuesta más que seque. Además esto ensucia la cuchilla y los rodillos.

Dado que no existe un batidor de Carbón en el contenedor², es recomendable que el operario esté batiendo con un palo largo o una mezcladora el contenedor para lograr la temperatura deseada en todo el recipiente, y dado que en la bandeja no se puede hacer circular tan fácilmente el carbón, se recomienda que se lave cada semana profundamente para eliminar adherencias a las paredes de la bandeja, que produce aislamiento y por lo tanto el carbón no se calienta adecuadamente.

² Lugar donde se colocan los bloques de carbón ver Figura 1-1.

2.2 Requerimientos de la empresa

La Empresa requirió de una Consultoría para establecer un sistema que detecte fallas en el proceso de producción de una Máquina Carbonadora de Papel. Este sistema debe avisar al operador de la máquina el momento en que ocurre una falla y si éste no atiende la alarma, automáticamente detiene el proceso de carbonado de papel.

Este sistema de detección de fallas procede a detener la producción de papel carbón en el momento que las temperaturas de producción sobrepasen los límites adecuados o se de una ruptura en el papel, ya sea para que el operario vuelva a enhebrar el papel, o para que el departamento de Mantenimiento haga la respectiva reparación.

2.3 Solución propuesta

La solución propuesta contempla tres apartados:

- Máquina en su estado original.
- Como se resuelve el problema.
- Sistema integrado.

2.3.1 Máquina en su estado original

En este apartado, se explica el funcionamiento de la máquina descrito en la Figura 2-1 que es un diagrama de las partes de la máquina.

- a) Sistema de encendido de bombas y resistencias: es un dispositivo que se encarga de encender automáticamente a una hora predeterminada las resistencias de calentamiento y bombas de agua. Este sistema se programa de forma manual con un reloj que no cuenta con respaldo de alimentación.
- b) Bombas de agua y toma de agua: estos se encargan de hacer circular el agua por los cilindros de la máquina y por el contenedor de bloques.
- c) Termostato: se encarga de regular la temperatura de las resistencias de calentamiento.

- d) Contenedor de bloques de carbón: es donde se colocan los bloques de carbón para que por medio de la circulación de agua caliente en sus paredes los bloques se deshagan produciendo carbón líquido.
- e) Reservorio de carbón líquido: es aquí donde se encuentra el carbón líquido proveniente del contenedor.
- f) Cilindro de impregnación: este cilindro se encuentra dentro del reservorio o bandeja de impregnación por medio del cual el papel es impregnado con carbón líquido.
- g) Sistema enfriador de agua: es un dispositivo que se encarga de enfriar el agua que circula por los tres cilindros de enfriamiento del papel.
- h) Sistema de encendido manual: este sistema es el que enciende o apaga el enfriador de agua que el operario controla manualmente.
- i) Cilindros enfriadores de papel: son los 3 cilindros por donde circula el papel para ser enfriado luego de ser impregnado con carbón caliente.
- j) Controles de encendido y velocidad de los motores: estos se encargan de encender los motores y de regular la velocidad de ambos de forma independiente.
- k) Motor principal: este se encarga de dar movimiento a los cilindros enfriadores y al cilindro de impregnación de papel.

- l) Motor rebobinador: se encarga de rebobinar el papel ya impregnado de carbón.

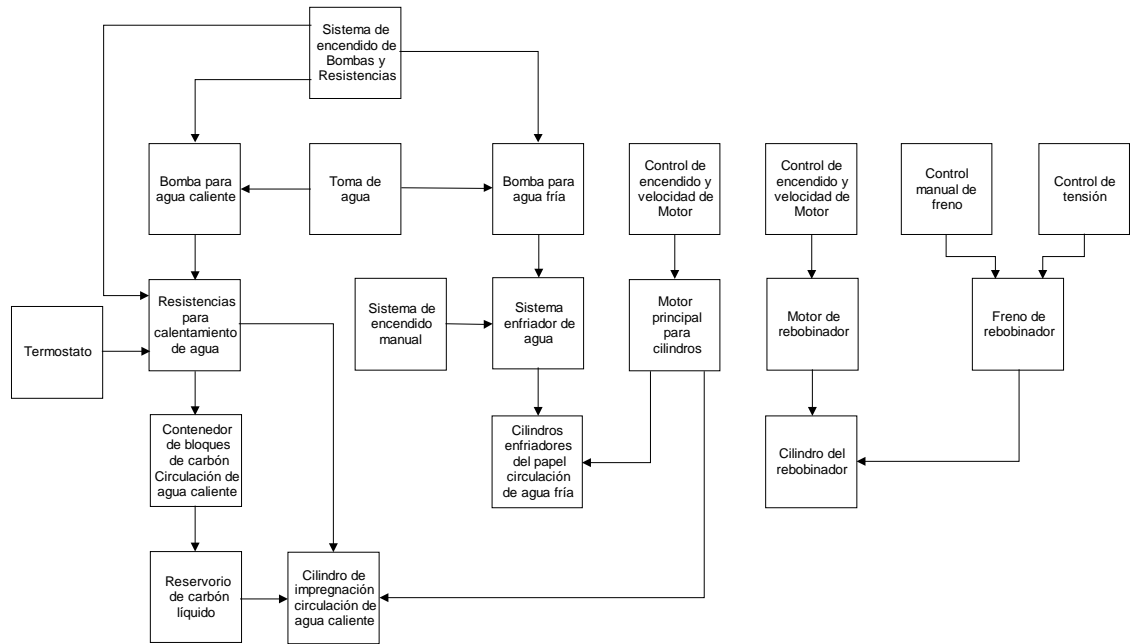
- m) Cilindro rebobinador: en él se almacena la producción de papel carbón para su posterior uso en formularios.

- n) El control de tensión: este sirve para darle tensión al papel por medio del sistema de freno del cilindro debobinador.

- o) Control manual de freno: sirve para accionar manualmente el freno del debobinador.

- p) Freno del debobinador: se encuentra en el cilindro debobinador y se acciona neumáticamente.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Visio

Figura 2-1 Diagrama por bloques de máquina carbonadora.

2.3.2 Como se resuelve el problema

2.3.2.1 Componentes del sistema

- a) PLC³ marca Allen Bradley de la familia SLC-500, procesador 5/04, rack, fuente, módulo de temperatura, modulo E/S: esta es la configuración básica para programar el software necesario en la solución del problema.
- b) Sensores de temperatura tipo RTD: estos sensores varían su resistencia de acuerdo a como varía la temperatura. Se van a utilizar para medir las temperaturas del carbón líquido y la del agua de enfriamiento.
- c) Sensores capacitivos: son sensores que detectan cualquier material como por ejemplo papel. Se van a utilizar para detectar cuando hay cortes en el papel.
- d) Electroválvula: esta se va a utilizar como mecanismo de accionamiento para el freno neumático situado en el cilindro debobinador.

³ Controlador lógico programable

2.3.2.2 Consideraciones sobre la temperatura

Este apartado trata del comportamiento de las temperaturas involucradas en el sistema.

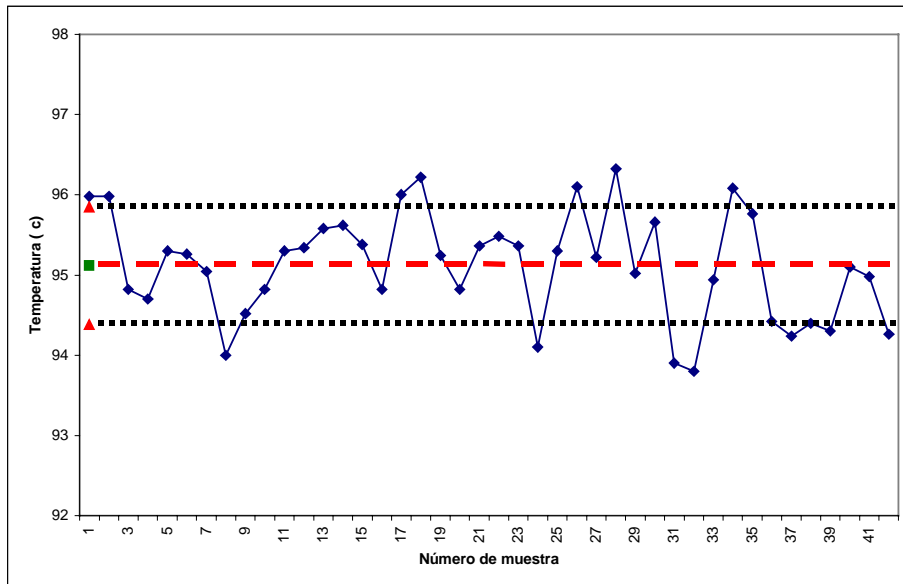
a) Temperatura del carbón líquido:

Para conocer las variaciones de la temperatura del carbón líquido se realizó un estudio sobre su comportamiento. Este estudio se hizo tomando temperaturas durante 6 días en muestras de 10 valores de temperatura cada una. La representación de los resultados se hace mediante un diagrama X que muestra las variaciones de los promedios de las muestras. Estos diagramas se utilizan tomando una muestra de n elementos del proceso, pasado cierto tiempo se realiza una medida de cada uno de dichos elementos y así sucesivamente.

Este tipo de diagramas tienen una línea central que es el promedio de los promedios y límites de control superior e inferior. En tanto los promedios de la muestra no caigan fuera de los límites de control o no se muestren variaciones no aleatorias dentro de los límites se considera que el proceso se encuentra bajo control en relación con la tendencia central. Si los puntos caen fuera de los límites de control o se presentan dentro de los límites variaciones no aleatorias el proceso se considera fuera de control en relación con su tendencia central.

En la Figura 2-2 se destaca de color negro los dos límites de control entre 94.38 y 95.85 grados celsius y de color rojo el límite central con 95.12 grados celsius.

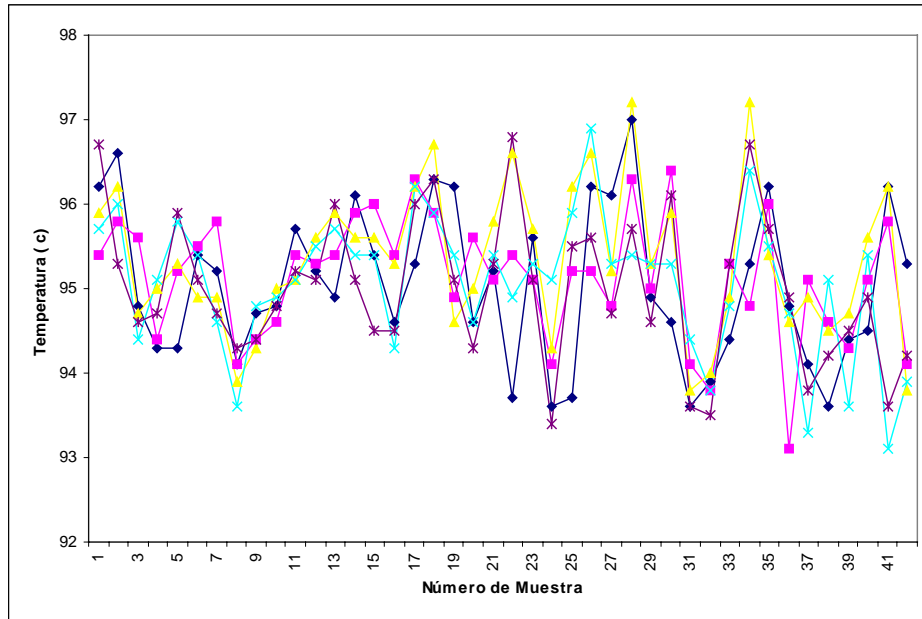
Se observa que el comportamiento de la temperatura está fuera de control en algunos puntos con respecto a su tendencia central. Estas variaciones en la temperatura se deben al momento que ingresa carbón líquido con una temperatura diferente a la del reservorio y produce variaciones fuera de los límites de control. Otra razón de estas variaciones es cuando el control de temperatura de las resistencias se activa y produce un aumento de temperatura.



Excel

Figura 2-2 Comportamiento promedio de la temperatura del carbón líquido.

En la Figura 2-3 se observan todas las mediciones de cada muestra donde los valores de temperatura están entre 93.1 y 97.1 grados celsius.



Excel

Figura 2-3 Comportamiento general de la temperatura del carbón líquido.

En base a la información obtenida de las figuras anteriores es posible determinar un rango de operación adecuado para sensar la temperatura en el deposito de carbón líquido. En la Figura 2-4 se observan las temperaturas establecidas para el rango de operación, fuera de rango y fuera de operación.

El rango de operación: se refiere a la temperatura comprendida entre 92 y 98 grados celsius como la temperatura de operación a la cual el papel va a ser impregnado con carbón.

Fuera de rango: se refiere a temperaturas aptas para la producción de papel carbón pero que están fuera del ámbito de operación normal según lo visto en las figuras anteriores.

Fuera de temperatura de operación: es la temperatura no apta para producir papel carbón donde la máquina no debe operar.

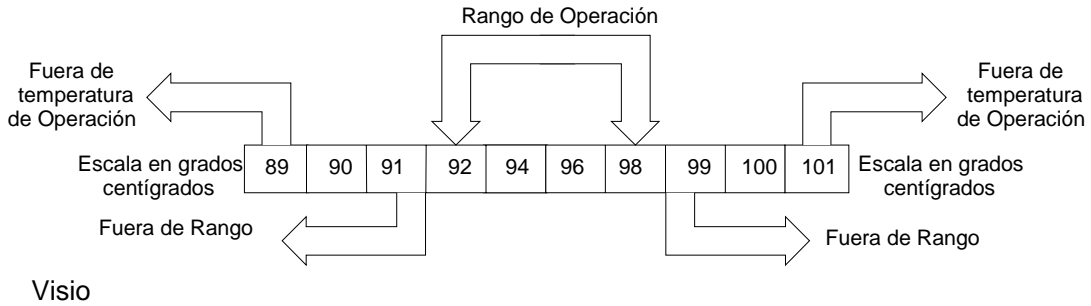
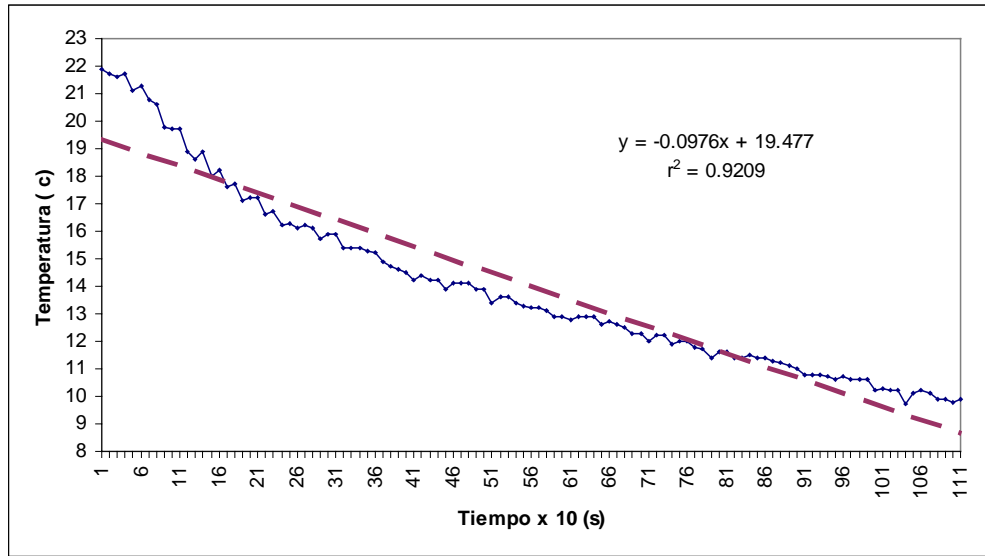


Figura 2-4 Rango de temperaturas en el cilindro de impregnación de papel.

b) Temperatura del agua para cilindros de enfriamiento:

Se observa en la Figura 2-5 la relación entre temperatura y tiempo de enfriamiento del agua que circula por los cilindros de enfriamiento. Cada 10 segundos se hizo una toma de temperatura durante 18.5 minutos desde 21.9 hasta 9.9 grados celsius.

Se calculó la curva de mejor ajuste cuya ecuación $y=-0.0976x+19.77$ tiene una pendiente $m=0.0976$ que es la razón de cambio de la temperatura con respecto al tiempo. La toma de datos se realizó a 25 grados celsius de temperatura ambiente.

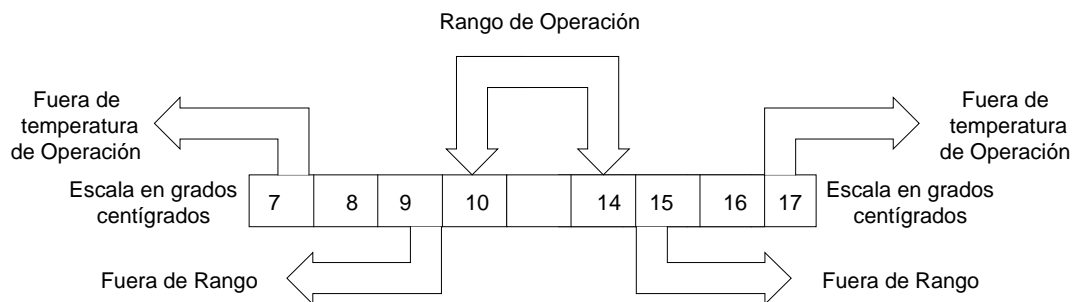


Excel

Figura 2-5 Temperatura de enfriamiento vs tiempo.

La temperatura de operación para el enfriamiento del papel carbón está entre 10 y 14 grados celsius y no debe ser menor a 8 grados ni mayor a 16 grados celsius.

En la Figura 2-6 se observa los rangos de temperatura de enfriamiento en la entrada de la máquina.



Visio

Figura 2-6 Rango de temperaturas para enfriamiento del papel

2.3.2.3 Solución

La solución que se propone contempla el control de las diferentes variables por medio de un PLC. Estas variables son:

a) Medición de la temperatura del carbón líquido:

La medición de la temperatura se hace por medio de un termopar RTD que es un sensor de temperatura. La temperatura debe estar siempre en un rango entre 92 y 98 grados celsius, como se ve en la Figura 2-4. Si se sobrepasa ese rango suena una alarma una vez indicando peligro. Pero si la temperatura sigue avanzando y se sobrepasan las temperaturas máximas de 90 y 100 grados suena una alarma y se detiene la operación de la máquina desconectando la transmisión de los motores y frenando el cilindro debobinador.

b) Encendido automático de las resistencias de calentamiento, bombas de agua y sistema de enfriamiento:

Las resistencias y las bombas de agua se van a encender por medio de un reloj de tiempo real a las 4 AM de lunes a viernes antes de que el operario comience a laborar. El sistema de enfriamiento se enciende a las 7AM y se desconecta junto con las resistencias a las 5PM.

También por medio de un termopar RTD se va a tomar permanentemente el valor de temperatura del agua en la entrada de la máquina el cual en caso extremo no debe disminuir de 8 o sobrepasar de 16 grados celsius. Si se sale de esos valores de temperatura suena una alarma y se detiene la operación de la máquina desconectando la transmisión de los motores y accionando el freno del cilindro debobinador por medio de una electroválvula.

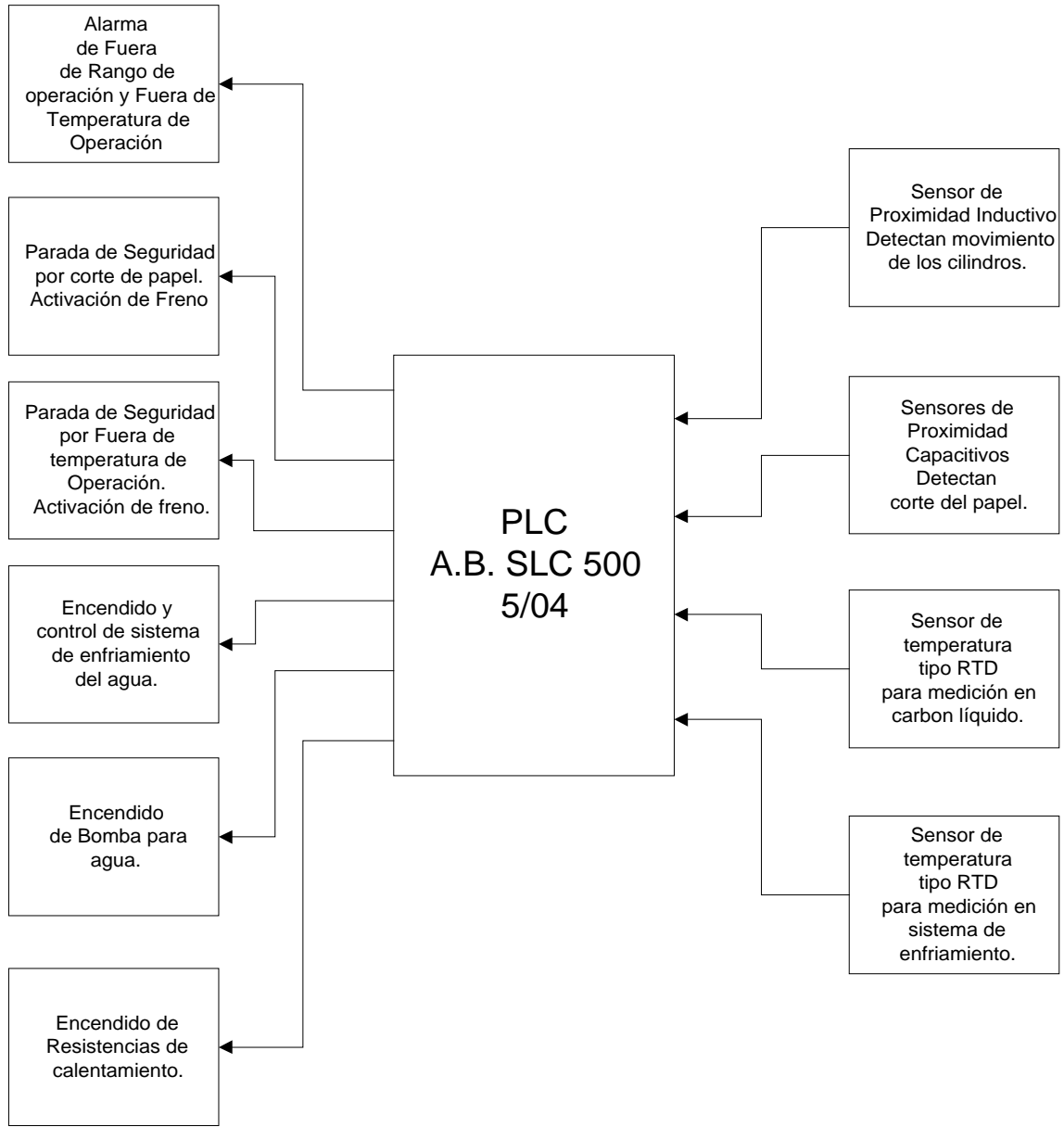
e) Detector de movimiento:

El detector de movimiento es un sensor de tipo inductivo que detecta en cada vuelta de cilindro una guía metálica. Así el control del PLC sabe cuando hay o no movimiento en la máquina.

De acuerdo a lo planteado en la Figura 2-5 la razón de cambio es de 0.0976 grados celsius por cada 10 segundos entonces cada minuto que transcurre la temperatura varía 0.5856 grados.

Si la temperatura del agua al inicio de operación de la máquina se encuentra en 30 grados celsius el sistema de enfriamiento duraría aproximadamente 30 minutos en enfriar el agua a 12 grados celsius, temperatura adecuada para establecer las condiciones iniciales de operación de la máquina.

Es por eso que se propone la hora de encendido del sistema de enfriamiento a las 7 AM, 30 minutos antes de que el operador entre a trabajar. En la Figura 2-8 se observa un diagrama de bloques que representa el PLC con sus entradas y salidas.



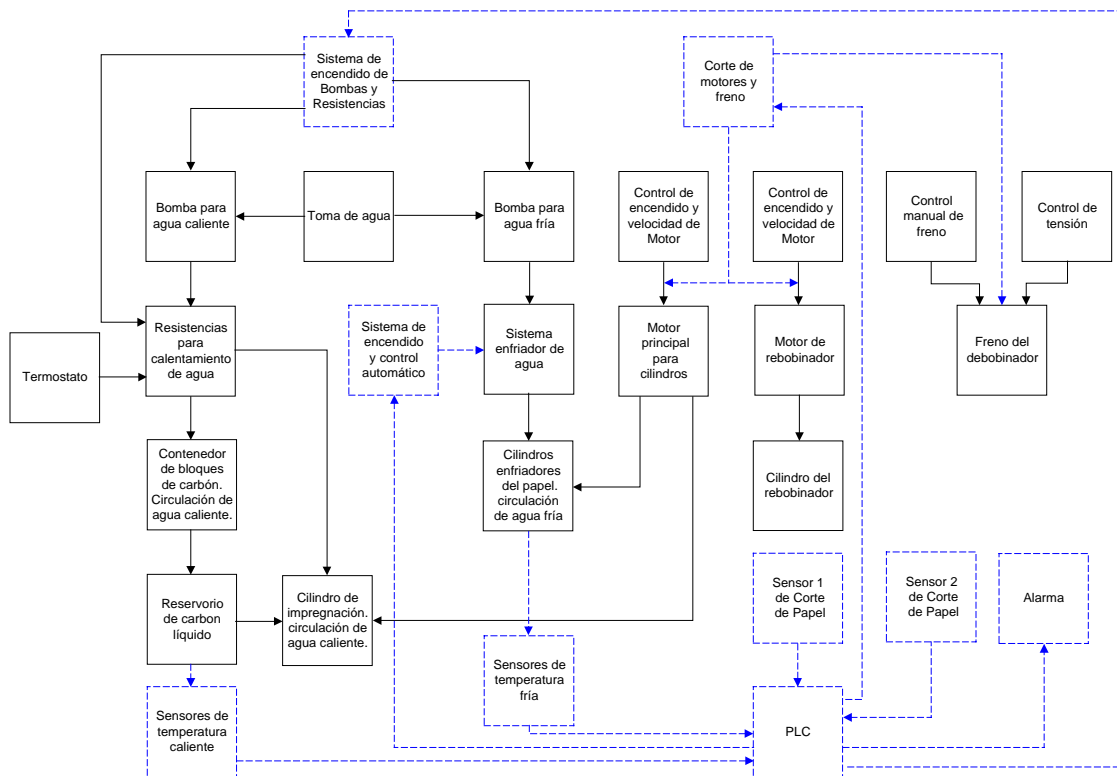
Visio

Figura 2-8 Entradas y salidas PLC.

2.3.3 Sistema integrado:

En la Figura 2-9 se observa una representación en diagrama de bloques de la máquina carbonadora. Los bloques en color negro representan la máquina en su estado original y los bloques con líneas intermitentes en azul representan los cambios propuestos en la solución.

Las flechas que entran al bloque PLC son entradas que llevan información con la cual se van a tomar decisiones y los bloques cuyas flechas salen del PLC son actuadores del PLC, son ordenes que el PLC ejecuta de acuerdo a la información que tiene en determinado momento.



Visio

Figura 2-9 Diagrama de bloques sistema integrado.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos se plantea una metodología que se divide en tres partes:

- 1 Investigación
- 2 Estudio
- 3 Desarrollo

- 1) El desarrollo de este apartado se lleva a cabo haciendo investigación en el comercio, en Internet, y visitas a empresas sobre todo el material necesario para la realización del proyecto. Este material incluye hojas de datos, manuales, cotizaciones.
- 2) El ítem estudio se realiza ordenando y clasificando el material del punto anterior que va a necesitar el proyecto. Para tener criterio a la hora de decidir sobre los componentes a utilizar, para luego aprender sobre el uso del software de programación.
- 3) La etapa de desarrollo es donde se hace el software o Ladder⁴ del PLC, se desarrolla el material como el informe final y se hace el análisis de los resultados.

⁴ Programa de aplicación del PLC

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

El software involucrado en la solución del problema se compone de tres paquetes de software:

- 1) RS500 software de programación.
- 2) RSLinx software de comunicaciones.
- 3) Emu500 software de emulación del PLC.

1) El RS500 sirve para hacer la programación en escalera que requiere el PLC para su funcionamiento.

-Funciona como un editor de programación con un menú de ayuda para el usuario.

-Permite la configuración del modo de comunicación con el PLC.

-Permite definir características de módulos como por ejemplo, el módulo de temperatura al que permite definir su palabra de configuración del canal sin necesidad de programación.

-Tiene incluido todo el set de instrucciones para las familias SLC500 y micrologix 1000 facilitando así la programación.

-Posee un menú de ayuda explicando el funcionamiento de cada instrucción para las dos familias de PLC's.

-Puede descargar del computador hacia el PLC y desde el PLC hacia el computador la programación en escalera.

-Tiene un menú que contiene toda la información de los bits de funcionamiento del PLC, el cual trabajando en conjunto con los otros 2 paquetes de software permite visualizar cual es el estado de las variables en tiempo real cuando se ejecuta el programa de escalera.

- 2) El RSLinx funciona para simular la comunicación entre una estación de trabajo y un PLC. Este software simula la estación de trabajo que es una computadora, la cual ejecuta el paquete de software RS500.
- 3) El Emu500 sirve para simular un controlador lógico programable PLC cuando se ejecuta el software RS500 por medio del programa de comunicación RSLinx.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 Explicación del diseño

Esta parte del documento complementa el capítulo 3.

A continuación se detalla la solución por medio de un diagrama de flujo que representa la lógica de programación usada y una tabla donde se explica como se utilizan las entradas y las salidas del PLC. Además se va hacer referencia a todos los apéndices que son documentos que ayudan a la explicación de la solución.

El diagrama de flujo Figura 5-1 se divide en 4 módulos, cada uno representa una parte de la programación en escalera. El listado de la programación se encuentra en el apéndice 1.

5.1.1 Primer módulo: Encendido automático.

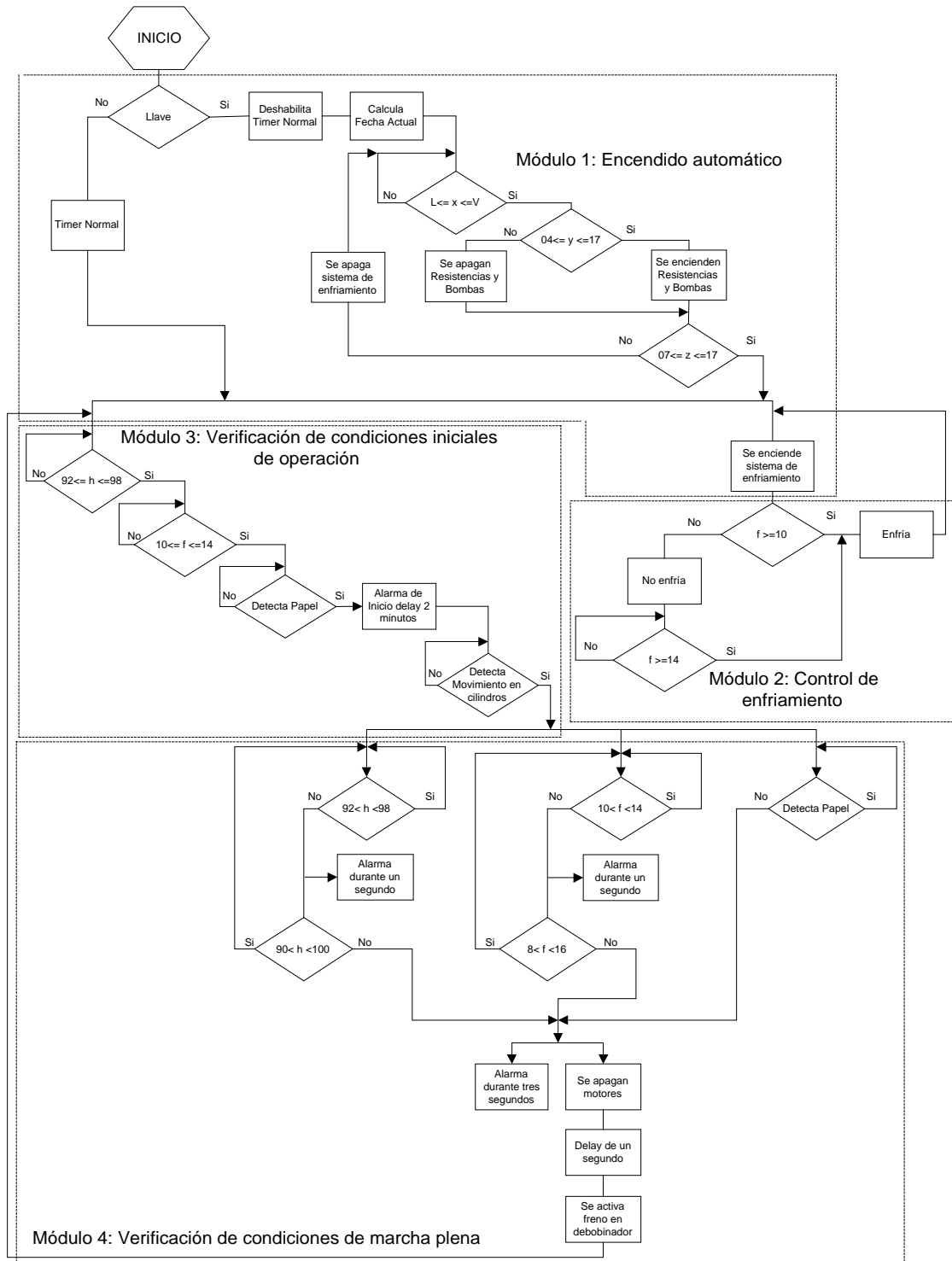
5.1.2 Segundo módulo: Control de enfriamiento.

5.1.3 Tercer módulo: Verificación de condiciones iniciales de operación.

5.1.4 Cuarto módulo: Verificación de condiciones de marcha plena.

El diagrama de flujo sin divisiones por módulo se encuentra en el apéndice 5.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Visio

Figura 5-1 Diagrama de flujo de programación separado en módulos.

5.1.1 Módulo 1 Encendido automático:

Este módulo tiene como propósito encender automáticamente las resistencias de calentamiento, las bombas para agua y el sistema de enfriamiento. Para eso se cuenta con un reloj de tiempo real en el sistema del PLC con el cual se sabe la fecha y hora exacta. Véase Figura 5-1

Aunque se tenga la información del reloj de tiempo real es necesario hacer una lógica que permita saber cual día de la semana es. El control del PLC debe de encender las resistencias a las 4 AM, el sistema de enfriamiento a las 7 AM y apagarlos a las 5 PM de lunes a viernes.

También está contemplado que el sistema de encendido tenga la opción de trabajar con el timer análogo⁵ que tiene la máquina. Para trabajar excepcionalmente en otro horario.

Observando la Figura 5-1 en la parte del módulo 1, se tiene un ciclo de condición llamado llave, es aquí donde se pregunta al sistema si desea que el encendido sea por medio del timer análogo por medio del control del PLC. Luego si el encendido es automático el sistema de control deshabilita el timer análogo por medio de la salida O:2.0/0 del PLC. Este módulo está contemplado en la programación de la línea 0 a la 54 apéndice 1.

⁵ Reloj para encendido de resistencias y bombas con que cuenta la máquina actualmente.

Luego se encuentra el bloque que calcula la fecha actual. Este bloque toma el valor de los registros desde S:37 al S:42 del PLC, que tiene la información de la fecha y hora actual. Con esa información se ejecuta una parte del programa que calcula la fecha actual y devuelve un número del 1 al 7 indicando como lunes el número 1 y el domingo el 7 y así para los otros días.

Este valor sirve para que en el siguiente ciclo de condición tenga el día de la semana. Cuando el primer ciclo tenga un valor entre 1 y 5 y el segundo ciclo tenga la hora en 4 AM o posterior, las resistencias de calentamiento y las bombas de agua se encienden por medio de la salida O:2.0/2 del PLC. La explicación de las salidas y entradas del PLC se puede observar en la tabla 5-1.

Después del encendido de las resistencias y bombas el tercer ciclo de condición espera que sean las 7 AM para encender el sistema de enfriamiento por medio de la salida O:2.0/1. Cuando la hora es 5 PM o posterior los ciclos de condición se hacen falsos y se apagan las resistencias, bombas y sistema de enfriamiento.

Cuando se habilita el timer análogo en el ciclo de condición llave el sistema de encendido automático queda fuera de operación. En el momento en que se detecta el encendido de las resistencias, la entrada I:1.0/1 se activa indicando al PLC que el timer análogo ha encendido las resistencias y bombas. En ese momento entra en operación un timer de 3 horas. Luego que ha transcurrido ese tiempo se enciende automáticamente el sistema de enfriamiento entrando en operación el módulo 2. La programación de esta parte se encuentra entre las líneas 50 a 54 apéndice 1.

5.1.2 Módulo 2 Control de enfriamiento:

El control de enfriamiento va a mantener la temperatura del agua entre 10 y 14 grados celsius. La temperatura va a ser sensada por medio de un sensor de temperatura RTD que está conectado a un módulo del PLC. La programación relacionada con éste módulo se encuentra entre las líneas 55 y 57 del listado apéndice 1.

El primer ciclo de condición va a encender el enfriamiento cuando la temperatura del agua sea mayor o igual a 10 grados celsius. El enfriamiento se activa por medio de la salida O:2.0/3 del PLC.

Cuando la temperatura ha llegado a menos de 10 grados celsius el ciclo de condición se hace falso y se apaga el enfriamiento. Cuando el enfriamiento se apaga la temperatura del agua empieza a subir, para cuando llega a estar en 14 grados celsius el segundo ciclo de condición se hace verdadero y enciende el enfriamiento. Y así sucesivamente la temperatura se sigue regulando por medio del control del PLC.

5.1.3 Módulo 3 Verificación de condiciones iniciales de operación:

En esta etapa del proceso el control del PLC va a verificar que se den ciertas condiciones antes de que entre en funcionamiento la máquina. Para este módulo las líneas de programación relacionadas están entre la 58 y la 62 apéndice 1.

El primer ciclo de condición verifica, por medio del valor de temperatura que devuelve el módulo del PLC, que la temperatura del carbón líquido esté entre 92 y 98 grados celsius. Si eso no ocurre el ciclo se hace falso hasta que las condiciones de temperatura se den.

En el momento que las condiciones del primer ciclo sean verdaderas el segundo ciclo verifica que la temperatura para el agua esté entre 10 y 14 grados celsius. Si eso es correcto el ciclo es verdadero y sigue hacia el tercer ciclo.

El tercer ciclo verifica, por medio de dos sensores capacitivos que haya papel colocado tanto a la entrada de la máquina ubicada a la par del cilindro debobinador como al final en el cilindro rebobinador ver Figura 2-7. Una vez que haya papel, el ciclo se hace verdadero y se genera un retardo de 2 minutos, tiempo necesario para que el operario resuelva cualquier problema con la puesta en marcha de la máquina.

Es importante aclarar que en muchos casos al inicio de operación el papel se rompe continuamente, es por eso que hay un retardo de tiempo para dar oportunidad al operador para poner a trabajar la máquina. La información de los sensores capacitivos ingresa al PLC por medio de la entrada I:1.0/3 del PLC ver tabla 5-1.

Una vez que el lapso de tiempo termina se verifica que la máquina esté en movimiento. Si hay movimiento el último ciclo de condición es verdadero y se empiezan a verificar las condiciones para marcha plena del módulo 4 ver Figura 5-1.

Para verificar el movimiento de los cilindros de la máquina, se coloca un sensor inductivo que mira a cada vuelta de cilindro una cejilla. Al detectar la cejilla se manda esa información al PLC indicando que hay movimiento en la máquina. La información ingresa al PLC por medio de la entrada discreta I:1.0/2 del módulo de entradas, para más detalle ver Figura 5-1.

5.1.4 Módulo 4 Verificación de condiciones de marcha plena:

El módulo cuatro va a tener la función de verificar durante la marcha que las condiciones de temperatura y papel se den satisfactoriamente, de lo contrario el control del PLC procede a detener la producción de papel carbón. Las líneas de programación relacionadas con esta parte del diagrama de flujo están entre la 64 y 73 del apéndice 1.

Las condiciones de temperatura del agua fría, temperatura del carbón líquido y corte de papel se van a estar sensando simultáneamente.

Para la parte de calentamiento el primer ciclo de condición es verdadero si la temperatura del agua fría está dentro del intervalo de 92 a 98 grados celsius. Si la temperatura está fuera de ese intervalo suena una alarma indicando al operador sobre un posible fallo en la operación de la máquina. A partir de ahí el segundo ciclo de condición evalúa que la temperatura se encuentre entre el intervalo de 90 a 100 grados celsius.

Si eso no ocurre es que hay un fallo en el sistema de calentamiento y el control del PLC procede a detener la operación de la máquina. Eso se detallará más adelante.

Simultáneamente para la parte de enfriamiento, el primer ciclo de condición es verdadero si la temperatura del agua fría está en el intervalo de 10 a 14 grados celsius. Si esto no ocurre suena una alarma indicando un posible fallo de la máquina.

Luego el segundo ciclo de condición evalúa la temperatura entre un intervalo de 8 a 16 grados celsius, si la temperatura supera esos límites el ciclo se hace falso y se detiene la operación de la máquina.

Por último se tiene el ciclo de condición que detecta si hay o no papel en la máquina. Si el ciclo de condición es verdadero es porque no ha habido ruptura del papel durante la operación de la máquina. Pero si es falso es porque ocurrió una ruptura en el papel y se debe de detener la marcha de la máquina.

Después de que se genera una falla ya sea por temperatura o por corte en el papel, el control del PLC procede a detener la marcha de la máquina. Eso se hace de la siguiente manera:

- a) Suena una alarma durante 3 segundos indicando fallo. Esta alarma se activa por medio de la salida O:2.0/4.
- b) Inmediatamente que suena la alarma se detienen los motores por medio de la salida del PLC O:2.0/5.

- c) Un segundo después de que suena la alarma se detiene el movimiento del cilindro debobinador por medio de una electroválvula activada por la salida del PLC O:2.0/6. La Figura que representa el sistema neumático de frenado es la A2-4 del apéndice 4.
- d) Una vez pasado los tres segundos de activación de la alarma, el control del PLC habilita nuevamente la activación de los motores y deshabilita el frenado del debobinador.

Tabla 5-1 Descripción de E/S entradas y salidas del PLC

Descripción	Entrada	Salida	Explicación de como se hace	Material
Selector de activación de resistencias. Para activación de timer análogo controlado por el PLC.	I:1.0/0		Se elige la forma de encender las resistencias y bombas con un interruptor selector de llave. Ya sea controlando su encendido por el PLC o por el timer actual.	Interruptor de llave dos posiciones.
Detector de resistencias de calentamiento encendidas.	I:1.0/1		Se conecta la bobina de un relé a las bobinas del contactor de encendido de resistencias.	1 relé con bobina de 110 vca
Detector de circulación de cilindros.	I:1.0/2		Se conecta un sensor inductivo viendo el costado de un cilindro. En cada vuelta el sensor mira una cejilla y detecta el movimiento de circulación de los cilindros.	1 sensor inductivo.
Detector de cortes en el papel.	I:1.0/3 I:1.0/4		Se colocan ambos sensores mirando hacia el papel. Uno al inicio cerca del cilindro debobinador y otro cerca del cilindro rebobinador.	2 sensores capacitivos
Sensores de temperatura RTD acoplados a un módulo de temperatura.	I:3.0 I:3.1		Los termopares RTD detectan temperatura devolviendo un valor de resistencia asociado. El módulo de temperatura se encarga de convertir este valor de resistencia a un valor de grados celsius.	2 sensores tipo RTD
Corte de alimentación de timer actual.		O:2.0/0	Por medio de un relé se habilita la alimentación eléctrica del timer. Para desconectarlo cuando el sistema del PLC controla el encendido de resistencias y bombas.	1 relé con bobina de 24 vcd
Encender o apagar sistema de enfriamiento.		O:2.0/1	Por medio de un relé se controla las bobinas del contactor de encendido del sistema. El sistema de enfriamiento posee dos contactores, uno para habilitar o encender el sistema y otro para permitir el enfriamiento.	1 relé con bobina de 24 vcd
Encender o apagar bombas y resistencias de calentamiento.		O:2.0/2	Por medio de un relé de doble polo doble tiro se controlan las bobinas de los contactores de las bombas y de las resistencias de calentamiento.	1 relé con bobina de 24 vcd
Encender o apagar enfriamiento.		O:2.0/3	Se controla el encendido del enfriamiento por medio de un relé. Controlando las bobinas del contactor de enfriamiento con el relé.	1 relé con bobina de 24 vcd
Aviso de alarma.		O:2.0/4	La bocina o alarma se activa por medio de un relé, que permite el paso de corriente para que se encienda.	1 relé con bobina de 24 vcd
Corte de motores.		O:2.0/5	El corte de motores se hace con un relé DPDT. Desenclavando los contactores de clutch de cada motor.	1 relé con bobina de 24 vcd
Freno del debobinador.		O:2.0/6	El freno neumático se activa por medio de una electroválvula que es controlada por un relé.	1 relé con bobina de 24 vcd

Word

5.2 Alcances y limitaciones

Uno de los alcances más importantes es haber finalizado el desarrollo de un proyecto que genera ahorro en tiempo y dinero a la empresa. Y con ello demostrar que este tipo de proyectos son importantes en el ámbito nacional para la modernización del país.

El proceso de aprendizaje, la investigación y el planteamiento de soluciones son la esencia del trabajo en ingeniería, el aporte que se logró en la empresa y el aporte a la vida profesional de los practicantes produce como resultado lógico la incorporación a la sociedad productiva. Este es el alcance más grande logrado por el proyecto de graduación en la vida personal.

La principal limitación del proyecto fue la falta de información acerca de la fabricación de la carbonadora. Pues no es un equipo fabricado por una compañía grande, sino más bien es un equipo hecho en un taller y no hay información específica sobre características de la máquina.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a) La temperatura de operación del carbón líquido en el reservorio está entre 92 y 98 grados celsius.
- b) La temperatura de operación para el sistema de enfriamiento está entre 10 y 14 grados celsius.
- c) El carbón líquido debe estar a una temperatura adecuada para evitar mala impregnación al papel tisú.
- d) La variación de la temperatura en el reservorio de impregnación es de 4 grados celsius.
- e) El límite de control del diagrama X^6 que muestra las variaciones de los promedios de las muestras de temperatura es de 95.12 grados celsius.
- f) Los límites superior e inferior del diagrama X son de 94.38 y 95.85 grados celsius respectivamente.
- g) El sistema de enfriamiento dura 18.5 minutos en bajar la temperatura del agua en 12 grados celsius. A una temperatura ambiente de 25 grados celsius.
- h) El control del PLC va a encender el sistema de calentamiento a las 4 AM de lunes a viernes en modo automático.
- i) El control del PLC conecta el sistema de enfriamiento a las 7 AM todos los días de lunes a viernes en modo automático.
- j) Cuando el control del PLC no se encuentra en el modo automático de activación de resistencias de calentamiento. El control del PLC enciende el sistema de enfriamiento 3 horas después de que detecta el encendido por el timer análogo de las resistencias de calentamiento.

⁶ Diagrama X muestra las variaciones de los promedios de las muestras.

6.2 Recomendaciones

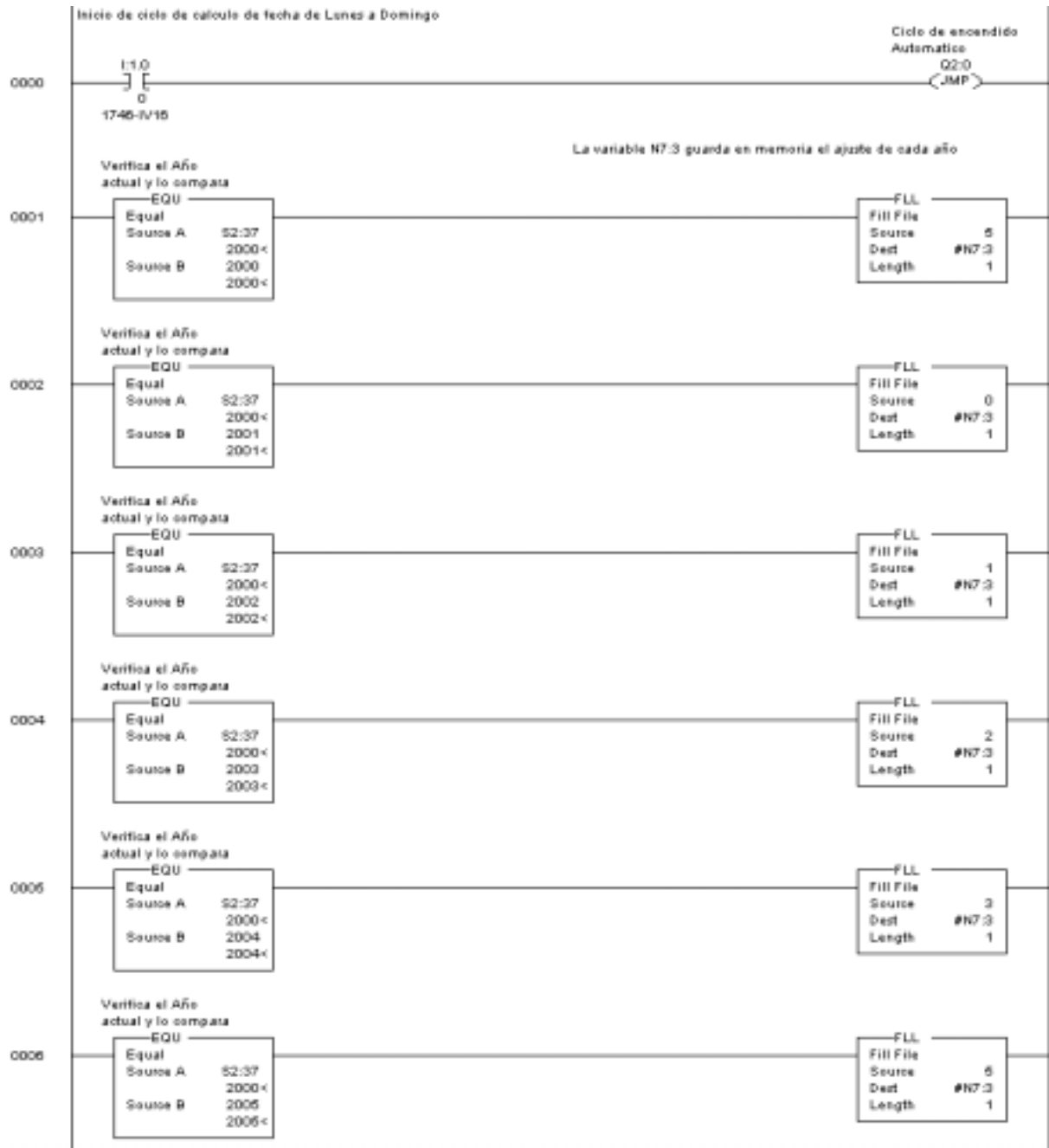
- a) Colocar un mezclador automático en el depósito de bloques de carbón, con el propósito de mejorar el batido del carbón líquido. Para reducir la posibilidad de que el papel vaya a impregnarse con pelotas de carbón.
- b) Mejorar el sistema de tierra de la máquina, pues en éste momento cualquier persona que esté cerca de la máquina recibe una descarga eléctrica.
- c) Crear un plan de trabajo involucrando al operador de la máquina para que vele por las temperaturas de operación, especialmente la temperatura de enfriamiento del sistema. Esto porque cuando la máquina está produciendo papel carbón el operador no se preocupa porque las temperaturas sean las adecuadas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Rockwell Automation. 1995. Manual de Usuario: Módulo de entrada de RTD/Resistencia SLC 500. USA, s.e. 124 p.
- 2) Allen-Bradley and Rockwell Software, US. 1999. Catalogs on CD, (Disco Compacto), U.S.A., s.e., Consultado setiembre del 2000,1 disco compacto, 8mm. Disponible en <http://ab.com/catalogs/>
- 3) Acheson J. Duncan. 1989. Control de Calidad y Estadística Industrial. México DF, Ediciones Alfa Omega. 1083 p.
- 4) Joseph, B.; José L. Romeral. 1998. Autómatas Programables. México DF, Alfa Omega Grupo Editor. 534 p.
- 5) Rockwell Automation. 1997. Manual de Referencia: Juego de Instrucciones de SLC 500 y Micrologix 1000. USA, s.e. 726 p.
- 6) Rockwell Automation.1997. Manual de Instalación y Operación: Hardware de estilo modular SLC 500. USA, s.e. 240 p.
- 7) Jorge Acuña A. 1986. Control de Calidad: Enfoque Integral y Estadístico. Cartago Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica I.T.C.R. 530 p.

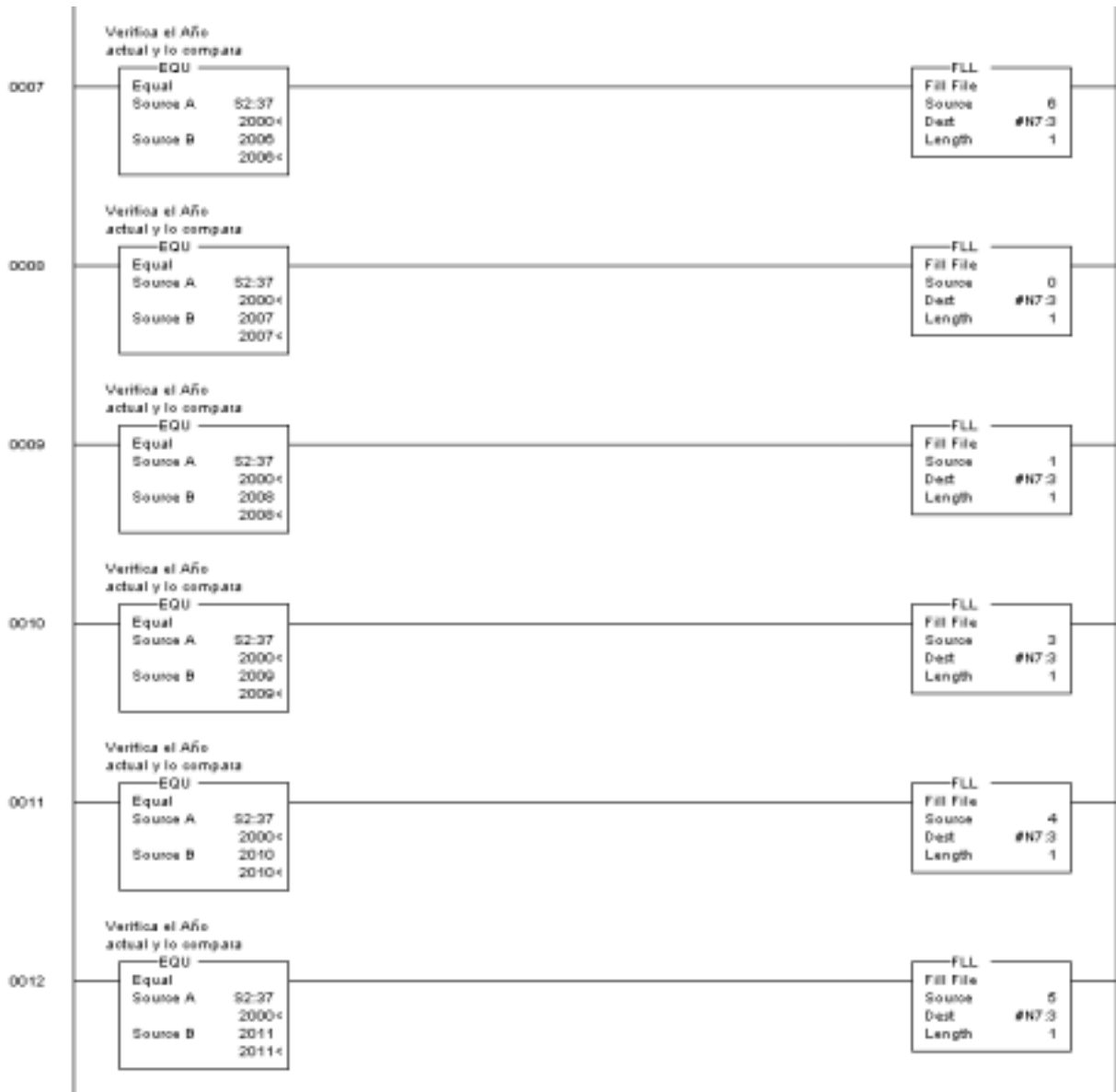
APÉNDICES

Apéndice 1: Listado del programa.



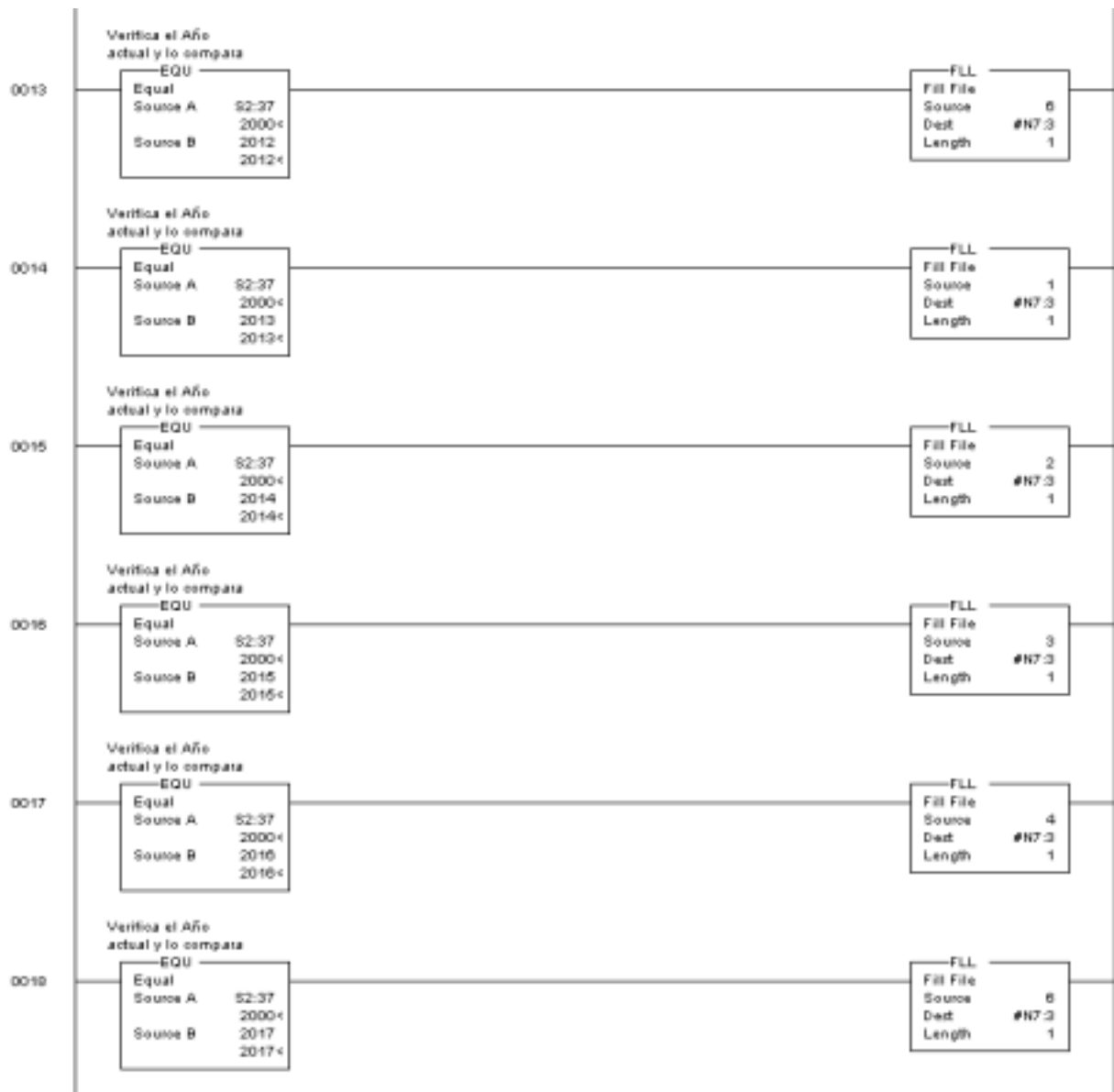
Rockwell

Figura A1-1 Listado del programa del PLC de línea 0 a 6.



Rockwell

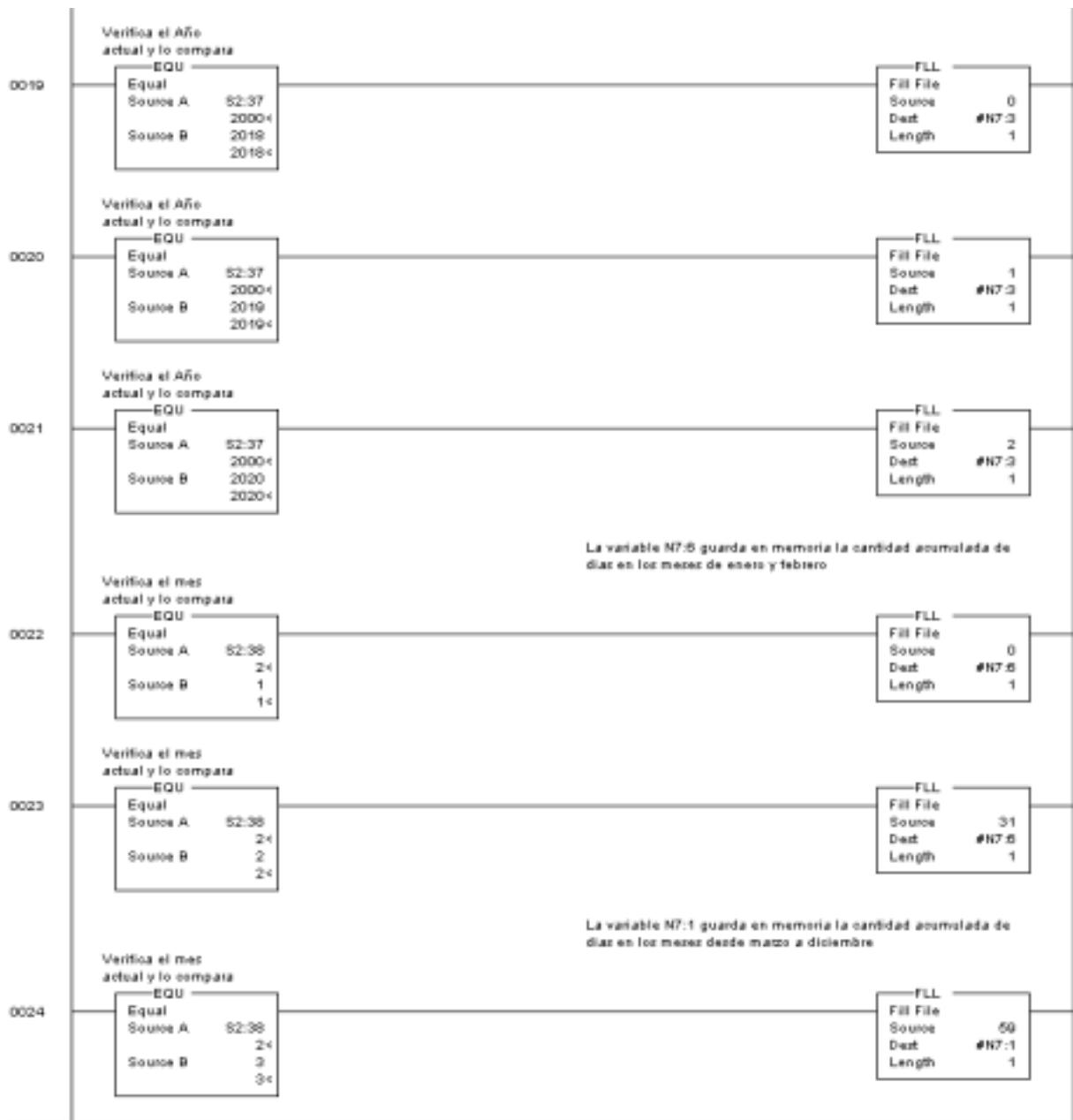
Figura A1-2 Listado del programa del PLC de línea 7 a 12.



Rockwell

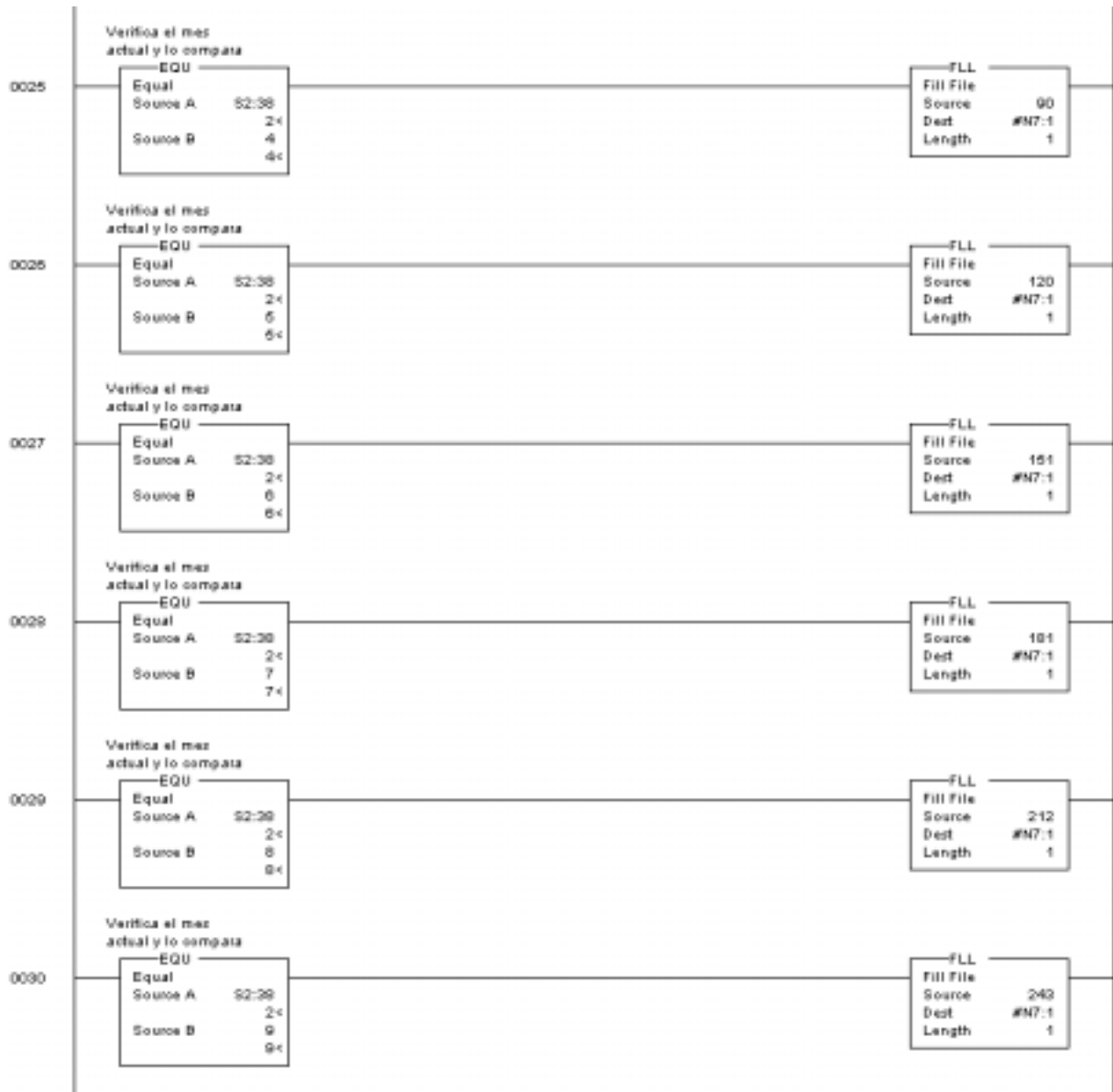
Figura A1-3 Listado del programa del PLC de línea 13 a 18.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



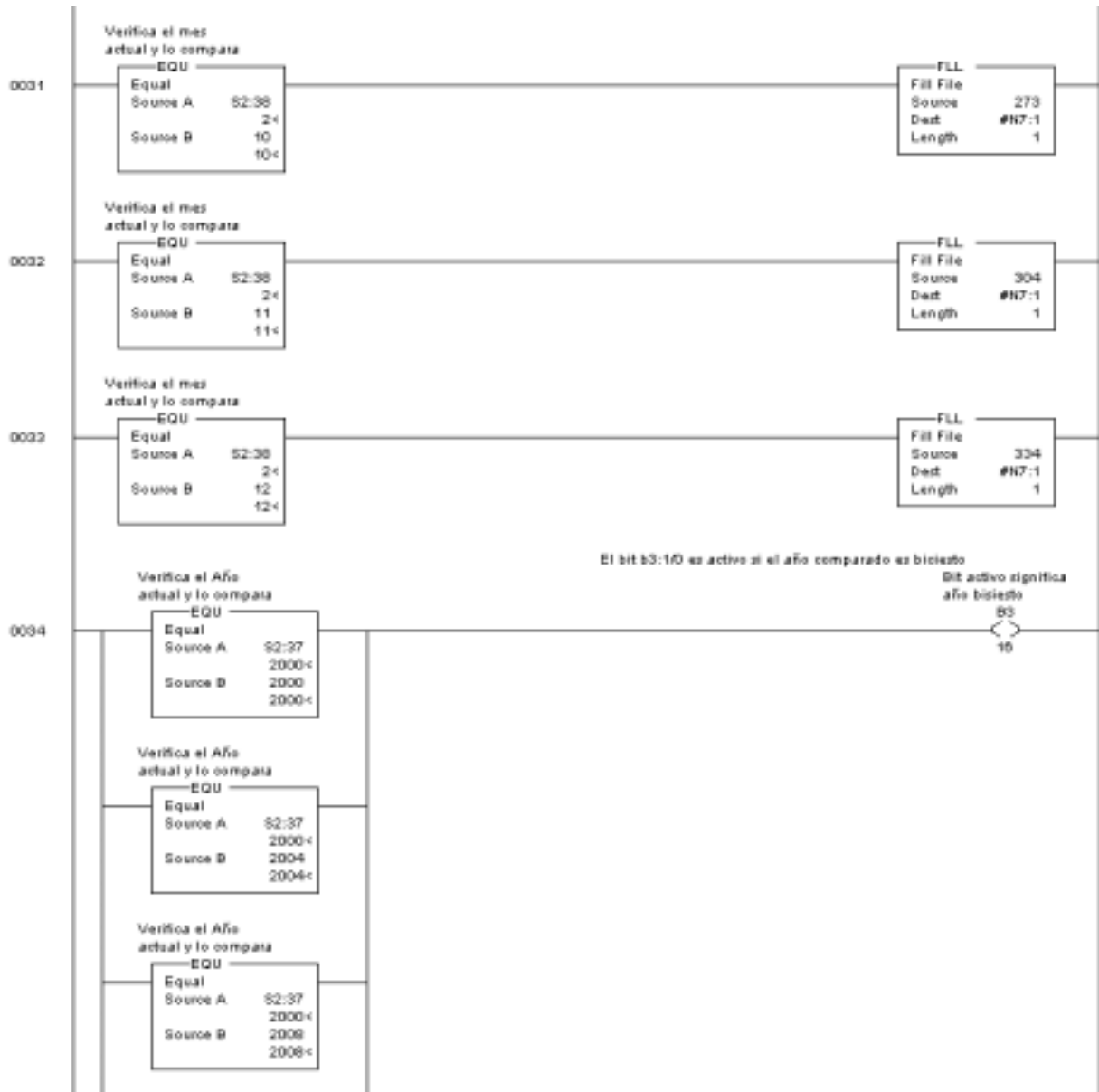
Rockwell

Figura A1-4 Listado del programa del PLC de línea 19 a 24.



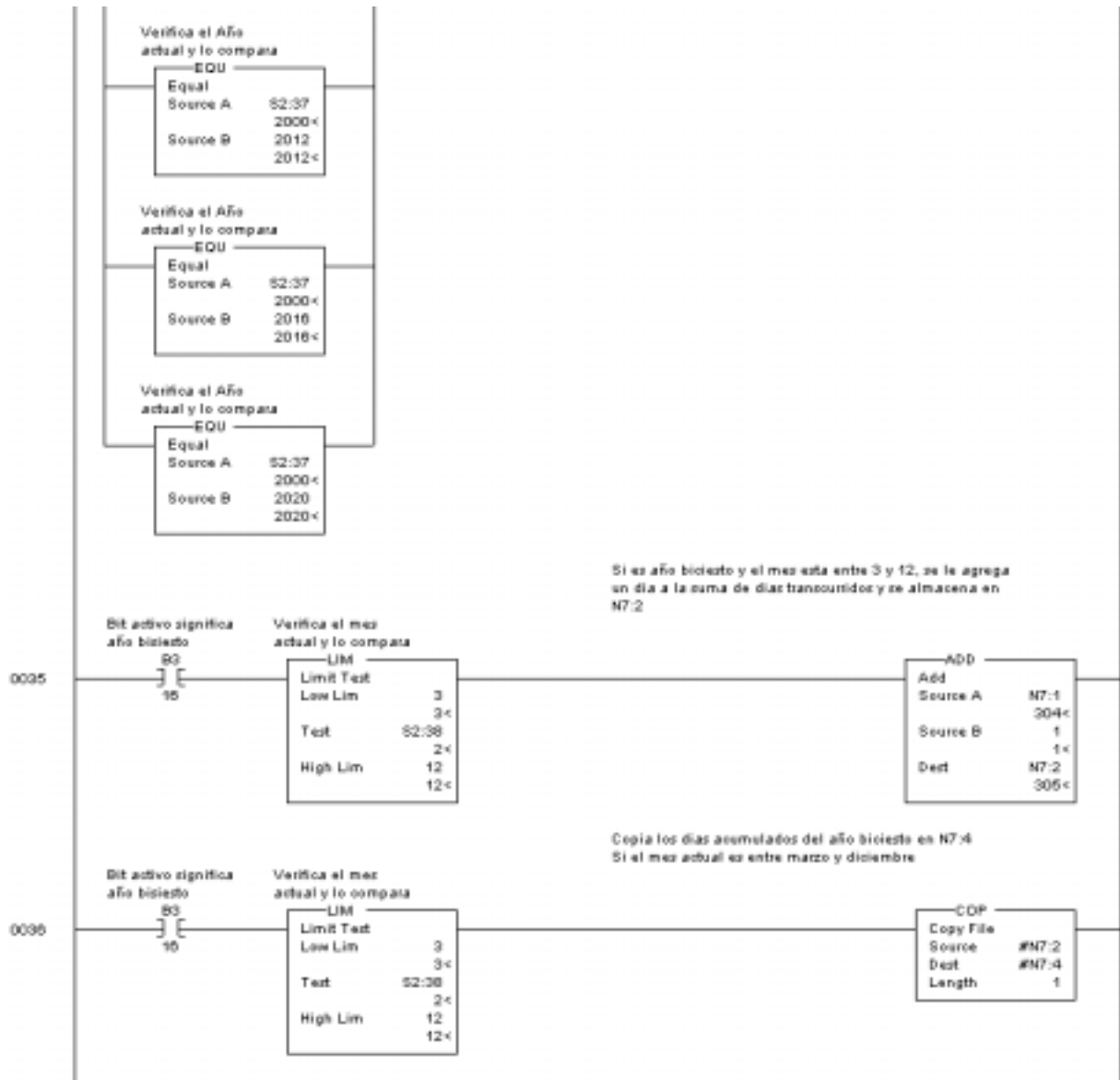
Rockwell

Figura A1-5 Listado del programa del PLC de línea 25 a 30.



Rockwell

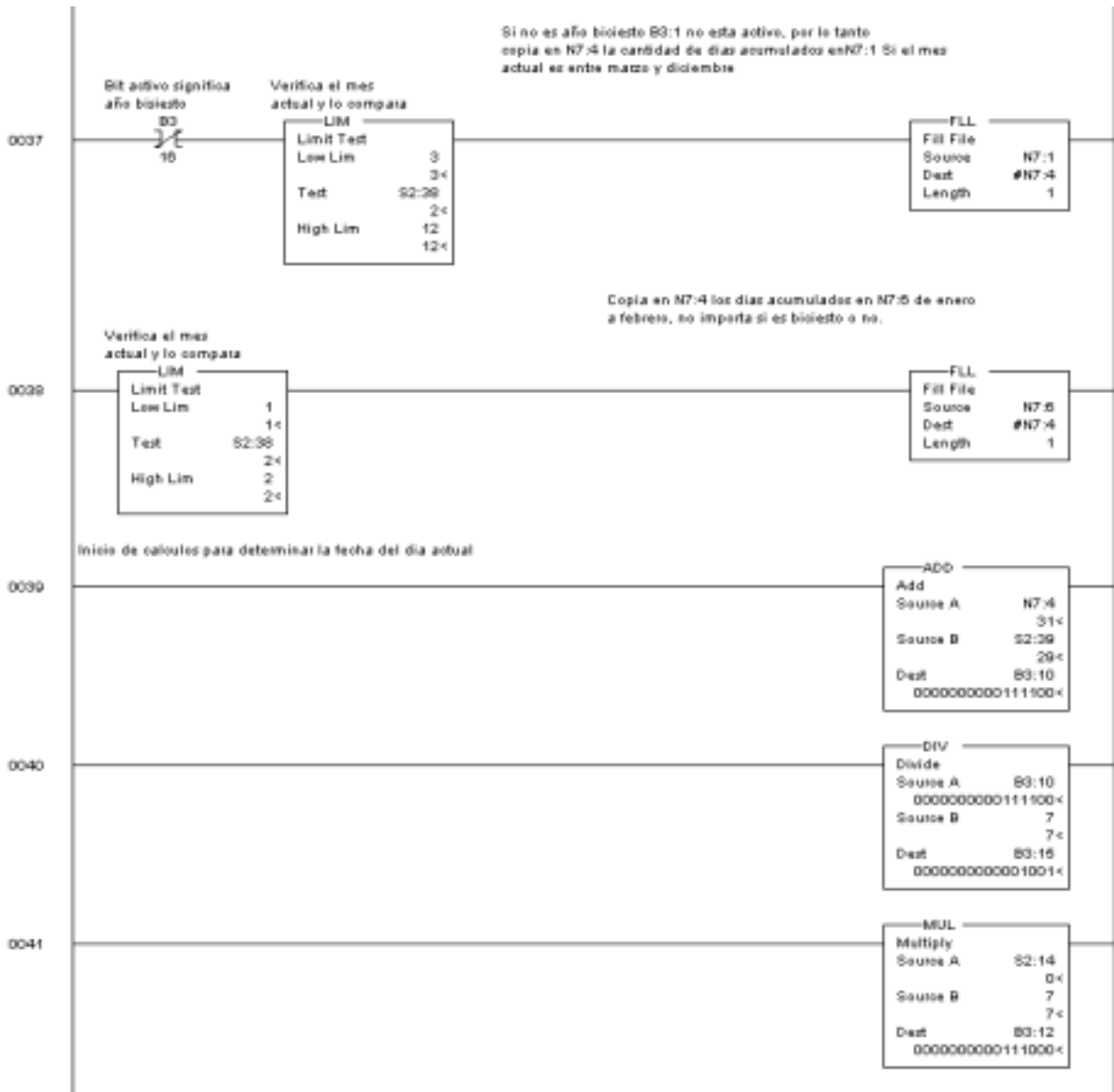
Figura A1-6 Listado del programa del PLC de línea 31 a 34.



Rockwell

Figura A1-7 Listado del programa del PLC de línea 34 a 36.

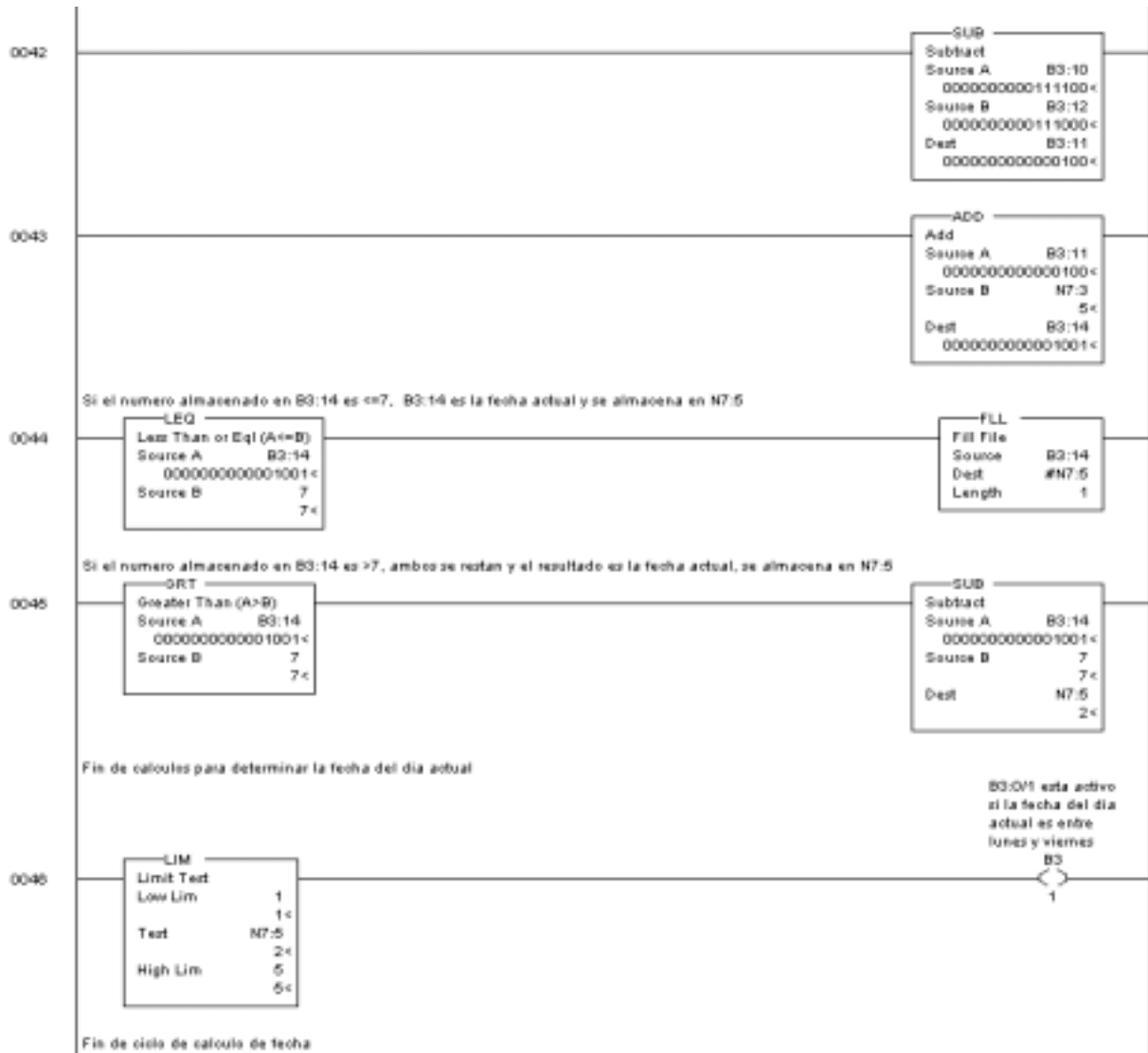
Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Rockwell

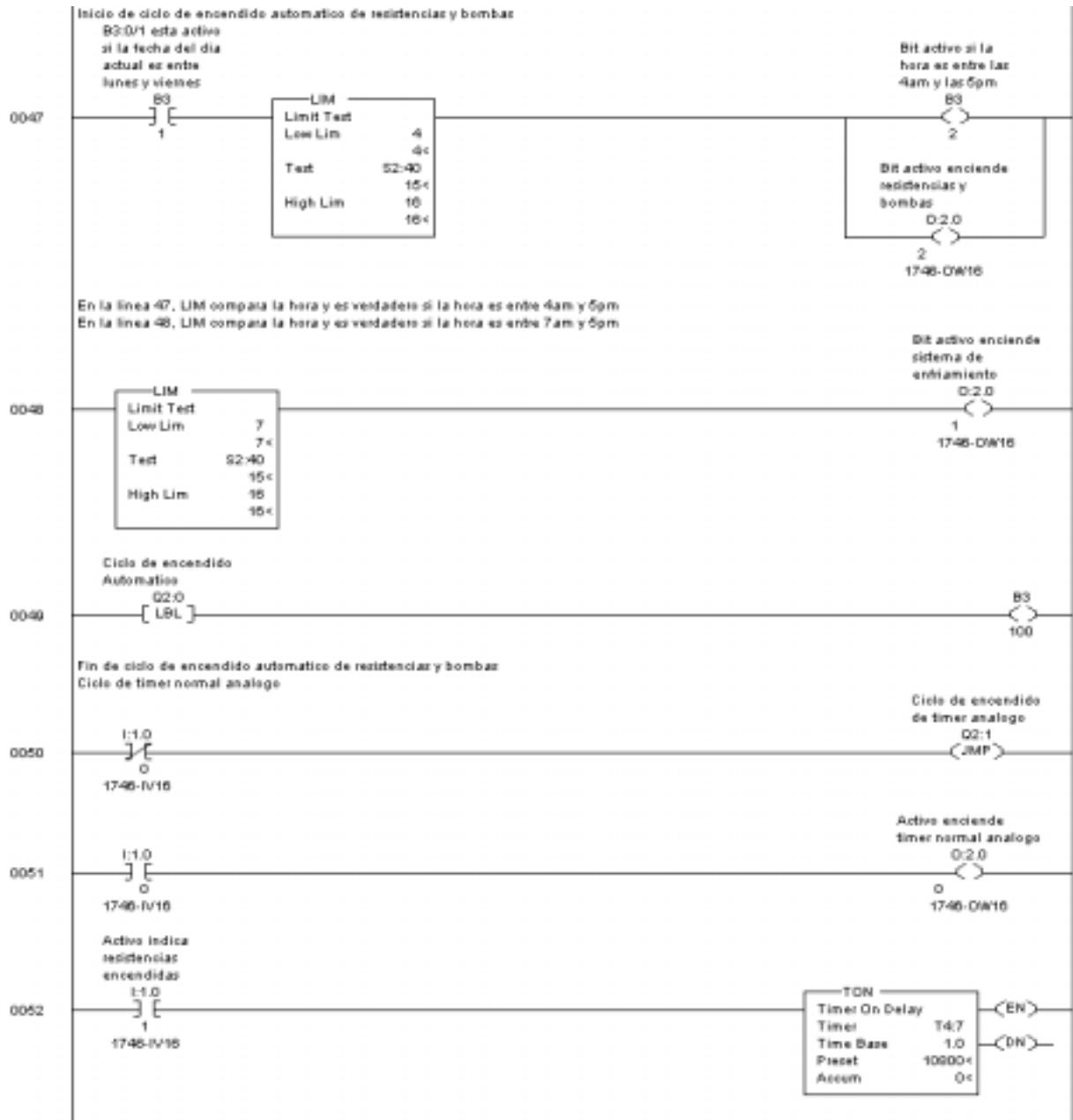
Figura A1-8 Listado del programa del PLC de línea 37 a 41.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Rockwell

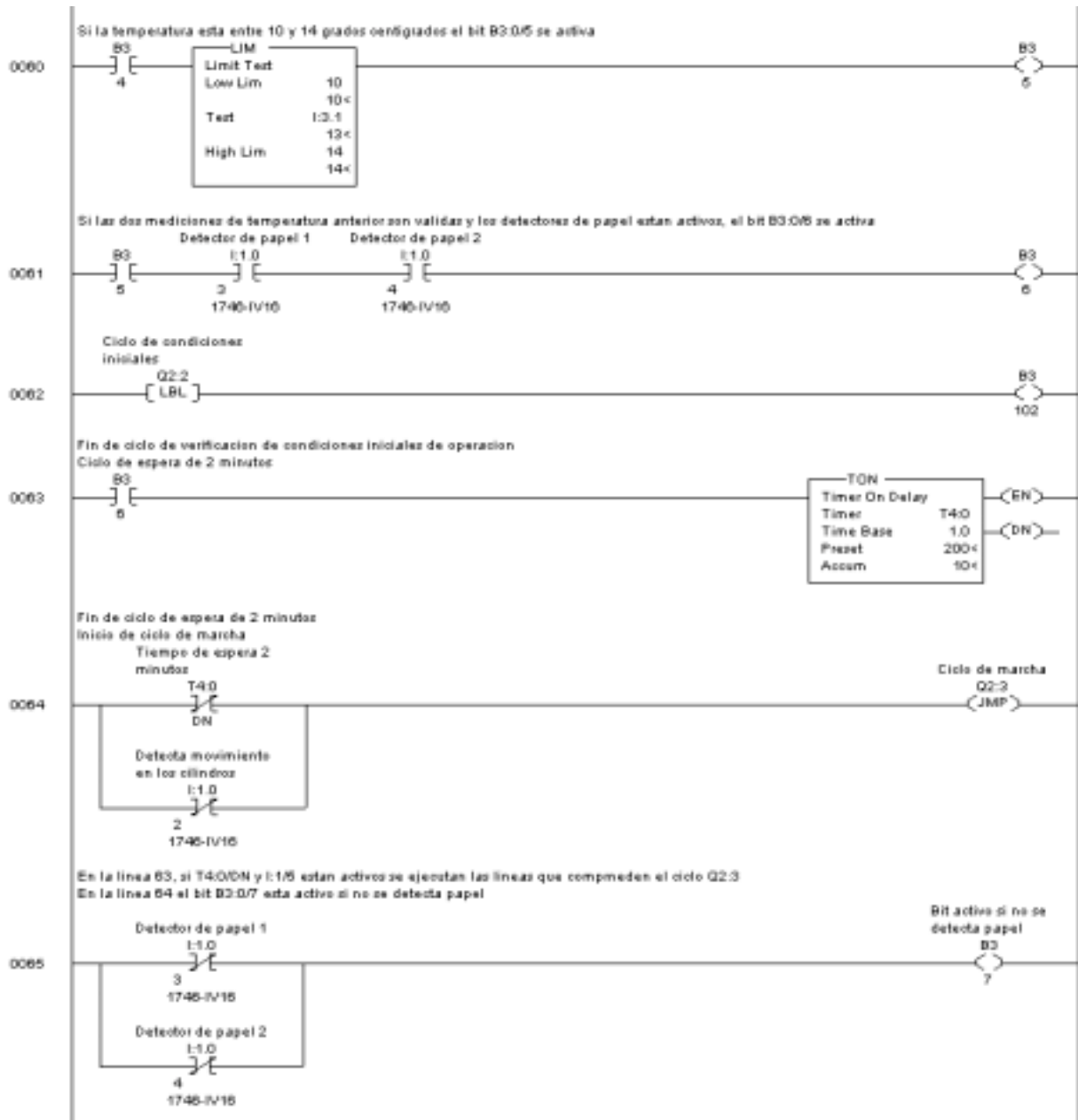
Figura A1-9 Listado del programa del PLC de línea 42 a 46.



Rockwell

Figura A1-10 Listado del programa del PLC de línea 47 a 52.

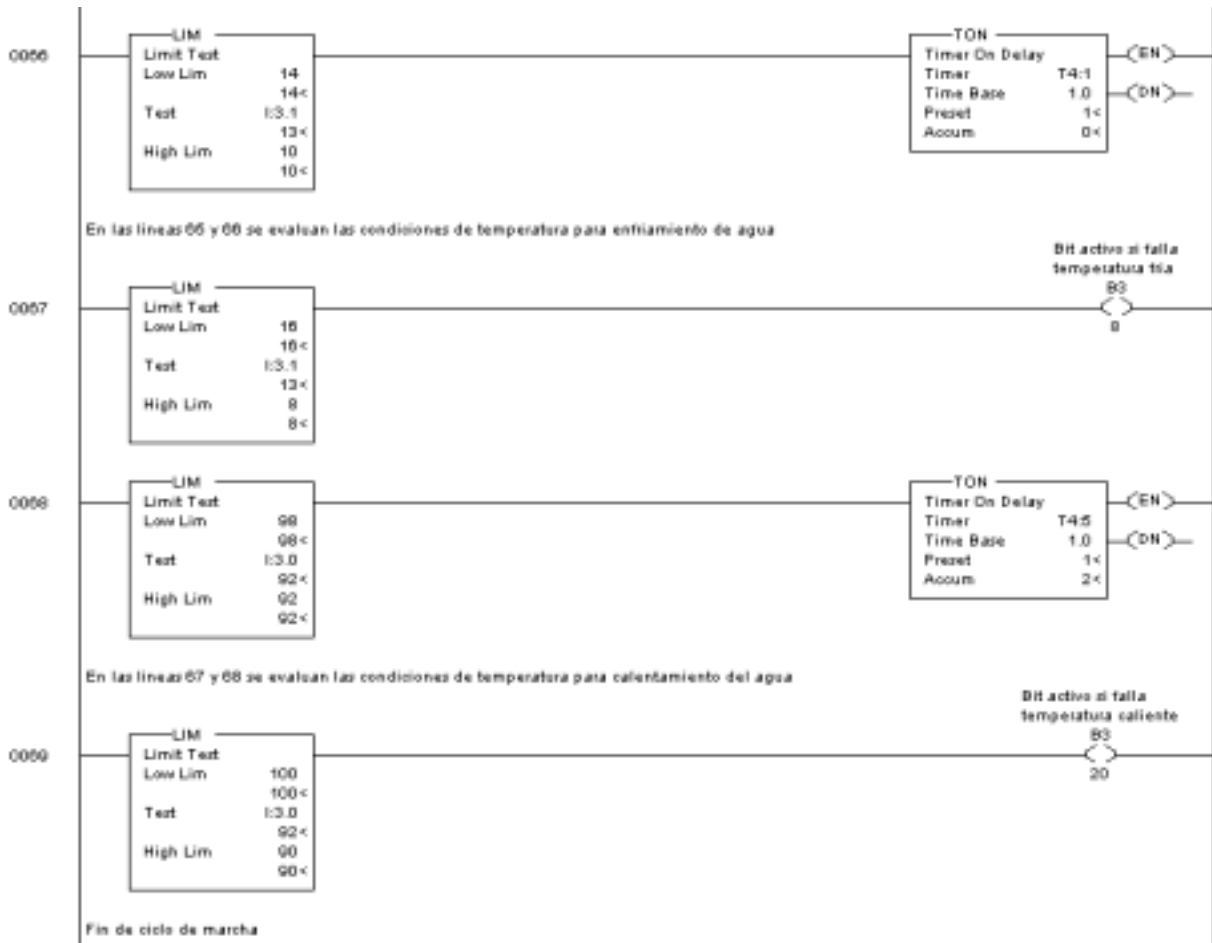
Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Rockwell

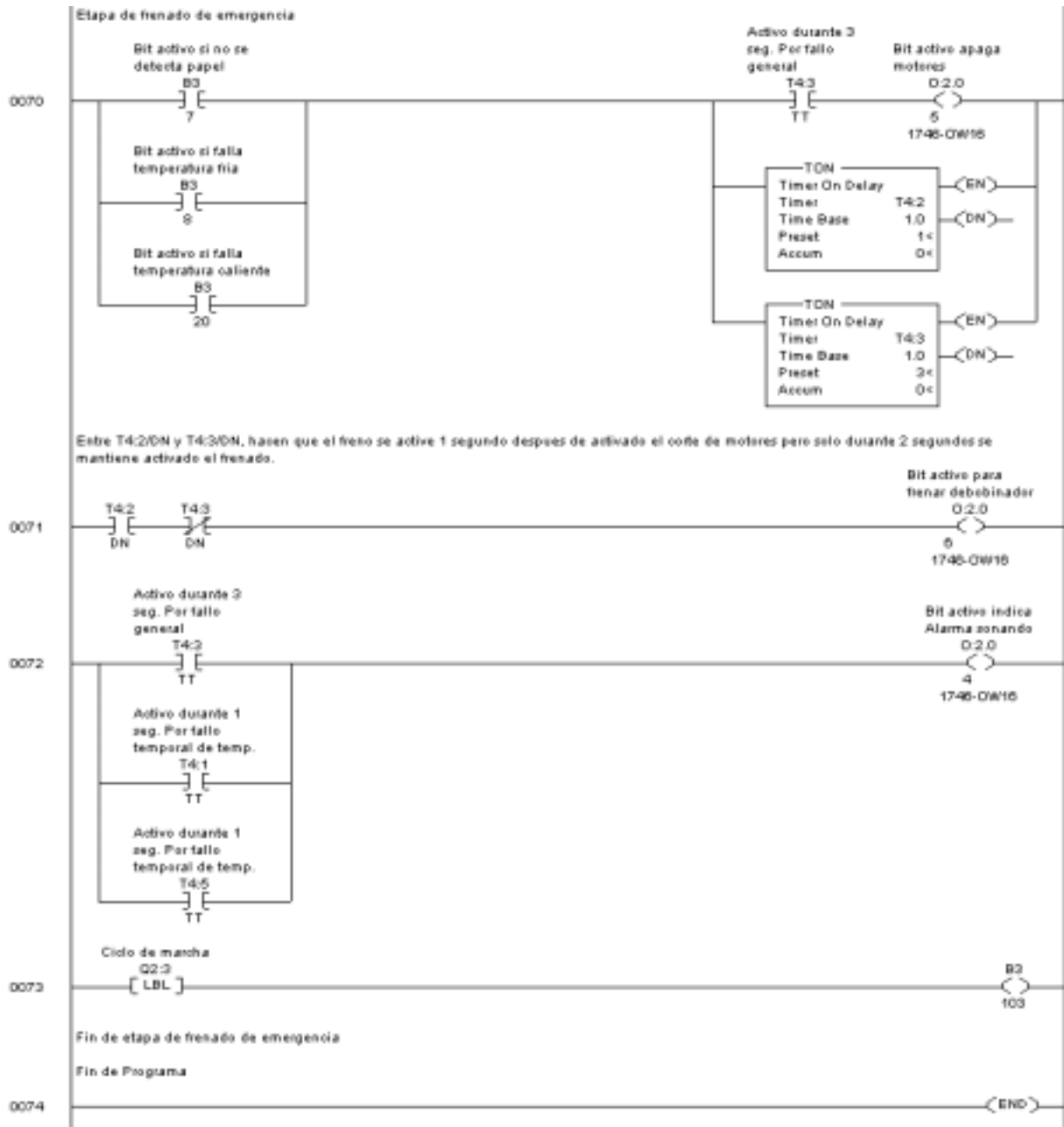
Figura A1-12 Listado del programa del PLC de línea 60 a 65.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora



Rockwell

Figura A1-13 Listado del programa del PLC de línea 66 a 69.



Rockwell

Figura A1-14 Listado del programa del PLC de línea 70 a 74.

Apéndice 2: Diagramas de Circuitos.

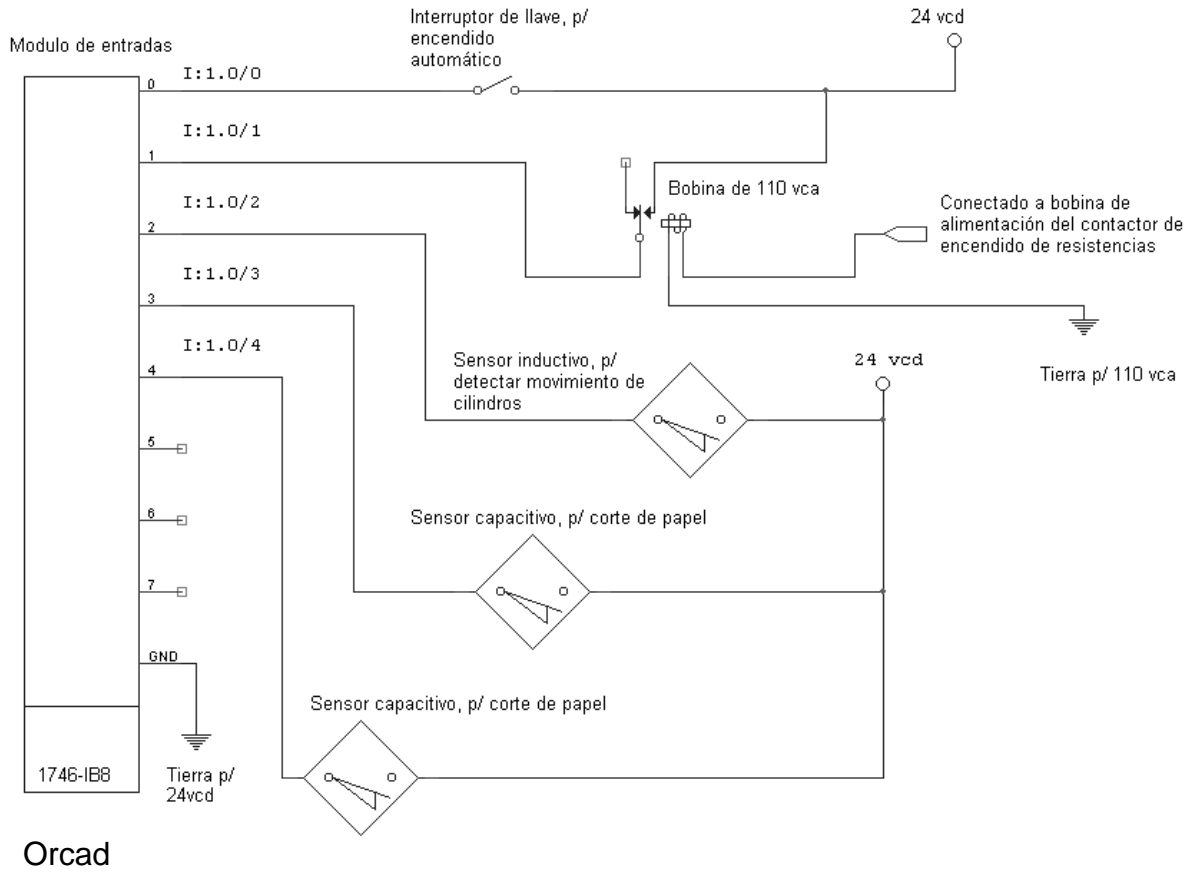


Figura A2-1 Circuito de entradas al PLC.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora

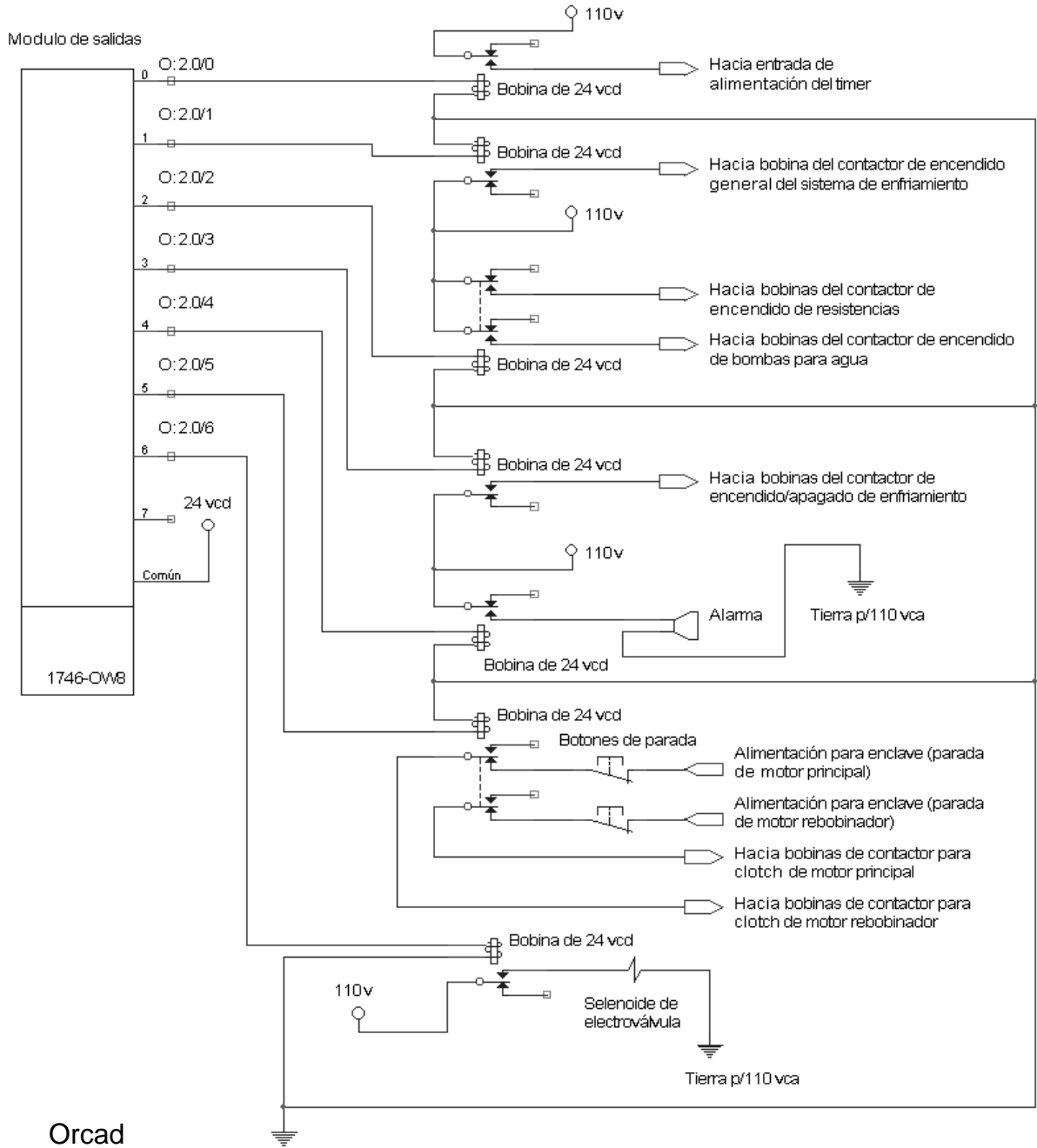


Figura A2-2 Circuito de salidas del PLC.

Sistema de Detección de Fallas de una Máquina Carbonadora

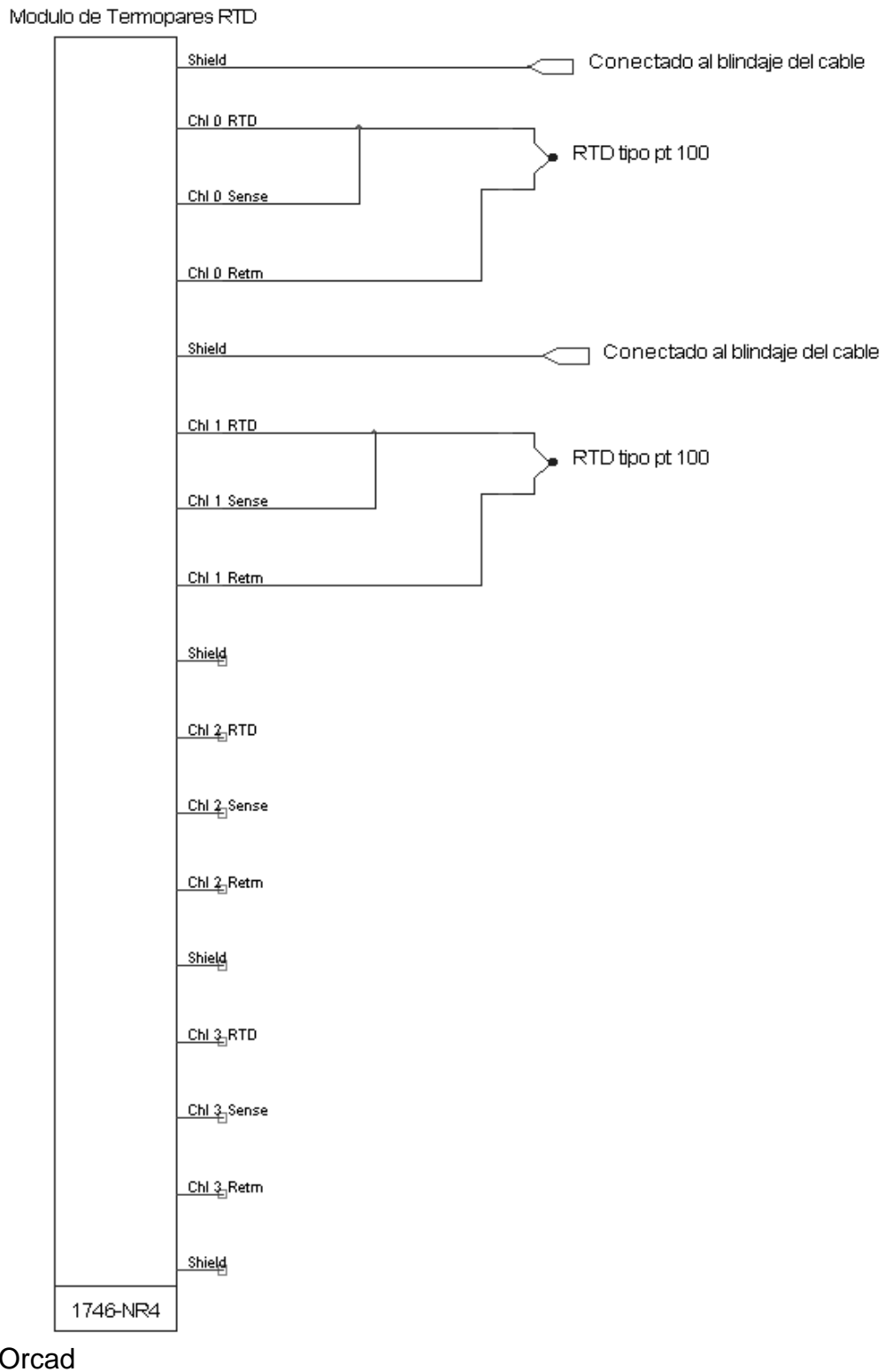
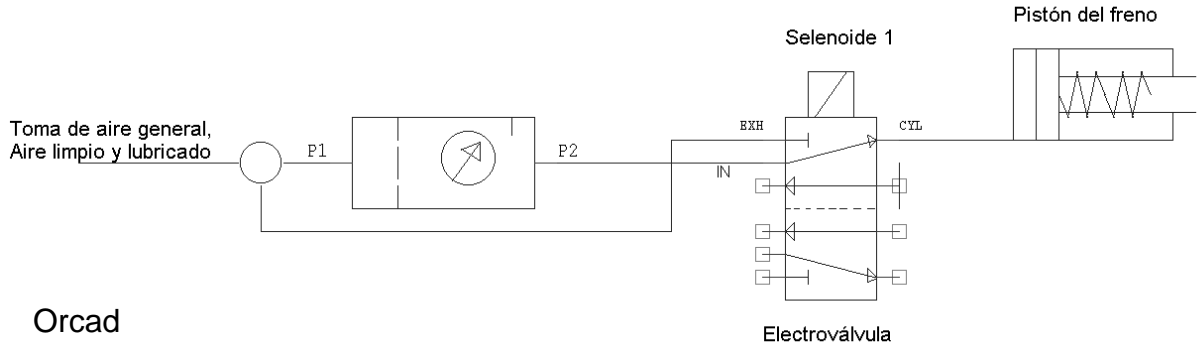


Figura A2-3 Circuito de conexión módulo de entradas RTD.



Orcad

Figura A2-4 Diagrama de sistema de frenado neumático para debobinador.

Apéndice 3: Presupuestos.

Tabla A3-1 Presupuesto de materiales en dólares

Descripción	Modelo/Marca	Precio unitario (\$)	Proveedor	Contacto	Subtotal I.V.I. (\$)
CPU 16K memoria	Allen Bradley 1747-L541	2148.33	Elvatron	Ruth Picado	2427.61
Rack de 4 espacios	Allen Bradley 1746-A4	220.00	Elvatron	Ruth Picado	248.60
Módulo de entradas 24vcd	Allen Bradley 1746-IB8	216.00	Elvatron	Ruth Picado	244.10
Módulo de salidas por Relé	Allen Bradley 1746-OW8	220.00	Elvatron	Ruth Picado	248.60
Módulo de temperatura para RTD	Allen Bradley 1746-NR4	1125.00	Elvatron	Ruth Picado	1271.25
Fuente	Allen Bradley 1746-P1	315.00	Elvatron	Ruth Picado	355.95
Cable de programación RS232	Allen Bradley 1747-CP3	68.00	Elvatron	Ruth Picado	76.84
2 Sensores de proximidad capacitivos	Allen Bradley 875CP-DM30NP34-A2	155.00	Elvatron	Ruth Picado	175.15
1 Sensor de proximidad inductivo	Allen Bradley 871C-N15R30	83.00	Elvatron	Ruth Picado	93.79
1 bobinas relé 2 abiertos 2 cerrados	G2R-2-S-AC120	12.00	JR Controles	Jorge Rivera	13.56
7 bobinas relé 2 abiertos 2 cerrados	G2R-2-S-DC24 OC9037	6.19	JR Controles	Jorge Rivera	48.96
8 bases p/relé	P2RF- 08-EOC9039	7.17	JR Controles	Jorge Rivera	64.81
10 Borneras	NC0001 Entrelec	0.89	JR Controles	Jorge Rivera	10.06
1 Panel Nema Gabinete	GCE-20128 50x30x20 c/llave	45.33	JR Controles	Jorge Rivera	51.23
1 Alarma Sonora 110v	09000718	5.71	JR Controles	Jorge Rivera	6.45
				TOTAL	\$5336.96

Word

Tabla A3-2 Presupuesto de materiales en colones

Descripción	Modelo/Marca	Precio unitario (¢)	Proveedor	Contacto	Subtotal I.V.I. (¢)
Válvula normal abierta N	Parker tipo N	85230.00	Central de M	Mauricio Fernández	96309.9
Prestolok 3/8 a 1/2	Parker	7625.00	Central de M	Mauricio Fernández	8616.25
T Prestolok 3/8	Parker	1500.00	Central de M	Mauricio Fernández	1695.00
Riel Din	-	1500.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	1695.00
Libreta de números	3M	5200.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	5876.00
10 Bases de Gaza Adhesiva	-	60.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	678.00
10 Amarras Plásticas	-	35.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	395.50
2 RTD	Cabezal Rosca de ½ NPT 1/4x4	40000.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	90400.00
80 mts	ALT #20	22.00	Vetsa	-	1989.00
10 mts	TSJ 4x18	500.00	ElectroMaz	Mizael Artavia	5650.00
1 interruptor Selector de 2 posiciones con llave NA/NC	SIE689 04628	13926.00	Vetsa	-	15736.40
Otros	-	-	-	-	40000.00
				TOTAL	¢269041.05

Word

Tabla A3-3 Presupuesto Total

	Subtotales	Totales en Colones
Monto en Colones	¢269.041.05	¢269.041.05
Monto en Dólares	\$5336.96	¢1.691.816,32
Costo Total del Proyecto		¢1.960.857,37

Word

Nota: El tipo de cambio utilizado es de 317.00 colones por dólar.

Apéndice 4: Glosario de términos.

Canal módulo RTD: Se refiere a uno de cuatro interfaces de entrada analógica de señal baja disponibles en el bloque de terminales del módulo. Cada canal está configurado para conexión a un RTD y tiene su propia palabra de estado de diagnóstico.

Chasis: Un conjunto de hardware que aloja dispositivos tales como los módulos de E/S, módulos adaptadores, módulos procesadores y fuentes de alimentación.

CPU: Unidad de procesamiento central o procesador.

Dispositivo de entrada: Un dispositivo, como por ejemplo un interruptor pulsador, o un interruptor, que suministra señales a través de circuitos de entrada a un controlador programable.

Dispositivo de salida: Un dispositivo, como por ejemplo una luz piloto o una bocina, que es activada por el controlador programable.

E/S: Entradas y salidas

Entrada discreta: Significa una entrada de PLC que recibe como un 1 o activación un nivel de voltaje de 24 vdc, y un cero o desactivación ningún voltaje.

Ladder: Programa de aplicación que necesita el PLC para ejecutar un proceso definido. Al ladder también se le llama programa en escalera.

Palabra de configuración: Contiene la información de configuración de canales necesaria para que el módulo configure y opere cada canal. La información se escribe en la palabra de configuración a través de la lógica suministrada en su programa de escalera.

PLC: Controlador Lógico Programable.

Reservorio de impregnación: Lugar donde se encuentra el carbón líquido a una temperatura entre 90 y 100 grados celsius.

Relé DPST: Es un dispositivo de conmutación accionado por medio de un solenoide o electroimán. DPST significa doble polo simple tiro.

RS-232: Un estándar EIA que especifica características eléctricas, mecánicas y funcionales para circuitos de comunicación binaria en serie. Un interfase de comunicación en serie simple.

RTD: Un elemento detector de temperatura por resistencia, con 2, 3 ó 4 cables. Usa las mismas características básicas de resistencia eléctrica de metales que aumenta con temperatura. Cuando se aplica una corriente pequeña al RTD, ésta crea un voltaje que varía con la temperatura. Este voltaje es procesado y convertido por el módulo RTD a un valor de temperatura.

Apéndice 5: Diagrama de Flujo de la programación.

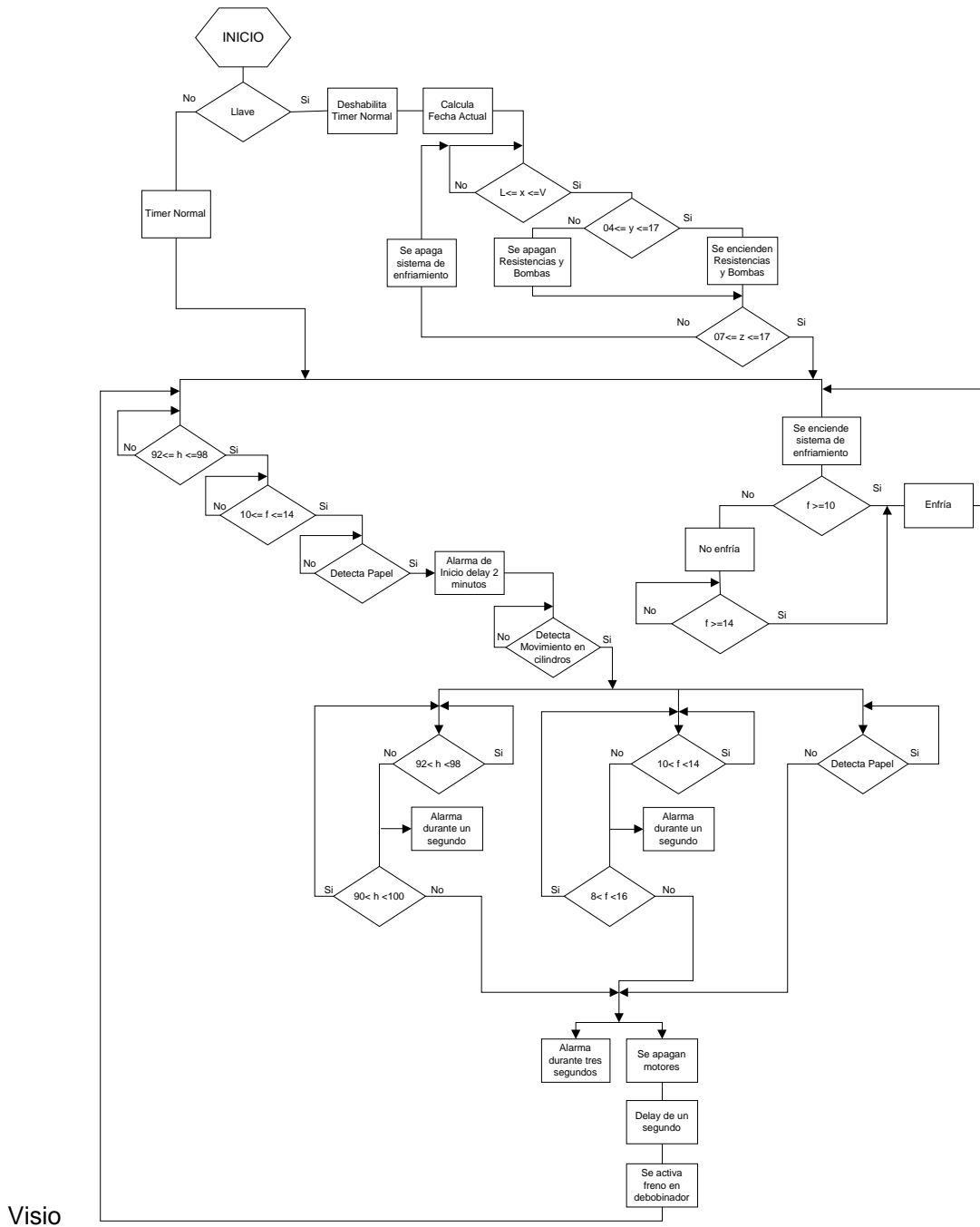


Figura A5-1 Diagrama de flujo de programa del PLC.

ANEXOS

Anexo1: Instrucciones de programación usadas.

1 Instrucciones básicas

Este capítulo contiene información general acerca de las instrucciones generales y explica cómo funcionan en su programa de aplicación. Cada una de estas instrucciones básicas incluye información acerca de:

- cómo aparecen los símbolos de instrucción
- cómo usar la instrucción

Además, la última sección contiene un ejemplo de aplicación para una perforadora de papel que muestra las instrucciones básicas en uso.

Instrucciones de bit

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
XIC	Examine si cerrado	Examina un bit para una condición activada.	1-9
XIO	Examine si abierto	Examina un bit para una condición desactivada.	1-9
OPE	Conecte la salida	Activa o desactiva un bit.	1-10
OTL y OTU	Enclav. de salida y desenclavamiento de salida	OTL activa un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit refiere su estado cuando el renglón no está ejecutado u ocurre un ciclo de potencia. OTU desactiva un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit refiere su estado cuando el renglón no está ejecutado o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.	1-11
OSR	Un frente ascendente	Ocasiona un evento de una sola vez.	1-12

continúa en la página siguiente

Instrucciones del temporizador/contador

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
TON	Temporizador a la conexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera.	1-18
TOF	Temporizador a la desconexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa.	1-19
RTD	Temporizador re-tentivo	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.	1-21
CTU	Conteo progresivo	Incrementa el valor acumulador a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.	1-26
CTD	Conteo regresivo	Disminuye el valor acumulado a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.	1-28
HSC	Contador de alta velocidad	Cuenta los impulsos de alta velocidad de una entrada de alta velocidad de controlador fijo.	1-29
RES	Restablecimiento	Pone a cero el valor acumulado y los bits de estado de un temporizador o contador. No use con temporizadores TOF.	1-34

Acerca de las instrucciones básicas

Estas instrucciones, cuando se usan en programas de escalera, representan circuitos de lógica cableados usados para el control de una máquina o equipo.

Las instrucciones básicas se dividen en tres grupos: bit, temporizador y contador. Antes de aprender acerca de las instrucciones en cada uno de estos grupos, le recomendamos que lea la descripción general que precede dicho grupo:

- Descripción general de las instrucciones de bit
- Descripción general de las instrucciones de temporizador
- Descripción general de las instrucciones de contador

Descripción general de las instrucciones de bit

Estas instrucciones operan en un solo bit de datos. Durante la operación, el procesador puede establecer o restablecer el bit, según la continuidad lógica de los renglones de escalera. Puede direccionar un bit tantas veces como requiera su programa.

Nota *No se recomienda usar la misma dirección con instrucciones de salida múltiples.*

Las instrucciones de bit se usan con los archivos de datos siguientes:

Archivos de datos de salida y entrada (archivos O:0 e I:1)

Estos representan salidas y entradas externas. Los bits en archivo I se usan para representar las entradas externas. En la mayoría de los casos, una sola palabra de 16 bits en estos archivos corresponderá a una ubicación de ranura en su controlador con los números de bit correspondientes a números de terminal de entrada o salida. Los bits de la palabra no usados no están disponibles para su uso.

La tabla a continuación explica el formato de direccionamiento para salidas y entradas. Anote que el formato especifica *e* como el número de ranura y *a* como el número de palabra. Cuando trabaje con instrucciones de archivo, haga referencia al elemento como *e . a* (ranura y palabra) tomados juntos.

Formato	Explicación	
	0	Salida
	I	Entrada
	:	Delimitador del elemento
O:e.a/b	e	Número de la ranura (decimal) Ranura 0, adyacente a la fuente de alimentación eléctrica en el primer chasis, se aplica al módulo de procesador. Las ranuras posteriores son ranuras de E/S, numeradas desde 1 hasta un máximo de 30.
I:e.a/b	.	Delimitador de palabra. Requerido sólo si es necesario un número de palabra según lo indicado a continuación.
	a	Número de palabra Requerido si el número de entradas o salidas exceden 16 para la ranura. Rango: 0-255 (el rango acepta "tarjetas especiales" de palabras múltiples)
	/	Delimitador de bit
	b	Número de terminal Entradas: 0-15 Salidas: 0-15

Ejemplos (aplicables al controlador ilustrado en página F-12):

O:3/15	Salida 15, ranura 3
O:5/0	Salida 0, ranura 5
O:10/11	Salida 11, ranura 10
I:7/8	Entrada 8, ranura 7
I:2.1/3	Entrada 3, ranura 2, palabra 1

Direcciones de palabra:

O:5	Palabra de salida 0, ranura 5
O:5.1	Palabra de salida 1, ranura 5
I:8	Palabra de entrada, ranura 8

Valores predeterminados: Su dispositivo de programación mostrará una dirección de una manera más formal. Por ejemplo, cuando asigna la dirección O:5/0, el dispositivo de programación la mostrará como O:5.0/0 (archivo de salida, ranura 5, palabra 0, terminal 0).

Archivo de estado (archivo S2:)

No puede añadir ni eliminar elementos del archivo de estado. El archivo de estado del controlador MicroLogix 1000 se explica en apéndice A y el archivo de estado del procesador SLC 500 se explica en apéndice B. Puede direccionar varios bits y palabras según lo siguiente:

Formato	Explicación	
S	Archivo de estado	
:	Delimitador de elemento	
S:e/b	e Número de elemento	Rangos de 0-15 en un controlador fijo o SLC 5/01, 0-32 en un procesador SLC 5/02, 0-83 en un SLC 5/03 OS300, 0-96 en un SLC 5/03 OS301 y posterior y 5/04 OS400 y 0-164 en un SLC 5/04. Estos son elementos de 1 palabra. 16 bits por cada elemento
	/	Delimitador de bit
	b Número de bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos de 0-15.
Ejemplos:		
	S:1/15	Elemento 1, bit 15. Esto es el bit de "primer paso" que puede usar para iniciar instrucciones en su programa.
	S:3	Elemento 3. El byte inferior de este elemento es el tiempo de escán actual. El byte superior es el tiempo de escán de control (watchdog).

Archivo de datos de bit (B3:)

El archivo 3 constituye el archivo de bit, usado principalmente para instrucciones de bit (lógica de relé), registros de desplazamiento y secuenciadores. El tamaño máximo del archivo es 256 elementos de 1 palabra, un total de 4096 bits. Puede direccionar los bits especificando el número de elemento (0 a 255) y el número de bit (0 a 15) dentro del elemento. También puede direccionar los bits numerándolos secuencialmente, 0 a 4095.

Además, puede direccionar los elementos de este archivo.

Formato	Explicación		Ejemplos
Bf:eb	B	Archivo de tipo de bit	B3:3/14 Bit 14, elemento 3
	f	Número de archivo. Número 3 es el archivo predeterminado. Un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.	
	:	Definitor de elemento	
	e	Número de elemento	B3:252/00 Bit 0, elemento 252
	/	Definitor de bit	
b	Número de bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos de 0-15.	B3:9 Bits 0-15, elemento 9
Formato	Explicación		Ejemplos
Bf/b	B	Idéntico a lo anterior.	B3/62 Bit 62
	f	Idéntico a lo anterior.	
	/	Idéntico a lo anterior.	
	b	Número de bit	Ubicación numérica del bit dentro del archivo. Rangos de 0-4095.

Archivos de datos de temporizador y contador (T4: y C5:)

Vea las páginas 1-16 y 1-24 respectivamente para obtener los formatos de direccionamiento.

Archivo de datos de control (R6:)

Estas instrucciones usan varios bits de control. Estos son elementos de 3 palabras usados con desplazamiento de bit, FIFO, LIFO, instrucciones de secuenciador e instrucciones ASCII ABL, ACB, AHL, ARD, ARL, AWA y AWT. La palabra 0 es la palabra de estado, la palabra 1 indica la longitud de datos almacenados y la palabra 2 indica la posición. Esto se muestra en la figura siguiente.

En el elemento de control hay ocho bits de estado y un byte de código de error. Un controlador fijo y un elemento de control SLC 5/01 tienen seis bits. Los bits EU y EM no son usados por el procesador.

Elemento de control

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Pal.
EN	EU	DN	EM	ER	UL	IN	FD	Código de error							0	
															1	
															2	

Bits direccionables

- EN = Habilitación
- EU = Habilidad de descarga
- DN = Efectuado
- EM = Pila vacía
- ER = Error
- UL = Descarga (desplazamiento de bit solamente)
- IN = Inhibición (Este es el bit de marcha [RN bit 9] para instrucciones ASCII)
- FD = Encontrado (SOC solamente)

Palabras direccionables

- LEN = Longitud
- POS = Posición

El código de error se muestra en HEX y no es direccionable.

Asigne direcciones de control según lo siguiente:

Formato	Explicación	
R6:	R	Archivo de control
	f	Número de archivo. Número 6 es el archivo predeterminado. Se puede usar un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.
	:	Delimitador de elemento
	*	Número de elemento
		Rangos de 0-255. Estos son elementos de 3 palabras. Vea la figura anterior.

Ejemplo: R6:2 Elemento 2, archivo de control 6.

Direcione los bits y palabras usando el formato

R6:a/b donde R6:a se explica anteriormente y:

- es el delimitador de palabra
- s indica el subelemento
- / es el delimitador de bit
- b indica el bit

R6:2/15	ó	R6:2/EN	Bit habilitación
R6:2/14	ó	R6:2/EU	Bit de habilitación de descarga
R6:2/13	ó	R6:2/DN	Bit de efectuado
R6:2/12	ó	R6:2/EM	Bit de pila vacía
R6:2/11	ó	R6:2/ER	Bit de error
R6:2/10	ó	R6:2/UL	Bit de descarga
R6:2/9	ó	R6:2/IN	Bit de inhibición
R6:2/8	ó	R6:2/FD	Bit de encontrado
R6:2.1	ó	R6:2.LEN	Valor de longitud
R6:2.2	ó	R6:2.POS	Valor de posición
R6:2.1/0			Bit 0 del valor de longitud
R6:2.2/0			Bit 0 del valor positivo

Archivo de datos enteros (N7:)

Use estas direcciones (al nivel de bit) según las requiera su programa. Estos son elementos de 1 palabra direccionables al nivel de elemento y bit.

Manual de referencia del juego de instrucciones

Asigne las direcciones de enteros según lo siguiente:

Formato		Explicación
N:e/b	N	Archivo de enteros
	t	Número de archivo. Número 7 es el archivo predeterminado. Un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.
	:	Delimitador de elemento
	e	Número de elemento
		Rangos de 0-255. Estos son elementos de 1 palabra. 16 bits por cada elemento.
	/	Delimitador de bit
b	Número de bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos de 0-15.

Ejemplos:

N7:2	Elemento 2, archivo de enteros 7
N7:2/8	Bit 8 en elemento 2, archivo de enteros 7
N10:36	Elemento 36, archivo de enteros 10 (archivo 10 designado como un archivo de enteros por el usuario)

2 Instrucciones de comparación

Este capítulo contiene información general acerca de instrucciones de comparación y explica cómo funcionan en su programa de aplicación. Cada una de las instrucciones de comparación incluye información acerca de:

- cómo debe aparecer el símbolo de instrucción
- cómo usar la instrucción

Además, la última sección contiene un ejemplo de aplicación para una perforadora de papel que muestra el uso de instrucciones de comparación.

Instrucciones de comparación

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
EQU	Igual	Probar si dos valores son iguales.	2-3
NEQ	No igual	Probar si un valor no es igual que un segundo valor.	2-3
LES	Menor que	Probar si un valor es menor que un segundo valor.	2-4
LEQ	Menor o igual que	Probar si un valor es menor o igual que un segundo valor.	2-4
GRT	Mayor que	Probar si un valor es mayor que otro.	2-4
GEQ	Mayor o igual que	Probar si un valor es mayor o igual que un segundo valor.	2-5
MEQ	Comparación igualdad con máscara	Probar porciones de dos valores para saber si son iguales. Compara datos de 16 bits de una dirección de fuente contra datos de 16 bit en una dirección de referencia mediante una máscara.	2-6
LIM	Prueba de límite	Probar si un valor se encuentra dentro del rango de límite de otros dos valores.	2-7

3 Instrucciones matemáticas

Este capítulo contiene información general acerca de instrucciones matemáticas y explica cómo funcionan en su programa de lógica. Cada una de las instrucciones matemáticas incluye información acerca de:

- cómo aparece el símbolo de instrucción
- cómo usar la instrucción

Además, la última sección contiene un ejemplo de aplicación para una perforadora de papel que muestra el uso de las instrucciones matemáticas.

Instrucciones matemáticas

Instrucción		Propósito	Page
Mnemónico	Nombre		
ADD	Añadir	Añade la fuente A a la fuente B y almacena el resultado en el destino.	3-6
SUB	Restar	Resta la fuente B de la fuente A y almacena el resultado en el destino.	3-7
MUL	Multiplicar	Multiplica la fuente A por la fuente B y almacena el resultado en el destino.	3-11
DIV	Dividir	Divide la fuente A por la fuente B y almacena el resultado en el destino y el registro matemático.	3-12
DDV	División doble	Divide el contenido del registro matemático por la fuente y almacena el resultado en el destino y el registro matemático.	3-13
CLR	Borrar	Pone todos los bits de una palabra a cero.	3-14
SQR	Raíz cuadrada	Calcula la raíz cuadrada de la fuente y coloca el resultado de entero en el destino.	3-14
SCP	Escalar con parámetros	Produce un valor de salida escalado que tiene una relación lineal entre los valores de entrada y escalados.	3-15

continúa en la página siguiente

Manual de referencia del juego de instrucciones

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
SCL	Datos de escala	Multiplica la fuente por una tasa especificada, añade a un valor offset y almacena el resultado en el destino.	3-18
ABS	Absoluto	Calcula el valor absoluto de la fuente y coloca el resultado en el destino.	3-24
CPT	Calcular	Evalúa una expresión y almacena el resultado en el destino.	3-25
SWP	Cambiar	Cambia los bytes bajos y altos de un número especificado de palabras en un archivo de bit, entero, ASCII o cadena.	3-27
ASN	Arco seno	Acepta el arco seno de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.	3-28
ACS	Arco coseno	Acepta el arco coseno de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.	3-29
ATN	Arco tangente	Acepta el arco tangente de un número y almacena el resultado (en radianes) en el destino.	3-29
COS	Coseno	Acepta el coseno de un número y almacena el resultado en el destino.	3-30
LN	Logaritmo natural	Acepta el logaritmo natural del valor en la fuente y lo almacena en el destino.	3-30
LOG	Logaritmo de base 10	Acepta el logaritmo de la base 10 del valor en la fuente y almacena el resultado en el destino.	3-31
SIN	Seno	Acepta el seno de un número y almacena el resultado en el destino.	3-31
TAN	Tangente	Acepta la tangente de un número y almacena el resultado en el destino.	3-32
XPY	X a la potencia de Y	Eleva un valor a la potencia y almacena el resultado en el destino.	3-33

4 Instrucciones de manejo de datos

Este capítulo contiene información general acerca de las instrucciones de manejo de datos y explica cómo funcionan en su programa de aplicación. Cada una de las instrucciones incluye información acerca de:

- cómo aparece el símbolo de instrucción
- cómo usar la instrucción

Además, la última sección contiene un ejemplo de aplicación para una perforadora de papel que muestra el uso de las instrucciones de manejo de datos.

Instrucciones de manejo de datos

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
TOD	Convertir a BCD	Convierte el valor de fuente de entero en el formato BCD y lo almacena en el destino.	4-3
FRD	Convertir desde BCD	Convierte el valor de fuente BCD en un entero y lo almacena en el destino.	4-6
DEG	Convertir de radianes a grados	Convierte radianes (fuente) en grados y almacena el resultado en el destino.	4-10
RAD	Convertir de grados a radianes	Convierte grados (fuente) en radianes y almacena el resultado en el destino.	4-11
DCD	Descodificar 4 a 1 de 16	Descodifica un valor de 4 bits (0 a 15) activando el bit correspondiente en el destino de 16 bits.	4-12
ENC	Codificar 1 de 16 a 4	Codifica una fuente de 16 bits a un valor de 4 bits. Busca la fuente desde el bit mínimo al bit máximo y busca el primer bit establecido. La posición de bit correspondiente se escribe en el destino como entero.	4-13
COP y FLL	Copiar el archivo y llenar el archivo	La instrucción COP copia datos del archivo de fuente al archivo de destino. La instrucción FLL carga un valor de fuente en cada posición al archivo de destino.	4-15

continúa en la página siguiente

Manual de referencia del juego de instrucciones

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
MOV	Mover	Mueve el valor de fuente al destino.	4-20
MYM	Mover con máscara	Mueve los datos de un lugar de fuente a una porción seleccionada del destino.	4-21
AND	Y	Realiza una operación Y por bit.	4-23
OR	O	Realiza una operación O inclusiva por bit.	4-24
XOR	O exclusivo	Realiza una operación de O exclusivo por bit.	4-25
NOT	No	Realiza una operación NO.	4-26
NEG	Negar	Cambia el signo de la fuente y lo almacena en el destino.	4-27
FFL y FFU	Carga FIFO y descarga FIFO	La instrucción FFL carga una palabra en una pila FIFO en transiciones de falso a verdadero sucesivas. El FFU descarga una palabra de la pila en transiciones de falso a verdadero sucesivas. La primera palabra cargada es la primera de ser descargada.	4-30
LFL y LFU	Carga LIFO y descarga LIFO	La instrucción LFL carga una palabra en una pila LIFO en transiciones de falso a verdadero sucesivas. El LFU descarga una palabra de la pila en transiciones de falso a verdadero sucesivas. La última palabra cargada es la primera de ser descargada.	4-32

Acerca de las instrucciones de manejo de datos

Use estas instrucciones para convertir información, manejar datos en el controlador y realizar operaciones de lógica.

En este capítulo se encuentra una descripción general antes de los grupos de instrucciones. Antes de aprender las instrucciones en cada uno de estos grupos, le recomendamos que lea la descripción general. Este capítulo contiene las descripciones generales siguientes:

- Descripción general de las instrucciones de mover y lógicas
- Descripción general de las instrucciones FIFO y LIFO

5 Instrucciones de flujo de programa

Este capítulo contiene información general acerca de las instrucciones de flujo de programa y explica cómo funcionan en su programa de aplicación. Cada una de las instrucciones incluye información acerca de:

- cómo aparece el símbolo de instrucción
- cómo usar la instrucción

Además, la última sección contiene un ejemplo de aplicación para una perforadora de papel que muestra el uso de las instrucciones de control de flujo de programa.

Instrucciones de control de flujo de programa

Instrucción		Propósito	Página
Mnemónico	Nombre		
JMP y LBL	Saltar a etiqueta y etiqueta	Saltar hacia adelante o hacia atrás a la instrucción de etiqueta especificada.	5-3
JSR, SBR, y RET	Saltar a subrutina, subrutina, y retornar de la subrutina	Saltar a una subrutina designada y retornar.	5-5
MCR	Restablecimiento del control maestro	Desactivar todas las salidas no retenivas en una sección de un programa de escalera.	5-8
TND	Fin temporal	Marcar un fin temporal que detiene la ejecución del programa.	5-10
SUS	Suspender	Identifica condiciones específicas para la depuración del programa y la localización y corrección de fallos del sistema.	5-11
IM	Entrada inmediata con máscara	Programar una entrada inmediata con máscara.	5-12
IOM	Salida inmediata con máscara	Programar una salida inmediata con máscara.	5-13
REF	Regenerar		5-14