

7 201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES

" ARAGON "

ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES  
ELECTRICAS EN EL PROYECTO SISTEMA  
DE CONTROL DISTRIBUIDO PARA LA  
CENTRAL TERMoeLECTRICA DE CICLO  
COMBINADO EN DOS BOCAS VERACRUZ.

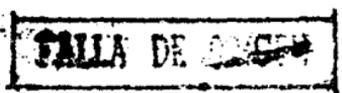
TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

MEXICO, D. F.



1990



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

Lista de figuras

PROLOGO

INTRODUCCION

1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO....	1
1.1 Planta dos bocas Veracruz.....	1
1.2 Sistemas de Control Distribuido.....	7
1.3 Sistema de adquisición y control a instalar en la planta.....	14
1.4 Arquitectura del sistema de control diseñado por el IIE.....	16
2 MEDICIONES ELECTRICAS EN LA CENTRAL.....	22
2.1 Descripción general.....	22
2.2 Area de campo.....	28
2.3 Cuarto de Control.....	32
3 ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES ELECTRICAS.....	39
3.1 Transductores eléctricos.....	39
3.1.1 Definición de Transductor.....	39
3.1.2 Alimentación eléctrica.....	40
3.1.3 Señales de salida.....	41
3.1.4 Precisión de un transductor.....	42
3.2 Señales a acondicionar.....	43
3.2.1 Señales de corriente.....	43
3.2.2 Señales de frecuencia.....	45
3.3 Transductores y acondicionadores utilizados.....	52

3.3.1	Localización en campo.....	52
3.3.2	Características de los transductores.....	52
3.3.3	Forma de conexión.....	56
4	UNIDAD DE TRANSMISION REMOTA.....	59
4.1	Descripción general.....	59
4.1.1	La comunicación.....	60
4.2	Características físicas.....	63
4.3	Características de procesamiento.....	64
4.4	Señales de UTR para el nuevo sistema.....	69
5	ANALISIS Y DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES EN CAMPO, CUARTO DE CONTROL Y UTR.....	71
5.1	Acondicionamiento de señales.....	71
5.2	Bases de diseño de instrumentación.....	74
5.3	Eliminación del ruido eléctrico.....	78
6	DIAGRAMAS DE INTERCONEXION Y ALAMBRADO.....	80
6.1	Generación de diagramas.....	80
6.2	Alambrado y conexiones en campo.....	83
6.3	Conexiones en cuarto de control.....	88
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
	GLOSARIO DE TERMINOS.....	98
	REFERENCIAS .....	101
	APENDICE A.....	104

## Lista de figuras

1.1 Ubicación de la planta .....	2
1.2 Diagrama del ciclo combinado.....	4
1.3 Diagrama de bloques del ciclo combinado.....	6
1.4 Sistemas de control distribuido.....	7
1.5 Unidad de control de control de proceso.....	11
1.6 Arquitectura del sistema de control distribuido.....	19
2.1 Subestación.....	25
2.2 Auxiliares de la planta.....	26
2.3 Cajas y ductos de alambrado.....	29
2.4 Area de campo.....	31
2.5 Cuarto de control.....	38
3.1 Comportamiento de un transductor.....	41
3.2 Diagrama eléctrico de los motores.....	44
3.3 Conexión del transductor de corriente.....	46
3.4 Funcionamiento del acondicionador de frecuencia.....	48
3.5 Funcionamiento del acondicionador de corriente.....	48
4.1 Disposición de las UTR.....	61
4.2 Configuración de la TRIE.....	65
4.3 Esquema del módulo procesador.....	67
6.1 Principio de funcionamiento del alambrado.....	81
6.2 Acondicionadores con salida de corriente.....	84
6.3 Acondicionadores con salida de voltaje.....	84
6.4 Hoja de cable.....	87
8.5 Conexiones en campo.....	90
6.6 Alambrado en cuarto de control.....	92
6.7 Diagrama final de alambrado de señales digitales.....	93
6.8 Diagrama final de alambrado de señales analógicas.....	94

## PROLOGO

En México, La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es responsable de la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Como nuestro país se encuentra actualmente en constante desarrollo, es necesario producir más energía eléctrica para cubrir las demandas crecientes de los consumidores, ya sean industriales o urbanos.

De aquí surge la necesidad de construir nuevas centrales generadoras de energía eléctrica y/o modernizar las existentes, con el fin de garantizar la continuidad de la generación y por consecuencia aumentar la confiabilidad del suministro a los usuarios del servicio; con base a esto y dentro del plan de modernización de plantas, CFE solicitó al Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), a través del departamento de Instrumentación y Control el proyecto: "Sistema de Control Distribuido para la Central Termoelectrónica de Ciclo Combinado de dos bocas Veracruz".

## INTRODUCCION

El Sistema de Control Distribuido diseñado para la planta termoeléctrica de Dos Bocas Veracruz, necesita procesar señales que vienen o van del cuarto de control al campo, y que se utilizarán para efectuar el control lógico y analógico, así como para la adquisición de datos. La meta de este proyecto es modernizar el sistema de control y adquisición de señales, utilizando la tecnología de la línea SAC (Sistema de adquisición y control) diseñado en el IIE con base en microprocesadores.

Debido a que la planta se encuentra en servicio normal con sistemas de instrumentación y control instalados, se requiere que haya una compatibilidad entre los valores de señal de los instrumentos existentes, con los que necesita el nuevo sistema.

El objetivo general del acondicionamiento de señales, es detectar aquellos instrumentos, que no tengan señales compatibles con la línea SAC es decir, localizar las señales que no se encuentren en el rango en el cual sea posible introducirlos a un sistema de control y adquisición electrónico que maneja pequeños voltajes y corrientes. Después de esa selección las señales que no cumplan con estos valores, se acondicionarán a valores en los cuales puedan ser trabajados por la línea SAC, esto es con el fin de que todas las variables, tanto analógicas como digitales, que se vayan a integrar al Sistema de Control Distribuido, tengan los valores de señal adecuados para que se puedan procesar.

Después de haber seleccionado los instrumentos que cuya

señal de salida no se encuentre dentro del rango deseado, surge la necesidad de un transductor o acondicionador, el cual convierta la señal de entrada, en una salida posible de trabajar con tarjetas SAC. Al introducir un acondicionador en nuestra planta es necesario también trazar la ruta por la cual enviará su señal de salida o entrada hasta el cuarto de control que será donde se concentrarán los principales dispositivos de control de la planta.

Concretamente este trabajo se enfocará hacia el acondicionamiento de las señales de los Instrumentos que están destinados a registrar las variables eléctricas de la planta, tales como voltajes, corrientes, frecuencias, y con señales que actualmente existen pero que no son detectadas por el anterior sistema, y para las cuales, se tendrá que adaptar un acondicionador nuevo.

Esto permitirá a los operadores, conocer el estado de cada una de las señales eléctricas y de proceso de la planta, estando ellos en el cuarto de control monitoreando todo el proceso de generación y corregir anomalías.

El desarrollo de este trabajo forma parte del área de Instrumentación y Acondicionamiento de señales del Sistema de Adquisición y Control del proyecto antes mencionado.

Enseguida se hace una breve descripción del contenido de cada uno de los seis capítulos.

El Capítulo 1 presenta una descripción general de la planta, la problemática de operación del sistema de adquisición y control existentes en la misma y el nuevo

sistema propuesto por el IIE, así como las generalidades de los sistemas de control distribuido y su aplicación en particular en la Central Termoeléctrica Dos Bocas Veracruz.

En el capítulo 2 se describe la forma convencional de medición de las señales eléctricas de la planta y la manera de hacerlo con el nuevo sistema, así como las señales nuevas que van a formar parte del sistema.

El capítulo 3 se enfoca a acondicionar señales no existentes en el anterior sistema y las cuales son necesarias conocer. Así como el tipo de acondicionadores utilizados, sus características y su conexión.

El capítulo 4 presenta la Unidad de Transmisión Remota, que es el módulo encargado de recibir las señales principales de la subestación y transmitir las a la central maestra a fin de ser detectado el nivel de generación de la planta en el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).

El capítulo 5 describe los criterios de acondicionamiento utilizados, la Ingeniería de Instrumentación, así como las bases de diseño de Instrumentación.

El capítulo 6 contiene los diagramas de interconexión y alambrado de los acondicionadores, así como el proceso y el principio de funcionamiento que se siguió para la conexión de las señales y los acondicionadores.

Como complemento, se acompaña de un Apéndice que contiene la definición y características principales de las tarjetas y canastas de la línea IIE-SAC que forman parte del proyecto.

## 1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

### 1.1 Planta Dos Bocas Veracruz

#### Localización.

La central Termoelectrica Dos Bocas ciclo combinado se encuentra situada aproximadamente a 16 Km., al sur del centro de la ciudad y puerto de Veracruz, en el Km. 7.5 de la carretera Veracruz-Medellin sobre la margen izquierda del Rio Cotaxtla a 8 metros sobre el nivel del mar, ocupando una superficie de 28.5 Km. cuadrados. La figura 1.1 muestra un mapa y la ubicacion de la central.

#### Descripción.

La central termoelectrica consta de dos paquetes o plantas de ciclo combinado independientes entre si, marca Westinghouse.

Cada uno de estos paquetes contiene:

- Dos turbinas de gas de 85 mW c/u.
- Dos calderas recuperadoras de calor para aprovechar la energia de los gases de escape de las turbo gas con quemadores adicionales para incrementar la produccion de vapor en cargas altas .
- Una turbina de vapor monocilindrica de 110 mW con escape axial de condensacion.

Las turbinas de gas y los quemadores adicionales de los recuperadores pueden quemar indistintamente gas natural o diesel y transferir combustibles en operacion.

La generacion producida por estos dos paquetes es

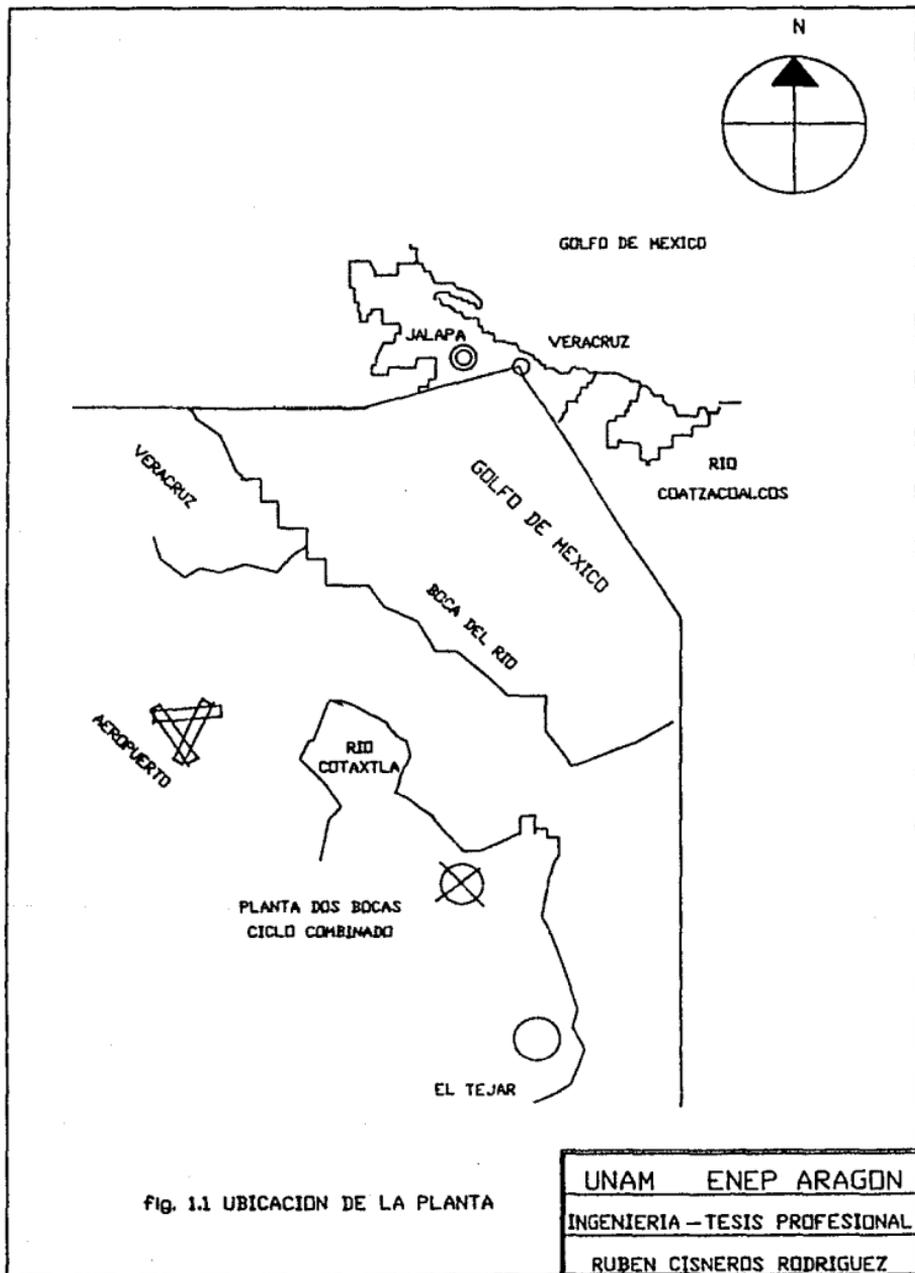


fig. 1.1 UBICACION DE LA PLANTA

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

enlizada a través de dos líneas de 115 kV y una línea de 230 kV en la subestación de Veracruz II, de donde es distribuida a los consumidores industriales y urbanos de la zona, así como también por medio de dicha subestación es enlazada al sistema eléctrico nacional usando dos líneas adicionales de Veracruz II de 230 kV entroncando en Temezcal II con la red de 400 kV.

La figura 1.2 muestra un diagrama esquemático de uno de los paquetes.

#### Forma de operación.

El proceso de generación se inicia en el compresor, donde el aire atmosférico es succionado a través de un cabezal de doble entrada e introducido en este donde es presurizado. El aire y el gas se introducen en la cámara de combustión mezclados en una cantidad adecuada para llevar a cabo la combustión.

Los gases producto de esa combustión se hacen pasar a través de la turbina, donde realizan trabajo al expanderse y chocar contra los álabes, produciendo en el rotor de la turbina un movimiento mecánico giratorio; este movimiento es transmitido al generador eléctrico, el cual se encarga de transformar finalmente el movimiento mecánico en energía eléctrica.

Los gases producto de la combustión, una vez que han realizado trabajo en la turbina de gas, se conducen hacia los generadores de vapor; aquí, el calor residual de los gases de escape se utiliza para calentar el agua que circula a través

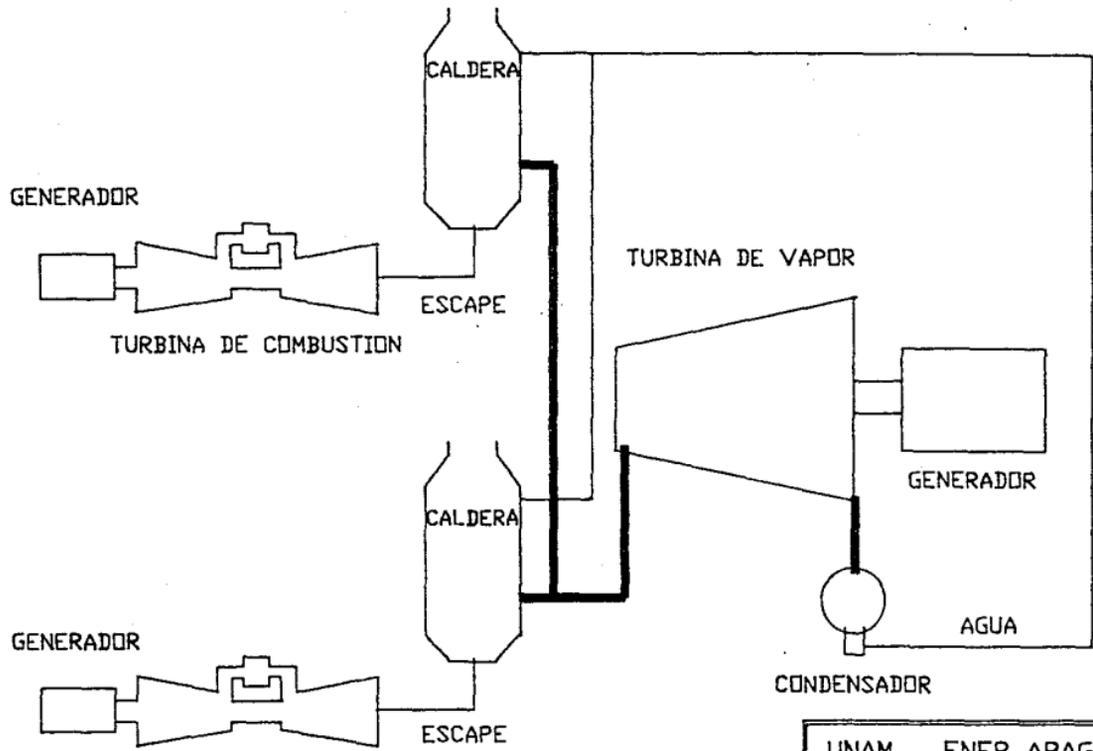


fig 1.2 DIAGRAMA DEL CICLO COMBINADO

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

de un banco de tubos y generar vapor en un depósito llamado domo.

Con el fin de optimizar el ciclo, se genera calor adicional quemando gas en la caldera para aumentar la temperatura de entrada de los recuperadores e incrementar la generación de vapor.

Este vapor depositado en el domo está saturado y requiere ser enviado al sobrecalentador donde se le aumentará la temperatura, utilizando para ello los gases de la combustión. Después de esto, el vapor se encuentra en condiciones apropiadas para ser llevado a la turbina de vapor.

El vapor sobrecalentado se conduce a la turbina, donde realiza trabajo al expandirse y chocar contra los álabes, proporcionando al rotor de la turbina un movimiento mecánico giratorio. Nuevamente este movimiento es transmitido al generador, el cual se encarga de producir la energía eléctrica.

Esta energía producida por los tres generadores se conduce por cables a los transformadores, donde se eleva su voltaje para poder transportarla hasta los centros de consumo, en los cuales el voltaje es disminuido a valores adecuados para su distribución y empleo industrial o doméstico. La fig. 1.3 muestra un diagrama de bloques de la forma de operación de la planta.

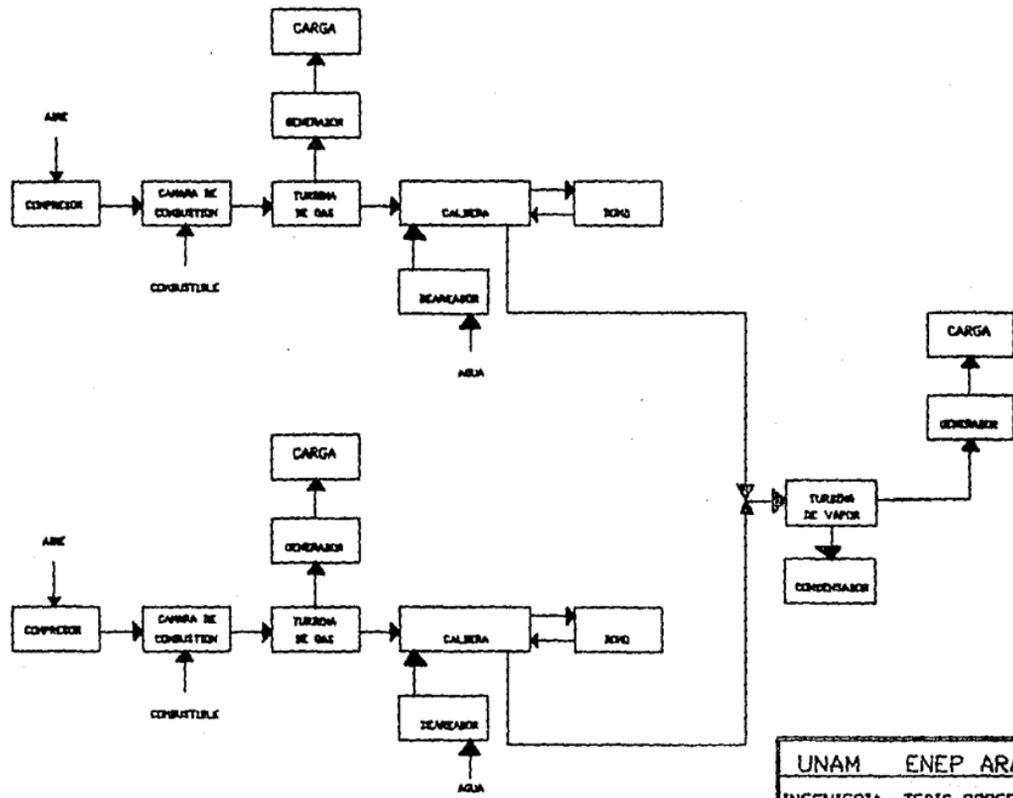


Fig. 1.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CICLO COMBINADO

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

## 1.2 Sistemas de control distribuido

### Descripción.

Los sistemas de control distribuido constan físicamente de unidades de control de proceso, canales de comunicación y periféricos del sistema, como se muestra en la figura 1.4.

La forma en que estas partes estén interconectadas, será el tipo de estructura o arquitectura del sistema. Las estructuras más comunes son las siguientes:

- Lineal
- Anillo
- Estrella
- Arbol
- Red

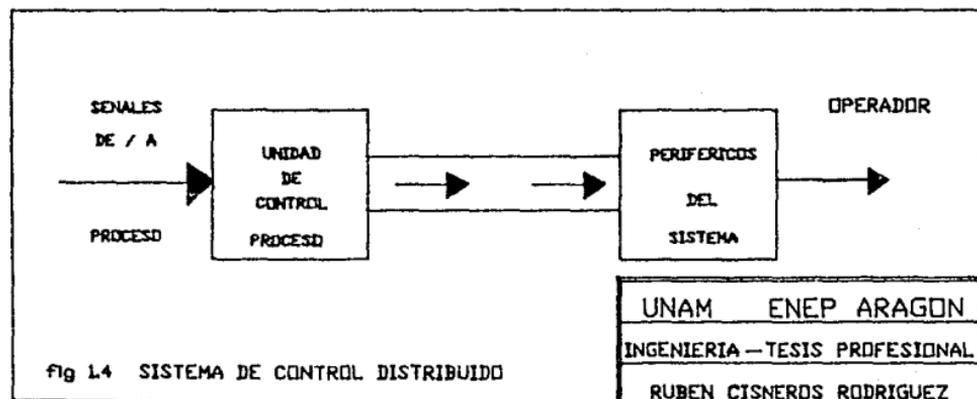


Fig 1.4 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

La estructura lineal, es una estructura de propósitos generales, en la cual se transmite la información a través del canal de comunicaciones y cualquiera de las unidades de control de proceso puede tomar el mensaje o los mensajes que le correspondan.

La estructura de tipo anillo, consiste en enviar toda la información a una de las unidades de control de proceso, ésta recibe todos los mensajes y toma los que le conciernen y el resto de los mensajes los envía a la siguiente unidad de control de proceso.

La estructura tipo estrella designa una unidad de control de proceso como coordinador central para la comunicación del sistema, es decir, la comunicación entre las diferentes unidades de control de proceso y los periféricos depende de un coordinador central.

La estructura tipo árbol es utilizada frecuentemente cuando es necesario establecer una jerarquía de funciones. Esta se puede aplicar cuando se requiere enviar el estado del proceso (cantidad de materia prima, productos finales, productos intermedios, etc.), a un nivel directivo o gerencial.

La estructura tipo red es una combinación de las estructuras anteriores.

Para nuestro caso, se implantará en la central termoelectrica una estructura de tipo anillo.

Unidad de control de proceso.

Estas unidades son físicamente unos gabinetes que en su

Interior contienen los dispositivos electrónicos necesarios, para recibir las señales de campo y enviar las señales respectivas a los elementos finales de control para mantener correcto el proceso. Además es capaz de enviar toda la información que maneja a los periféricos del sistema por medio del canal de comunicaciones. Esta unidad también contiene las fuentes de energía necesarias para alimentar los diferentes dispositivos electrónicos.

Estas unidades de control pueden instalarse en diversas áreas del proceso, cerca de donde son detectadas las señales de proceso y de los elementos finales de control; con lo cual es posible ahorrar en alambrado. Cuando las unidades de control de proceso se instalan o localizan de esta manera, se dice que se trata de un SISTEMA DE CONTROL GEOGRAFICA Y FUNCIONALMENTE DISTRIBUIDO. Geográficamente porque los gabinetes se encuentran localizados en diversas áreas del proceso y debido a que cada unidad de control de proceso se encarga de procesar un determinado número de señales sin interferir en otros gabinetes, esto es se distribuye el control en varias unidades de control de proceso (gabinetes), de aquí el nombre de SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO.

Por otra parte, cuando las unidades de control son instaladas dentro de un solo cuarto principal de control, se dice que se trata de un SISTEMA DE CONTROL FUNCIONALMENTE DISTRIBUIDO. En el caso del sistema a implantar en la central, se trata de un sistema FUNCIONALMENTE DISTRIBUIDO, ya que se tendrá un solo cuarto de control que es donde

estafa los controles principales.

Las unidades de control de proceso están estructuradas de acuerdo a cada fabricante, sin embargo, una estructura general de esta unidad es la indicada en la fig. 1.5.

La unidad de control distribuido, recibe las señales de proceso de acondicionadores de señales, transmisores, termopares, RTD, señales discretas, etc., a través de una unidad de terminales de entrada, estas señales posteriormente se acondicionan al voltaje de operación del sistema y se envía a un módulo multiplexor, cuyo objetivo es recibir varias señales y seleccionar periódicamente cada una de ellas para ser procesada. Una vez seleccionada la señal, ésta se envía a un módulo convertidor de señal analógica a señal digital, en caso de ser necesario.

La señal digital obtenida se envía a un módulo de control, en donde se realizarán las funciones de control requeridas por el proceso.

Por otra parte, en caso de presentar alguna falla, en este módulo existe un módulo o módulos de respaldo que inmediata y automáticamente toman el mando, evitando con ello que los circuitos de control que maneja el módulo deteriorado no se alteren.

Una vez que la señal de proceso ha sido procesada por el módulo de control, este envía una señal, correctiva o no, en forma paralela a la interfaz de comunicación y al módulo convertidor de señal digital analógica. A través del primero se logra establecer una comunicación entre el módulo de

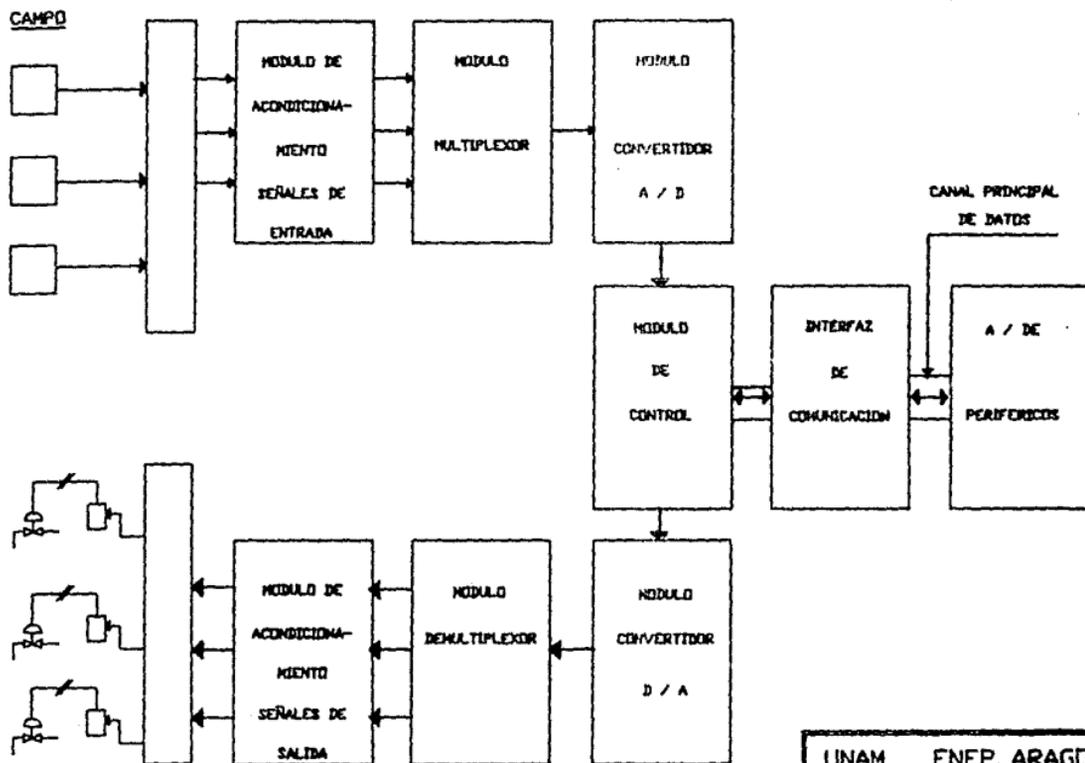


Fig. 1.5 UNIDAD DE CONTROL DE PROCESO

UNAM ENEP ARAGON

INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL

RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

control y el canal principal de comunicacio que estara recibiendo y enviando informacion a los perifericos del sistema. A traves del segundo, la señal digital enviada por el modulo de control es convertida en señal analógica y se envia a un demultiplexor, el cual recibe la señal y direcciona a la salida, logrando manipular con esta señal el elemento final de control.

Otro aspecto fundamental del Control Distribuido es el Canal Principal de Comunicación, este también es conocido como pista de comunicación o red de comunicación, y se le denomina así, al conjunto de líneas de transmisión que realizan el enlace físico entre la unidad de control distribuido y los periféricos del sistema.

Interfaz con el operador.

Conocemos como interfaz del operador a todos aquellos dispositivos que se encargan de establecer una comunicación directa entre las unidades de control de proceso y el operador, con la imprescindible ayuda del canal principal de comunicación; esto es, la interfaz del operador sustituye y elimina los problemas existentes en un tablero principal de control.

Los dispositivos que comprenden la interfaz del operador, básicamente son:

- PANTALLA DE RAYOS CATODICOS
- TECLADOS
- UNIDADES DE MEMORIA
- IMPRESORAS

- VIDEOCOPIADORAS

**Configuración del sistema y base de datos.**

La configuración del sistema se encarga de establecer las diferentes funciones de control, indicación, registro y administración que han de realizar las unidades de control de proceso, adquisición de datos, almacenamiento masivo de memoria e interfaz con el operador, con sus subsistemas basados en microprocesadores. Dichas funciones van desde un circuito o lazo de control sencillo, hasta circuitos de control multivariables y funciones administrativas.

La configuración del sistema se hace en base a programas, generalmente establecidos por el fabricante del sistema, esto es, cada fabricante ofrece un número suficiente de algoritmos, con los cuales el operador puede configurar el sistema con relativa facilidad.

Una vez definida la configuración del sistema es necesario e imprescindible complementarla con los datos que se requieren para operar el sistema, tales como punto de ajuste, rango del controlador, límites de alarma, ganancia del controlador, etc. A este conjunto de información se le conoce con el nombre de base de datos del sistema.

Después de configurar el sistema con su respectiva base de datos, ambos se almacenan en unidades de memoria masiva con el fin de contar con dicha información como respaldo.

Es recomendable, que la actividad de configuración y establecimiento de la base de datos del sistema, se realice

conjuntamente entre el fabricante y el personal de Ingeniería de diseño, y de ser posible con personal de mantenimiento.

### 1.3 Sistema de adquisición y control a instalar en la planta.

#### Niveles de control.

El sistema de control contará con cuatro niveles de control jerárquicos que, mencionados de sencillos a complejos, son: Manual, Analógico, Automático y Coordinado.

Cada paquete contará con estos cuatro niveles de control, los cuales permitirán, a través de tableros, gabinetes y equipos de campo, manipular las variables del proceso y así tener una operación confiable y eficiente de los equipos.

#### Control manual.

El control manual, como su nombre lo indica, es la manipulación directa que el operador efectúa de los elementos finales de control. Es la última instancia que proporcionará el sistema y a través de estaciones manual automático localizadas en el tablero del cuarto de control podrá funcionar aún cuando el equipo de cómputo deje de hacerlo.

#### Control Analógico.

Este modo de control no requiere del sistema de cómputo y por lo tanto puede operar cuando dicho sistema se encuentre fuera de servicio. El operador deberá arrancar, supervisar y

sincronizar las unidades turbina-generador en forma manual.

El nivel del domo, el del desgasificador, el del pozo caliente y la temperatura del vapor se controlan con circuitos de control automático analógicos individuales. El control de la válvula de bypass principal y el de la turbina de vapor quedan bajo el mando del operador a través de botones que regulan su posición. El estado de estos controladores analógicos podrá verse en las pantallas de los generadores de despliegue.

#### Control automático.

En este modo, cada turbina-generador funcionará independientemente y se controlará desde su propia consola en el área de paneles caldera-turbina-generador (BTG). Este modo permitirá el arranque, la sincronización y la carga automática para cada unidad en forma independiente. De igual manera, las turbinas podrán pararse automáticamente a solicitud del operador desde cada tablero BTG. En este nivel de automatización el operador deberá cerciorarse de que todas las partes de la planta estén en el estado apropiado para las condiciones de funcionamiento que él desea; esto es, el operador coordinará el control automático de todas las unidades.

#### Control coordinado.

Con la ayuda de teclas específicas en los tableros de control, el operador selecciona la carga con la que debe trabajar todo el paquete y, la computadora manipula los

elementos finales de control para mantener en cada turbina el valor fijo de la carga que ella misma ha definido para un trabajo eficiente.

#### 1.4 Arquitectura del sistema de control diseñado por el IIE.

##### Fallas del sistema actual.

La computadora que originalmente controlaba la central ha dejado de ser operable, y muchas de sus funciones ya no son posibles de realizar, entre las cuáles estan:

- De los modos de control existentes, unicamente se trabaja actualmente con el control manual, esto es debido a la falla mencionada en la computadora.

- No es posible satisfacer todos los requerimientos de la interfaz con el operador.

- Una de las fallas principales de la computadora de control analógico, es que no esta recibiendo todas las señales analógicas necesarias, esto es a causa de las tarjetas dañadas que han quedado fuera de servicio.

Es debido a estas fallas que es necesario sustituir el control y la adquisición actual por uno más moderno y eficiente.

##### Arquitectura del sistema.

El sistema total está diseñado para controlar y monitorear los dos paquetes que integran la central.

La operación de los dispositivos de cada paquete sera completamente independiente uno del otro, cuando la operación

del sistema sea normal, y habra un respaldo cruzado cuando exista algun problema con el fin de aumentar la confiabilidad y disponibilidad del sistema.

Los dispositivos principales del sistema que integran cada paquete son:

- Una minicomputadora principal
- Dos unidades de disco
- Dos Impresoras
- Una unidad de cartucho de cinta
- Un generador de despliegues
- Cuatro monitores
- Un teclado dedicado
- Un registrador
- Cinco canastas SAC (sistema de adquisición y control), para adquirir señales de campo. (ver apéndice A)
- Doce canastas SAC de respaldo para control
- Una red de control
- Una red de adquisición.

El sistema anterior en conjunto trabajara de la forma siguiente:

Las señales analógicas y lógicas del proceso entraran a las canastas de adquisición y control a través de las tarjetas de entrada y salida (ubicadas en la canasta SAC); dichas señales serán adquiridas de la memoria de las canastas y luego enviadas por la red de adquisición a la minicomputadora principal, donde serán almacenadas.

A solicitud del operador estas variables se representarán ordenadamente en cuatro monitores a color, los

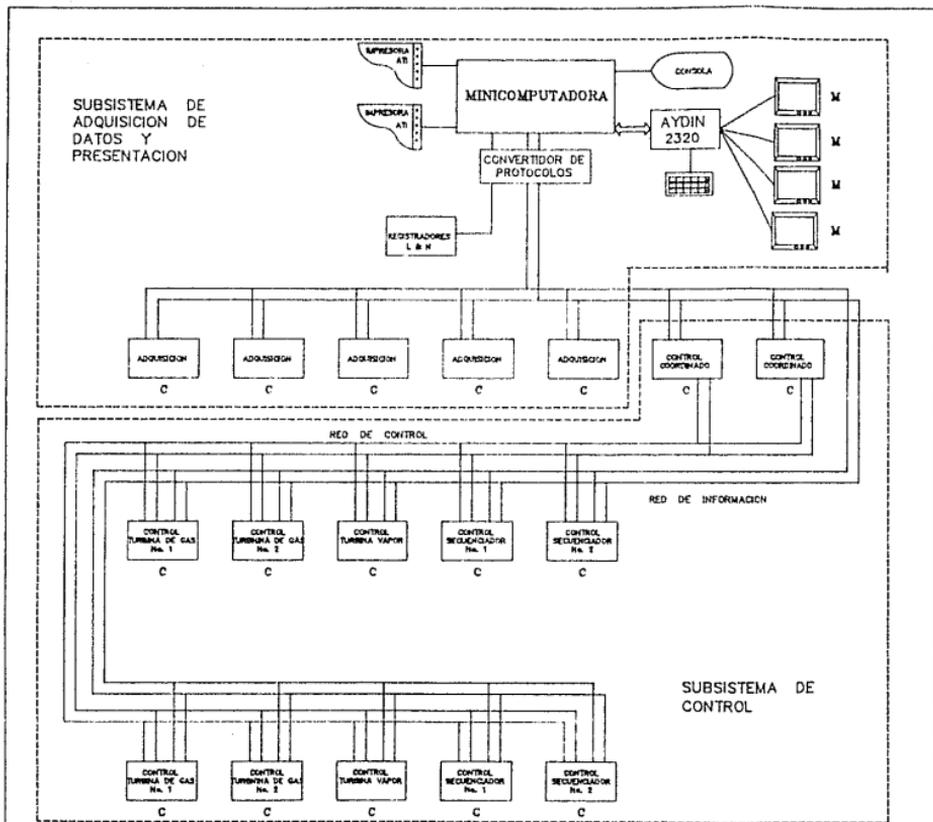
cuales son manejados por un generador de despliegues que recibe las variables y los formatos de presentación de la minicomputadora principal.

Todas las canastas de control tendran una canasta completa de respaldo, la cual tendra el software y hardware necesarios para realizar las mismas funciones que la principal.

Si por alguna razón el operador desea manipular algún elemento final de control, esto lo podra hacer a traves de los comandos que tiene en el tablero de control o a traves del teclado dedicado del sistema. Este u otros comandos de control viajarán a traves de una red dedicada a este fin, esto es, de la computadora a una canasta maestra y, de esta, a la canasta que le corresponda, para que en la canasta de control de destino se ejecute la acción.

Debido a que la minicomputadora principal tendrá la posibilidad de guardar todas las variables analógicas en un tiempo definido, el operador podrá desplegarlas en los monitores o escribirlos en reportes específicos, el tiempo que el desee.

La fig. 1.6 muestra la arquitectura para un paquete de la planta diseñado por el IIE. Se observan en esta, dos subsistemas separados por una línea punteada, el subsistema superior corresponde a la adquisición y presentación de datos, que consta de las canastas de adquisición, los dispositivos de la interfaz con el operador y la unidad de concentración de datos que es la minicomputadora.



M : MONITOR DE DESPLIEGUE  
 C : CANASTA

FIG. 1.6

ARQUITECTURA DEL  
 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO  
 PARA LA CENTRAL TERMoeLECTRICA, DOS BocAS VERACRUZ.  
 (SACD).

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA -ESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

En la parte inferior se tiene el subsistema de control, donde se encuentran las canastas de control lógico, analógico y coordinado. Para cada canasta de control se tiene una canasta completa de respaldo, este sistema de respaldo en caso de alguna falla entrara a sustituir inmediatamente a su canasta principal y no se perderá la información que se tenga en ese momento.

#### Nuevos controles y funciones principales.

El sistema de adquisición y control dara al operador información del proceso; estando este en una sola posición, en el cuarto de control, y desde este efectuar maniobras para la correcta operación de la central. Los resultados serán: Una mayor seguridad para el personal de la planta, mas duración del equipo y una generación eléctrica mas continua y eficiente.

Las principales funciones que tendrá el nuevo sistema son:

- Control Automático de la turbina de gas y la de vapor, de la temperatura de los gases de entrada a los recuperadores de calor y control de la válvula de bypass de la turbina de vapor.

- a.- Control coordinado de todo un paquete
- b.- Arranque, paro y protección de las turbinas de gas
- c.- Interfaz al operador, mediante el desarrollo en monitores de alta resolución de diferentes funciones de presentación, como ayuda a los operadores.
- d.- Reportes fijos y configurables del estado que

guarda las variables del paquete.

e.- Cálculos de eficiencia elaborados para ayudar a incrementar la confiabilidad del paquete.

A continuación se presentan estas funciones de manera mas detallada:

a.1 Control Automatico.- Esta función permitirá al operador controlar los principales equipos del paquete con solo definir varios parametros de operación como los de arranque, paro, aceleración o cargas y el tipo de control. Este control puede ser ejecutado para las tres turbinas o solo para una, siempre y cuando se cumplan las condiciones iniciales del equipo que se trate para entrar a este modo de control. Estas condiciones iniciales implican que varios equipos auxiliares de las turbinas, como es el caso de los sistemas de hidrogeno, la lubricación, enfriamiento, sellos, etc., se encuentren funcionando satisfactoriamente.

- Control coordinado.- Esta función permitirá al operador definir un valor de capacidad de generación total en Megawatts de cada paquete para que el sistema arranque, acelere, sincronize y permanezca en operación con la carga de las diferentes turbinas según las haya calculado el mismo sistema, por lo que el operador no tendra que hacer ninguna acción adicional.

## 2 MEDICIONES ELECTRICAS EN LA CENTRAL

### 2.1 Descripción general.

#### Subestación.

La subestación de la Central, cuenta con elementos importantes tales como cuchillas, interruptores y transformadores entre otros.

Las cuchillas y los interruptores son los elementos a trabajar en el nuevo sistema de adquisición y control. Para conocer la generación total de la planta se adquirirá el estado de los elementos anteriores ya que son los que finalmente conectan a la planta con el sistema eléctrico nacional, y conociendo su estado ya sea cerrado o abierto, sabremos el grado de generación que la central está proporcionando.

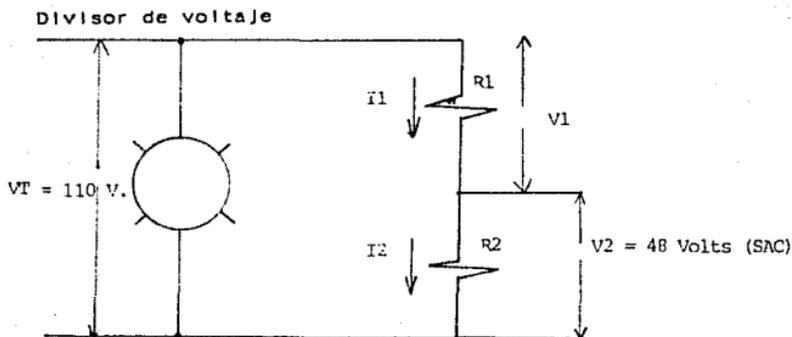
Asimismo conocer el estado de de los interruptores, nos ayuda para saber en que momento se puede trabajar en mantenimiento de la planta, cuando este fuera de servicio alguna turbina o un paquete. El estado de los interruptores puede ser cerrado o abierto, esto es para el nuevo sistema de control un uno ó un cero, lo cual se trabajará como una señal lógica, llamada así porque solo se pueden tener dos estados: cerrado o abierto.

Existen otro tipo de señales a las que se llamo señales analógicas, esto es porque su valor varia en un cierto rango,

que va desde un valor mínimo hasta un valor máximo, pasando por valores intermedios, estas señales nos indican cantidades o valores de las variables físicas que se están adquiriendo o controlando, como son: voltajes, corrientes y frecuencias. Por tratarse entonces de señales que están variando dentro de un rango determinado de valores se les denomina señales analógicas.

Así pues se trabajara con señales lógicas y señales analógicas.

Actualmente la forma de conocer el estado de los elementos de la subestación es mediante microinterruptores conectados mecánicamente a los brazos y palancas de los interruptores y cuchillas que al ser cerrados o abiertos, abren o cierran el microinterruptor y este acciona una lámpara indicadora que es la señalización del estado de nuestro interruptor o cuchilla. Esta pequeña lámpara se encuentra en los gabinetes que están cerca de los transformadores que elevan de 13.8 kV a 115 kV para el paquete 1, y de 13.8 kV a 230 kV para el paquete 2. De dicha lámpara, es de donde se tomará la señal, que pasará a nuestra computadora, estas lámparas trabajan con 110 volts c.d., y este voltaje no es posible llevarlo a computadora, la forma de hacerlo es mediante un divisor de voltaje que nos reduce la señal de 110 volts c.d. a 48 volts c.d. A continuación se muestra el divisor de voltaje utilizado para introducir las señales a las tarjetas Sac de entradas lógicas.



De la fig. tenemos:

$$I_1 = V_1/R_1$$

$$I_2 = V_2/R_2$$

$$I_1 = I_2$$

$$V_1/R_1 = V_2/R_2 \dots\dots\dots 1$$

para  $V_1$  tenemos:

$$V_1 = V_T - V_2$$

$$V_1 = 110\text{ v.} - 48\text{ v.}$$

$$V_1 = 62\text{ v.}$$

dando un valor arbitrario a  $R_1 = 2\text{ Kohms}$

sustituyendo en ec.1 y despejando  $R_1$  tenemos:

$$R_1 = (2\text{ Kohms})(48\text{ v.}) / 62\text{ v.}$$

$$R_1 = 1.5\text{ Kohms.} \quad \text{a } 1/2\text{ watt.}$$

$$R_2 = 2\text{ Kohms.} \quad \text{a } 1/2\text{ Watt.}$$

Por tanto se tuvo el arreglo mostrado en la figura con los valores de las resistencias calculados.

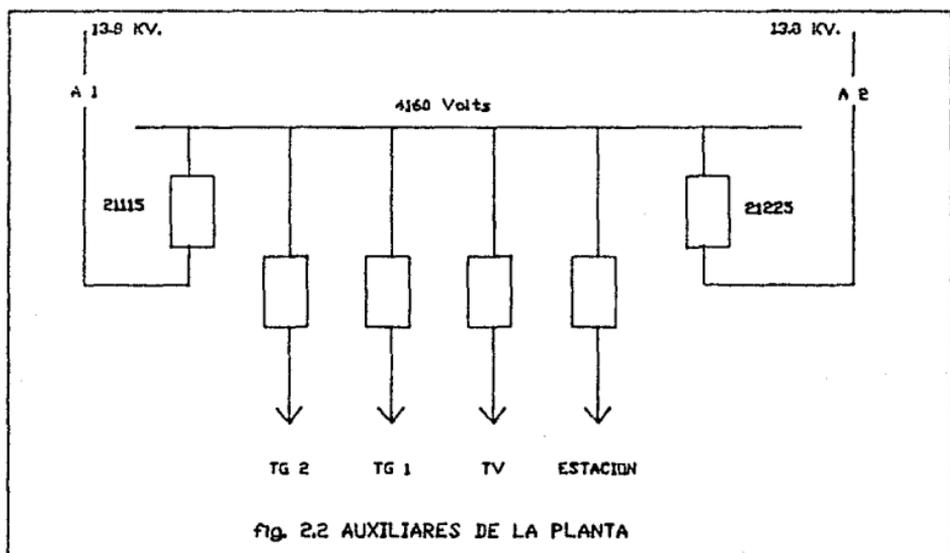
La fig. 2.1 muestra el unifilar de la subestación indicando los elementos a acondicionarse.



### Servicios propios o auxiliares.

La potencia para servicios propios o auxiliares en la planta, se toma en 13.8 kV o sea en el bus de salida de las unidades, pero antes del transformador de potencia donde se eleva a 115 y 230 kV, para transmisión al sistema.

De cada unidad, como se muestra en el unifilar de la subestación, en 13.8 kV se alimenta un transformador de auxiliares A1 y A2 de 10 mVA que reduce el voltaje de 13.8 kV a 4.16 kV en un bus común como se muestra en la figura 2.2



Esto tiene la ventaja de que los auxiliares pueden ser alimentados por dos entradas del sistema, cada una de ellas es capaz de dar la fuerza total necesaria.

La alimentación de la unidad TG-1 a través del interruptor 21115 o principal y en caso de algún problema en este circuito se cambiaría automáticamente a la alimentación de la unidad TG-2, por el interruptor 21225 sin pérdida de auxiliares, estos cambios también pueden hacerse manualmente de uno a otro, de manera que el bus de 4160 Volts, siempre este energizado.

Del bus de auxiliares de 4160 Volts salen cuatro circuitos principales:

- 1.- Alimentación de todos los auxiliares de la TG-2
- 2.- Alimentación de todos los auxiliares de la TG-1
- 3.- Alimentación de todos los auxiliares de la T. Vapor
- 4.- Alimentación de todos los auxiliares comunes de las tres unidades.

De cada una de estas derivaciones, se tiene registrado en el cuarto de control, tanto el voltaje como la corriente consumida por cada uno de estas derivaciones y las cuales también serán acondicionadas e introducidas al nuevo sistema.

#### Gabinetes y ductos de alambrado

La distribución del alambrado tanto de los servicios auxiliares como de las señales de medición y control se hace a través de gabinetes que se encuentran cerca de cada elemento eléctrico a registrar. Dentro de estos gabinetes existen tabillitas y conectores, las cuales por una parte

tienen la conexión al elemento físico a medir y por la otra la salida al instrumento de medición o llegan hasta el cuarto de control donde se registrarán. Dentro de cada gabinete existen varios conectores, pero cada conector lleva exclusivamente señales lógicas ó analógicas, a la salida de los gabinetes se encuentran los ductos que comunican hasta el cuarto de control, y viceversa, la forma en que se encuentran localizadas estas cajas en campo es en forma simétrica para las dos turbinas de gas. Y para la turbina de vapor, como cuenta con elementos diferentes, se tiene un arreglo parecido a las turbinas de gas, pero a la vez las tres turbinas en conjunto, son idénticas a las otras tres del otro paquete. La figura 2.3 muestra la distribución de estos ductos y gabinetes de un paquete.

## 2.2 Area de Campo

### Campo y Bocatoma

Como se menciona en el capítulo 1, la central cuenta con dos paquetes idénticos entre sí, por lo que trabajando o describiendo uno, el otro será exactamente el mismo.

El área de campo comprende desde la bocatoma que es donde se encuentran las bombas de agua de alimentación en el río Cotaxtla, hasta llegar al cuarto de control, es decir toda la planta excepto las dos salas de control, de las cuales existe una para cada paquete. Las turbinas de gas son idénticas entre sí, por lo tanto describiendo una se abarcara a su vez la otra.

En campo, las mediciones eléctricas son de la forma

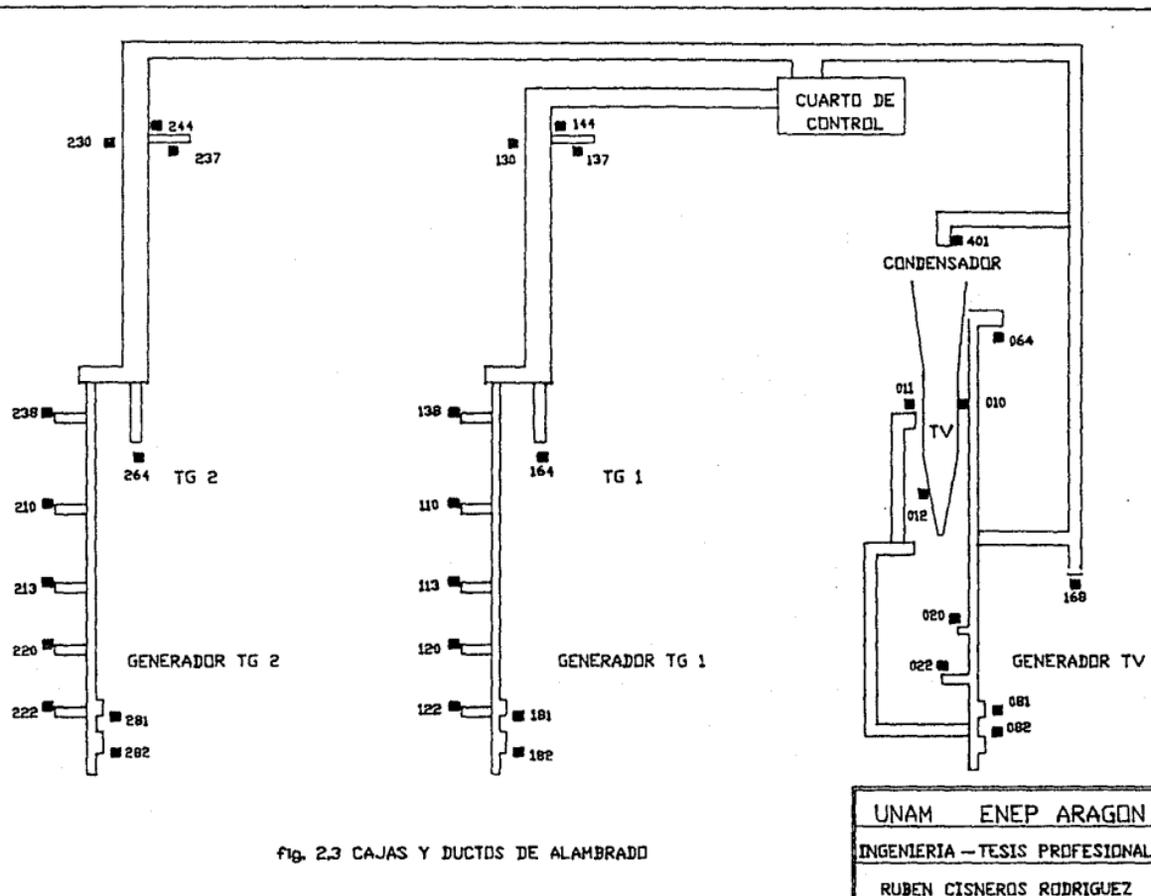


fig. 2.3 CAJAS Y DUCTOS DE ALAMBRADO

convencional por instrumentos analógicos que se encuentran cerca de nuestro elemento físico a adquirir o controlar. Y algunas señales son llevadas al cuarto de control. Es en esta área donde se realiza todo el proceso de generación de energía eléctrica. La fig 2.4 muestra el área de campo de toda la planta.

#### Turbina de gas 1 y 2.

En campo existen instrumentos de medición que registran las variables del proceso de la turbina, entre estas variables encontramos: el flujo de gas que entra a la turbina, la presión que existe en estos ductos, la temperatura del gas, o en el caso de que se este utilizando Diesel, las mismas mediciones, el flujo del aire que entra al compresor, la temperatura de los gases de escape. Cabe hacer mención que estas señales no son llevadas al cuarto de control -que se describirá más adelante- pero que es necesario llevarlas hasta ese sitio y existen algunas que se registran tanto en campo, como en cuarto de control.

Las mediciones y controles de estas variables se hacen de la forma convencional con instrumentos e indicadores analógicos, válvulas accionadas en forma manual, y en este tipo de instrumentos y controles solo interviene el control manual.

#### Turbina de Vapor.

Las mediciones y controles mas importantes de esta turbina en el área de campo, son referentes al vapor que sale

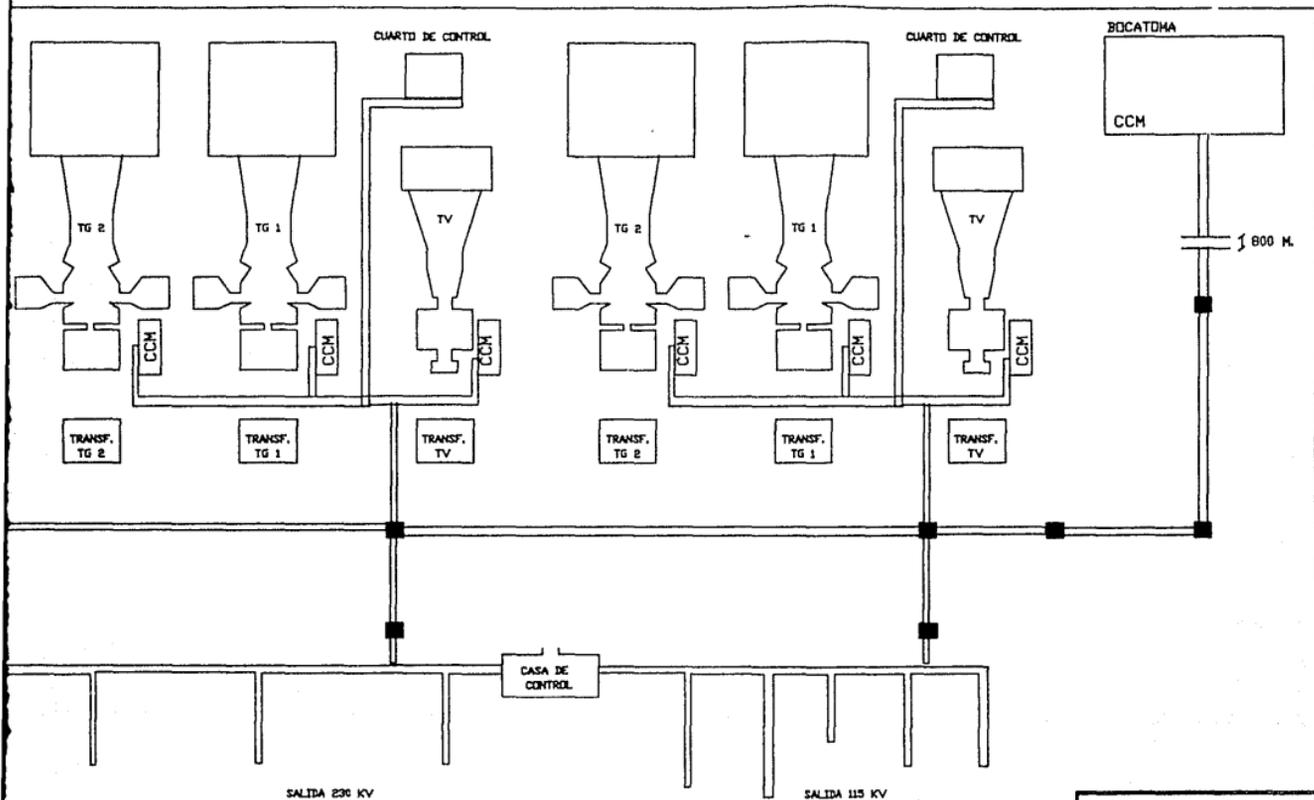


Fig. 2.4 AREA DE CAMPO

UNAM ENEP ARAGON  
 INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL  
 RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

de la caldera y que entra a la turbina, ya que por ser la fuerza de esta, es el flujo mas importante. Se registrara el flujo del vapor, que es ya por la alta temperatura, completamente gas. La temperatura de salida de este de la caldera, el flujo del vapor al condensador, y señales de este tipo. Con lo que respecta a señales eléctricas que pasarán a formar parte del nuevo sistema , tenemos entre otras para la turbina de vapor las siguientes: Suministro eléctrico a tablero de control de la turbina, Interruptor principal del generador, Interruptor general del campo del generador, regulador de voltaje automático, Megawatts de generación, velocidad de sincronismo, estado de velocidad. Estas señales son logicas y pertenecen al subsistema de control mostrado en la fig. 1.6. Algunas de estas señales ya estan acondicionadas y su valor es compatible con la línea Sac, de aqui que solamente se tendra que hacer el alambrado correspondiente desde donde se encuentra actualmente controlando esta señal hasta el nuevo Sistema de Control Distribuido.

### 2.3 Cuarto de control.

#### B.T.G.

En el cuarto de control se encuentran aislados los gabinetes que registrán algunas señales del área de campo ya que algunas otras se adquieren fuera de este cerca de los elementos físicos a medir, es aqui donde se concentrán los

nuevos dispositivos de adquisición y control del sistema, y que adquirirá la mayoría de las señales existentes en campo y algunas las controlara, contamos con alrededor de 1,534 señales las cuales pertenecen a los dos paquetes y para poder identificarlas se les ha asignado aparte de su nombre, un código que consta de seis dígitos para cada una, esto es de la siguiente manera:

1er dígito puede ser

- 1,2,6,7 ; 1 pertenece a TG1 ó recuperador de calor 1
- 2 pertenece a TG2 ó recuperador de calor 2
- 3 pertenece a TV ó condensador
- 7 pertenece a cuarto de control y general.

El 2o. dígito puede ser

- L Es una señal lógica
- S Es una señal del secuenciador
- V Es una señal analógica

El 3er. dígito puede ser

- 1 Pertenece a Turbina de gas 1
- 2 Pertenece a Turbina de gas 2
- 3 Pertenece a turbina de Vapor y condensador
- 4 Pertenece a recuperador de calor 1
- 5 Pertenece a recuperador de calor 2
- 6 Cuarto de control

Los 3 últimos dígitos son números que indican el orden de las señales, dentro de cada grupo independiente, puede ser una T.G. 1, T.G. 2 etc. Dentro del cuarto de control existen seis gabinetes que se consideran entre los más importantes de

los cuarenta existentes, estos son del 380 al 385 que en conjunto son llamados BTG ( Burner-Turbine-Generator ) Caldera-Turbina-Generador, su importancia radica en que desde estos seis gabinetes se puede controlar el arranque y paro de las turbinas, fijar una carga de Megawatts y que los generadores la satisfagan. Son los unicos gabinetes en los cuales se va ha tener control sobre los elementos fisicos de el area de campo, en este se puede disparar y restablecer elementos.

Entre las señales eléctricas que llegan al BTG tenemos las siguientes:

- Kilovolts de generación
- Corriente de Generación
- Megawatts de Generación
- Megavars de Generación
- Voltaje de la planta
- Voltaje del sistema
- Interruptor del generador

Así como las señales del secuenciador de encendido de las Turbinas de Gas, y los gabinetes reguladores de voltaje los cuales se encargan de que el voltaje a la salida de los generadores, sea 13.8 kV, existe un gabinete para cada generador el 024 para Turbina de Vapor (TV) el 124 para Turbina de gas 1 (TG 1) y el 224 para Turbina de gas 2 (TG 2).

Gabinetes analógicos.

Los gabinetes de señales analógicas son 8, del 363 al

370 y el 394 distribuidos de la siguiente forma:

364 y 385 para recuperador de calor 2

366 para TG 2

367 para TG 1

368 y 389 para recuperador de calor 1

370 para TV

394 para el pozo caliente

Estos gabinetes realizan el control Analógico de señales que es el tercer nivel de control de la planta, asimismo están interconectados al BTG hacia donde mandan y reciben señales.

#### Gabinetes digitales.

Los gabinetes que registran las señales lógicas son del 371 al 378, por ellos llegan y se procesan internamente las señales y llegan hasta el BTG, asimismo salen hacia campo las que son de control.

#### Gabinetes de secuenciador.

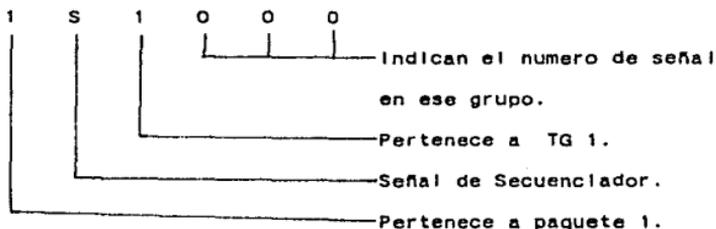
El arranque de la turbina de gas, necesita cumplir con ciertas condiciones (señales) para poder accionar partiendo de un estado inicial en cero, hasta llegar al funcionamiento completo de la turbina.

El secuenciador es el encargado de registrar cada una de estas señales o cambios durante el arranque de la turbina y deben de ser en forma secuencial, es decir no puede ocurrir una sin que antes haya accionado la anterior, entre las 127 señales que necesita la turbina de gas para arrancar,

contamos con las siguientes:

- Encendido dispositivo de arranque	1S1077
- Presión de cámara de combustión	1S1125
- Presión en el sistema de sobrevelocidad normal	1S1127
- Apertura válvula de combustible	1S1038
- Detección de flama	1S1051
- Aceleración crítica	1S1126
- Dispositivo de arranque fuera	1S1078
- Cierre valvulas extracción compresor	1S1129
- Cierre del interruptor de excitación	1S1069
- Cierre del interruptor del generador	1S1073
- Disparo de la turbina de gas	1S1086

La identificación anterior significa:



Todo esto lleva alrededor de 20.55 minutos y se registra y controla en el gabinete 383 correspondiente al secuenciador de la TG 1 y 2.

Gabinetes via.

Su función es recibir las señales directamente de campo, alojaria en los conectores y tabillas y continuaria hacia los gabinetes de proceso, que pueden ser los analógicos,

lógicos, reguladores de voltaje ó de protecciones. No todas las señales pasan por gabinetes vía, algunas llegan directamente a su gabinete final, al pasar por vía, no se les adiciona ni reduce nada a las señales, únicamente se utilizan como paso. A continuación se muestra en la fig. 2.5 la distribución de los gabinetes dentro del cuarto de control.

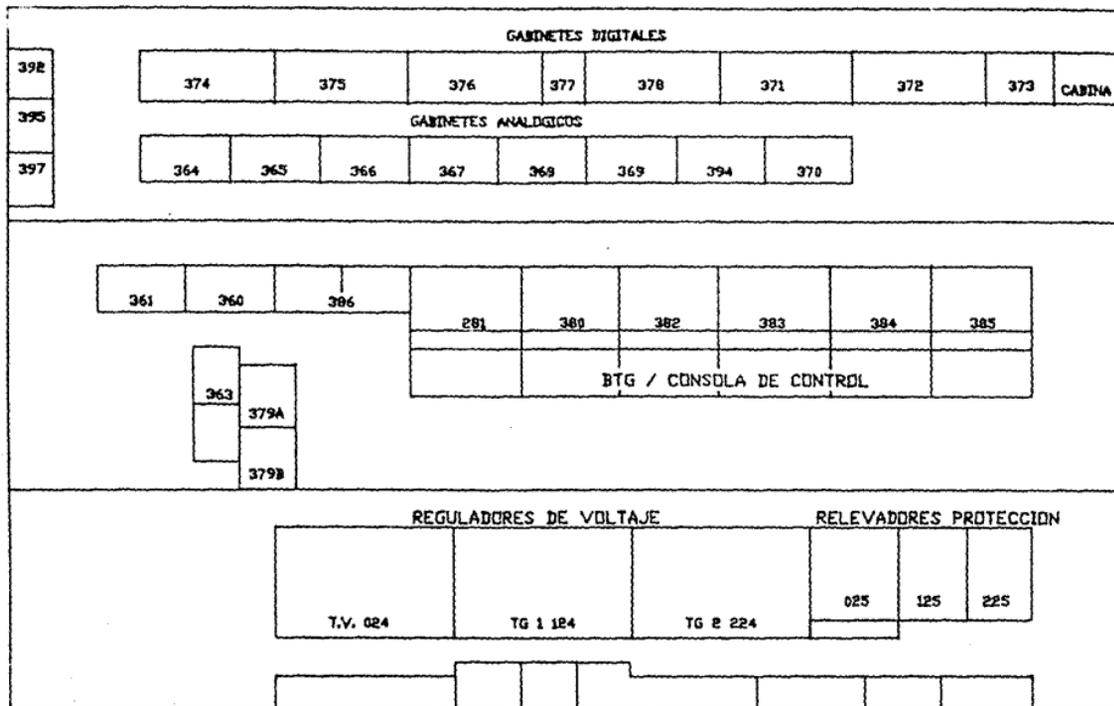


fig. 2.5 CUARTO DE CONTROL

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

### 3 ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES ELECTRICAS

#### 3.1 Transductores eléctricos.

##### 3.1.1 Definición de Transductor.

Debido a que las señales que deben ser registradas en la computadora principal, no pueden ser tomadas o medidas directamente de nuestro elemento físico, porque se trata de altos voltajes y grandes corrientes, es necesario e imprescindible transformarlos a valores adecuados que pueda manejar nuestra computadora principal, es decir valores de miliamperes y/o volts; y esto se logra mediante dispositivos llamados transductores eléctricos. En este capítulo nos ocuparemos de los transductores y de las señales acondicionadas haciendo uso de estos.

En su sentido más general, un transductor es un elemento que recibe una variable cualquiera y produce una salida cuyo valor se relaciona con el de la entrada, según alguna regla específica de conversión; en la mayoría de los casos, el valor de la salida es directamente proporcional al valor de la entrada.

Un transductor eléctrico recibe una señal analógica eléctrica de corriente alterna -como corriente, voltaje, potencia activa o reactiva, frecuencia-, y produce una salida de corriente directa de magnitud directamente proporcional al valor de la entrada.

### 3.1.2 Alimentación eléctrica.

Todos los transductores requieren energía eléctrica para alimentar los circuitos que los forman; atendiendo a esta característica los transductores pueden ser autoalimentados o de alimentación externa.

Los transductores autoalimentados son aquellos en que la energía eléctrica necesaria la proporciona la misma variable de entrada.

Al emplear transductores autoalimentados debe considerarse que, funcionando la variable de entrada como tal y como alimentación del aparato, se establece necesariamente un intervalo de variación para la misma, con el propósito de garantizar el valor mínimo que el transductor requiere para operar con corrección. Esta situación no se presenta al emplear transductores de alimentación externa, en los que la variable de entrada puede adquirir valores inferiores, aún el cero, y en los que se garantiza que la señal de salida producida, será de magnitud proporcional a la entrada.

Un aspecto importante para decidir si se utilizarán transductores autoalimentados es el tipo de señal de salida que se empleará; en algunos transductores, el hecho de que el cero en la variable de entrada no corresponde a un cero en la variable de salida - por ejemplo en el caso de los transductores de las señales de corriente, que su salida es en el rango de 4-20 mA obliga a recurrir al tipo de alimentación externa.

### 3.1.3 Señales de salida.

Las señales de salida en CD pueden ser de corriente o de voltaje. Las salidas de corriente son de miliamperes y pueden alcanzar valores de plena escala entre 4-20 mA; las salidas de voltaje son de volts en el rango de 0-10 volts.

Como se ha mencionado el intervalo de corriente del cual dispondremos a la salida de nuestro transductor es el de 4-20 mA, en los que el cero de la variable de entrada produce 4 mA de salida y el valor de plena escala en la entrada produce 20 mA de salida; los valores intermedios en la entrada producen un valor proporcional en la salida, esto se observa en la fig. 3.1.

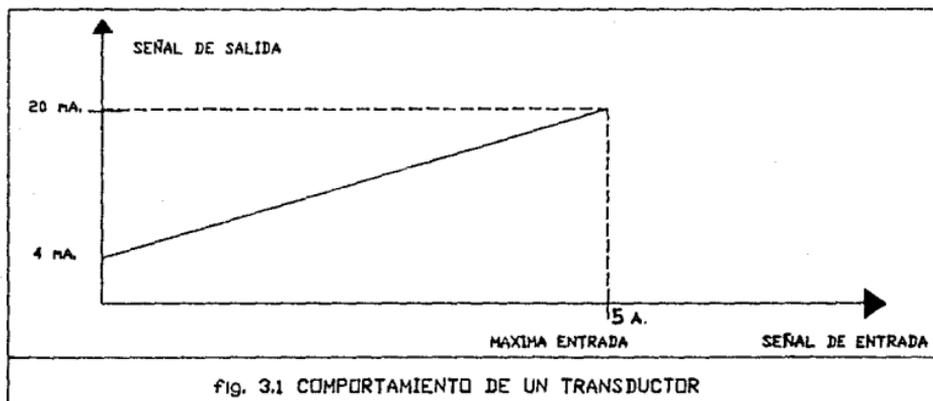


fig. 3.1 COMPORTAMIENTO DE UN TRANSDUCTOR

La señal de salida de 4-20 mA ofrece la ventaja de que una falla en la alimentación al transductor puede detectarse de inmediato, ya que produce 0 mA de salida, lo que es una situación anormal. En un transductor con límite inferior en la salida de 0 mA, esta situación de falla se confunde con una variable de entrada de valor cero. Es debido a estas ventajas que ofrece este rango que se decidió por su empleo en nuestras señales.

#### 3.1.4 Precisión de un transductor

Como todo instrumento, un transductor tiene un margen de error para producir su señal de salida, este se establece como la precisión del transductor y lo indica el porcentaje del valor de plena escala que puede esperarse como error máximo en su señal de salida.

La precisión que tienen, en general, los transductores eléctricos varía de 0.1 a 0.5 por ciento del valor de plena escala.

Normalmente la precisión de un transductor se mantiene aún con variables de entrada de magnitud superior al valor de plena escala; por ejemplo, un transductor de corriente con entrada de 0-5 Amperes mantiene su precisión nominal con corrientes de hasta 7.5 A., y uno de voltaje de 0-150 volts de entrada hace lo mismo con tensiones de hasta 200 volts.

### 3.2 Señales a acondicionar.

#### 3.2.1 Señales de corriente.

Las señales de corriente que se acondicionarán, serán las correspondientes a los motores principales de la planta, esto será solamente la adquisición de la señal. En este caso se trabajará con señales analógicas ya que estarán variando en un cierto rango.

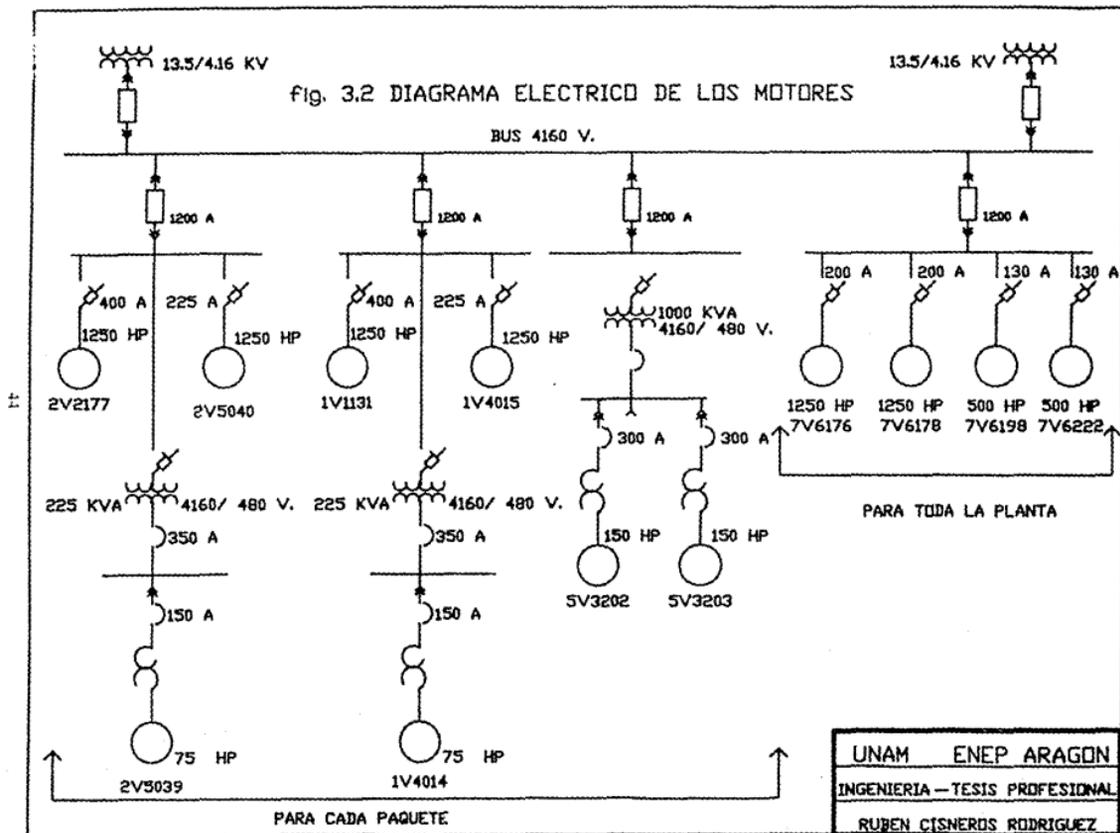
En la fig. 3.2 ( ver fig. 2.4) se muestran entre otros, los motores principales de un paquete, y les corresponde la señal:

- 1V1131 CORRIENTE MOTOR ARRANQUE T.G. 1
- 1V4014 CORRIENTE MOTOR BBA. CIRCULACION ALTA PRESION T.G. 1
- 1V4015 CORRIENTE MOTOR BBA. AGUA ALIMENTACION T.G. 1
- 2V2177 CORRIENTE MOTOR ARRANQUE T.G. 2
- 2V5039 CORRIENTE MOTOR BBA. CIRCULACION ALTA PRESION T.G. 2
- 2V5040 CORRIENTE MOTOR BBA. AGUA ALIMENTACION T.G. 2
- 5V3202 CORRIENTE BOMBA DE CONDENSADO 1
- 5V3203 CORRIENTE BOMBA DE CONDENSADO 2.

Como se tienen dos paquetes, en total serán 16 acondicionadores, 8 por cada paquete.

Se tienen además 4 motores que dan servicio a la planta y que pertenecen a la Bocatoma, también se acondicionara su corriente consumida y se llevará hasta el cuarto de control, estos motores se muestran en la fig. 3.2 y son los siguientes:

- 7V6176 CORRIENTE BOMBA AGUA DE CIRCULACION 1



- 7V6178 CORRIENTE BOMBA AGUA DE CIRCULACION 2
- 7V6198 CORRIENTE BBA. AGUA DE CTO. CERRADO 1
- 7V6222 CORRIENTE BBA. AGUA DE CTO. CERRADO 2

Se trabajará entonces con 16 motores de las turbinas y 4 de la Bocatoma, siendo un total de 20 motores y por lo tanto 20 transductores.

Actualmente se tiene un registro de todas estas corrientes, pero es de la forma convencional con amperímetros analógicos, los que serán sustituidos por el nuevo sistema. Se observa que se trata de la corriente consumida por motores trifásicos de gran potencia y tienen a la salida de los transformadores de corriente la conexión de la fig. 3.3

En la cual en los puntos X e Y es donde se toma la señal que entrara a nuestro transductor conectado en paralelo al amperímetro existente. Como la conexión es de un TC, tendremos un intervalo de nuestra señal de entrada de 0-5 Amperes y nos producirá a la salida 4-20 mA, que será directamente proporcional a su entrada.

Se siguió el mismo sistema para cada uno de los 20 motores y se muestra con línea punteada la conexión del transductor a la salida del transformador de corriente, en la parte superior de la fig. 3.3.

### 3.2.2 Señales de frecuencia.

Para poder acoplar dos o más sistemas generadores de corriente alterna es necesario cumplir con tres características comunes entre ellos, y son las siguientes:

- Igual voltaje

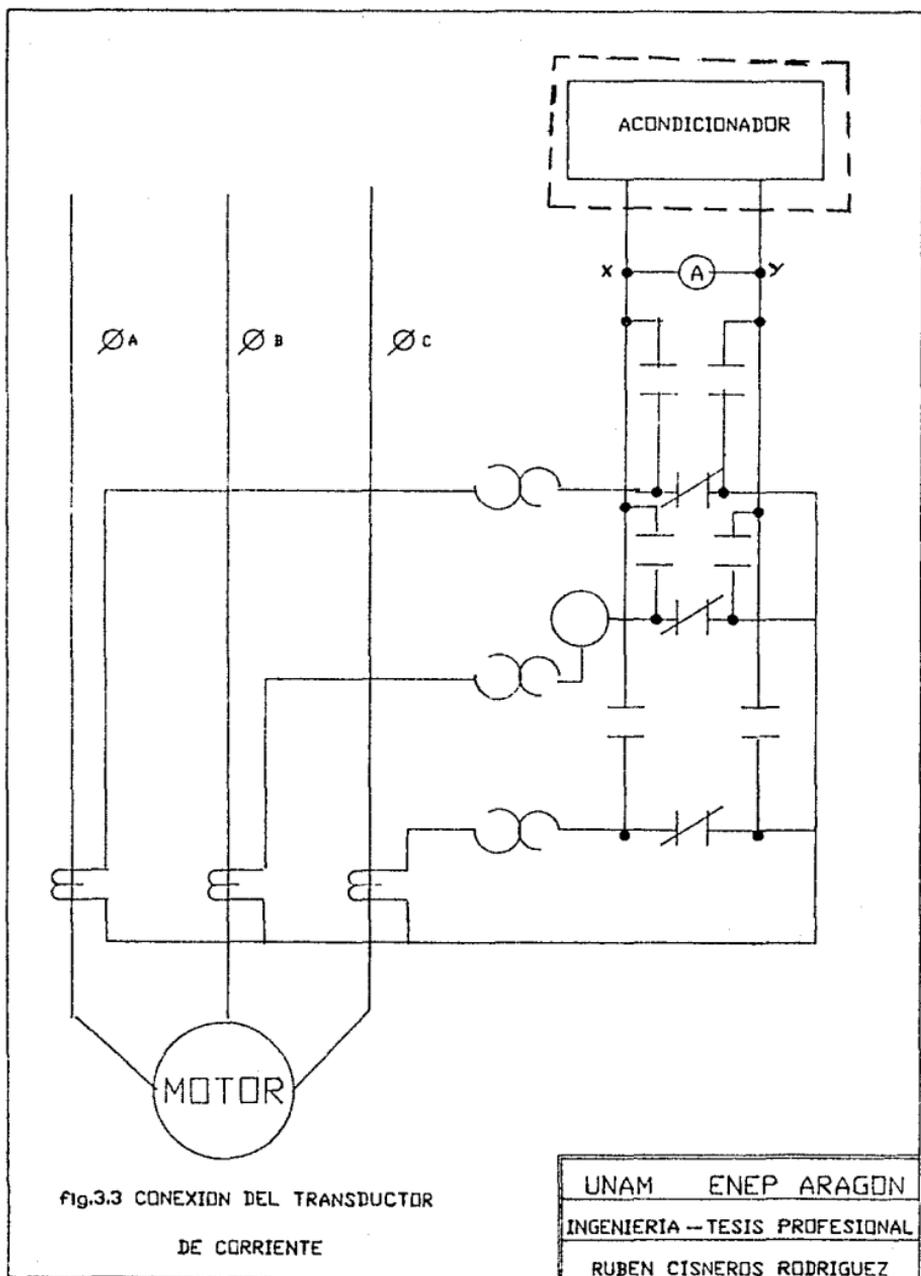


fig.3.3 CONEXION DEL TRANSDUCTOR  
DE CORRIENTE

UNAM	ENEP	ARAGON
INGENIERIA -- TESIS PROFESIONAL		
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ		

- Igual secuencia de fases
- Igual frecuencia

Existen seis generadores en la planta, los cuales son independientes en la frecuencia del voltaje de generación, que es necesario que sea la misma para los seis generadores y a su vez igual a la frecuencia de la línea a la que se van a conectar y que es de 60 ciclos por segundo.

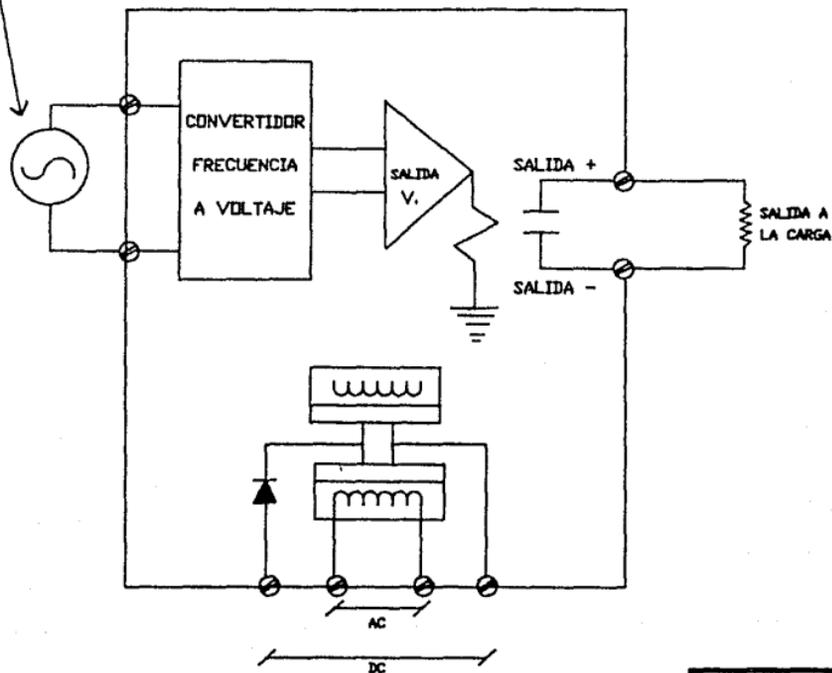
Por lo anterior es necesario acondicionar y llevar a la computadora las señales de frecuencia siguientes:

- Frecuencia de generación de la turbina de gas 1
- Frecuencia de generación de la turbina de gas 2
- Frecuencia de generación de la turbina de Vapor
- Frecuencia de la línea

Al igual que con las señales de corriente la planta cuenta ya con frecuencímetros analógicos, y servirán de respaldo para el nuevo sistema de medición, el cual consta de un transductor con un claro "span" de 10 Hz. (55-65 Hz.) y con salida de 0-10 volts, estas características significan que con 55 Hz. en la entrada, la salida sera de 0 volts y con 65 Hz. la salida sera de 10 volts, siendo proporcional la salida al claro de 10 Hz, puede observarse que con la frecuencia central de 60 Hz la salida sera de 5 volts.

La entrada al nuevo transductor sera la misma que para nuestro frecuencímetro que vamos a sustituir, la cual es tomada de la fase A y B de la línea de los servicios propios de la planta. La fig. 3.4 muestra la conexión del transductor de frecuencia.

FUENTE DE LA SEÑAL



FUENTE DE ALIMENTACION AC/DC

Fig. 3.4 FUNCIONAMIENTO DEL ACONDICIONADOR DE FRECUENCIA

UNAM ENEP ARAGON

INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL

RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

Analisis del funcionamiento de los convertidores de frecuencia.

Los convertidores de frecuencia tienen un rango de entrada de 10 Hz. y un rango de salida de 10 Volts. Por lo que se ve que se tiene una correspondencia de uno a uno, es decir a 1 Hz. de variación en la entrada, le corresponde 1 Volt a la salida. Entonces el retraso de tiempo que sufre la señal de salida sobre la entrada es despreciable, ya que se tratan de señales de adquisición. Además el mismo tiempo de respuesta del instrumento es de 2 segundos, esto es porque solo que exista una variación en la frecuencia mayor de ese tiempo, es cuando es importante detectarla. Una expresión que nos muestra el comportamiento de los convertidores es la siguiente:

$$S_s = \frac{V_i - V_m}{R_e} \times R_s$$

donde: Ss. Señal de salida.

Vm. Valor mínimo de calibración del instrumento.

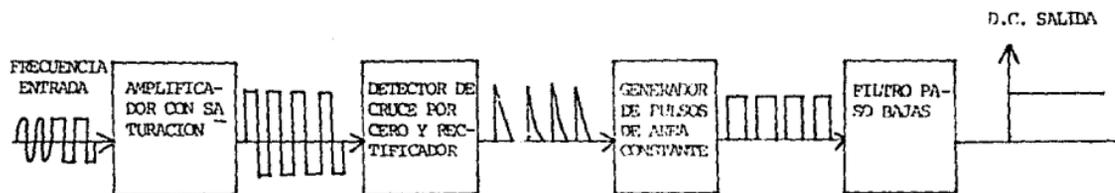
Vi. Valor de entrada al instrumento.

Re. Rango de entrada.

Rs. Rango de salida.

En la página siguiente se muestra la conversión de frecuencia a voltaje de C.D. que es la manera en que lo hacen los convertidores utilizados.

# CONVERTIDOR DE FRECUENCIA A VOLTAJE



### 3.3 Transductores y acondicionadores utilizados.

#### 3.3.1 Localización en campo.

La instalación de los transductores es necesario hacerla lo mas cerca posible de nuestro elemento físico a medir o registrar, ya que esto nos proporciona ventajas, en tanto a su instalación, forma de conexión y mantenimiento.

Los acondicionadores de corriente, su objetivo es registrar el amperaje consumido por los motores de las bombas y se encontrarán cerca de ellos en el centro de control de motores (c.c.m.), esto es en donde se encuentra el circuito de control y protección de cada motor, cabe señalar que en el c.c.m. se controla uno o mas motores y por lo tanto tendremos en algunas ocasiones varios transductores en un solo c.c.m., así pues los transductores de corriente se encontrarán dentro del c.c.m. correspondiente al motor al que estan conectados.

Los acondicionadores de frecuencia estarán dentro del cuarto de control en los gabinetes 025, 125 y 225 (ver fig. 2.5) correspondientes a la turbina de vapor y a las turbinas de gas 1 y 2 respectivamente, a estos gabinetes entre otras señales, llegan las de frecuencia, sin acondicionar ya que son tomadas de la línea de alimentación. En estos gabinetes también se encuentra el acondicionador de frecuencia de la línea.

#### 3.2 Características de los transductores.

Se realizo una comparación de los acondicionadores

existentes en el mercado para elegir el que mejor se adaptará a las necesidades del proyecto, esta tabulación técnica se muestra a continuación, en las dos hojas siguientes. Se tiene la tabulación para los dos tipos de transductores: de corriente y de frecuencia. Y se señala cual fue el que se adquirió, ya que cumple con todas las características deseadas.

Los acondicionadores de corriente, son transductores marca MOORE que aceptan entradas de 0 a 5 Amperes C.A., derivadas de algún transformador de corriente, y su capacidad de sobrecarga es de hasta 35 Amperes durante 30 segundos, que es tiempo mucho más que suficiente, para que entren en operación los dispositivos de protección e interrumpir el suministro, cuenta con dos ajustes: uno para el valor de salida cuando es a plena escala, y otro para cuando el valor de entrada es cero. Su salida se encuentra en el rango de 4-20 mA. que es directamente proporcional a la entrada, esto con una carga conectada no menor de 1200 ohms. La temperatura de trabajo es de 29 a 82 grados centígrados. Su fuente de alimentación externa puede ser de A.C. o D.C. pero no ambas y debe proporcionar 117 volts. Su peso es de 900 gr., y sus dimensiones: 186 x 78.2 x 108 mm.

Los acondicionadores de frecuencia, son tarjetas electrónicas marca RONAN, que realizan la interface entre dos señales, una de frecuencia que es la entrada a la tarjeta y otra de voltaje o corriente que es su salida, en este tipo de acondicionadores, nuestra señal de frecuencia puede ser: un tren de pulsos, una onda senoidal, cuadrada o triangular y

CLIENTE CFEPROYECTO 2223

TABULACION TECNICA DE:

LOCALIZACION VERACRUZ

TRANSFORMADORES DE

PLANTA DOS BOCAS

REQ

CORRIENTE

N° ESPEC.

DESCRIPCION	PROVEEDOR	ESPECIFICACION	A		B		C		D		E		F		G		H	
			CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
TRADA		0-5 AMPERES	0-5 AMPERES	SI	0-5 AMPERES	SI	0-5 A	SI										
TRADA		4-20 mA DC	4-20 mA DC	SI	4-20 mA DC	SI	4-20 mA DC	SI										
INSTALACION		117 VAC	117 VAC	NO	117 VAC	SI	115-120 VAC	SI										
ACCION		0-0.5A	0-0.5A	SI	0-0.5A	SI	0-0.5A	SI										
BO DE CUBIERTA		CORRIENTE	CORRIENTE	SI	CORRIENTE	SI	CORRIENTE	SI										
RETE		EN COMPO	EN COMETA	NO	EN COMPO	SI	EN COMPO	SI										
NO INSTRUMENTO		STD. FABRICANTE	0-5 AMP.	SI	0-5 AMP.	SI	0-25 A	SI										
NO CALIBRADO		0-5 AMP	0-5 AMP.	SI	0-5 AMP	SI	0-5 A	SI										
REPLICIDAD		± 0.05%	± 0.05%	SI	± 0.03%	SI	?	NO										
REPLICIDAD		± 0.1%	± 0.1%	SI	± 0.10%	SI	?	NO										
PRECISION DEL		MEJOR DE 1.5%	MEJOR DE 1.5%	SI	MEJOR DE 1.5%	SI	?	NO										
REPLICIDAD		± 1 AMP.	?	NO	± 0.05 A	SI	?	NO										
ALIBRACION		CERO/SBAN	CERO/SBAN	SI	CERO/SBAN	SI	CERO/SBAN	SI										
REPLICIDAD		26	26	SI	26	SI	26	SI										
BO DE CUBIERTA		PARA GABINETE	SOM CUBIERTA	NO	PARA GABINETE	SI	PARA GABINETE	SI										
TRADA		STD. FABRICANTE	0-1-600	SI	0-5A/1-20MA	SI	0-5A	SI										



TUTO DE  
STIGACIONES  
TRIKAS  
CN ESTUDIOS DE  
NIERIA

CLIENTE CIE

PROYECTO 2223

TABULACION  
TECNICA DE:

LOCALIZACION YERACRUEN

TRANSDUCTORES DE  
FRECUENCIA

PLANTA DOS LOCAS

REQ

Nº ESPEC.

PROVEEDOR CION	ESPECIFICA- CION	A		B		C		D		REV	DESCRIPCION	HECHO POR	REV POR
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE				
	107.150	1-100.150	SI	1-100.150	NO	100.150	NO						
	0-11.150	0-10.150	SI	0-10.150	SI	0-10.150	SI						
	24-18.150	24.150	SI	24.150	SI	24.150	SI						
	1-0.150	1-0.150	SI	1-0.150	SI	1-0.150	SI						
CONDICION	FRECUENCIA	FRECUENCIA	SI	FRECUENCIA	SI	FRECUENCIA	SI						
	EN CUBIERTA	EN CUBIERTA	SI	EN CUBIERTA	NO	EN CUBIERTA	SI						
STRUCRHO	SEN EMPUBICANT	SEN-10.150	SI	SEN-10.150	SI	SEN-10.150	SI						
	55-55 Hz	55-55 Hz	SI	55-55 Hz	SI	55-55 Hz	SI						
	1-0.150	1-0.150	SI	1-0.150	SI	1-0.150	SI						
	1-0.150	1-0.150	SI	1-0.150	SI	1-0.150	SI						
CON RES	MEMBR DE IND	MEMBR DE IND	SI	MEMBR DE IND	NO	MEMBR DE IND	SI						
	0-1.150	0-1.150	SI	0-1.150	SI	0-1.150	SI						
	SEN/SEN	SEN/SEN	SI	SEN/SEN	SI	SEN/SEN	SI						
	9	9	SI	9	SI	9	SI						
CUBIERTA	SIN CUBIERTA	SIN CUBIERTA	SI	SIN CUBIERTA	NO	SIN CUBIERTA	SI						
	SEN EMPUBICANT	SEN-10.150	SI	SEN-10.150	SI	SEN-10.150	SI						

tendremos a la salida un voltaje. En nuestro caso, por tratarse de la frecuencia de un voltaje, se trabajara con una señal senoidal.

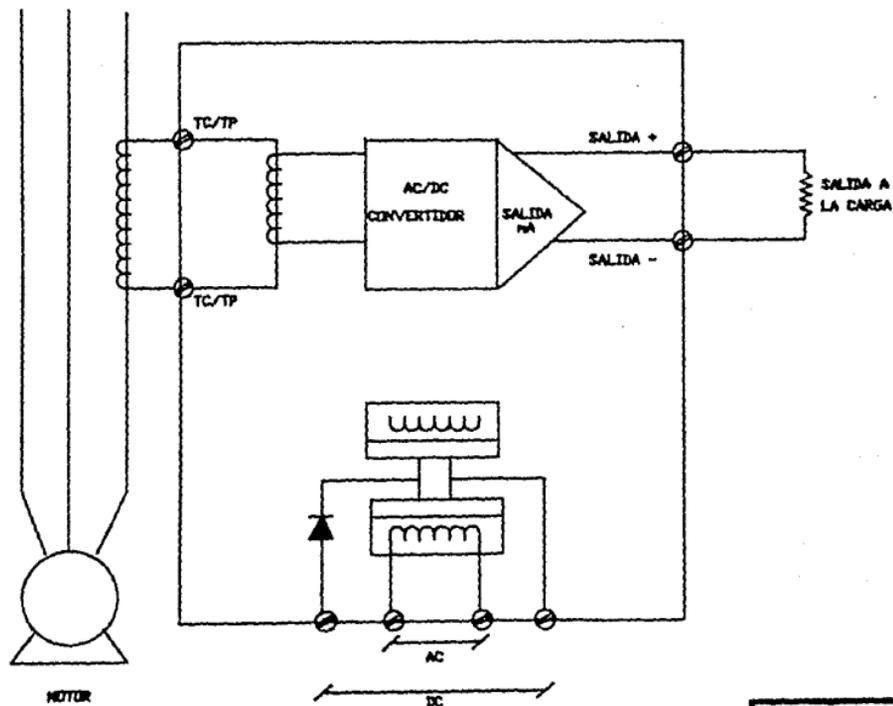
El rango de frecuencia de nuestra tarjeta en la entrada es de 30 Hz. a 10 KHz., el rango de voltaje también de entrada 0-200 Volts. Para nuestras señales, tendremos una salida en el rango de 0-10 Volts DC, con una resistencia de salida de 600 ohms, el tiempo de respuesta para nuestra frecuencia manejada (80 Hz), es de 2 segundos, tiene un ajuste a cero y otro para ajustar el valor de salida. Opera entre -5 y 80 grados Centigrados, requiere de una fuente de alimentación externa de 24 V. D.C., su consumo de energía es de aproximadamente 1.5 Watts.

### 3.3 FORMA DE CONEXION

Los transductores de corriente se conectan de la forma en que se muestra en la fig. 3.5, estos quedarón en el centro de control de motores (CCM), correspondiente al motor con el que trabajarán. El ccm de cada motor se muestra en la fig. 2.4.

Las tarjetas RONAN convertidoras de frecuencia, quedarón instaladas dentro del cuarto de control, en los gabinetes 026, 126 y 226 (ver fig. 2.5). En estos acondicionadores, es posible hacer su conexión de dos formas. Una de ellas, la cual es la que se utilizó es montandolas en una canasta (que ya existia en planta), e introducir tanto la polarización como las señales de salida por la parte de atras de la misma

FUENTE DE LA SEÑAL.



FUENTE DE ALIMENTACION AC/DC

Fig 3.5 CONEXION DE UN ACONDICIONADOR DE CORRIENTE

UNAM ENEP ARAGON

INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL

RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

canasta, esto es cuando la tarjeta se instala definitivamente.

La otra manera de conectar los convertidores de frecuencia es para hacerle pruebas y efectuar la calibración de la misma, las conexiones se hacen por la parte frontal del aparato, que tiene indicado los puntos de alimentación, señal de entrada y señal de salida. Esta conexión por lo general es provisional.

## 4 UNIDAD DE TRANSMISION REMOTA

### 4.1 Descripción general.

#### Introducción.

Una unidad de transmisión remota (UTR) ha sido desarrollada por el IIE en base a la tecnología de microprocesadores, en tal forma que se ha obtenido un producto de alta calidad, gran flexibilidad y costo competitivo.

Esta unidad, ha sido muy utilizada en diferentes campos, especialmente en aquellos que incluyen el sector de servicios (energía eléctrica, agua potable, drenaje, sistema de transporte colectivo, canales de riego, etc.), es decir en aquellos sistemas en los cuales se requiere obtener información de algunas variables del sistema y ejecutar acciones de control en el mismo, en puntos muy remotos entre sí. Dichas mediciones y controles se deben efectuar en un lapso de tiempo que puede variar, según el sistema, de fracciones de segundo a horas. Tal es el caso de la red eléctrica nacional, en la que es indispensable conocer la relación entre la generación de energía y su demanda, para poder garantizar esta última. Así si una planta generadora sufre un desperfecto es necesario efectuar una serie de maniobras que permitan mantener la provisión de energía eléctrica en las regiones afectadas, prevenir otras fallas

causadas por el desperfecto, y proceder a su reparación.

Para esto se utiliza, cada vez más un sistema automático de control jerárquico, que se ilustra en la fig. 4.1, en el que una computadora lo mantiene en un punto de operación óptimo (dentro del rango posible). Pero para hacerlo requiere de datos de todo el sistema; o sea, en el caso de la red eléctrica precisa datos de toda la red la que a su vez está distribuida en toda la República. Para esto hace uso de unidades terminales remotas, que se localizan en los lugares donde se requieran datos y donde se pueden ejecutar acciones de control (en nuestro caso, la subestación de la central termoeléctrica).

La UTR son pues los "ojos" y "manos" del computador maestro, y como tales deben:

- a) Poder comunicarse con el computador maestro.
- b) Adquirir los datos que este requiere
- c) Efectuar las acciones que le comande.
- d) Resistir las condiciones ambientales del lugar en que opera.

#### 4.1.1 La comunicación.

Dada la lejanía de las UTR, estas se deben telecomunicar con el computador maestro a través de pares de hilos (cable telefónico, coaxial, etc.) u otro medio (microondas, satélite, radio), pero definitivamente en forma muy confiable, lo cual generalmente se logra con una comunicación digital tipo serie en la que se agregan códigos de error,

redundancia en la transmisión y cualquier otro medio que reduzca al mínimo una comunicación incorrecta. El problema de la comunicación digital ha sido muy estudiado y ha establecido patrones bien definidos de "bloques" de información. debido al costo asociado a la telecomunicación, es común que varias UTR compartan un mismo canal, por lo que el protocolo de comunicación debe incluir información que le permita a una UTR discriminar si la transmisión es para ella o no.

La adquisición de señales.

Las señales que debe adquirir una UTR son principalmente de los siguientes tipos: analógicos, digitales (o de apertura-cierre, abierto-cerrado, etc.), digitales de cambio momentáneo (que permanece normalmente en un estado y cambian momentáneamente al otro) y temporales (conteo de pulsos). Los puntos de medición quedan casi siempre alejados de la UTR y están sujetos a interferencia electromagnética, por lo que es común aislar eléctricamente a la UTR y los transductores o elementos de medición. El número de variables a medir tiene un rango muy amplio y depende de la aplicación; varía desde dos o tres hasta más de mil variables por cada UTR, en el caso de la UTR de la C.T.E. se cuenta con una que maneja 66 señales repartidas de la sig. manera: 37 para el paquete 1, de las cuales 8 son analógicas y 29 lógicas, 18 para el paquete 2 con 4 analógicas y 14 lógicas.

#### 4.2 Características físicas.

##### Resistencia al medio ambiente.

Ante la variedad de localidades posibles para una UTR - desde climas tropicales al nivel del mar hasta los desérticos del norte, pasando por el altiplano mexicano-, ésta debe resistir un amplio rango de temperaturas y condiciones atmosféricas. Esto se refleja directamente en el diseño del gabinete en que se enclaustra la terminal que, comúnmente, está sellado, contiene filtros para el polvo y es a prueba de insectos y roedores.

Por supuesto, existen otras características que aunque no son exclusivas de las UTR, sino comunes a la mayoría de los equipos, son deseables en una UTR: facilidad de instalación y mantenimiento, confiable, resistente al trato mecánico, etcétera, prueba de ello es la UTR de Dos Bocas, que ha resistido desde su instalación a la fecha el medio ambiente que la rodea, a pesar de ser la costa y un clima bastante caluroso.

##### Compatibilidad de componentes.

Al pensar en el desarrollo de un equipo que debe ser fabricado en México para proporcionar un servicio importante a la industria, se debe considerar varios aspectos: integración nacional, garantía de repuestos y servicio al comprador, y la posibilidad de fabricarlo en corto plazo con la calidad requerida. Con esto en mente, la TRIIE (o sea la UTR desarrollada por el IIE) se desarrolló con base en

circuitos completos ya establecidos a nivel internacional, para los que se puede garantizar la existencia de repuestos y una calidad controlada, y con los cuales se acelera la producción de las primeras unidades. Durante el proceso de fabricación de las TRIIE es posible integrar una buena parte de los componentes mencionados, logrando ambos objetivos: Integración y garantía de repuestos y servicio.

La agrupación de estos componentes en conjunto se les ha llamado también TRIIE, este se basa en un concepto de módulos que cumplen con las funciones descritas. Los módulos a su vez se identifican en dos bloques: aquellos que toman parte en el procesamiento de las señales, y los que acondicionan las señales a procesar o una vez que se han procesado. Estos últimos sirven de interfaz entre el bloque de procesamiento y la fuente o destino de las señales.

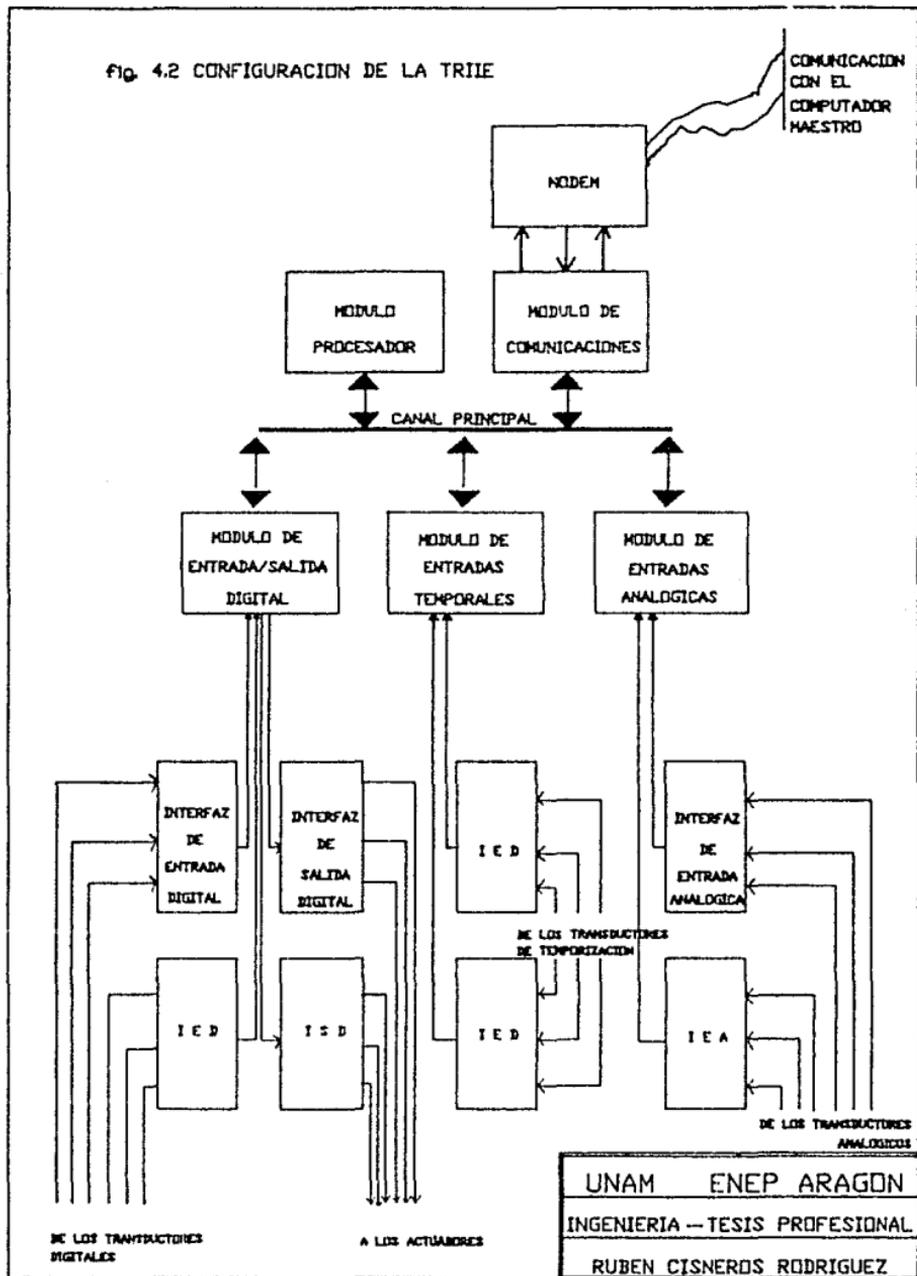
#### 4.3 Características de procesamiento.

##### Bloque de procesamiento.

El bloque de procesamiento tiene la configuración típica de un microcomputador y sus periféricos, en la que todos se interconectan a través de un canal (o bus) en el que se transmiten señales de control, de direccionamiento y de datos. En cambio el bloque de acondicionamiento o interfaz tiene una conexión independiente. Esta configuración se observa en la fig. 4.2

Cuenta con cinco tipos de módulos. De ellos, el

Fig. 4.2 CONFIGURACION DE LA TRIIE



fundamental es el módulo procesador (MP) que tiene la función de administrar la operación del resto de los módulos, además de encargarse de procesar la información y tomar decisiones en función de ésta. El MP está basado en una tableta SBC 80/05, cuya configuración simplificada se muestra en la fig. 4.3. Incluye un microprocesador 8085, memoria fija (ROM), memoria de lectura y escritura (RAM), una serie de relojes o señales de tiempo y la interfaz adecuada para conectarse al canal principal o bus.

Bloque acondicionador.

Existen 4 tipos de módulo de interfaz; el interfaz de entrada digital (IED), el de interfaz de entrada analógica (IEA) el de interfaz de salida digital directa (ISDD) y el de salida digital con verificación (ISDV). Todos son diseños del IIE.

Las salidas son también optoacopladores, que aislan al procesador del circuito actuador. Para el uso de la TRIIE en subestaciones eléctricas, las salidas digitales actúan sobre elementos que manejan alta energía. Así es que en estos casos la salida de la terminal tiene un segundo paso de aislamiento a través de relevadores.

Los relevadores, para el caso descrito, son operados en forma individual y no simultáneamente, por lo que se prestan al arreglo matricial de 3 x 3 relevadores, manejados por Interfaces del tipo ISDV, en los que se verifica que no existe el accionamiento falso de algún relevador. Esto se

CANAL MAESTRO

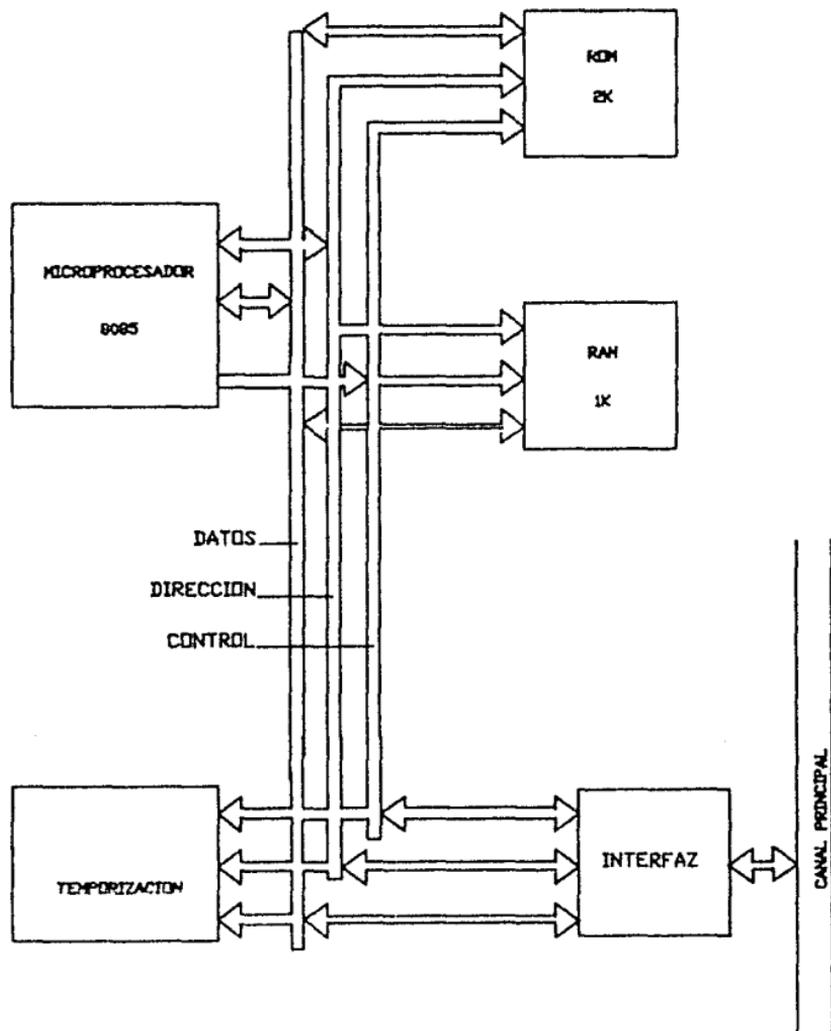


Fig. 4.3 ESQUEMA DEL MODULO PROCESADOR

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

logra con la realimentación que se obtiene a través de optoacopladores. Cuando los relevadores son accionados por la ISCO, se puede efectuar la verificación (si se desea), conectando una entrada digital a cada salida digital, lo que conlleva a la desventaja de aumentar el número de tabletas y de conexiones.

Por lo tanto lo que respecta a la interfaz de entradas analógicas (IEA), se puede decir que es la más compleja, si bien su costo no está fuera de proporción. Esta interfaz utiliza un capacitor flotante, que envía la IEA para aislar el procesador. Empleando reed relays, el condensador está normalmente conectado al transductor y desconectado del MA. Cuando el MP ordena una medición analógica, dos direccionamientos ocurren: uno selecciona al condensador, desconectándolo del transductor y conectándolo al MA (dejando un "tiempo muerto" para evitar acoplamiento por el "rebote" propio del relevador reed), y el otro selecciona del MA un canal para efectuar la conversión correspondiente.

#### 4.4 Señales de UTR para el nuevo sistema.

##### Paquete 1

Todas las señales son consideradas como entradas para el nuevo sistema y entre las principales contamos con: LOGICAS Y ANALOGICAS

LOGICAS:

- DISPARO SUBESTACION PRINCIPAL FASE 115 kV
  - CUCHILLA 73598 SUBESTACION TEMASCAL
  - CUCHILLA 73378 SUBESTACION VERACRUZ I
  - CUCHILLA 73471 ALUMINIO
  - CUCHILLA 73391 VERACRUZ II
- (Ver fig. 2.1 Subestación.)

ANALOGICAS:

- mW SUBESTACION LINEA TEMASCAL
- mW SUBESTACION LINEA VERACRUZ I
- mW SUBESTACION LINEA ALUMINIO
- mW SUBESTACION LINEA VERACRUZ II
- mVARS SUBESTACION LINEA TEMASCAL
- mVARS SUBESTACION LINEA VERACRUZ I
- mVARS SUBESTACION LINEA ALUMINIO
- mVARS SUBESTACION LINEA VERACRUZ II

Paquete 2.

Al igual que el paquete 1, tenemos señales lógicas y analógicas, pero como se observa en el capítulo 2 la subestación no es simétrica y por lo tanto no son las mismas señales en los dos paquetes, para el paquete 2 tenemos:

LOGICAS:

- CUCHILLA 93 SUBESTACION JARDIN
  - CUCHILLA 93 SUBESTACION VERACRUZ II
- (Ver fig. 2.1 Subestación.)

ANALOGICAS:

- mW SUBESTACION LINEA JARDIN
- mW SUBESTACION LINEA VERACRUZ II

- mVARS SUBESTACION LINEA JARDIN
- mVARS SUBESTACION LINEA VERACRUZ II

## 5 ANALISIS Y DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES EN CAMPO, CUARTO DE CONTROL Y UTR

### 5.1 Acondicionamiento de señales.

El acondicionamiento de señales es la conversión y procesamiento de una señal que se genera a partir de los dispositivos sensores básicos o de los transductores, con el objeto de producir un valor de ella lo suficientemente fuerte, para que sea capaz de activar un dispositivo receptor, sin que sufra interferencia o pérdida.

Entonces como el Sistema de Control Distribuido y adquisición de datos necesita un alto grado de confiabilidad en los valores de señales recibidas, es conveniente dar los criterios que se deben aplicar en el sistema de acondicionamiento de señales, entre los que se pueden mencionar:

- 1) Determinar los tipos de fuentes de señal. Consiste en la investigación de la señal física a medir o adquirir para determinar donde se va a tomar la señal de entrada a nuestro acondicionador, y por lo tanto seleccionar el acondicionador más adecuado para ese tipo de entrada.

- 2) Precisar las características de amplificación. Esto es según los circuitos básicos del amplificador del acondicionador para saber si es necesario amplificar la señal de salida de este, y en caso de ser necesario que tanto hay que amplificar.

3) Obtener los circuitos básicos del acondicionador. Para el correcto funcionamiento de cualquier acondicionador es necesario conocer su conexión, y por lo tanto su circuito básico de adaptación al sistema, esto por lo general lo indica el fabricante.

4) Utilizar prácticas recomendadas de alambrado. Basados en normas ya establecidas por asociaciones tales como ISA (Sociedad de Instrumentistas de América), se parte de estas para iniciar los diagramas de alambrado, adaptandose a las condiciones particulares de la planta.

5) Detectar fuentes de interferencia de señal. Para que nuestra señal, llegue en forma correcta y confiable hasta nuestro elemento receptor en el Cuarto de Control, hay que detectar posibles interferencias de ruido eléctrico tales como, cables de alta tensión, motores, bobinas, generadores y toda clase de elementos que puedan producir un campo magnético, y evitar el paso de nuestra señal por esos puntos.

6) Fijar la estabilidad requerida en su valor de salida. Antes de instalar y al ser conectado al sistema el acondicionador, es necesario comprobar la salida que se requiere y hacerla llegar al valor para el cual fue solicitado y mantenerlo estable, esto es con el Span y el ajuste a Cero de cada instrumento.

7) Conocer los requerimientos de impedancia. Selección del instrumento con la impedancia adecuada para que sea

compatible con la del sistema del cual va a formar parte.

8) Especificar las salidas flotantes con respecto a tierra. Para tener un solo potencial con valor cero, el cual es común para todos los instrumentos, estos no se aterrizan en cualquier punto en el área de campo, sino que se aterrizan en un solo punto en común que se encuentra en el cuarto de control.

9) Determinar la sensibilidad para señales de alto o bajo nivel. De acuerdo a nuestra señal de entrada al acondicionador, determinar si esta va a ser detectada o sensada por el aparato, ó si es una señal demasiado pequeña, que no va a poder activar al instrumento, y en caso de ser así amplificar la señal antes de introduciría al acondicionador.

10) Fijar la linealidad adecuada para la salida. No puede existir instrumento que no cumpla a la salida con un rango de señal como los siguientes: Para señales analógicas de corriente 4-20 mA. C.D. Para señales analógicas de voltaje de 0-10 Volts C.D. Y para señales digitales (todas de voltaje) 0 y 48 Volts C.D.

El acondicionamiento de señales de instrumentos que sensan variables eléctricas, cuando se trata de una planta instalada, requiere de una revisión de la información generada en las etapas anteriores, es decir, durante el diseño, la construcción la puesta en servicio y la operación normal, ya que en cada una de ellas hubo criterios para realizarlas, además se pudieron llevar a cabo modificaciones

al diseño, debido fundamentalmente a las necesidades que se presentaron en ese momento y que en aquella situación fue lo mejor para resolver determinado problema.

Por eso, lo importante es determinar primero el estado real de las señales existentes, para detectar aquellas que no se encuentran acondicionadas y entonces darle la solución mas adecuada.

Después de analizar la información disponible en el proyecto, detectar las variables que no se puedan conectar al sistema, y por tratarse de instrumentos instalados, se procede a seleccionar el acondicionador mas adecuado, para darles el valor requerido de señal.

Asimismo, hay que definir las necesidades de nuevos instrumentos, los cuales ya deberán seleccionarse para que tengan el rango de señal que se requiere en el sistema.

## 5.2 Bases de diseño de instrumentación.

Con los valores de los rangos de señal que requiere el sistema nuevo, la información obtenida en la planta, y las necesidades reales de acondicionamiento, de común acuerdo con los ingenieros del área de instrumentación y control de la planta, se fijan las bases de diseño para el proyecto, las cuales contienen:

- 1) Tipo de instrumentación de campo, existente y nueva. Localización de los instrumentos ya existentes, así como su distancia al cuarto de control, si es que llega esta señal

hasta este, asimismo si existe la alimentación para los nuevos acondicionadores y si hay forma de hacer llegar la señal hasta el cuarto de control con la utilización del alambrado existente o si es necesario diseñar una nueva ruta desde donde se encuentra el instrumento en el área de campo, hasta el cuarto de control

2) Tipo de instrumentación de tablero, existente y nueva. Originalmente se realizaba la adquisición y el control de la planta en el cuarto de control en forma convencional con Instrumentos analógicos, muchos de ellos trabajaban con pequeños voltajes y corrientes. Es necesario conocer las características de estos Instrumentos que se encuentran en tableros, y ver la posibilidad de que la señal de entrada a ellos pueda servir con pequeñas modificaciones, de señal de entrada a nuestro nuevo sistema.

3) Tipo de sensores, instalados y nuevos. Al igual que con los Instrumentos, los sensores enviaban su señal de salida a los Instrumentos en el cuarto de control. Se estudio la posibilidad de compartir esta señal (si sus rangos lo permitían), con el nuevo sistema.

4) Señales analógicas, nivel requerido. Las señales analógicas que entrarán al nuevo sistema, deben tener un nivel de 0-10 Volts c.d. para señales de voltaje y de 4-20 mA c.d. para señales de corriente; esto es para poder entrar la señal a la línea SAC, estos valores pueden obtenerse directamente del Instrumento nuevo, o del Instrumento ya

existente acoplado con un acondicionador.

5) Señales ya acondicionadas existentes. Existían instrumentos que cuyo valor de salida era ya del nivel requerido por el nuevo sistema, esto es debido que llegaban a instrumentos que trabajaban con el mismo tipo de señal de entrada, por lo tanto no fue necesario incorporar nuevos transductores o acondicionadores, sino solamente llevar la señal, hasta el nuevo sistema.

6) Señales no acondicionadas existentes. Es la situación en la cual se tiene conocimiento de que existe cierta señal y que es importante conocer su comportamiento durante la operación de la planta, pero que hasta el momento es detectada en el área de campo por un instrumento totalmente diferente e incompatible con el nuevo sistema. Este es el grupo de señales las cuales es necesario acondicionar aunque ya existen.

7) Cajas de conexión existentes. Cuando se hizo el diseño de la planta, se pensó en posibles modificaciones y mejoras, así es que no se saturaron completamente las cajas de conexión existentes, sino que se dejaron algunos espacios libres, para la instalación de señales nuevas se procedió a la localización y utilización de esto en base al estudio del diseño original del alambrado.

8) Cables de transmisión de señal, instalados y nuevos. Así como con las cajas de conexión también existen dentro de ellas, cables disponibles para la conexión de nuevas señales. Estos cables de transmisión van desde

diferentes puntos del Área de campo y llegan todos hasta el cuarto de control, en los casos de que no existan cables suficientes para las nuevas señales, se procede a trazar la ruta de nuevos cables, siguiendo los ductos y las trincheras que ya están definidos.

9) Elementos de conexión de cables, instalados y nuevos. Dentro de las cajas también existen tabillitas y conectores en los cuales hay puntos libres los cuales son aprovechados al máximo para las nuevas señales en caso de ser necesario se adaptan más conectores y/o tabillitas para alojar todas las señales. En el cuarto de control al recibir de campo las señales, fue necesario introducir nuevas tabillitas y conectores especiales para recopilar las señales y llevarlas hasta las tarjetas de la línea SAC.

10) Suministro de energía a Instrumentos. Existe un bus común de energía que llega a todas las cajas de conexión y alimenta a los Instrumentos que se encuentran en campo, asimismo ese bus llega hasta el cuarto de control para los Instrumentos que se encuentren dentro de este.

11) Diagramas de Interconexión y alambrado. En base a normas ISA se elaboraron los diagramas de Interconexión y alambrado de acondicionadores, desde el Área de campo pasando por cajas de conexión y gabinetes intermedios y que llegan hasta el cuarto de control.

### 5.3 Eliminación del ruido eléctrico.

Adicionalmente, es conveniente tratar las fuentes de ruido, el elemento a eliminar, como un punto especial, ya que el ruido aparece usualmente a 60 Hz. en lámparas fluorescentes, e interferencias de alta frecuencia provenientes de interruptores, conmutadores o dispositivos transmisores de pulso; para minimizar las señales no deseadas de éstas fuentes, es conveniente y fue necesario para la conexión de los instrumentos, seguir los siguientes criterios:

- 1) Seleccionar transductores que den salidas de alta fidelidad
- 2) Proteger al transductor de falsas entradas por medio de un blindaje adecuado.
- 3) Utilizar cable de alta calidad con pares torcidos, blindados y con alambre de drenaje incluido en la cubierta externa del cable.
- 4) Aterrizarse el blindaje o el alambre de drenaje en un punto solamente
- 5) Mantener continuidad al blindaje
- 6) Separar los cables de señal de los cables de potencia tanto como sea posible y minimizar las corridas en paralelo.
- 7) No empalmar cables de señal de bajo nivel

- 8) En los puntos terminales, mantener la separación entre los conductores de señal tan pequeña como sea posible para minimizar la captación de cargas inductivas.

## 6 DIAGRAMAS DE INTERCONEXION Y ALAMBRADO

### 6.1 Generación de diagramas.

Durante el desarrollo del proyecto, se genero una cantidad considerable de información técnica, por lo que en forma textual es imposible abarcarla toda, es por esto que se requirio la utilización de diagramas, para la mejor comprensión del trabajo.

En este capítulo, nos enfocaremos a los documentos de Ingeniería o diagramas generados en la instalación de los acondicionadores de señales eléctricas de la C.T.E.; estas conexiones se refieren, tanto al instrumento, al área de campo, al cuarto de control y al enlace entre estos.

La mayoría de las señales, en su alambrado son semejantes entre si, por lo tanto describiremos la conexión de cada uno de los tres tipos que se manejarón: acondicionadores con salida de corriente, acondicionadores con salida de voltaje y señales lógicas.

#### Principio de funcionamiento del alambrado.

El principio de funcionamiento del alambrado, para la adquisición y control de las señales, se basa en un circuito eléctrico que puede estar abierto o cerrado y al cambiar de estado, accionado por energía eléctrica manda nuestra señal a la computadora, realizando así el cierre del circuito.

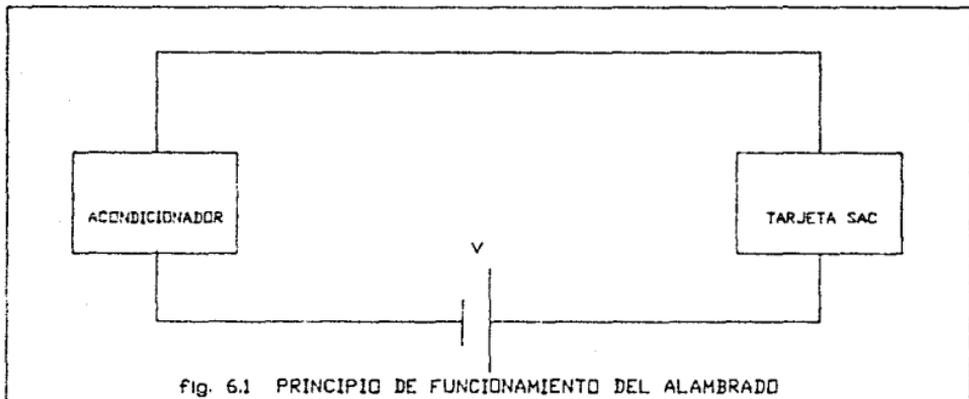


fig. 6.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ALAMBRADO

El arreglo que se utiliza para nuestro circuito, es un arreglo tipo serie el cual consta de 3 elementos principales:

- Fuente de alimentación
- Acondicionador
- Contacto de la tarjeta SAC

Los cuales, en un arreglo simple se muestran en la fig. 6.1.

En la figura se observa, que el transductor al operar, cierra el circuito y acciona los contactos que contiene la tarjeta SAC, y esta a su vez, transmite la información a módulos acoplados a ella en etapas posteriores, hasta desplegar la información en computadora.

Este principio se sigue tanto en las señales de adquisición como en control, en las cuales el proceso es también inverso: de los módulos posteriores (computadora principal), llegan señales que accionan los contactos de la tarjeta y estos a su vez direccionan la señal al transductor

el cual se encarga de transmitirlo a los elementos físicos que se están controlando.

#### Acondicionadores de señales analógicas.

Las señales analógicas en su alambrado, tienen el mismo principio de funcionamiento que se mostró anteriormente pero, con la diferencia de que estas no cuentan con una fuente adicional de voltaje ó corriente, ya que el mismo instrumento proporciona la energía necesaria para poder activar los "contactos" de la tarjeta sac a la que llegan. Esto es tanto para las señales analógicas con transductor de salida de corriente (4-20 mA), como para los transductores de salida de voltaje (0-10 Volts).

La señal de voltaje que llega a la tarjeta sac, activa el "contacto" que existe en ésta, puesto que se necesita una señal de voltaje para hacerlo. Cuando se introducen señales de corriente, no es posible activar el "contacto c" porque necesita forzosamente una señal de voltaje, para esto se tiene integrada dentro de la misma tarjeta una resistencia R, en la cual se tiene una caída de potencial y por lo tanto tenemos un voltaje, que al conectar en paralelo al "contacto c", lo activa y se continúa con el proceso en módulos posteriores. Lo anterior se muestra esquemáticamente en la fig. 8.2

#### Acondicionadores de señales digitales.

Para las señales digitales se sigue fielmente el

principio de funcionamiento descrito al inicio del capítulo y se muestra en la fig. 8.3

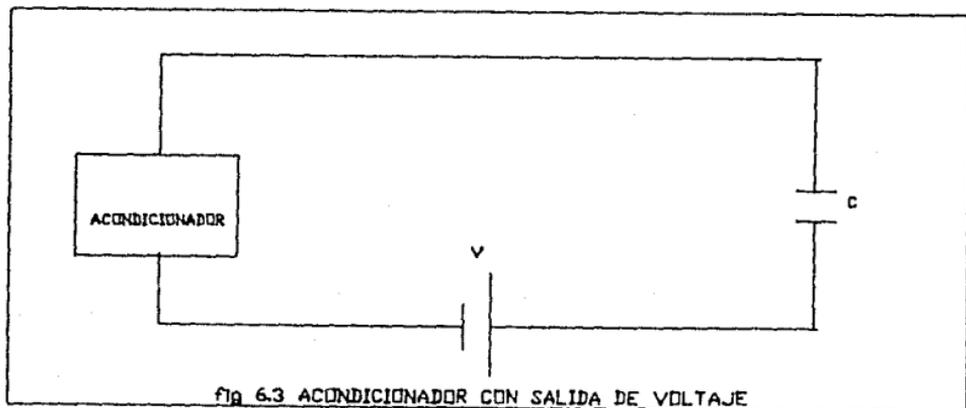
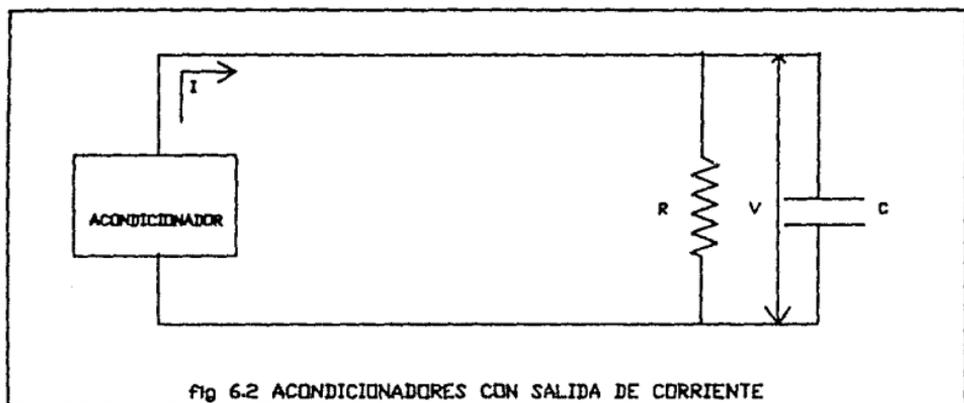
Se observa que no se tiene el mismo problema de los acondicionadores con salida de corriente, ya que aquí el acondicionador mismo proporcionará la señal eléctrica de voltaje que necesita el "contacto c" de la tarjeta sac; es decir una señal de voltaje, la cual lo activa, cierra el circuito y hace que se transmita la señal hacia módulos posteriores.

## 8.2 Alambrado y conexiones en campo.

Conexión y ubicación del acondicionador.

Los acondicionadores quedarán localizados lo mas cerca posible del elemento físico que estan registrando, en el caso de los transductores de corriente, estos están cerca de los motores de los cuales se va a medir su corriente consumida, esto es en el C.C.M. (centro de control de motores, fig. 2.4), que es donde se localizan los dispositivos de arranque y paro directo del motor y además los dispositivos de protección de este; que como se vio en el capítulo 3, los acondicionadores se conectarán a la salida del transformador de corriente (TC), que nos da una salida de 0-5 Amperes, lo que es la entrada a nuestro acondicionador.

Para los transductores de frecuencia, su localización es dentro del cuarto de control en los gabinetes 025, 125 y 225, ya que su salida se conecta directamente a las tarjetas SAC, y estas se encuentran también en el cuarto de Control, y como



tienen salida de voltaje (0-10 V.) necesitan estar en gabinetes lo mas cercano a las tarjetas SAC. Ademas como la señal de entrada a los acondicionadores, es el voltaje de la planta, y este a su vez es tomado directamente de los generadores, entonces los acondicionadores, toman cualquier voltaje de C.A. de 127 volts que se encuentre en el cuarto de control y lo toman como señal de entrada; y así registrán la frecuencia de generación, dado que el cuarto de control esta alimentado de el bus de 4.16 KV y este a su vez proviene de los generadores.

Rutas y alambrados existentes (CFE).

Cabe hacer mención que la planta originalmente contaba ya con su equipo para su buen funcionamiento, y este equipo actualmente sufría múltiples fallas. A pesar de esto se aprovecho al máximo para el nuevo sistema, entre los recursos con los que se contaban, estaban las rutas de alambrado de instrumentos, las cuales se muestran en el capítulo 2, y que consisten físicamente de ductos y trincheras por donde viajan las señales al cuarto de control. El proceso que se seguía para conocer estas rutas, era recurriendo a los planos y hojas de cable proporcionados por CFE al IIE en los cuales se buscaban espacios libres por los cuales pudieran viajar las nuevas señales.

2.3 Nuevas rutas y alambrados (IIE).

Aprovechando al máximo las rutas ya existentes, se prosiguió a utilizar los espacios vacíos, que CFE había

dejado para futuras conexiones. Vamos a describir la forma de localización de una nueva ruta desde la instalación de un transductor en el área de campo hasta el cuarto de control; Para ejemplificar usaremos la señal 5V3202 - AMPERAJE DE LA BOMBA DE CONDENSADO 1-, y la fig. 6.4. Se observa que se trata de la corriente consumida por un motor, (señal analógica) que se encuentra en campo cerca de la turbina de vapor, que tiene cerca la caja de conexiones No. 081, dentro se encuentran señales lógicas en algunos conectores y analógicas en otros, se opta obviamente por las analógicas, en los cuales se observa que el 081-A05, contaba con 9 espacios para conectar señales y de los cuales solo 1 estaba ocupado, así pues se procedió a instalar en los pines 5, 6 y 7 el nuevo transductor y tender su alambrado hasta el cuarto de control siguiendo la ruta que fuera más corta, hasta llegar al gabinete 383, como marca la hoja de cable, proporcionada por la planta y que se muestra en la fig. 6.4, esta hoja de cable, representa a un conector ya instalado, al cual se le llamo conector IIE, esta hoja o conector nos indica en donde se origina alguna señal ya existente, el gabinete por el que pasa, y el gabinete final, así como el conector y los pines del conector al cual esta conectada. También nos dice por que número de cable multiconductor de campo viajan las señales hacia el cuarto de control, el plano de localización así como el tipo de señales que maneja: analógicas o lógicas. En la búsqueda de señales eléctricas ya existentes y en el acomodo de nuevos acondicionadores y su



tuvo la necesidad de hacer diagramas específicos para esas señales.

Con la información contenida tanto en planos como en hojas de cable y algunos otros documentos se fueron depurando los diagramas realizados; modificando tabillitas terminales, conectores de tarjeta SAC y demás simbología de la ISA hasta llegar al documento final, para que la planta lo estudiara y aprobará para su construcción.

Para llegar a este diagrama final hubo la necesidad de ir a la planta y validar cierta información tanto del Campo, como del cuarto de control, y surgió este último diagrama que abarcaba únicamente señales de campo y causaba confusión para las señales que se originaban en cuarto de Control, por lo tanto se siguió el mismo procedimiento y se rastrearón las señales del cuarto de control hasta donde se originaban. El diagrama base que finalmente fue el definitivo para el alambrado de las señales en el área de campo, es el que se muestra en la fig. 6.5.

Conexión entre conector IIE y tarjeta sac.

Al llegar al conector IIE, se está a solo un paso de entrar a la parte principal de lo que es el Sistema de Control Distribuido, pero para eso hay que distribuir adecuadamente las señales que llegan hasta este conector que se encuentra obviamente en el Cuarto de Control, esta conexión es la continuación del diagrama de la fig. 6.5, y es aquí donde inicia la responsabilidad total del IIE. Esta distribución de señales se hizo de la siguiente manera: Del

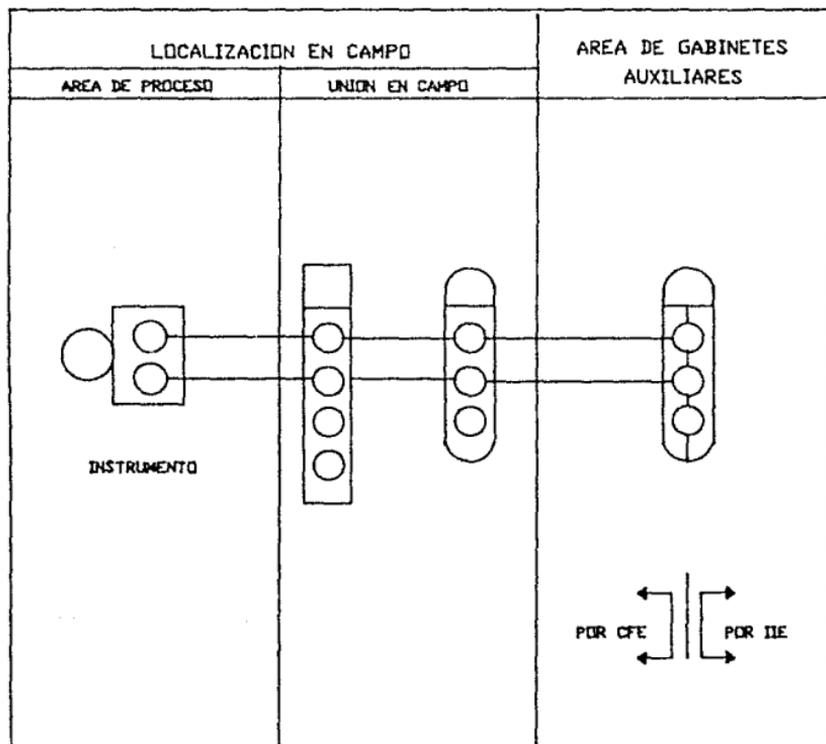


fig 6.5 CONEXIONES EN CAMPO

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

Área de campo llegaban las señales y se concentraron en conectores marca ELCO de 56 pines de los cuales se utilizaban solo 51 repartidos de la siguiente manera: 16 para cada tarjeta SAC, por lo tanto teníamos 3 tarjetas por cada conector y 3 pines para comunes, los cuales eran uno para cada tarjeta.

Como se observa se conserva el principio de funcionamiento del alambrado, el cual consiste en el cierre de un circuito, alimentado por una fuente. Aquí la alimentación de C.D. es conectada a los comunes de cada tarjeta y a un polo del transductor, que se encuentra ya sea en campo ó en cuarto de control.

La representación para una señal en la cual se observa la conexión entre el conector ELCO y la tarjeta SAC se observa en la fig. 8.6, el cual es la continuación de la señal que viene de campo.

En la fig. 8.7 se muestra un diagrama final de alambrado de una señal digital, y en la 8.8 uno para una señal analógica, estos fueron los que fueron entregados a la planta.

Existe un diagrama para cada señal, pero todos conservan el mismo principio de funcionamiento y llevan su información correspondiente. En total se trabajaron con 1534 señales, entre eléctricas, de temperatura de presión de flujo, nivel y vibración; y se tiene un diagrama para cada una de ellas.

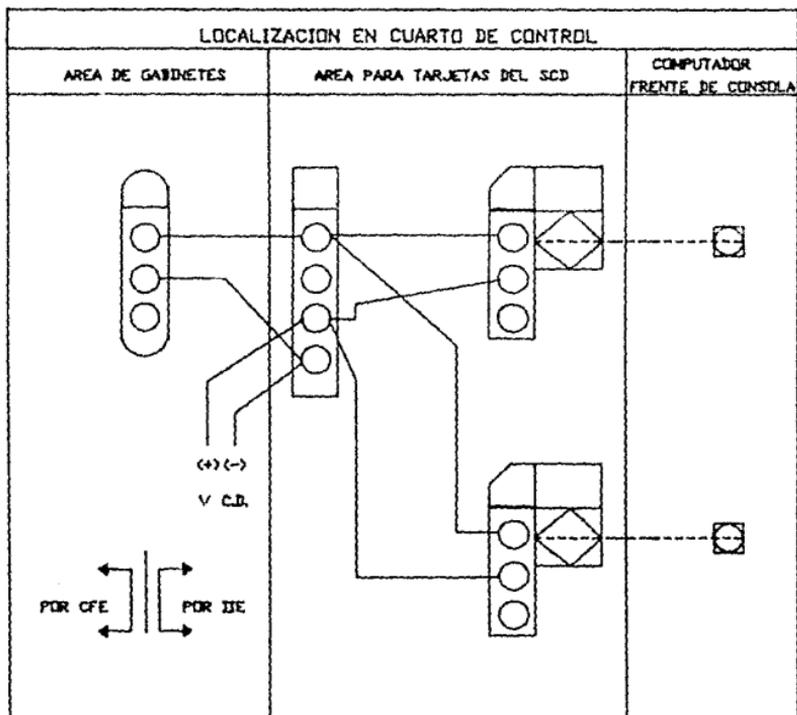


Fig. 6.6 ALAMBRADO EN CUARTO DE CONTROL

UNAM ENEP ARAGON

INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL

RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ

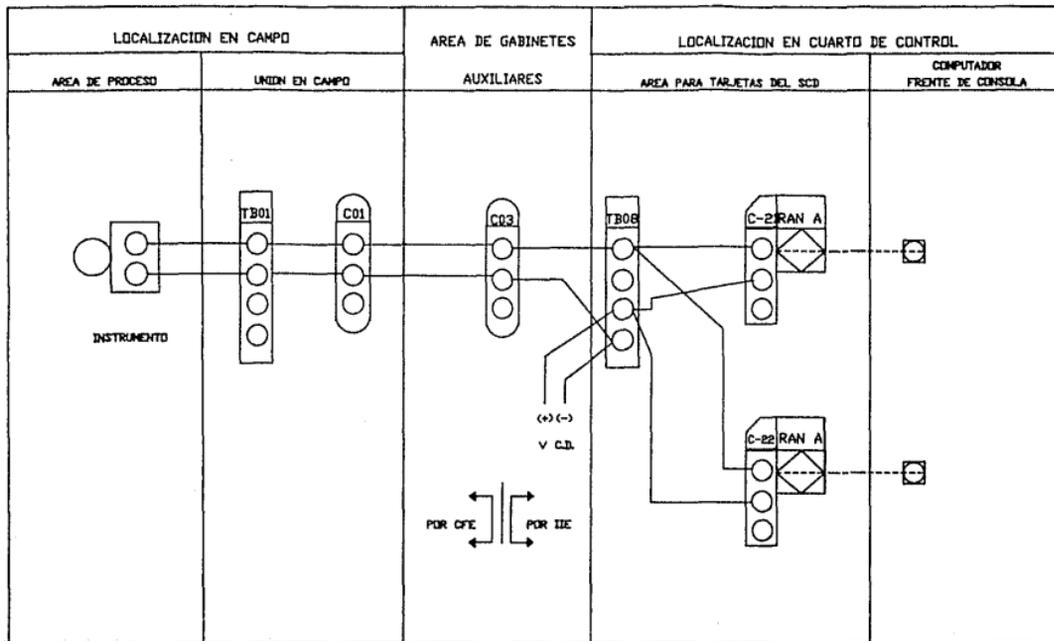


Fig. 6.7 DIAGRAMA FINAL DE SEÑALES DIGITALES

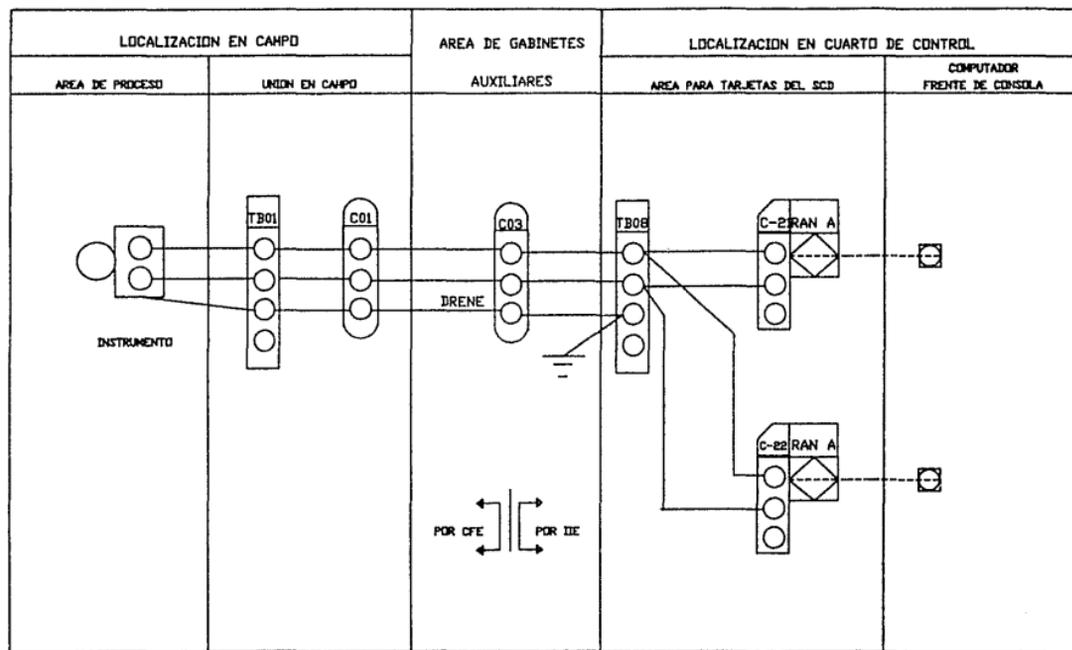


Fig. 6.8 DIAGRAMA FINAL DE ALAMBRADO DE SEÑALES ANALOGICAS

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo se enfocó a acondicionar señales generadas por los dispositivos o elementos que trabajan con energía eléctrica, en la Central Termoeléctrica Dos Bocas Veracruz. Esto con el propósito de introducirías a un sistema de adquisición y control que solo acepta señales eléctricas de pequeños valores, asimismo llevar esta señal desde el punto en donde se origina en el Área de campo, hasta el cuarto de control.

Esto nos ilustra las necesidades cada vez mas frecuentes en la adquisición de datos y control en los procesos; y se llega a la conclusión, que se seguir utilizando Instrumentación neumática ó electrónica analógica, no se lograrían los objetivos presentes y futuros del control automático de los procesos industriales, y se ve que la única alternativa es utilizar la instrumentación electrónica digital a través de microprocesadores, minicomputadoras y computadoras, tanto para la adquisición y el control, así como para el manejo de la información obtenida de cualquier proceso, que se utilizará finalmente para efectuar el control administrativo de los procesos. Con este tipo de instrumentación se observa que se obtienen beneficios en el control de calidad, consumo de energía, mayor duración del equipo y seguridad para el personal de la planta.

En base a esto podemos concluir que los elementos primarios generadores de señales en el área de campo, son de

vital importancia para asegurar que la información suministrada al sistema de adquisición y control resulte confiable; esto, a su vez hará que las funciones y registros del sistema sean una ayuda verdaderamente útil y eficaz para mejorar la operación de la central. Es por esto que la correcta especificación y selección de los transductores que acondicionan las señales eléctricas tanto lógicas como analógicas, represento en el proyecto un punto importantísimo, que siempre se tuvo presente. Las señales eléctricas introducidas por medio de transductores al sistema de Control Distribuido de la central, constituyen un buen ejemplo para describir las características más importantes de los transductores eléctricos.

Con lo que respecta a los diagramas de interconexión y alambrado, se tiene que el tipo de configuración descrito es posible adaptarlo a las necesidades de las centrales termoelectricas, ya que en cuestión de mantenimiento ofrecen grandes ventajas y junto con la documentación que se anexa a los manuales de operación de usuarios -Diagramas eléctricos-, puede llevarse a cabo en caso de futuros cambios o innovaciones, un seguimiento detallado de cualquier señal.

Como punto final recomiendo que las señales de instrumentación eléctrica que se van a integrar a un sistema de control distribuido, para el caso de plantas instaladas, deben ser tratadas con ingeniería de instrumentación especializada, con el fin de que se eviten al máximo problemas de retraso de la puesta en servicio del sistema, ya

que sin un acondicionamiento de señales bien implementado, el mejor sistema de control distribuido no funcionará adecuadamente.

## Glosario de terminos

Automatizar.- Es el acto de incluir computadoras digitales en las plantas industriales, en vez de mano de obra humana.

BTG.- Burner-Turbine-Generator. Caldera-Turbina-Generador.

Consola principal de control, localizada en el área de paneles dentro del cuarto de control de la central termoelectrica.

Bypass.- Desvio de algun flujo hacia una salida o derivacion del sistema.

Hardware.- Término que se aplica al equipo de cómputo, la unidad central de procesamiento, la unidad de memoria, los dispositivos de entrada/salida, impresoras, terminales etcetera.

Minicomputadora.- Se aplica a una computadora fisicamente pequena, y que emplea un microprocesador. No existen limites definidos en cuanto al tamaño y capacidad de la computadora.

RAM.- Iniciales de Random Acces Memory, memoria de acceso aleatorio. Se aplicaba inicialmente a los dispositivos de almacenamiento mediante discos, para diferenciarlos de las unidades.

REED RELAYS.- Rele de laminas (flexibles), relé de laminas magneticas. Relé o relevador cuyos contactos van fijos a dos laminas magneticas flexibles dispuestas en el interior de una capsula o ampolla (de vidrio u otro material semejante) que, a su vez, ocupa el interior de la bobina excitadora. Al aplicarse corriente a esta última, las laminas se atraen

mutuamente y cierran los contactos. Pueden activarse selectivamente las distintas armaduras, aplicando a la bobina de excitación corrientes de frecuencias diferentes.

ROM.- Iniciales de Read Only memory, memorias para sólo lectura. Teóricamente, puede aplicarse tanto a la memoria interna como al almacenamiento externo de gran volumen de datos. Hoy día, se aplica por lo general a la primera. Los programas en ROM no pueden modificarse, y se ejecutan con mayor rapidez.

RTD.- Elemento detector de temperatura por termoresistencia. Señal analógica.- Son aquellas señales presentes siempre en cada instante de tiempo, las cuales provienen de instrumentos de medición de las variables que se deseen controlar y de otras que indican el estado general del proceso.

Sistema de adquisición.- La variable de proceso es registrada y convertida en una señal eléctrica que se envía al cuarto de control. Un multiplexor selecciona una variable de un conjunto disponible, proveniente de los diferentes instrumentos de medición del proceso. Seleccionada la señal ésta es muestreada y transformada a su equivalente digital por medio de un convertidor analógico digital (A/D). La representación obtenida, que consiste en un conjunto de bits puestos en "0" ó "1", ya puede ser entendida y manejada por la minicomputadora para generar, a su vez, la representación digital de la acción correctiva que se enviará al proceso. Esto se realiza convirtiendo primeramente esta representación a un nivel de voltaje o de corriente eléctrica, por medio de un convertidor digital-analógico (D/A). La señal analógica es

conducida, vía un multiplexor, al transductor correspondiente que activará un actuador encargado de aplicar la acción de control en el punto correspondiente del proceso.

Software.- Término conciso que significa programas de cómputo o cálculo, y que se opone gráficamente a hardware, con el que se designa al equipo (elementos físicos).

Span.- Alcance deseado en alguna medición, valor máximo de salida del instrumento al cual se desea llegar.

Turbina de vapor monocilíndrica.- Turbina compuesta por un solo cuerpo cilíndrico, en el cual se realizan los procesos de alta, media y baja presión del vapor.

TRIE.- Terminal remota diseñada por el IIE.

## REFERENCIAS

- Joel O. Houyen  
Measurements and Control Applications.  
U.S.A. I.S.A. 1979
  
- Enrique Díaz De la Serna.  
Selección y Aplicación de Transductores Eléctricos.  
Boletín IIE marzo/abril 1987.
  
- Standards and practices for Instrumentation.  
Instrument Society OF America (I.S.A.)  
8 a. EDICION 1986
  
- Eduardo Lobatón González.  
TRIE: La unidad de transmisión remota desarrollada por el  
IIE  
Boletín IIE, enero de 1979.
  
- Manual de Usuario de las Tarjetas de la línea S.A.C.  
IIE Departamento de Electrónica.  
Palmira Morelos, 1984
  
- Jorge León Gutiérrez  
Los microprocesadores y el Control Distribuido.  
Seminario de Automatización y Control de procesos, Taylor  
Instruments.  
Abril de 1986

- Robert Uram.

Computer Control In a Combined Cycle Power Plant.  
Westinghouse Electric Corporation.  
Pittsburgh, Pennsylvania.

- Miguel Angel Delgadillo Valencia.

Definición de los alcances y niveles de control de los  
algoritmos de control de una planta de ciclo combinado.  
Informe Interon IIE 1987

- Michael P. Lukas

Distributed Control System  
Van Nostrand Reinhold Company

- D.C. BEEMAN

INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK  
N.Y. MC GRAW-HILL 1985

- Pace 260 Power Plant.

Comisión Federal de Electricidad.  
Dos Bocas Plant  
Unit No. 1, Unit No. 3

- Línea SAC Sistema de adquisición y Control.

Boletín IIE Nov/Dic 1987  
Volumen II No. 6

- Babcock and Wilcox Co.

Metering & Control Equipment drum water level  
Instrumentation

- W.B. Kostiw

Instrumentación de sistemas de gas combustible  
Stone & Webster Engineering Corp.

## APENDICE A

### LINEA IIE-SAC:

#### SISTEMA DE ADQUISICION Y CONTROL.

Dentro de las actividades en apoyo a la fabricación nacional de equipos y componentes para la industria eléctrica nacional, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha desarrollado, desde hace varios años, diversos proyectos en el área de la electrónica industrial. Estas actividades han creado a su vez, la infraestructura necesaria para abordar otros desarrollos, como lo es el caso de la línea SAC (sistema de adquisición y control), que es un conjunto de módulos electrónicos que pueden aplicarse en el control de casi cualquier proceso industrial.

#### A.1 Línea SAC: Sistema de adquisición y control.

El sistema de adquisición y control (línea SAC) nació en el año de 1984, con el propósito de ofrecer un equipo de cómputo ('hardware') que monitoreara y manejara dispositivos del mundo real. El objetivo básico de la línea SAC es conectar las computadoras de los centros de control junto a los dispositivos a controlar. Su función principal se enfoca al control automático industrial. Por ello sus características físicas le permiten soportar condiciones

ambientales difíciles.

La línea SAC fue desarrollada como parte del apoyo que el IIE ha otorgado al sector eléctrico, a través del programa de apoyo a la fabricación nacional de equipos. La importancia de este producto radica en que el Departamento de Electrónica a quien se le encargó realizar este proyecto, no se limitó a solucionar un problema determinado, sino que los integró al proceso de manufactura, transfiriendo el desarrollo a una empresa nacional.

#### A.2 Descripción general.

La línea SAC fue diseñada originalmente para apoyar a las divisiones de Sistemas de Potencia y de Estudios de Ingeniería, del IIE, en sus proyectos contratados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la construcción de un simulador de adiestramiento para la planta nucleoelectrónica de Laguna Verde y, posteriormente, para la construcción de equipos con sistemas de adquisición de datos y registro de eventos (SADRE) y equipos para automatización y control en centrales termoelectrónicas.

Este sistema está diseñado en forma modular, donde cada uno de los módulos se encarga de una función específica. Los módulos electrónicos que lo forman efectúan tareas como el control y la supervisión de procesos; dentro de esta última se considera la adquisición de datos. Esto

además de facilitar que el sistema se adecue a las necesidades particulares del proceso, permite realizar un mantenimiento más rápido y eficiente.

Las funciones que efectúa la línea SAC se logran mediante tarjetas electrónicas que realizan diferentes operaciones con el propósito de monitorear variables físicas, controlar variables continuas o para que el sistema se comuniquen con otro similar con una computadora externa o un monitor. De igual forma, puede controlarse un teclado y una pantalla. Sin embargo la unidad de manejo es una canasta que tiene 19 conectores; uno es para la fuente de poder; otro, para un microprocesador denominado CPU; otro para la tarjeta de comunicaciones y 16 esclavas. Si se requiere de mayor capacidad, el sistema está dispuesto para colocar una tarjeta más de expansión y tener otra canasta con 16 esclavas.

Normalmente en las canastas hay una unidad de proceso basado en el CPU. Como ya se mencionó también se encuentran las tarjetas que se conocen como de entradas analógicas, entradas digitales, salidas analógicas, salidas digitales, maestra o procesadora y de comunicaciones. En forma opcional, aunque de menos uso, puede haber tarjetas de memoria.

Son diez los tipos de tarjetas de la línea IIE-SAC (modelo IBUS-111) que se utilizan en el SADC; a continuación se

comentan sus principales características.

**SAC-1887 (tarjeta procesadora):**

Tarjeta procesador de uso general la cual actúa como único maestro de una canasta SAC con IBUS-III. Su diseño se basa en el microprocesador 80C88A (16 bits internos/8 externos). Se pueden tener hasta 192 KB de memoria ROM o 128 KB de RAM o 16 KB de EEPROM, con una mezcla máxima de 256 KB en la tarjeta. Posee dos relojes, 3 contadores programables, 9 niveles de interrupción y un bus compatible al Intel ISBX. Se tiene la opción de instalar el coprocesador numérico 8087-2 operando, al igual que el procesador, a 8MHz.

**SX-233 (Interfaz de comunicaciones):**

Interfaz de comunicaciones que utiliza el microbus ISBX de Intel para enlazar SAC-1887 con equipo que maneje EIA-232D (2 canales por interfaz).

**SAC-821 (tarjeta de comunicaciones):**

Tarjeta programable provista de tres canales serie tipo UART, dos tipo full-dúplex @38.4 Kb/s EIA-485 y uno half-dúplex @1.2 Kb/s. Está provisto de un microcontrolador 80C39; para comunicarse con la SAC-1887 cuenta con una FIFO de 512 bytes. Alimentación de 5 Vdc.

**SAC-720 (tarjeta de entradas analógicas):**

Tarjeta de entradas analógicas ya sea diferenciales (-10 a +10 V) o unipolares (0 a 10 V), de tal manera que en forma diferencial se puede optar por 8 canales o 16 en unipolar. La ganancia de cada canal es programable (1,2,5,10,20,50,100 y 200). Son controladas por un microprocesador 80C31. Su operación depende de la SAC-700. Alimentación de 5 Vdc.

SAC-700 (tarjeta controladora de entradas analógicas):

Tarjeta controladora de conversión analógica a digital A través de un canal serie (línea reservada en el IBUS-III) se comunica con las tarjetas de entradas analógicas (SAC-720) (16 máximo por canasta); después de realizar la conversión, envía los resultados a la SAC-1887 de la cual también recibe los valores de ganancia por canal (ambas operaciones se realizan a través de FIFOs de profundidad 512x9 bits).

SAC-512 (tarjeta de salidas analógicas de voltaje):

Tarjeta que proporciona cuatro señales analógicas de salida a partir de información digital proporcionada por la tarjeta SAC-1887. La resolución es de 12 bits. El tiempo típico de asentamiento del DAC utilizado es menor o igual a 50 micro segundos. Opera a 5 Vdc.

SAC-421 (tarjeta de entradas digitales por interrupción):

Tarjeta que provee 16 entradas digitales aisladas ópticamente, con capacidad de interrumpir a la SAC-1887 en

caso de algún cambio en el estado de las entradas (alto a bajo, bajo a alto o ambos casos, programable por el usuario, con resolución de 1 ms). Cuenta con un microprocesador 8741 para manejo de la tarjeta; acepta voltajes nominales de 24 a 48 Vdc en un rango de 21 a 58 Vdc. Opera a 5Vdc.

SAC-415 (tarjeta de entradas digitales):

Tarjeta de 16 entradas digitales aisladas ópticamente, direccionables en dos grupos de 8 bits c/u. Los optoacopladores (4N28) aceptan voltaje nominales de 24 y 48 Vdc dentro de un rango de 21 a 58 Vdc. Cada entrada cuenta con un filtro digital con el fin de eliminar ruido y rebotes. Su tiempo de respuesta es de 5  $\pm$  1.5 ms. Opera a 5 Vdc.

SAC-158 (tarjeta de salidas digitales):

Tarjeta que provee 16 salidas digitales con relevador, direccionables en dos grupos de 8 bits c/u. Los relevadores (tipo normalmente abierto) son de contacto de mercurio y soportan hasta 1 A con carga resistiva. Presentan bajo consumo y alta inmunidad al ruido, características de circuitos CMOS. Requiere alimentación de 5 Vdc y 24 Vdc.

SAC-929 (tarjeta de expansión de memoria):

Tarjeta compatible con procesadores de 8 bits. Cuenta

con 96 KB de memoria dividida en 3 páginas de 32 KB c/u. Se pueden instalar en ella memorias RAM (6264), EPROM (2764) y EEPROM (2864) de 8KB. Su alimentación es de 5 Vdc.

En la figura A.1 se muestra un esquema de la forma en que se organizan las tarjetas en las canastas y éstas, a su vez, en un gabinete o rack.

### A.3 Ruta histórica de la línea SAC.

El desarrollo de la línea SAC se inició en febrero de 1984 con el proyecto del simulador de adiestramiento de Laguna Verde, que realiza el Departamento de Simulación, de la división de sistemas de potencia del IIE. Pero sus antecedentes se relacionan con la construcción de la tercera terminal remota que el IIE llevó a cabo en 1979, donde se generó el primer sistema de tarjetas con un 'bus' trasplano que se denominó Interbus y que, a la fecha existe.

De ahí se generó la idea de hacer un sistema con las características que se necesitaban para el proyecto del simulador. Esas características necesitaban una serie de tarjetas simples para aislar galvánicamente las señales provenientes de subestaciones eléctricas, de contactos y de transductores, que sirvieran para separar los lazos de tierra entre ellos y dieran al equipo la capacidad para soportar las pruebas de interferencia.

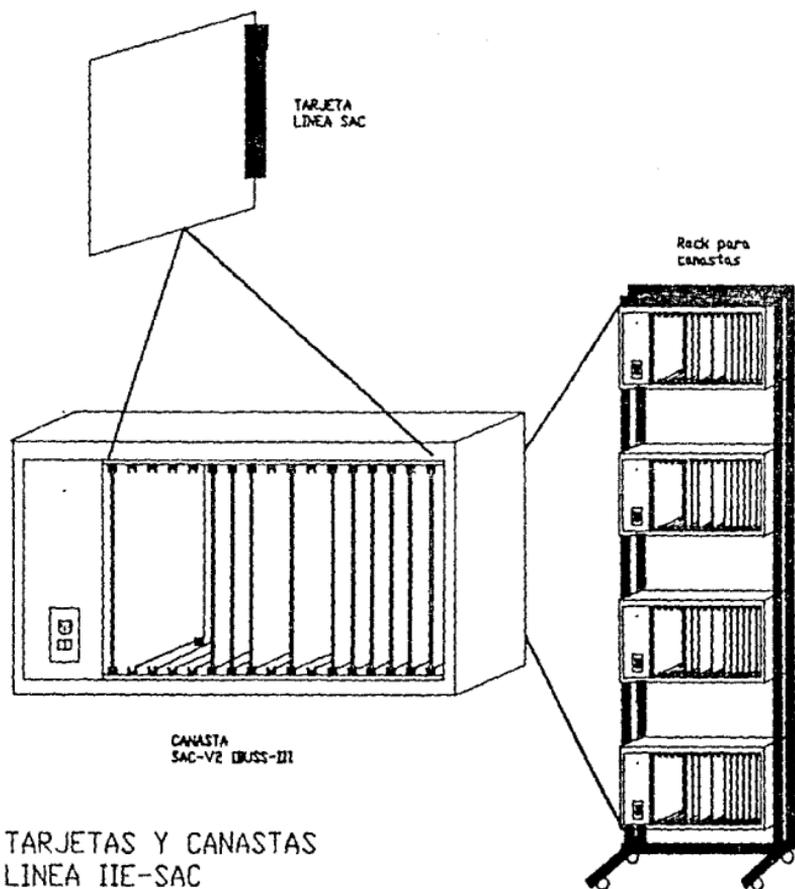


Fig. APENDICE A

UNAM	ENEP ARAGON
INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL	
RUBEN CISNEROS RODRIGUEZ	

Posteriormente, con ese mismo interbus o trasplano, el IIE se abocó a diseñar tarjetas más complejas con microprocesadores.

#### A.4 Funciones de la línea SAC en equipos y sistemas de control.

La línea SAC adquiere en equipos y en sistemas de control funciones especiales que la hacen sumamente confiable. Es importante destacar que dicha línea puede aplicarse a todo tipo de equipos y sistemas de control Industrial.

En un sistema de control distribuido, los elementos que conforman la línea SAC constantemente supervisan las variables de un proceso. Cada variable adquirida por el sistema de adquisición de datos y control se compara contra el valor anterior obtenido. Si se detecta un cambio fuera del umbral de la variable, se procede a normalizar la misma y se compara con los valores de operación confiables que ha fijado el ingeniero de proceso.

Cada acción de control que realiza el sistema consiste en enviar un mensaje al sistema mismo, verificar la operación y actualizar la base de datos del sistema. Cada operación que implique una modificación requiere un alto grado de seguridad, por lo que se emplea un mecanismo de revisión antes de operar, que consiste en que el operador o

el programa de control hacen una solicitud de modificación, el sistema verifica la posibilidad de realizar la operación con éxito y otorga una confirmación para la operación deseada.