



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

# **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

**Oscar Laureano Orozco Joachin**

Asesorado por el Ing. Selvyn Manolo Rodas Maldonado

Guatemala, febrero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE  
LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**OSCAR LAUREANO OROZCO JOACHIN**

ASESORADO POR EL INGENIERO SELVYN MANOLO RODAS  
MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Solares Peñante
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de agosto de 2005.

Oscar Laureano Orozco Joachin

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE  
MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL  
SAN JUAN DE DIOS**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de agosto de 2005.



Oscar Laureano Orozco Joachin

Guatemala, 18 de Septiembre del 2006

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio atentamente le informo que como asesor de la práctica del ejercicio profesional supervisado (E.P.S.) del estudiante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica **OSCAR LAUREANO OROZCO JOACHIN**, procedí a revisar el informe final de la practica de EPS, titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL NACIONAL SAN JUAN DE DIOS**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo constituyen un valioso aporte al Hospital San Juan de Dios.

En virtud, lo doy por APROBADO, solicitándole darle el tramite respectivo.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,

  
Ing. Selvyn Manolo Rodas Maldonado  
Asesor  
Colegiado No. 7217



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

*"Todo por ti Carolina Ma"*  
*Dr. Carlos Martínez Durán*  
2006. Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 11 de Noviembre de 2006  
Ref. EPS. C. 723.11.06

Ing. Angel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como supervisor de la practica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la escuela de Ingeniería Eléctrica **OSCAR LAUREANO OROZCO JOACHIN**, Procedí a revisar el informe final de la practica de EPS, cuyo titulo es titulado **"AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valiosos aporte de nuestra Universidad

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Cd No. 6271

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica-Eléctrica

KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
Tel. 24423509

"Todo por ti Carolingia Mía"  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 09 de noviembre de 2006  
Ref. EPS. C. 723.11.06

Ing. Renato Escobedo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS"**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **OSCAR LAUREANO OROZCO JOACHIN**, quien fue asesorado por el Ing. Selvyn Manolo Rodas Maldonado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS



ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Oscar Laureano Orozco Joaquín titulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, procede a la autorización del mismo.

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del director mencionado en el texto.

**Ing. Mario Renato Escobedo Martínez**

**DIRECTOR**

**GUATEMALA, 17 DE ENERO 2,007.**

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.042.07

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANDO DE LA CALDERA DE VAPOR DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Laureano Orozco Joachin**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy  Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, febrero de 2007

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

Dios, por la vida y la sabiduría que me ha dado para llegar a este momento

Mis padres, por la ayuda incondicional que brindaron

Mi familia, gracia a cada uno que ha compartido conmigo, día a día para poder llegar a esta meta

Mis amigos, tavito, chicho, jorge, cotom, edgar, saul, luis, manolo, alex, y canche, por los momentos compartidos dentro y fuera de la universidad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**

Por sus Bendiciones e infinito Amor

**Mi Papá**

Oscar Armando Orozco, principiamos esta carrera juntos hoy llegamos a la meta, gracias por todo esto es tuyo.

**Mi Madre**

Elsa Marina Joachin, por su esfuerzo, consejos y oraciones, te amo.

**Mi Sobrina**

Catherin, que este triunfo sea un ejemplo en su vida, la quiero mucho.

**Mis Hermanas**

Por todo el amor y el apoyo que me brindaron a lo largo de mis estudios

**Mis Abuelitos**

Gracias por sus oraciones y bendiciones

Todas las personas que saben que son importantes en mi vida. Gracias por estar conmigo

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>GLOSARIO</b> .....	VII
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XV

## 1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Generalidades de la institución.....	1
1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.2. Misión visión de la institución.....	4
1.1.3. Servicios que presta.....	5
1.1.4. Estructura organizacional.....	5
1.2. Departamento de mantenimiento.....	7
1.2.1. Actividades.....	7
1.2.2. Estructura organizacional.....	8
1.3. Generalidades sobre calderas.....	12
1.3.1. Principios teóricos.....	12
1.3.1.1. Energía.....	13
1.3.1.2. Calor.....	14
1.3.1.3. Generadores de vapor.....	14

1.3.2. Elementos de una Caldera.....	16
1.3.2.1. Cámara de agua.....	16
1.3.2.2. Cámara de vapor.....	17
1.3.3. Clasificación de las Calderas.....	18

## **2. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO**

2.1. Concepto.....	21
2.2. Sistema de control.....	21
2.2.1. Sistemas de control en lazo abierto.....	23
2.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado.....	24
2.3. Realimentación.....	26
2.4. Tipos de sistemas de control realimentados.....	27
2.4.1. Sistemas de control Lineales vs. No Lineales.....	27
2.5. Instrumentación de procesos industriales.....	28
2.5.1. Sensor o transductor.....	29
2.5.2. Características deseables de los transductores.....	30
2.6. Automatización.....	31
2.7. Autómata programable .....	32
2.8. Campos de aplicación.....	33
2.9. Funciones básicas de un PLC.....	34
2.10. Programación.....	34

### **3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA**

3.1. Sistema Eléctrico de Potencia.....	39
3.2. Sistema Eléctrico de Control.....	42
3.3. Controles de presión.....	46
3.3.1. Control de operación.....	46
3.3.2. Control de límite fuego bajo.....	46
3.3.3. Control de límite fuego alto.....	47
3.3.4. Control de presión proporcional.....	47
3.4. Interruptores Manuales y Luces Indicadoras.....	48
3.5. Control programador.....	49
3.6. Motor modulador.....	52

### **4. DIAGRAMAS Y DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA**

4.1. Diagrama de Potencia.....	57
4.2. Programador Mecánico.....	57
4.2.1. Arranque y prepurga.....	57
4.2.2. Ignición central.....	58
4.2.3. Postpurga y parado.....	59
4.3. Automatización del programador mecánico.....	59
4.3.1. Estructura del programa.....	60

<b>CONCLUSIONES</b> .....	71
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	75
<b>ANEXOS</b> .....	77

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Estructura organizacional	6
2	Estructura del Departamento de Mantenimiento	10
3	Componentes del Generador de vapor	15
4	Componentes de un Sistema de Control	22
5	Sistema en Lazo Abierto	24
6	Sistema en lazo cerrado	25
7	Desempeños típicos en lazo cerrado	26
8	Esquema de contactos	37
9	lista de instrucciones	37
10	Forma correcta de colocar las instrucciones de contactos	38
11	contactos en paralelo	38
12	diagrama del sistema eléctrico de potencia	41
13	diagrama de bloques del circuito de control	43
14	Pressuretrol	45
15	Componentes del programador	50
16	Diagrama eléctrico básico del motor modulador en condiciones de operación de la caldera	54
17	Diagrama Eléctrico de Potencia	61
18	Diagrama de Control Programación	62
19	Diagrama de Contactos en el Programa Step 7-micro/WIN	63
20	Tiempos de secuencia del programador mecánico	77
21	Funcionamiento básico de la CPU	78
22	Direccionamiento directo de las áreas de memoria de la CPU	78
23	Configurar la comunicación utilizando el cable PC/PPI	79

## TABLAS

I	Parámetros de la Caldera	42
III	Dispositivos de control eléctrico	44
IV	Temporizador y sus Resoluciones	80
V	Acciones de los temporizadores	80

## GLOSARIO

<b>Autómata</b>	Dispositivo o conjunto de reglas que realizan un encadenamiento automático y continuo de operaciones capaces procesar una información de entrada para producir otra de salida
<b>Bit</b>	Una contracción de dos términos del Inglés <i>Binary digIT</i>
<b>Campo magnético</b>	Es el mecanismo fundamental par convertir la energía de ca en energía de cc o viceversa, en motores, generadores o transformadores
<b>Compresor</b>	Aparato o máquina que sirve para comprimir fluidos y algunos sólidos poco compactos
<b>Diafragma</b>	Separación que interrumpe la comunicación entre dos partes de un aparato o de una máquina
<b>Foto celda</b>	Son sensores de presencia o proximidad.

<b>Fusible</b>	Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un hilo o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga
<b>Hardware</b>	Conjunto de elementos materiales que constituyen el soporte físico de un ordenador
<b>microswitch</b>	micro = pequeño y switch = interruptor (cambiador) Interruptor pequeño
<b>Mnemónico</b>	Utilizado para programación, en lista de instrucciones o códigos simbólicos
<b>Par <math>\tau</math></b>	Es la fuerza de torsión aplicada al objeto
<b>Potenciómetro</b>	Resistencia graduable, que se emplea para medir las diferencias de potencial
<b>Presurizar</b>	Mantener la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independientemente de la presión exterior

<b>PSI</b>	Sistema de media inglés. Unidad de presión básica de este sistema, 144 lb <sub>f</sub> /ft <sup>2</sup> Libra por pie cuadrado (lb <sub>f</sub> /ft <sup>2</sup> )
<b>Relés y Contactores</b>	Son dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando, la diferencia entre relé y contactor es la potencia que es capaz de seccionar cada uno
<b>Software</b>	Término genérico que se aplica a los componentes no físicos de un sistema informático, como p. ej. los programas, sistemas operativos, etc., que permiten a este ejecutar sus tareas
<b>Transformador</b>	Aparato eléctrico para convertir la corriente de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad, o viceversa
<b>Velocidad angular</b>	Es la tasa de cambio de la posición angular con respecto al tiempo



## RESUMEN

El propósito de este trabajo de graduación, es realizar la Automatización de los procesos de control de un programador mecánico utilizados en calderas de vapor.

Los temas principales se enfocan en conocer los sistemas que gobiernan el proceso de control de la caldera así como los parámetros que deben cumplirse en todo el lazo cerrado del funcionamiento.

Los parámetros utilizados en el proceso son básicamente elementos de captación a los que llamamos sensores o actuadores, estos se encargan de enviar señales de realimentación para hacer un correcto funcionamiento del programador mecánico.

El programador esta basado en un motor cronométrico de 1/3 rpm diseñado para activar levas con el objeto de abrir y cerrar contactos en un tiempo corto, que nos asegura paso a paso las operaciones de arranque, prepurga, ignición central, pospurga y parado.

La automatización fue estructurada de acuerdo con los límites de operación del sistema, utilizando un PLC S7-200, con una CPU 224, el programa fue elaborado con un lenguaje KOP o esquema de contactos.



## OBJETIVOS

- **General**

Automatizar los procesos de control de la caldera de vapor basados en un programador mecánico

- **Específicos**

1. Proporcionar un apoyo en diagramación al operario para la solución de problemas
2. Estudiar los parámetros o límites que hacen de la realimentación una operación segura en la caldera
3. Conocer el funcionamiento del programador mecánico
4. Realizar una Automatización de los procesos de control en un micro PLC



## INTRODUCCIÓN

En un sistema global cada vez más exigente, una de las piezas claves que distingue y otorga competitividad a la industria moderna es la incorporación de procesos productivos que incluyan tecnologías de punta. Es así como la automatización es una pieza fundamental, que optimizan los procesos y la utilización de recursos, incrementando las utilidades de las empresas.

Atendiendo a esta realidad, y con el objetivo de vincular a una de nuestras instituciones más importantes se llevó a cabo la automatización de los procesos de control mecanizados de las calderas de vapor del Hospital San Juan de Dios.

Una caldera puede definirse como un generador de vapor, el cual contiene procesos definidos para un funcionamiento adecuado; estos pasos son realizados por un programador mecánico que incorpora un motor cronométrico que a base de levas distribuidas en diferentes posiciones, hace accionar un juego de contactos para realizar el trabajo esperado.

Una de las partes importantes de una caldera es la realimentación y los límites de seguridad; esto se logra a través de sensores o transductores que captan una señal física o eléctrica, para convertirlas en señales eléctricas o magnéticas en forma analógica o digital.

Lo anterior nos lleva a la importancia de asegurar un funcionamiento adecuado y una exactitud en el sistema, esto se logra a través automatizar los procesos de control.

Automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un

conjunto de elementos tecnológicos. La automatización se divide en parte operativa y parte de mando

El trabajo esta basado en gran escala a la parte de mando, ya que este se basa en un autómata programable, (PLC) que debe ser capaz de controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos secuenciales.

# **1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN**

## **1.1. Generalidades de la institución**

### **1.1.1. Reseña histórica**

Hospital General San Juan de Dios. En 1976 se dio el fin del antiguo edificio del hospital y traslado a sus instalaciones provisionales del parque de la industria, trasladándose definitivamente al predio de la primera. Avenida de la zona 1.

En un principio se planeó la distribución del hospital en el parque de la industria y se planea dejar un centro de emergencia permanente en el patio posterior del hospital (sobre la avenida Elena) para atender problemas médicos de la zona y que funcionará como una estación para casos que justifican su ulterior internamiento. Dicho proyecto no se cristalizó debido a que las instalaciones del parque de la industria son improvisadas y no llenan completamente los requisitos, sin embargo se logra que el área correspondiente al antiguo Hospital Neuro Psiquiátrico (sobre la 12 calle y la 1ª. Avenida) fuera también demolida con la demolición del edificio del hospital y de esta forma quedó de hecho incorporada al Complejo Hospitalario de San Juan de Dios para la construcción de sus nuevas instalaciones.

Se logró el Acuerdo Presidencial No. SP 69476 que declara de Emergencia Nacional la reconstrucción, remodelación y equipamiento del Departamento de Pediatría.

Palacio Nacional: Guatemala 9 de diciembre de 1976. El presidente de la República. Considerando: que uno de los objetivos de la política del Gobierno de la República es subsanar situaciones derivadas de Emergencia Nacional y tomando en cuenta que con motivo del pasado terremoto las instalaciones del Departamento de Pediatría del Hospital General "San Juan de Dios" fueron seriamente dañadas por lo que se necesita su reconstrucción, remodelación y equipamiento, a efecto de poder prestar un servicio adecuado a los niños que actualmente se encuentran en las instalaciones improvisadas en el Parque de La Industria, que no llenan los requisitos que su atención requiere. POR TANTO. En uso de las facultades que le confiere el inciso 4º. Del artículo 30 de la Ley de Compras y Contratación de Bienes, Suministros, Obras y Servicios (Decreto 11-71 del Congreso de la República). En consejo de Ministros. ACUERDA: Artículo primero. Se declara de Emergencia Nacional la reconstrucción, remodelación y equipamiento del Departamento de Pediatría del Hospital General "San Juan de Dios" por lo que se autoriza al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para que exonerado de requisitos de Licitación Pública y Cotizaciones efectúe la contratación a efecto de que a la mayor brevedad sean trasladados los niños enfermos a estas instalaciones.

Se logró también la creación de la posición de sub. Director del centro y se nombra al Dr. Julio Guirola como primera persona que desempeña.

Acuerdo del 8 de mayo de 1878.

El Presidente de la República. Considerando. Que uno de los objetivos fundamentales de la política del Gobierno de la República es subsanar situaciones derivadas de Emergencia Nacional; y tomando en cuenta que con motivo del terremoto acaecido el 4 de febrero de 1976, las instalaciones del Hospital General "San Juan de Dios" fueron seriamente dañados, por lo que se hizo necesario demolerlo y necesitándose su construcción, a efecto de prestar un servicio adecuado a los pacientes que demandan sus servicios.

Se declara de Emergencia Nacional la construcción y equipamiento del Hospital General "San Juan de Dios", en el mismo predio situado en la 1ª. Avenida entre 9ª. Calle "A" y 11 Calle de la zona 1, el que tendrá una capacidad no menor a la que contaba con anterioridad al terremoto, por lo que se autoriza al Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, para que exonerado de los requisitos de Licitación Pública y Cotizaciones efectúe la contratación de las construcción del referido hospital. La planificación deberá elaborarse en forma inmediata utilizando las técnicas hospitalarias modernas.

La ejecución del proyecto de referencia deberá darse cumplimiento en un plazo máximo de treinta meses a partir de la fecha. El ministerio de Salud Pública y Asistencia Social actuará como coordinador en la ejecución del proyecto y tendrá a su cargo el equipamiento.

Al concluirse la reconstrucción y remodelación el departamento de pediatría fue inaugurado el 10 de mayo de 1878.

El 3 de noviembre de 1978 se aprobó y firmo el anteproyecto del Hospital.

El 10 de noviembre de 1978 se trasladó el departamento de ginecología y obstetricia a su sede definitiva.

En el mes de abril de 1979 se firmó un convenio entre el hospital y la Facultad de Medicina de la Universidad Francisco Marroquín. Los estudiantes de esta facultad llegan por primera vez en febrero de 1981 al Departamento de Ginecología y Obstetricia y posteriormente al Departamento de Pediatría.

La consulta externa general del centro fue inaugurada el 10 de agosto de 1979 con las variantes hechas al edificio y necesarios para su acoplamiento a la funcionalidad del Completo Hospitalario. También a mediados de este año se inició la construcción del edificio de Servicio de Apoyo (cocina, lavandería, Comedor, mantenimiento, etc).

### **1.1.2. Misión visión de la institución**

#### **Misión**

Somos una institución guatemalteca de carácter público, comprometida en brindar un servicio de atención médica integral de calidad, oportuna, eficiente y eficaz, utilizando tecnología de punta y profesionales especializados, para contribuir en la salud de la población.

#### **Visión**

Ser una institución asistencial con la disponibilidad de brindar a la población guatemalteca un servicio de atención médica integral, oportuna, de calidad, eficiente y eficaz.

### **1.1.3. Servicios que presta**

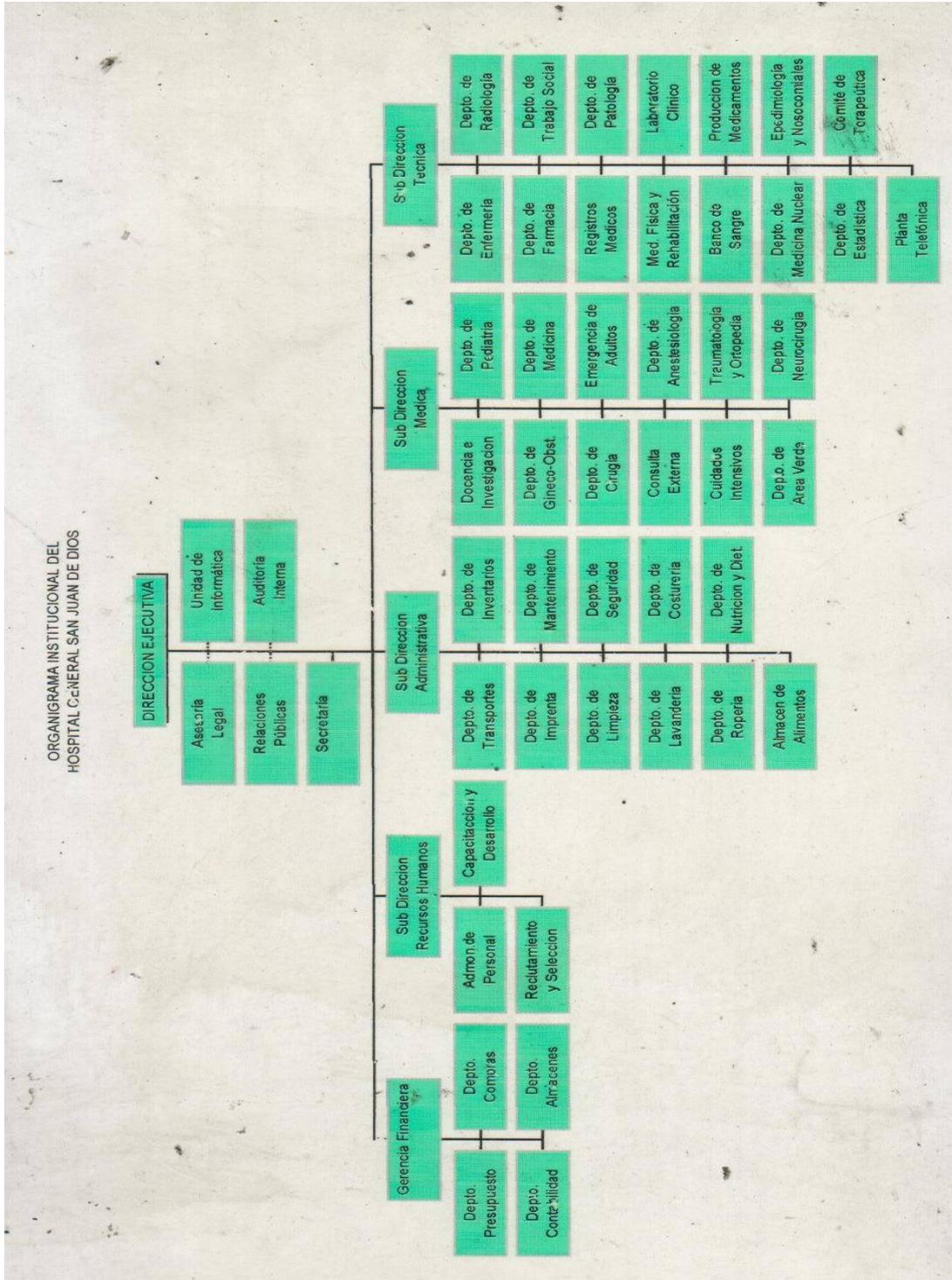
El Hospital General “San Juan de Dios” es una institución estatal que contribuye específicamente a preservar la salud de la población guatemalteca en general proporcionando asistencia médica preventiva, curativa y de rehabilitación.

Entre los servicios que prestan podemos mencionar el de farmacia estatal, servicios de consulta médica, atención de emergencias, rayos x, odontología, cardiología y cirugía entre otros.

### **1.1.4. Estructura organizacional**

(Véase figura 1)

Figura 1. Estructura organizacional



Fuente: organigrama institucional

## **1.2. Departamento de mantenimiento**

### **1.2.1. Actividades**

En términos generales, el Departamento de Mantenimiento deberá involucrarse de manera protagónica en el quehacer de la institución hospitalaria, asumiendo como funciones generales:

- La planificación de los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades previstas en la planificación y programación del Departamento de Mantenimiento.
- Programación del mantenimiento en los equipos e instalaciones.
- La Ejecución del mantenimiento y reparación de la infraestructura física, equipos e instalaciones.
- La Operación de algunos equipos.
- Implementación de métodos de supervisión y control para verificar que se cumpla con lo planificado.
- El Adiestramiento a los usuarios (operadores de equipos).
- La Asesoría técnica a la dirección en lo relacionado al mantenimiento y adquisición de equipos.

El objetivo final del Hospital es la Atención de Servicios de Salud y hacia ese fin deben dirigirse todas las actividades del Mantenimiento Hospitalario teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Aspecto Técnico, con el cual se llega a cumplir el objetivo inmediato de conservar la infraestructura, equipamiento e instalaciones del Hospital,

en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable, para no interrumpir los Servicios.

- Aspecto Económico, con el cual se llega al objetivo básico del Mantenimiento, o sea el de contribuir por los medios disponibles a sostener lo mas bajo posible el costo de operación del Hospital.
- Aspecto Social, para el Sector Salud, una falla técnica que repercute en el paciente, no se puede calcular inmediatamente como valor dado en dinero, hay solamente raros casos donde es posible calcular una falla en el sentido del valor del dinero (cuando una cadena de frío no funciona se malogran las vacunas y medicamentos, en este caso es posible calcular la pérdida económica).

### **1.2.2. Estructura organizacional**

## **ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, FIGURA 2**

### **Puestos Superiores.**

1. Gerente de Mantenimiento y de Servicios generales.
2. Asistente de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales.
3. Jefe de Departamento.
4. Arquitecto (a).
5. Supervisores de área.

### **Puestos Administrativos.**

1. Asistente administrativo.
2. Secretaria de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales.
3. Secretaria del Jefe de Departamento de Mantenimiento.

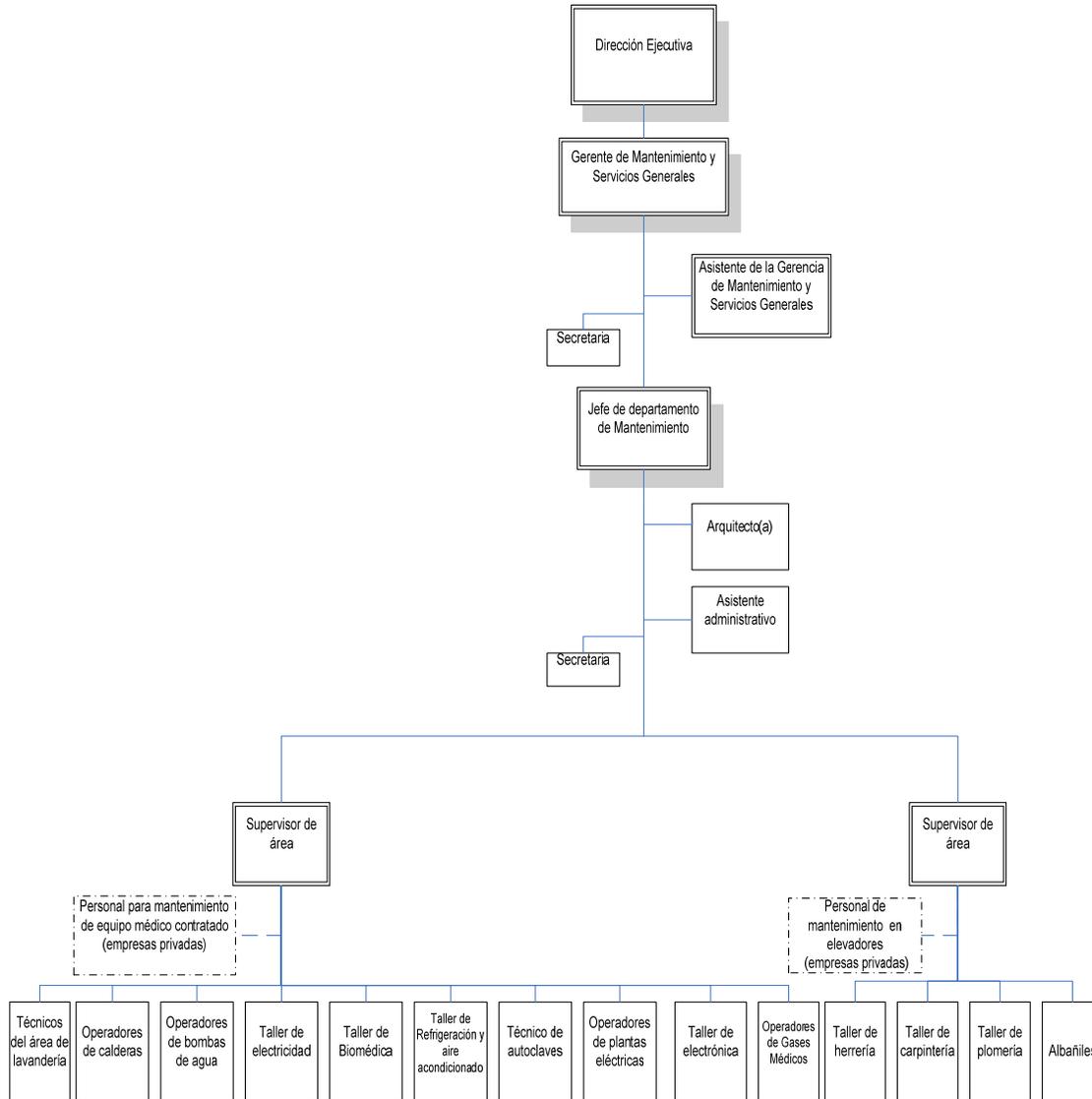
### **Técnicos Operarios de Mantenimiento.**

1. Técnicos en electricidad Y Encargado de taller.
2. Técnicos en electrónica-Telefonía.
3. Técnicos en equipo médico (biomédica).
4. Técnicos en equipo de lavandería.
5. Técnicos en Refrigeración y Aire Acondicionado.
6. Herreros.
7. Técnico de equipo de esterilización.
8. Carpinteros.
9. Plomeros.
10. Albañiles.

### **Operarios de equipo a cargo del Departamento de Mantenimiento.**

1. Operadores de calderas.
2. Operadores de equipo de bombeo de agua.
3. Operadores de plantas eléctricas.
4. Operadores de gases médicos.

**Figura 2. Estructura del Departamento de Mantenimiento**



**Fuente: departamento de Mantenimiento**

Al dirigir un vistazo al organigrama actual del Ministerio de Salud (página anterior), ubicamos en el nivel central, al Departamento de Mantenimiento bajo la jerarquía de la División de Mantenimiento y Servicios Generales, la que a su vez depende de la Dirección Ejecutiva.

Podemos apreciar claramente que existe un Jefe de Departamento que a su vez se auxilia de dos supervisores para controlar las actividades de mantenimiento y de un arquitecto (a) para desarrollar los proyectos de diseño, construcción y remodelación del Edificio. En conjunto con el Gerente de Mantenimiento y Servicios Generales conforman los puestos superiores

Los puestos administrativos se encuentran un nivel por debajo de la jefatura del departamento y son conformados por la secretaria y el asistente administrativo que auxilian en las labores administrativas del Departamento de Mantenimiento.

En el último nivel podemos encontrar a los técnicos y operadores del Departamento de Mantenimiento quienes son los que al final ejecutan las tareas de operación y mantenimiento en los equipo. Como puede observarse estos técnicos y operadores tienen un supervisor específico del cual dependen.

En el último nivel también encontramos al personal encargado del mantenimiento de las instalaciones del edificio que incluye el mobiliario del mismo, al igual, que con los técnicos de mantenimiento y operación de equipo cuentan con un supervisor específico del cual dependen.

Cabe mencionar que el organigrama también muestra al personal staff o de apoyo, el cual se ilustra por medio de líneas punteadas. Este personal es conformado por aquellas empresas contratadas por el Hospital para brindar

mantenimiento específico a equipos e instalaciones y que reportan sus actividades directamente al supervisor de mantenimiento asignado.

### **1.3. Generalidades sobre calderas**

#### **1.3.1. Principios teóricos**

El vapor es ampliamente utilizado para calefacción, para secar, para evaporar soluciones químicas, para procesos de calentamiento, para mover turbinas máquinas y bombas, para realizar los miles y miles de procesos en todas las ramas de la industria.

El vapor es utilizado en estos casos, simplemente porque existe una necesidad de calor y energía al mismo tiempo y el vapor es la manera mas adecuada y económica de transportar grandes cantidades de calor u energía.

El vapor es fácil de producir ya que se obtiene del agua y generalmente se requiere de un recipiente adecuado para producirlo industrialmente, este recipiente es una caldera o un generador de vapor.

Aunada con la producción de vapor, como es lógico se encuentra íntimamente ligada una serie de principios y cambios fundamentales, los cuales se explican a continuación.

### **1.3.1.1. Energía**

La energía es inherente en la materia. Por energía indicamos algo que aparece en muchas formas las cuales se relacionan entre si, por el hecho de que se puede hacer la conversión de una forma de energía a otra. El termino general de energía no es definible, pero si se puede definir con precisión las diversas formas en que aparecen.

La energía solo tiene magnitud y sentido, por lo tanto es una cantidad escalar. La energía de un sistema de cuerpos es simplemente la suma de las energías con sus sentidos en cada uno de ellos. Esto significa que la energía total de un solo sistema es la suma de las magnitudes (con sus sentidos o signos) de las diversas formas de energía (cinética, mecánica, química, térmica etc.) la materia esta compuesta de un agregado de moléculas que se están moviendo continuamente al azar. Como las moléculas tienen masa tienen energía cinética, llamada energía interna. La energía cinética interna total se origina principalmente por el movimiento de traslación de las moléculas; el movimiento de rotación de las moléculas y un movimiento de vibración de los átomos dentro de las moléculas.

Además de la energía cinética interna, las sustancias tienen una energía potencial interna, cuyo cambio resulta de una fuerza de atracción entre las moléculas que cambian de posición unas respecto a otras.

La suma de esta energía se llama energía interna, que es la energía almacenada en un cuerpo o sustancia en virtud de la actividad y configuración de sus moléculas y de las vibraciones dentro de ellas. Nos referimos a esta energía como Energía Molecular o Térmica

### **1.3.1.2. Calor**

El calor es energía en transmisión (en movimiento) de un cuerpo o sistema a otro, solamente debida a una diferencia de temperatura entre los cuerpos o sistemas.

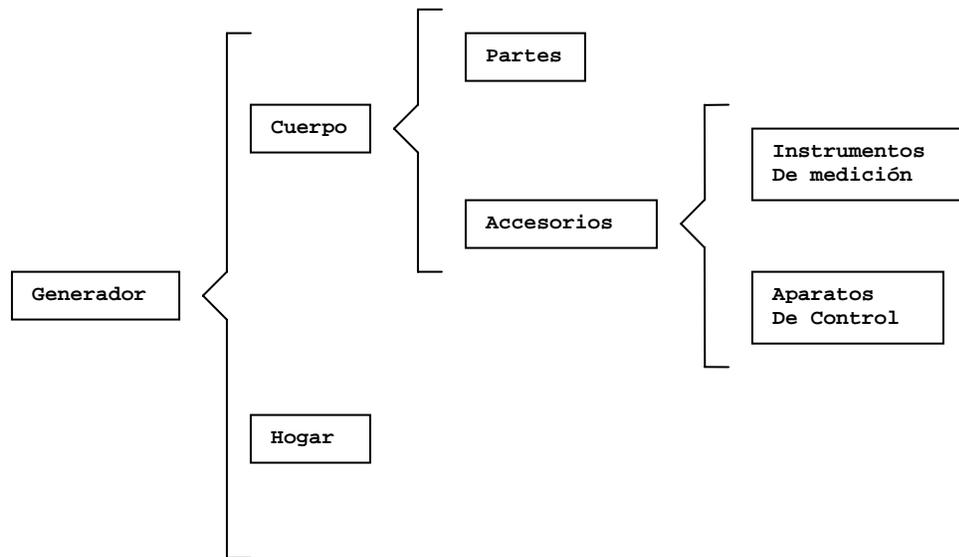
Es una forma de energía que causa un cambio físico en la sustancia que es calentada. Sólidos, tales como metales, cuando son calentados inicialmente, se expanden y aumentan su temperatura, hasta cambiar al estado líquido. Los líquidos cuando son calentados, vaporizan y el vapor producido al entrar en contacto con una superficie el calor con el cual había logrado su vaporización.

### **1.3.1.3. Generadores de vapor**

El generador de vapor, antiguamente llamado caldera se define como un recipiente hermético sujeto a presión con un líquido en su interior, conteniendo generalmente agua que se evapora a partir del calor que produce algún combustible al quemarse, elevando su presión y su temperatura sobre la atmosférica

Componentes del generador, figura 3

**Figura 3. Componentes del generador de vapor**



Los generadores de vapor están compuestos de cuerpo y hogar. El hogar es la parte del generador donde se produce la combustión, entendiéndose por combustión la ignición de un combustible. Este lugar del generador es en consecuencia la parte mas caliente del generador.

El cuerpo es un conjunto de componentes dividido en partes y accesorios. Las partes son el subconjunto de componentes estrictamente indispensables para conducir vapor. El subconjunto de accesorios está formado por los instrumentos de medición (manómetros, termómetros) y los aparatos de control que automatizan la operación como presostatos, solenoides, programadores, capsulas de mercurio, etc.

## **1.3.2. Elementos de una Caldera**

### **1.3.2.1. Cámara de agua**

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera, el nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua, se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 HLt. de agua por cada m<sup>2</sup> de superficie de calefacción. Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido y debido a su reducida superficie producen poco vapor, adicionalmente son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

Por otro lado, las calderas de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor, debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

#### **1.3.2.2. Cámara de vapor**

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, el cual debe ser separado del agua en suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

Adicionalmente las calderas tienen dentro de su configuración gran cantidad de elementos en cuanto a operación y control.

Un sistema de generación de vapor tiene

- Válvulas de seguridad
- Válvulas reguladoras de flujo
- Bomba de alimentación
- Tanque de condensados
- Trampas de vapor
- Redes de distribución
- Equipos consumidores
- Sistemas de recuperación de calor

### **1.3.3. Clasificación de las Calderas**

Por la disposición de los fluidos:

Pirotubulares: En este tipo de calderas los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-300 PSIG.

Ventajas:

- Menor costo inicial debido a la simplicidad de su diseño.
- Mayor flexibilidad de operación.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.
- Son pequeñas y eficientes.

Inconvenientes:

- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son empleables para altas presiones.

Acuatubulares: En este tipo de calderas el agua circula por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-2200 PSIG.

Ventajas:

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente y trabajan a 300 ó mas psi.

Inconvenientes:

- Mayor tamaño y peso, mayor costo.
- Debe ser alimentada con agua de gran pureza.

Por su configuración

- Vertical
- Horizontal

Por el combustible empleado

- Convección
- Radiación
- Radiación y Convección
- Combustibles sólidos
- Combustibles líquidos
- Combustibles gaseosos
- Combustibles especiales (Licor negro, bagazo, etc.)
- De recuperación de calor de gases
- Mixta



## **2. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO**

### **2.1. Concepto**

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema. En el sentido más abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control. Cada cosa altera su medio ambiente de alguna manera, activa o positivamente.

Bajo ciertas condiciones, algunas de estas tareas se realizan de la mejor forma posible. La búsqueda para alcanzar tales “objetivos” requiere normalmente utilizar un sistema de control que implemente ciertas estrategias de control.

En años recientes los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo y avance de la civilización moderna y la tecnología.

### **2.2. Sistema de Control**

Los componentes básicos de un sistema de control se puede describir mediante:

- Objetivos de control
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salidas

La relación básica entre estos tres componentes se ilustra en la figura 4 en términos mas técnicos, los objetivos se pueden identificar como entradas o señales actuales  $u$ , y los resultados también se llaman salidas o variables controladas, y en general el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control.

**Figura 4. Componentes de un sistema de control**



Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

### **2.2.1. Sistemas de control en lazo abierto**

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.

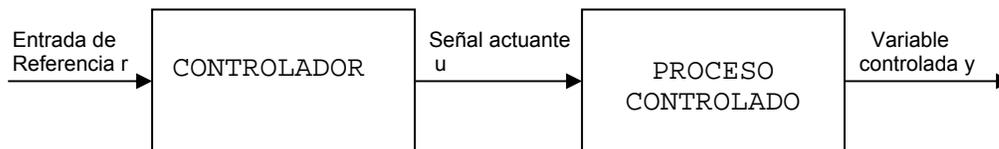
Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

a) La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

b) Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto se pueden dividir en dos partes: el controlador y el proceso controlado, como se muestra en la figura 5, una señal de entrada o comando  $r$  se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante  $u$ ; la señal actuante controla el proceso controlado de tal forma que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos.

**Figura 5. Sistema en lazo abierto**



### **2.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado**

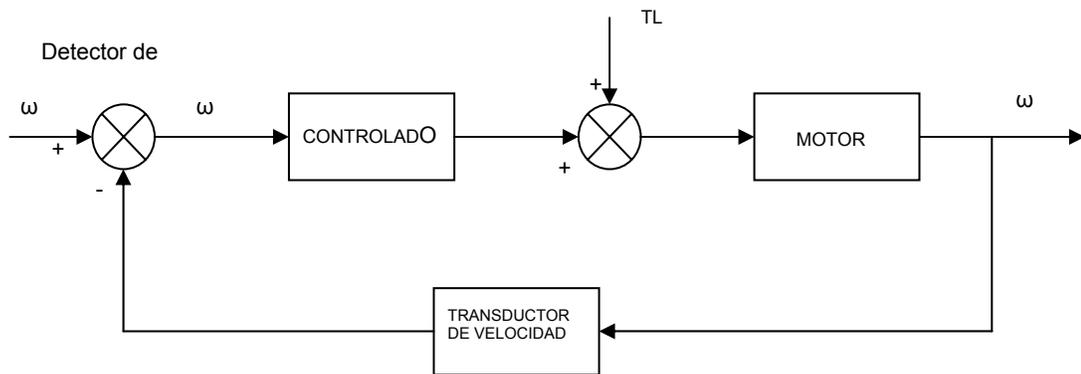
Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (o retroacción).

Un sistema en control de lazo cerrado se presenta en la figura 6, La entrada de referencia  $\omega_r$ , proporciona la velocidad deseada. La velocidad del motor debe estar de acuerdo con el valor de la referencia  $\omega_r$ , y cualquier referencia tal como la producida por el par de carga  $T_L$ , es detectada por el transductor de velocidad y el detector de error. La figura 7 compara los desempeños típicos de los sistemas de control de velocidad en lazo abierto y lazo cerrado. En la figura 6 (a), la velocidad del sistema en lazo abierto caerá y se estabilizara en un valor inferior después de aplicar un par de carga. En la figura 7 (b), la velocidad del sistema en lazo cerrado se recupera rápidamente

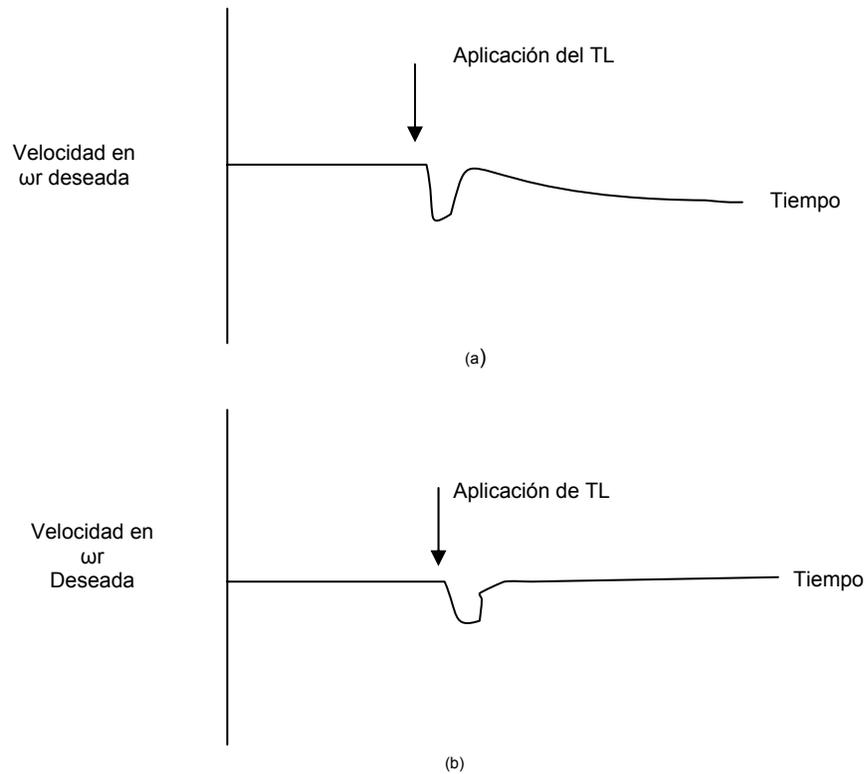
a su valor preestablecido después de la aplicación de  $T_L$ , el objetivo del sistema de control de velocidad ilustrado, conocido como sistema regulado, es mantener la salida en el nivel preestablecido.

**Figura 6. Sistema en lazo cerrado**



**Fuente: Benjamín C. Kuo**

**Figura 7. Desempeños típicos en lazo cerrado**



**Fuente: Benjamín C. Kuo**

### **2.3. Realimentación**

Es la propiedad de una sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

Generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto ente las variables del sistema.

## **2.4. Tipos de sistemas de control realimentados**

Los sistemas de control realimentados se pueden clasificar en diversas formas, dependiendo del propósito de la clasificación. Por ejemplo, de acuerdo con el método de análisis y diseño, los sistemas de control se clasifican en lineales y no lineales, variantes con el tiempo o invariantes con el tiempo. De acuerdo con el tipo de señal usada en el sistema, se hace referencia a sistemas en tiempo continuo y en tiempo discreto o sistemas modulados y no modulados. A menudo, los sistemas de control se clasifican de acuerdo con su propósito principal. Por ejemplo, un sistema de control de posición y un sistema de control de velocidad controla las variables de salida de acuerdo con la forma como su nombre lo indica.

### **2.4.1. Sistemas de control Lineales vs. No Lineales**

Esta clasificación está hecha de acuerdo con los métodos de análisis y diseño. Estrictamente hablando, los sistemas lineales no existen en la práctica, ya que todos los sistemas físicos son no lineales en algún grado. Los sistemas de control realimentados son modelos ideales fabricados por el analista para simplificar el análisis y diseño. Cuando las magnitudes de las señales en un sistema de control están limitadas en intervalos en los cuales los componentes

del sistema exhiben una característica lineal (i, e., se aplica el principio de superposición), el sistema es esencialmente lineal. Pero cuando las magnitudes de las señales se extienden más allá del intervalo de porción lineal, dependiendo de la severidad de la no linealidad, el sistema no se debe seguir considerando lineal. Por ejemplo, los amplificadores usados en los sistemas de control a menudo exhiben un efecto de saturación cuando la señal de entrada es muy grande el campo magnético de un motor normalmente tiene propiedades de saturación. Lo que nos indica que Muy a menudo las características no lineales son introducidas en forma intencional en un sistema de control para mejorar su desempeño o proveer un control más efectivo.

## **2.5. Instrumentación de procesos industriales**

Como se ha dicho en los temas anteriores la cadena de realimentación resulta imprescindible en muchos automatismos industriales para poder realizar un control en lazo cerrado, con las conocidas ventajas en cuanto a cancelación de errores y posibilidades de regulación precisa y rápida, por lo mismo la cadena de realimentación requiere elementos de captación a los que llamamos sensores o transductores.

### **2.5.1. Sensor o Transductor**

Los términos sensor o transductor se pueden definir como dos palabras similares, por lo contrario un transductor es quizá más amplio definiremos las dos palabras:

**Transductor:** Un transductor es un dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra. Codificada ya sea en forma analógica o digital.

**Sensor:** Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética

Basados en lo anterior podemos establecer una clasificación según la magnitud medida:

**Transductores Analógicos:** proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

**Transductores Digitales:** producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas.

**Todo o nada:** esta nos indica cuando la variable detectada rebasa un cierto umbral o límite. Tiene por característica solo dos estados.

### **2.5.2. Características deseables de los transductores**

**Exactitud:** La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

**Precisión:** La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

**Rango de funcionamiento:** El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

**Velocidad de respuesta:** El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

**Calibración:** El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

Fiabilidad: El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

Selección de los Sensores en la automatización: La selección se basa en la decisión sobre cual es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben seguir estos cuatro pasos:

- Forma de la carcasa
- Distancia operativa
- Datos electrónicos y conexiones
- Generalidades

## **2.6. Automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de mando
- Parte operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera. Los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información acerca de: la variación de ciertas magnitudes físicas del sistema y el estado físico de sus componentes. Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores. Los cuales ya los hemos estudiado en los temas anteriores.

La Parte de Mando suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

## **2.7. Autómeta Programable**

Un autómeta programable industrial (API) o *Programable logic controller* (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los sistemas que hacen posible el accionamiento de los procesos.

## **2.8. campos de aplicación**

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

## **2.9. funciones básicas de un PLC**

Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

Dialogo hombre máquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

## **2.10. programación**

El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómeta, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se trasfiere a la memoria de programa de usuario.

Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario.

Tiene una batería tampón para mantener el programa si falla la tensión de alimentación.

La programación del autómatá consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto. Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

Cuando hablamos de los lenguajes de programación nos referimos a diferentes formas de poder escribir el programa usuario.

El software actual nos permite traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más nos conviene.

Existen varios tipos de lenguaje de programación:

- Lista de instrucciones
- Esquema de contactos
- Esquema funcional

No obstante, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son, el mnemónico y el esquema de contactos.

Lista de Instrucciones: Un lenguaje en mnemónico o lista de instrucciones consiste en un conjunto de códigos simbólicos, cada uno de los cuales corresponde a una instrucción.

Cada fabricante utiliza sus propios códigos, y una nomenclatura distinta para nombrar las variables del sistema.

Ejemplo: La lista de instrucciones utilizada, son las del autómata CQM1H de OMRON.

Dirección	Instrucción	Parámetro
0000	LD	H0501

Instrucción: Especifica la operación a realizar.

Parámetro: Son los datos asociados a la operación (instrucción). Los parámetros son en general de formato TIPO y VALOR.

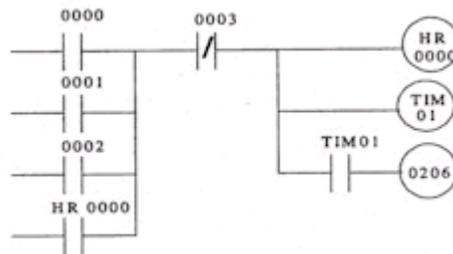
Dirección: Indica la posición de la instrucción en la memoria de programa usuario.

Las funciones de control vienen representadas con expresiones abreviadas. La fase de programación es mas rápida que en el lenguaje de esquemas de contactos.

Esquemas de Contactos: Un programa en esquema de contactos, la constituyen una serie de ramas de contactos.

Una rama esta compuesta de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo que dan origen a una salida que bien puede ser una bobina o una función especial (Figura 8).

**Figura 8. Esquema de contactos**

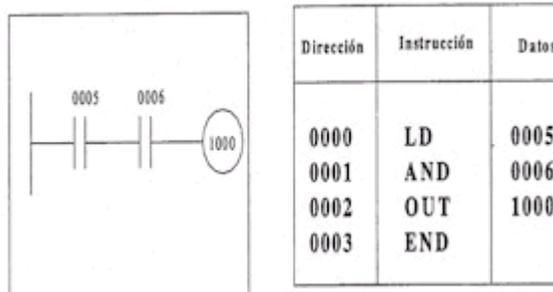


**Fuente <[www.grupo-maser.com](http://www.grupo-maser.com)>**

El flujo de la señal va de izquierda a derecha y de arriba abajo. A una rama de circuito en esquema de contactos le corresponde una secuencia de instrucciones en forma mnemónica o lista de instrucciones.

Todas las ramas de circuito se inician con una instrucción LOAD (Figura 9).

**Figura 9. Lista de instrucciones**



**Fuente: [www.grupo-maser.com](http://www.grupo-maser.com)>**

Una bobina no puede venir conectada directamente de la barra de inicio. En tal caso es necesario interponer un contacto siempre cerrado. Figura 10

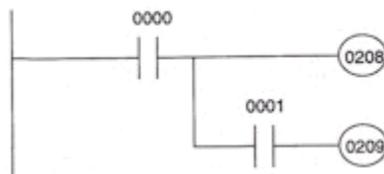
**Figura 10. Forma correcta de colocar las instrucciones de contactos**



**Fuente: <[www.grupo-maser.com](http://www.grupo-maser.com)>**

A la derecha de una bobina no es posible programar ningún contacto. El número de contactos posibles en serie o en paralelo es prácticamente ilimitado. Es posible colocar en paralelo 2 o más bobinas, Figura 11

**Figura 11. Contactos en paralelo**



**Fuente: <[www.grupo-maser.com](http://www.grupo-maser.com)>**

### **3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA**

Las calderas con quemador incorporado, vienen diseñadas de tal forma que ésta opere con la intervención mínima del operador. Para ello, el fabricante ha recurrido a los distintos circuitos eléctricos de control, componentes y dispositivos que variarán de acuerdo al tipo de caldera.

Además, para que todo un sistema de generación de vapor funcione, el instalador deberá llevar la alimentación de energía eléctrica hasta el panel de control y equipo complementario de la caldera.

Por lo tanto, se tiene dos subsistemas eléctricos:

- a) Sistema eléctrico de Potencia
- b) Sistema eléctrico de Control

#### **3.1. Sistema Eléctrico de Potencia**

Es cuando se maneja corrientes y voltajes muy altos, en este caso se encuentran los siguientes:

- Motor para el ventilador
- Motor para la bomba de agua
- Motor para la bomba de combustible
- Motor para el compresor de aire
- Calentador eléctrico de combustible
- Circuito de control

El sistema de alimentación de energía eléctrica recomendado para la conexión adecuada de las cargas mencionadas se muestran en la figura 12 el cual consta de:

I. Tres interruptores de fusible

II. Tres arrancadores

- Un arrancador magnético para el motor ventilador y compresor
- Un arrancador magnético para el motor de la bomba de agua
- Un arrancador manual para el motor de la bomba de combustible

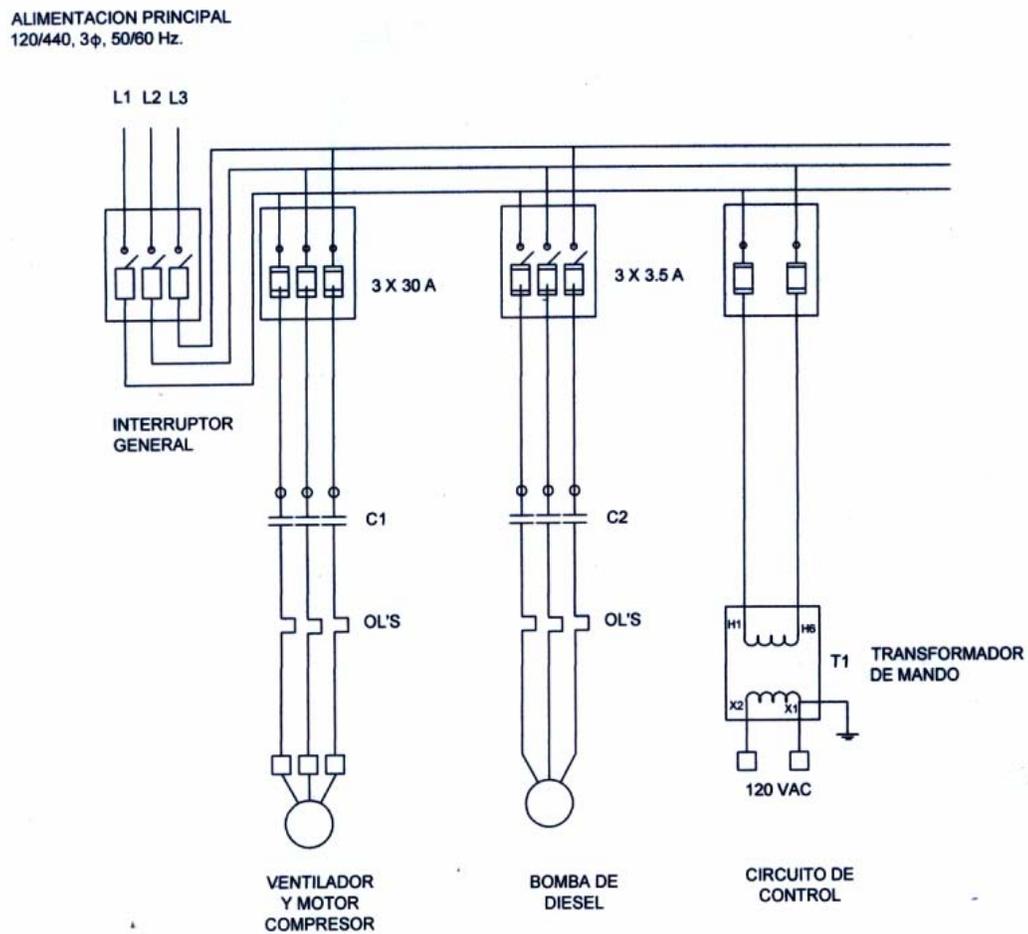
III. Un transformador monofásico para el circuito de control de 480-220/120 voltios en 500 watts para protección del programador

IV. Un relé magnético para las resistencias del calentador eléctrico.

Para el correcto funcionamiento del equipo eléctrico, es conveniente que el voltaje se mantenga lo más constante posible. Esto es de vital importancia para el circuito de control, el cual no admite variaciones en  $\pm 10\%$  de los 110 voltios nominales.

Las capacidades de las distintas cargas eléctricas consideradas en las calderas de 150 c.c. se presentan en la tabla I

**Figura 12. Diagrama del sistema eléctrico de potencia**



**DIAGRAMA ELECTRICO DE ALMENTACION DE ENERGIA A CALDERAS DE COMBUSTIBLE.**

**Tabla I. Parámetros de las cargas**

**Capacidad de Cargas Eléctricas en Calderas en 150 c.c. Presión de diseño 250 psi (17.6 Kg/cm<sup>2</sup>), 60 ciclos/seg.**

<b>CARGA ELECTRICA</b>	<b>POTENCIA HP o Watts</b>	<b>VOLTAJE V</b>	<b>CORRIENE A</b>
Moto Ventilador	7.5 HP	220 V	19.0 A
Motor Compresor	1.0 HP	220 V	3.2 A
Motor Bomba de Agua	7.5 HP	220 V	19.0 A
Motor Bomba de Combustible	1.0 HP	220 V	3.2 A
Calentador Eléctrico de Combustible	5000 watts	220 V	22.7 A
Circuito de control	500 Watts	110 V	4.5 A max

### **3.2. Sistema Eléctrico de Control**

Nos sirve para manejar circuitos de potencia, en base a dispositivos de control manejados por corrientes y voltajes bajos.

El término control cubre los controles eléctricos y los dispositivos monitoreados por el control programador.

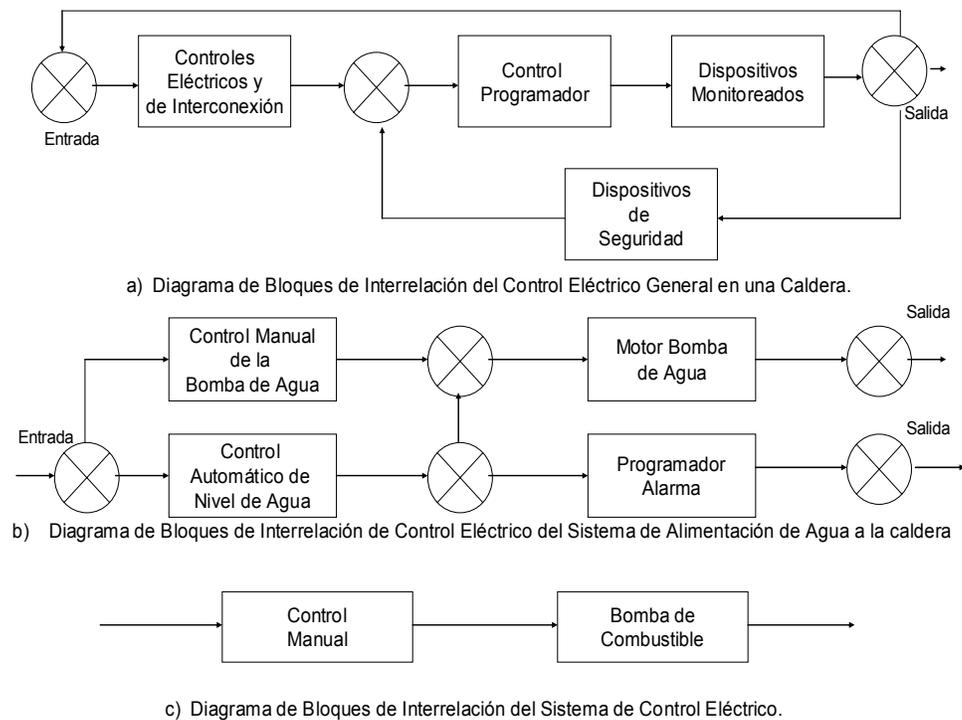
La secuencia de operación de arranque hasta el paro es gobernado por el programador junto con la operación de dispositivos de límite e interconexión.

El circuito de control del quemador opera a 110 voltios, 1 fase, 60 ciclos con corriente alterna.

Para facilitar la comprensión de la interrelación de los grupos del circuito de control en una caldera de combustible, se presentan los diagramas de bloques. Figura 13 a, b y c.

En la tabla II se especifican los distintos componentes de cada grupo del control eléctrico basado en el diagrama de bloques general:

**Figura 13. Diagrama de bloques del circuito de control**



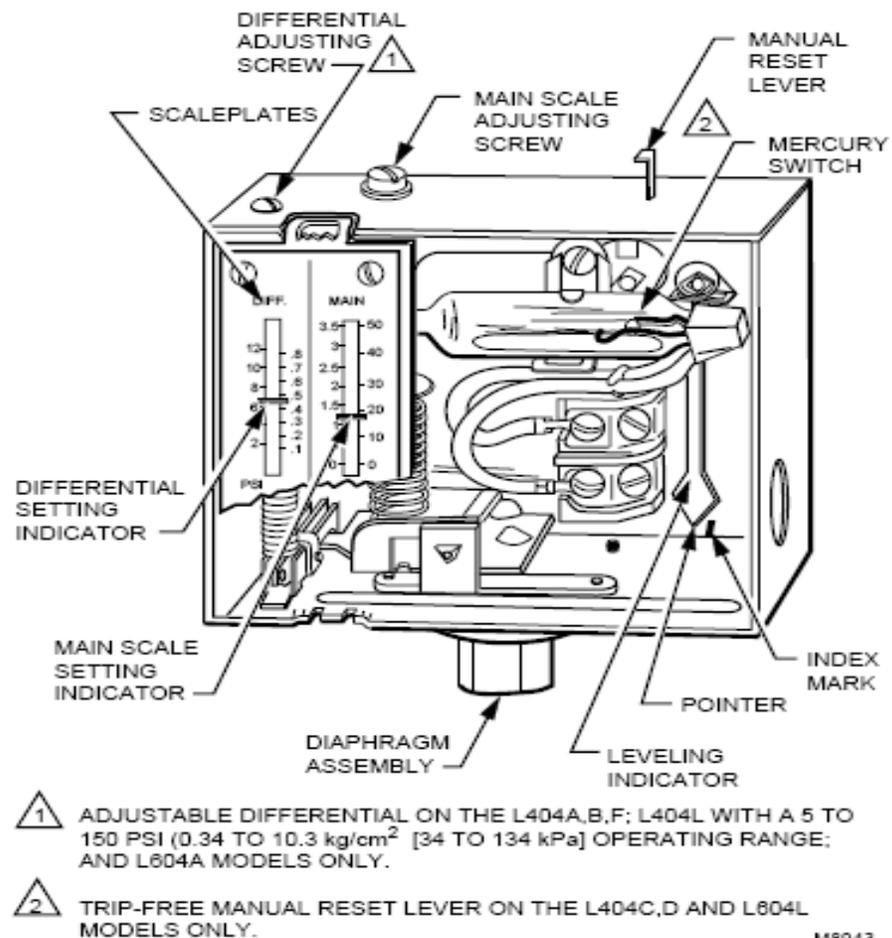
**Tabla II. Dispositivos de control eléctrico**

<b>Controles Eléctricos</b>	<b>Control Programador</b>	<b>Dispositivos Monitoreados</b>	<b>Dispositivos de Seguridad Eléctricos</b>
Controles de Presión de Vapor	Programador	Motor Ventilador	Fotocelda
Controles de Nivel de Agua	Amplificador	Motor del Compresor de Aire	Control nivel mínimo de agua
Controles de temperatura	Motor cronométrico	Motor modulador	
Controles de Presión de aire	Relé master	Motor bomba de combustible	Control de presión límite máximo
Controles de presión de gas propano			
Interruptores de interconexión y manuales	Relé de flama	Motor bomba de agua	
Luces indicadoras	Interruptor de seguridad de llama y restablecimiento	Transformador de ignición Calentador eléctrico	
	Transformador externo	Válvulas solenoides	
	Sub. base	Alarmas	

### 3.3. Controles de presión

Son dispositivo electromecánico que se emplea para controlar la presión de vapor de la caldera. Estos pueden ser del tipo de tubo Bourdon, fuelle o de diafragma, que responde a un cambio de presión y a través de un acoplamiento mecánico, actúan un interruptor o un potenciómetro para mantener la presión dentro del límite predeterminado

Figura 14. Pressuretrol



Fuente: manual de operación Boiler

Generalmente en las calderas se cuenta con cinco controles de presión que básicamente funcionan bajo el mismo mecanismo.

- Control de límite de operación
- Control de límite para fuego bajo
- Control de límite para fuego alto
- Control de presión proporcional
- Control de límite alto

### **3.3.1. Control de operación**

Control de límite de operación (*pressuretrol*). Este control manda a parar la operación del quemador de la caldera cuando la presión ha alcanzado la presión de trabajo, la cual ha sido colocada en la escala principal y encender el quemador cuando la presión baja hasta el punto donde se ha determinado el diferencial (presión máxima de trabajo menos el diferencial) figura 14

### **3.3.2. Control de límite fuego bajo**

El control de límite para fuego bajo, es un dispositivo similar al anterior con la diferencia que es sentido en la escala principal a una presión de 25 ó 30 psi con la intención de arrancar la caldera a fuego bajo, y así evitar daños consecuentes en la estructura de la misma.

### **3.3.3. Control de límite fuego alto**

El control límite para fugo alto, tiene las mismas características físicas que el de fuego bajo, pero en este caso se setea a una presión de 20 ó 25 % menor a la presión de operación obteniéndose con ello que la caldera pare en fuego bajo, también con el propósito de proteger su estructura.

Ambos controles sólo requieren de una escala (escala principal), pueden ser de ampolletas de mercurio o microswitch

### **3.3.4. Control de presión proporcional**

Control de Presión Proporcional (modulante) Este es un dispositivo de control proporcional de posición, y difieren de los otros tipos por el hecho que el mecanismo eléctrico es un potenciómetro variable en lugar de un interruptor. El potenciómetro tiene un contacto deslizante que se mueve a través de una bobina resistiva de 140  $\Omega$  (nominal). Este contacto deslizante es movido por el elemento sensible del controlador y es este el que se interconecta eléctricamente con el motor modulador para la regulación de la cantidad de aire combustible.

Control de nivel de agua. Este impide el funcionamiento del quemador mientras no exista suficiente agua en la caldera o sobre pase los límites.

Existen tres tipos de controles de nivel de agua más comunes:

- Control de nivel de agua por flotador
- Control de nivel de agua por electrodos
- Control de nivel de agua por ampolletas magnéticas

### **3.4. Interruptores Manuales y Luces Indicadoras**

Las más importantes son las siguientes:

Luz indicadora de demanda de carga. Nos indica que la caldera está funcionando y generando vapor. El circuito de control está energizado.

Luz de ignición. Ilumina cuando el transformador de ignición es energizado.

Luz válvula principal de combustible. Ilumina cuando la válvula principal de combustible es energizada.

Luz de falla de llama. Ilumina cuando el sistema de seguridad detecta falla de llama piloto (es una pequeña flama de ignición y un pequeño flujo de gas propano, que sirve para establecer la llama principal).

Luz de bajo nivel de agua. Ilumina cuando el nivel de agua en la caldera ha bajado hasta el punto C (nivel mínimo de agua).

### 3.5. Control programador

La secuencia de operación del quemador desde el arranque hasta el paro está gobernada por el control programador quien es el centro del sistema de control que recibe y envía señales de los diferentes dispositivos de operación de la caldera (figura 10 a y b), por lo general estos dispositivos trabajan con corriente alterna a 60 Hz.

Componentes del programador. Los componentes integrales más importantes de un programador electromecánico son los siguientes, figura 15

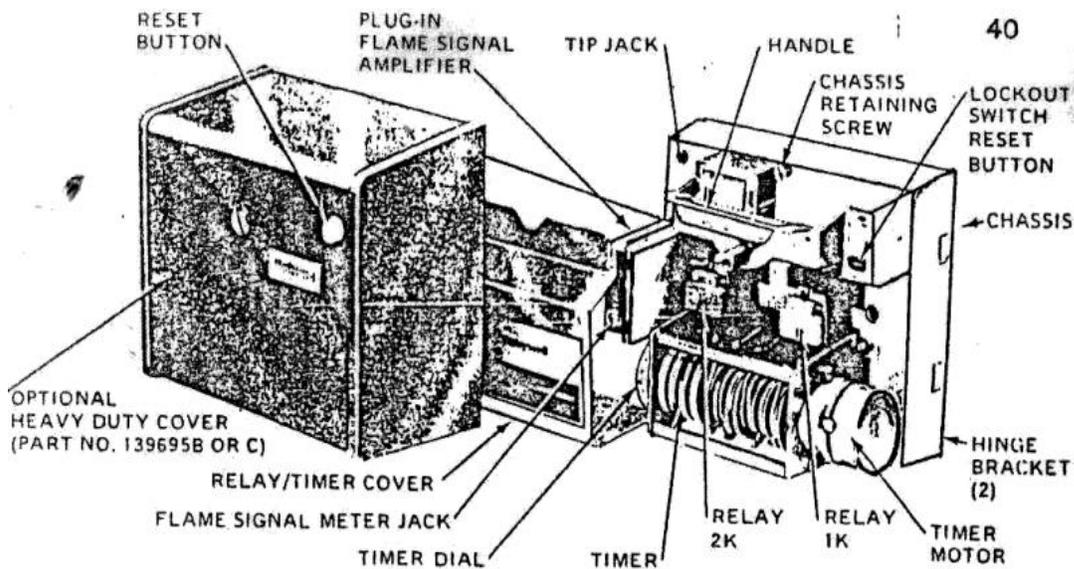
a) Relevador principal (relé master): Es el primero en recibir energía cuando todos los controles de límite y operación e interruptor de cierre automático están cerrados, permitiendo iniciar la secuencia de programación y dar energía al motor ventilador

b) Relevador de llama (relé de flama): Recibe energía cuando el detector de flama (foto celda) indica llama adecuada en el quemador. Cuando existe falla de llama se desenergiza este relé y trasfiere la energía al interruptor de seguridad

c) Interruptor de seguridad: de llama de restablecimiento manual: Consiste en un interruptor bimetálico. Después de una falla de llama, falla de ignición o falla en que el relé de flama quede desenergizado durante el periodo de prueba de la programación, enclava para quitar la energía al relé master y apagar la caldera. Para su restablecimiento es necesario esperar un periodo de enfriamiento, y será obligación del técnico investigar y corregir la causa de esta interrupción antes de arrancar nuevamente la caldera

d) Motor cronométrico: Actúa las levas para abrir y cerrar los contactos en un programa cronometrado no ajustable a fin de que se lleven a cabo todas las operaciones del quemador. El motor funcionara inmediatamente después de haber energizado el relé master. Para la visualización de la posición de motor y el grado alcanzado en el ciclo de operación del quemador, el eje del motor lleva incorporado en su extremo un dial indicador. En la mayoría de programadores, el motor cronométrico desarrolla una velocidad de 1/3 rpm aproximadamente, por lo que tarda 180 segundos para dar una vuelta completa.

**Figura 15. Componentes del programador**



**Fuente: manual de operación Boiler**

Secuencia básica del programador. La secuencia básica del programador son las siguientes:

I. **Prepurga:** Es el período de tiempo en que el motor ventilador produce un barrido de gases residuales existentes dentro de la tubería de fuego y chimenea de la caldera. Este paso nos asegura evitar una explosión o incendio cuando arranque el quemador.

II. **Encendido de llama piloto:** Inmediatamente después de haber finalizado la prepurga, es energizado el transformador de ignición y la válvula de gas propano para producir la llama piloto. Generalmente el tiempo establecido para este paso es de 10 segundos, aunque podría prolongarse hasta 30 segundos. En algunos casos se produce la ignición antes de encender la llama piloto, a esto se le denomina “preignición”.

III. **Encendido de la llama principal:** Habiéndose formado la llama piloto en el paso anterior, la foto celda la detecta y envía la señal al programador para que éste a su vez mande la señal eléctrica a la válvula principal de combustible permitiendo con ello encender la llama principal. Este período dura lo suficiente para que la llama principal se establezca, antes que corte la llama piloto. El detector de llama mantendrá la llama principal durante todo el tiempo que la caldera permanezca funcionando.

IV. Este período es establecido por el programador con el propósito de que el ventilador ilumine los productos de combustión, como el combustible no quemado después de apagado el quemador

### **3.6. Motor modulador**

Sistema que permite aumentar o disminuir la generación de vapor, variando la cantidad de combustible en el quemador. Un sistema modulado varía la energía producida por la combustión según la demanda de vapor que los elementos consumidores requieran. Esta modulación debe conservar las proporciones de aire y combustible para lograr una combustión eficiente con bajos niveles de contaminación por residuos. La secuencia de modulación consiste en: Censar presión de vapor Percibida por sensor (Presuretrol). Envía señal eléctrica a Motor modulador (Modutrol). El modulador (Modutrol) acciona el regulador de aire y la válvula reguladora de combustible mecánicamente.

El damper es manejado mecánicamente por el motor modutrol modulador, garantiza que la caldera no encienda en una posición distinta a bajo fuego, de lo contrario provocaría explosiones en el encendido por exceso de aire y combustible (encendido brusco).

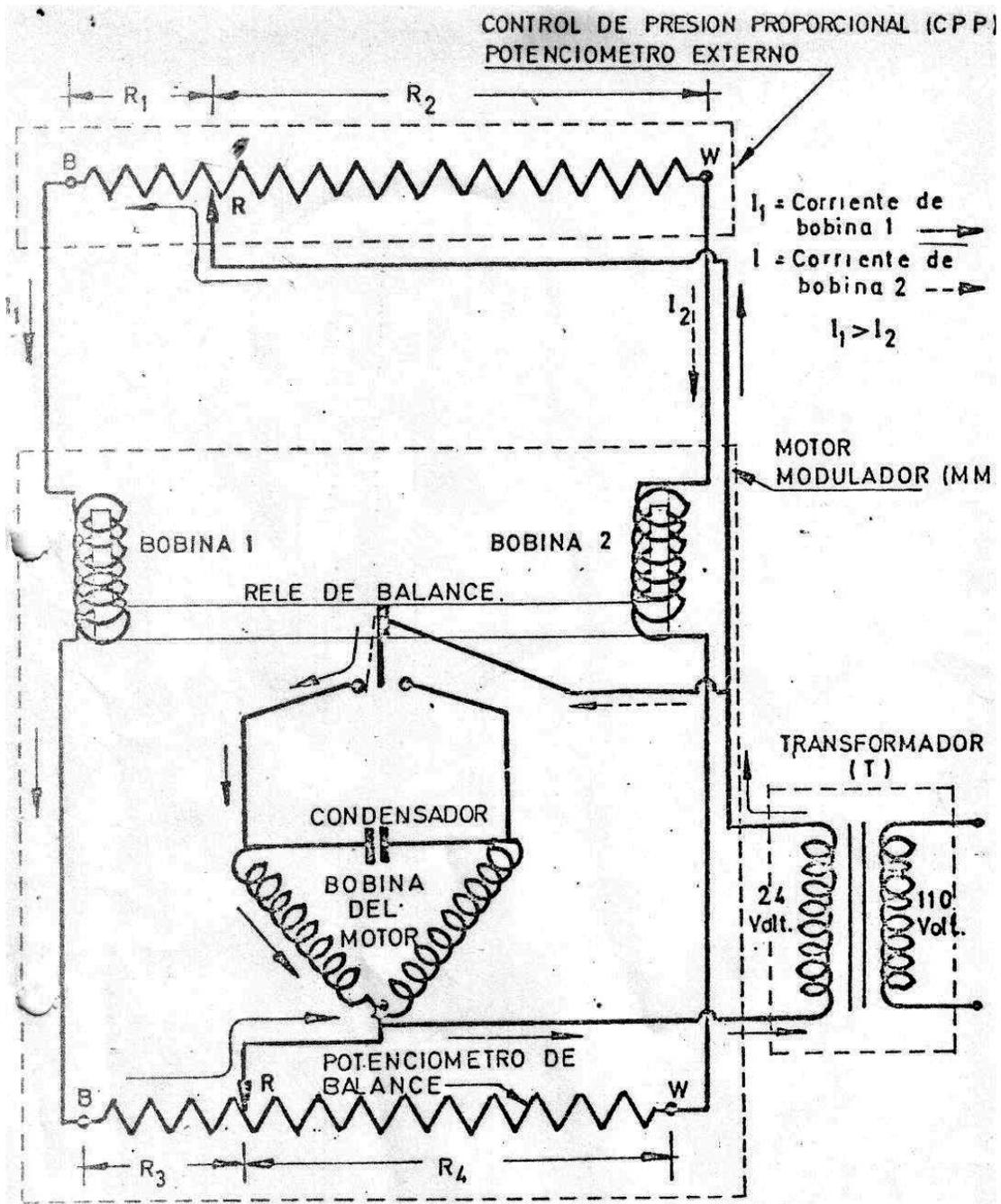
## Componentes del motor modulador y dispositivos complementarios

- Bobinas de cerrado y abierto del motor
- Condensador para evitar arco
- Circuito eléctrico interno del motor modulador interconectado con el control de presión modulante, interruptor de retención de fuego bajo y contactos del control programador
- Transformador 110 voltios a 24 voltios.
- Control de presión proporcional o modulante (potenciómetro externo)
- Control de presión límite para retención de fuego bajo
- Control manual de llama
- Interruptor manual automático para el motor modulador.

Nota: El potenciómetro de balance y el potenciómetro externo deberá tener  $135 \Omega$  mínimo para una abertura de  $90^{\circ}$  en el damper. Para aberturas mayores se deberá utilizar un potenciómetro de mayor resistencia.

Conocidos los componentes de este dispositivo, y con el diagrama eléctrico básico (Figura 16) se podrá entender fácilmente el funcionamiento de este motor.

Figura 16. Diagrama eléctrico básico del motor modulador en condiciones de operación de la caldera ( $R_1 + R_3 < R_2 + R_4$ )



Fuente: manual de operación Boiler

Explicación del Funcionamiento. (Ver circuito eléctrico de la figura 16): Cualquier posición específica del damper y la válvula controladora de combustible, es determinada balanceando corrientes en el circuito del motor modulador. Estas corrientes son balanceadas por el movimiento de aguja del potenciómetro de balance y el control de preignición proporcional efectuando el cambio de resistencia requerida.

La unidad de potencia es un motor capacitor a bajo voltaje (24 Voltios), o a voltaje normal (110 voltios) de corriente alterna. Este motor es arrancado, parado e invertido su giro por un simple polo a través de los contactos (r, s, t) de un relé de balance, que consiste de dos bobinas (solenoides). Con ejes paralelos los cuales son insertados en los extremos de una armadura en forma de U. La armadura es pivoteada en el centro, de tal forma que puede ser inclinada cambiando el campo magnético de las dos bobinas.

Un contacto S es fijo a la armadura de tal forma que tocará uno u otro de los contactos estacionarios de acuerdo al pivoteo de la armadura. Cuando el relé este en balance, el contacto de la palanca flota entre los otros dos, y así el motor para. El potenciómetro de balance es incluido en el motor y es idéntico al del controlador.

En condiciones mostradas en el circuito anterior la aguja del potenciómetro de balance es movida por el eje del motor; como el motor gira, conduce a la aguja a la posición derecha que igualará la resistencia de las dos ramas del circuito  $(R1 + R3 = R2 + R4)$ , y el damper y la válvula de combustible cierran.



## **4. DIAGRAMAS Y DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA**

### **4.1. Diagrama de Potencia**

El diagrama de potencia, nos muestra los componentes con mayor demanda de corriente, o en su caso de 220 V para arriba figura 17, los componentes se estudiaron en el subcapítulo 3.1

### **4.2. Programador Mecánico**

El programador mecánico se basa en un control programador que nos da la secuencia de operación del quemador desde el arranque hasta el paro, en el subcapítulo 3.5 describimos los componentes del programador, a continuación damos a conocer los pasos de la operación desde el arranque, prepurga, ignición central, periodo de postpurga y paro. La figura 18 nos muestra el diagrama esquemático con los tiempos reales de la operación.

#### **4.2.1. Arranque y Prepurga**

0 segundos: hace un llamado al calentador, el control quemador cierra los contactos. Si los límites y las llaves de arranque están cerradas y el relé de flama 2K de la bobina de entrada es no accionada, el relé de 1K es accionado a través de M7B 2K2, el LS HTR (interruptor de llave del calentador) lo provee de continuidad por el límite LS2.

1K1 se cierra y 1k2 se abre; el motor cronométrico arranca a través de 1K1 y M5B entonces la energía es aplicada para el motor ventilador y la bomba diesel; 1K3 se cierra.

3 segundos: M1B se cierra, coloca en BY-PASS a 1K1 el motor cronométrico puede completar esta revolución en un corto tiempo.

10 segundos: M8B se cierra, el relè de flama 2K se coloca en simulación de flama; si esta se detecta durante la prepurga, se energiza 2K y 2K2 se abre, y pasa al estado de postpurga para terminar el ciclo

28.5 segundos: M7B se cierra; el LS HTR principia el calentamiento en preparación para la ignición central

#### **4.2.2. Ignición Central**

31 segundos: M4A se cierra; la energía es aplicada al transformador de ignición y la válvula piloto. Cuando una flama es detectada, el relé 2K se acciona y 2K2 se abre y para el calentamiento del LS HTR, entonces 2K1 y 2K3 se cierran

41 segundos: M2B se abre el piloto de ignición finaliza si una flama se detecta en este tiempo (2K es energizado y 2K1 se cierra). M2A se cierra y la energía es aplicada a la válvula principal de combustible. M8B se abre previniendo que 2K sea energizado en este tiempo

46 segundos: M6B se abre para completar los 10 segundos sin interrupción del piloto de ignición

75 segundos: M5B se abre y el motor cronométrico se para con el sistema en condición de arranque

#### **4.2.3. Postpurga y Parado**

75 segundos: es cuando la operación es rechazada por disparo de límites, los contactos del control quemador se abren entonces el relé 1K es desenergizado. 1K2 se cierra y el motor cronométrico comienza el ciclo de postpurga y parado seguro

#### **4.3. Automatización del programador mecánico**

A continuación se presenta la automatización del programador mecánico basado en un motor cronométrico de 1/3 rpm, que es encargado de cerrar y abrir contactos a través de levas distribuidas mecánicamente en relación a los tiempos requeridos.

La automatización fue elaborada en un programador Step 7-micro/WIN versión 3.2.1.34 del programador SIMATIC, figura 19

### **4.3.1. Estructura del programa**

La estructura del proceso se basan en definir los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema los pasos a seguir son los siguientes:

- Definir Entradas y salidas (E/S)
- Definir las funciones de internas del programador
- Descripción del funcionamiento de la operación
- Condiciones de habilitación; es decir, los estados que se deben alcanzar antes de ejecutar (limites)
- Definir el tipo de lenguaje en que se va a realizar la programación

Figura 17. Diagrama Eléctrico de Potencia

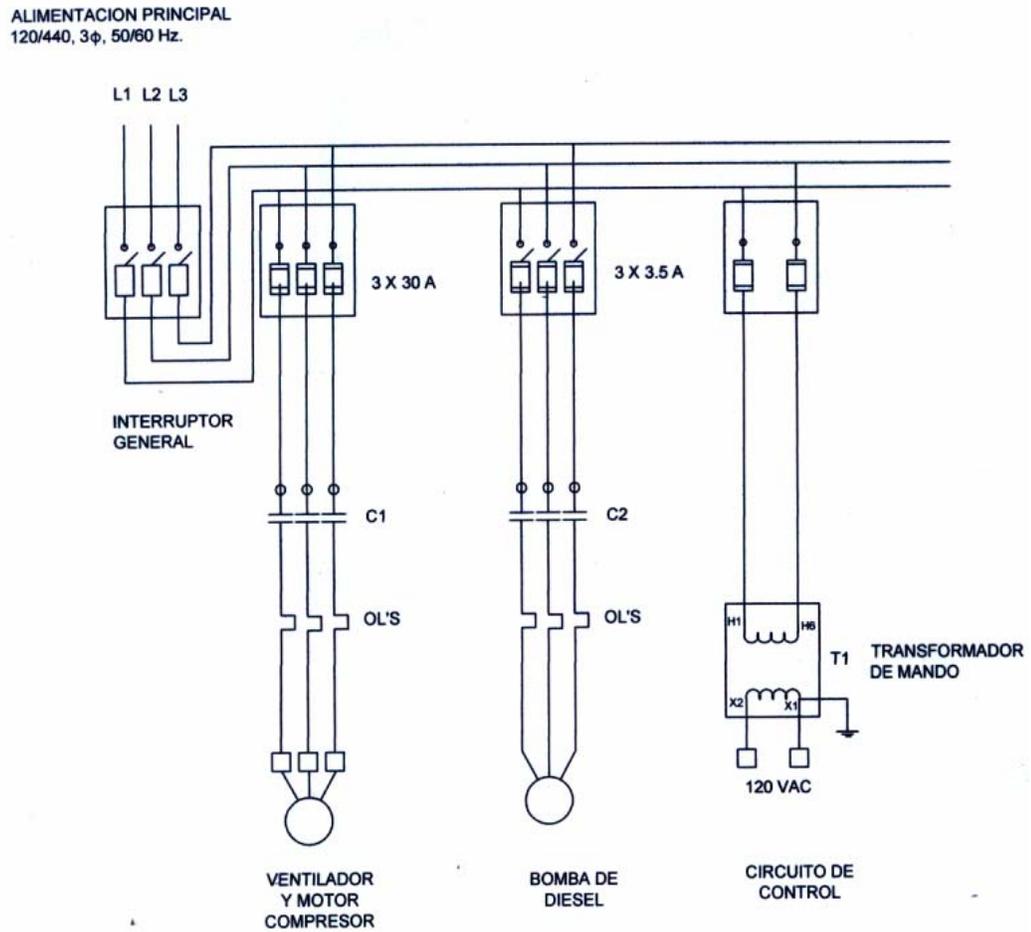
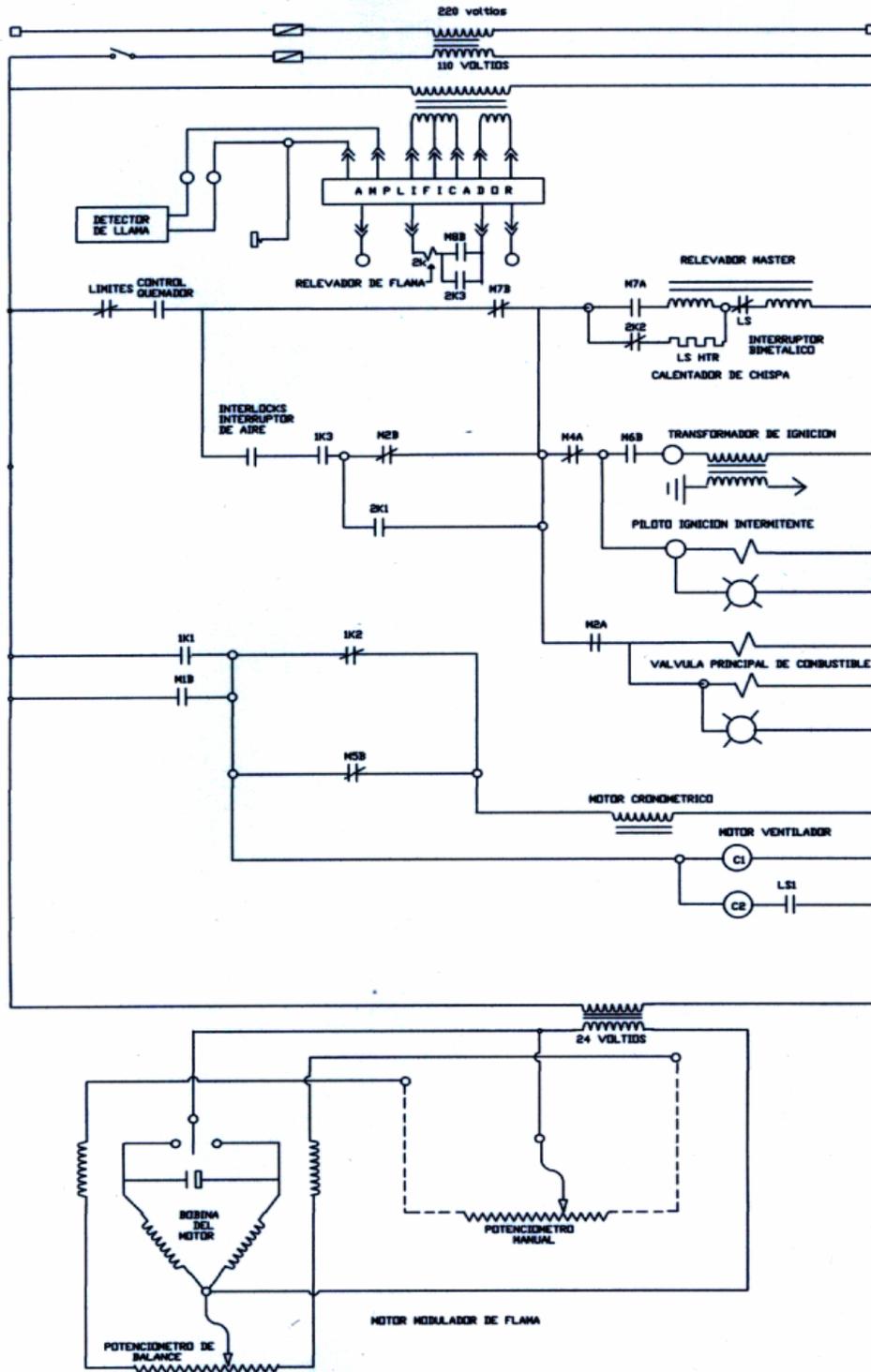


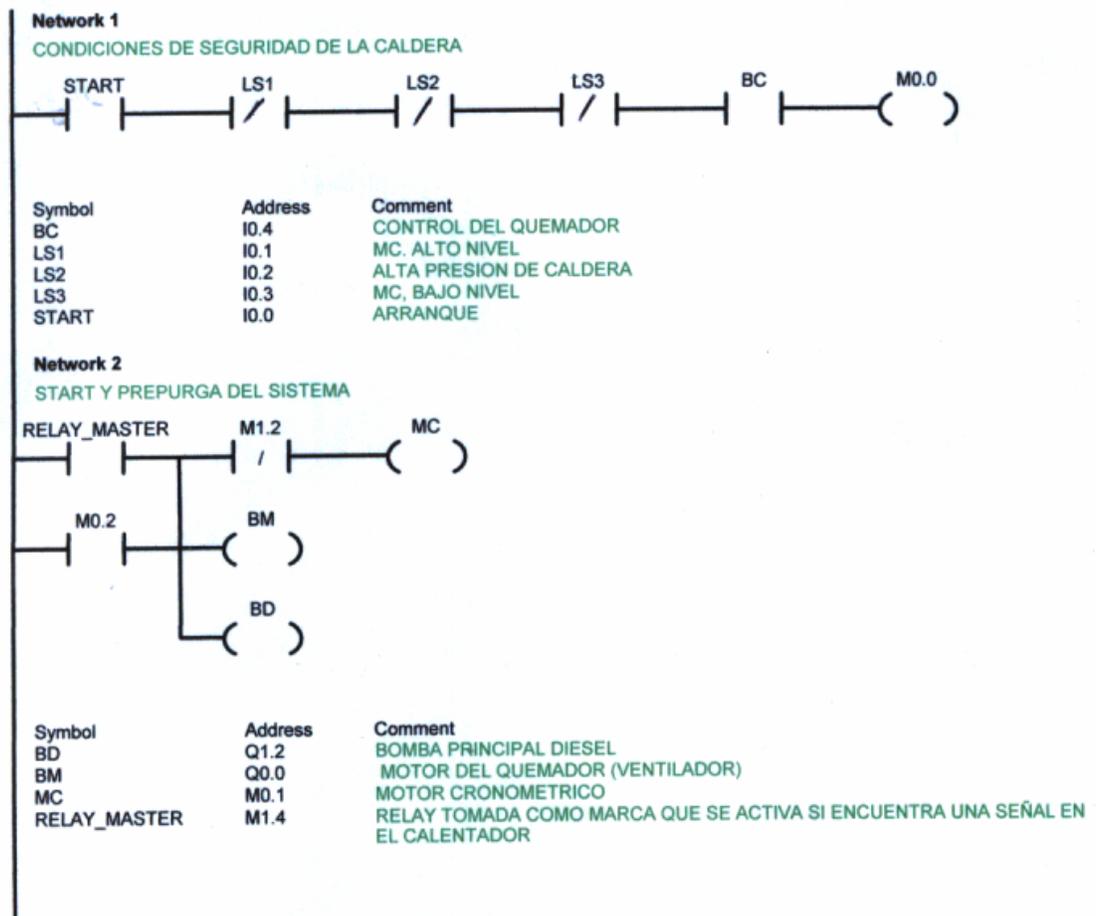
DIAGRAMA ELECTRICO DE ALMENTACION DE ENERGIA A CALDERAS DE COMBUSTIBLE.

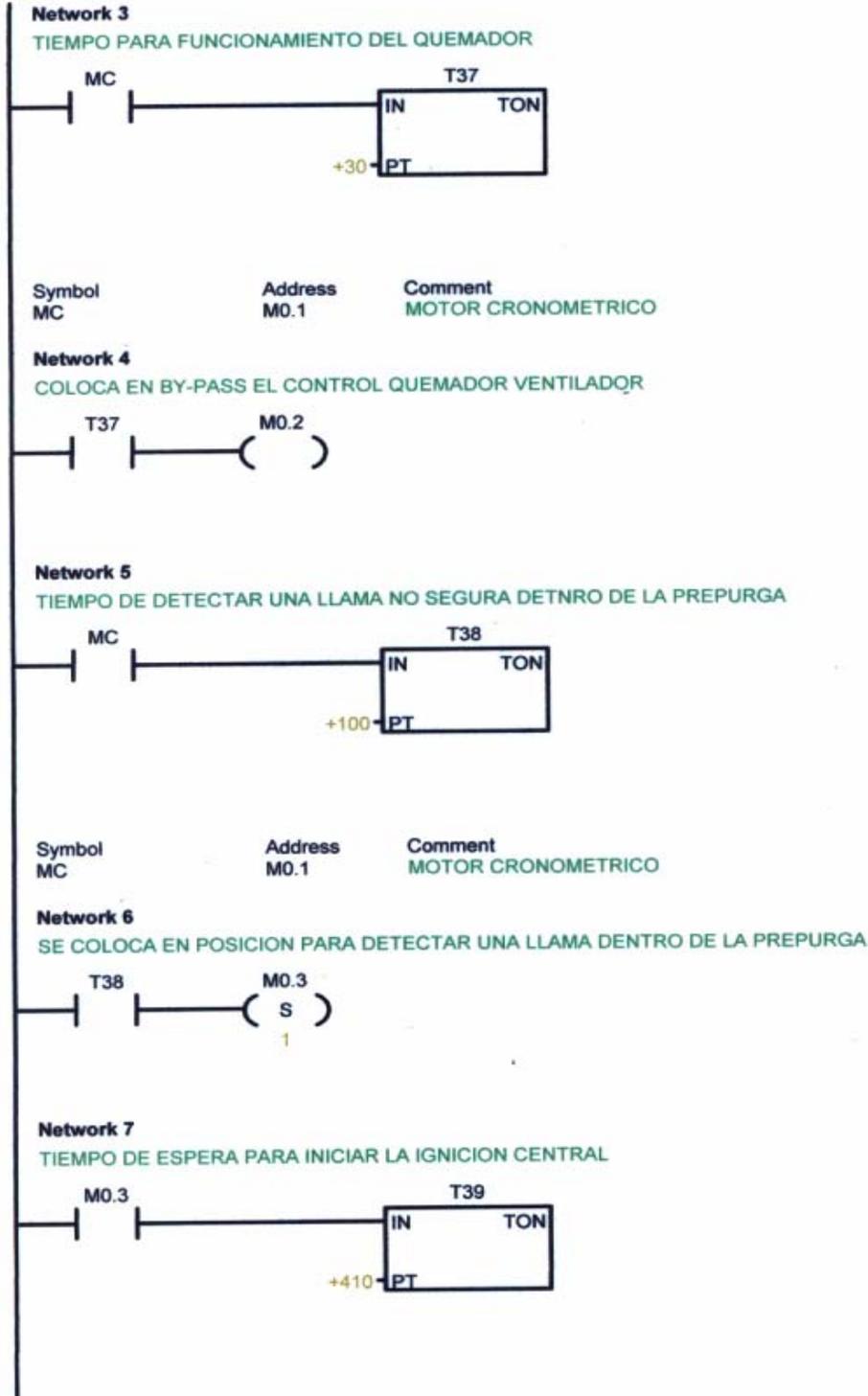
Figura 18. Diagrama de Control



**Figura 19. Programa propuesto, Diagrama de Contactos en el Programa Step 7-micro/WIN**

CALDERA / INT\_0 (INT0)

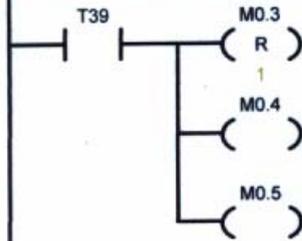




CALDERA / MAIN (OB1)

**Network 8**

TIEMPO DE DISPARO PARA DETECTAR POSIBLE LLAMA DENTRO DE LA PREPURA (M0.3)  
 TIEMPO DE DESENERGIZAR LA BOBINA DE DETECTOR DE LLAMA (M0.3) Y EN ESPERA DE  
 QUE DETECTE UNA LLAMA EXISTENTE DEBIDO A LA ENERGIZACION DE LA INGNICION PILOTO  
 SI DETECTA LLAMA SE ACTIVA LA INGNICION CENTRAL (M0.5)



**Network 9**

TIEMPO PARA INICIAR EL CALENTAMIENTO, PREPARARANDOSE PARA LA INGNICION CENTRAL



Symbol	Address	Comment
MC	M0.1	MOTOR CRONOMETRICO

**Network 10**

CONTACTO QUE PONE EN BY-PASS EL CALENTADOR, EN PREPARACION DE LA INGNICION CENTRAL.



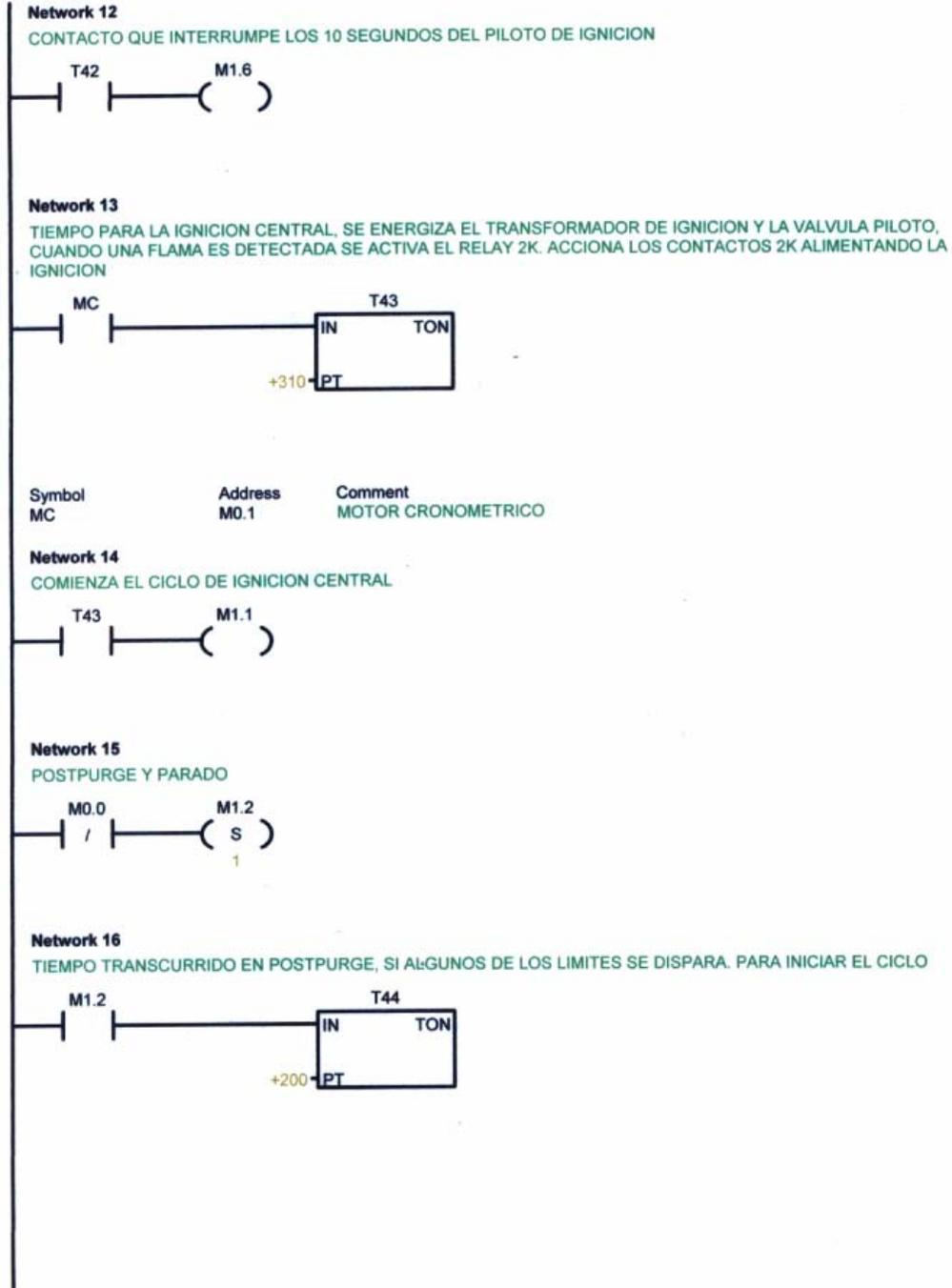
**Network 11**

TIEMPO PARA INTERRUPIR LOS 10 SEGUNDOS DEL PILOTO DE INGNICION



Symbol	Address	Comment
MC	M0.1	MOTOR CRONOMETRICO

CALDERA / MAIN (OB1)

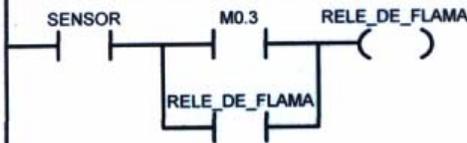


CALDERA / MAIN (OB1)

**Network 17**  
CONTACTO QUE DETECTA QUE TRANSCURRIO EL PERIODO DE POSTPURGE Y COMIENZA EL CILO



**Network 18**  
DETECTOR DE FLAMA SENSOR, LE MANDA UNA SEÑAL AL RELE DE FLAMA



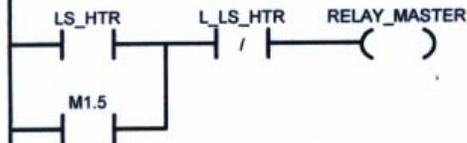
Symbol	Address	Comment
RELE_DE_FLAMA	M1.3	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL DENTRO DEL SENSOR
SENSOR	I0.5	DETECTOR DE LLAMA

**Network 19**  
CONDICION PARA DETECTAR UNA LLAMA, DENTRO DE LA PREPURGE



Symbol	Address	Comment
LS_HTR	Q0.1	CALENTADOR DE CHISPA, INTERRUPTOR DE SEGURIDAD BIMETALICO.
RELE_DE_FLAMA	M1.3	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL DENTRO DEL SENSOR

**Network 20**  
CONTACTO M1.5 COLOCA EN BY-PASS EL CALENTADOR PREPARANDOSE PARA LA IGNICION CENTRAL, INICIO DEL PROGRAMA DA ENERGIA AL MOTOR QUEMADOR

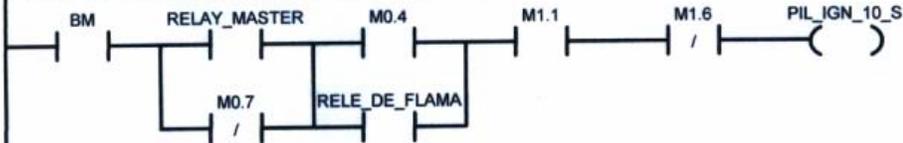


Symbol	Address	Comment
L_LS_HTR	I0.6	LIMITE DE SEGURIDAD DEL CALENTADOR
LS_HTR	Q0.1	CALENTADOR DE CHISPA, INTERRUPTOR DE SEGURIDAD BIMETALICO.
RELAY_MASTER	M1.4	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL EN EL CALENTADOR

CALDERA / MAIN (OB1)

**Network 21**

PROCESO DE IGNICION CENTRAL, 10 SEGUNDOS DE PREIGNICION



Symbol	Address	Comment
BM	Q0.0	MOTOR DEL QUEMADOR (VENTILADOR)
PIL_IGN_10_S	Q0.2	PILOTO IGNITION 10 SEG SIN INTERRUPCION
RELAY_MASTER	M1.4	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL EN EL CALENTADOR
RELE_DE_FLAMA	M1.3	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL DENTRO DEL SENSOR

**Network 22**

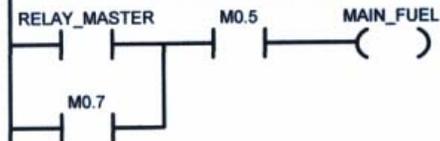
PROCESO DE IGNICION CENTRAL



Symbol	Address	Comment
INT_PIL_IGN	Q0.3	INTERMITENTE PILOTO IGNICION

**Network 23**

PROCESO DE IGNICION CENTRAL ,TRABAJA VALVULA PRINCIPAL



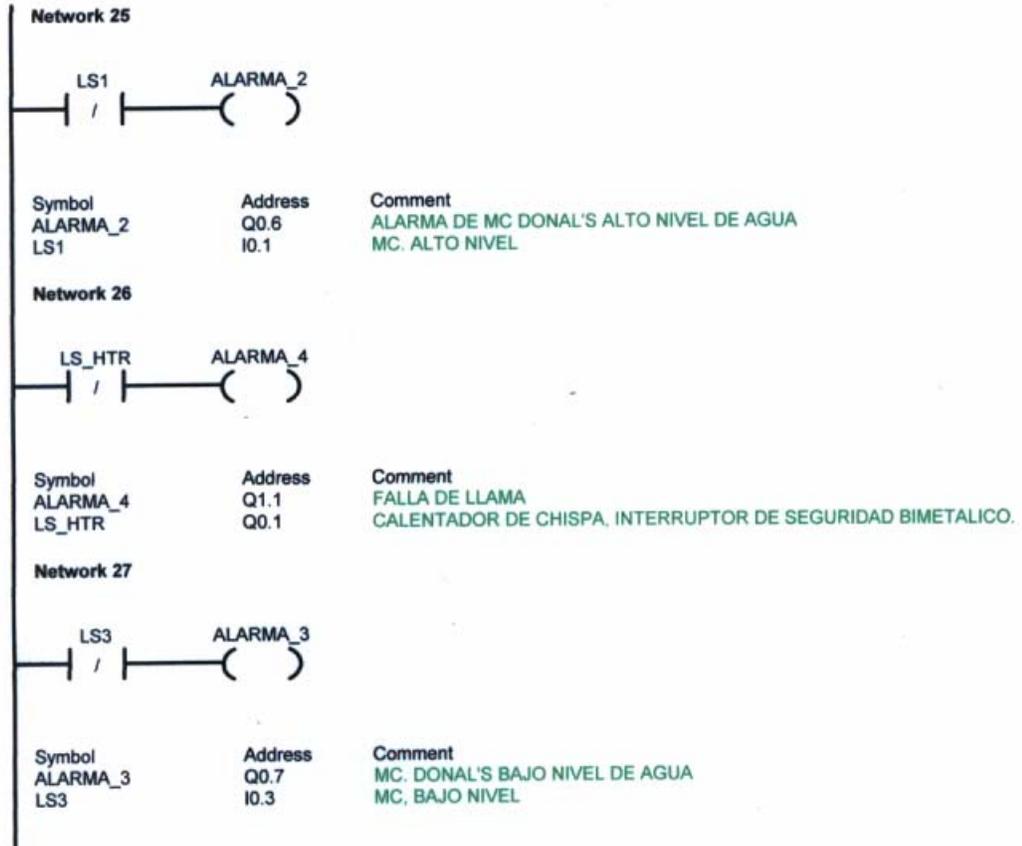
Symbol	Address	Comment
MAIN_FUEL	Q0.4	VALVULA PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE
RELAY_MASTER	M1.4	RELAY TOMADA COMO MARCA QUE SE ACTIVA SI ENCUENTRA UNA SEÑAL EN EL CALENTADOR

**Network 24**



Symbol	Address	Comment
ALARMA_1	Q0.5	ALARMA DE ALTA PRESION DE CALDERA
LS2	I0.2	ALTA PRESION DE CALDERA

CALDERA / MAIN (OB1)





## CONCLUSIONES

1. El programador mecánico es básicamente gobernado por un motor cronométrico que actúa levas para abrir y cerrar los contactos en un programa cronometrado no ajustable, a fin de que se lleven a cabo todas las operaciones del quemador, éste desarrolla una velocidad de 1/3 rpm aproximadamente, por lo que tarda 180 segundos para dar una vuelta completa.
2. El programa fue diseñado tomando en cuenta los tres pasos importantes para un funcionamiento seguro de la caldera, los cuales son: arranque y prepurga, ignición central y postpurga o parado seguro; lo anterior en tiempo real.
3. Se realiza la actualización de los diagramas eléctricos de mando y potencia para la solución de problemas eléctricos que puedan suscitarse.
4. El diseño del programa fue elaborado dentro del lenguaje de programación Kop o esquemas de contactos, utilizando un total de 7 temporizadores, 7 contactos de entradas, 9 contactos de salidas, 16 marcas internas de la CPU y 2 marcas especiales.
5. El programa fue probado a través de un Demo para programas S7-200.

6. La secuencia básica de un programador es la prepurga o arranque, ignición central o funcionamiento y pospurga o paro seguro.
7. El motor modulador es un sistema que permite aumentar o disminuir la generación de vapor, variando la cantidad de combustible en el quemador.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar actualizaciones de los diagramas eléctricos, pues es una manera de solucionar problemas o para necesidades de mantenimientos preventivos y/o correctivos.
2. Los mantenimientos preventivos y/o correctivos para el sistema eléctrico son necesarios en las calderas de vapor por el tipo de carga crítica que maneja, esto se logra probando los dispositivos de protección cada cierto tiempo para tener una idea de cómo se comporta en caso se presente una emergencia
3. Al igual que las luces de emergencia es recomendable que en paralelamente se conecte una alarma de sonido en beneficio de los operadores.
4. Al cablear un micro PLC es necesario respetar reglamentos, normas y códigos: utilice siempre cables con una sección adecuada para la intensidad con secciones de  $1.50\text{mm}^2$  a  $0.50\text{mm}^2$  ó (14 AWG a 22 AWG), no apriete excesivamente los bornes de los tornillos pues podría pasarse de rosca; el par máximo de apriete es de 0.56 N-m.

5. La CPU S7-200, ofrece alimentación de 5 V DC y 24 V DC no es recomendable colocarle una fuente externa en paralelo ya que crean un conflicto debido a que cada una intenta establecer su propio nivel de tensión de salida.

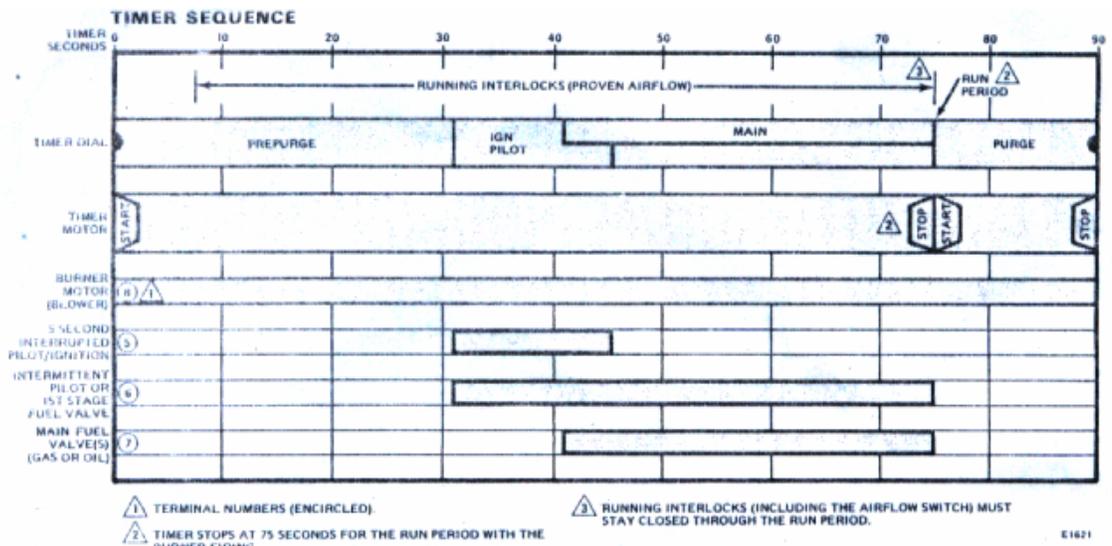
## BIBLIOGRAFÍA

1. Benjamín C. Kuo. **Sistemas de Control Automático**, Séptima Edición Pearson Educación.
2. José Luís Romeral; Josep Balcells, **Autómatas Programables**, Primera Edición 1997. Ediciones Técnicas Marcombo.
3. Charles S. Siskind. **Electrical Control Systems in Industry**, Segunda Edición. McGraw-Hill Book Company.
4. El Onka/Robinson. Operación **de Plantas Industriales: Preguntas y Respuestas**, Segunda Edición, primera en español.
5. Cork Shipley, series 500. **Service Manual**, Boiler Sección.
6. Automatización <[www.grupo-maser.com](http://www.grupo-maser.com)> agosto 2006.
7. Calderas <[www.diee.unican.es](http://www.diee.unican.es)> agosto 2006.
8. Siemens, **Manual del Sistema S7-200**, Primera Edición.
9. Dr. Ramiro Rivera Alvarez, **Hospital de los Hermanos de San Juan de Dios**, Guatemala, C.A.



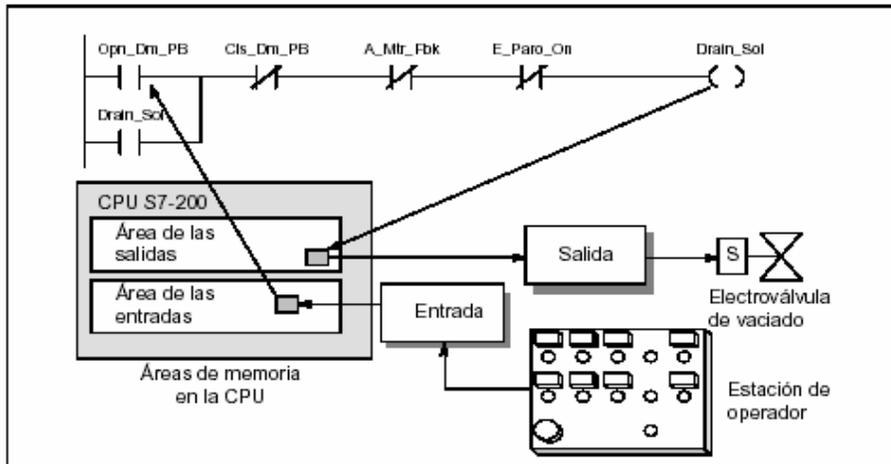
# ANEXOS

Figura 20. Tiempos de secuencia del programador mecánico



Fuente: service manual Boiler sección

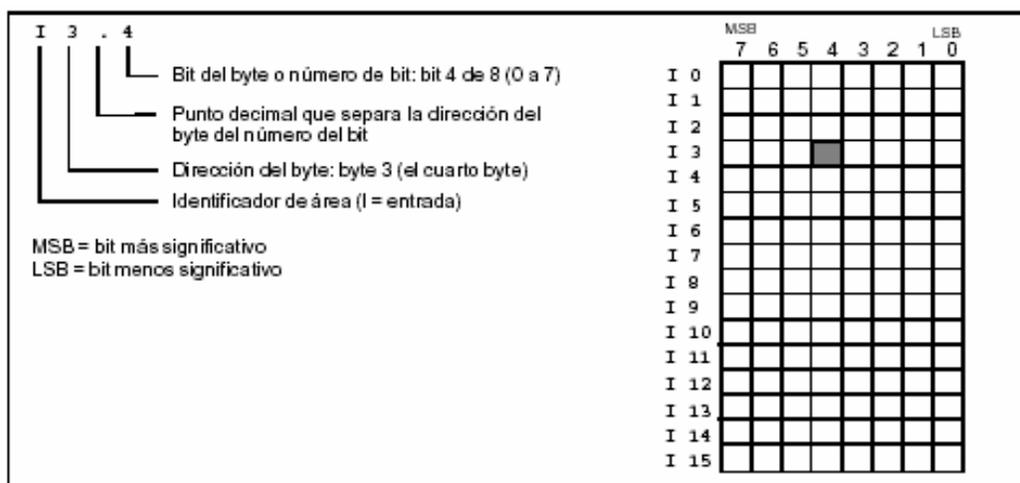
**Figura 21. Funcionamiento básico de la CPU**



1. la CPU lee el estado de las entradas
2. El programa almacenado en la CPU utiliza dichas entradas para evaluar la lógica. Durante la ejecución del programa, la CPU actualiza los datos
3. La CPU escribe los datos en la Salida

**Fuente: manual S7-200**

**Figura 22. Direccionamiento directo de las áreas de memoria de la CPU**

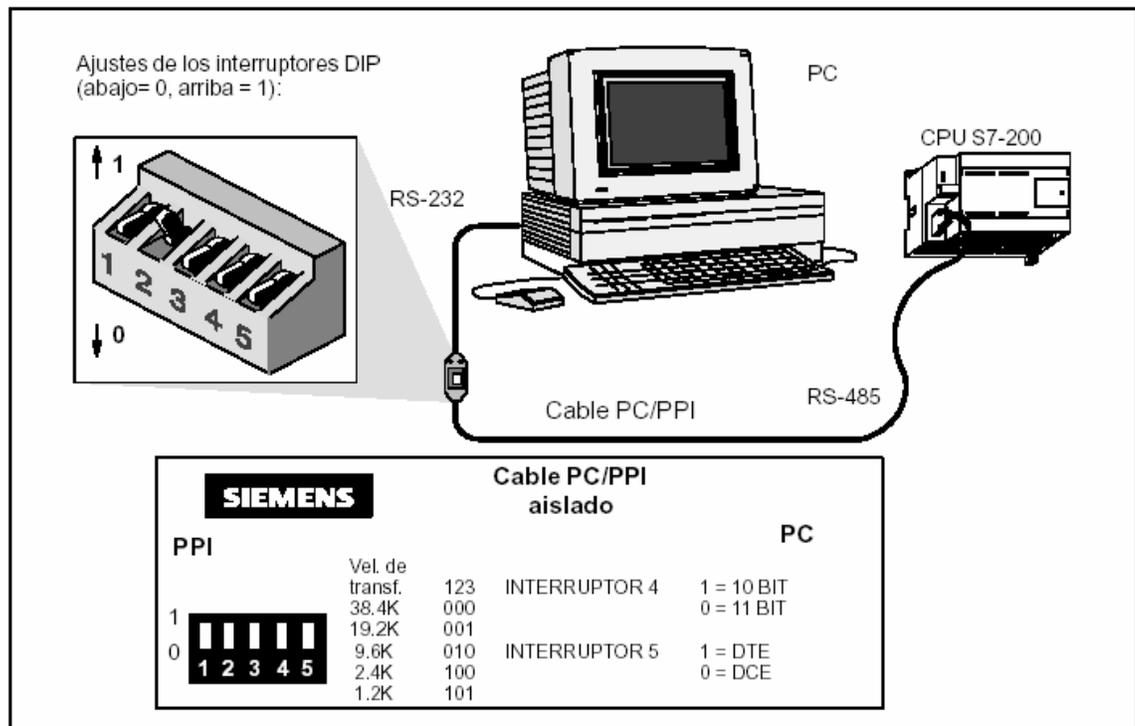


**Fuente: manual S7-200**

## Figura 23. Como configurar la comunicación utilizando el cable PC/PPI

Cómo conectar el PC a la CPU

1. Ajuste los interruptores DIP del cable PC/PPI a la velocidad de transferencia asistida por su PC. Seleccione también las opciones "11 bits" y "DCE" si su cable PC/PPI las asiste.
2. Conecte el extremo RS-232 ("PC") del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de su PC (COM1 ó COM2) y apriete los tornillos.
3. Conecte el extremo RS-485 ("PPI") del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de la CPU y apriete los tornillos.



Fuente: manual S7-200

**Tabla III. Temporizador y sus resoluciones**

Tipo de temporizador	Resolución en milisegundos (ms)	Valor máximo en segundos (s)	Nº de temporizador
TONR	1 ms	32,767 s	T0, T64
	10 ms	327,67 s	T1 a T4, T65 a T68
	100 ms	3276,7 s	T5 a T31, T69 a T95
TON, TOF	1 ms	32,767 s	T32, T96
	10 ms	327,67 s	T33 a T36, T97 a T100
	100 ms	3276,7 s	T37 a T63, T101 a T255

**Fuente: manual S7-200**

**Tabla IV. Acciones de los temporizadores**

Tipo de temporizador	Actual >= Preselección	Entrada de habilitación ON	Entrada de habilitación OFF	Alimentación/ primer ciclo
TON	Bit de temporización ON. El valor actual continúa contando hasta 32.767.	El valor actual cuenta el tiempo.	Bit de temporización OFF. Valor actual = 0	Bit de temporización OFF. Valor actual = 0
TONR	Bit de temporización ON. El valor actual continúa contando hasta 32.767.	El valor actual cuenta el tiempo.	El bit de temporización y el valor actual conservan el último estado.	Bit de temporización OFF. El valor actual se puede conservar. <sup>1</sup>
TOF	Bit de temporización OFF. Valor actual = valor de preselección, se detiene el conteo.	Bit de temporización ON. Valor actual = 0	El temporizador cuenta tras un cambio de ON a OFF.	Bit de temporización OFF. Valor actual = 0

<sup>1</sup> El valor actual del temporizador de retardo a la conexión memorizado se selecciona para que quede memorizado cuando se interrumpe la alimentación. Consulte el apartado 5.3 para obtener información sobre el respaldo de la memoria de la CPU S7-200.

**Fuente: manual S7-200**