

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**CONTROL AMBIENTAL DE UNA SALA ESPECIAL PARA EL
TRABAJO ÓPTIMO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS EN LA
CENTRAL QUITO CENTRO DE ANDINATEL S.A.**

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

MIGUEL AUGUSTO CHASIPANTA RONQUILLO

DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES

Quito, diciembre del 2002

DECLARACIÓN

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

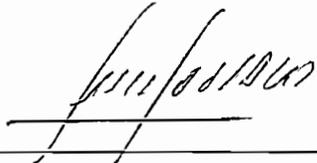
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y normatividad vigente.



Miguel Augusto Chasipanta Ronquillo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Augusto Chasipanta Ronquillo, bajo mi supervisión.



Dr. Luis Corrales.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre y profesores, que con su paciencia y sabiduría en su orden, han logrado que mi esfuerzo de seis años culmine con los mayores éxitos.

Agradezco también al ingeniero Aurelio Sulca, Jefe de Energía y Climatización de Andinatel S.A. quien con su apoyo y confianza me brindó la oportunidad de realizar el proyecto de titulación.

De igual manera a la Carrera de Electrónica y Control y a la Escuela Politécnica Nacional por haberme dado la oportunidad de convertirme en un profesional cabal y responsable.

DEDICATORIA

A mi madre por su infinito amor, por ejemplo, y fuerza de carácter pero sobre todo por su apoyo y comprensión durante toda mi vida, a mis abuelos quienes estuvieron listos en todo momento a extenderme su mano, a mi tío Pablo por su amistad y a Soledad por brindarme su amor.

CONTENIDO

RESUMEN

PRESENTACIÓN

CAPITULO 1

GENERALIDADES

| | |
|---|---|
| 1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.2 EFECTOS DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD SOBRE CENTRALES TELEFÓNICAS..... | 3 |
| 1.3 TEMPERATURA Y HUMEDAD: CONCEPTOS Y TEORÍA GENERAL..... | 5 |
| 1.3.1 HUMEDAD..... | 5 |
| 1.3.1.1 Humedad absoluta o densidad..... | 5 |
| 1.3.1.2 Humedad Específica o Relación de Humedad..... | 6 |
| 1.3.1.3 Humedad Relativa..... | 6 |
| 1.3.1.3.1 <i>Variación de Humedad Relativa</i> | 6 |
| 1.3.2 TEMPERATURA..... | 6 |
| 1.3.2.1 Temperatura del Rocío..... | 7 |
| 1.4 CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN..... | 7 |
| 1.5 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA..... | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 1.6 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA..... | 9 |
| 1.7 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA..... | 10 |
| 1.8 DESCRIPCIÓN DEL PLC..... | 10 |
| 1.9 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN..... | 14 |
| 1.9.1 PARTE ELÉCTRICA..... | 15 |
| 1.9.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN..... | 15 |
| 1.9.3 CONDENSADOR..... | 16 |
| 1.9.4 HUMIDICADOR DE VAPOR..... | 16 |
| 1.9.5 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN..... | 16 |
| 1.10 BREVE DESCRIPCIÓN DEL CONCEPT..... | 18 |

CAPITULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

| | |
|--|-----------|
| 2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL..... | 21 |
| 2.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA..... | 25 |
| 2.2.1 MODULARIZACIÓN DEL SISTEMA..... | 25 |
| 2.3 DISEÑO DE CIRCUITO DE CONTROL Y MODIFICACIONES AL CIRCUITO DE FUERZA..... | 55 |
| 2.3.1 PLANO DE LAS VARIABLES DE ENTRADA..... | 56 |
| 2.3.2 PLANO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL..... | 58 |
| 2.3.3 PLANOS DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA..... | 65 |

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL

| | |
|---|----|
| 3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL..... | 71 |
| 3.2 MONTAJE DEL PLC..... | 72 |
| 3.2.1 MONTAJE DEL BACKPLANE..... | 72 |
| 3.2.2 MONTAJE DE LOS MÓDULOS EN EL BACKPLANE..... | 73 |
| 3.3 CABLEADO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y CIRCUITOS DE FUERZA..... | 74 |
| 3.4 DESCARGA DEL PROGRAMA..... | 75 |
| 3.4.1 MONITOREO..... | 82 |

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

| | |
|-----------------------------|----|
| 4.1 PRUEBAS DE CHEQUEO..... | 87 |
| 4.2 RESULTADOS..... | 87 |

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|-----------------------|----|
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 92 |
|-----------------------|----|

5.2 RECOMENDACIONES.....93

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....94

ANEXOS

RESUMEN

En este trabajo se busca mantener las condiciones ambientales requeridas por una central telefónica de Andinatel S.A. procurando que la solución rehabilite y use el equipo defectuoso en su control.

Analizando el estado del sistema de control defectuoso se decidió mas bien desecharlo. Luego de un análisis de los parámetros que se debían manejar se decidió realizar el control con un PLC debido a su montaje sencillo y la facilidad de controlar el sistema con la implementación de un programa de control que puede modificarse a voluntad.

El programa desarrollado cumple con el objetivo de controlar el ambiente del cuarto de equipos. Posee subrutinas procurando que cada una se identifique con una función del sistema para facilitar su comprensión y posibles modificaciones. Cada una de estas secciones pueden trabajar independientemente para realizar su trabajo. Además, por recomendación de Andinatel S.A. se tomó en cuenta la sugerencia de apagar todo el equipo de climatización, para evitar avivar el fuego en caso de un incendio declarado.

Los resultados obtenidos indican que se puede controlar la temperatura con una precisión de ± 0.64 °C y la humedad con una precisión de ± 0.44 %RH valores que demuestran que el sistema de climatización bajo el control del programa desarrollado en el PLC cumple con su objetivo.

PRESENTACIÓN

Las salas con equipos electrónicos por ejemplo centrales telefónicas suelen generar una gran cantidad de calor, causado por su propio funcionamiento, es así que, para el adecuado funcionamiento de los mismos, debe mantenerse en la sala condiciones de temperatura y humedad recomendadas por el fabricante de los estos. Razón por la que es necesario instalar un sistema de climatización.

Este equipo de climatización será el encargado de regular las condiciones ambientales de locales, generalmente en aquellos donde se produce una gran disipación de calor, como el caso de las salas con centrales telefónicas.

Es así, que Andinatel, al tener un equipo inhabilitado, por falla en su sistema de control, vio la necesidad de rehabilitar este equipo para que pueda volver a cumplir sus funciones. Con este objetivo se diseña e implementa la solución a este problema en particular y sobre esta tarea se reporta este trabajo.

En el capítulo 1, se presenta una explicación de las influencias del ambiente sobre equipos electrónicos, conceptos básicos que ayudarán a entender el problema, se busca y determina la solución del problema. También se hace una breve introducción acerca del rol del PLC y una breve descripción del sistema de climatización que aquí se propone, todo esto permitirá que el lector pueda entender fácilmente el problema que intenta resolver. En el capítulo 2, se explica sobre el diseño del circuito de control, en el que se incluye su programa y los diagramas de los circuitos y modificaciones realizadas tanto a nivel de control como en los circuitos de fuerza. En el capítulo 3 se describe el programa desarrollado en el PLC. En el capítulo 4, se habla sobre las pruebas y resultados. En el capítulo 5 se extraen las conclusiones y recomendaciones que gracias a la experiencia teórica-práctica adquirida durante la ejecución de este trabajo.

CAPITULO N 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.-

Las salas con equipos electrónicos suelen generar una gran cantidad de calor, es por esta razón que, para el adecuado funcionamiento de los equipos, debe mantenerse en la sala condiciones de temperatura y humedad recomendadas por el fabricante de los mismos. Con este objetivo es necesario instalar un sistema de climatización.

Un sistema de climatización tiene por misión regular las condiciones ambientales de locales, generalmente en aquellos donde se produce una gran disipación de calor, como el caso de las centrales telefónicas.

Es así que Andinatel, al tener un equipo de climatización inhabilitado, por falla en su sistema de control, vio la necesidad de rehabilitar este equipo para que pueda volver a cumplir sus funciones. Con este objetivo se diseña e implementa la solución a este problema en particular y sobre esta tarea se reporta este trabajo.

En este capítulo, se explica sobre las influencias del ambiente (temperatura y humedad) en equipos electrónicos, como lo son las centrales telefónicas, conceptos básicos que ayudarán a entender el problema. Se determina y establece la solución del problema, se establecen las variables de entrada y lo que espera obtener a la salida. También se realizará un análisis del equipo suministrado por Andinatel para determinar si cumple o no con los requerimientos que le permitan ser la solución del problema.

1.2 EFECTOS DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD SOBRE CENTRALES TELEFÓNICAS.

Los diferentes factores ambientales, tales como temperatura, atmósferas corrosivas, polvo, alta y baja humedad, que se producen a lo largo del ciclo de

vida de los equipos, provocan en éste diversas reacciones y cambios en sus características eléctricas.

A continuación se muestran algunos de los factores ambientales más comunes y sus efectos:

- ☑ **Temperatura Elevada.-** La temperatura elevada provoca fallas de aislamiento y problemas en la disipación de calor.
- ☑ **Temperatura Baja.-** Provoca congelación y de ahí fallas en el sellado de las juntas.
- ☑ **Choque Térmico.-** Produce fisuras, fugas que pueden presentarse en las cañerías del circuito de refrigeración.
- ☑ **Humedad Elevada.-** Parecerá ser la más crítica, por que al presentarse puede producir rotura física, defectos de aislamiento, corrosión, oxidación de los circuitos electrónicos.
- ☑ **Humedad Baja.-** Produce fragilización y fisurización de los circuitos electrónicos.
- ☑ **Arena y polvo.-** Efectos electrostáticos y sobrecalentamiento.

Es por estas razones que los fabricantes recomiendan emplear los sistemas de climatización en salas con ciertos equipos electrónicos, con la finalidad de mantener dentro de las mismas las condiciones ambientales requeridas por tales equipos.

En general, los rangos de temperatura, humedad relativa y otros, requeridos para un funcionamiento normal, de equipos electrónicos delicados, para un 90% del tiempo, son los que se detallan a continuación en la Tabla 1.1:

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Temperatura del aire baja | + 10 °C |
| Temperatura del aire alta | + 35 °C |
| Humedad relativa baja | 10 % |
| Humedad relativa alta | 80 % |
| Humedad absoluta baja | 1 g/m ³ |
| Humedad absoluta alta | 25 g/m ³ |
| Cambio de temperatura | 0,5 °C/min |

| | |
|---|----------------------|
| Presión atmosférica baja | 70 kPa |
| Presión atmosférica alta | 106 kPa |
| Irradiación solar | 700 W/m ² |
| Irradiación térmica | No |
| Movimiento de aire circundante | 1.0 m/s |
| Condensación | No |
| Precipitación impulsada por el aire (lluvia, nieve, etc.) | No |
| Agua no procedente de la lluvia | No |
| Formación de hielo | No |

Tabla 1.1 Rangos de temperatura, humedad relativa y otros

Las condiciones críticas de funcionamiento son:

| | |
|------------------------------|--------|
| Temperatura de ambiente baja | -5 °C |
| Temperatura de ambiente alta | +45 °C |

1.3 TEMPERATURA Y HUMEDAD: CONCEPTOS Y TEORÍA GENERAL.

El propósito de este numeral es de familiarizar al lector y, porque no decirlo, al autor, con los conceptos que serán parte integral del problema a resolverse.

Acondicionar el aire es controlar su temperatura, humedad, distribución y pureza; a esto es lo que, en el caso de las personas, se conoce como las condiciones de comodidad.

1.3.1 HUMEDAD

1.3.1.1 Humedad Absoluta o Densidad (d_v)

El peso de vapor de agua expresado en libras o gramos por cada pie cúbico de espacio se llama " humedad absoluta " o " densidad de vapor de agua " y se representa como d_v cuando el aire no está saturado y como d_a cuando si lo está. (1lb = 7000 g).

1.3.1.2 Humedad Específica o Relación de Humedad (W_v)

El peso de vapor de agua expresado en libras o gramos por libra de aire seco se llama humedad específica; se representa como W_v , cuando la mezcla no está saturada, y como W_d cuando si lo está.

1.3.1.3 Humedad Relativa (ϕ)

La humedad relativa se define como la relación de la presión parcial del vapor en el aire con la presión de saturación del vapor, correspondiente a la temperatura existente. O bien, es la relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad de saturación a la temperatura correspondiente.

$$\phi = \left(\frac{P_v}{P_d} \right) * 100 = \left(\frac{d_v}{d_d} \right) * 100$$

en donde:

P_v = presión parcial del vapor de agua

d_v = densidad existente del vapor de agua

P_d = presión de saturación del vapor de agua

d_d = densidad de vapor saturado

1.3.1.3.1 Variación de la Humedad Relativa

- ☑ La humedad relativa se puede aumentar de las siguientes formas:
 - 1) Reduciendo la temperatura sin variar la humedad absoluta.
 - 2) Aumentando la humedad absoluta sin variar la temperatura.
- ☑ La humedad relativa se puede disminuir de las siguientes formas:
 - 1) Aumentando la temperatura sin variar la humedad absoluta.
 - 2) Disminuyendo la humedad absoluta sin variar la temperatura.

1.3.2 TEMPERATURA

La temperatura de un cuerpo es una magnitud proporcional a la energía media de las moléculas que lo constituyen. La temperatura de un cuerpo es independiente

de su masa porque sólo depende de la energía potencial de cada una de sus moléculas.

Para la medición de la temperatura existen varias escalas, las más usadas son la escala centígrada y la escala Fahrenheit.

1.3.2.1 Temperatura del Rocío (t_w)

La temperatura del rocío indica la cantidad de humedad contenida en el aire. Es la temperatura a la cual el aire se satura cuando se enfría, suponiendo que no hay aumento ni disminución de humedad. La temperatura de rocío no se puede cambiar, si no se aumenta o disminuye la humedad del aire, aunque se aumente o disminuya el calor.

Si el aire se enfría a una temperatura menor que la del rocío, empieza la condensación y se establece una nueva temperatura de rocío. La temperatura de rocío se puede disminuir, sustrayendo humedad del aire, y se puede aumentar añadiendo vapor de agua a un peso dado de aire.

Si un aire saturado a 70 °F se enfría a 65 °F, se dice que hay 5°F de precipitación y quedará aire a una temperatura de rocío de 65 °F, saturado también. Si ese mismo aire se vuelve a calentar a 70 °F, el punto de rocío permanece en 65 °F.

1.4 CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN

Este es el problema principal a partir del cual se procede a diseñar e implementar un sistema de aire acondicionado. Para determinar la carga de refrigeración, se debe conocer las características de trabajo de los equipos que se desea proteger. Por ejemplo, en los nuevos equipos que Andinatel está adquiriendo, se trata de Centrales EWSD de Siemens, cuya potencia de consumo es:

- ☒ DLUB equipada con 110 módulos SLMA ITF (16 abonados / SLMA) de 850 W a – 48 Vdc. (datos extraídos del manual de mantenimiento).

En tablas de conversión, se puede encontrar, los siguientes datos:

$$1 \text{ Tonelada de refrigeración} = 12000 \text{ BTU/h}$$

$$1\text{Kw} = 0.9484 \text{ BTU/ s}$$

De aquí, se puede calcular la carga de refrigeración necesaria:

$$= 850\text{W} * \left[\frac{0.9484 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}{1\text{kW}} \right] = 0.806 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{s}} \right] * \left[\frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \right] * \left[\frac{1\text{Trefrig}}{12000 \text{ BTU/h}} \right]$$

$$= 0.242 \text{ Toneladas de refrigeración por cada DLUB.}$$

Esta será la capacidad de enfriamiento a partir de la que se debe partir para dimensionar un equipo de climatización; además, se debe tener en cuenta otras fuentes de calor (lámparas), condiciones de local (ventanas), etc.

1.5 DETERMINACION DEL PROBLEMA

En conclusión, el sistema de control que debe reproducir las condiciones ambientales requeridas por la central telefónica, deberá cumplir las siguientes funciones:

- ☑ Controlar la temperatura de la sala entre 20 °C a 24 °C, siendo la temperatura óptima 22 °C.
- ☑ Obtener una humedad relativa del aire entre 45 % a 55 %.
- ☑ Mantener el aire circulante dentro de la sala limpio.

Para cumplir con estos objetivos, se realizó lo siguiente:

- a) Determinación de las variables eléctricas y electrónicas de I / O que intervendrán en el proceso. Una vez determinadas las I / O, se decidió el uso de un PLC por su fácil programación e implementación. El mismo que se lo requirió con protocolo de comunicaciones Modbus con la finalidad de, en el futuro, monitorear el equipo desde una PC remota.
- b) Determinar que elementos (relés, contactores, etc.) pueden ser reutilizados y cuales deben ser adquiridos.
- c) Conociendo el número de I / O necesarias y el material faltante, con sus respectivas características eléctricas, pedir a Andinatel S.A. proceda con la compra del material.

- d) Eventualmente se revisaría si el material entregado es el requerido para el trabajo.
- e) Se procede con el diseño, implementación del circuito de control y por último pruebas del equipo.

1.6 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El problema del reacondicionamiento del sistema de control puede ser solucionado utilizando un microcontrolador o un PLC.

Se escogió el PLC por muchas razones entre ellas las más relevantes por que éste viene listo para aplicaciones de tipo industrial, viene también listo para montar. Además, se solicitó que se tome en consideración el requerimiento de futuro de poder monitorear desde un lugar remoto el funcionamiento del equipo.

Este equipo fue adquirido por parte de Andinatel, y se lo solicitó de acuerdo al número y las características eléctricas de entradas y salidas que se van a controlar, procedimiento que se realizó tal como se indica más adelante.

A continuación, en la Figura 1.1, se muestra un diagrama de bloques del sistema de control a implementarse.

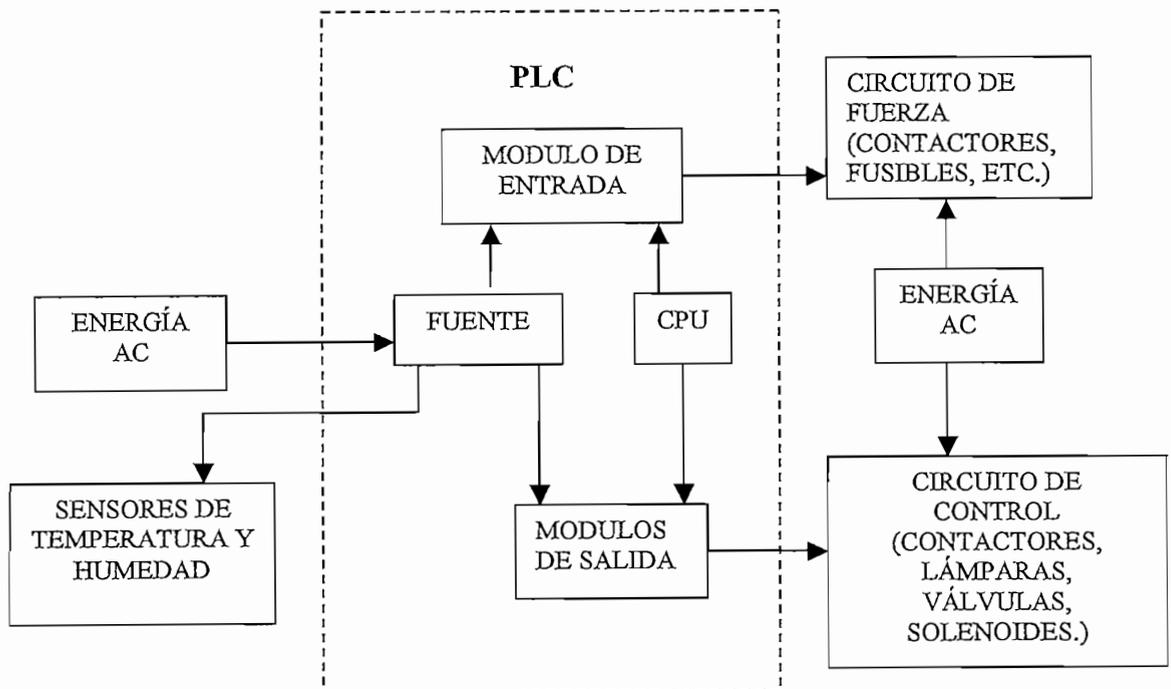


Figura 1.1 Diagrama de bloques del sistema de control empleando PLC.

1.7 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

Para la determinación de las variables de entrada y salida, se estudió los planos de los circuitos de control y fuerza involucrados, con la finalidad de establecer los dispositivos que se van a controlar y los elementos que van a permitir tomar las señales de entrada necesarias, para establecer una adecuada relación de trabajo entre las partes del sistema de climatización.

Mas adelante en el capítulo 2 se muestran las variables de entrada y salida, mismas que poseen un "Address" de acuerdo a su uso. Esta Address es una dirección de entrada y salida del PLC. En cambio la variables auxiliares no poseen un Ardes ya que estas son internas. Para una mejor comprensión de las variables empleadas se presenta con una descripción de sus funciones en el Anexo N° 2.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL PLC

El PLC fue proporcionado por Andinatel S.A., pero fue tarea del autor determinar si el mismo puede cumplir con las exigencias del sistema a implementarse.

Por lo tanto, a continuación en la Tabla 1.3 se presentan las características eléctricas de los elementos del sistema, en la Tabla 1.4 las de los módulos de entrada y en la Tabla 1.5 las de los módulos de salida del PLC.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | DATOS TÉCNICOS | FABRICANTE |
|------|-------------|--------------------------|------------|
| K6 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K7 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |

| ITEM | DESCRIPCIÓN | DATOS TÉCNICOS | FABRICANTE |
|------|-----------------------------------|-----------------------------|------------|
| K8 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K9 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K10 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K11 | Contactor | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K20 | Contactor Auxiliar | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K22 | Contactor Auxiliar | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K23 | Contactor Auxiliar | Vin= 220 V Vop = 3x220 V | SIEMENS |
| K24 | Contactor Auxiliar | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K30 | Contactor Auxiliar | Vin= 220V Vop= 3x220V | SIEMENS |
| K50 | Guardia Tensión | 127/220V/60Hz | DOLD |
| S101 | Conmutador de presión diferencial | P32-AJ1 | PENN |
| S105 | Presostáto de alta y baja presión | FFB 213 | FANAL |
| S106 | Presostáto | Kp 5 | DANFOSS |
| S107 | Presostáto | Kp 5 | DANFOSS |
| S108 | Presostáto de alta y baja presión | FFB 213 | FANAL |
| S109 | Presostáto | Kp 5 | DANFOSS |
| S110 | Presostáto | Kp 5 | DANFOSS |

| ITEM | DESCRIPCIÓN | DATOS TÉCNICOS | FABRICANTE |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------|
| T2 | Transformador | 220V/220V/500VA | MAY |
| Y1 | Válvula Magnética | EVR 10/220V | DANFOSS |
| Y2 | Válvula Magnética | EVR 6/220V | DANFOSS |
| Y3 | Válvula Magnética | EVR 10/220V | DANFOSS |
| Y4 | Válvula Magnética | EVR 6/220V | DANFOSS |
| HUMIDIFICACIÓN | | | |
| E3, N5, Y9, Y10 | ES 360E, 3x220Vx60Hz | B+S | |
| CONTROL DE FILTRO | | | |
| S103 | Conmutador de presión diferencial | P32, AJ1 | PENN |
| REGULACIÓN DE TEMPERATURA | | | |
| B1 | Sonda de temperatura | FK-T30 | Belimo |
| N1 | Regulador de temperatura | RDK 92 | Stafa |
| REGULADOR DE HUMEDAD | | | |
| B2 | Sonda de humedad | FK-H90 | Stafa |
| N2 | Regulador de humedad | RDK 92 | Stafa |
| REHEAT | | | |
| Y5 | Válvula magnética | EVR 15/220V | DANFOSS |
| Y6 | Válvula magnética | EVR 15/220V | DANFOSS |
| CONTROL DEL VALOR LÍMITE | | | |
| B4 | Sonda de temperatura y humedad | FTHR | H+H |

| ITEM | DESCRIPCIÓN | DATOS TÉCNICOS | FABRICANTE |
|------|-----------------------------|----------------|------------|
| N4 | Observador del valor límite | Klimatroll-C2 | H+H |

B+S = Bart+ Stocklein

H+H = Hoffman + Hein

Tabla 1.3 Características Eléctricas de los Elementos del Sistema de Climatización

| Descripción | Rangos |
|----------------------------|-----------------|
| Nivel de Señal de 1L | 12@30 Vdc |
| Nivel de Señal de OFF | -2@+5 Vdc |
| Corriente de Entrada en ON | 7mA@24 Vdc |
| Corriente de Entrada en ON | 8.5mA@30 Vdc |
| Tiempo de Respuesta | 4 ms típico |
| Modo de Operación | Verdadero alto |
| Tamaño del Cable/terminal | Un cable 14 AWG |
| Tamaño del Cable/terminal | Un cable 20 AWG |
| Mapa I/O | 16 In / 0 Out |

Tabla 1.4 Características Eléctricas de los Módulos de Entrada.

| Descripción | Rangos |
|-----------------------------|-------------------------|
| Rangos de Voltaje de Salida | 24@154 Vdc 24@250Vac |
| Tiempo de Respuesta | 10 ms (típica) |
| Tamaño del Cable/terminal | Un cable 14 AWG |
| Tamaño del Cable/terminal | Dos cables 20 AWG |

| Descripción | Rangos |
|------------------------------|--|
| Corriente de Carga a230 Vdc | 2A(max, carga resistiva) 4A instantáneos (max, carga resistiva) 1A Continuos(max, cos f = 0,5) |
| Mapa I / O | 0 In / 8 Out |
| Ciclos de Switcheo Eléctrico | 10,000,000 @230Vac / 0,2 A |

Tabla 1.5 Características Eléctricas de los Módulos de Salida

Por lo tanto, de las tablas se puede ver que los módulos de entrada y salida cumplen con los requerimientos eléctricos, es decir, que el PLC proporcionado por Andinatel S.A. si es el apropiado para realizar este trabajo.

1.9 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Como se dijo anteriormente, un sistema de refrigeración tiene la tarea de enfriar locales en los que se requiere condiciones de temperatura relativamente bajas y establecer como, por ejemplo, para centrales telefónicas que requieren temperaturas en orden a los 21 °C.

Para entender que puede (y no puede) hacer un sistema de refrigeración se ha realizado una recopilación de la información que ha sido tomada de los manuales de operación de algunos equipos de climatización de centrales telefónicas. De esta forma es posible establecer comparaciones y evaluar de mejor manera el equipo que aquí nos ocupa.

En el presente sistema, para un fácil entendimiento, se lo ha dividido en tres partes principales que son: la eléctrica, la refrigeración y la climática.

A continuación se presenta un breve resumen de constitución y funcionamiento de sus tres partes principales las mismas que se muestran en la Figura 1.3.

1.9.1 PARTE ELÉCTRICA

Todos los elementos de mando, cambio, regulación y vigilancia están colocados distintamente en una parte eléctrica giratoria y accesible por delante. Cabe mencionar que todas las instalaciones eléctricas están conectadas y aseguradas por separado, como se muestra en la Figura 1.3.

1.9.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Un sistema de refrigeración tiene la misión de enfriar locales con gran disipación de calor, por ejemplo, centrales telefónicas. En los sistemas de refrigeración se utiliza un refrigerante para transportar de los locales el calor disipado.

El sistema está provisto de funciones de protección y supervisión, funcionando así de forma totalmente automática y pudiéndose usar en centrales sin personal.

El equipo está equipado con dos circuitos completos y separados de refrigeración, lo que permite que, en caso de deficiencia de uno de los dos circuitos (falla de uno de los dos compresores), el equipo pueda trabajar a potencia reducida.

Los circuitos están equipados con condensadores herméticos, el motor y el condensador forman una unidad. Para el enfriamiento del refrigerante, estos condensadores utilizan el refrigerante aspirado del vaporizador para el enfriamiento del motor. El juego del condensador no necesita ningún mantenimiento y está colocado sobre amortiguadores de oscilaciones.

Al motor, mediante un protector de sobrecarga y de sobre temperatura, se lo protege contra sobrecarga. Ambos condensadores están equipados con calefacción de pantano de aceite, lo que impide que cuando está parado, se produzca una reducción de la temperatura del aceite de la caja del cigüeñal bajo 20 °C, ya que al no existir éste el cigüeñal puede disminuir su vida útil.

Un presostáto de alta presión, otro de baja presión y un mecanismo de aspiración cuidan de un buen funcionamiento sin averías de los compresores, tal como se muestra en los planos de fuerza mas adelante.

Para la regulación de potencia, ambos circuitos están equipados con un bypass de gas caliente. Con ello se puede regular la potencia de refrigeración de los dos circuitos de refrigeración entre 25 y 100%.

La deshumidificación se la hace desconectando el sistema de bypass de aire caliente implementado en cada uno de los circuitos.

1.9.3 CONDENSADOR

Como su nombre lo indica este se encarga de condensar el refrigerante, después de haber enfriado el aire circulante. El Condensador o licuador refrigerador por aire con ventilador axial se instala al aire libre. En los aparatos refrigerados por aire se suprimen los conductos de agua a presión, permitiendo colocar los equipos de climatización en la misma sala.

1.9.4 HUMIDIFICADOR DE VAPOR

El humidificador de vapor instalado se usa para la producción de vapor de agua corriente. Esto hace que el tratamiento preliminar del agua sea innecesario. El nivel del agua, fangosidad y concentración de sal mineral se regulan automáticamente. Una lámpara de control indica el cambio necesario proveniente del cilindro cuando se han depositado minerales.

1.9.5 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

La aspiración del aire circulante se lo hace desde arriba a través de un prefiltro. El vaporizador, puesto diagonalmente, enfría el aire a la temperatura requerida por los equipos. El vaporizador de gran tamaño garantiza un buen aprovechamiento de energía mediante el aumento de potencia refrigerante, lo que por consecuencia permite un ahorro de energía.

La temperatura de vaporización de 8 °C hasta 10°C garantiza, en funcionamiento normal, que no se elimine del aire humedad. Ello impide que la energía

humidificadora anteriormente gastada se la tome como gasto energético otra vez del aire. Otra ventaja de la gran superficie del vaporizador es la mínima velocidad de soplado al mismo. Disminuye la pérdida de presión y ahorra energía de accionamiento de los ventiladores.

En la dirección del aire, detrás del vaporizador está colocado el tubo repartidor de vapor de la humidificación de vapor, la misma que se muestra en la Figura 1.2. El humidificador tiene la finalidad de humedecer la parte del aire exterior seco en el funcionamiento de invierno.

Para las exigencias del aire sirven ventiladores radiales de mecanismo de correa trapezoidal. El ventilador y el motor de arranque están conectados sobre un marco con amortiguadores, por lo que no traspasa ninguna vibración al doble suelo.

Un filtro fino, con elementos que pueden ser sacados hacia adelante, asegura un mantenimiento de aire sin polvo dentro de la sala de equipos. Los filtros tienen que ser de calidad C.

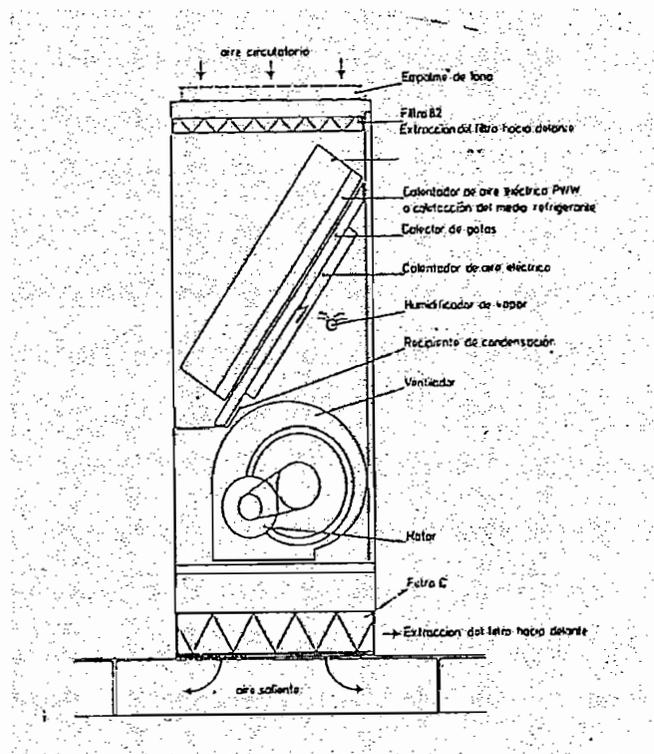


Figura 1.2 Vista Lateral del Equipo de Climatización.

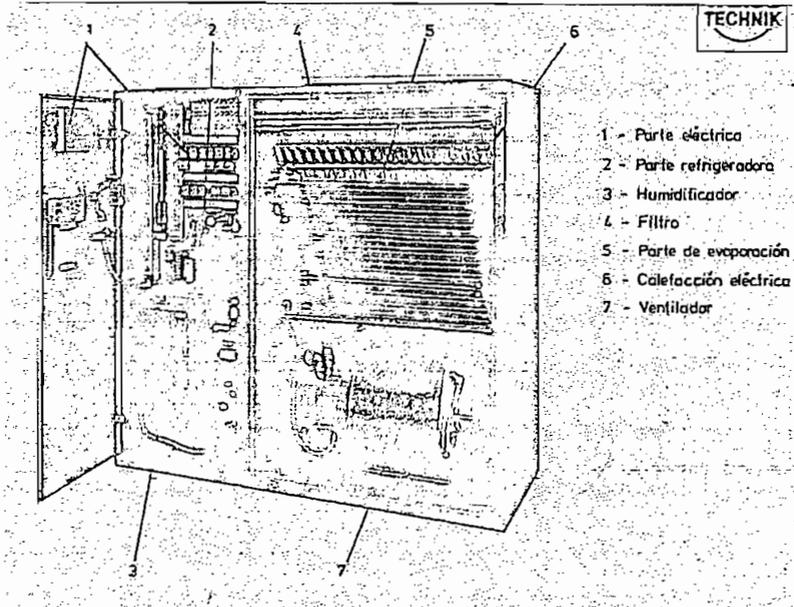


Figura 1.3 Partes del Sistema de Climatización

1.10 BREVE DESCRIPCIÓN DEL CONCEPT

El Concept es un programa de alto rendimiento y herramientas que son un prerrequisito para la realización barata de múltiples tareas involucradas en ingeniería, la ciencia y la tecnología del control automático.

El Concept provee una configuración unificada en acuerdo con todas las regulaciones internacionales estándar IEC 1131. Ya que, hoy en día, se espera que este tipo de tareas se puedan realizar con una interface gráfica de usuario, por esta razón, el Concept está diseñado como una aplicación para MS-WINDOWS y MS- WINDOWS (NT) para grupos de trabajo. Las ventajas de este sistema operativo, es su distribución mundial y el conocimiento básico que cualquier usuario de computador, ha adquirido sobre elementos fundamentales de la tecnología WINDOWS y el uso del mouse.

Una guía en línea para el desarrollo de aplicaciones con el Concept facilita su operación. Además, tiene pasos de configuración que son similares en todos los editores. Algunos pasos de configuración, especialmente en la creación de programas, están diseñados independientemente para programar con facilidad el PLC.

Su arquitectura abierta permite a terceros proveer soluciones vía interfaces estándar.

El Concept posee los siguiente tipos de editores:

- ☑ FBD (Diagramas de Función de Bloque) representan el fluido típico de proceso de datos adecuado para las aplicaciones de control discretas y continuas.
- ☑ SFC (Cuadro de función Secuencial) provee una representación gráfica de un proceso.
- ☑ IL (Lista de Instrucciones) Es un texto basado en el lenguaje Booleano usado para construir aplicaciones más complejas.
- ☑ Concept EFB es una herramienta que permite la creación de bloques de funciones.
- ☑ ST (Texto Estructurado) Es ideal para la implementación de ecuaciones complejas.
- ☑ LD (Diagrama de Escalera) acorde con las especificaciones de diagramas de escalera de la IEC 1131-3.
- ☑ LL984 (Escalera Lógica) dentro del Concept, éste provee las mismas herramientas que el Modsoft 984.

El Concept tiene la facilidad de permitir el monitoreo de su funcionamiento por medio de su puerto Modbus, permitiendo su visualización en un PC, y la ayuda más importante, tiene un SIMULADOR que permite el desarrollo de software con facilidad.

En el capítulo siguiente se presenta el programa implementado, explicando cada una de sus secciones con diagramas de flujo, con la finalidad de facilitar el entendimiento para el lector, también se muestra los planos de los circuitos de fuerza y control con una breve explicación de cada uno de ellos.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Con la finalidad de obtener un mejor entendimiento de la lógica de control a diseñarse, fue necesario familiarizarse con el funcionamiento del Sistema de Climatización, poniendo énfasis en aquellas que regulan las condiciones ambientales favorables al equipo electrónico, para lo cual se muestra un diagrama del circuito de refrigeración en la figura 2.1.

En primer lugar, el sensor de red (K50) vigila la energía eléctrica adecuada para el funcionamiento del equipo y éste entrega una señal al PLC a través de un contacto seco, el mismo que permite la circulación del aire en la sala continuamente.

Para que el ventilador empiece a funcionar se debe presionar el switch de encendido que se localiza en la puerta del equipo.

Para continuar con cualquier proceso es necesario que la alarma de incendio, el sensor de banda (S101) que es el encargado de establecer si el ventilador esta trabajando adecuadamente dando una señal adecuada al PLC a través de un contacto seco, y el sensor de filtro (S103) es el encargado de indicar si el aire entrante esta pasando adecuadamente a través de los filtros, también indica al PLC por medio de un contacto seco.

Cuando la sala presenta alta temperatura, la sonda N1SONDATEMPMAX deberá dar al PLC la señal necesaria para que éste, a través de su programa, ordene que uno de los compresores actúe; de ser necesario, el otro compresor entra en funcionamiento si luego de cierto tiempo (seteado por el usuario) el primero no ha logrado llevar a la sala a la temperatura requerida.

El programa deberá permitir establecer cuál de los compresores es el que funciona como principal durante 15 días.

Para que los compresores funcionen es necesario que el PLC, además de energizar los contactores correspondientes, deberá ordenar abrir las válvulas de paso correspondientes a cada uno de los compresores. Las válvulas de paso como se mostrará mas adelante son las que permiten el flujo del refrigerante dentro del circuito de refrigeración, éstas son activadas de acuerdo a las instrucciones del PLC.

Para el enfriamiento del ambiente se enciende uno de los compresores o ambos según las instrucciones del programa, se debe abrir la válvula de paso 1 (Y1) para el compresor 1 o abrir la válvula de paso 2 (Y3) para el compresor 2 lo que permitirá el flujo del refrigerante. Además debe abrirse la válvula Y5 (Figura 2.1).

Los equipos exteriores son los encargados de condensar el refrigerante al pasar éste por el condensador. Estos equipos exteriores se encienden automáticamente al sensar los presostátos (S106, S107 para el compresor 1 y S109, S110 para el compresor 2) cambios de temperatura en la tubería, esta temperatura es proporcional a la presión que puede ser seteada por el usuario. Estos dispositivos se pueden apreciar en la figura 2.2.

Si lo que se requiere es Calentamiento, el PLC deberá ordenar abrir la válvula Y6 (Figura 2.1) junto con las válvulas Y2 y Y4, respectivamente, según el compresor que se requiera funcione. Las válvulas Y4 y Y2 son las de bypass que permiten el paso directo, sin pasar por el condensador el refrigerante, pasando éste por un tubo de reactancia calentando de esta manera el ambiente. Se debe cerrar las válvulas Y3 y Y1.

Para deshumedecer el ambiente se deben abrir las válvulas Y1 y Y2 para el compresor 1, las válvulas Y3 y Y4 para el compresor 2. Este funcionamiento permite conservar la temperatura ambiente, ya que no se está enfriando ni calentando el ambiente, aprovechando de esta manera la energía acumulada en el refrigerante, logrando retirar la humedad del ambiente al pasar el aire por evaporador, condensando las partículas de agua.

En el caso de necesitarse humedecer el ambiente, lo único que se requiere es que el humidificador entre a operar, y que el ventilador esté funcionando.

El diseño del sistema de control deberá tomar en consideración el empleo de un dispositivo (Klimatrol) que es el encargado de chequear las condiciones extremas de temperatura y humedad que pueden ser calibrados por el operador. Este dispositivo al dar sus señales al PLC, hará que éste actúe de acuerdo al programa implementado.

Además, al PLC deberán ingresar las señales de falla de los equipos exteriores de cada uno de los compresores, también las señales de falla de los compresores, y mostrarlos de tal forma que el operador identifique más rápido el tipo de falla.

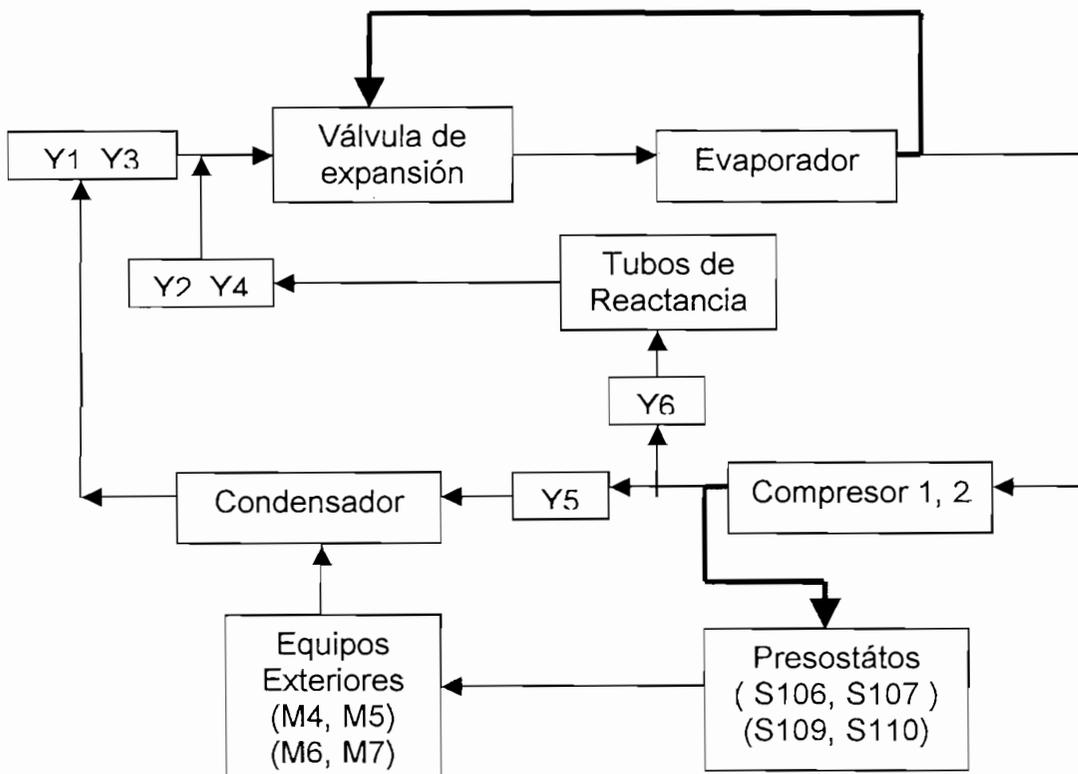


Figura 2.1 Diagrama de bloques del Circuito de Refrigeración.

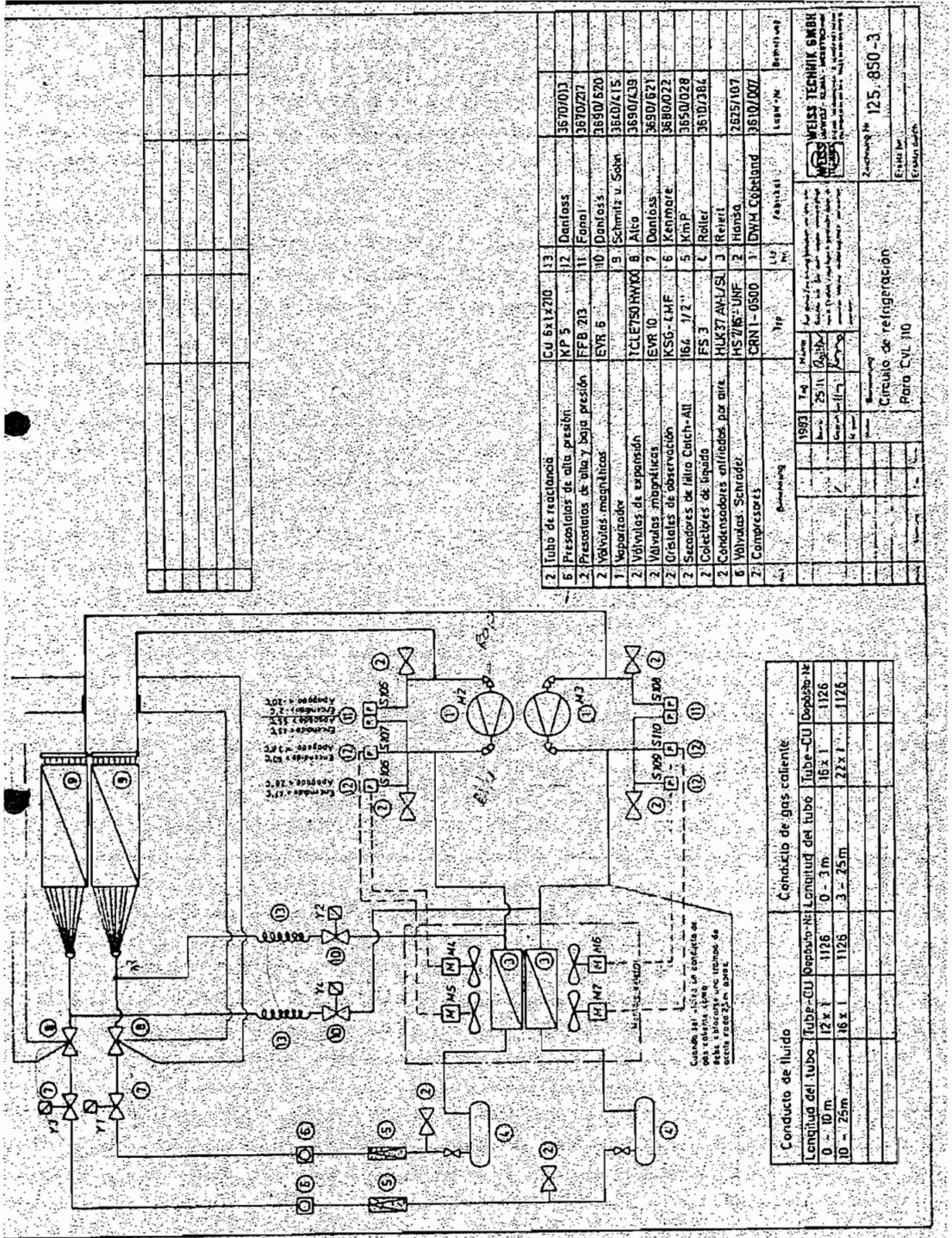


Figura 2.2 Circuito de Refrigeración.

2.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA

Definidas ya las variables de entrada y salida, se procede con el desarrollo del programa. El programa es desarrollado bajo el Concept, que es el software con el cual el PLC adquirido por Andinatel puede ser programado. A continuación en este capítulo se explica la lógica seguida hasta obtener el software del sistema de control.

2.2.1 MODULARIZACIÓN DEL SISTEMA

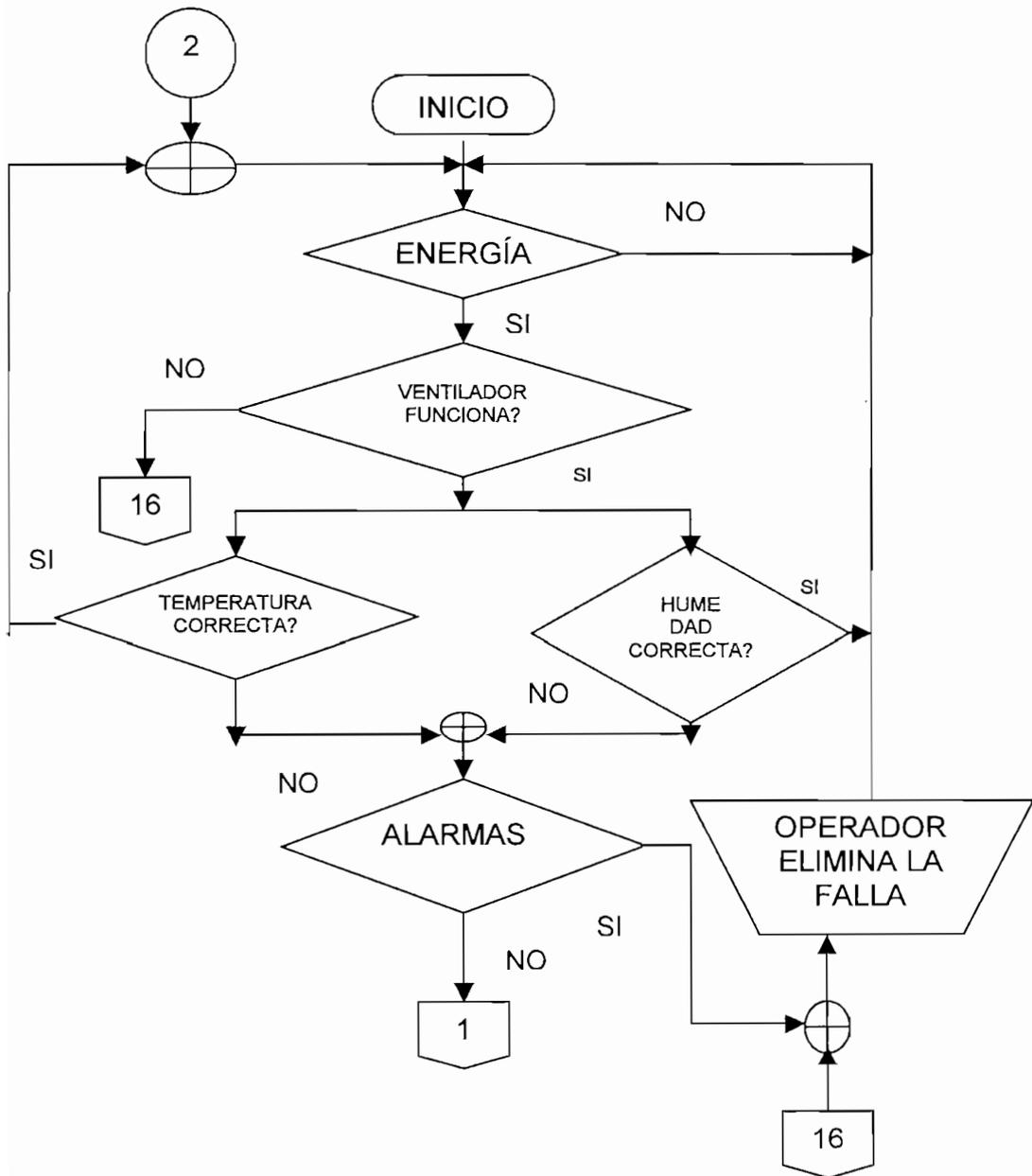
Al programa se lo dividió en diferentes secciones de trabajo, las mismas que fueron creadas de acuerdo al tipo de control que van a realizar, tratando de crear una estructura modular y jerarquía que facilite el desarrollo de los algoritmos pertinentes. De aquí, el programa queda dividido en:

- ☑ Compresores
- ☑ Energía
- ☑ Mando Alternado
- ☑ Humedad
- ☑ Cíclico
- ☑ Funcionamiento Mínimo
- ☑ Alarmas
- ☑ Temperatura

Esta división por secciones, permite además, que cualquier cambio o verificación que se desee realizar, se lo pueda hacer fácilmente.

Durante el desarrollo del programa se vio la necesidad de implementar variables auxiliares con la finalidad de obtener los resultados deseados, las mismas que se muestran con su respectiva descripción, también las variables I/O, lo que permite una fácil manipulación del programa en cualquier momento.

A continuación se muestran los diagramas de flujo y una explicación en lenguaje estructurado del programa principal y de cada una de las secciones que lo conforman, posteriormente se mostrará el programa implementado.



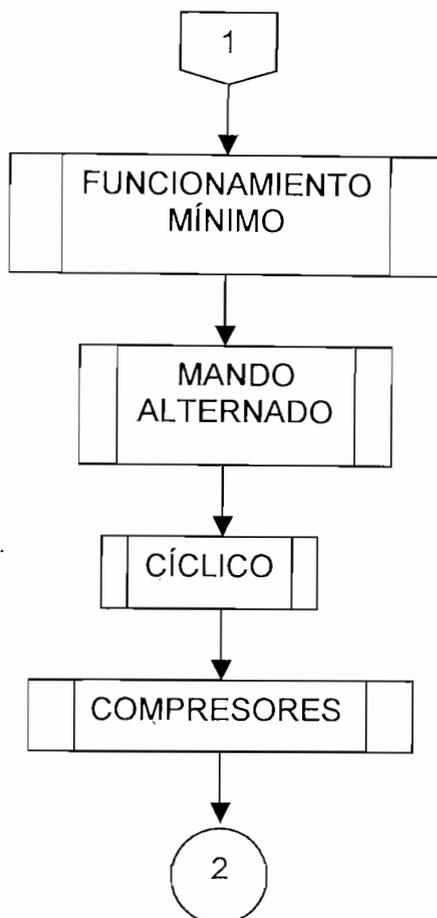


Figura 2.3 Diagrama de flujo del Programa Principal

A continuación, en lenguaje estructurado, se detalla lo que el programa hace en más detalle.

SUBROUTINA ENERGÍA

Ingresar estado de las entradas para el funcionamiento normal.

Leer sensor de red (I2) = 1L

Leer alarma de incendio (I1) = 0L.

Actualizar el estado de la salida correspondiente:

Leer salida del contactor liberador de potencia (K30) = 1L.

Fin de Tarea.

SUBROUTINA VENTILADOR

Leer está el ventilador funcionando(Sensor de banda = 1L) ?

No: Vaya a inicio.

Si: Fin de Tarea.

SUBROUTINA TEMPERATURA CORRECTA

Ingresar el estado de las entradas correspondientes de temperatura de la sala:

Leer Sonda de temperatura (Sonda N1, I10)= 1L

SI: Enfriamiento.

No: Fin de Tarea.

Leer Sonda de temperatura mín. (I5)= 1L

Si: Calentamiento.

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA HUMEDAD

Ingresar el estado de las entradas de la humedad de la sala:

Leer Sonda de humedad (Sonda N2, I11)= 1L

Si: Humedecer.

No: Fin de Tarea.

Leer Sonda de Humedad máx. (I9)= 1L

Si: Deshumedecer.

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA ALARMAS

Ingresar los estados de las entradas de condiciones críticas:

Mostrar las alarmas.

Disparar el contactor liberador de potencia (K30).

Fin de Tarea.

SUBROUTINA OPERADOR ELIMINA LA FALLA

El operador debe eliminar la falla, identificando las causas de la misma.

Fin de Tarea.

SUBROUTINA FUNCIONAMIENTO MÍNIMO

Control del funcionamiento mínimo de los compresores.

Fin de tarea.

SUBROUTINA MANDO ALTERNADO

Control del Mando Alternado de los Compresores.

Fin de tarea.

SUBROUTINA CÍCLICO

Control Cíclico de los compresores.

Fin de tarea.

SUBROUTINA COMPRESORES

Control del funcionamiento de los compresores.

Fin de tarea.

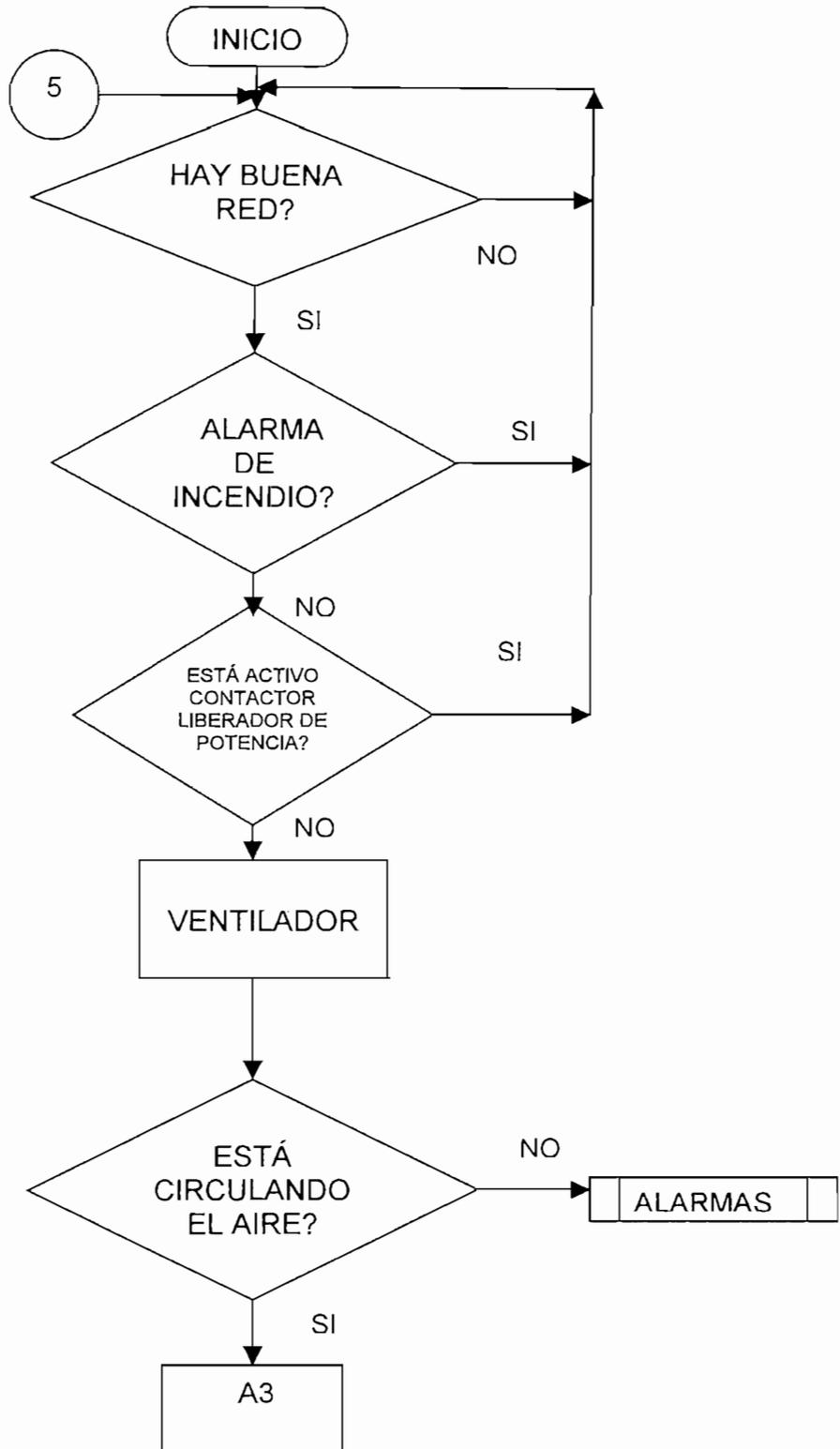


Figura 2.4 Diagrama de Flujo de la Sección Energía.

SUBROUTINA ENERGÍA

Hay buena red? (Leer Sensor de red = 1L)

Si: Hay alarma de incendio?

Si: Ejecutar Sección Alarmas.

No: Se disparó el contactor liberador de potencia (K30)?

Si: Ir a Inicio.

No: Encender Ventilador.

Está circulando el aire? (Cerró el Sensor de banda?)

Si: Activar A3.

No: Ejecutar sección Alarmas.

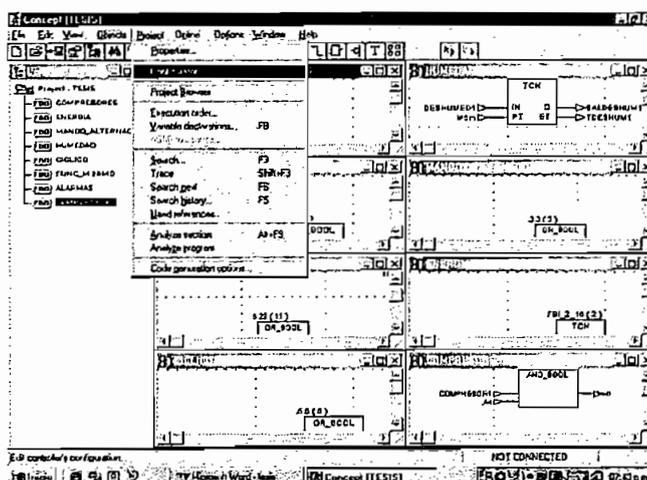
No: Ir a Inicio.

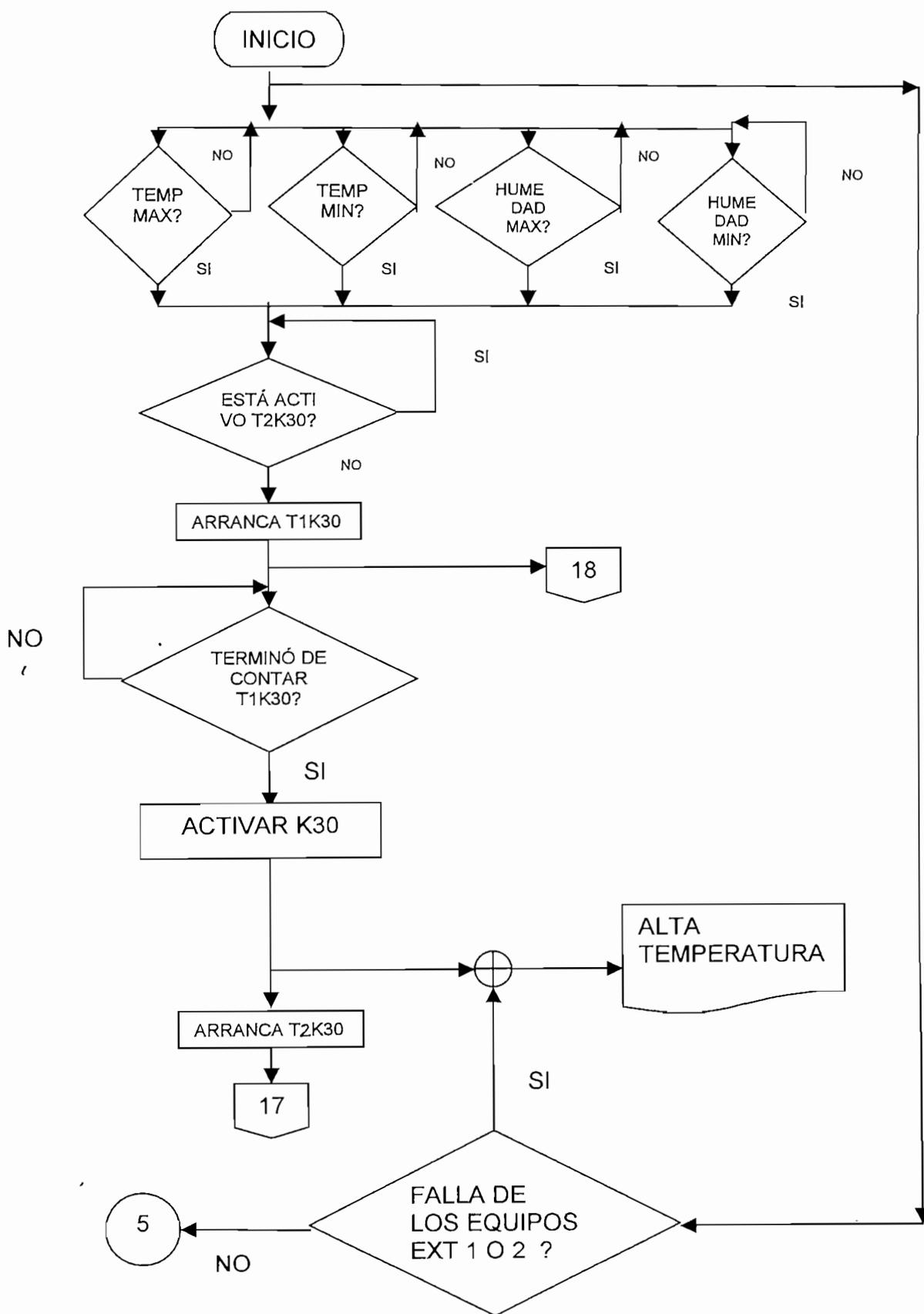
Fin de Tarea.

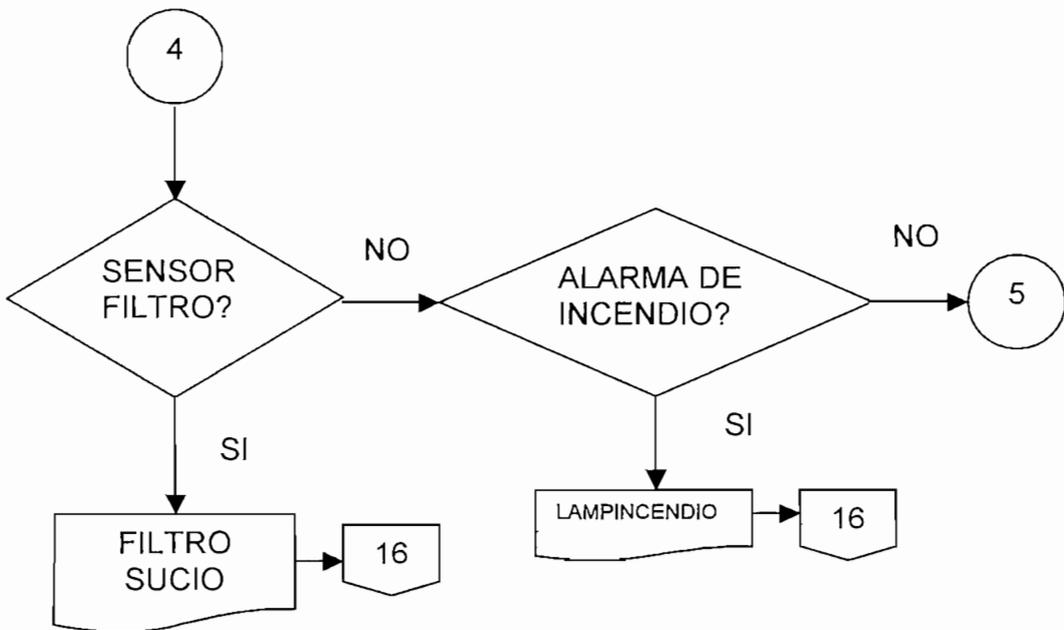
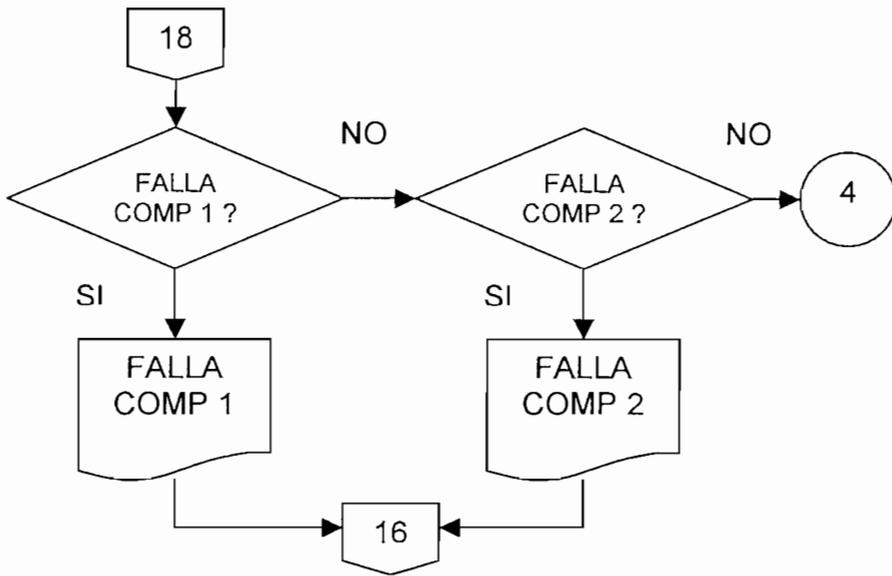
Cabe destacar en la subrutina **Hay Buena Red?** se refiere a las condiciones medidas por el sensor de red, estas son:

- Secuencia de fases de la red.
- Voltaje 3 Ø AC = 230V ± 10 %.

A continuación se muestra una pequeña fracción del programa implementado de la subrutina anteriormente explicada, y es así como se verán cada una de las subrutinas explicadas posteriormente.







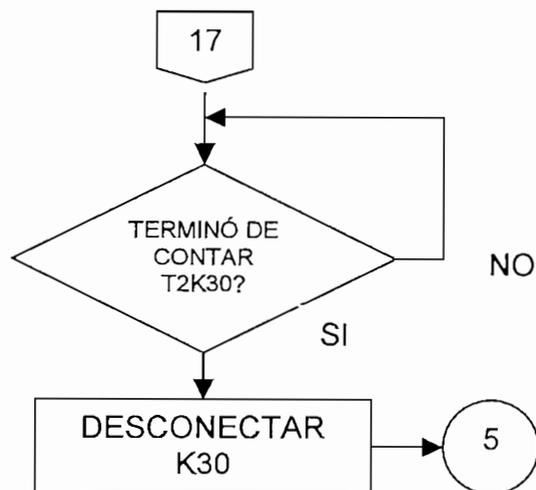


Figura 2.5 Diagrama de Flujo de la Sección Alarmas.

SUBROUTINA TEMPMAX

Ingresar variable de Temperatura máxima de la sala:

Leer Tempsalamax = 1L

Si: Arrancar T1K30

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA TEMPMIN

Ingresar variable de Temperatura mínima de la sala:

Leer Tempsalamin= 1L

Si: Arrancar T1K30

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA HUMEDADMAX

Ingresar variable de Humedad Máxima de la sala:

Leer Humedadmax= 1L

Si: Arrancar T1K30

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA HUMEDADADMIN

Ingresar variable de Humedad mínima en la sala:

Leer Humedadadmin= 1L

Si: Arrancar T1K30

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA TERMINÓ DE CONTAR T1K30?

No: Esperar.

Si: Activar contactor liberador de potencia (K30).

SUBROUTINA TERMINÓ DE CONTAR T2K30?

Si: Desactivar contactor liberador de potencia (K30).

No: Esperar.

SUBROUTINA DESACTIVAR K30

Todo el sistema se reinicia.

SUBROUTINA FALLA DE LOS EQUIPOS EXT 1 O 2?

Ingresar señal de falla de los equipos exteriores.

Leer entrada I14 = 1L:

Si: Encender Lámpara Señalizadora de Alta Temperatura.

No: Fin de Tarea.

Leer entrada I15= 1L:

Si: Encender Lámpara Señalizadora de Alta Temperatura.

No: Fin de Tarea.

SUBROUTINA ALTA TEMPERATURA

Lámpara Señalizadora activada.

Fin de Tarea.

SUBROUTINA FALLA COMP 1

Si: Activar Lámpara Señalizadora de Falla de Compresor 1.

Esperar por el operador.

Fin de Tarea.

No: Es falla del compresor 2?

Si: Activar Lámpara Señalizadora de Falla de Compresor 2.

Esperar por el operador.

No: Sensor filtro está cerrado?

No: Es Alarma de Incendio?

No: Fin de Tarea

Si: Activar Lámpara Señalizadora de Incendio.

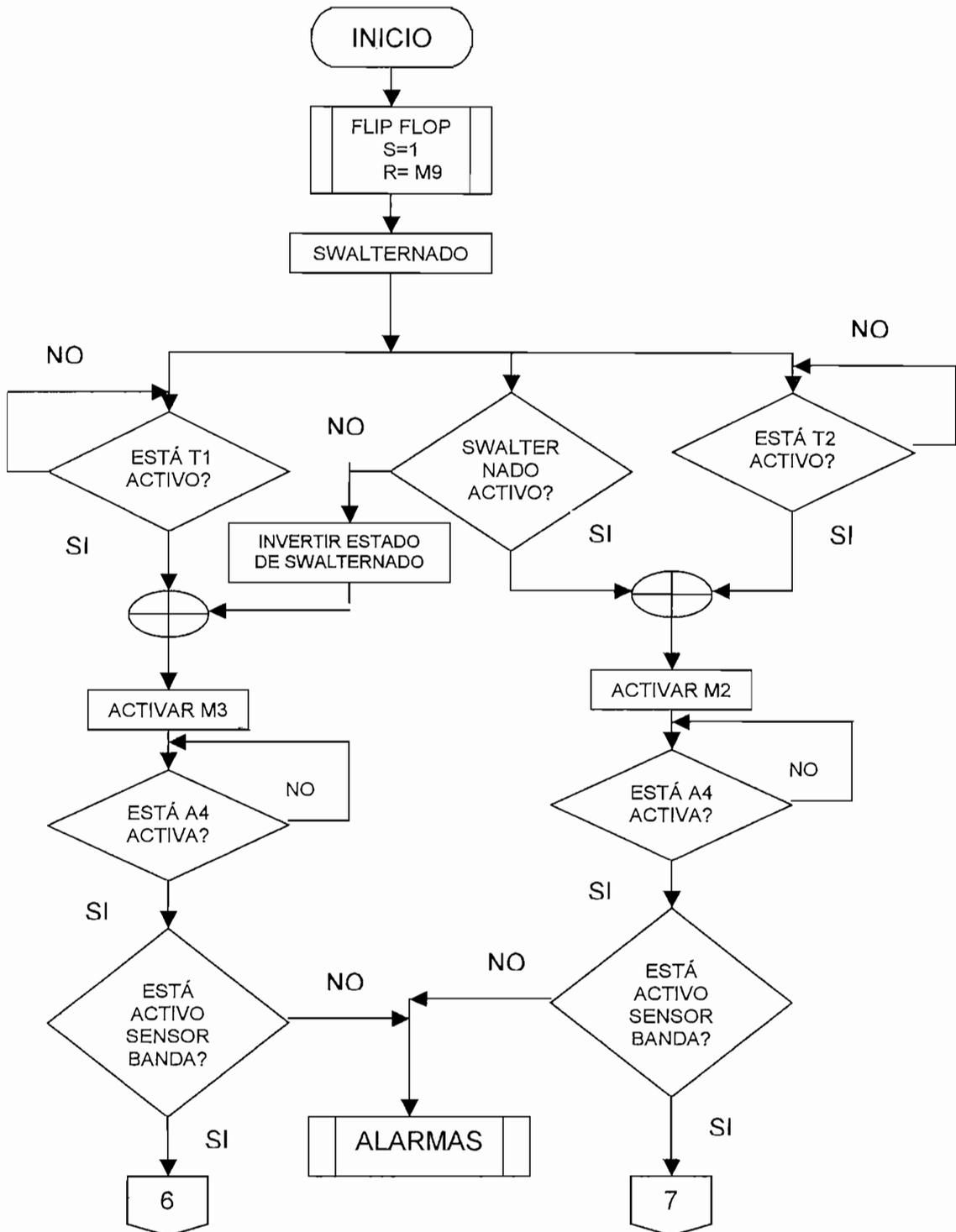
Apagar completamente el equipo.

Esperar Operación Manual.

Si: Encender Lámpara Señalizadora de Filtro Sucio.

Esperar Operación Manual.

Fin de Tarea.



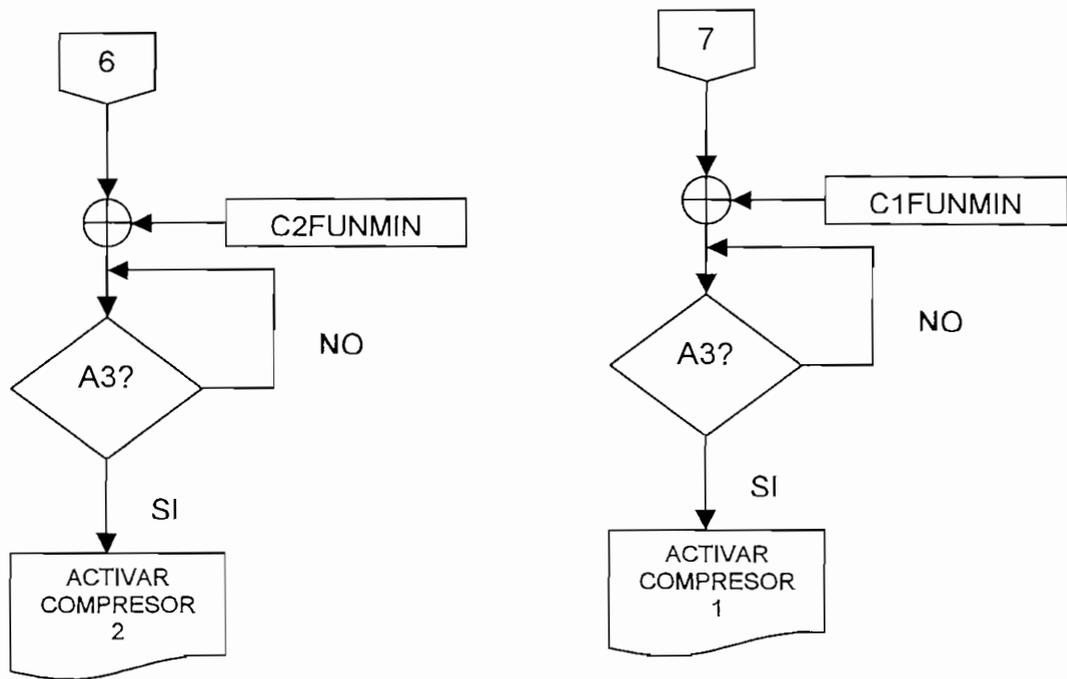


Figura 2.6 Diagrama de Flujo de la Sección Mando Alternado.

SUBROUTINA SWALTERNADO

Está activo SWALTERNADO o T2 ACTIVO ?

Si: Activar M2

Si: Está A4 Activa?

Si: Está cerrado el contacto del Sensor de Banda ?(I3=1L)

No: Ejecutar la Sección Alarmas.

Si: Leer estado de las variable auxiliar C1FUNMIN y
sumar al estado de I3.

Leer: Estado de la variable auxiliar A3=1L?

Si: Activar Compresor 1.

No: Esperar.

No: Esperar.

No: Está T1 activo o la inversión de SWALERNADO = 1L.

Activar M3.

Está la variable auxiliar A4 Activa ?

Si: Está Cerrado Sensor de Banda ?(Leer I3=1L)

No: Ejecutar la Sección Alarmas.

Si: Leer estado de las variable auxiliar C2FUNMIN

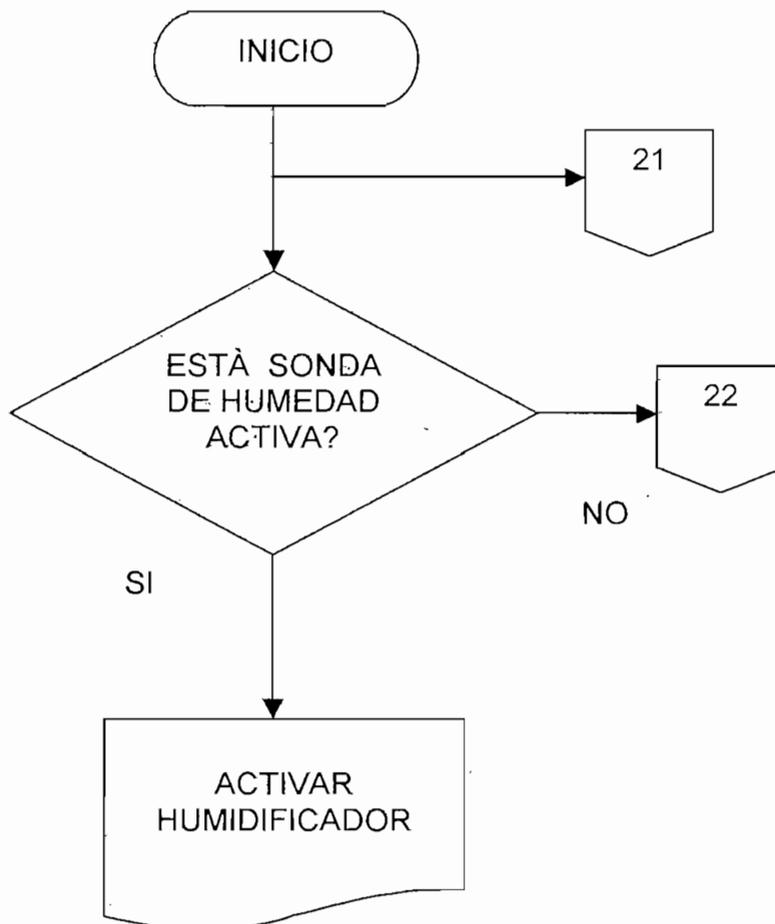
y sumar al estado anterior.

Leer estado de la variable auxiliar A3=1L?

Si: Activar Compresor 2,

No: Esperar.

No: Esperar.



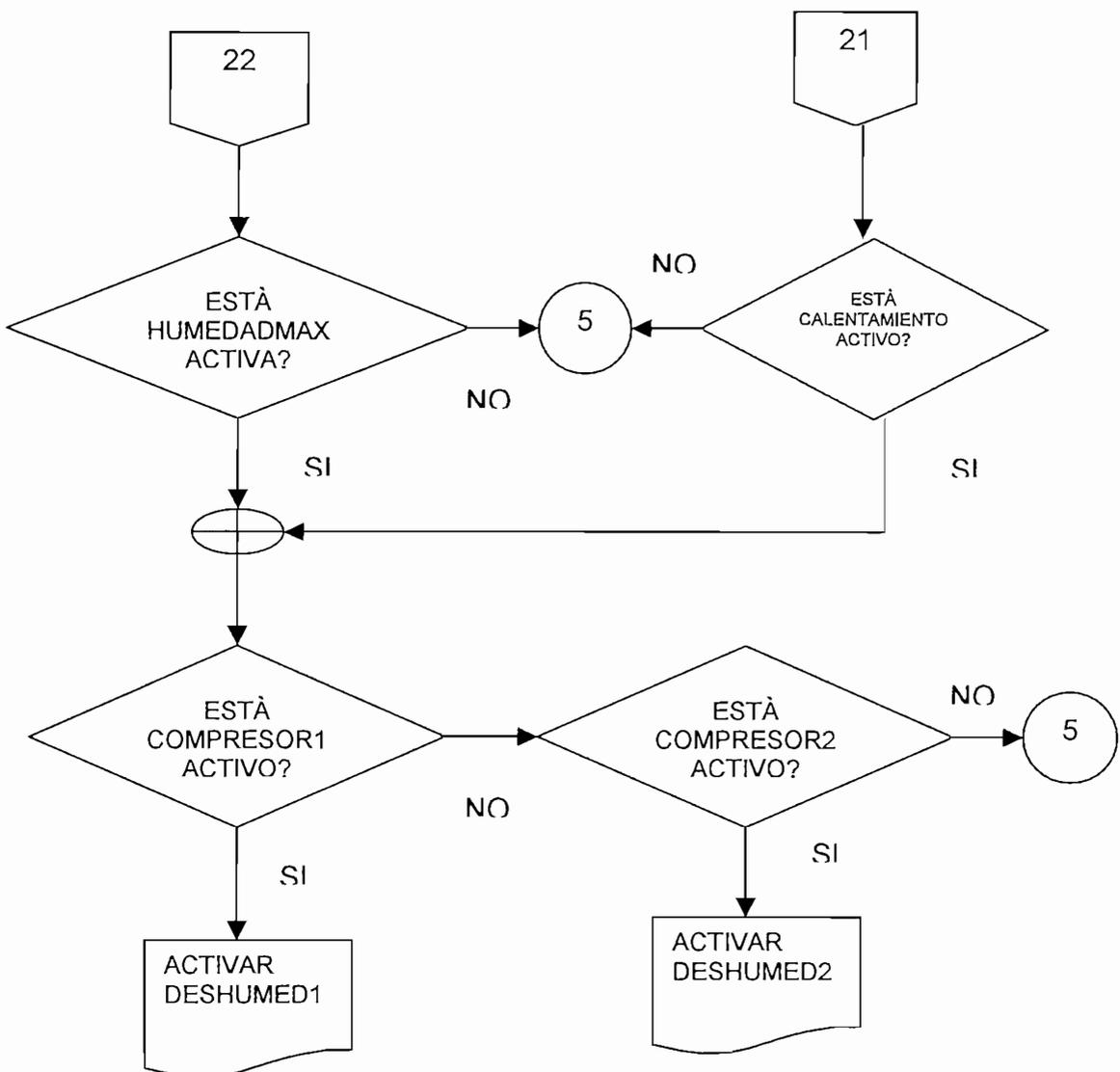


Figura 2.7 Diagrama de Flujo de la Sección Humedad.

SUBROUTINA ACONDICIONAMIENTO DE LA HUMEDAD EN LA SALA:

Está cerrado el contacto de la Sonda de humedad? (Sonda N2, Leer I8= 1L)

Si: Encender humidificador.

No: Está cerrado el contacto de la Sonda de Humedad máx. o la variable de Calentamiento activa? (Leer I9= 1L o la variable de Calentamiento)

Si: Compresor 1 activo?

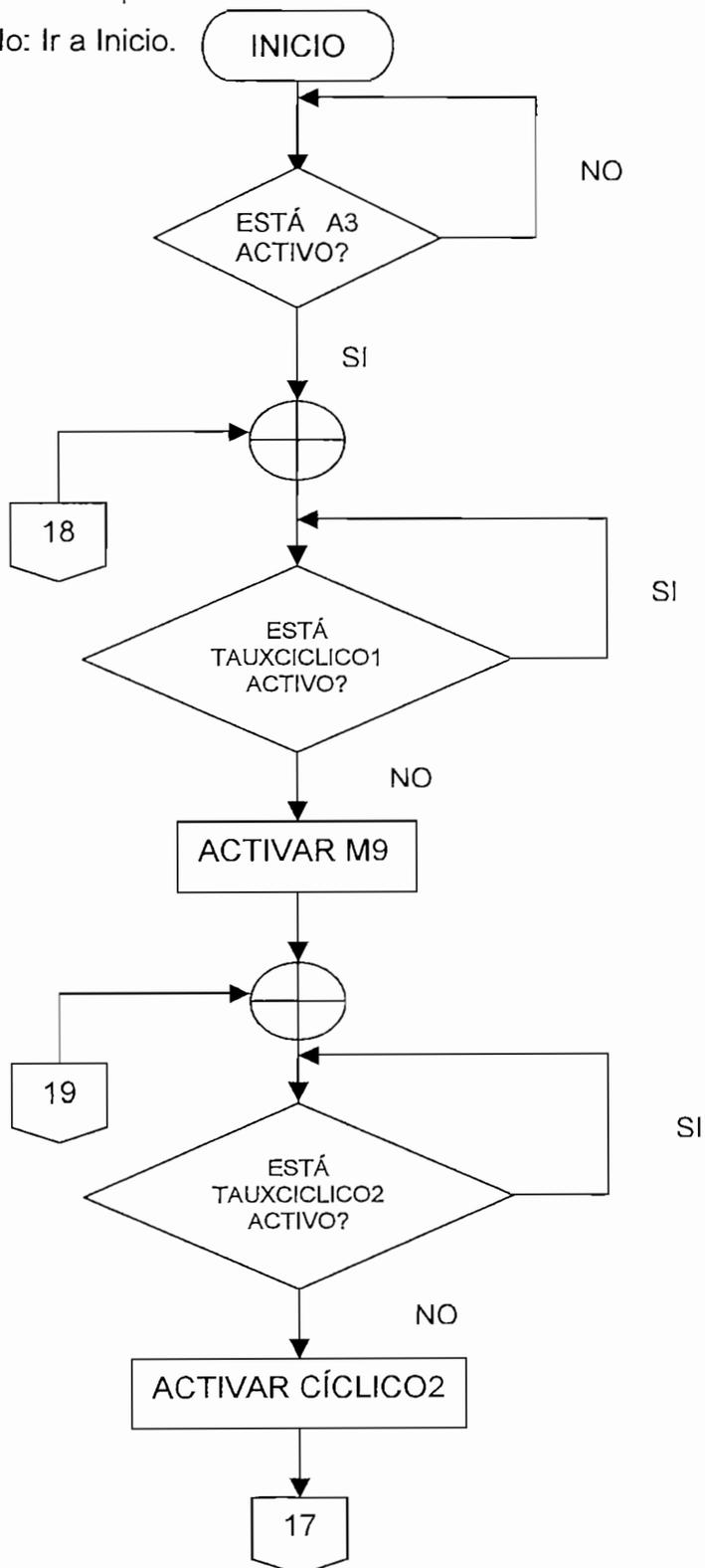
Si: Accionar Y1, Y2 y la variable DESHUMED1 para deshumedecer con el compresor 1.

No: Fin de Tarea.

No: Compresor 2 activo?

Si: Accionar Y3, Y4 y DESHUMED2 para deshumedecer con el compresor 2.

No: Ir a Inicio.



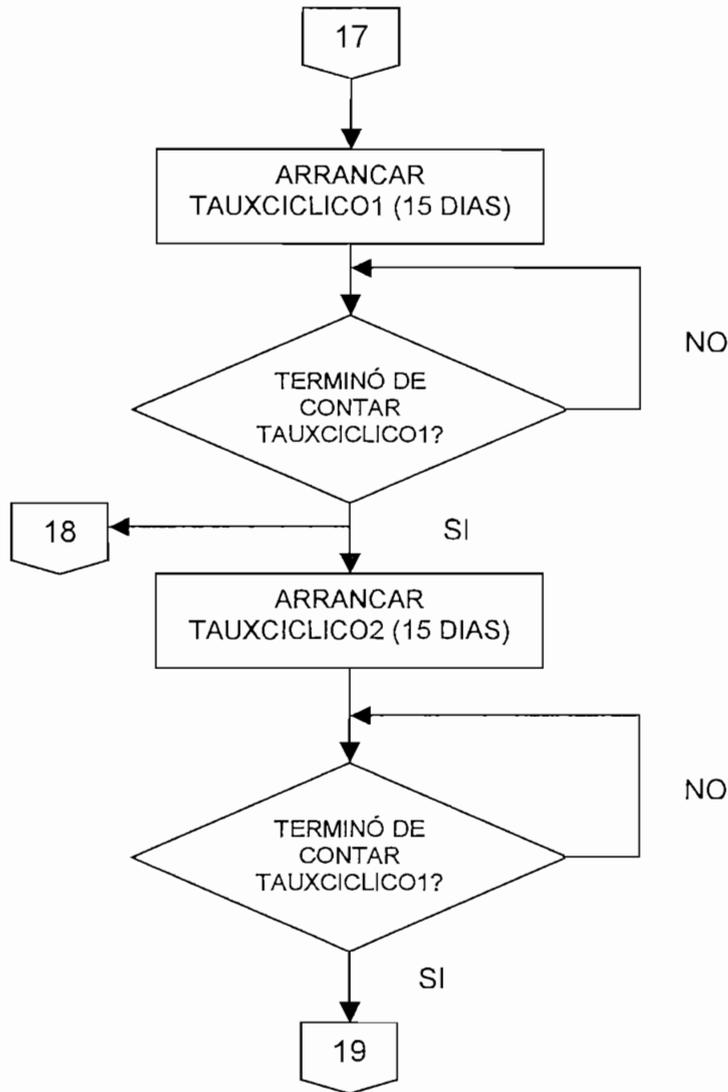


Figura 2.8 Diagrama de Flujo de la Sección Cíclico.

SUBROUTINA CÍCLICO

Está A3 Activo?

No: Esperar.

Si: Sumar el estado de TAUXCICLICO2

Está activa TAUXCICLICO1?

Si: Esperar.

No: Activar M9.

Sumar el estado de TAUXCICLICO2.

Está TAUXCICLICO2 activo?

Si: Esperar.

No: Activar Ciclico2.

Arrancar TAUXCICLICO1 (15 días).

Terminó de contar TAUXCICLICO1?

No: Esperar.

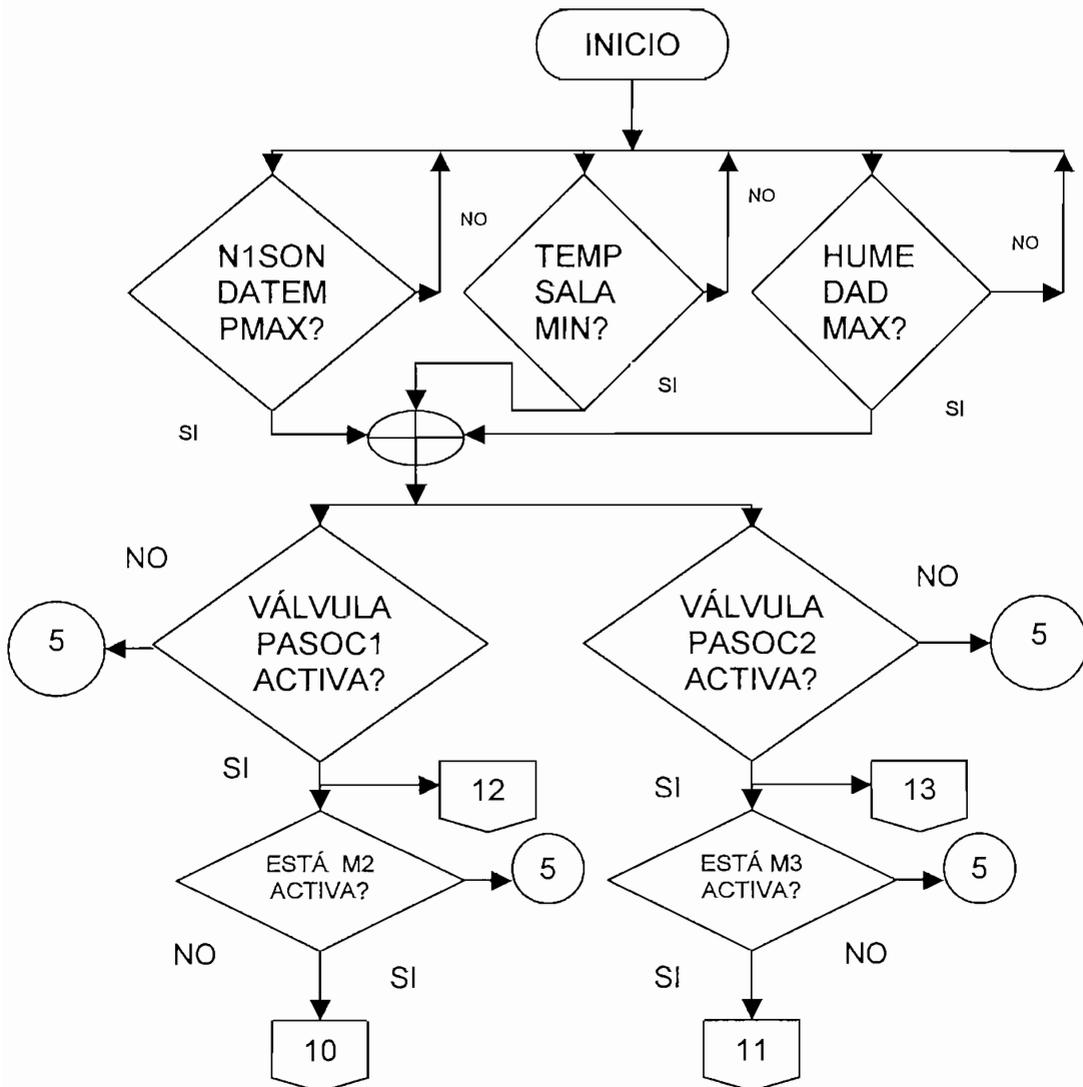
Si: Sumar al estado de M9

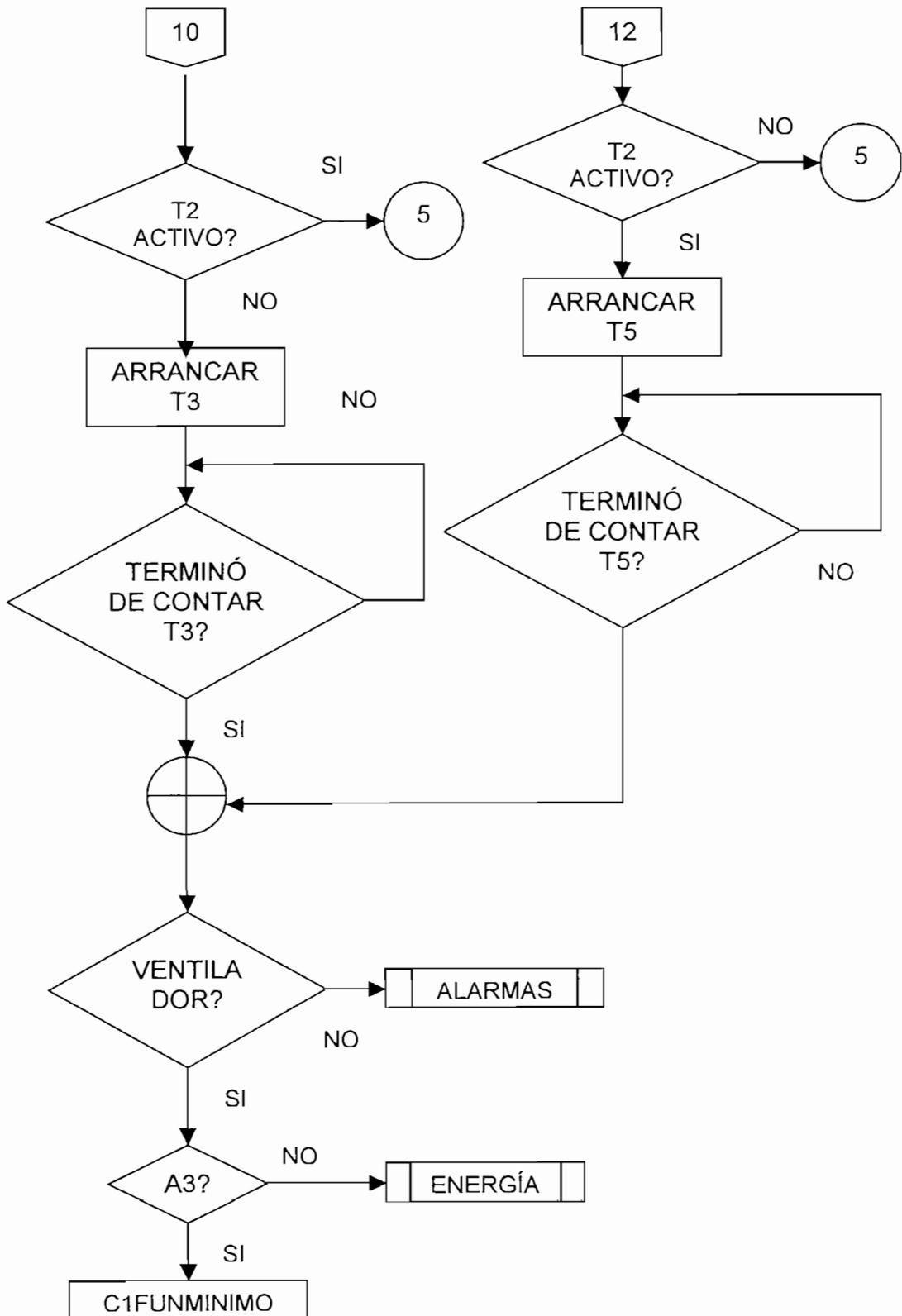
Arrancar TAUXCICLICO2.

Terminó de contar TAUXCICLICO2?

No: Esperar.

Si: Sumar al estado de A3.





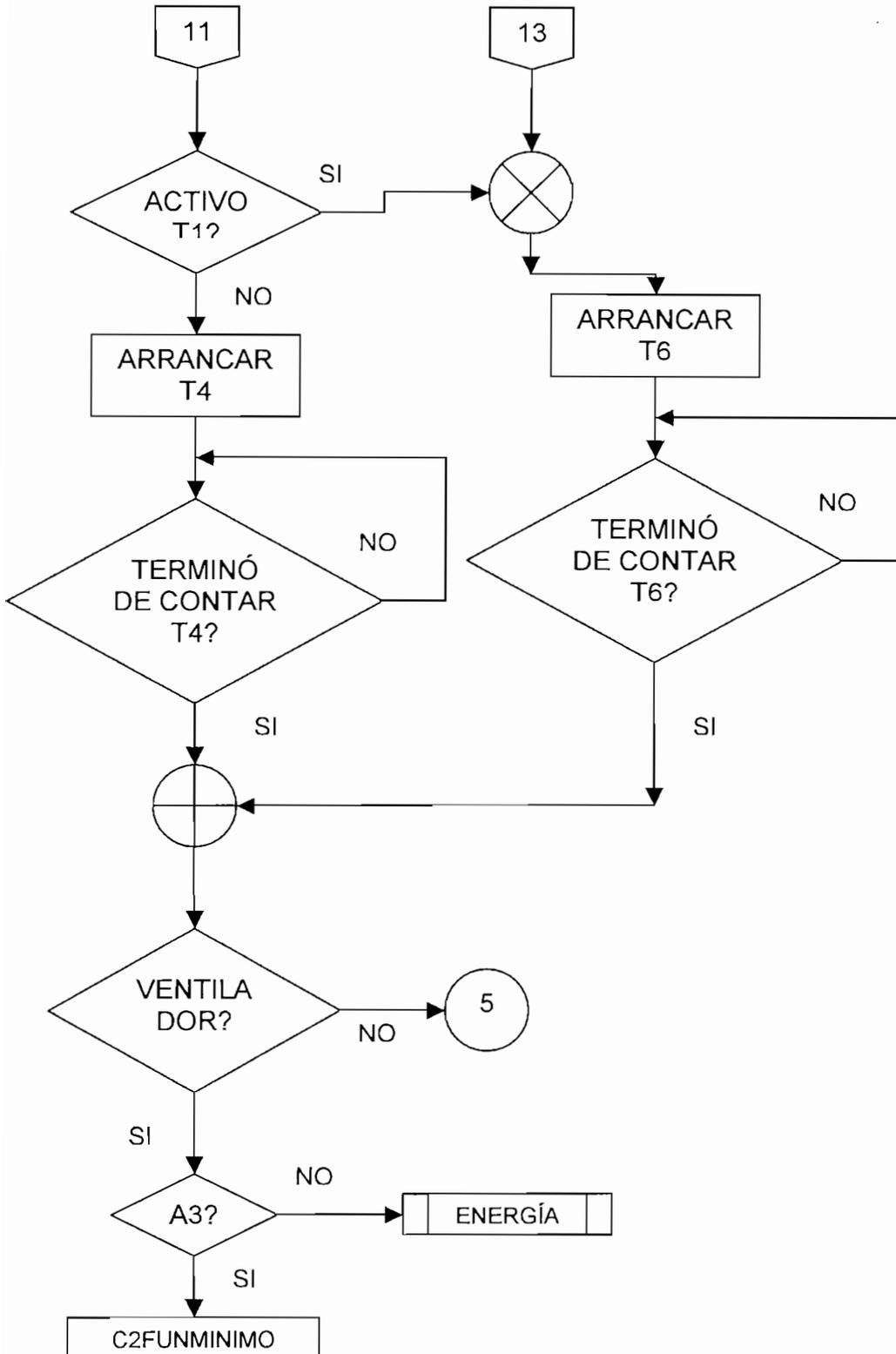


Figura 2.9 Diagrama de Flujo de la Sección Funcionamiento Mínimo.

Están las entradas N1SONDATEMPMAX (I10),TEMPSALAMIN (I5) o HUMEDADMAX (I9) en 1L?

Si las variables:

Leer: VALVPASOC1= 1L

Leer: M2 = 1L

Leer: T2 = 0L

Entonces :

Arrancar temporizador T3.

Si T3 terminó de contar:

Leer: La salida del Ventilador = 1L

Leer: La variable auxiliar A3 = 1L

Entonces:

Activar la variable de salida C1FUNMIN.

Caso contrario:

Esperar.

Caso contrario:

Si: Las variables:

Leer: VALVPASOC1= 1L

Leer: T2 = 1L

Entonces:

Arrancar temporizador T5.

Si T5 terminó de contar:

Leer La salida del Ventilador = 1L

Leer La variable auxiliar A3 = 1L

Entonces:

Activar la variable de salida C1FUNMINIMO.

Caso contrario:

Esperar.

Si las variables:

Leer VALVPASOC2= 1L

Leer A12 = 1L

Leer M3 = 1L

Leer T1 = 0L

Entonces :

Arrancar temporizador T4.

Si T4 terminó de contar:

Leer la salida del Ventilador = 1L

Leer la variable auxiliar A3 = 1L

Entonces:

Activar la variable de salida C2FUNMINIMO.

Caso contrario:

Esperar.

Caso contrario:

Si las variables:

Leer VALVPASOC1= 1L

Leer T1 = 1L

Entonces:

Arrancar temporizador T6.

Si T6 terminó de contar:

Leer La salida del Ventilador = 1L

Leer La variable auxiliar A3 = 1L

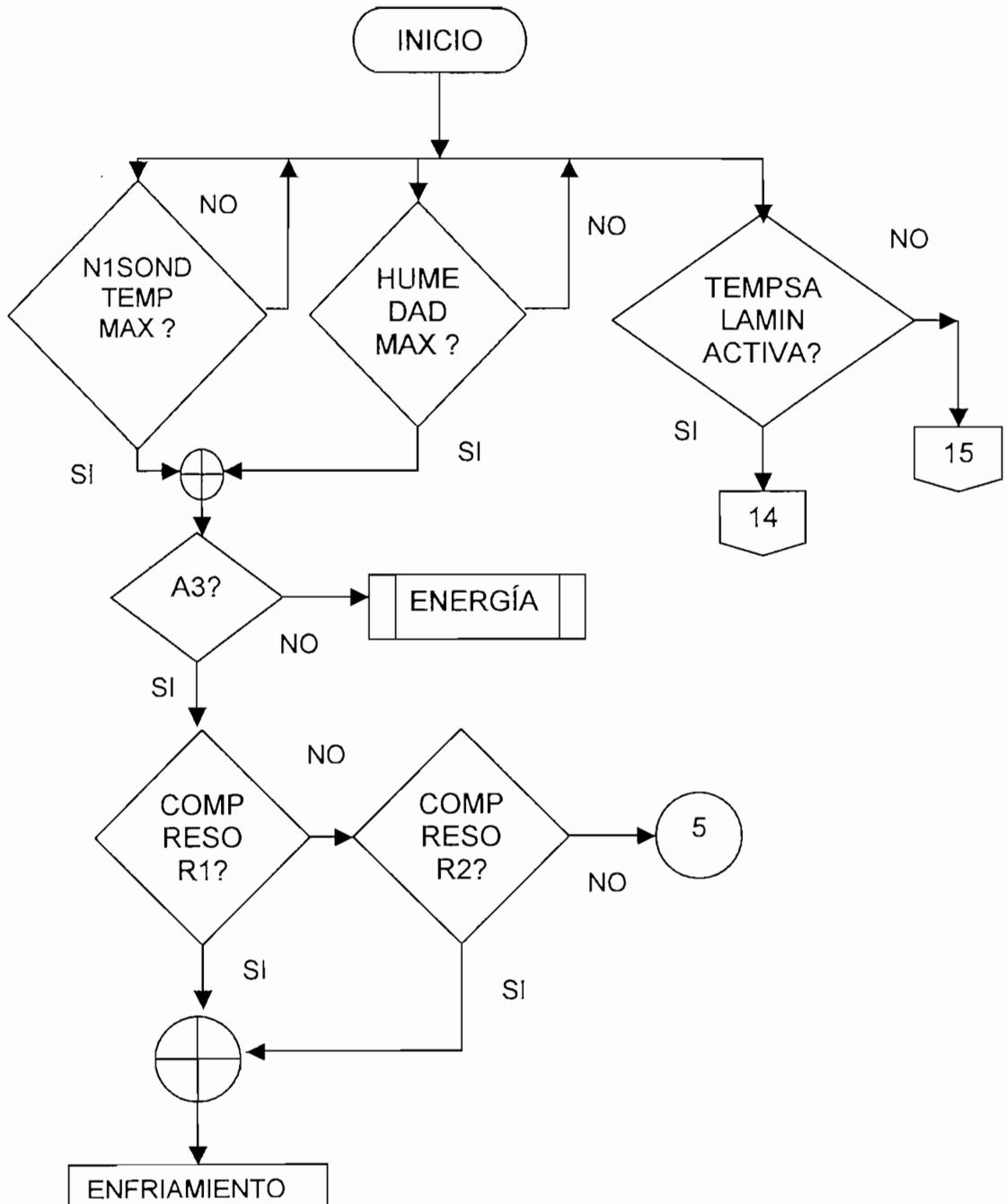
Entonces:

Activar la variable de salida C2FUNMINIMO.

Caso contrario:

Esperar.

Fin de Tarea.



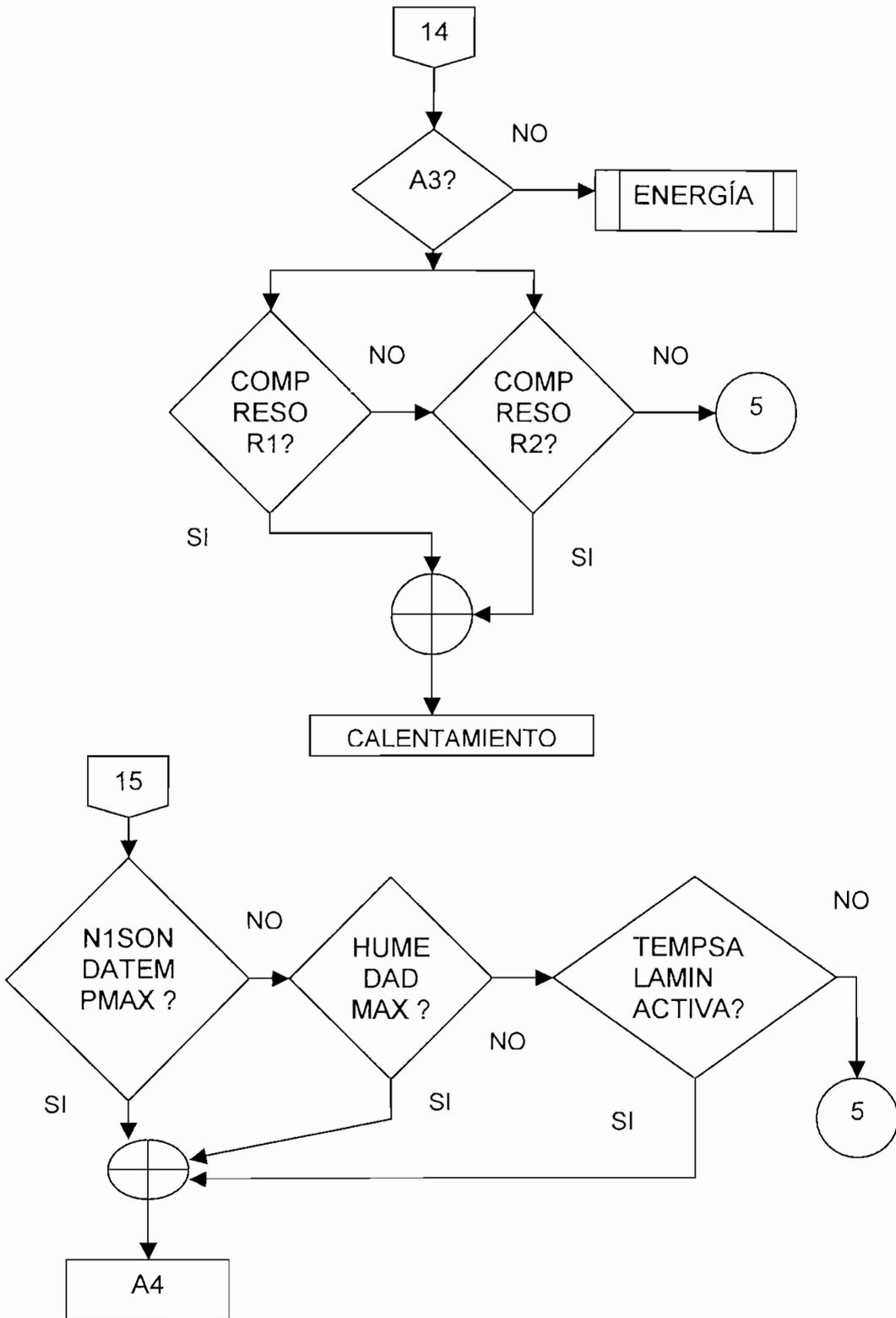


Figura 2.10 Diagrama de Flujo de la Sección Temperatura.

Si el estado de las variables es:

Leer N1SONDATEMPMAX (I10) = 1L

Leer HUMEDADMAX (I9) = 1L

Leer A3 = 1L

Leer La salida del compresor 1 = 1L

Entonces:

Activar la salida ENFRIAMIENTO.

Caso contrario:

Si el estado de las variables es: Leer N1SONDATEMPMAX (I10) = 1L

Leer HUMEDADMAX (I9) = 1L

Leer A3 = 1L

Leer la salida del compresor 2 = 1L

Entonces:

Activar la salida ENFRIAMIENTO.

Caso contrario:

Fin tarea.

Si : Leer la entrada de TEMPSALAMIN = 1L

Leer variable auxiliar A3 = 1L

Leer la salida del compresor 1= 1L

Entonces:

Activar la salida CALENTAMIENTO.

Caso contrario:

Si: Leer si la variable auxiliar A3 = 1L

Leer la salida del compresor 2= 1L

Entonces:

Activar la salida CALENTAMIENTO.

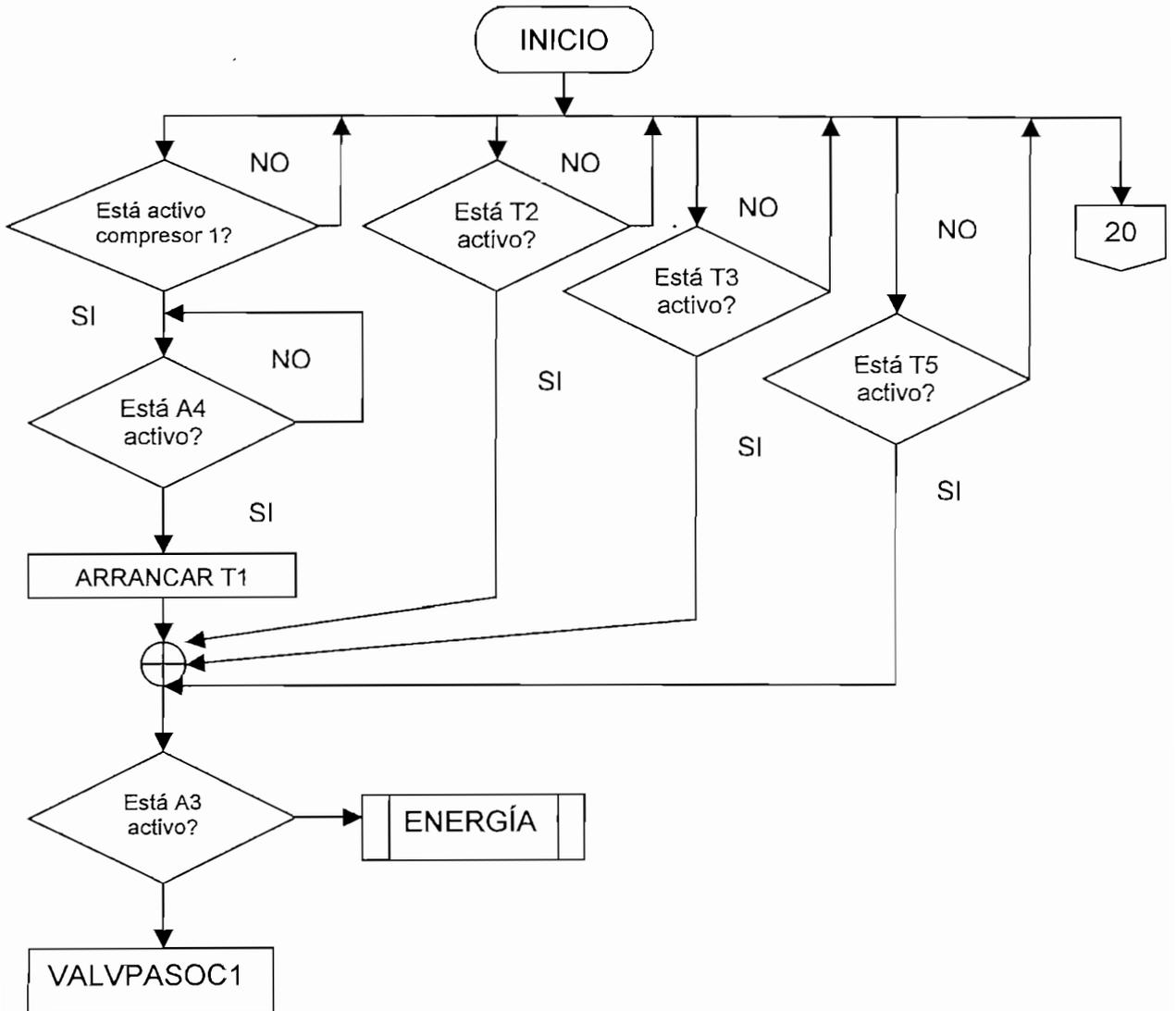
Caso contrario:

Leer: Si las entradas N1SONDATEMPMAX (I10), HUMEDADMAX
(I9) o TEMPSALAMIN (I5) = 1L

Entonces:

Leer: Activar la variable auxiliar A4 = 1L .

Fin de Tarea.



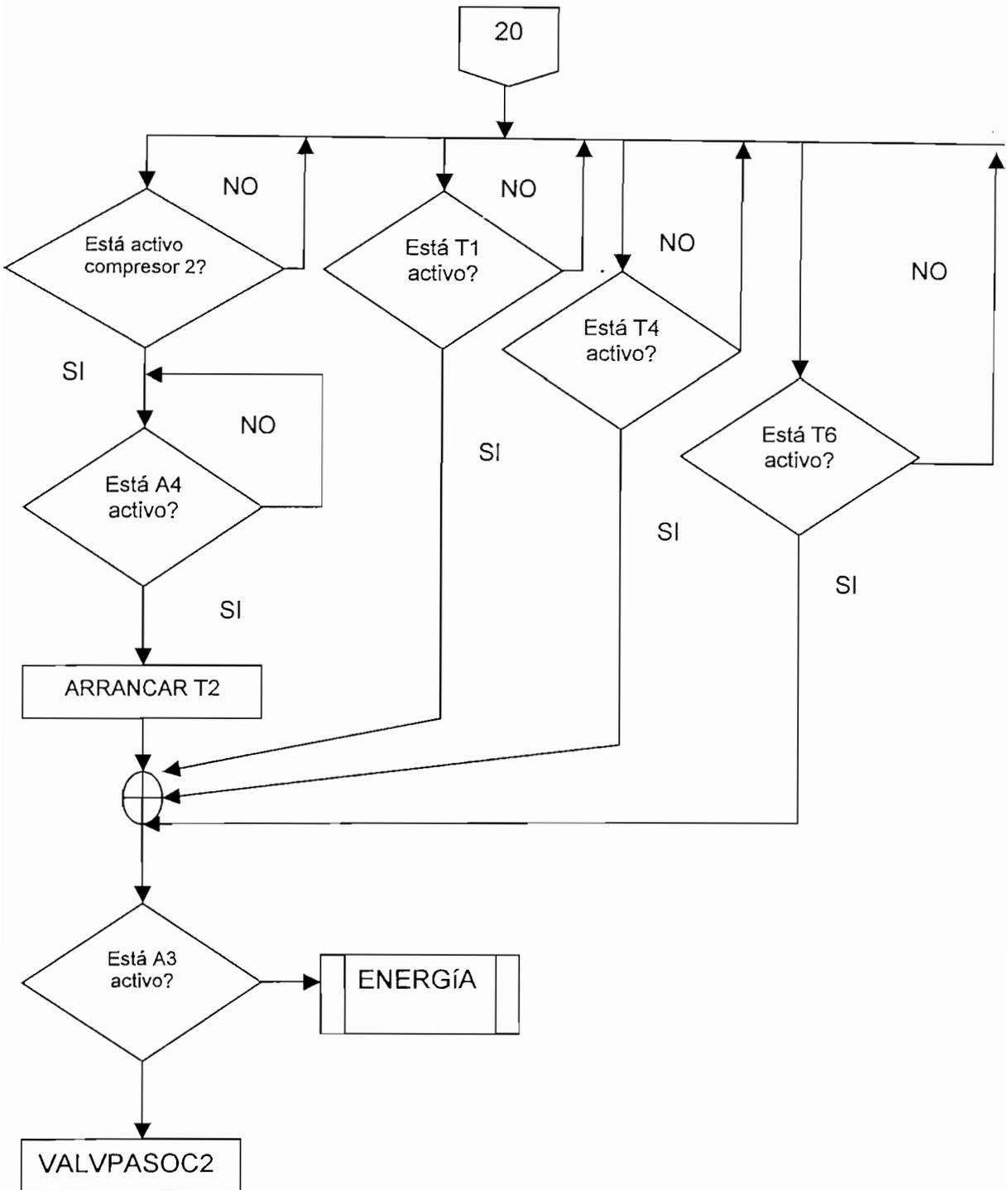


Figura 2.11 Diagrama de Flujo de la Sección Compresores.

Está el compresor 1 activo?

Si: Está activo A4?

No: Esperar.

Si: Arrancar T1.

Sumar el estado de T2, T3 o T5.

Está activo A3?

No: Ejecutar sección Energía.

Si: Activar VALVPASOC1.

No: Ir a Inicio.

Está el compresor 2 activo?

Si: Está activo A4?

No: Esperar.

Si: Arrancar T2.

Sumar el estado de T1, T4 o T6.

Está activo A3?

No: Ejecutar sección Energía.

Si: Activar VALVPASOC2.

No: Ir a Inicio.

A continuación en la Tabla 2.1 se muestra una lista de las variables de salida y entrada que intervienen en el programa implementado. Cabe indicar que el programa desarrollado se muestra en el ANEXO N°2.

| NOMBRE DE LA VARIABLE | DIRECCIÓN | COMENTARIO |
|------------------------------|------------------|-------------------------------|
| COMPRESOR1 | 0:1 | SALIDA PARA EL COMPRESOR 1 |
| FALLACOMP1 | 0:2 | LÁMPARA FALLA DEL COMPRESOR 1 |
| COMPRESOR2 | 0:5 | SALIDA PARA EL COMPRESOR 2 |
| FALLACOMP2 | 0:6 | LÁMPARA FALLA DEL COMPRESOR 2 |

| NOMBRE DE LA VARIABLE | DIRECCIÓN | COMENTARIO |
|-----------------------|-----------|--|
| VALVPASOC1 | 0:10 | VÁLVULA DE PASO DEL COMPRESOR 1 |
| VALVPASOC2 | 0:11 | VÁLVULA DE PASO DEL COMPRESOR 2 |
| DESHUMED1 | 0:12 | VÁLVULA DE BYPASS DE AIRE CALIENTE |
| DESHUMED2 | 0:13 | VÁLVULA DE BYPASS DE AIRE CALIENTE |
| CALENTAMIENTO | 0:14 | VÁLVULA QUE PERMITE EL CALENTAMIENTO AL ABRIRSE CON UN BYPASS |
| ENFRIAMIENTO | 0:15 | VÁLVULA QUE PERMITE EL ENFRIAMIENTO |
| VENTILADOR | 0:16 | VENTILADOR QUE PERMITE LA CIRCULACIÓN DEL AIRE DENTRO DE LA SALA. |
| ALTATEMPERATURA | 0:17 | LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN DE ALTA TEMPERATURA |
| K30 | 0:19 | CONTACTOR LIBERADOR DE POTENCIA CUANDO EL EQUIPO HA TRABAJADO EN ALTA TEMPERATURA. |

| NOMBRE DE LA VARIABLE | DIRECCIÓN | COMENTARIO |
|-----------------------|-----------|---|
| 1FUNMINIMO | 0:20 | CONTACTOR DE FUCIONAMIENTO MÍNIMO DEL COMPRESOR 1 |
| HUMIDIFICADOR | 0:21 | CONTACTOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL HUMIDIFICADOR |
| C2FUNMINIMO | 0:22 | CONTACTOR PARA EL FUNCIONAMIENTO MÍNIMO DEL COMPRESOR 2 |
| FILTROLAMP | 0:23 | LÁMPARA DE FILTRO SUCIO |
| LAMPINCENDIO | 0:24 | DA LA SEÑALIZACIÓN DE ALARMA DE INCENDIO |
| ALARMAINCENDIO | 1:1 | ENTRADA PARA APAGAR EL EQUIPO EN CASO DE INCENDIO |
| SENSORRED | 1:2 | INDICADOR DE ADECUADA CALIDAD DE RED |

| NOMBRE DE LA VARIABLE | DIRECCIÓN | COMENTARIO |
|-----------------------|-----------|---|
| SENSORBANDA | 1:3 | INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR DE LA SALA |
| SENSORFILTRO | 1:4 | INDICADOR DEL ESTADO DEL FILTRO |
| TEMPSALAMIN | 1:5 | INDICADOR DE TEMPERATURA BAJA EN LA SALA (KLIMATROL) |
| TEMPSALMAX | 1:6 | INDICADOR DE TEMPERATURA MAX EN LA SALA (KLIMATROL) |
| HUMEDADADMIN | 1:8 | INDICADOR DE HUMEDAD MÍNIMO (KLIMATROL) |
| HUMEDADMAX | 1:9 | INDICADOR DE HUMEDAD MÁXIMO (KLIMATROL) |
| N1SONDATEMPMAX | 1:10 | SONDA DE TEMPERATURA |
| N2SONDAHUMEDAD | 1:11 | SONDA DE HUMEDAD |
| FALLAC1 | 1:12 | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL COMPRESOR 1 |
| FALLAC2 | 1:13 | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL COMPRESOR 2 |
| FALLAEQUIPOEXT1 | 1:14 | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL EQUIPO EXTERIOR1 |
| FALLAEQUIPOEXT2 | 1:15 | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL EQUIPO EXTERIOR 2 |

Tabla 2.1 Variables de Entrada y Salida.

2.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y MODIFICACIONES AL CIRCUITO DE FUERZA

El diseño de los circuitos de control se realizó sobre la base de las variables de entrada y salida que lograrán que el programa implementado cumpla su objetivo.

A continuación se describe brevemente los planos implementados en el trabajo desarrollado y posteriormente se muestran los planos propiamente dichos.

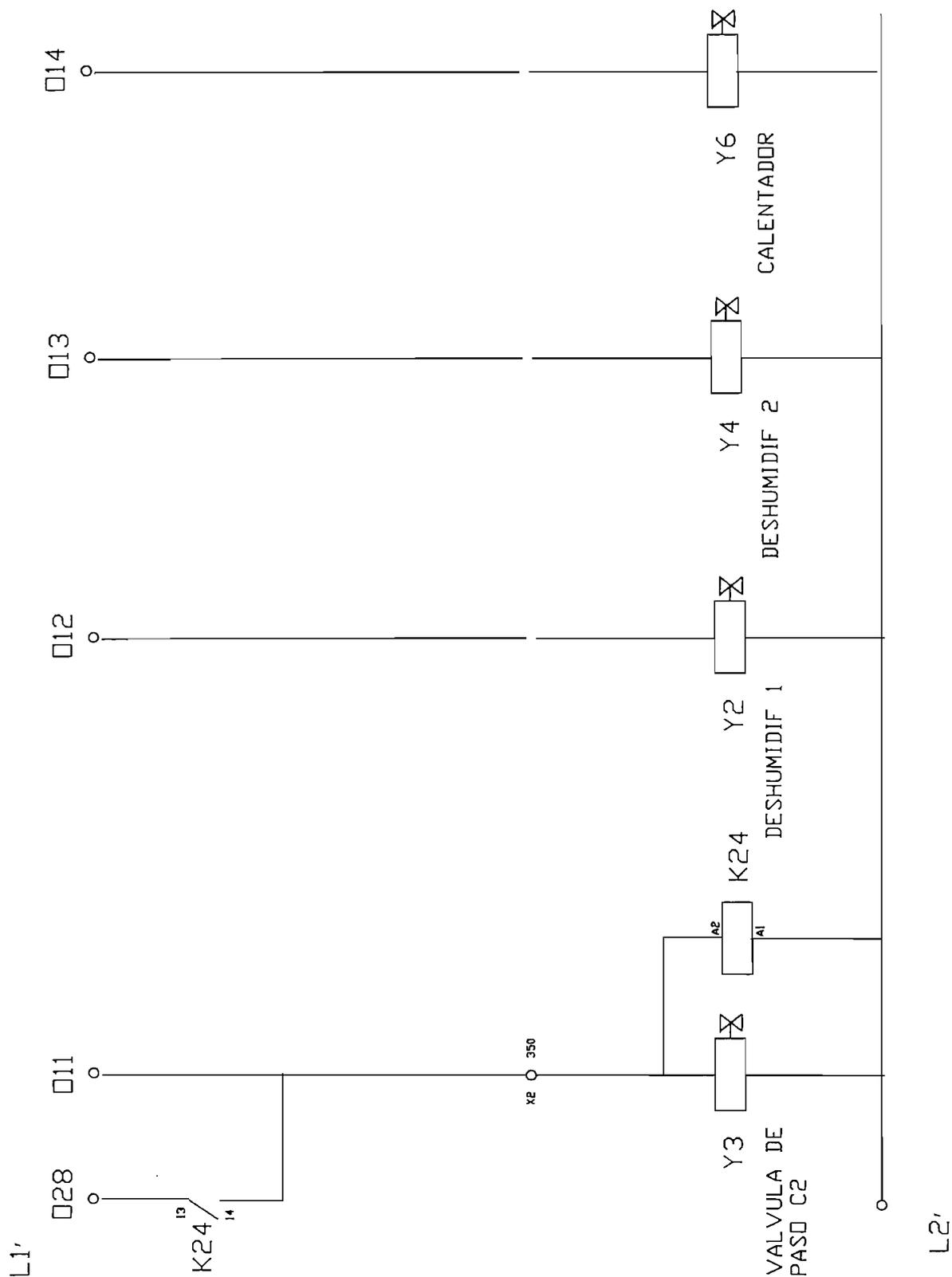
- ☑ El primer plano corresponde a las variables de entrada que intervienen en el programa implementado.

- ☑ En los planos de los circuitos de control se muestra todas las variables de salida, también se muestran los sensores de alta y baja presión en serie con los compresores y un contactor en paralelo con el sensor de baja presión, con la finalidad de dar un tiempo de funcionamiento mínimo a los compresores para evitar el deterioro de los mismos, además se muestra los contactores auxiliares que intervienen en el control del sistema de climatización.

- ☑ Los planos de los circuitos de fuerza muestran los equipos de alta potencia con sus respectivas protecciones y contactores de mando.

2.3.1 PLANO DE LAS VARIABLES DE ENTRADA

2.3.2 PLANOS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

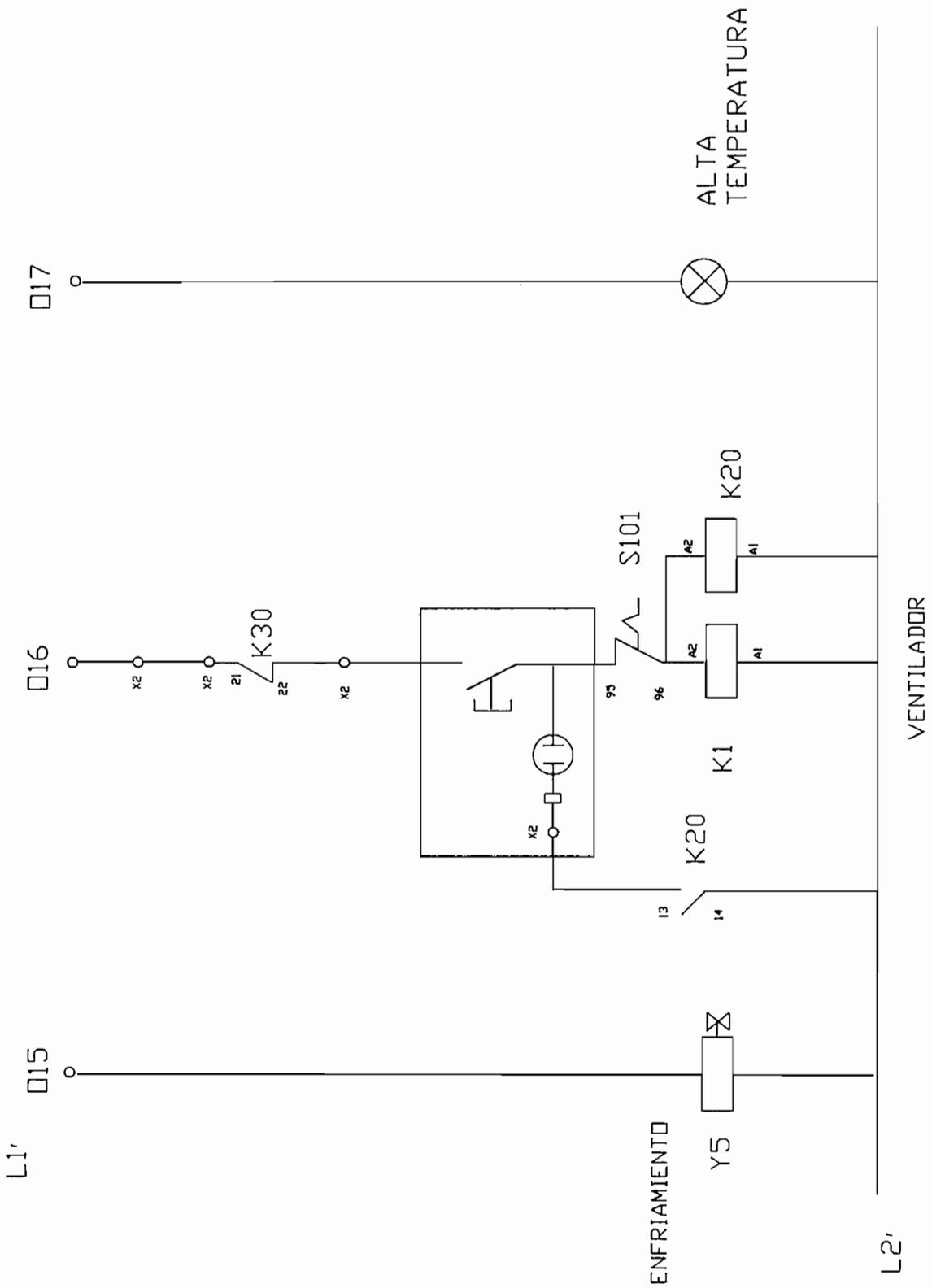
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los circuitos de control



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

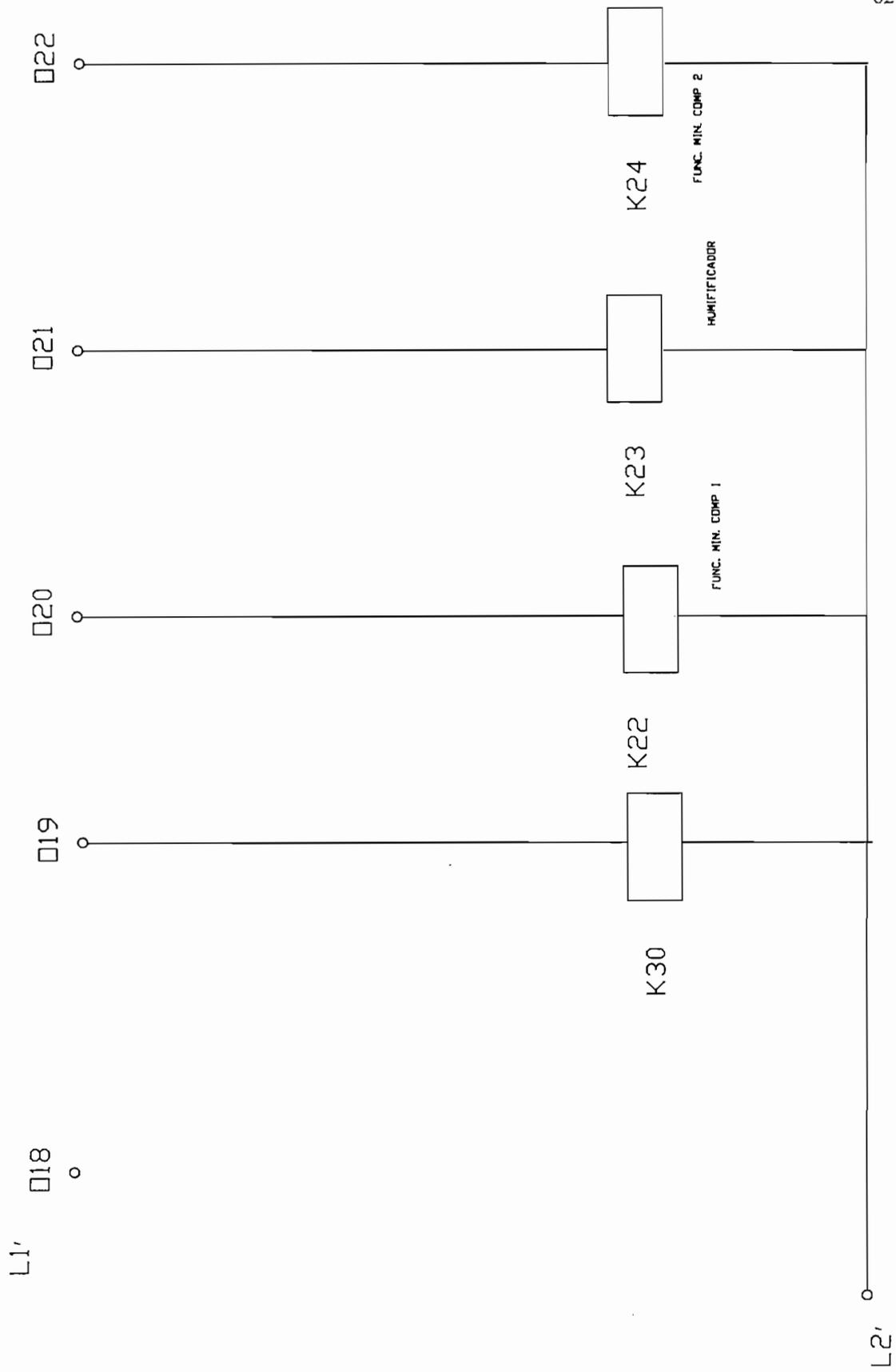
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los circuitos de control



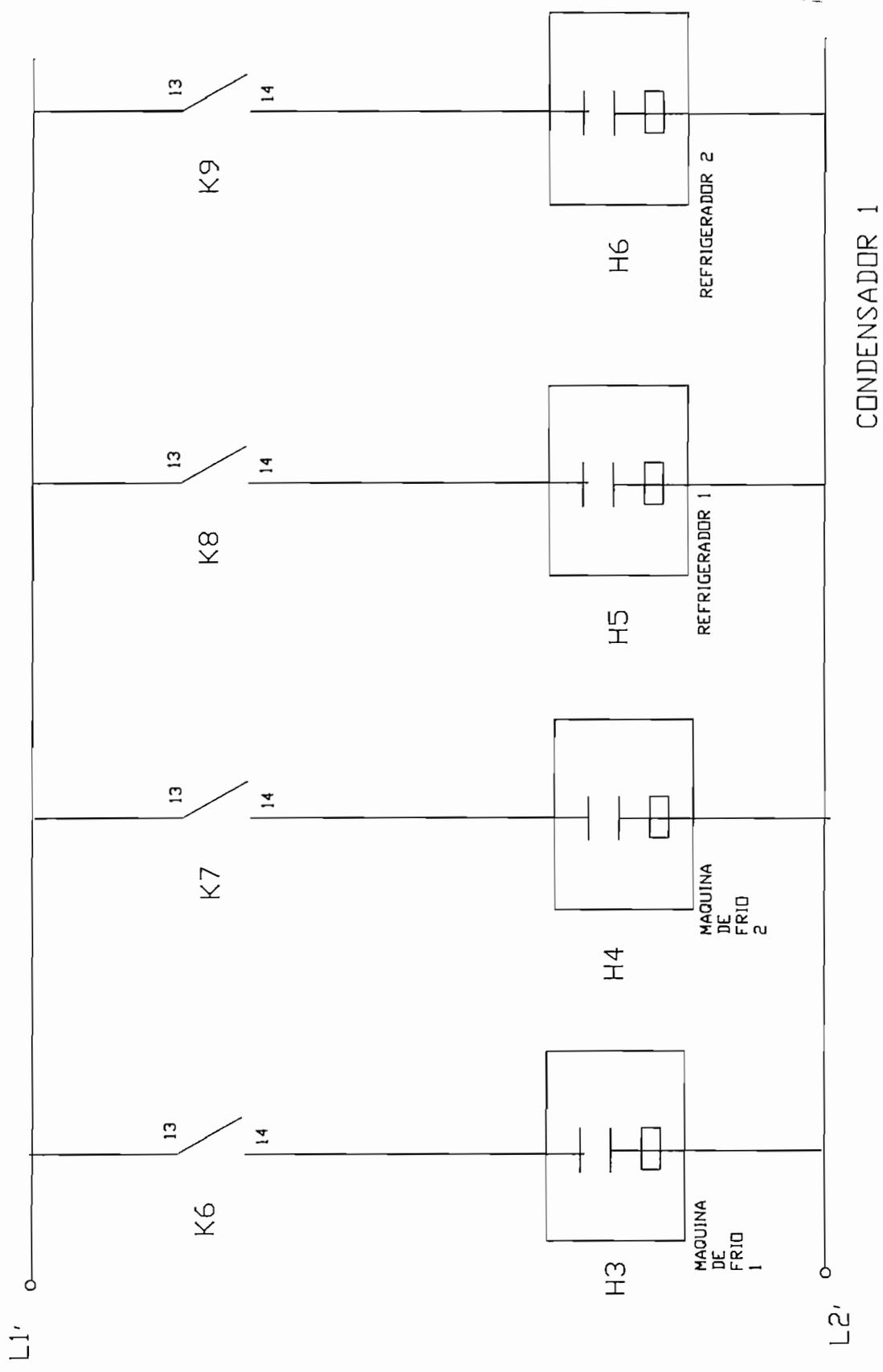
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

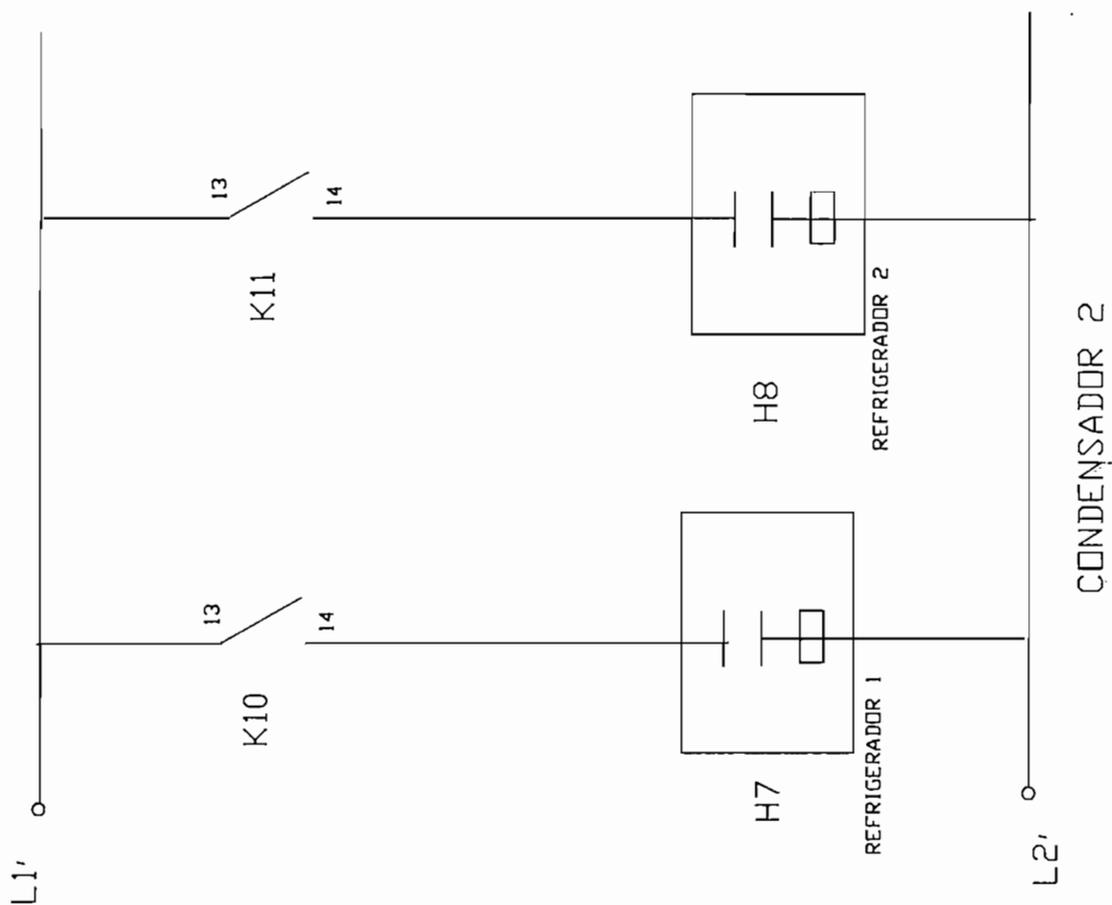
Director: Dr. Luis Corrales



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| Escuela de Ingeniería | Carrera de Electrónica y Control |
|-----------------------|----------------------------------|

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Realizado por: Miguel Chasipanta. | Director: Dr. Luis Corrales |
|-----------------------------------|-----------------------------|



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Escuela de Ingeniería

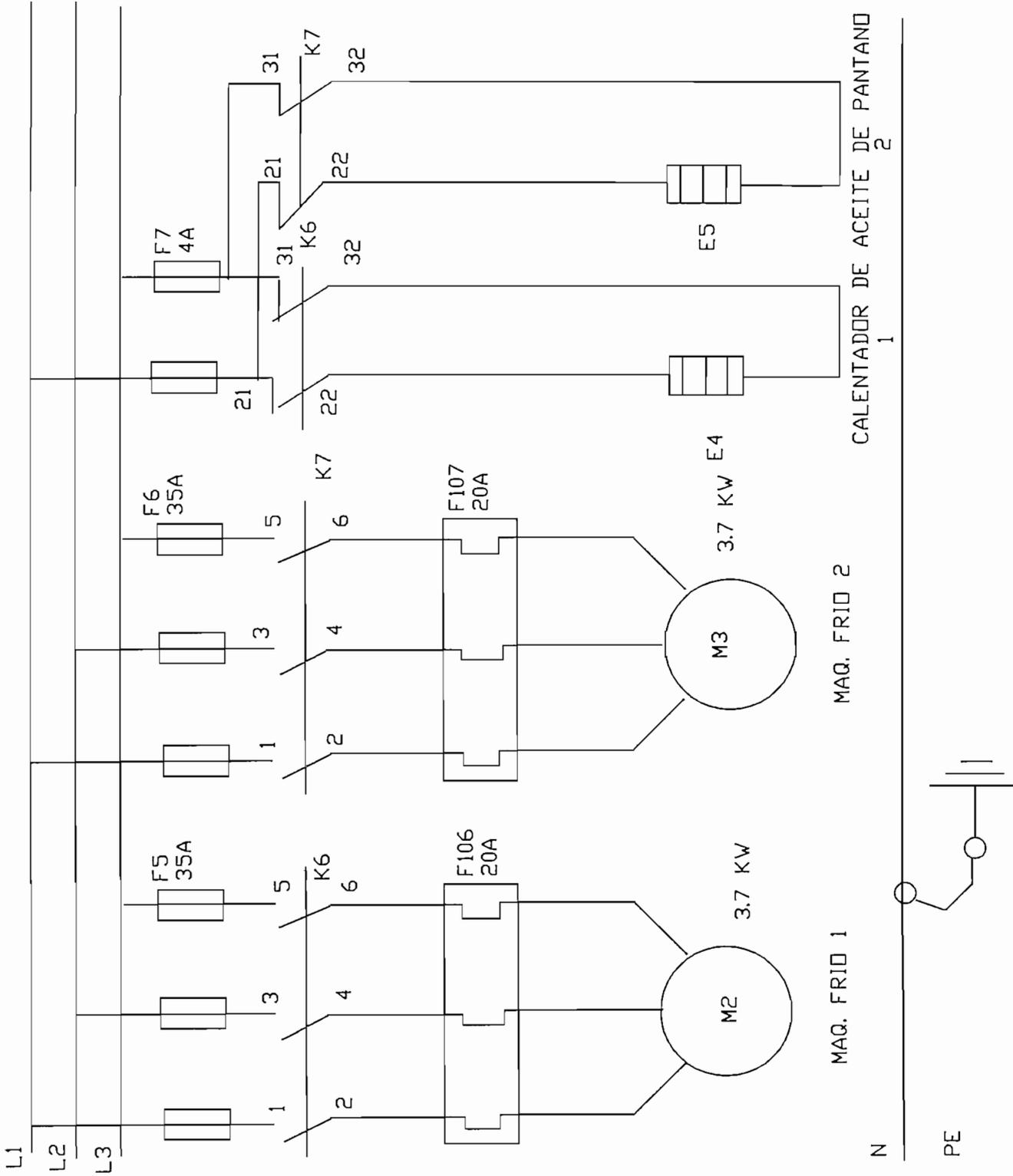
Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los circuitos de control

2.3.3 PLANOS DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

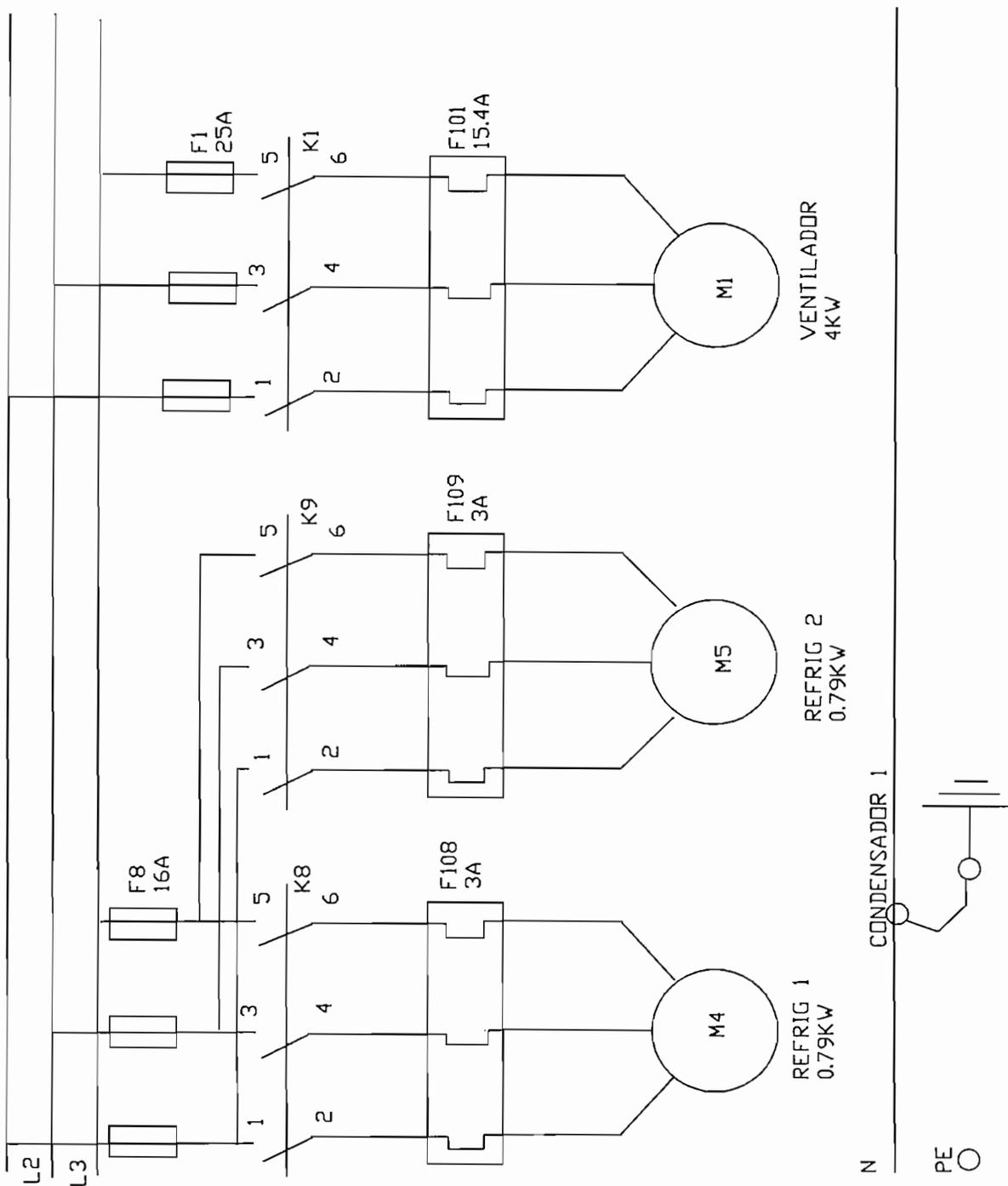
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los Circuitos de Fuerza



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

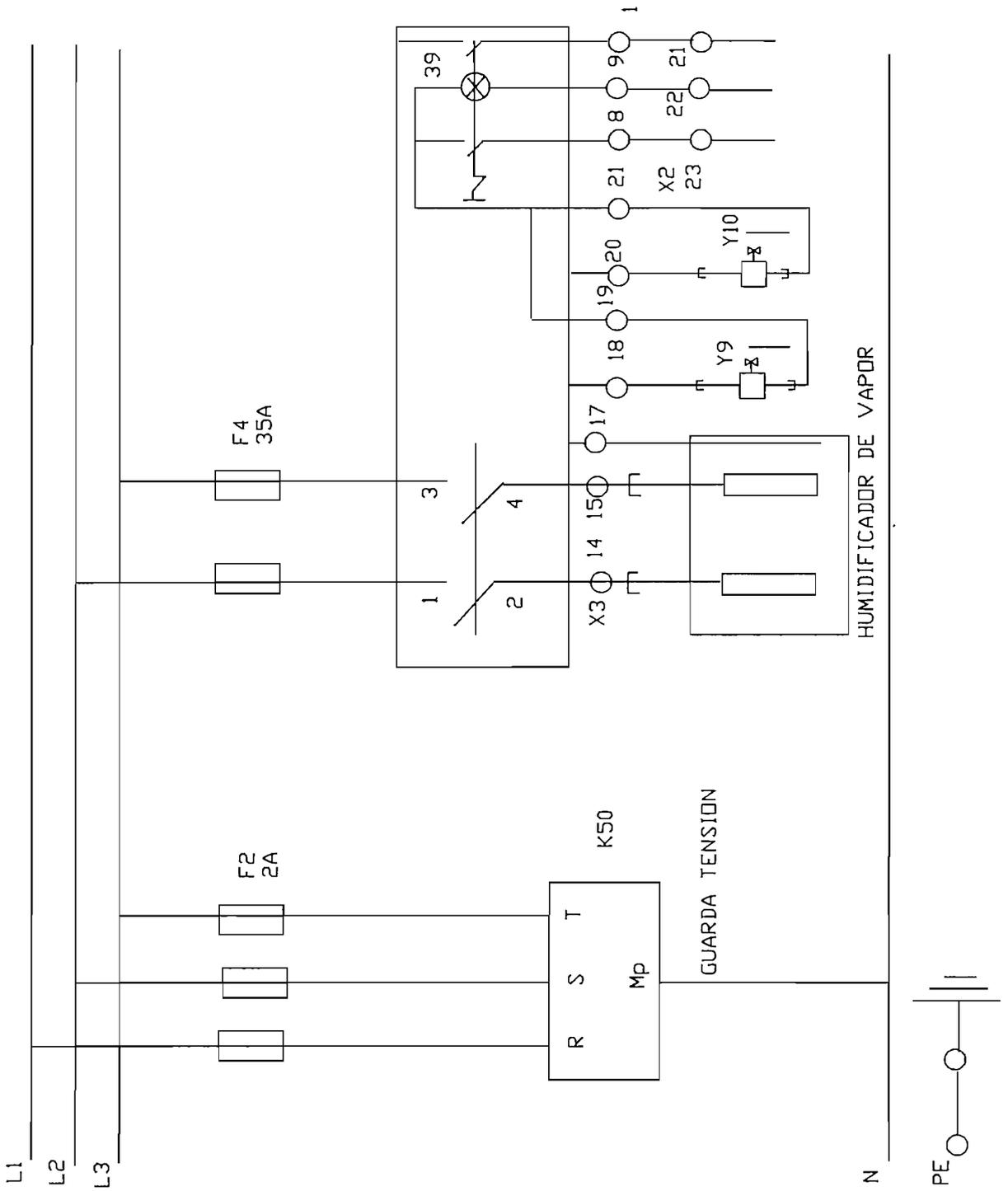
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los Circuitos de Fuerza



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

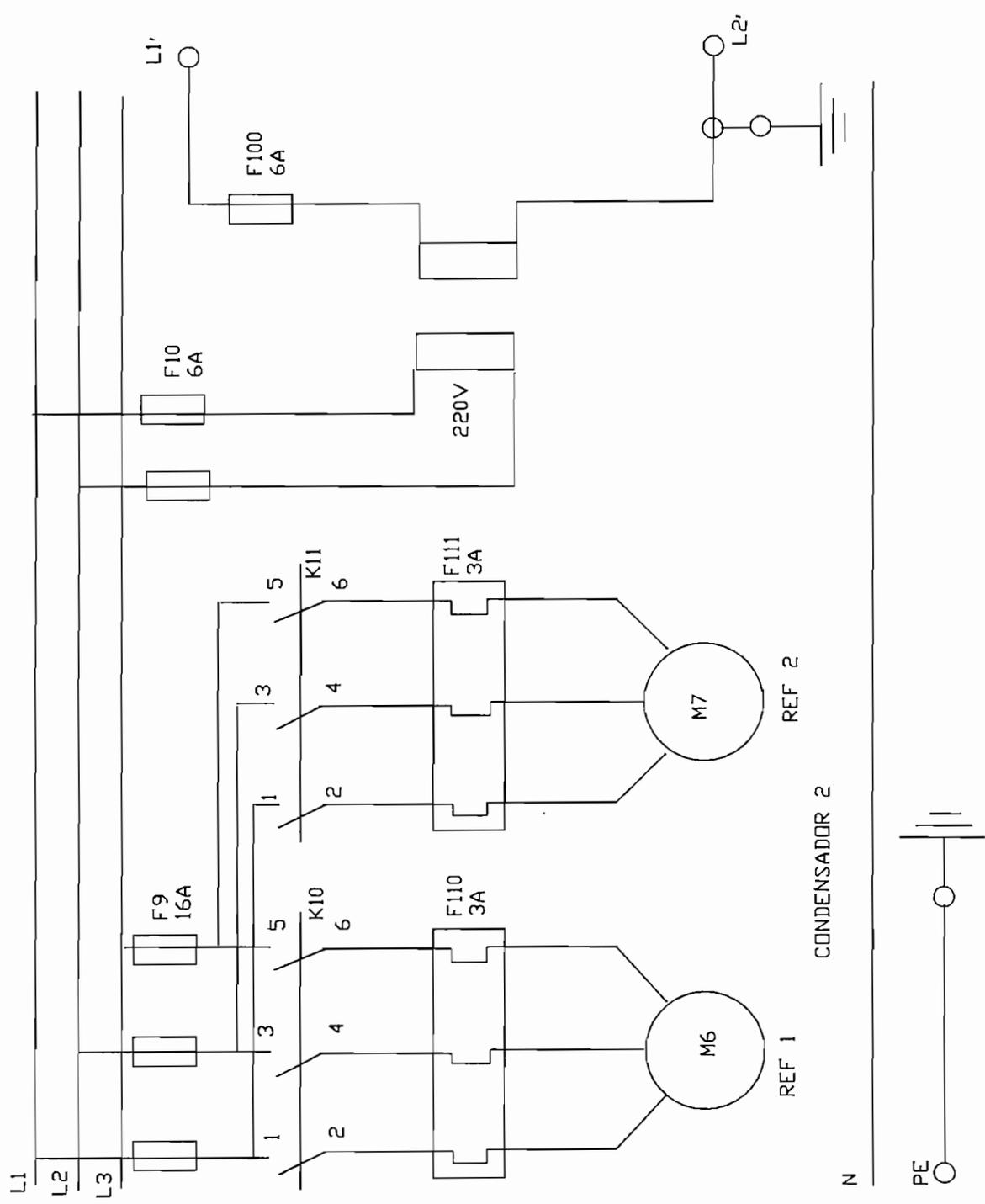
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los Circuitos de Fuerza



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

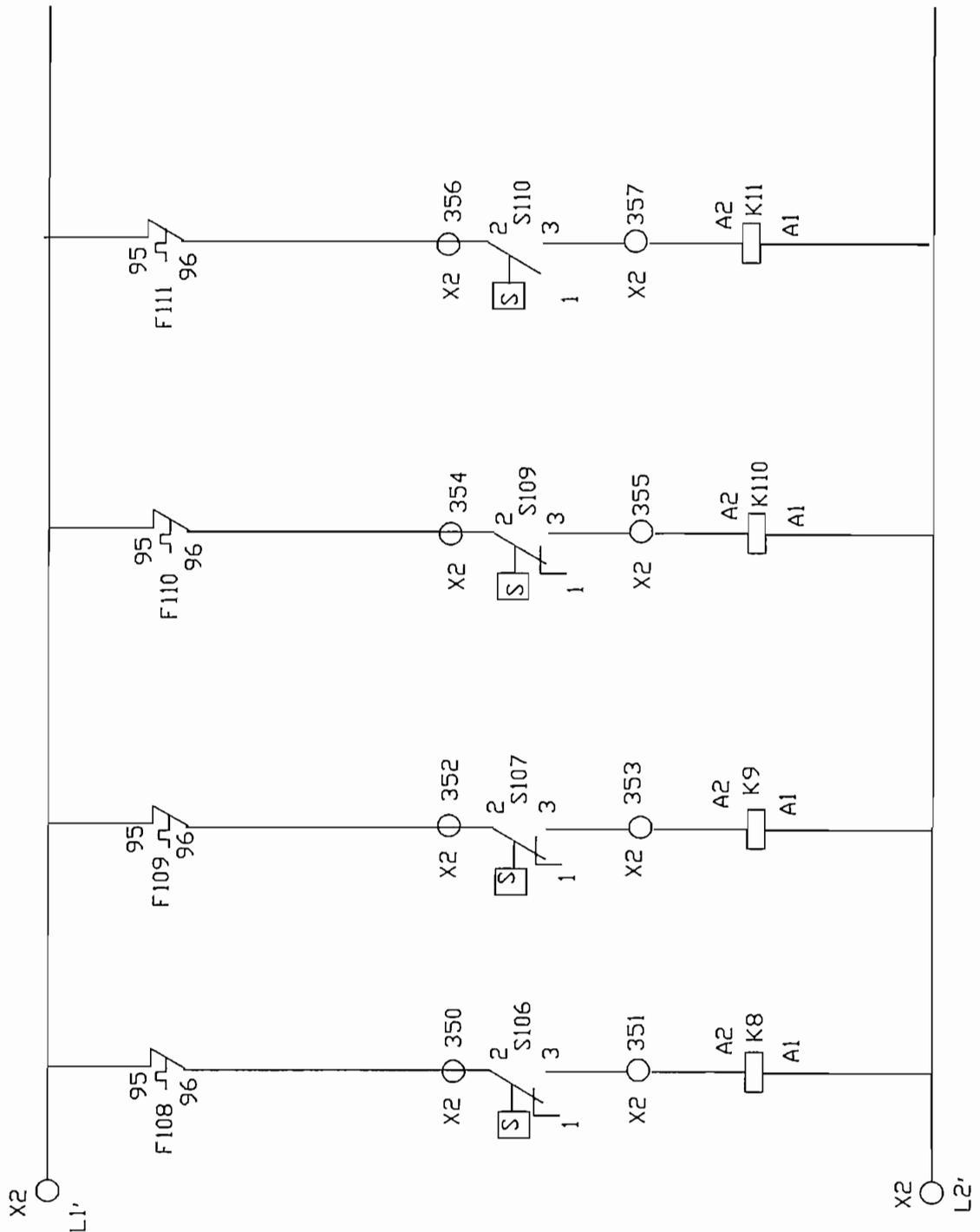
Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los Circuitos de Fuerza



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Escuela de Ingeniería

Carrera de Electrónica y Control

Realizado por: Miguel Chasipanta.

Director: Dr. Luis Corrales

Planos de los Circuitos de Fuerza

CAPITULO 3

3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Tal como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema de control estará encargado de supervisar y controlar las diferentes variables que intervienen en el trabajo que aquí nos ocupa.

El programa desarrollado se encargará de supervisar los estados de las variables de entrada que vienen desde la sala de equipos, para, de acuerdo a la lógica de control implementada, actuar sobre el sistema de climatización con la finalidad de llegar a las condiciones requeridas por los equipos a protegerse. Este proceso se puede apreciar en el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 3.1:

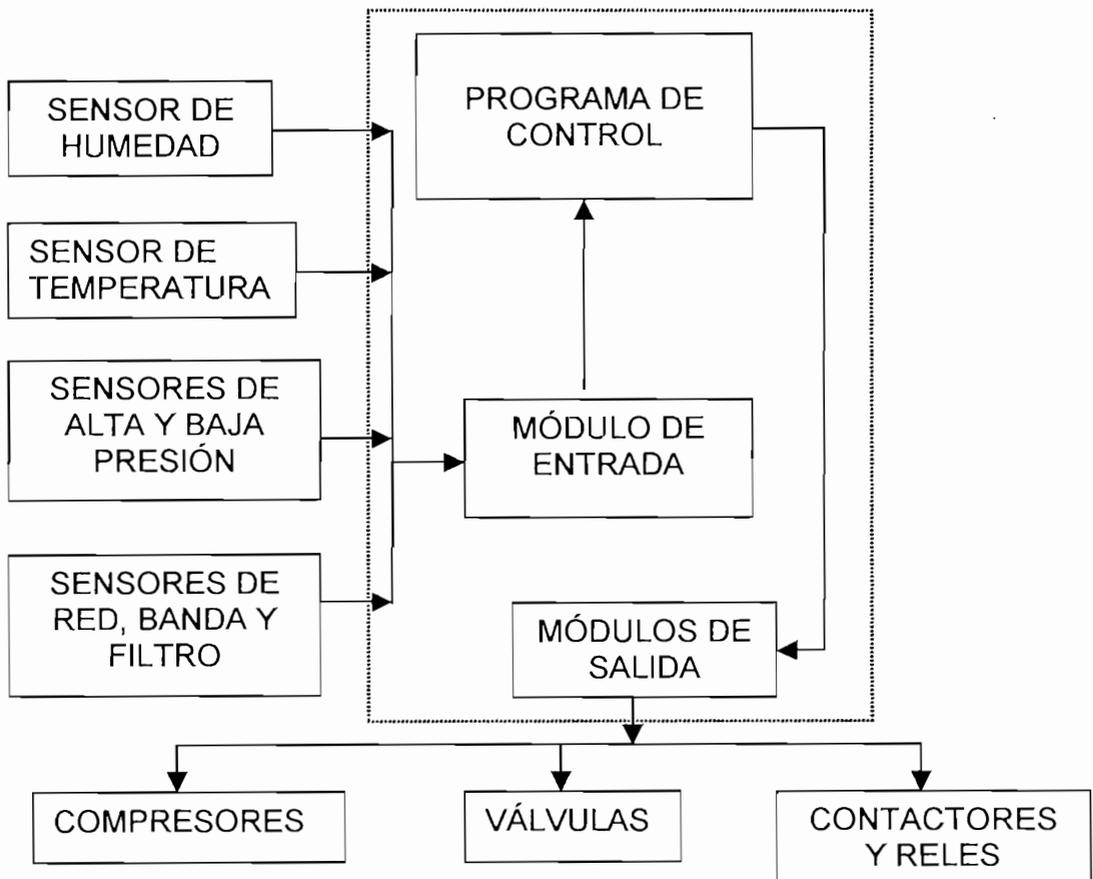


Figura 3.1 Diagrama de Bloques del Sistema de Control.

En el Capítulo 2 se describió el diseño del programa de control que permitirá al PLC actuar sobre el sistema de acondicionamiento para mantener los equipos a protegerse en óptimas condiciones ambientales de trabajo. A continuación se explican los pasos que se siguieron para implementar e integrar todo el sistema.

3.2 MONTAJE DEL PLC

Los controladores compactos, y los módulos de I/O A120 están diseñados para una fácil instalación. Para instalar estos equipos es necesario primero instalar en la parte eléctrica, donde se encuentran todos los dispositivos de control, una riel DIN, sobre la cual se monta los dos Backplanes del PLC. Para el montaje del PLC se procedió de la siguiente manera:

3.2.1 MONTAJE DEL BACKPLANE

El montaje del backplane se lo describe aquí para que sirva como referencia futura o como punto de partida tanto a estudiantes como a personas que desean revisar este trabajo. Tomando como referencia la Figura 3.2.

1. Halar los dos clips localizados en la parte posterior del backplane.
2. Poner los clips en la parte trasera de la ceja del riel.
3. Empujar de manera que el backplane se enganche al riel.
4. Se puede asegurar el AS-HDTA usando dos tornillos ($\phi_{max}= 4mm$).
5. Colocar los clips en la posición inicial.

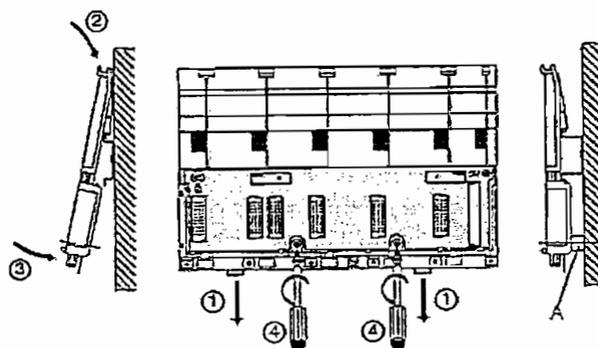


Figura 3.2 Gráfico de Montaje del Backplane

En este proyecto se utilizó dos backplanes, los mismos que para conectarlos se debe realizar los pasos siguientes (Figura 3.3):

1. Montar ambos backplanes sobre el riel.
2. Remover el protector del conector del bus.
3. Insertar el cable del bus y asegúrelo.
4. Aflojar ambos tornillos como se muestra la Figura.
5. Mover la pestaña de tierra a la izquierda.
6. Apretar ambos tornillos.

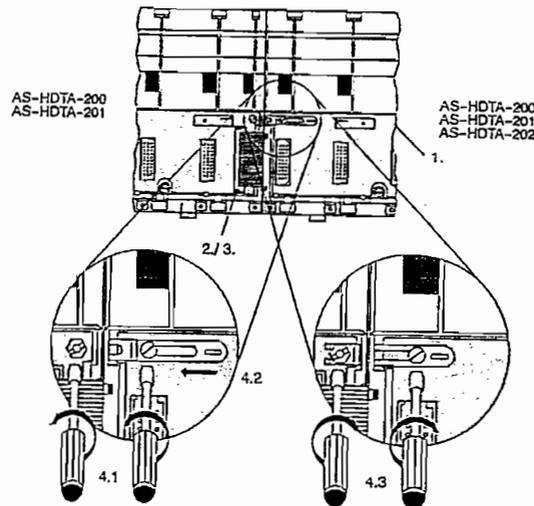


Figura 3.3 Gráfico de conexión de Backplanes.

3.2.2 MONTAJE DE LOS MÓDULOS EN EL BACKPLANE

Como se dijo anteriormente, los módulos están diseñados para ser montados fácilmente en el backplane y se lo debe hacer en el orden siguiente: el CPU, el mismo que debe ir en el primer slot del backplane primario, luego debe ir la fuente, y por ultimo los módulos I/O en cualquier slot.

En la Figura 3.4 el módulo se adhiere a la pestaña empezando en el tope del backplane DTA y bajando hasta la base. Los 20 pines del conector del bus de la parte inferior del módulo coincide con el conector hembra de 20 pines del backplane, y una platina que atraviesa por un orificio al backplane, hace un contacto con la

tierra a través del riel Din. Se debe ajustar el tornillo de la base del módulo, para afirmar él módulo al backplane.

Una vez que todos los módulos estén bien instalados en el backplane y todos los módulos estén adecuadamente cableados, se coloca el cobertor sobre el equipo. El cobertor provee un zócalo claro sobre el slot de cada I/O, donde los módulos fueron insertados. Los leds de los módulos permanecen claramente visibles.

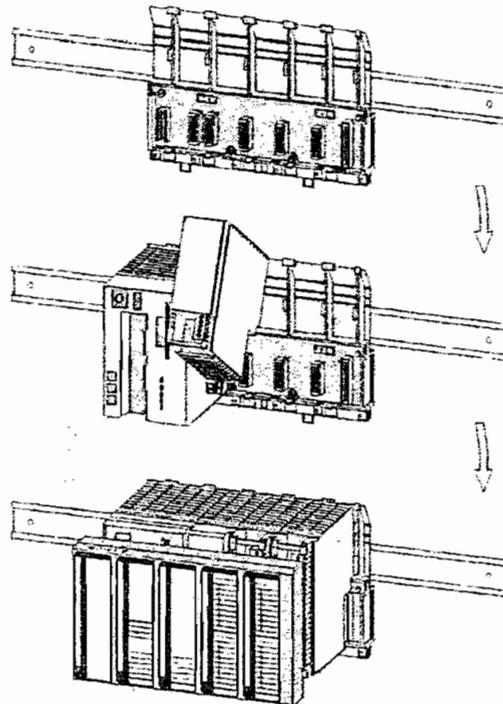


Figura 3.4 Gráfico de inserción de módulos

3.3 CABLEADO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y CIRCUITOS DE FUERZA

El cableado de los circuitos de control y los circuitos de fuerza, se lo hizo de acuerdo a los planos diseñados, tomando siempre en cuenta que los terminales se encuentren bien sujetos, para evitar cualquier problema posterior de cortocircuitos o sulfatación.

Para el cableado de los módulos se toman en consideración las recomendaciones que se muestran en el ANEXO N° 1 y obedecen a la lógica de control explicada en el Capítulo 2 anterior.

3.4 DESCARGA DEL PROGRAMA

Una vez que se tuvo el programa ya desarrollado, y los circuitos de fuerza y control ya cableados, se procedió a la descarga del programa al PLC, siguiendo los siguientes pasos:

- ☑ Se conecta el PLC con el cable proporcionado con el PLC en el un extremo del cable, al puerto Modbus 1, y el otro extremo a la PC, al puerto serial.
- ☑ Se debe primero configurar el PLC, para lo cual, se debe ir a la opción **Project** del Menú, y seleccionar la opción **Configuration**, como se muestra en la Figura 3.5.

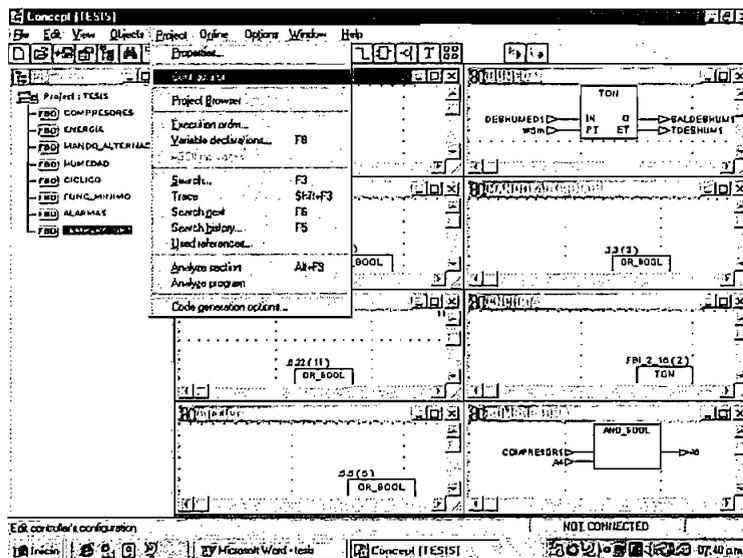


Figura 3.5 Selección de la Configuración del PLC

- ☑ Aparece la siguiente pantalla (Figura 3.6), en la que se da doble clic en la parte correspondiente al PLC.

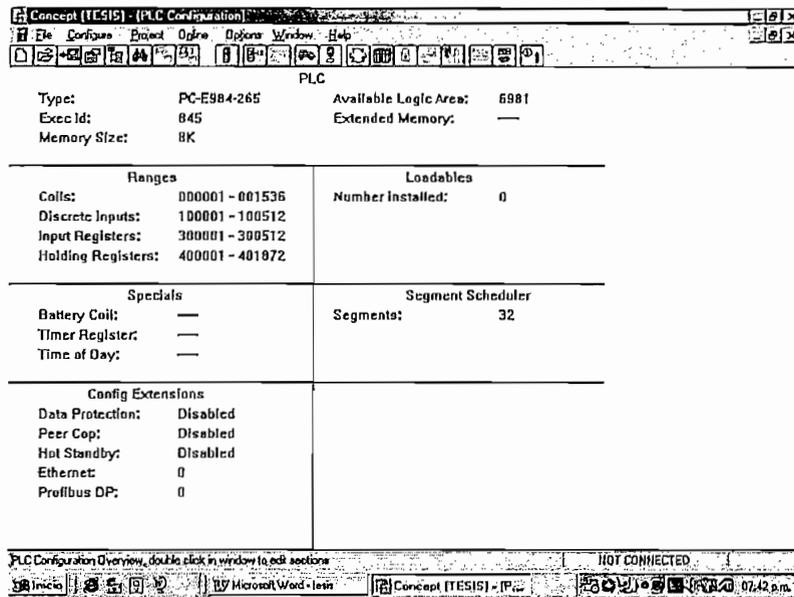


Figura 3.6 Selección del PLC

- ☑ En la Figura 3.7 aparece otra pantalla en la que se puede seleccionar el tipo de PLC que se tiene, que en este caso es el TSX Compact, cuyo CPU es el PC-E984-265.

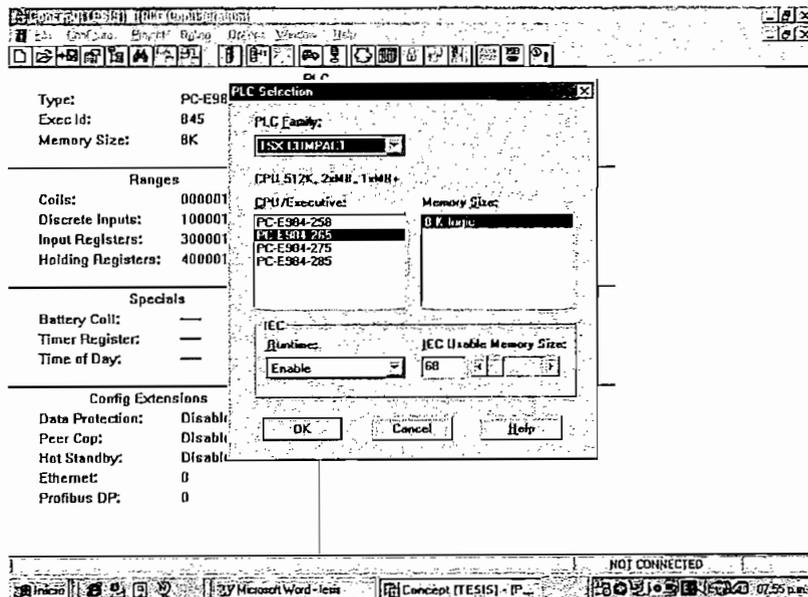


Figura 3.7 Selección del PLC

- ☑ Ahora, en la Figura 3.8, se debe configurar el mapa de I/O.

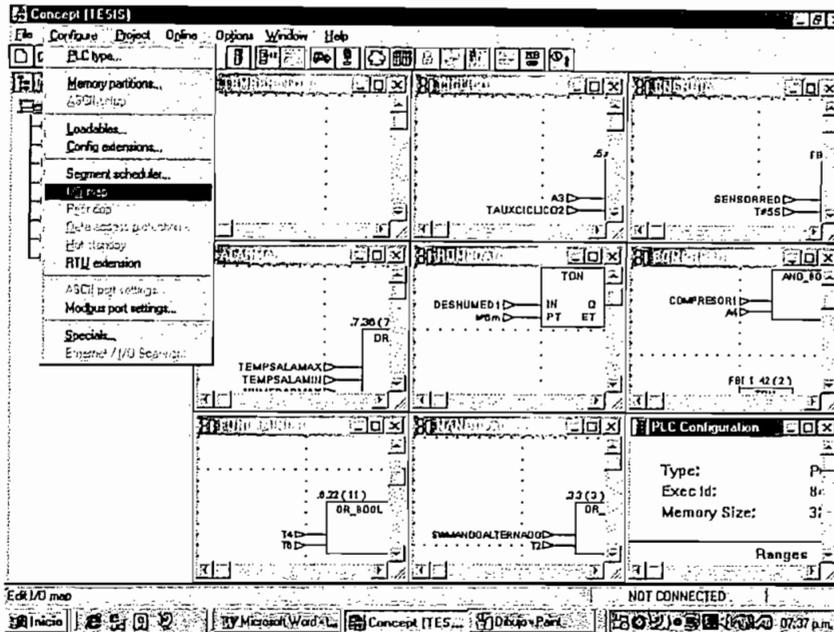


Figura 3.8 Secuencia de Configuración de Mapa de I/O.

- ☑ En la Figura 3.9, se observa la siguiente pantalla, en la que se selecciona, Edit en la ventana.

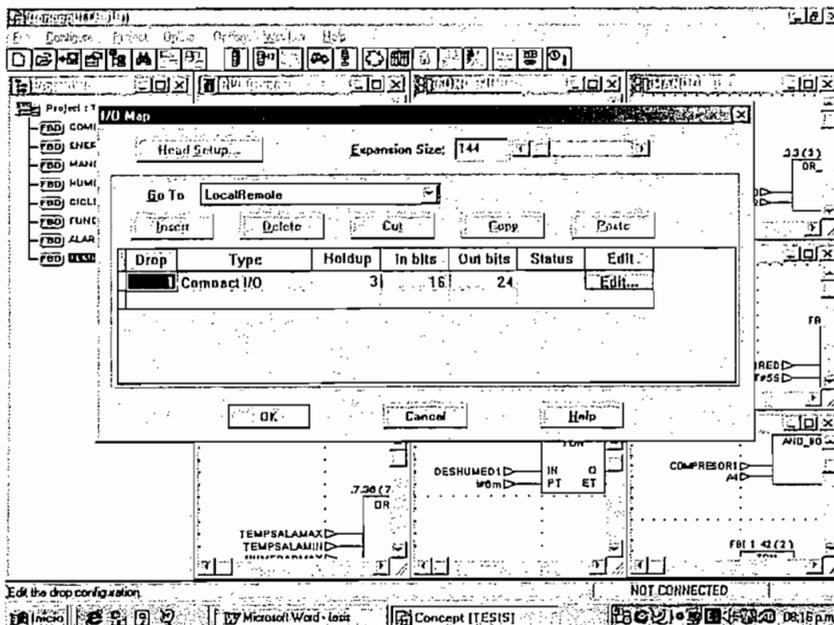


Figura 3.9 Edición del Mapa de I/O.

- ☑ En la pantalla de la Figura 3.10, se da un click en la columna **Module**, las tres primeras filas se configuran automáticamente, las dos primeras corresponden a los dos slots que ocupa el CPU; el siguiente slot esta ocupado por la fuente de energía, y las columnas siguientes están ocupadas por el módulo de entradas y los tres siguientes por los tres módulos de salidas. Se da un click sobre las posiciones donde pueden ir los módulos.

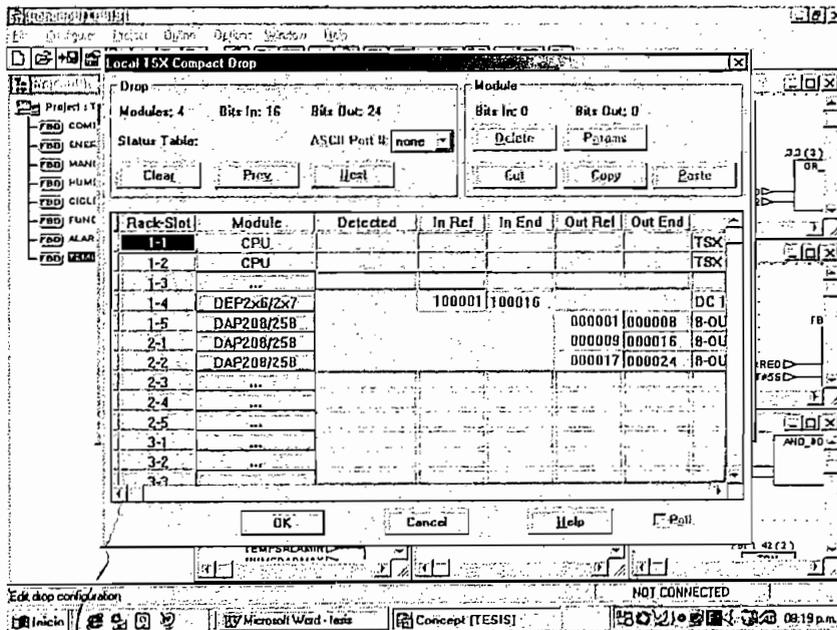


Figura 3.10 Selección de Módulos del PLC

- ☑ Se obtiene la ventana de la Figura 3.11, en la que se puede seleccionar el tipo de módulo instalado en los slots siguientes a la fuente. Para el caso presente se tiene para el módulo de entradas el DEP 2X6/2X7, y para los módulos de salidas el DAP208/258.

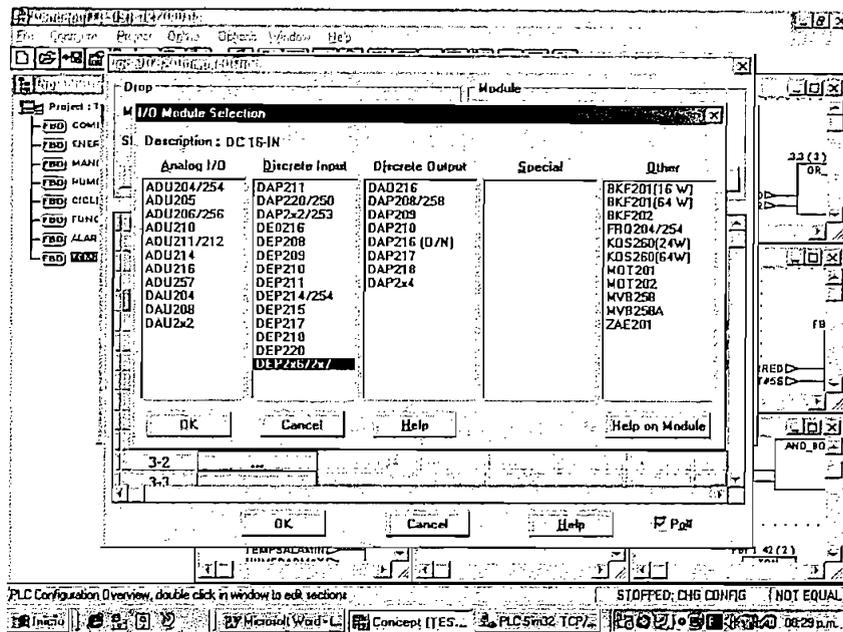


Figura 3.11 Selección de Módulos del PLC.

- ☑ En la ventana de la Figura 3.12 se escoge la opción **Online**, se selecciona la opción **Connect**, y empezará la comunicación entre el PC y el PLC.

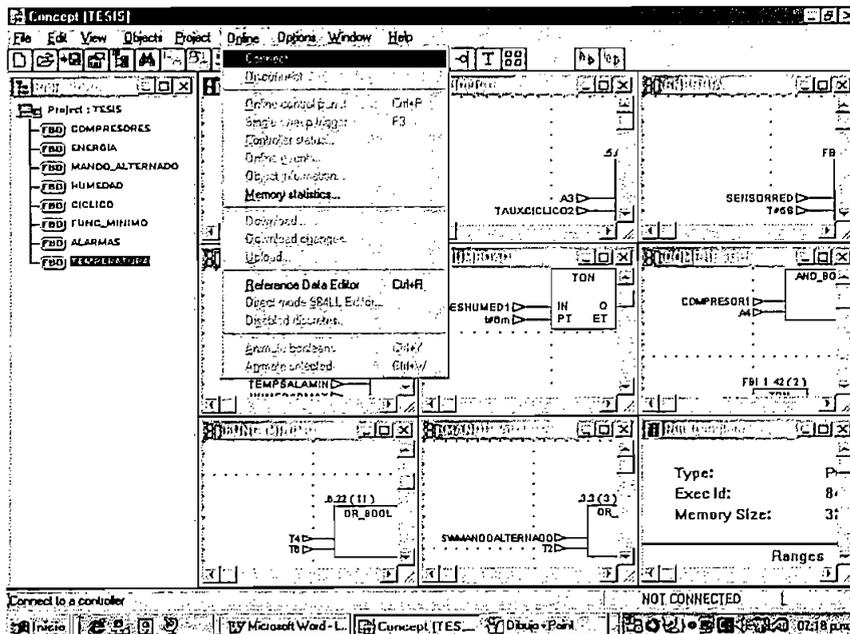


Figura 3.12 Secuencia de Programación del PLC

- ☑ Aparece la pantalla de la Figura 3.13 en la que se selecciona la comunicación con el PLC, para lo cual se debe realizar la configuración siguiente: Se selecciona el tipo de protocolo como **Modbus**, PLC Node en **001**, Mode en **RTU**, Device en **COM1**, los seteos de puerto en **9600,e,8,1**, y en el nivel de acceso se debe seleccionar **Change Configuration**, tal como se muestra en la pantalla.

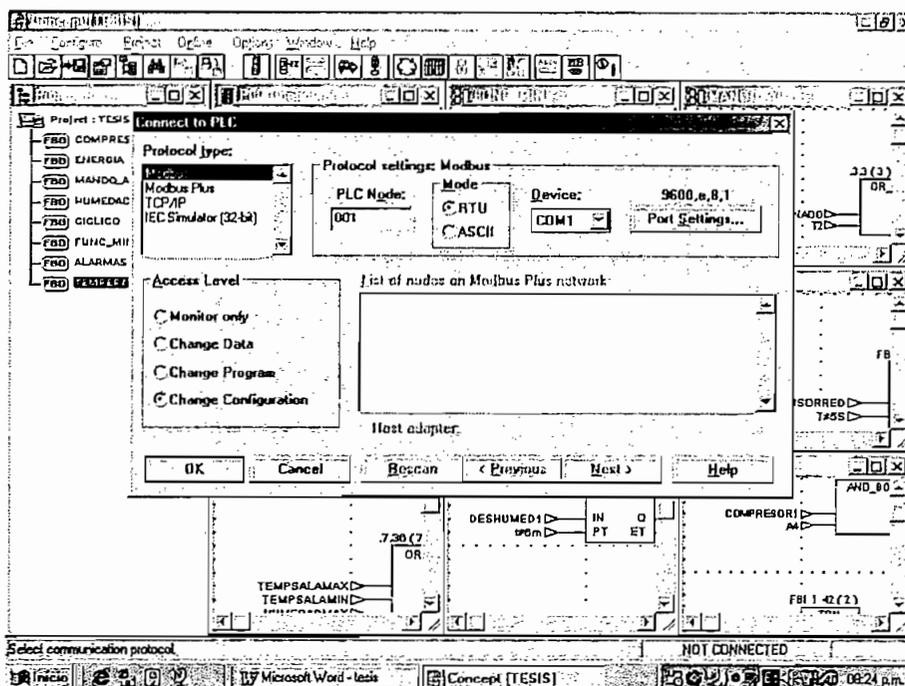


Figura 3.13 Secuencia de Configuración de Descarga en el PLC.

- ☑ Ahora, en la Figura 3.14 se escoge la opción **Online**, y se selecciona **Download**,

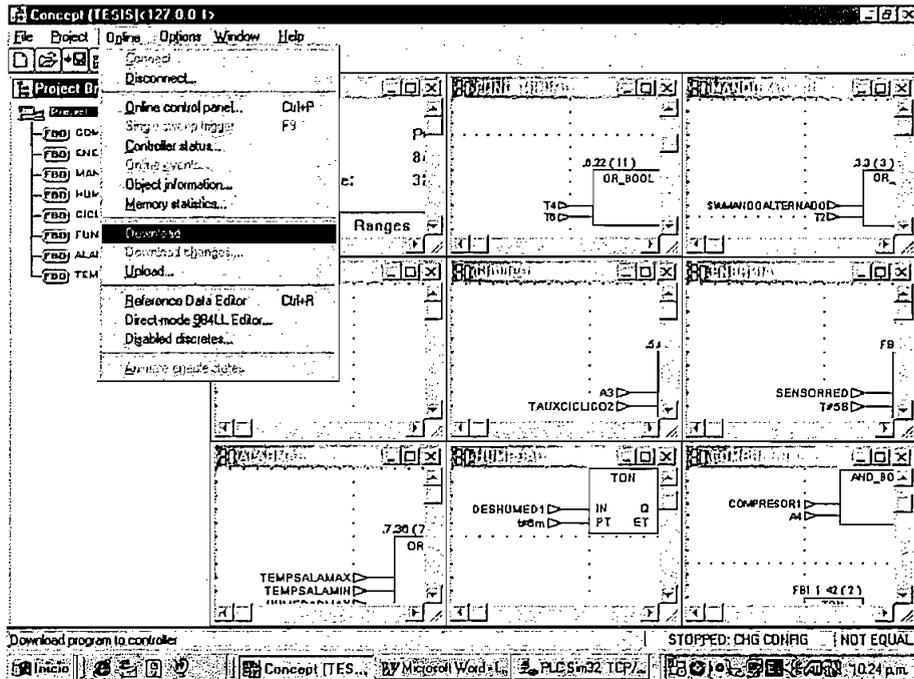


Figura 3.14 Secuencia de Descarga del Programa en el PLC.

- ☑ Aparece una nueva pantalla, Figura 3.15, y en esta se selecciona la opción **ALL**, y luego **Download**, y se habrá terminado de descargar el programa en el PLC,

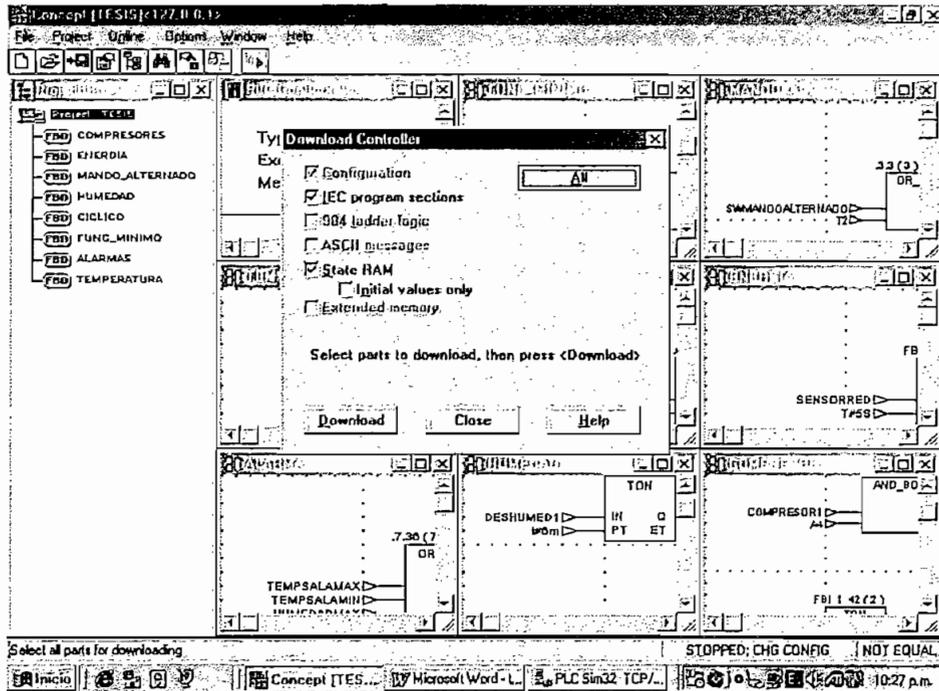


Figura 3.15 Secuencia de Descarga del Programa en el PLC.

3.4.1 MONITOREO

Si se desea ver en el monitor de la PC como funciona el equipo, se debe ir a la sección de trabajo donde se desea mirar, luego ir a **Edición**, buscar la opción **Select All**, luego ir a **Online**, ir a la opción **Animate Selected**, y se podrá observar la activación de los salidas según el programa implementado, tal como se muestran en las Figuras. 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19.

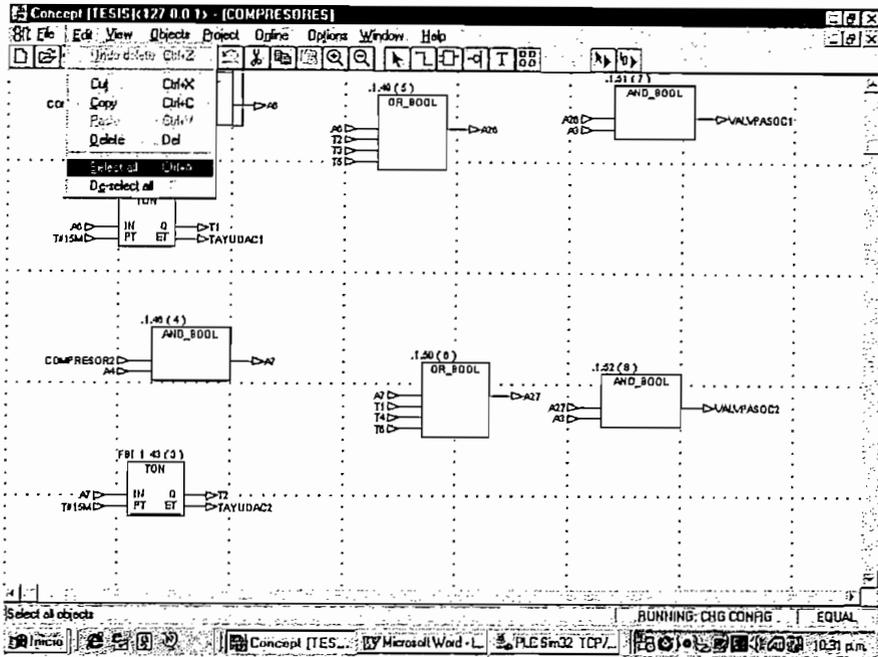


Figura 3.16 Selección de las Compuertas.

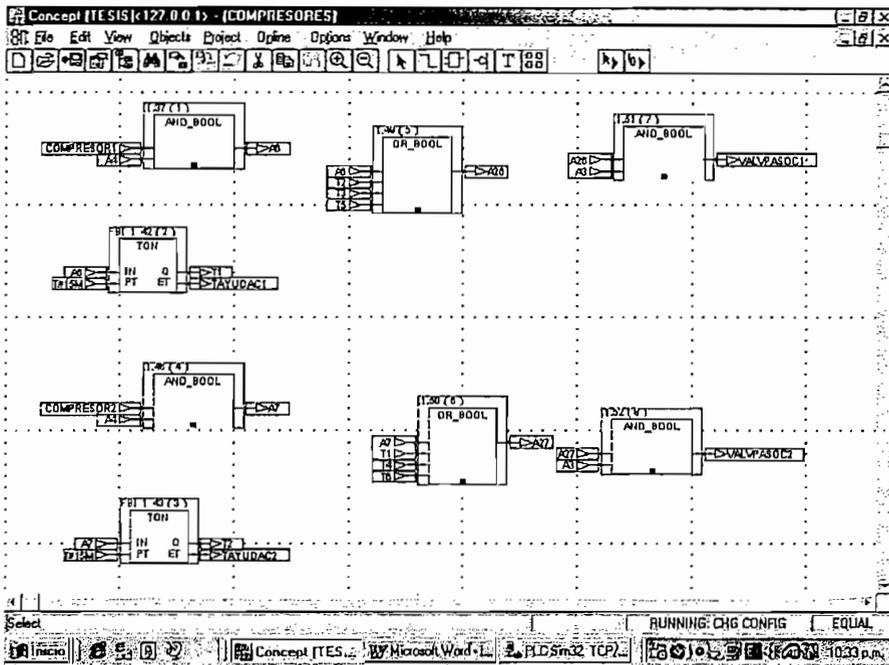


Figura 3.17 Compuertas Seleccionadas.

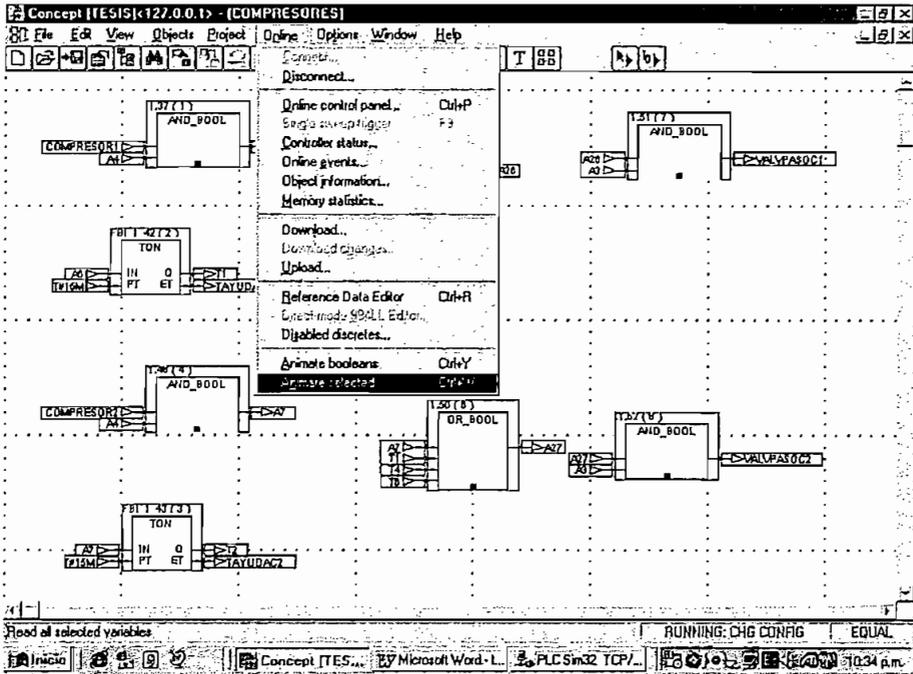


Figura 3.18 Animación de lo Seleccionado.

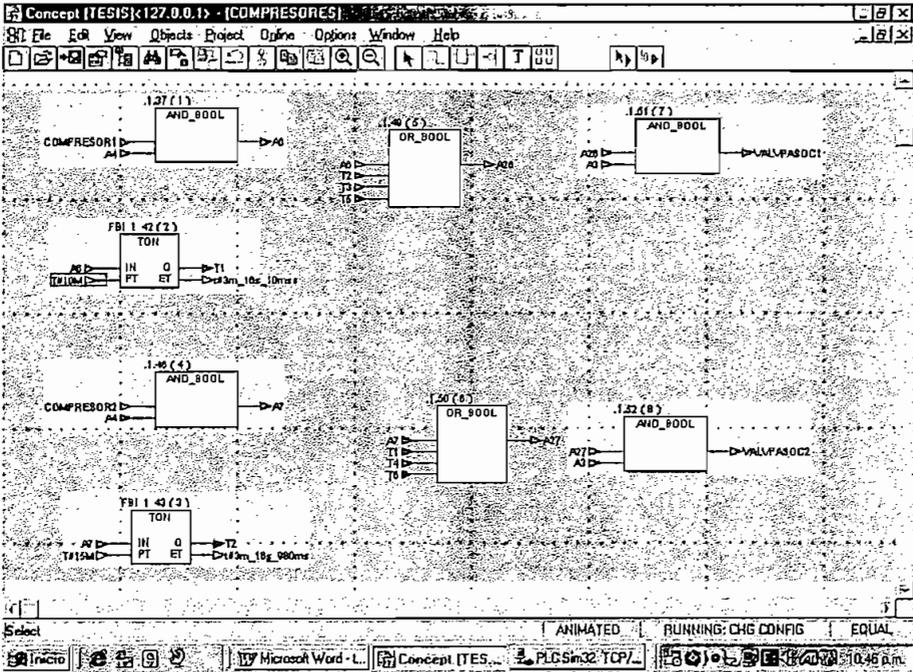


Figura 3.19 Monitoreo del PLC

- ☑ En el caso de requerirse hacer un cambio en los tiempos de funcionamiento de los equipos, esto se puede lograr fácilmente colocándose sobre el valor que se desea modificar y dando doble click, cambiarlo y luego aceptar el cambio, tal como se muestran en las Figuras. 3.20, 3.21 y 3.22;

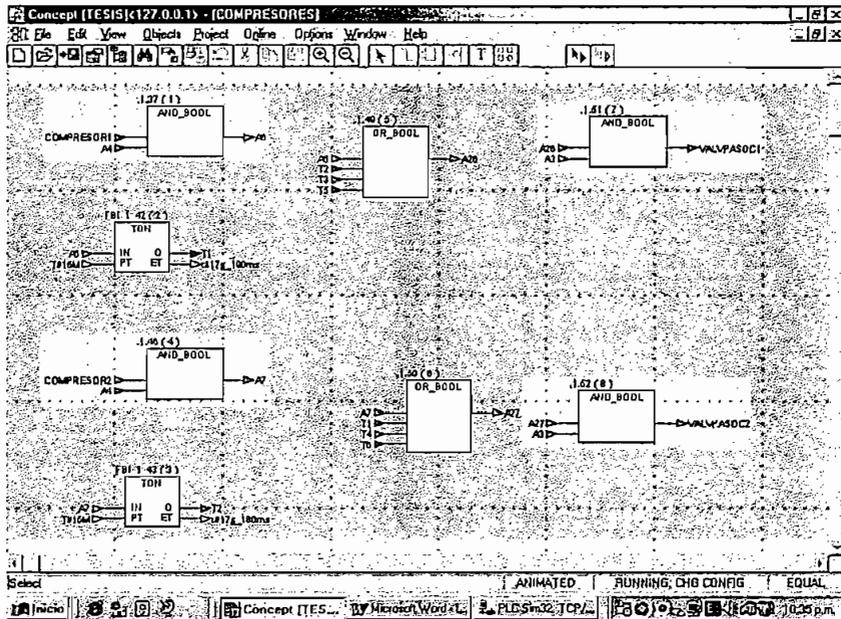


Figura 3.20 Selección de la Compuerta a Modificarse

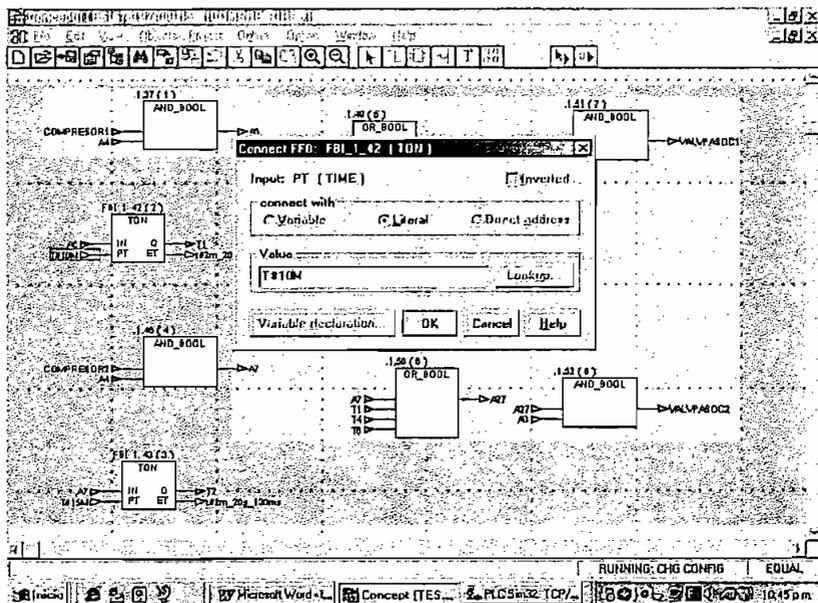


Figura 3.21 Cambio de los Valores.

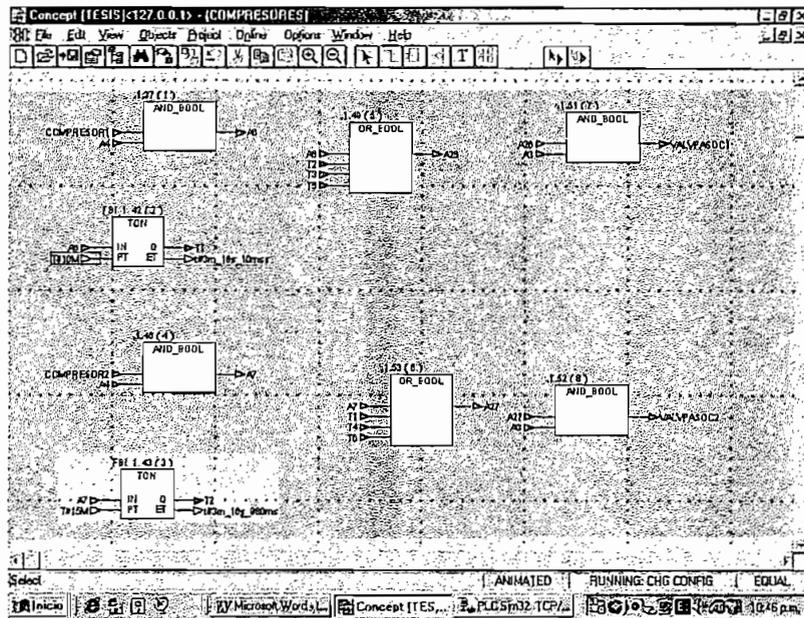


Figura 3.22 Funcionamiento con los Nuevos Valores.

Hasta aquí se ha mostrado la implementación del sistema de control, desde el cableado hasta la descarga del programa, como también se muestra las facilidades que el PLC puede ofrecer para realizar este trabajo.

En el capítulo siguiente se muestra las pruebas y los resultados obtenidos con el equipo de climatización.

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas de Chequeo

Para realizar las pruebas de chequeo se empleó un instrumento de medición de humedad y temperatura, cuyas características se dan a continuación, en la Tabla 4.1.

| Medidor de Temperatura y Humedad | |
|---|----------------------------------|
| Marca | Extech Instruments 4465 CF |
| Temperatura | -20 °C a 60 °C -4 °F a 140 °F |
| Humedad | 10% a 95 % RH |

Tabla 4.1 Características del Medidor de Humedad

Para realizar las pruebas se tomó lectura de los valores iniciales de temperatura y humedad relativa con los equipos apagados, luego se encendieron los equipos, se tomaron lecturas cada diez minutos para comprobar si el sistema lograba obtener las condiciones ambientales requeridas por los equipos a protegerse. Los reguladores de humedad y temperatura se fijaron en 22 °C y 45 %RH, respectivamente.

4.2 RESULTADOS

A continuación se muestra la Tabla 4.2, con los datos correspondientes al tiempo de estabilización del sistema de climatización, después de encender los respectivos equipos.

| Medición (cada 10 min) | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%RH) |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 | 26,1 | 37,2 |
| 10 | 23,4 | 33,4 |

Tabla 4.2 Tiempo de Estabilización del Sistema.

Se puede observar que el sistema de climatización se estabilizó en diez minutos, variando la temperatura a razón de $0.27 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ y la humedad relativa a razón de $0.38 \text{ } \%RH/\text{min}$. Se puede decir que el equipo de climatización logró cumplir con su trabajo, ya que llegó a la temperatura deseada en diez minutos, y el tiempo sugerido como máximo es de 30 minutos. A partir de los siguientes minutos, datos que se muestra en la Tabla 4.3, se puede observar la temperatura y humedad relativa son más estables.

| Medición (cada 10 min) | Temperatura (°C) | Error (°C) |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|
| 20 | 22,1 | 0,10 |
| 30 | 23,9 | 1,90 |
| 40 | 22,6 | 0,60 |
| 50 | 23,6 | 1,60 |
| 60 | 22,9 | 0,90 |
| 70 | 22,5 | 0,50 |
| 80 | 23,4 | 1,40 |
| 90 | 22,4 | 0,40 |
| 100 | 21,9 | -0,10 |
| 110 | 21,5 | -0,50 |
| 120 | 22,2 | 0,20 |
| Error promedio | | 0,64 |

Figura 4.3 Mediciones de Temperatura y su Error.

Como se puede observar el error promedio obtenido es de $0.64 \text{ }^{\circ}\text{C}$, el cual es un error aceptable de temperatura en una sala con una central telefónica. Se puede

ver que la temperatura sube y baja en el tiempo, lo que demuestra claramente el comportamiento del control ON-OFF que se implementó.

Las variaciones tal como se puede ver en la Tabla 4.3 de temperatura no afectan al trabajo de la central telefónica ya que estos tienen un rango de trabajo de temperatura de 10 °C a 35 °C.

Las subidas y bajadas de temperatura que se muestran en la Tabla 4.3 dependen de la carga con que se encuentre la central telefónica; es decir, de su potencia disipada, la misma que varía de acuerdo al tráfico con que esta se encuentre.

Se muestra en la Tabla 4.4 los valores de Humedad Relativa y su error promedio con respecto al valor consigna.

| Medición (cada 10 min) | Humedad Relativa (%RH) | Error (%RH) |
|--|---------------------------------------|---------------------|
| 20 | 43,7 | -1,30 |
| 30 | 42,1 | -2,90 |
| 40 | 44,6 | -0,40 |
| 50 | 41,8 | -3,20 |
| 60 | 43,1 | -1,90 |
| 70 | 44,6 | -0,40 |
| 80 | 45,3 | 0,30 |
| 90 | 47,8 | 2,80 |
| 100 | 52,2 | 7,20 |
| 110 | 48,0 | 3,00 |
| 120 | 46,6 | 1,60 |
| Error promedio | | 0,44 |

Figura 4.4 Mediciones de Humedad Relativa y su Error.

Como se puede observar la humedad relativa tiene un error promedio de 0.44%RH, este error tampoco afecta al funcionamiento de los equipos a protegerse ya que estos pueden aceptar rango de variación de 80%RH y 10%RH, datos que se indicaron en el Capítulo 1.

También se puede observar que al igual que en la temperatura, el control de la

humedad relativa es ON-OFF.

Cabe señalar que el PLC, a través de un sensor de presión diferencial puede detectar para indicar Filtros Sucios (S103). Otro sensor ayuda a chequear si el aire está circulando (Sensor de Banda (S101)), que al igual que el anterior es un sensor de presión diferencial.

Otra prueba realizada es la alarma de incendio, la cual al dar al PLC la señal en la entrada I1, debe apagar inmediatamente todo el sistema de climatización, para evitar agrandar el fuego.

El PLC adquirido por Andínatel S.A. fue bien dimensionado ya que quince de un módulo de dieciséis entradas proporcionas fueron utilizadas. Y veinte de las veinticuatro salidas proporcionadas (tres módulos de ocho salidas).

Por sugerencia de Andínatel S.A. se tomó el tiempo de 45 minutos para que el equipo se apague completamente si en este tiempo no logra llegar a la temperatura deseada. Esta prueba se la realizó simulando un estado activo en la entrada de TEMPSALAMAX (I6), por 45 minutos, tiempo luego del cual el equipo se apagó cuando se disparó el contactor liberador de potencia (K30); luego pasaron quince minutos, tiempo después del cual el equipo se reinició automáticamente. La misma prueba se realizó para las entradas TEMPSALMIN (I5), HUMEDADMIN (I8) y HUMEDADMAX (I9).

Se probó también si el equipo lograba cumplir con el funcionamiento alternado de los compresores, mismos que deberán ir alternando cíclicamente su funcionamiento como piloto durante quince días.

Como se puede ver en los datos obtenidos de la temperatura y la humedad relativa, estos valores varían debido a la carga térmica que irradian los equipos y otras fuentes de calor como lámparas, focos, ventanas, etc., cuyas condiciones deben ser reguladas por el control implementado.

Cabe recalcar que hubiese sido bueno realizar las pruebas variando la carga (consumo del equipo electrónico) pero tal prueba no se pudo realizar por estar la central operando. No era posible pararla para hacer las pruebas por las grandes inconvenientes y costos que tal acción hubiesen provocado.

CAPITULO N° 05

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de las pruebas realizadas y del análisis de los resultados obtenidos y, sobre todo, de la observación por espacio de 1 año del sistema que aquí se ha desarrollado, se pueden extraer las conclusiones y recomendaciones siguientes.

5.1 CONCLUSIONES

☑ El error ± 0.64 °C de la temperatura y de ± 0.44 % RH de humedad relativa demuestran que el sistema de climatización logra las condiciones ambientales requeridas por los equipos a proteger.

☑ La humedad relativa siempre ha sido difícil de controlar; sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que el sistema de climatización con el algoritmo aquí propuesto logra a través del PLC este objetivo.

☑ Se observa que la temperatura es lo más fácil de controlar, a diferencia de la humedad. Cuando se debe agregar o eliminar humedad del ambiente, se requiere de mayor tiempo.

☑ Se comprueba que los valores de temperatura y humedad relativa, fijados en el equipo son los adecuados tanto para el funcionamiento de los equipos, como para las personas que trabajan dentro de la sala. Con lo cual se demuestra que se cumplió con los objetivos planteados para este proyecto.

☑ Este trabajo ha demostrado que es posible controlar en forma adecuada a una sala con equipos electrónicos delicados a los cambios de temperatura y humedad relativa con el empleo de un PLC como cerebro del sistema de control.

☑ Es interesante destacar que en la práctica real de nuestra profesión es muy difícil llevar a cabo sistemas en los que se podría intentar proponer soluciones propias. Desde el punto de vista empresarial el tiempo es un factor crítico y obligan al diseñador a comprar equipos ya hechos antes que permitir que uno

ponga en práctica los conocimientos adquiridos durante su formación. Esto cabe advertir, puede ser una experiencia frustrante para el recién iniciado ávido por aplicar sus conocimientos teóricos.

5.2 RECOMENDACIONES

- ☒ Se recomienda que las salas de equipos en lo posible no tengan ventanas, pues se ha comprobado que son fuentes de calor, lo que provoca un gasto de energía inútil.

- ☒ El excedente de humedad relativa se elimina haciendo circular el aire, este excedente se queda en el evaporador y el agua condensada se elimina por la cañería de fuga. Por lo mismo se recomienda vigilar que esta cañería permanezca siempre sin obstrucciones para evitar pequeñas inundaciones que suelen ocurrir en este tipo de instalaciones.

- ☒ Se recomienda tener siempre cerradas las puertas de la sala de equipos, para evitar que el aire frío escape. Esto implica que es preferible instalar un brazo metálico en la puerta que forzosamente cierre la misma.

- ☒ En lo posible toda la sala debe estar completamente sellada y las entradas de aire deben ser filtradas para mantener el aire limpio tal como exigen las condiciones de comodidad en las normas.

- ☒ Si por alguna razón se debe encender el sistema manualmente, se recomienda tener cuidado con la secuencia de fases al poner en marcha los compresores.

- ☒ Se recomienda que se siga motivando y apoyando la ejecución de proyectos de titulación reales y prácticos. De esta manera el recién egresado tiene la oportunidad de enfrentar y dar soluciones a problemas que deberá enfrentar a lo largo de su vida profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **DOSSAT, J. ROY.** – PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN, PRENTICE HALL, MEXICO 1998.
2. **DORF, RICHARD.**- SISTEMAS DE CONTROL, PRENTICE HALL, ESPAÑA 1999.
3. **OGATA, KATSUKITO.**- SISTEMAS DE CONTROL, PRENTICE HALL, ESPAÑA 1999.
4. **CORRALES, LUIS, DR.**- FOLLETO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, EPN 2000.
5. **ROSERO, PATRICIO, ING.**- FOLLETO DE INSTRUMENTACIÓN, EPN 2000.
6. **NEC.**- MANUAL DE INSTALACIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS, 1998.
7. **NEC.**- MANUAL DE ACEPTACIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS, 1998.
8. **ERICSSON.**- EQUIPO DE REFRIGERACIÓN, 1998.
9. **SIEMENS.**- MANUAL DE OPERACIÓN DE CENTRALES EWSD, ALEMANIA 2000.
10. **SCHNEIDER.**- MANUAL DEL CONCEPT 2.2, ALEMANIA 2000.
11. **CREUS SOLE ANTONIO.**- INSTRUMENTOS INDUSTRIALES TERCERA EDICION, MARCOMBO, ESPAÑA 1985.
12. **WEISS TECHNIK.**- MANUAL DE SERVICIOS PARA ARMARIOS DE CLIMATIZACIÓN PARA COMPUTADORES, ALEMANIA 1984.

ANEXO N° 1

BREVE DESCRIPCIÓN DEL PLC

ANEXO 1

1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL CPU MODICON E984-265

El E984-265 de la figura A.1.1, es un controlador compacto con dos puertos Modbus de comunicación (RJ45) y un puerto interfase de red (9 pines) Modbus Plus, 1 Meg de Flash Ram basado en el sistema ejecutivo, 512 K de SRam, 8 K de palabras de memoria de usuario, 16 K de palabras de State Ram, 24 K de palabras en total, 25MHz de operación del CPU, temperatura de operación de 0 a 60°C, dos switches giratorios para el direccionamiento de Modbus, seis leds indicadores, y una barra de terminales para la energía de 24Vdc.

Este controlador requiere de una fuente de poder externa.

A continuación se presenta un esquema del CPU, con las partes accesibles para el usuario:

Batería de Litio

Switches de direccionamiento giratorio del Modbus Plus

Led PCMCIA

Switch deslizante protector de memoria

Switch deslizante de parámetros comunes

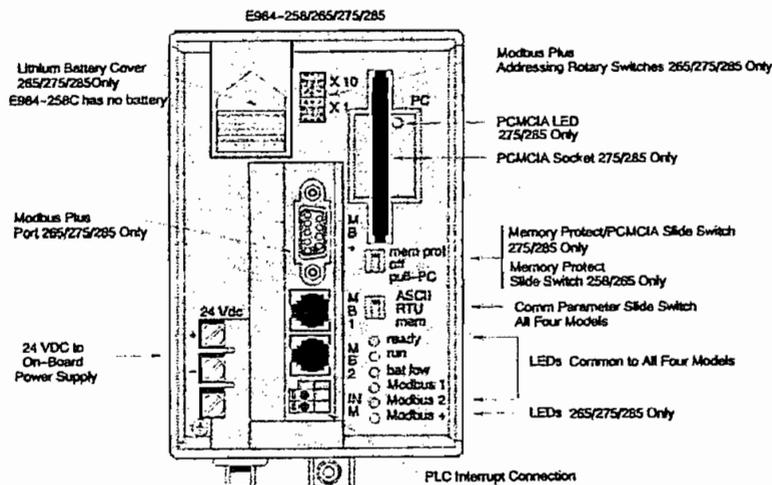


Figura A.1.1 Gráfico del CPU

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE

La fuente empleada es la P120-001 (Figura A.1.2), que es una fuente aislada para el CPU Compact-984, instalada en cualquier ambiente de AC. La unidad acepta entradas de voltaje de 115 V o 230 V ($\pm 15\%$) de AC, y salidas de 24VDC para el CPU a 1ª de corriente continua.

Este módulo está diseñado para ser insertado en cualquier I/O slot disponible en el backplane DTA 200, tal como se coloca un módulo I/O A120 standart, pero esto no permite ninguna conexión con el backplane. No es necesario switchear, ni realizar ningún puente para cambiar la fuente de entrada de 115VAC a 230 VAC, o cuando cambia de 230 VAC a 115VAC.

Esta fuente posee una protección de sobrevoltaje, previniendo que la salida de voltaje no exceda 35 V para de esta manera no perder la regulación. Si un sobrevoltaje es detectado la fuente, se apaga y se mantendrá así por los posteriores 5 minutos. La P120 tiene un circuito de protección de sobrecarga, lo que permite que la unidad este a salvo de un cortocircuito por un periodo no mayor a 5 minutos.

Esta fuente posee un led verde que se enciende cuando la unidad esta entregando energía DC con una regulación de $\pm 5\%$. Cuando la regulación de voltaje es menor que el 5% requerido, el led brilla muy tenuemente, y este se apaga cuando se pierde la regulación.

La recomendación del fabricante es que solamente una fuente P120 sea usada para alimentar al Compact 984, es decir al CPU, y otra para los módulos I/O, para reducir el riesgo de ruidos que afecten el funcionamiento del controlador, pero para nuestro caso, por razones de costos y por tratarse de un control ON-OFF, se determinado en usar una sola fuente.

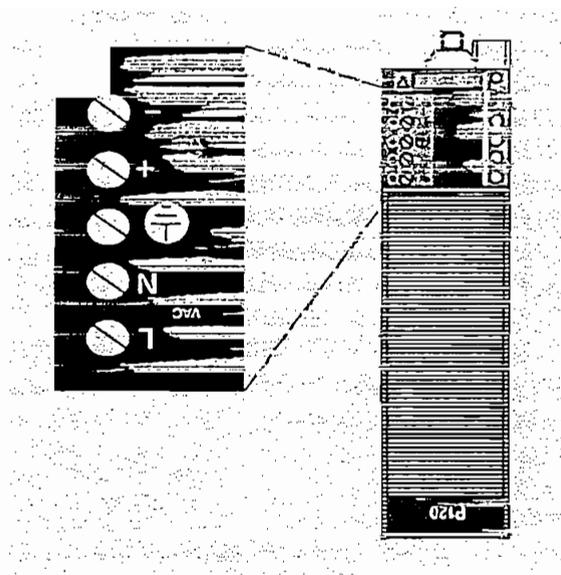


Figura A.1.2 Gráfico de la Fuente.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE ENTRADAS

El AS-BDEP 216/256 es a 24Vdc, es un módulo de 16 entradas discretas. Este módulo sensa señales recibidas de puntos de monitoreo como pushbuttons, como switches, o otra fuente de entrada de 24 Vdc y convierte estas señales, en señales lógicas de voltaje, con niveles que puedan ser usados por el PLC. Las señales serán cableadas en dos grupos, ocho señales por grupo. Estas señales están aisladas óptimamente del sistema del bus.

Este módulo posee dos leds verdes, en los tornillos opuestos al 1 y 12. Cuando uno de estos leds está encendido, indica que la energía esta disponible para las ocho entradas que pertenece a cada bloque. El módulo posee 16 leds, ocho en el lado opuesto a los tornillos 3 a 10 y ocho opuestos a los tornillos 14 a 21; cuando cualquiera de estos leds están encendidos, este indica la presencia de voltaje, presente en la entrada correspondiente.

Estos módulos poseen las siguientes características:

| | | |
|----------------------|--------------------|----|
| Topología del Modulo | Numero de Entradas | 16 |
| Topología del Modulo | Numero de Grupos | 2 |
| Puntos/Grupos | | 8 |
| Aislamiento | Opto acopladores | |

| | | |
|---|--|-----------------------|
| | en cada entrada | |
| Fuente de Energía | Requiere de fuente Externa | |
| | 24 Vdc para las ocho entradas | |
| | Valor promedio de la Señal | |
| | 24 Vdc +25%/-15% | |
| | Internamente provee Energía | |
| | 5 V; 15 mA para el Bus I/O | |
| Potencia de disipación interna | 2 W típico | |
| Características eléctricas | Nivel de la Señal de ON | 12 a 30 Vdc |
| Nivel de la Señal de OFF | -2 a +5 Vdc | |
| Corriente de Entrada en ON | 7 mA @ 24 Vdc | |
| Corriente de Entrada en ON | 8.5 mA @ 30 Vdc | |
| Tiempo de Respuesta | 4 ms típico | |
| Modo de Operación | Verdadero alto | |
| Tamaño del Cable/terminal | Un cable | 14 AWG |
| Tamaño del Cable/terminal | Dos Cables | 20 AWG |
| Características Ambientales para AS-BDEP216 | Temperatura de operación | 0 a 60°C |
| Mapa de I/O | Discretas 1x/0x | 16 in/0 out |
| Dimensiones | W x H x D | 40.3 x 145 x 117.5 mm |
| | W x H x D | 1.6 x 5.6 x 4.5 in |
| Peso | 220 g | |
| | 0.5 lb | |
| Estándares Aprobados | AS-BDEP216: VDE 0160; UL 508; CSA 22.2 No.142; y FM Class I, Div 2 | |

A continuación se muestra en la figura A.1.3 un esquema de este módulo y su cableado:

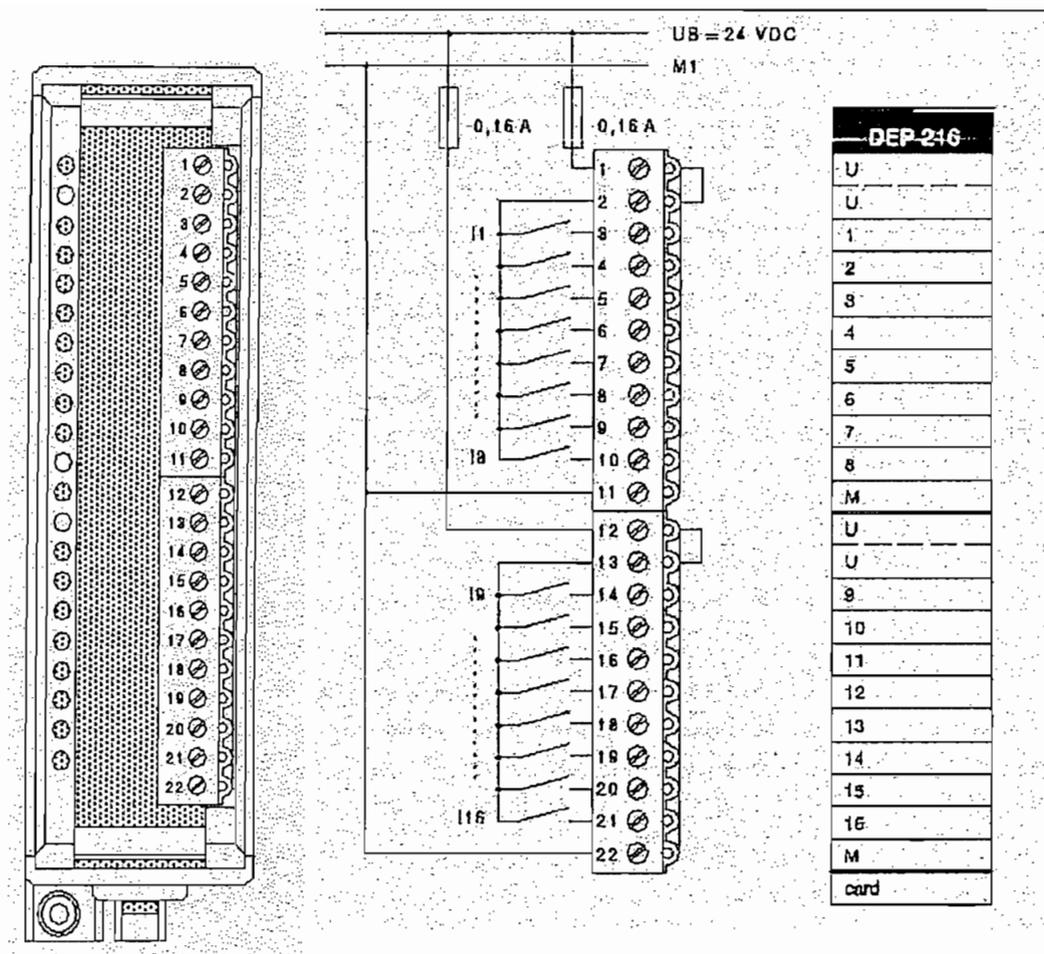


Figura A.1.3 Gráfico del Módulo de Entrada y su Cableado.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DE SALIDA

El AS-BDAP208 módulo de ocho salidas tipo relé. Este utiliza señales lógicas, que el controlador puede activar a cada una de las ocho salidas individualmente aisladas, normalmente abriendo los contactos de los relés. La fuente de energía en las cargas puede ser 24 a 154 Vdc o 24 a 250 VAC. El cableado de cada salida esta conectada a un doble tornillo terminal. Este módulo requiere de una fuente externa de 24Vdc, para soportar los controladores de los relés.

Este módulo posee nueve leds. Uno es verde, opuesto al tornillo 1, que indica la presencia de voltaje en la bobina cuando se enciende. Ocho leds rojos opuestos a los tornillos 3, 5, 7, 9, 14, 16, 18, y 20 que indican, que los bobinas de esta salidas

están energizando a las salidas 1 a 8, respectivamente, e indica que los contactos están cerrados cuando las cargas están energizadas. Estos leds están en paralelo a las bobinas de los reles salida, no a la carga.

Ahora se muestra las características principales de estos módulos:

| | | |
|--|--|---------------------------|
| Topología del Módulo | Numero de Reles de Salida | 8 |
| | Numero de Grupos | 8 |
| Puntos/Grupos | | 1 |
| Aislamiento | Ocho contactos de relé aislados individualmente | |
| Fuente de Energía | Requiere Fuente de Energía Externa 24 Vdc, 150 mA, máx. Fuente Interna 5 V, < 60 mA para I/O bus | |
| Potencia de Disipación Interna | 2 W (típica) | |
| Características Externas | Rangos de Voltaje a la Salida 24 a 154 Vdc; 24 a 250 VAC | |
| Modo de Operación | Normalmente Abierto | |
| Tiempo de respuesta | 10 ms (típica) | |
| Tamaño del Cable/Terminal | Un cable: 14 AWG Dos cables: 20 AWG | |
| Características Ambientales | Temperatura de Operación | 0 a 60° C para AS-BDAP208 |
| Características de Salida | Corriente de 2 A continuo (máx., carga carga a 230 VAC resistiva) 4 A instantáneos (máx., carga resistiva) 1 A continuos (máx., Cos F = 0.5) | |
| Corriente dc Voltaje de trabajo de carga | 2Amaxcontinuo(carga @ 24 Vdc resistiva) 4A instant. Max.(carga resistiva)1Acontinuo(máx., CosF=0.5) | |
| Voltaje de Trabajo | 1Acontinuo máx.(carga 60Vdc resitiva) 0.6 A max (L/R* = 30 ms) | |
| Voltaje de Trabajo | 0.3Acontinuo (carga resistiva) | |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|
| | | @ 140 Vdc 0.15 A (L/R* = 20 ms) |
| Corriente de Circulación | | 5 mA para contactos cerrados Leakage 1 mA |
| Circuitos de Protección Interna | | 68 W +15 nF en paralelo en cada contacto |
| Protección de sobrecarga | | Deben ser equipados externamente L =Inductacia de carga en Henrios; R = Resistencia de Carga en Ω . |
| Mapa I/O | | Discreta 1x/0x 0 in/8 out |
| Tiempo de Útil de Ciclos de Switcheo | | 20,000,000 |
| los Contactos Mecánico | | |
| Ciclos de Switcheo Electrico | | 10,000,000 @ 230 VAC/0.2 A (Carga Resistiva) 7,000,000 @ 230 VAC / 0.5 A 8,000,000 (típico) @ 30VDC / 2A, con diodo clamping 1,000,000 (típico) @ 60VDC / 1 A, con diodo clamping, 3000 cycles/hr max |
| Ciclos de Switcheo Electrico | | 5,000,000 @ 230 VAC/0.5 A (Cargas Inductivas, Cos F = 0.5) |
| Dimensiones | WxHxD | 40.3 x 145 x 117.5 mm (1.6 x 5.6 x 4.5 in) |
| Peso | 240 g (0.52 lb) | |
| Estándares Aprobados | | AS-BDAP 208: VDE 0160; UL 50; CSA 22.2 No.142; y FM Class I, Div 2 Standards |

A continuación se presenta en la Figura A.1.4 un esquema y cableado de este módulo:

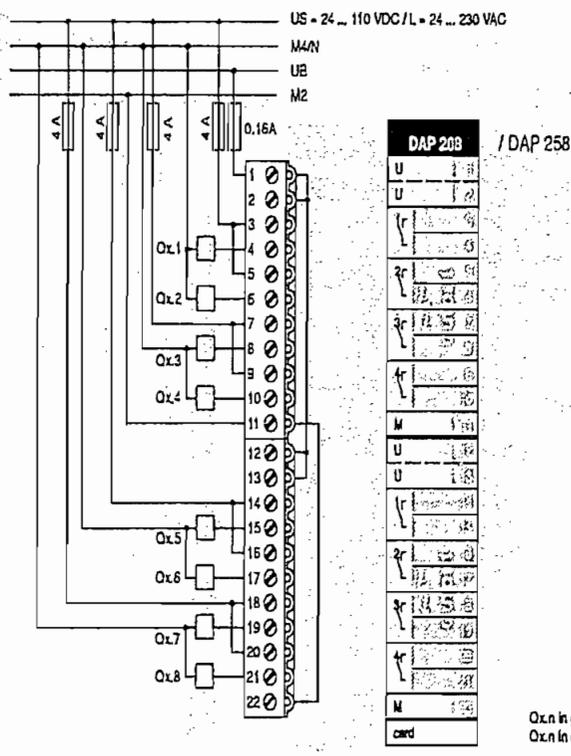
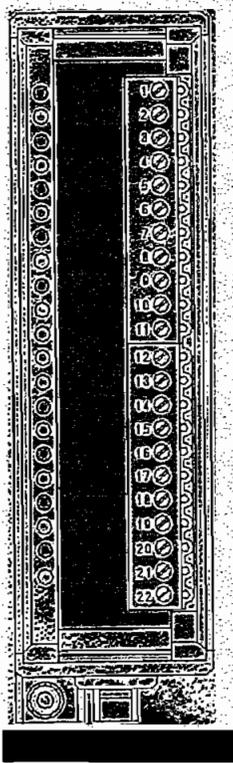


Figura 1.4 Gráfico del Módulo de Salida y su Cableado.

ANEXO N° 2

PROGRAMA IMPLEMENTADO

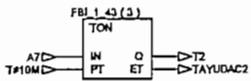
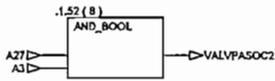
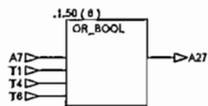
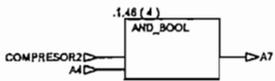
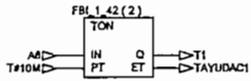
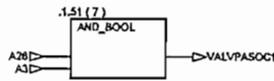
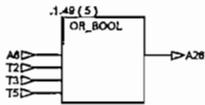
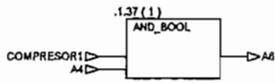
| Variable name | Type | DType | Address | Initial value | Comment | Used |
|-----------------|------|-------|---------|---------------|---|------|
| COMPRESOR1 | VAR | BOOL | 000001 | | SALIDA PARA EL COMPRESOR 1 | 5 |
| FALLACOMP1 | VAR | BOOL | 000002 | | LAMPARA FALLA DEL COMPRESOR 1 | 1 |
| VENT1A | VAR | BOOL | 000003 | | EQUIPO EXTERIOR 1 DEL COMPRESOR 1 | 0 |
| VENT1B | VAR | BOOL | 000004 | | EQUIPO EXTERIOR 1 DEL COMPRESOR 2 | 0 |
| COMPRESOR2 | VAR | BOOL | 000005 | | SALIDA PARA EL COMPRESOR 2 | 5 |
| FALLACOMP2 | VAR | BOOL | 000006 | | LAMPARA DE FALLA DEL COMPRESOR 2 | 1 |
| VENT2A | VAR | BOOL | 000007 | | EQUIPO EXTERIOR 1 DEL COMPRESOR 2 | 0 |
| VENT2B | VAR | BOOL | 000008 | | EQUIPO EXTERIOR 2 DEL COMPRESOR 2 | 0 |
| VALVPASOC1 | VAR | BOOL | 000010 | | VALVULA DE PASO DEL COMPRESOR 1 | 3 |
| VALVPASOC2 | VAR | BOOL | 000011 | | VALVULA DE PASO DEL COMPRESOR 2 | 3 |
| DESHUMED1 | VAR | BOOL | 000012 | | VALVULA DE BYPASS DE AIRE CALIENTE | 1 |
| DESHUMED2 | VAR | BOOL | 000013 | | VALVULA DE BYPASS DE AIRE CALIENTE | 1 |
| CALENTAMIENTO | VAR | BOOL | 000014 | | VALVULA QUE PERMITE EL CALENTAMIENTO AL ABRIRSE CON UN BYPASS | 4 |
| ENFRIAMIENTO | VAR | BOOL | 000015 | | VALVULA QUE PERMITE EL ENFRIAMIENTO | 2 |
| VENTILADOR | VAR | BOOL | 000016 | | VENTILADOR QUE PERMITE LA CIRCULACION DEL AIRE DENTRO DE LA SALA | 4 |
| ALTATEMPERATURA | VAR | BOOL | 000017 | | LAMPARA DE SEÑALIZACION DE ALTA TEMPERATURA | 1 |
| K30 | VAR | BOOL | 000019 | | CONTACTOR LIBERADOR DE POTENCIA CUANDO EL EQUIPO HA TRABAJADO EN ALTA TEMPERATURA DURANTE EL TIEMPO SETEADO | 5 |
| C1FUNMINIMO | VAR | BOOL | 000020 | | CONTACTOR DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DEL COMPRESOR 1 | 2 |
| HUMIDIFICADOR | VAR | BOOL | 000021 | | CONTACTOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL HUMIDIFICADOR | 1 |
| C2FUNMINIMO | VAR | BOOL | 000022 | | CONTACTOR DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE COMPRESOR 2 | 2 |
| FILTROLAMP | VAR | BOOL | 000023 | | LAMPARA DE FALLA DE FILTRO | 1 |
| LAMPINCENDIO | VAR | BOOL | 000024 | | DA LA SEÑALIZACION DE ALARMA DE INCENDIO | 1 |
| ALMARMINCENDIO | VAR | BOOL | 100001 | | ENTRADA PARA APAGAR EL EQUIPO EN CASO DE INCENDIO | 2 |
| SENSORRED | VAR | BOOL | 100002 | | INDICADOR DE ADECUADA CALIDAD DE RED | 1 |
| SENSORBANDA | VAR | BOOL | 100003 | | INDICADOR DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR DE LA SALA | 3 |
| SENSORFILTRO | VAR | BOOL | 100004 | | INDICADOR DE UN ESTADO DEL FILTRO | 1 |
| TEMPSALAMIN | VAR | BOOL | 100005 | | INDICADOR DE TEMPERATURA BAJA EN LA SALA (KLIMATROL) | 4 |
| TEMPSALAMAX | VAR | BOOL | 100006 | | INDICADOR DE TEMPERATURA MAXIMA EN LA SALA (KLIMATROL) | 1 |
| N1SONDATEMP2 | VAR | BOOL | 100007 | | | 0 |
| HUMEDADMIN | VAR | BOOL | 100008 | | INDICADOR DE HUMEDAD MINIMO (KLIMATROL) | 1 |
| HUMEDADMAX | VAR | BOOL | 100009 | | INDICADOR DE HUENDAD MAXIMO | 6 |
| N1SONDATEMPMAX | VAR | BOOL | 100010 | | SONDA DE TEMPERATURA | 3 |
| N2SONDAHUMEDAD | VAR | BOOL | 100011 | | SONDA DE HUMEDAD | 1 |
| FALLAC1 | VAR | BOOL | 100012 | | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL COMPRESOR 1 | 1 |
| FALLAC2 | VAR | BOOL | 100013 | | RECIBE LA SEÑAL DE FALLA DEL COMPRESOR 2 | 1 |
| FALLAEQUIPOEXT1 | VAR | BOOL | 100014 | | RECIBE LA SEÑAL DEL EQUIPO EXTERIOR 1 | 1 |
| FALLAEQUIPOEXT2 | VAR | BOOL | 100015 | | RECIBE LA SEÑAL DEL EQUIPO EXTERIOR 2 | 1 |
| A1 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| A10 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| A11 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| A12 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR DETECTOR DE SONDAS PARA EL FUNCIONAMIENTO MINIMO DE LOS COMPRESORES | 5 |
| A13 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO MINIMO DE C1 COMO ESCLAVO | 2 |
| A14 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO MINIMO DE C2 COMO ESCLAVO | 2 |
| A15 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| A16 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| A17 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA APAGAR EL EQUIPO EN CASO DE INCENDIO | 2 |

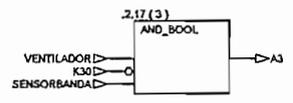
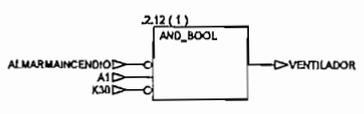
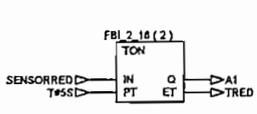
Variable list (Name: All, Type: All, DataType: All, Sorted by: address)

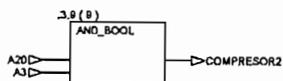
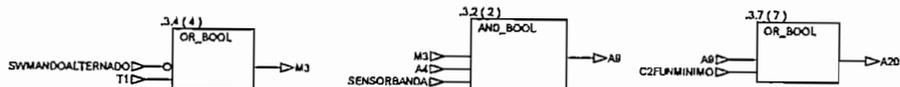
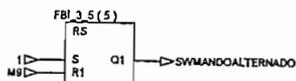
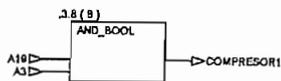
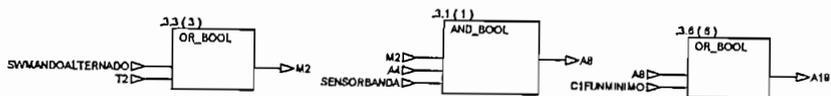
| Variable name | Type | DType | Address | Initial value | Comment | Used |
|-----------------|------|-----------|---------|---------------|--|------|
| A18 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA APAGAR EN CASO DE INCENDIO | 2 |
| A19 | VAR | BOOL | | | APAGADO DE COMPRESOR 1 POR FALTA | 2 |
| A2 | VAR | BOOL | | | CONDICIONES MINIMAS DE FUNCIONAMIENTO | |
| A20 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA REESTABLECER EL | 2 |
| A21 | VAR | BOOL | | | FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO | |
| A22 | VAR | BOOL | | | APAGADO DEL COMPRESOR 2 POR FALTA DE LAS | 2 |
| A23 | VAR | BOOL | | | CONDICIONES MINIMAS DE FUNCIONAMIENTO | |
| A24 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA PERMITIR EL ENCLAVAMIENTO DE | 2 |
| A25 | VAR | BOOL | | | Y6 (ENFRIAMIENTO) | |
| A26 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA PERMITIR EL ENCLAVAMIENTO DE | 2 |
| A27 | VAR | BOOL | | | Y5 (CALENTAMIENTO) | |
| A28 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR DE A21 | 2 |
| A29 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA DETECTAR VALORES LIMITES | 2 |
| A3 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA CHEQUEA EL FUNCIONAMIENTO DE | 5 |
| A30 | VAR | BOOL | | | C1 Y C2 | |
| A31 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO DE LA VALVULA | 2 |
| A32 | VAR | BOOL | | | DE PASO DEL COMPRESOR 1 | |
| A33 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA | 2 |
| A34 | VAR | BOOL | | | VALVULA DE PASO DEL COMPRESOR 2 | |
| A35 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA MANTENER ENCENDIDA LA | 2 |
| A36 | VAR | BOOL | | | VALVULA Y5 | |
| A4 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA MANTENER ENCENDIDA LA | 2 |
| A6 | VAR | BOOL | | | VALVULA Y6} | |
| A7 | VAR | BOOL | | | DA LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA EL | 10 |
| A8 | VAR | BOOL | | | FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPRESORES | |
| A9 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| ALARMAS | IVAR | SECT_CTRL | | | | 2 |
| AUXHUM1 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA LA FUNCION DE DESHUMEDECER | 2 |
| AUXHUM2 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA LA FUNCION CALENTAMIENTO | 2 |
| CICLICA1 | VAR | BOOL | | | INDICA QUE DEBEN FUNCIONAR LOS COMPRESORES | 5 |
| CICLICA2 | VAR | BOOL | | | FUNCIONAMIENTO C1 | 3 |
| CICLICO | IVAR | SECT_CTRL | | | | 3 |
| COMPRESORES | IVAR | SECT_CTRL | | | AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO MINIMO DEL | 2 |
| CTCICLIC | VAR | TIME | | | COMPRESOR 1 | |
| CTCICLIC2 | VAR | TIME | | | AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO MINIMO DEL | 2 |
| ENERGIA | IVAR | SECT_CTRL | | | COMPRESOR 2 | |
| FUNC_MINIMO | IVAR | SECT_CTRL | | | | 0 |
| HUMEDAD | IVAR | SECT_CTRL | | | | 0 |
| M30 | VAR | BOOL | | | | 2 |
| M2 | VAR | BOOL | | | | 3 |
| M3 | VAR | BOOL | | | | 3 |
| M9 | VAR | BOOL | | | | 3 |
| MANDO_ALTERNADO | IVAR | SECT_CTRL | | | | 0 |
| SALDESHUM1 | VAR | BOOL | | | AUXILIAR PARA EL FUNCIONAMIENTO AL 100% | 0 |
| SALDESHUM2 | VAR | BOOL | | | DEL COMPRESOR1 | |
| | | | | | AUXILIAR PARA EL FUNCIONAMIENTO AL 100% | 0 |
| | | | | | DEL COMPRESOR2 | |

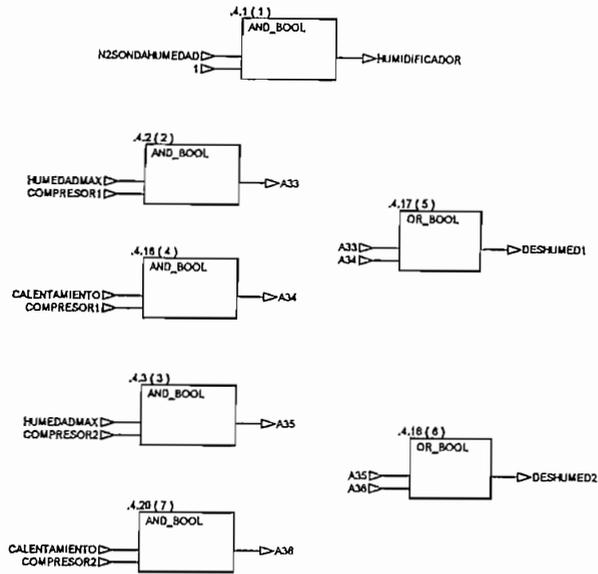
Variable list (Name: All, Type: All, DataType: All, Sorted by: address)

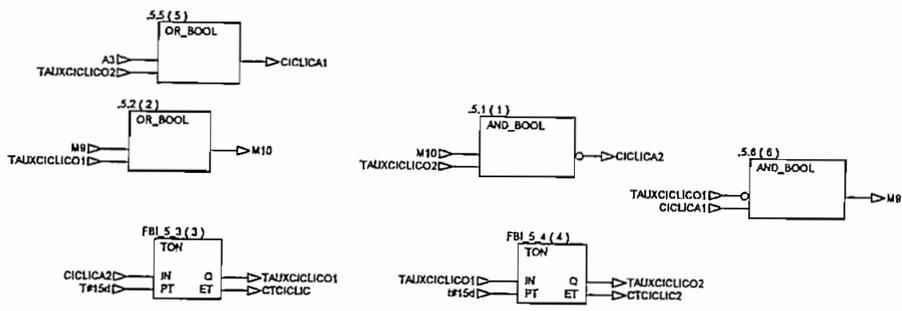
| Variable name | Type | DType | Address | Initial value | Comment | Used |
|------------------|------|-----------|---------|---------------|--|------|
| SUMANDOALTERNADO | VAR | BOOL | | | | 3 |
| T1 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE ENTRADA DE LA SEGUNDA ETAPA CUANDO LA PRIMERA ETAPA NO ABASTECE. | 5 |
| T1K30 | VAR | BOOL | | | TIMER PARA APAGAR EL EQUIPO POR ALTA TEMPERATURA, HACIENDOLE ACTUAR AL CONTACTOR K30 | 2 |
| T2 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE ENTRADA DE LA PRIMERA ETAPA CUANDO LA SEGUNDA ETAPA NO ABASTECE | 5 |
| T2K30 | VAR | BOOL | | | TIMER QUE PERMITE EL REINICIO DE OPERACION DESPUES DE HABERSE APAGADO POR ALTA TEMPERATURA | 3 |
| T3 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE ETAPA DE REFRIGERACION 1 COMO PILOTO | 3 |
| T4 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE ETAPA DE REFRIGERACION 2 COMO PILOTO | 3 |
| T5 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE ETAPA DE REFRIGERACION 1 COMO ESCLAVO | 3 |
| T6 | VAR | BOOL | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO PARA ETAPA DE REFRIGERACION 2 COMO ESCLAVO | 3 |
| TAUXCICLICO1 | VAR | BOOL | | | | 4 |
| TAUXCICLICO2 | VAR | BOOL | | | | 3 |
| TAYUDAC1 | VAR | TIME | | | TIEMPO EN LA ETAPA 2 ENTRA EN FUNCIONAMIENTO, CUANDO LA ETAPA 1 ES LA ETAPA PILOTO | 1 |
| TAYUDAC2 | VAR | TIME | | | TIEMPO EN LA ETAPA 1 ENTRA EN FUNCIONAMIENTO, CUANDO LA ETAPA 2 ES LA ETAPA PILOTO. | 1 |
| TDESHUM1 | VAR | TIME | | | CONTADOR DE TIEMPO PARA ENFRIAR AL 100% | 0 |
| TDESHUM2 | VAR | TIME | | | CONTADOR DE TIEMPO PARA ENFRIAR AL 100% | 0 |
| TEMPERATURA | IVAR | SECT_CTRL | | | | 0 |
| TFUNMINC2 | VAR | TIME | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE LA ETAPA 2 COMO PILOTO | 1 |
| TIEMPOFUNMINC1 | VAR | TIME | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE LA ETAPA 1 COMO PILOTO | 1 |
| TIEMPOFUNMINC1ES | VAR | TIME | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE LA ETAPA 1 COMO ESCLAVO | 1 |
| TIEMPOFUNMINC2ES | VAR | TIME | | | TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO MINIMO DE LA ETAPA 2 COMO ESCLAVO | 1 |
| TRED | VAR | TIME | | | TIEMPO DE TESTEO DE LA RED | 1 |
| VT1K30 | VAR | TIME | | | VISUALIZADOR DE TEMPORIZADOR T1K30 | 1 |
| VT2K30 | VAR | TIME | | | VISUALIZADOR DEL TEMPORIZADOR T2K30 | 1 |

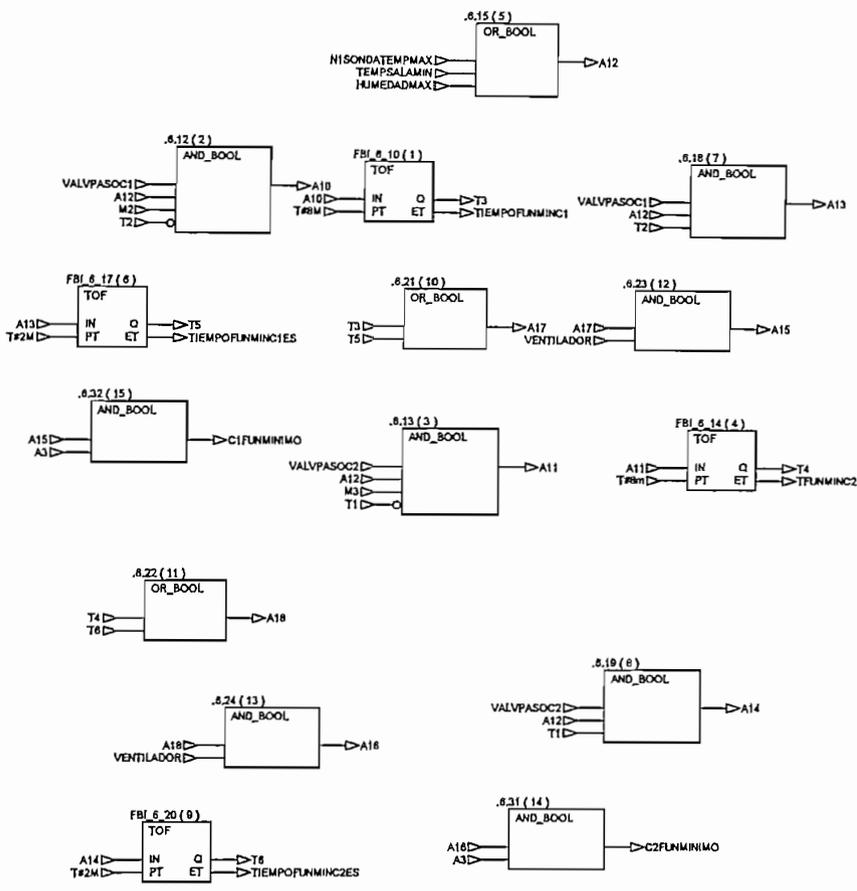


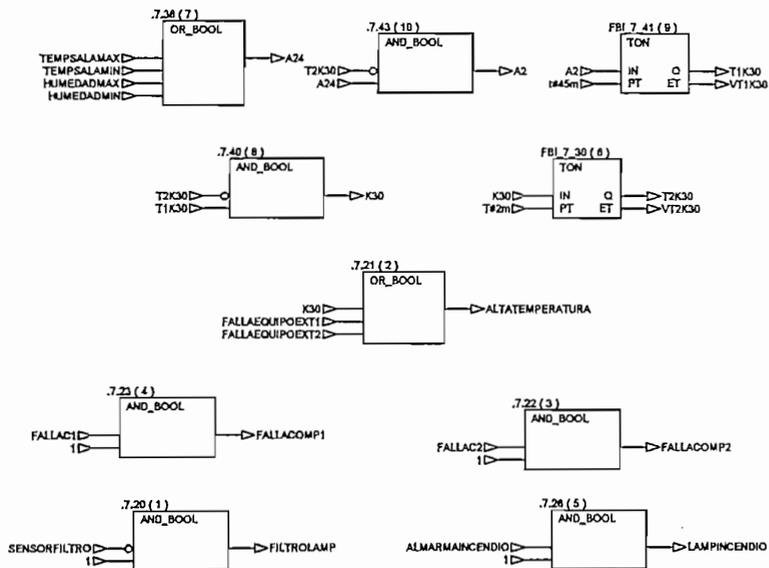


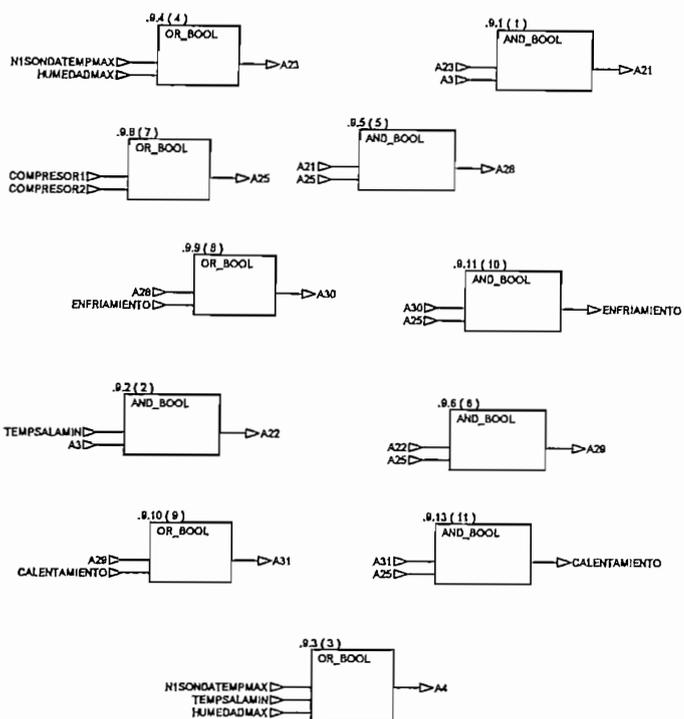












ANEXO N° 3

HUMIDIFICADOR

Preface

Many apparatus described as "ready for connexion" or "fully automatic, with a technical equipment similar to our steam generating units, necessary for steam generation from ordinary tap water, necessitate before the start-up the study and observance of more or less complicated and voluminous instructions.

But — who wants to read lengthy proceedings? And who has the time for it anyway?

We made it easy for you!
The steam humidifier CONDAIR ES may be put to service by simple switching on.

If you read just the next page, you will know everything that is important for the start-up of the CONDAIR ES unit.

The steam humidifier CONDAIR ES — a further development of the well proved LUMATIC principle — is equipped with an electronic control unit and with the patented "auto-adaptive" water control system.

This means self-adaptation and guarantees a really fully-automatic and extremely economic operation — absolutely independent from varying and extreme water qualities.

With the auto-adaptive water control system, the steam humidifier CONDAIR ES adapts itself to a given water quality.

Prerequisites for the operation

1.1 Checking the installation

The following checks are recommended especially when somebody else had been responsible for the installation.

Please note, that all work in the electrical compartment of the apparatus may only be done by specialized experts in accordance with local codes and regulations. Before opening, switch off electric mains! (Protection against accidental contacts, → 4.3) ~.

The individual checks are in accordance with the mounting instructions (MI) for the CONDAIR ES unit:

Does the positioning of the apparatus (MI 1.2) permit the best possible steam flow? Optimum length would be 1 m, up to 2 m max.; the unit is operating also with a longer hose, but this will have an influence on the economy.

2.12 Is the steam distributor (MI 3.1) mounted correctly and in correct relation to the cross-section of the duct? (Danger of condensing).

tubercle flexible

2.13 Is the hose arranged correctly (MI 3.3) with the right inclination and without condensate pockets? Is the drain of the condensate water guaranteed?

- either back to the unit (check end of hose in the cover of the filling cup: it should be penetrating approx. 2 cm)
- or separately; but in such a manner that the condensate flowing back may be checked.

2.14 Water connexion (MI 2.2, 3.42) Is a stop valve provided in the water feed line, directly before the unit? Water pressure not over 6 bar (85 psi)? If a pressure reducing valve is installed, the pressure should be adjusted to 3 ... 4 bar (40 ... 60 psi). The water pressure should not be permanently below 2 bar (30 psi), otherwise equipment (→ 2.24) is needed.

Is the water drain connected with hose, without pressure (and with syphon)?

2.15 Electrical connexions (MI 2.2, 3.41)

Please observe security recommendations (→ 4.3)

Does the type of the unit correspond to the supply voltage (U_p and U_c)?

Is the minimum fuse protection in accordance with the wiring diagram?

If U_p is not 415 volts for type ES 60, or if U_p is not 240 volts for type ES 40, —

the rating plate and the wiring diagram have to be modified accordingly!

Furthermore, the unit has to be adjusted for another voltage (→ 2.21).

Is the control voltage of 240 volts connected directly to terminals "9" and "8"?

If $U_c = 240 V/1 \sim N$, the neutral must be connected to terminal "8".

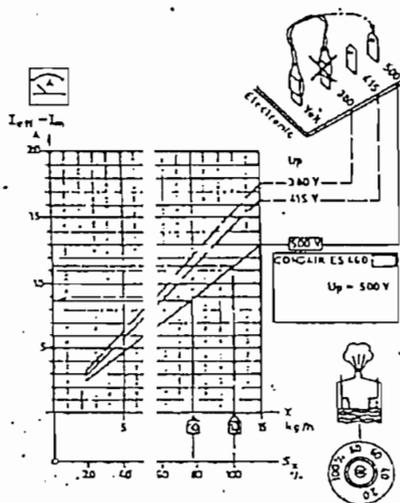
Is control phase operating all right (terminal "1")?

a) via hygrostat (or possibly installed security hygrostat), connected correctly, i.e. switching off at increasing humidity?

b) via fan (or possibly via vane switch or pressure switch), interlocked, i.e. interrupted with no (or too little) air circulation?

This applies also for direct room humidification with a fan unit.

overlook
constant
low



2.22 Other steam generating capacities

The steam generating capacity corresponding to the maximum steam requirements is chosen at the capacity adjustment (Potentiometer S_x)

The effective operating steam capacity may be read from the capacity diagram (depending upon the heating voltage U_p) and checked with the ammeter.

Example:

desired steam generating capacity 10 kg/h

available, supply voltage $U_p = 500$ volts

unit: CONDAIR ES 460

Adjustment according to diagram:

$S_x = 75 \dots 80 \%$

mean nominal current: $I_m = 9$ amps.

(ammeter indication: $I_p = 10 \dots 8$ amps.)

The ammeter indicates with the units ES 500/600/700/800 half the effective current consumption per cylinder.

2.23 Continuous control or step control

For an easier evaluation of the needed automatic control systems for a particular air conditioning installation, the brochure "Humidifier Control for CONDAIR ES" is available.

If a step or a continuous control system has been chosen for the CONDAIR ES unit, special precautions have to be taken:

The special adapter is attached to the electronics of the CONDAIR ES. The corresponding mounting directions as well as the wiring diagram are supplied with the adapter.

3. CONDAIR ES System

The steam humidifier CONDAIR ES generates steam of any available tap water and distributes the steam into the air to be humidified.

The steam generation is made with electric energy, according to the electrode principle, in a vertical, easily interchangeable steam cylinder. The electronic regulating circuits control the operation of the steam generator fully automatically.

The interchangeable cylinder, working according to the electrode principle, and the auto-adaptive water control system characterize the CONDAIR ES system.

3.1 Electrode principle

With the right method, any available ordinary tap water may be used as electric heater resistance.

Two or more grid electrodes in the CONDAIR ES steam cylinder are dipping into the water. The electric power is converted into heat directly in the water without any loss. (Because only alternating current is used, no electrolysis, i.e. no chemical transformation of the water is possible).

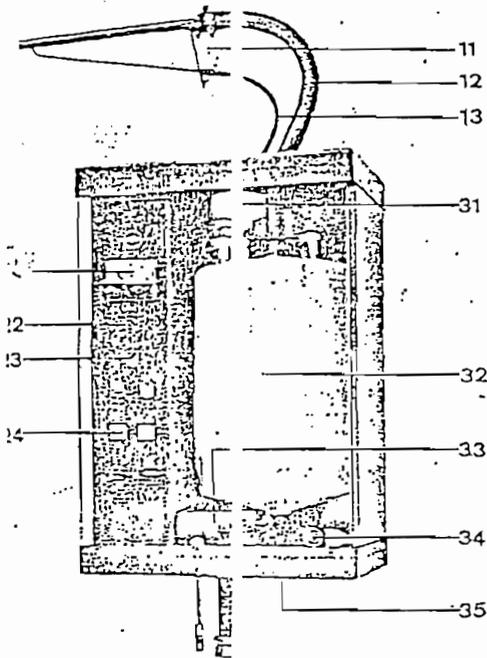
Only the electrode principle offers the following features:

- most simple execution of the electric heater
- safe operation, even with lack of water or with scaling
- stepless and simple control of the steam generating capacity.

4. Construction of the CONDAIR ES

The steam humidifier CONDAIR ES consists of the steam generating unit and of a steam distributor suitable for a given air humidifying task:

- a) Steam distributor for installation in an air duct (—picture)
- b) Fan unit with steam distributor for direct room humidification (mounted on steam generator or separate wall mounting unit)



4.1 Where to find the parts?

Steam distribution

- 11 Steam distributor
- 12 Steam hose
- 13 Condensate hose

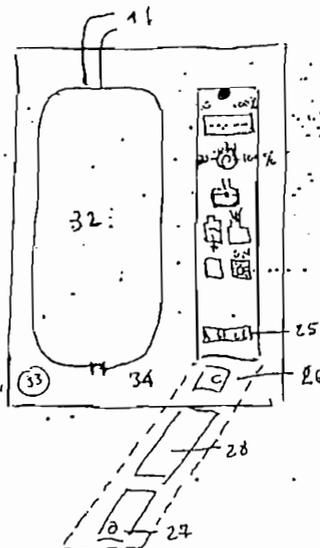
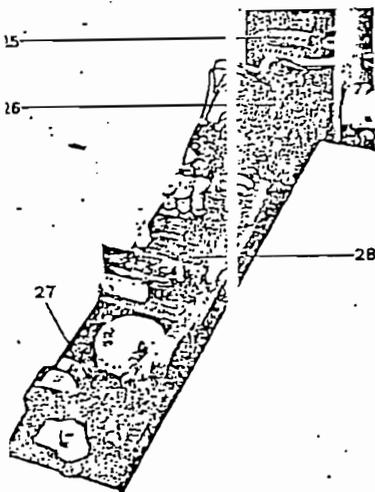
Steam generating unit

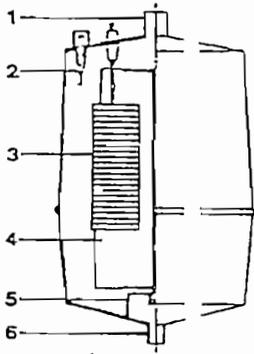
Electric part with hinged panel

- 21 Ammeter
- 22 Capacity adjustment
- 23 Full level indicator lamp
- 24 luminous push switches
- 25 Connecting terminals
- 26 Contactor
- 27 Current transformer
- 28 Electronics

Steam cylinder part with detachable cover

- 31 Filling cup with overflow
- 32 Steam cylinder
- 33 Water inlet unit with solenoid valve and filter
- 34 Water outlet unit with solenoid valve
- 35 Drain channel





*De sensor voor pinna
is voorzien van 2 pinna's.*

4.24 Steam cylinder

- 1 Steam hose connexion
- 2 Sensor electrode
- 3 Heating electrodes
- 4 Separator (only for type 500)
- 5 Strainer basket
- 6 Plug-in connexion

The steam cylinder is inserted into the O-ring packing box of water outlet unit. It is taken out after disconnecting the steam hose (and by taking away any remaining lateral metal strips from transport protection).



260/360



370/400



560/660

2 pinna's



240/340

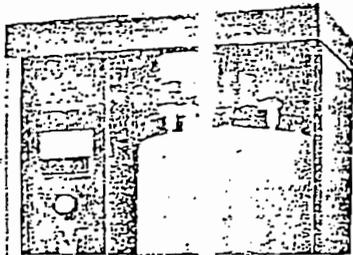


440



540

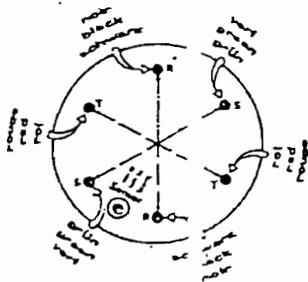
| For variant | For unit size | | | | |
|-------------|---------------|--------|--------|------------------|------------------|
| | ES 200 | ES 300 | ES 400 | ES 500 ES 700 | ES 600 ES 800 |
| ES .60 | 260 | 360 | 460 | 560 | 660 |
| ES .40 | 240 | 340 | 440 | 540 | — |
| ES .70 | | 460 | | | |



Electrode connexion

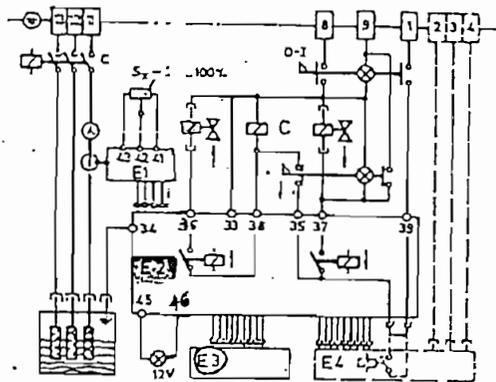
- for heating electrodes: 2, 3, or 6 grey plugs with thick connecting wires of different colours
- for sensor electrode: 1 white plug with thin white connecting wire;

The sensor plug is connected to the sensor pin marked by a collar. (connecting to wrong pin will affect the function, but not the security).



Connexion for ES 500/600/700/800:

With the steam cylinders 500 or 600 for six heating electrodes, attention must be paid to the fact that cables of the same colour (same phase) must be connected to opposite pins. (Connecting to wrong pin affects function, but not the security).



5.2 Function of the electronics

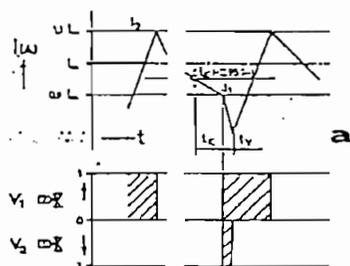
Control circuits:

Current transformer (E1)

Electronic basic unit (E2)

RC-component (E3)

Adapter (E4)
alternatively → 2.23

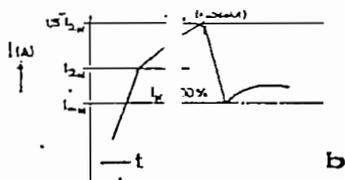


Individual functions in the time-current diagram:

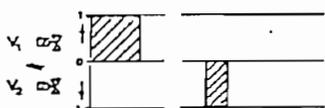
a) Normal operation:

Inlet operation: Valve open/closed with I_1/I_2 ($I_m \pm 10\%$)

Outlet operation: (auto-adaptive control, "P" behavior): the outlet valve opens when the actual time t_k for the current change $I_k - I_1$ is smaller than the reference time t_s (RC-component t_s/k) and stays open during the time $t_v = (t_s - t_k) \cdot k$, whereby $k = 1/2$ or $1/3$



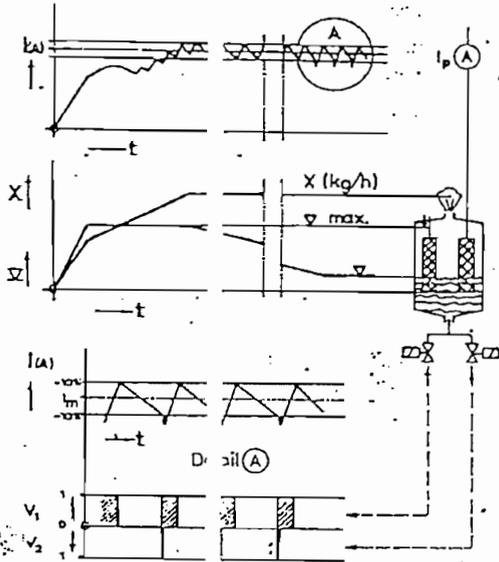
b) Security operation: fixed threshold $I_{max} = 1.15 \cdot I_2$ (with $I_m = 100\%$). The outlet valve opens until I_{dm} (may occur repeatedly during starting phase when the water is warmed up)



c) Full level operation:

If the sensor electrode is in contact with the water surface, the filling phase ($L \cdot I_2$) is locked: an intermittent filling operation occurs

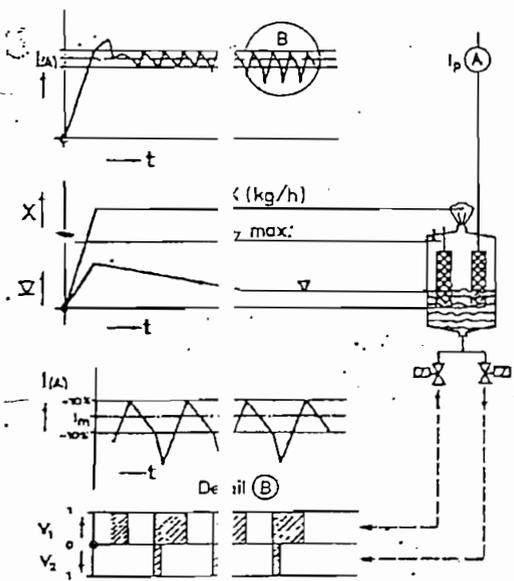
- at the start-up with a new cylinder with steadily increasing steam generation (because of increasing mineral salt concentration)
- with a used cylinder with decreasing steam generation (because of electrode insulation).



5.3 Start and operation

- a) With water of normal to low conductivity
(Example in the diagram at left: approx. 3000 ohms - cm)

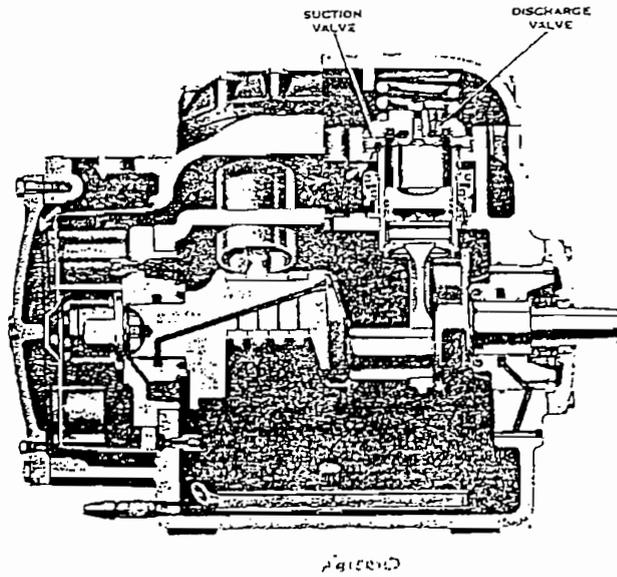
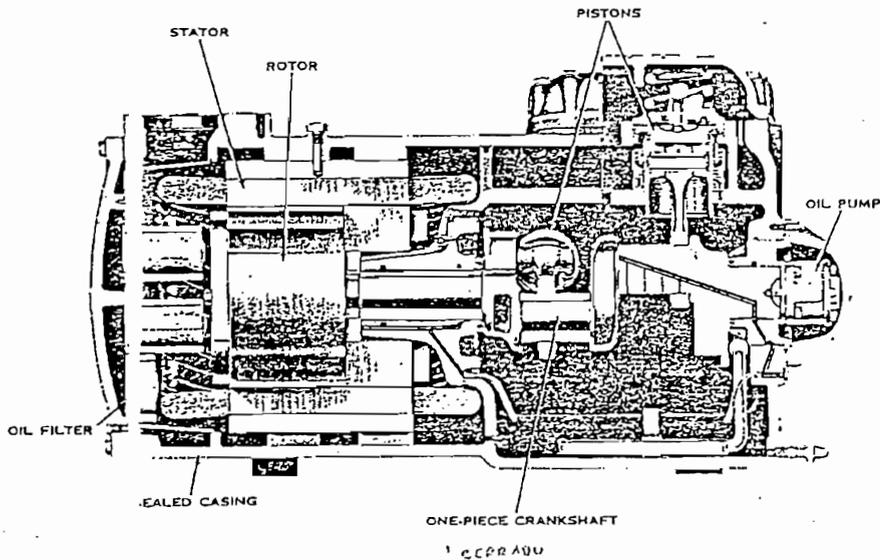
Detail A = stationary operation



- b) with water of high conductivity
(Example in the diagram at left: approx. 1000 ohms - cm)

Detail B = stationary operation

3) THE COMPRESSOR



CDK to make example.