

30 24



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y FABRICACION DE TABLERO DE PROTECCION, MEDICION Y CONTROL PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS DE POTENCIA

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N

RENE CASTILLO ORTEGA

HORACIO FRANCO ORTIZ

DANIEL OLIVA SANTOYO



MEXICO D. F.

1990

**FECHA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## INTRODUCCION

En la actualidad, la mayoría de las actividades de la vida -- diaria dependen de la electricidad. Si observamos a nuestro alrededor, la energía eléctrica aparece por todos lados, lo mismo en el hogar, al encender la lámpara, al prender la televisión, al rasurarse; como en otras actividades más complejas como el transporte, la industria, el comercio, los espectáculos, etc.

Pocas personas se han puesto a analizar que para que la electricidad esté siempre a nuestro alcance, deben realizarse ciertos procesos y actividades, a través de las cuales se establece la infraestructura necesaria para llevar la energía hasta los centros de consumo.

Todo sistema eléctrico lo podemos dividir en forma general en las siguientes áreas: generación, transformación, transmisión y -- distribución.

El área de generación está formada por las plantas generadoras, o sea donde se produce la energía, aquí podemos encontrar a las llamadas "convencionales" como son termoeléctricas, hidroeléctricas, nucleoelectricas, etc., o las "no convencionales" como son las solares, las eólicas, las maremotrices, etc.

En lo referente al área de transformación, podemos decir que está constituida por las subestaciones, las cuales las podemos clasificar en elevadoras de voltaje, reductoras de voltaje o de manobra.

Las líneas de transmisión forman la siguiente área y son las encargadas de llevar la energía eléctrica desde el punto de generación hasta los centros de consumo.

Por último, tenemos la red de distribución, la cual como su nombre lo indica, se encarga de distribuir la energía a los diferentes puntos de consumo donde se requiera.

En los párrafos anteriores, hemos hablado únicamente de los elementos constitutivos de un sistema eléctrico en forma general, sin embargo, cada uno de éstos está formado por elementos menores, lo cual no significa que carezcan de importancia, por el contrario, gracias a todos estos elementos en conjunto es que se puede brindar un buen servicio.

Este es el caso de los tableros de protección, medición y control, que son parte fundamental de cualquier tipo de subestación.

Existen muchas definiciones de lo que es un tablero eléctrico, sin embargo, una que podemos considerar bastante adecuada es la siguiente:

"Se llama tablero eléctrico al conjunto de aparatos de protección, medición y control, colocados en forma uniforme sobre una es

estructura metálica o gabinete, los cuales complementados por conexiones eléctricas se encargan de proteger, medir y controlar a un "circuito eléctrico".

Esta definición demuestra la importancia de estos equipos, ya que en pocas palabras, los tableros de protección, medición y control son "el cerebro" de la subestación, lo cual hace necesario -- que cuenten con una calidad indiscutible, que les permita tener un comportamiento óptimo durante su operación.

La calidad del equipo se consigue con un adecuado diseño, fabricación y prueba de los tableros. Esto hace necesario establecer directrices generales y particulares que permitan conseguir este objetivo, las cuales deben incluir por lo menos los siguientes puntos:

- Selección del esquema de protección, medición y control.
- Especificación del equipo.
- Selección de materiales.
- Diseño eléctrico y mecánico, que incluya disposición de equipos, alambrado, conexiones, planos estructurales, planos de montaje, nomenclatura, etc.
- Selección de acabados.
- Control de calidad.
- Pruebas.
- Embarque.

La carencia de literatura adecuada para conseguir los objetivos arriba mencionados, es la razón que nos lleva a la elaboración del trabajo que se desarrollará en los siguientes capítulos.

# INDICE

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS DE PROTECCION, MEDICION Y CONTROL EN SUBESTACIONES DE- POTENCIA.

1.	Fundamentos de protección . . . . .	1
1.1.	Partes principales de un sistema de protección. . . . .	1
1.2.	Tipos básicos de relevadores. . . . .	2
1.3.	Características de operación de los relevadores . . . . .	3
1.3.1.	Relevador de sobrecorriente . . . . .	3
1.3.2.	Relevador direccional . . . . .	4
1.3.3.	Relevador de balance de corriente o voltaje . . . . .	4
1.3.4.	Relevador diferencial . . . . .	5
1.3.5.	Relevador de distancia. . . . .	7
1.3.6.	Protección tipo piloto. . . . .	7
1.4.	Protección primaria y de respaldo . . . . .	9
1.4.1.	Protección primaria . . . . .	10
1.4.2.	Protección secundaria o de respaldo . . . . .	11
1.4.3.	Protección de respaldo remota . . . . .	12
1.5.	Características funcionales de la protección por relevadores . . . . .	12
1.6.	Números de identificación de la función de dispositivos. . . . .	13
2.	Fundamentos de medición . . . . .	16
2.1.	Aparatos de medición. . . . .	16
2.1.1.	Ampérmetro. . . . .	16
2.1.2.	Voltmetro . . . . .	18
2.1.3.	Wattmetro y Varímetro. . . . .	19
2.1.4.	Aparatos varios . . . . .	20
2.1.5.	Transductores . . . . .	21
2.2.	Sistemas de medición. . . . .	21
2.2.1.	Sistema de medición local . . . . .	21
2.2.2.	Sistema de medición remota. . . . .	21
2.2.3.	Sistema de medición mixta . . . . .	22
2.3.	Zonas de medición de una subestación. . . . .	22
3.	Fundamentos de control. . . . .	23
3.1.	Dispositivos de mando y señalización. . . . .	24
3.2.	Dispositivos de control automático. . . . .	24
3.3.	Dispositivos de alarma. . . . .	25
3.4.	Dispositivos de registro. . . . .	26

## CAPITULO II

### SELECCION DEL ESQUEMA DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION

1.	Generalidades . . . . .	27
2.	Normalización . . . . .	27
	2.1. Ventajas. . . . .	27
	2.2. Desventajas . . . . .	28
3.	Símbolos eléctricos . . . . .	28
4.	Diagramas esquemáticos de protección, control y medición. . .	30
	4.1. Diagrama esquemático de protección y medición de alimen- tadores de 23kV telecontrolados, con arreglo en anillo. . .	31
	4.2. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 85kV con onda portadora y sobrecorriente direccional para subestaciones en SF6 con arreglo de doble barra. . .	33
	4.3. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas y cables de 85kV, con hilo piloto y sobrecorriente di- reccional, para subestaciones en SF6 con arreglo de do- ble barra . . . . .	35
	4.4. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 230kV, con onda portadora y distancia para subesta- ciones en SF6 con arreglo de doble barra. . . . .	37
	4.5. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 230kV, con onda portadora y distancia con arreglo de interruptor y medio . . . . .	39
	4.6. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas y cables de 230kV, con hilo piloto y sobrecorriente di- reccional, con arreglo de interruptor y medio . . . . .	41
	4.7. Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 230 y 400kV, con onda portadora y distancia de 3 zo- nas . . . . .	43
	4.8. Diagrama esquemático de protección y medición de un ban- co de 30 MVA, 85/23kV, con arreglo de doble barra en 85 kV y con anillo en 23kV . . . . .	46
	4.9. Diagrama esquemático de protección y medición de un ban- co de 60 MVA, 230/23kV, con arreglo de interruptor y me- dio en 230kV, y doble anillo en 23kV. . . . .	48
	4.10. Diagrama esquemático de protección y medición de un ban- co de 100 MVA, 230/85kV, con arreglo de interruptor y medio en 230kV y doble barra en 85kV. . . . .	50

## CAPITULO III

### DISEÑO Y FABRICACION DE TABLEROS DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION

1.	Diagrama de flujo . . . . .	54
----	-----------------------------	----

2.	Selección y especificación del equipo . . . . .	55
2.1.	Especificaciones para instrumentos y aparatos de medición. . . . .	55
2.2.	Especificaciones de conmutadores de control y transferencia. . . . .	57
2.3.	Especificaciones de relevadores de protección . . . . .	57
3.	Elaboración del diseño eléctrico. . . . .	58
3.1.	Planos. . . . .	58
3.1.1.	Disposición de equipo y perforaciones . . . . .	58
3.1.2.	Diagrama unifilar . . . . .	58
3.1.3.	Diagrama trifilar . . . . .	59
3.1.4.	Listas de alambrado . . . . .	59
3.1.5.	Listas de equipo y material . . . . .	59
3.2.	Modo de elaborar los planos . . . . .	60
4.	Lista de equipo y materiales. . . . .	61
5.	Diseño mecánico . . . . .	61
5.1.	Tipos de tableros . . . . .	61
5.1.1.	Tablero simple abierto. . . . .	61
5.1.2.	Tablero de dos frentes separados. . . . .	63
5.1.3.	Tablero dual. . . . .	63
5.1.4.	Tablero dúplex. . . . .	63
5.1.5.	Tablero de mosaicos . . . . .	66
5.1.6.	Tablero miniaturizado . . . . .	66
5.1.7.	Tablero tipo consola. . . . .	66
5.1.8.	Recomendaciones generales para la selección del tipo de tablero . . . . .	66
5.2.	Partes integrantes de un tablero. . . . .	71
5.2.1.	Tablero de mando. . . . .	71
5.2.2.	Tablero de relevadores. . . . .	71
5.2.3.	Alerón. . . . .	71
5.2.4.	Sección de tablero. . . . .	72
5.3.	Partes integrantes de un tablero dúplex . . . . .	72
5.4.	Disposición de aparatos en los tableros y bus mimico. . . . .	72
5.4.1.	Distancias horizontales y verticales mínimas. . . . .	72
5.4.2.	Bus mimico. . . . .	72
5.4.3.	Perforaciones en los tableros . . . . .	72
6.	Adquisición de equipo y material. . . . .	78
7.	Diseño de hojas de alambrado y conexión . . . . .	78
7.1.	Introducción. . . . .	78
7.2.	Nomenclatura. . . . .	78
7.2.1.	Nomenclatura del equipo . . . . .	78
7.2.2.	Nomenclatura de tablillas de conexiones y blocks	

	de cuchillas de prueba. . . . .	81
	7.2.3. Nomenclatura de secciones de tablero. . . . .	81
	7.2.4. Etiquetas . . . . .	81
	7.2.5. Forma de etiquetar. . . . .	82
	7.2.6. Etiquetado de secciones de tableros . . . . .	82
	7.2.7. Tamaño de etiquetas . . . . .	82
7.3.	Hojas de alambrado. . . . .	82
	7.3.1. Secuencia para elaborar las hojas de alambrado. . . . .	84
8.	Fabricación estructural del tablero . . . . .	86
	8.1. Material. . . . .	86
	8.2. Planos mecánicos de fabricación . . . . .	87
	8.3. Fabricación estructural . . . . .	87
	8.3.1. Prensado y troquelado . . . . .	87
	8.3.2. Punteado y soldado. . . . .	87
	8.3.3. Chapeado. . . . .	87
9.	Elaboración de planos de montaje de ductos, tablillas y equipo misceláneo . . . . .	92
	9.1. Ejemplo típico. . . . .	92
	9.2. Recomendaciones de diseño . . . . .	92
10.	Control de calidad de la estructura . . . . .	95
	10.1. Objetivo. . . . .	95
	10.2. Procedimiento . . . . .	95
11.	Pintado con primario. . . . .	95
	11.1. Requerimientos. . . . .	95
	11.2. Preparación de superficies. . . . .	97
	11.2.1. Limpieza. . . . .	97
	11.2.2. Lavado. . . . .	97
	11.3. Pintado . . . . .	97
	11.4. Aplicación de plaste. . . . .	97
12.	Fabricación de herrajes . . . . .	98
13.	Elaboración de listas de nomenclatura . . . . .	98
	13.1. Procedimiento . . . . .	98
	13.2. Variantes . . . . .	98
14.	Montaje de herrajes . . . . .	99
15.	Fabricación de nomenclatura . . . . .	99
	15.1. Objetivo. . . . .	99
	15.2. Grabado de etiquetas. . . . .	99
	15.2.1. Material. . . . .	99
	15.2.2. Procedimiento . . . . .	99



15.3.	Serigrafía . . . . .	101
15.4.	Conclusiones . . . . .	101
15.4.1.	Grabado por serigrafía . . . . .	101
15.4.2.	Grabado por pantógrafo . . . . .	101
16.	Pintado con acabado final . . . . .	102
17.	Control de calidad de equipo y material . . . . .	102
17.1.	Procedimiento . . . . .	102
18.	Ensamble del tablero y montaje de accesorios . . . . .	102
19.	Montaje de equipo, tablillas y ductos . . . . .	103
20.	Colocación de nomenclatura y bus mímico . . . . .	106
21.	Alambrado . . . . .	106
21.1.	Recomendaciones . . . . .	106
21.2.	Marcado . . . . .	106
21.3.	Colores . . . . .	107
21.4.	Conexiones . . . . .	107
21.5.	Secuencia de alambrado . . . . .	107
22.	Control de calidad final . . . . .	108
22.1.	Procedimiento . . . . .	108
23.	Pruebas . . . . .	108
23.1.	Objetivo . . . . .	108
23.2.	Procedimiento . . . . .	108
23.3.	Inspección visual . . . . .	108
23.3.1.	Objetivo . . . . .	108
23.3.2.	Procedimiento . . . . .	108
23.4.	Prueba de continuidad de alambrado . . . . .	111
23.4.1.	Objetivo . . . . .	111
23.4.2.	Condiciones de prueba . . . . .	112
23.4.3.	Procedimiento . . . . .	112
23.5.	Prueba de resistencia de aislamientos . . . . .	112
23.5.1.	Objetivo . . . . .	112
23.5.2.	Procedimiento . . . . .	112
23.6.	Prueba de potencial aplicado . . . . .	112
23.6.1.	Objetivo . . . . .	112
23.6.2.	Procedimiento . . . . .	113
23.7.	Pruebas de secuencia de operación eléctrica (pruebas de control) . . . . .	113
23.7.1.	Procedimiento . . . . .	113
23.8.	Pruebas de la protección . . . . .	113

23.8.1.	Procedimiento . . . . .	113
23.8.2.	Prueba de la protección de sobrecorriente con- unidad instantánea y de tiempo . . . . .	114
23.8.3.	Prueba de la protección diferencial para banco de transformadores . . . . .	114
23.9.	Pruebas de la medición . . . . .	115
23.9.1.	Procedimiento . . . . .	115
23.10.	Conclusiones . . . . .	116
24.	Embarque . . . . .	116
24.1.	Propósito . . . . .	116
24.2.	Transportación en distancias cortas . . . . .	116
24.3.	Transportación a grandes distancias . . . . .	116
25.	Ejemplo típico para la aplicación del método . . . . .	119
25.1.	Objetivo . . . . .	119
25.2.	Ejemplo . . . . .	119
25.3.	Desarrollo . . . . .	119
25.4.	Sistema de telecontrol . . . . .	119
25.5.	Esquema de protección de bancos de transformadores . . . . .	119
25.6.	Esquema de protección de cables de 230kV . . . . .	128
25.7.	Esquema de protección de barras de 230kV e interruptor de amarre . . . . .	128
25.8.	Esquema de protección de alimentadores de 23kV . . . . .	128
25.9.	Circuitos de polarización . . . . .	128
25.10.	Bloqueos y cierres . . . . .	129
25.11.	Planos de diseño . . . . .	129

#### CAPITULO IV

Conclusiones . . . . .	140
Bibliografía . . . . .	142

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS DE PROTECCION, MEDICION Y CONTROL EN SUBESTACIONES DE POTENCIA.

#### 1. Fundamentos de protección.

Todo sistema eléctrico de potencia se diseña buscando garantizar una calidad y continuidad en el servicio que proporciona; sin embargo, es imposible diseñar un sistema libre de fallas por lo -- que es necesario establecer medios que detecten rápidamente un elemento fallado y se minimice su efecto sobre la operación normal -- del sistema.

Por lo expuesto anteriormente, es imprescindible considerar - dentro de los principales elementos constitutivos de una subestación de potencia, un sistema de protecciones que aisle rápidamente al elemento fallado (interruptor, transformador, alimentador, etc.) y se evite un mayor daño.

#### 1.1 Partes principales de un sistema de protección.

Los elementos siguientes son los que forman parte de un sistema de protección:

- a).- Fuente de alimentación.
- b).- Cables de control.
- c).- Interruptores de potencia.
- d).- Transformadores de corriente y transformadores de potencial.
- e).- Relevadores.

A continuación se dará una breve descripción de los elementos antes mencionados.

- a).- Fuente de alimentación.- El sistema de protecciones se alimenta de una fuente de corriente directa generalmente constituida por un banco de baterías.

El banco de baterías es un grupo de baterías interconectadas en forma tal que se satisfagan las necesidades en capacidad - que impone el sistema de protecciones.

- b).- Cables de control.- Es el conjunto de conductores que interconectan a los diferentes elementos que constituyen el sistema de protecciones.

- c).- Interruptores de potencia.- Es un dispositivo eléctrico destinado al cierre y apertura de un circuito eléctrico, ya sea bajo carga (condiciones normales) o bajo condiciones de corto circuito.
- d).- Transformadores de corriente y potencial.- Transformadores de corriente: son aparatos en los que en condiciones normales -- de operación la corriente secundaria es prácticamente proporcional a la corriente primaria. Básicamente desarrollan dos funciones: transformar la corriente primaria y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.
- Transformadores de potencial: son aparatos en que la tensión secundaria, en condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria. Desarrollan dos funciones: transformar la tensión primaria y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.
- e).- Relevadores.- Son los dispositivos que se encargan de enviar a los interruptores la señal de operación, ya sea cierre o apertura, en el caso de ocurrir una falla en el sistema.

## 1.2 Tipos básicos de relevadores.

Básicamente, los relevadores de protección están constituidos por dos elementos, uno operativo y un juego de contactos.

El elemento operativo es el encargado de tomar la información proporcionada por los transformadores de instrumento, realiza la medición de los parámetros (corriente y/o voltaje) y transfiere el resultado a los contactos.

Los contactos al cerrar, mandan la señal de disparo al circuito de control del interruptor o dan alguna señal de alarma. El relevador normalmente incluye algún indicador visual (bandera) que muestra que ha operado.

Por el tipo de elemento operativo los relevadores se pueden clasificar en dos tipos: Electromecánicos y estáticos.

Los relevadores electromecánicos son aquellos que al paso de una corriente generan un campo magnético, el cual le da movimiento a los contactos. Existen dos tipos principalmente: de atracción -- magnética y de inducción magnética.

El relevador de atracción magnética opera atrayendo un émbolo que se encuentra dentro de un solenoide y el de inducción magnética utiliza el principio de operación del motor de inducción por lo que sólo operan con corriente alterna.

El relevador estático esta formado con dispositivos semiconductores como son diodos, transistores y tiristores, con los cua--

les se hacen unidades lógicas que combinadas realizan alguna función específica.

Por el tiempo de operación, los relevadores los podemos clasificar en: instantáneos, de alta velocidad o con retardo de tiempo.

El término instantáneo significa que el relevador no tiene -- una acción retardada intencional en el cierre de sus contactos. A medida que se incrementó la velocidad de operación de los relevadores, como es el caso de los relevadores estáticos, fue necesario -- introducir el término "alta velocidad" cuyo tiempo de funcionamiento se expresa en ciclos. Los relevadores con retardo de tiempo operan una vez que transcurrió una fracción de tiempo previamente establecida y que generalmente puede ser ajustada a diferentes valores.

### 1.3 Características de operación de los relevadores.

Un relevador puede ser actuado por un solo parámetro, como -- por ejemplo corriente, o por dos parámetros, corriente y voltaje. En este último caso, el relevador puede responder ante alguna relación que guarden los dos parámetros, como son: magnitud, ángulo de fase o a una combinación de ambos.

La relación entre los parámetros y su tiempo de operación pueden ser representados en forma gráfica mediante las curvas de operación del relevador (curvas características), las cuales son de gran utilidad en el ajuste del relevador y su coordinación con los demás dispositivos de construcción.

#### 1.3.1 Relevador de sobrecorriente.

Cuando es necesario limitar el valor de la corriente que fluye por un elemento del sistema, se puede instalar un relevador de sobrecorriente instantáneo que operará inmediatamente después de que se sobrepase un valor de corriente preestablecido. Aun cuando estos relevadores son muy rápidos, siempre requerirán un pequeño lapso de tiempo para operar, como se muestra en la fig. 1.

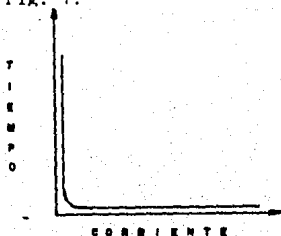


FIG. 1 CURVA CARACTERÍSTICA DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE INSTANTANEO

Cuando se requiere tener un retraso de tiempo en el disparo, se pueden utilizar relevadores donde la operación de los contactos varíe inversamente proporcional a la magnitud de la corriente, como se muestra en la fig. 2. Dependiendo de la pendiente de la curva se clasifican en "inversa", "muy inversa" y "extremadamente inversa".

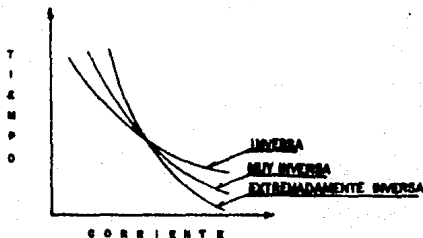


FIG. 2 CURVAS CARACTERISTICAS DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO.

Obviamente, también se pueden fabricar relevadores de sobrevoltaje en los cuales el parámetro que originan su operación sea voltaje. De la misma manera, se pueden fabricar relevadores de baja corriente o bajo voltaje que operen una vez que la magnitud del parámetro escogido baje de un valor predeterminado.

### 1.3.2 Relevador direccional.

Cuando se requiere limitar el flujo de la corriente en un solo sentido se puede utilizar el relevador direccional, que produce un torque positivo cuando la corriente fluye en la dirección requerida con lo que se permite el cierre de los contactos, o en forma contraria, produce un torque negativo cuando la corriente fluye en contra del sentido requerido y mantiene los contactos abiertos.

Para realizar esta función, el relevador requiere de dos parámetros para compararlos, uno de los cuales se le llama "de polarización". Normalmente el parámetro de polarización es una señal de voltaje aunque en ciertas aplicaciones se puede considerar una señal de corriente.

En circuitos de corriente alterna se compara el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje de polarización y en circuitos de corriente directa se comparan las polaridades.

### 1.3.3 Relevadores de balance de corriente o voltaje.

Este tipo de relevador tiene dos elementos, los cuales reciben señales de voltaje o corriente de fuentes diferentes, produciéndose dos torques, uno de operación y otro de restricción. Estos torques contrarios son los que permiten o restringen el cierre de los contactos, dependiendo de la relación -- que guarden uno con respecto al otro.

#### 1.3.4 Relevador diferencial.

Se puede definir este relevador, como aquel que opera -- cuando la diferencia vectorial de dos o más parámetros eléctricos similares exceden un valor predeterminado.

La mayoría de las aplicaciones de la protección diferencial son del tipo diferencial de corriente y toma una gran variedad de formas, dependiendo del equipo a proteger.

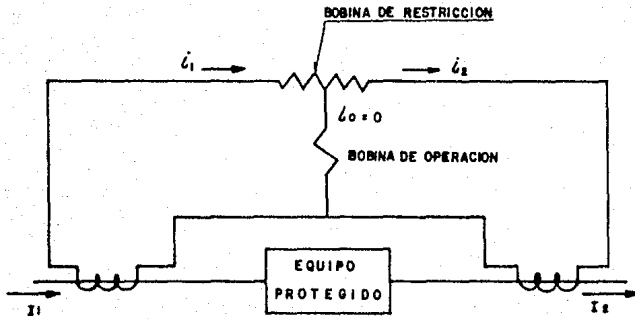
En la fig. 3 se muestra la aplicación más sencilla que se puede hacer.

Como se ve en la figura, se colocan transformadores de corriente (TC) en cada una de las terminales del equipo por proteger y los devanados secundarios de los mismos, se conectan en paralelo a la bobina de operación del relevador.

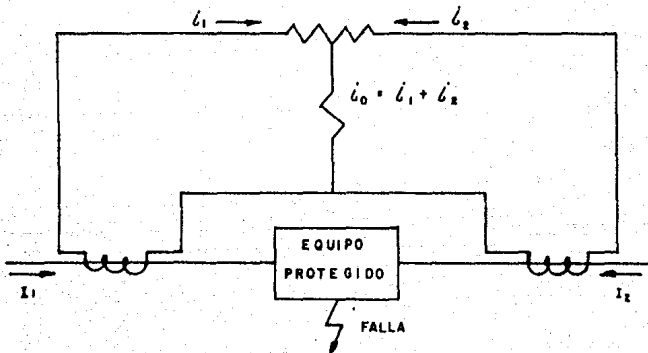
Bajo condiciones normales de operación del equipo protegido, las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  tienen el mismo sentido, originando que las corrientes secundarias  $i_1$  e  $i_2$  únicamente circulen entre los transformadores de corriente (ver figura 3) y en consecuencia la corriente de operación del relevador sea igual a cero.

En el momento que ocurra una falla en el equipo, el sentido de la corriente  $I_2$  se invierte, provocando el mismo efecto en la corriente secundaria  $i_2$ , por lo que la corriente de operación del relevador pasa a ser igual a la suma vectorial de  $i_1$  e  $i_2$ . Esta corriente resultante energiza la bobina de operación del relevador, el cual envía la señal de disparo al interruptor.

En la misma figura se puede observar la presencia de bobinas de restricción cuyo propósito es compensar los errores de transformación de los TC's.



a). Operación normal



b). Operación con falla interna

FIG. 3 PROTECCION DIFERENCIAL DE UN CIRCUITO DE DOS TERMINALES.



### 1.3.5 Relevador de distancia.

El término distancia se emplea en relevadores cuya respuesta se debe a la relación entre un voltaje y una corriente, lo cual se interpreta como una impedancia ( $V/I$ ).

Existen tres tipos básicos de relevadores de distancia: tipo impedancia, tipo admitancia ó mho y tipo reactancia.

En forma general se pueden representar gráficamente los tres tipos de relevadores como se muestra en la fig. 4. El relevador operará cuando la relación entre el voltaje y la corriente quede dentro de la curva característica del relevador tipo impedancia o del tipo admitancia, o debajo de la línea característica del tipo reactancia.

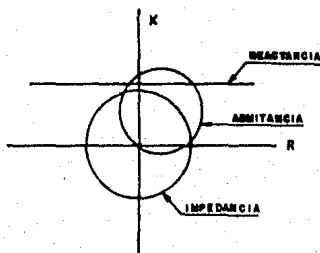


FIG. 4 CURVAS CARACTERISTICAS DE LOS RELEVADORES DE DISTANCIA.

### 1.3.6 Protección tipo piloto.

Las protecciones tipo piloto son una adaptación del concepto de protección diferencial descrita anteriormente, pero aplicado a la protección de líneas de transmisión. La lejanía de los extremos de una línea hacen imposible la interconexión de los devanados secundarios de los transformadores de corriente en una manera práctica por lo que la información de un extremo a otro debe ser enviada de alguna otra manera.

Estas diferentes maneras de enviar la información dan origen a los tres diferentes tipos de protecciones piloto, que en forma general, sólo varían en el tipo de canal de comunicación que emplean. Los tipos son: hilo piloto, onda portadora y microondas.

- a) Protección por hilo piloto.- La protección por hilo piloto utiliza como canal de intercomunicación dos conducto-

res del tipo telefónico a través de los cuales se envía la información en forma de corriente o voltajes; al primer tipo se le conoce como "corriente circulante" y al segundo como "voltaje opuesto". En la fig. 5 se muestra un esquema ilustrativo del principio "corriente circulante".

Como se puede ver en la figura, el principio de operación de la protección es el mismo que el de la protección diferencial, excepto que en este caso se instalan dos relevadores de balance de corriente en los extremos de la línea, los cuales mandan señal de disparo a los interruptores respectivos en caso de que la corriente que entre no sea igual a la corriente de salida, lo cual se interpreta como una falla interna.

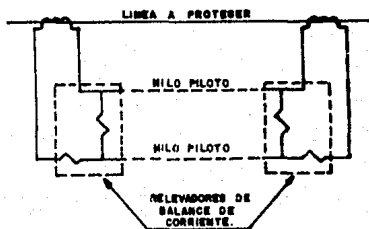


FIG. 5 DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LA PROTECCION POR HILO PILOTO CON EL PRINCIPIO DE "CORRIENTE CIRCULANTE".

- b) Protección piloto por onda portadora.- En este tipo de protección se transmiten señales de alta frecuencia utilizando como canal de comunicación el mismo conductor de la línea. La fig. 6 muestra un diagrama ilustrativo del canal de comunicación.

Como se puede observar en la figura 6, los transmisores de los extremos de la línea intercambian señales de alta frecuencia con los receptores a través de la misma línea de transmisión. La información recibida por los receptores se convierte en una señal de corriente directa que se utiliza para operar un relevador o alguna otra función.

En la misma figura se ven dos trampas de onda que son --

circuitos resonantes que presentan una impedancia insignificante para las corrientes a la frecuencia del sistema de potencia y una alta impedancia para las corrientes de alta frecuencia. Estas trampas de onda tienen por objeto mantener la señal de alta frecuencia en el canal de seado, eliminar posibles interferencias con otros canales y eliminar pérdidas de la señal hacia circuitos de potencia adyacentes.

Existen dos tipos de protección principalmente: comparación de fase y comparación direccional. En el primer caso se comparan los ángulos de fase de las corrientes de entrada y de salida de la línea, sin importar sus magnitudes; para el segundo caso se comparan las respuestas de relevadores direccionales instalados en los extremos de la línea protegida.

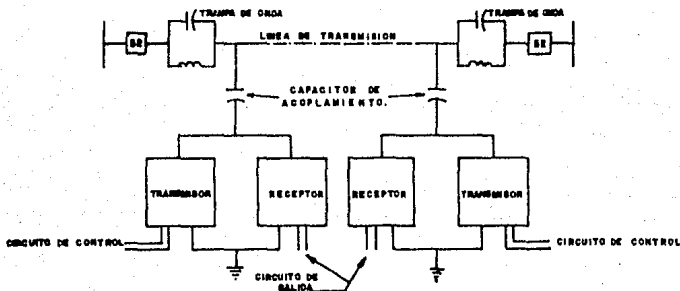


FIG. 6 DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LA PROTECCION PILOTO POR ONDA PORTADORA.

- c) Protección piloto por microondas.- La protección piloto por microondas es un sistema que utiliza ondas de radio para transmitir la información a los extremos de la línea. Los transmisores y receptores son iguales a los utilizados en la protección piloto por onda portadora, eliminándose las trampas de onda que se sustituyen por antenas para la recepción de las señales de radio de ultra alta frecuencia.

#### 1.4 Protección primaria y de respaldo.

En el diseño de un sistema de protecciones se deben considerar todas las zonas que constituyen el sistema eléctrico por prote

ger. Toda zona de protección debe tener de preferencia dos esquemas de protección lo más independientes posibles, y en base a esto se denominan:

- Protección primaria.
- Protección secundaria o de respaldo.
- Protección de respaldo remota.

#### 1.4.1 Protección primaria.

La protección primaria debe operar con la mayor rapidez posible y en primer lugar, por ser la primera línea de defensa. La protección primaria se diseña de tal forma que desconecte la mínima porción posible de un sistema de potencia, de manera que aisle únicamente el elemento fallado (ver fig. 7).

Es evidente que en caso de fallas en la región donde se superponen dos zonas adyacentes de protección, se dispararán más interruptores que el mínimo necesario para desconectar el elemento defectuoso. Pero si no hubiera superposición, una falla en una región entre zonas no estaría situada en ninguna de las dos zonas y por lo tanto, no se dispararían los interruptores.

Un sistema de protección es más seguro en su operación, a medida que tenga menos dispositivos y por lo tanto, menos eslabones que pueden ofrecer posibles puntos de falla. Una protección muy elaborada permite mayor seguridad de que opere, pero por otro lado presenta mayores probabilidades de falla de uno de los elementos, además de su mayor costo.

Las protecciones primarias pueden fallar en cualquiera de los siguientes puntos:

- a) Falla del interruptor, ya sea del mecanismo de operación o del circuito de disparo.
- b) Falla de la alimentación de corriente directa.
- c) Falla de algún relevador.
- d) Falla de los transformadores de instrumentos.

Es por esto que se requiere de protección secundaria y respaldo.

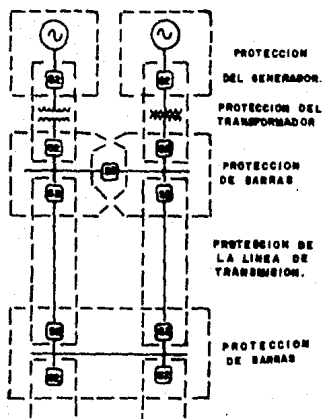


FIG. 7 ZONAS DE PROTECCION Y SU TRASLAPE EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA.

#### 1.4.2 Protección secundaria o de respaldo.

Es la protección que debe operar cuando la protección primaria falla o esta fuera de servicio por mantenimiento o reparación. La protección de respaldo, opera mediante componentes independientes de las utilizadas en la protección primaria, de manera que no pueden ser afectadas por las mismas causas que produjeron la falla en la protección primaria.

Es evidente, que cuando funciona la protección de respaldo se desconecta una parte mayor del sistema que cuando funciona correctamente la protección primaria. Esto es inevitable, si la protección de respaldo va a hacerse independiente de aquellos factores que pueden originar que falle la protección primaria, como se dijo anteriormente. Sin embargo, esta enfatiza la importancia de que la protección de respaldo debe funcionar con suficiente acción retardada como para dar a la protección primaria tiempo suficiente para funcionar, si es capaz de hacerlo. En otras palabras, cuando ocurre un cortocircuito, tanto la protección primaria como la de respaldo inician normalmente su funcionamiento, pero se espera que la protección primaria dispare los interruptores necesarios para retirar el elemento fallado, por lo que, la protección de respaldo se repondrá sin haber tenido tiempo de completar su función. Cuando un conjunto de relevadores proporcionan protec -

ción de respaldo a diversos elementos adyacentes del sistema, la protección primaria, más lenta de cualquiera de aquellos--elementos adyacentes, determinará la acción retardada necesaria para los relevadores de respaldo.

Por otra parte, en casos extremos puede ser imposible --proporcionar cualquier protección de respaldo, por lo que, en esos casos es necesario dar mayor énfasis a la necesidad de --un mejor mantenimiento. Sin embargo, cabe hacer notar que la--protección de respaldo nunca será un sustituto apropiado de --un buen mantenimiento.

#### 1.4.3 Protección de respaldo remota.

Es una protección remota que se activa cuando han fallado, la protección primaria y de respaldo propias de la subestación y es considerada como una tercera línea de protección.

#### 1.5 Características funcionales de la protección por relevadores.

Dependiendo de la importancia y complejidad de una subestación, las protecciones deben seleccionarse de acuerdo a ciertos --términos comúnmente utilizados para describir las características--funcionales de cualquier equipo de protección por relevadores. Estas características son las siguientes:

- a) Sensibilidad.- Según esta característica, un relevador debe --detectar y operar con señales pequeñas, por lo tanto, cual --quier equipo de protección debe ser suficientemente "sensi --ble" para que funcione en forma segura cuando sea necesario.
- b) Selectividad.- Cuando un sistema presenta una falla, debe ope--rar la protección más cercana a la misma sin cortar la ener--gía que alimenta a otras zonas del sistema y seleccionando --los interruptores necesarios que libran la falla, pero tam --bién debe ser capaz de "seleccionar" entre aquellas condicio--nes en que se requiere un funcionamiento más rápido y aque --llas en las que no debe funcionar, o se requiere funcionamien--to de acción retardada.
- c) Velocidad.- La característica de velocidad es importante y --fundamental para disminuir los daños en la zona de falla y e--liminar la posibilidad de afectar el funcionamiento de otras--zonas. La velocidad depende de la magnitud de la falla y de --la coordinación con otras protecciones.
- d) Confiabilidad.- Un requisito básico es que el equipo de pro--tección por relevadores debe ser digno de confianza. Dos fac--tores que contribuyen en forma directa a la confiabilidad --son la simplicidad y la robustez, pero no son ellas mismas la --solución completa, sino que deben considerarse otros factores --como son la mano de obra, la presión de contactos, los mate --

riales de los mismos, la provisión para impedir la contaminación, etc. La aplicación adecuada del equipo de protección -- por relevadores involucra la selección adecuada no solo del e equipo de relevadores sino también de los aparatos asociados.

La confiabilidad es muy importante, por lo que se requiere -- que tanto los relevadores como su equipo asociado se instalen correctamente, estén bien ajustados y se les de un buen mantenimiento, para de esta manera garantizar que operarán cuando así se requiera.

- e) Precio.- Esta característica es un factor relativamente poco importante si se compara el costo del equipo de protección -- por relevadores contra el costo del resto del equipo de la su bestación, por lo que siempre debe tratarse de adquirir la me jor calidad posible, sin caer en la redundancia.

#### 1.6 Números de identificación de la función de dispositivos.

Con el fin de identificar en una forma rápida y sencilla la -- función de cualquier dispositivo utilizado en los diferentes dia -- gramas de sistema eléctrico de potencia se ha establecido una no -- menclatura, a base de números y sufijos, que abrevia su denomina -- ción y la descripción de la función.

A continuación se da una lista de los números más comúnmente -- utilizados en los diagramas de protección, control y medición, pu -- diéndose encontrar la lista completa en la norma americana ANSI -- C37.2-1979.

<u>No.</u>	<u>I D E N T I F I C A C I O N</u>
21	Relevador de distancia.
25	Dispositivo para sincronización o verificación de -- sincronismo.
27	Relevador de bajo voltaje.
32	Relevador de potencia inversa.
37	Relevador de baja corriente o baja potencia.
40	Relevador de campo.
49	Relevador térmico.
50	Relevador de sobrecorriente instantáneo.
51	Relevador de sobrecorriente de tiempo diferido.
52	Interruptor de potencia de corriente alterna.
55	Relevador de factor de potencia.
59	Relevador de sobrevoltaje.
60	Relevador de balance de corriente o voltaje.

No.I D E N T I F I C A C I O N

62	Relevador auxiliar de tiempo.
63	Relevador de presión de gas.
64	Relevador de tensión de fallas a tierra en equipos - eléctricos.
67	Relevador direccional de sobrecorriente.
68	Relevador de bloqueo por falta de estabilidad.
69	Dispositivo de control permisivo.
74	Relevador de alarma.
77	Transmisor de pulsos.
79	Relevador de recierre (corriente alterna)
81	Relevador de frecuencia.
83	Relevador de transferencia automática.
85	Relevador receptor de señal de la protección por hilo piloto u onda portadora.
86	Relevador de bloqueo.
87	Relevador de protección diferencial.
89	Cuchilla desconectadora.
91	Relevador direccional de voltaje.
92	Relevador direccional de voltaje y potencia.

Como complemento de los números de identificación, se utilizan sufijos (letras) que permiten multiplicar la aplicación de los mencionados números a los diversos equipos que se pueden tener en un sistema eléctrico de potencia. Estos sufijos pueden servir para identificar una parte específica de un dispositivo, contactos auxiliares del mismo, o alguna característica que describa mayormente el uso del mismo.

Los sufijos se clasifican en diversos grupos generales y los más comúnmente utilizados se enlistan a continuación.

a) Sufijos que indican dispositivos auxiliares separados.

C	Contactos o relevador de cierre.
IC	Interruptor de control.
O	Contacto o relevador de cierre.
BP	Botón de presión.
XYZ	Relevadores auxiliares.

b) Sufijos que indican la condición o parámetro eléctrico al que el dispositivo responde.

A	Amperes.
---	----------



C	Corriente.
F	Frecuencia.
P	Potencia.
FP	Factor de potencia.
V	Voltaje.
VAR	Potencia reactiva.
W	Potencia real.

- c) Sufijos que indican la localización del dispositivo principal, o tipo de circuito en que se usa el dispositivo, o equipo con el que esta relacionado.

A	Alarma.
CA	Corriente alterna.
B	Bateria o barras colectoras.
C	Capacitor.
CD	Corriente directa.
G	Generador o tierra.
L	Línea.
M	Motor.
N	Neutro.
R	Reactor.
S	Sincronización
T	Transformador.

- d) Sufijos que indican parte de dispositivos principales.

C	Bobina.
CC	Bobina de cierre
S	Solenoides.
SI	Bobina de sello.
TC	Bobina de disparo.

- e) Sufijos para contactos auxiliares de interruptores, cuchillas, relevadores, etc.

- Contacto que está abierto cuando el dispositivo principal está en su posición de referencia, comúnmente considerada como posición de no operado o no energizado, y -- que cierra una vez que el dispositivo pasa a la posición contraria.
- Contacto que está cerrado cuando el dispositivo principal está en su posición de referencia, comúnmente considerada como posición de no operado o no energizado, y -- que abre una vez que el dispositivo pasa a la posición contraria.

- f) Sufijos varios.

TC	Transformador de corriente.
TP	Transformador de potencial inductivo.
DP	Transformador de potencial capacitivo.
LOC	Local.
REM	Remoto.

FU Fusible.  
 FI Falla de interruptor.

Para mayor claridad de la utilización de los números de identificación y los sufijos, a continuación se dan algunos ejemplos:

50FI Relevador de sobrecorriente instantáneo para falla de interruptor.  
 51N Relevador de sobrecorriente de tiempo diferido para fallas a tierra.  
 86X Relevador auxiliar de bloqueo.  
 87T Relevador de la protección diferencial del transformador.  
 87B Relevador de la protección diferencial de las barras colectoras.  
 52a Contacto auxiliar del interruptor de potencia que cierra al cerrar el interruptor.

## 2. Fundamentos de medición.

La seguridad, confiabilidad y adecuada operación de cualquier instalación eléctrica, requiere de la medición y/o registro de los diversos parámetros eléctricos involucrados. El tipo y cantidad de instrumentos de medición a ser instalados, dependerá de la importancia, el tamaño y la complejidad del sistema eléctrico en donde se vayan a instalar.

Existe una variedad muy grande de instrumentos para medición en sistemas de corriente alterna, pero generalmente sus bobinas de corriente tienen una capacidad nominal de 5 amperes y sus bobinas de voltaje de 120 volts, por lo que si la corriente y/o voltaje del circuito exceden estos valores, se requiere instalar transformadores de instrumentos que reduzcan los valores de corriente o voltaje primario por debajo de los valores antes mencionados.

### 2.1 Aparatos de medición.

#### 2.1.1 Ampérmetro (AM).

El ampérmetro es un instrumento de medición utilizado para medir la corriente en un circuito eléctrico. En sistemas de alta tensión se conecta el ampérmetro en serie con el devanado secundario del transformador de corriente.

La fig. 8 muestra la conexión de los transformadores de corriente necesarios para la medición de las corrientes en un sistema de 3 fases 3 hilos.

La corriente de la fase A se mide conectando un ampérmetro entre las terminales 1-3, la corriente en la fase C se mide conectándolo entre 2-3 y la corriente de la fase B se ob-

tiene conectándolo entre 1-2, recordando que en un sistema de 3 fases 3 hilos la suma vectorial de las corrientes es igual a cero.

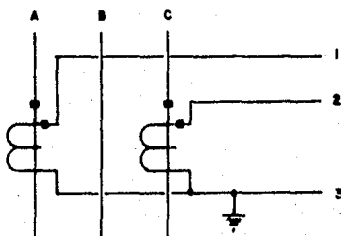


FIG. 8 CONEXION PARA LA MEDICION DE LAS CORRIENTES EN UN SISTEMA DE 3 FASES 3 HILOS

En un sistema de 3 fases 4 hilos como el mostrado en la fig. 9, la corriente A se mide conectando las terminales 0-1 al ampérmetro, para la corriente B se conectan 0-2 y para la corriente C se conectan 0-3. En este caso la suma vectorial de las tres corrientes da como resultado la corriente que fluye por el neutro, que es igual a cero en sistemas balanceados.

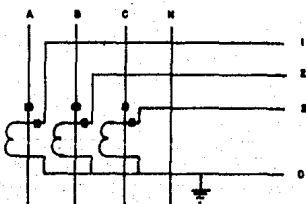


FIG. 9 CONEXION PARA LA MEDICION DE LAS CORRIENTES EN UN SISTEMA DE 3 FASES 4 HILOS

Si la medición de las corrientes no debe ser simultánea o no se quiere instalar tres ampérmeters, la conexión entre los transformadores de corriente y el ampérmetro se hace a través de un interruptor de contactos múltiples mejor conocido como conmutador. Dicho conmutador tiene un arreglo de contactos tal, que transfiere el ampérmetro a las terminales de

la fase donde se requiere medir la corriente, cortocircuitando al mismo tiempo las terminales de los otros transformadores de corriente ya que de no hacerse así, se induciría un alto voltaje entre las terminales que queden abiertas.

### 2.1.2 Vóltmetro (VM).

El vóltmetro se utiliza para medir la diferencia de potencial entre dos puntos, ya sean dos conductores, dos terminales, etc.

Para mediciones de alta tensión en un circuito de corriente alterna, el vóltmetro se conecta a través de un transformador de potencial el cual reduce el valor nominal de la tensión a un valor bajo, comúnmente 120 volts.

Las figuras 10 y 11 muestran la conexión de los transformadores de potencial en un sistema de tres fases, tres hilos y tres fases, cuatro hilos respectivamente.

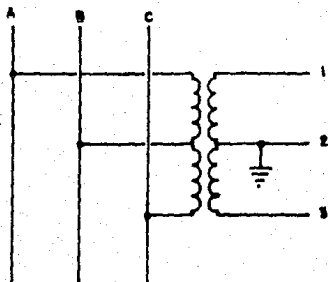


FIG. 10 CONEXION PARA LA MEDICION DE LOS VOLTAJES EN UN SISTEMA DE 3 FASES 3 HILOS.

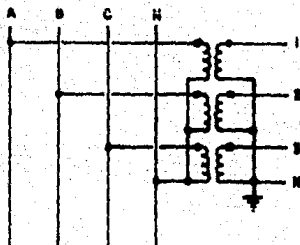


FIG. 11 CONEXION PARA LA MEDICION DE LOS VOLTAJES EN UN SISTEMA DE 3 FASES 4 HILOS.

### 2.1.3 Wáttmetro (WM) y Vármetro (VARM).

Un wáttmetro es un instrumento que se utiliza para medir la potencia real enviada a una carga o grupo de cargas. Realmente, un wáttmetro indica el producto del voltaje por la corriente en fase, por lo que en cualquiera de sus conexiones se requiere al menos una señal de voltaje y una señal de corriente.

El vármetro es un instrumento que mide la potencia reactiva y es básicamente un wáttmetro cuya señal de voltaje se defasa  $90^\circ$ , por lo que las conexiones para ambos tipos de instrumentos son iguales, con la única diferencia que el circuito de voltaje se conecta primeramente a un dispositivo defasador antes de conectarse al vármetro.

Las figuras 12 a 15 muestran las conexiones necesarias para alimentar un wáttmetro o un vármetro, en sistemas 3 fases 3 hilos o 3 fases 4 hilos.

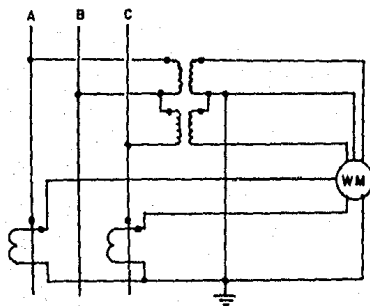


FIG. 12 CONEXION DE UN WATTMETRO EN UN SISTEMA 3 FASES 3 HILOS.

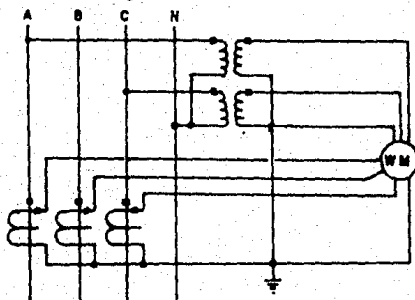


FIG. 13 CONEXION DE UN WATTMETRO EN UN SISTEMA 3 FASES 4 HILOS.

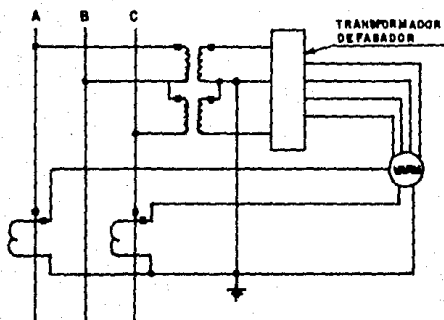


FIG. 14 CONEXION DE UN VARMETRO EN UN SISTEMA  
3 FASES 3 HILOS.

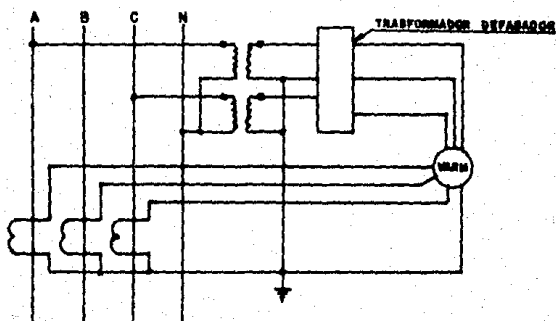


FIG. 15 CONEXION DE UN VARMETRO EN UN SISTEMA  
3 FASES 4 HILOS.

#### 2.1.4 Aparatos varios.

Además de los aparatos antes descritos, se encuentran otros donde básicamente el tipo de conexión es muy similar a las ya descritas por lo que nos concretaremos a mencionarlos a continuación:

- Frecuencímetro (FM).
- Medidor de factor de potencia o factorímetro (FPM).
- Wattorímetro (WHM).
- Varhorímetro (VARHM).

- e) Sincronoscopio.
- f) Medidor de demanda máxima.

### 2.1.5 Transductores.

Cuando se requiere instalar un aparato de medición a una distancia considerable del punto de origen de la señal, es adecuado utilizar transductores. El transductor es un aparato que convierte la señal de medición en una señal proporcional de corriente directa, ya sea milivolts ó miliamperes.

Los transductores se fabrican en la misma variedad que los aparatos de medición antes descritos y su conexión es igual a la del aparato correspondiente y son generalmente usados en la telemedición y telecontrol.

## 2.2 Sistemas de medición.

Los sistemas de medición de una subestación pueden ser de tres tipos:

- a) Medición local.
- b) Medición remota.
- c) Medición mixta.

### 2.2.1 Sistema de medición local.

Este sistema es el más utilizado en subestaciones operadas manualmente. Para este caso, los aparatos de medición se instalan en tableros localizados en el cuarto de control de la subestación.

Cuando las subestaciones son de un tamaño considerable, en ocasiones es necesario instalar casetas auxiliares que permitan reducir la distancia entre el punto de medición y el punto de recepción de la señal. En la caseta auxiliar se adecua la señal normalmente mediante el uso de transductores, los cuales generan señales del orden de miliamperes o milivolts, que son enviadas al cuarto de control.

### 2.2.2 Sistemas de medición remota.

La tendencia moderna en la operación de subestaciones es la de eliminar la necesidad de tener personal permanente asignado en cada una de ellas, estableciéndose en lugar de esto, un centro de operación remota.

Este centro de operación remota supervisa simultáneamente a varias subestaciones, permitiendo esto, que el tiempo de los operadores pueda ser aprovechado en una forma más adecuada.

da.

Este tipo de sistema origina que la distancia entre los sitios donde se realizan las mediciones (subestaciones no atendidas) y el lugar donde se reciben (centro de control) sea considerable, por lo que el envío de señales del orden de -- volts o amperes vuelve a ser inoperante.

Como en el caso de las subestaciones de gran tamaño, las señales de medición se adecuan a través de transductores y generalmente se envían mediante cables telefónicos u otros sistemas de comunicación modernos.

### 2.2.3 Sistema de medición mixta.

Este sistema es una aplicación combinada del sistema local y del sistema remoto, y se aplica en subestaciones de -- gran tamaño donde se desea tener tanto control manual como -- control remoto.

## 2.3 Zonas de medición de una subestación.

Las zonas de medición en una subestación de pueden clasificar de la siguiente forma:

- a) Bancos de transformadores.
- b) Líneas y cables.
- c) Barras colectoras.
- d) Alimentadores de distribución.
- e) Bancos de capacitores.

A continuación se mencionan brevemente los instrumentos de medición que se considera más recomendable instalar de acuerdo a la anterior clasificación de zonas.

- a) Bancos de transformadores.- Aquí conviene disponer de medición de potencia real, potencia reactiva y algunas veces de corriente. En los bancos de transformadores con salida de distribución, conviene instalar wathorímetros trifásicos de -- tres elementos para medir la energía real.
- b) Líneas y cables.- En las líneas de transmisión y cables de potencia a su llegada a la subestación, conviene disponer de medición de potencia real y reactiva, utilizando medidores trifásicos de tres elementos así como medición de corriente.
- c) Barras colectoras.- En las barras colectoras de los diferentes niveles de tensión, es suficiente medir la tensión entre-fases.
- d) Alimentadores de distribución.- En este caso es necesario me-



dir la corriente en las tres fases, utilizando un ampermetro conectado a través de un conmutador de tres vías.

En circuitos que representan puntos de suministro a consumidores industriales de alta tensión, se requiere medición de la energía real y reactiva entregada.

- e) Banco de capacitores.- En los bancos de capacitores es suficiente con medir la potencia reactiva y la corriente.

### 3. Fundamentos de control.

Se entiende por sistemas de control de una subestación al conjunto de instalaciones de baja tensión necesarias para "controlar" las instalaciones de alta tensión.

Los sistemas de control pueden ser operados en las siguientes formas:

- a) Control local.- Se utiliza en subestaciones que cuentan con turnos permanentes de operadores, los que vigilan y operan -- las instalaciones haciendo uso de los mecanismos de mando manual, y auxiliándose de los sistemas automáticos de control y protección de la subestación.

El control local también se utiliza en forma mixta en las subestaciones telecontroladas, para que el personal de mantenimiento pueda operar el equipo cuando se requiera una maniobra especial.

- b) Control remoto.- Se utiliza en subestaciones sin vigilancia permanente las cuales son controladas desde un centro de operación remoto y que sólo en forma ocasional se operan localmente.

El equipo de telecontrol explora continuamente las estaciones remotas e interrogan todos los puntos de indicación como son: posiciones de cierre o apertura de interruptores, puntos de alarmas, puntos de telemedición, etc.; presentando visualmente y en forma continua los datos que hayan sido seleccionados para ese fin. Además el operador del sistema central puede obtener la presentación visual de otras telemediciones que no requieren supervisión continua.

La transmisión de señales entre la estación central y la estación remota se puede llevar a cabo por líneas telefónicas o sistema de onda portadora.

Los sistemas de control están compuestos por los dispositivos siguientes:

- Dispositivos de Mando y Señalización.
- Dispositivos de Control Automático.

- Dispositivos de alarma.
- Dispositivos de registro.

### 3.1 Dispositivos de mando y señalización.

Los dispositivos de mando son aquellos que se utilizan para operar el equipo de desconexión de alta tensión, ya sean interruptores o cuchillas. Estos dispositivos requieren de equipo auxiliar para la correcta ejecución de las maniobras, al cual se le conoce como dispositivos de señalización.

Los dispositivos de mando energizan tanto los circuitos de cierre como de apertura de los interruptores y cuchillas. Estos circuitos pueden ser del tipo corriente alterna o corriente directa, dependiendo de la función a controlar.

En el caso de interruptores, normalmente se utilizan circuitos de corriente directa para su cierre y apertura. Para su apertura o disparo el circuito puede ser del tipo "no protegido", el cual se conecta directamente a las barras de corriente continua, sin protección alguna, con el fin de asegurar al máximo la continuidad en la alimentación. El circuito de cierre es del tipo "protegido" ya que normalmente se conecta a través de un interruptor termomagnético.

Los circuitos de cierre y apertura de cuchillas desconectadas generalmente son del tipo "corriente alterna protegido".

Dentro de los dispositivos de señalización están el bus mímico y las luces indicadoras de posición. Con el bus mímico lo único que se representa es el diagrama unifilar de la subestación, utilizando diferentes colores para los diversos voltajes que se tengan.

Para las luces indicadoras de posición se tienen dos sistemas distintos, uno derivado de la técnica americana (lámpara roja y verde) y otro derivado de la técnica europea (lámpara normalmente apagada).

### 3.2 Dispositivos de control automático.

En algunos casos es conveniente automatizar ciertos tipos de control, con lo cual se puede predeterminar la secuencia de las operaciones de los equipos y así evitar la posibilidad de errores humanos, aumentando también la rapidez de las maniobras correspondientes.

Entre los sistemas automáticos más usados se encuentran los siguientes:

- a) Recierre automático de alimentadores.- Un análisis de las estadísticas de fallas de alimentadores de distribución y transmisión muestra que la mayoría de las fallas son de tipo tran-

sitorio como son descargas atmosféricas, contacto de conductores por oscilación de los mismos, contacto temporal con objetos extraños, etc. Esto significa que en la mayoría de los casos de falla, si se permite la desaparición de la causa de la misma, la línea se podrá energizar de nuevo en forma exitosa.

Esta operación se puede hacer en forma automática a través de esquemas de recierre con lo cual se mejora considerablemente la continuidad del servicio. El esquema de recierre normalmente realiza la primer maniobra de apertura y cierre en forma inmediata, haciendo las siguientes maniobras con cierto intervalo de tiempo con el fin de permitir que la causa de la falla desaparezca.

- b) **Transferencia automática de cargas.**- En ocasiones hay cargas que por su importancia requieren de un respaldo en su alimentación, por lo que, en caso de falla en el transformador de donde se alimenten, se transfiere automáticamente a alguno de los bancos de transformación adyacentes.
- c) **Rechazo de carga.**- Bajo ciertas condiciones de operación como son pérdida de sincronismo, sobrecarga de unidades generadoras, maniobras de recierre, etc., es conveniente desconectar-premeditadamente algunas cargas consideradas como no esenciales, con el objeto de prevenir posibles fallas en el sistema o simplemente por facilitar algún otro tipo de maniobra.
- d) **Regulación automática de voltaje.**- La variación de las condiciones de operación del sistema eléctrico originan que el voltaje del mismo también cambie, por lo que, con el objeto de mantener el voltaje de suministro a los usuarios o para controlar el flujo de reactivos, es necesario regular automáticamente el voltaje en ciertos puntos del sistema.

En el caso de subestaciones, la regulación del voltaje se puede hacer con un cambiador de derivaciones bajo carga integrado al transformador o con reguladores de tensión independientes, pudiéndose establecer una política de aplicación en base a la capacidad y voltaje del transformador.

- e) **Control automático de reactivos.**- Dependiendo de las condiciones de carga del sistema, se puede requerir el suministro o retiro de reactivos a la red eléctrica. Esta maniobra de conexión y desconexión se puede realizar en forma automática mediante controles de voltaje, de tiempo, de reactivos, etc., con lo que se garantiza una mayor calidad en el servicio, dada la rapidez de acción que esto proporciona.

### 3.3 Dispositivos de alarma.

Los dispositivos de alarma pueden ser sonoros y/o luminosos, e indican al operador alguna anomalía en el equipo.

Estos dispositivos se pueden clasificar como sigue:

- Dispositivos de alarma destinados a indicar cuando opera una protección del equipo.
- Dispositivos de alarma que señalan alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo.
- Dispositivos de alarma que informan de algún mal funcionamiento en los circuitos de control, protección o servicios auxiliares.

### 3.4 Dispositivos de registro.

En las subestaciones importantes del sistema eléctrico conviene disponer de aparatos automáticos que registren los incidentes ocurridos, con el objeto de analizarlos posteriormente. En la actualidad se acostumbra a utilizar dos tipos de aparatos que son los siguientes:

- a) Registradores de eventos.- El registrador de eventos es un dispositivo que detecta y registra en forma secuencial una serie de operaciones originadas por una falla en un punto determinado del sistema. La construcción de dicho aparato puede variar de un fabricante a otro, pero en términos generales está formado por un módulo de alimentación, un módulo de control y la memoria, y un módulo de impresión.

Cada vez que opera el registrador, marca la hora, minuto, segundo y hasta milisegundo, en que ocurrió el incidente.

Entre los eventos que detecta un registrador, están los siguientes: posición de interruptores, posición de cuchillas, operación de relevadores, falla de tensión de corriente directa, falla de tensión en los transformadores de potencial, bloqueo de la apertura de un interruptor, sobrecarga en líneas de transmisión, etc.

- b) Oscilaperturbógrafo (OPG).- El OPG es un aparato que registra tanto señales analógicas como digitales durante la aparición de una falla. Las señales analógicas que se pueden tener son corrientes y voltajes de diferentes puntos de la subestación como son líneas, bancos, barras colectoras, etc.

En el caso de las señales digitales se puede tener registro de la operación de los relevadores de protección, operación de interruptores, envío y recepción de señales de disparo, iniciación de recierres, etc. Al igual que en el caso del registrador de eventos, se puede tener un orden cronológico de los eventos, indicando fecha y hora en la que se presentan.

## CAPITULO II

### SELECCION DEL ESQUEMA DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION.

#### 1. Generalidades.

La selección de un esquema de protección, medición y control, es un problema muy complejo, dada la cantidad tan grande de variantes que se pueden tener. En forma general, se puede decir que el ingeniero de diseño se puede basar en tres factores principales para una adecuada selección y que son los siguientes:

- a) Económico.
- b) Prácticas de operación del sistema eléctrico.
- c) Experiencias previas.

Aún tomando en cuenta estos factores, si se le diera el mismo proyecto a varios ingenieros, cada uno realizaría un proyecto diferente ya que es imposible encontrar una solución única o perfecta que contemple todas las contingencias que se pueden presentar durante la operación de un sistema eléctrico. Es más; una solución que se puede considerar adecuada en cierto momento, puede no serla posteriormente, dado que con el tiempo el sistema eléctrico puede modificarse ya sea por crecimiento del mismo o mejoras, o simplemente por cambio en las condiciones de operación, por lo que se debe mantener una revisión constante de cualquier práctica que se adopte.

Ahora bien, una vez que se tiene suficiente experiencia en la realización de una actividad, se pueden establecer reglas y especificaciones que permitan unificar criterios y se simplifique así el problema. A este proceso de unificación de criterios se le conoce como "normalización".

#### 2. Normalización.

En forma general podemos definir normalización como el conjunto de guías y especificaciones que se adoptan para resolver un problema repetitivo. Los principios generales establecidos en la normalización no deben ser rígidos, sino deben tener la suficiente flexibilidad para adaptarse a las características particulares de cada proyecto y a los cambios que ocurran en el sector eléctrico como son nuevas tecnologías, cambios en política de operación, modificación de topologías de la red, etc.

Esta normalización trae consigo ventajas y desventajas como - las que se indican a continuación:

##### 2.1 Ventajas.

- a) Posibilidad de automatizar los diseños a través del uso de equipo de computación, tanto en la elaboración de planos, como en los cálculos y especificaciones.
- b) Reducción de costos de diseño.











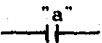
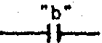
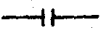



- c) Homogeneidad de las instalaciones.
- d) Reducción en los diferentes tipos de materiales y equipos a adquirir, facilitando así su compra, almacenaje, reposición, etc.
- e) Facilidad en el entrenamiento del personal, tanto del encargado de la ingeniería como el encargado de su operación.
- f) Menores plazos de ejecución de proyectos y de construcción
















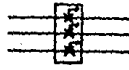
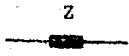
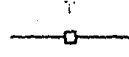
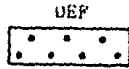
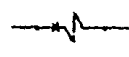

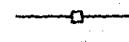
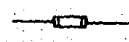
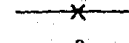

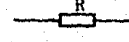
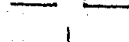
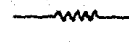
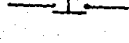
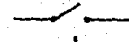
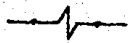
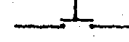



## 2.2 Desventajas.

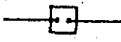
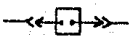
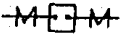
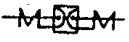
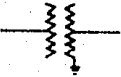
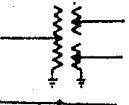
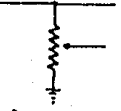
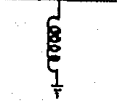
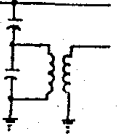
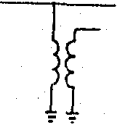
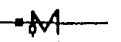
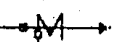
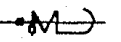
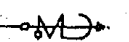
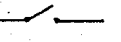
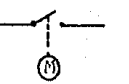
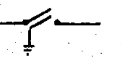
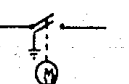
- a) Limitación de las innovaciones.
- b) Mayor dependencia de los proveedores seleccionados.

Aún así, las ventajas de la normalización se consideran mayores que las desventajas, razón por la cual, tanto Comisión Federal de Electricidad como Compañía de Luz y Fuerza del Centro han adoptado ya esquemas normalizados de protección, medición y control, de acuerdo a las características particulares de las instalaciones de cada una. En este capítulo se presentan algunos ejemplos de diagramas normalizados.

## 3. Símbolos eléctricos.

	Señal de alta Tensión.		Señal de corriente de los secundarios de los T.C.'s.
	Señal de disparo por relevadores		Señal de potencial de los sec. de T.P.'s.
	Cruce de señales sin conexión.		Cruce de señales con conexión
	Block de pruebas que permite insertar en serie equipo de pruebas.		Block de pruebas de un circuito de potenciales de los T.P.'s.
	Block de pruebas de un circuito de T.C.'s.		DEF Defasador.
	"a" Contacto normalmente abierto con el equipo desenergizado o "fuera"		"b" Contacto normalmente cerrado con el equipo desenergizado o "fuera".
	Contacto abierto.		Contacto cerrado
	CVM conmutador de voltmetro.		CAM conmutador de ampermetro.

	Commutador de control.		Commutador de sincronización.
	Simbolo general. * Aquí se indica el número o abreviatura del aparato.		Wattorímetro.
	Ampérmetro.		Varhorímetro.
	Vóltmetro.		Frecuencímetro.
	Wáttmetro.		Sincronoscopio.
	Vármetro.		Osciloperturbógrafo.
	Interruptor de potencia con T.C.'s tipo devanado.		Interruptor de potencia con T.C.'s tipo dona
	Block de pruebas de un circuito de corrientes.		Block de prueba de un circuito de potenciales.
	Cuchilla de prueba de T.C.'s o T.P.'s		Tablilla terminal de conexión
	Defasador para vármetro o varhorímetro.		Bobina de corriente para circuitos de T.C.'s.
	Bobina de potencial para circuitos de T.P.'s.		Marca de polaridad.
	Fusible		Marca de polaridad.
	Fusible.		Resistencia.
	Interruptor termomagnético.		Resistencia.
	Botón de apertura momentánea.		Cuchilla desconectadora.
	Bobina de corriente directa		Botón de cierre momentáneo.
	Unidad direccional de disparo		Lámpara indicadora. * Lugar para indicar color.
			Conexión a tierra.

	Interruptor de potencia.		Interruptor de potencia removible.
	Interruptor de potencia, con T.C.'s tipo devanado.		Interruptor de potencia con T.C.'s tipo dona
	Transformador de potencia de dos devanados.		Transformador de potencia de dos devanados secundarios
	Autotransformador de potencia.		Reactor de potencia.
	divisor capacitivo de potencial.		Transformador de potencial.
	Transformador de corriente tipo devanado.		Transformador de corriente tipo devanado de neutro
	Transformador de corriente tipo dona.		Transformador de corriente tipo dona de neutro.
	Cuchilla desconectadora sin carga de operación manual.		Cuchilla desconectadora sin carga. Operación eléctrica.
	Cuchilla desconectadora sin carga con cuchilla de puesta a tierra de operación manual.		Cuchilla desconectadora sin carga, con cuchilla de puesta a tierra. Operación eléctrica.

#### 4. Diagramas esquemáticos de protección, control y medición.

Como se mencionó en el punto 1 de este capítulo, es imposible establecer una solución única que abarque todos los eventos que se puedan presentar en la operación de un sistema eléctrico razón por la cual es que, basándose principalmente en las experiencias previas, es conveniente normalizar los esquemas de protección, con



trol y medición. En este punto mostramos algunos de los arreglos - que son utilizados en la Ciudad de México, por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

#### 4.1 Diagrama esquemático de protección y medición de alimentadores 23kV telecontrolados, con arreglo en anillo.

En la figura 16 se muestra el esquema de protección para alimentadores de 23kV, con arreglo en anillo. Esta protección esta -- formada por los relevadores de sobrecorriente (50/51) y (50/51N) - los cuales ordenan la apertura del interruptor de los alimentadores en caso de falla.

Por otra parte el esquema de protección incluye un relevador- (79) de recierre, el cual realiza la siguiente función: En caso de una falla en un alimentador, opera la protección correspondiente y abre el interruptor inmediatamente. Después de la apertura, el relevador envía inmediatamente una orden de cierre al interruptor. - Si la falla persiste vuelve a dispararse el interruptor. El relevador vuelve a ordenar un segundo recierre pero ahora con un retraso de tiempo ajustado previamente para dar tiempo a que se despeje -- completamente la falla. Finalmente si continúa la falla, hay un -- nuevo disparo y un tercer recierre con mayor tiempo de retraso y - si la falla sigue persistiendo, se disparará el interruptor y se - bloqueará el circuito de recierre, hasta que el personal de mantenimiento despeje físicamente la causa que ocasionó la falla.

En este esquema de protección se emplea los siguientes relevadores:

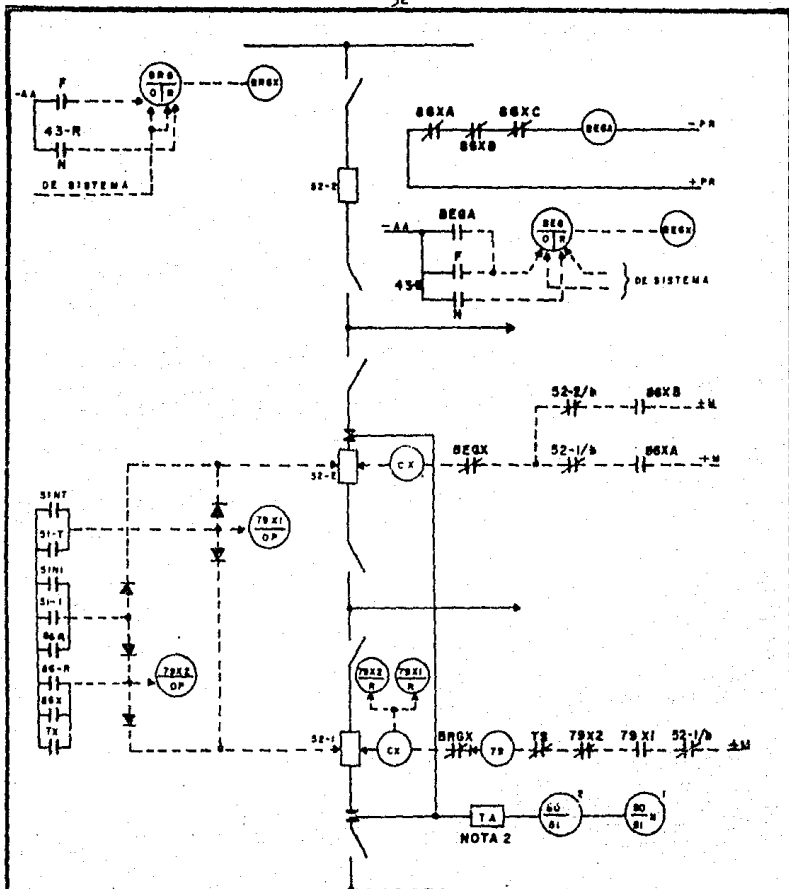
Dos relevadores de sobrecorriente (50/51) del tipo inducción, para protección de fallas de fase a fase en sistemas de 60 Hz con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 2 a 16 amperes y otra unidad instantánea con rango de 20 a 160 amperes y -- contactos de las unidades electromecánicas independientes.

Un relevador de sobrecorriente (50/51N), del tipo de inducción, para protección de fallas de fase a tierra en sistema de 60-Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de -- 0.5 a 4 amperes y otra unidad instantánea con rango de 10 a 80 amperes y contactos de las unidades eléctricas independientes.

Un relevador estático (79) para recierre, de reposición automática, con un recierre instantáneo y tres recierres de tiempo diferibles, ajustables a un máximo de 3 minutos, para tensión de control de 125 volts de corriente directa.

Dos relevadores auxiliares (79X-1) y (79X-2) de operación instantánea y reposición eléctrica, tipo "Latching", de cuatro contactos doble tiro 10 amperes para 125 volts de corriente directa.

Un relevador auxiliar (BEGA) de operación instantánea y reposición automática, con retardo de un segundo para 125 volts de co-



## NOTAS:

- 1.- 43-R, 43-E, BEGA, BEG Y BRGX SON UNICOS POR CADA SUBESTACION.
- 2.- EL TA SE INSTALA UNICAMENTE EN LA FASE B.
- 3.- LA PROTECCION DEL INT. 52-2 ES IGUAL A LA DEL 52-1

FIGURA N° 16

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION ALIMENTADORES 23 KV EN ANILLO TELECONTROLADOS

riente directa; es un relevador auxiliar (BEGA), por subestación.

Dos relevadores auxiliares (BEG) y (BRG) de operación instantánea y reposición eléctrica, tipo "Latching", de cuatro contactos, doble tiro, para 5 amperes y 110 volts de corriente directa. Es un relevador (BEG) y un relevador (BRG) por subestación.

Dos conmutadores (43-R) y (43-E) de bloqueo general de enlaces y recierres tipo miniatura de 3 posiciones (fuera o normal) y 4 contactos con resorte para regresar a posición "C". Es un relevador (43-R) y un relevador (43-E) por subestación.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (CX) y (TX) de operación instantánea y reposición automática servicio pesado, dos contactos doble tiro (DP, DT) con capacidad 10 amperes, para 125 volts de corriente directa. Es un relevador (CX) y un relevador (TX) por interruptor.

#### 4.2 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 85 kV, con onda portadora y sobrecorriente direccional para subestaciones en SF<sub>6</sub> con arreglo de doble barra.

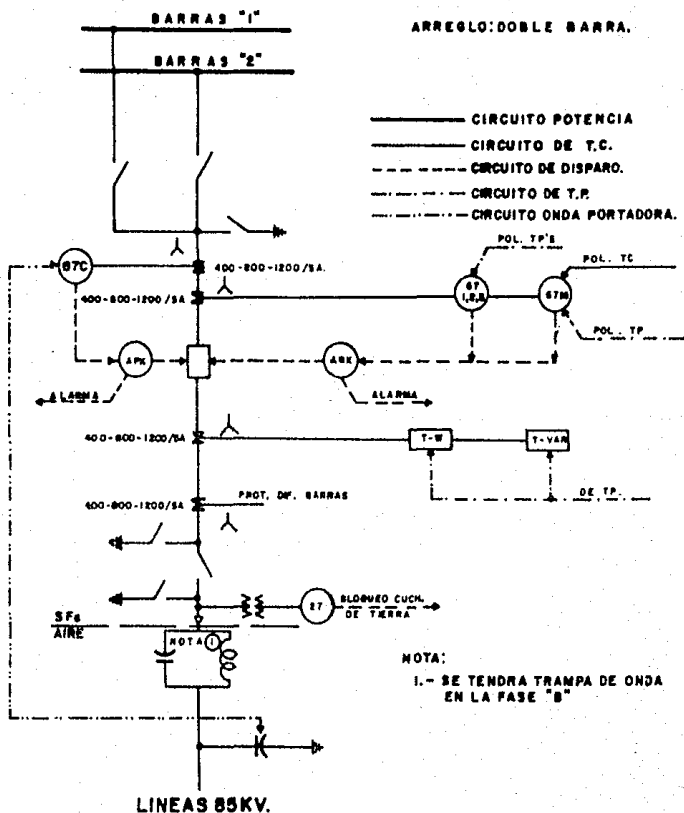
En la figura 17 se muestra como protección primaria una protección diferencial por onda portadora (87C), que protege a la línea de 85kV y al interruptor correspondiente, esta protección dispara el interruptor a través del relevador auxiliar (APX) que se utiliza como relevador de alarma de disparo. Dicho interruptor junto con sus respectivos TC's. están dentro de envoltentes, las cuales se encuentran llenas con un gas a presión que es el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), que sirve básicamente para reducir las distancias, entre partes vivas.

La protección de respaldo esta formada por los relevadores de sobrecorriente direccional (67 y 67N), los cuales toman la señal de corriente de los TC's, que están en hexafluoruro. Esta protección opera a través del relevador auxiliar (ARX), el cual se utiliza como relevador de alarma de disparo, cuya señal puede ser enviada a un centro de control remoto. "

La protección primaria esta formada por un relevador diferencial (87C), con equipo para protección de línea por comparación de fases a través de corrientes portadoras con fuentes de 125 volts de corriente directa.

La protección de respaldo esta integrada por los relevadores siguientes:

Tres relevadores de sobrecorriente direccional (67) del tipo-inducción, para protección de fallas de fases a fase en sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 2 a 16 amperes, y otra instantánea de potencia direccional con rango de 10 a 80 amperes, con polarización de corriente y potencial, para conectarse a circuitos de 125 volts de corriente directa.



ESQUEMA:

PROTECCION PRIMARIA. COMPARACION DE FASES.  
 PROTECCION RESPALDO SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL.

FIGURA Nº 17

U.N.A.M.	
TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION LINEAS 65KV, CON ONDA PORTADORA Y SOBREC.TE. DIRECCIONAL PARA SUBEST. EN SF <sub>6</sub>	

Un relevador de sobrecorriente direccional (67N) del tipo inducción, para protección de fallas de fase a tierra en sistemas de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 2 amperes y otra instantánea de potencia direccional con rango de 4 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencial, para conectarse a circuitos de 125 volts de corriente directa.

Un relevador de bajo voltaje (27), de corriente alterna para detectar no voltaje y dar bloqueo a cuchillas de tierra, con dos contactos normalmente abiertos (NA) y dos normalmente cerrados -- (NC), para 120 volts de corriente alterna, a 60 HZ.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (ARX), con rango de corriente hasta 30 amperes, para alarma de disparos, cuyas bobinas se conectan en serie con las bobinas de disparo de los interruptores.

#### 4.3 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas y cables de 85kV, con hilo piloto y sobrecorriente direccional, para subestaciones en SF<sub>6</sub> con arreglo de doble barra.

En la figura 18 se muestra como protección primaria, una protección diferencial por hilo piloto (87H), que protege a la línea de 85kV, disparando el interruptor a través de la bobina del relevador auxiliar APX que se utiliza como relevador de alarma de disparo.

El sistema de protección de respaldo esta formado por los relevadores de sobrecorriente direccional (67 y 67N); esta protección ordena la apertura del interruptor de la línea a través de la bobina de corriente del relevador auxiliar de alarma de disparo -- ARX.

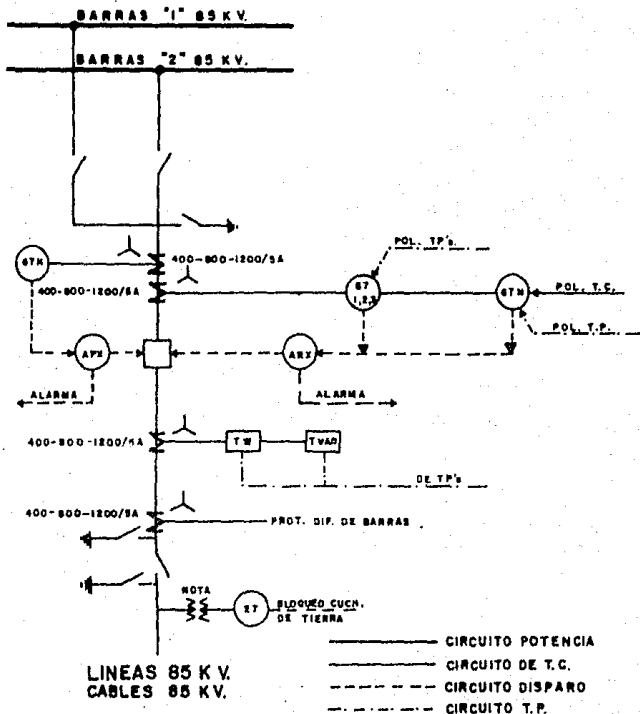
La protección primaria esta formada por un relevador diferencial (87H), de porcentaje variable, por hilo piloto, para sistemas de 60 Hz.

La protección de respaldo esta formada por los relevadores siguientes:

Tres relevadores de sobrecorriente direccional (67), del tipo inducción, para protección de fallas de fase a fase en sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso, con rango de 2 a 16 amperes y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 10 a 80 amperes, con polarización de corriente y potencial para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador de sobrecorriente direccional (67N) del tipo inducción, para protección de fallas de fase a tierra en sistemas de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 2.0 amperes y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 4 a 16 amperes, con polarización de corriente y -

## ARRESLO: DOBLE BARRA




ESQUEMA: PROTECCION PRIMARIA: HILO PILOTO  
PROTECCION RESPALDO: SOBRECORRIENTE DIREC.

NOTA:

1- CUANDO EXISTA T.P. SE INSTALARA EN LA FASE "M" Y SE USARA PARA CABLES EXCLUSIVAMENTE.

FIGURA N° 18

<b>UNAM</b>	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION, LINEAS Y CABLES DE 85KV CON HILO PILOTO Y SOBRE CTE. DIRECCIONAL, PARA SUBEST. EN SF6	

potencial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador de bajo voltaje (27) de corriente alterna para detectar no voltaje y dar bloqueo a cuchillas de tierra, con dos contactos (NA) y dos (NC), para 120 volts de corriente alterna y 60 Hz.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (AR X) con rango de corriente hasta 30 amperes, para alarma de disparos, cuyas bobinas se conectan en serie con las bobinas de disparo de los interruptores y cuyos contactos envían señales de alarma de disparo de las protecciones primaria y de respaldo respectivamente.

#### 4.4 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 230kV, con onda portadora y distancia para subestaciones en SF<sub>6</sub> con arreglo de doble barra.

En la figura 19 se muestra como protección primaria, una protección diferencial, por onda portadora (87C) que protege a la línea de 230 kV, disparando el interruptor a través del relevador auxiliar APX que actúa como relevador de alarma de disparo. Los transformadores de corriente de esta protección se encuentran dentro de envolventes que contienen SF<sub>6</sub> como aislante.

El sistema de protección de respaldo esta formado por la protección de sobrecorriente direccional de tierra (67N) y la protección de distancia (21). La protección de distancia dispara el interruptor de línea, a través de un relevador temporizado (62), pero también dispara con aceleración de zona y disparo permisivo a través de un relevador receptor de señal de onda portadora (85). El disparo instantáneo de la protección 67N también se condiciona al relevador 85, no así el disparo de tiempo que va directo.

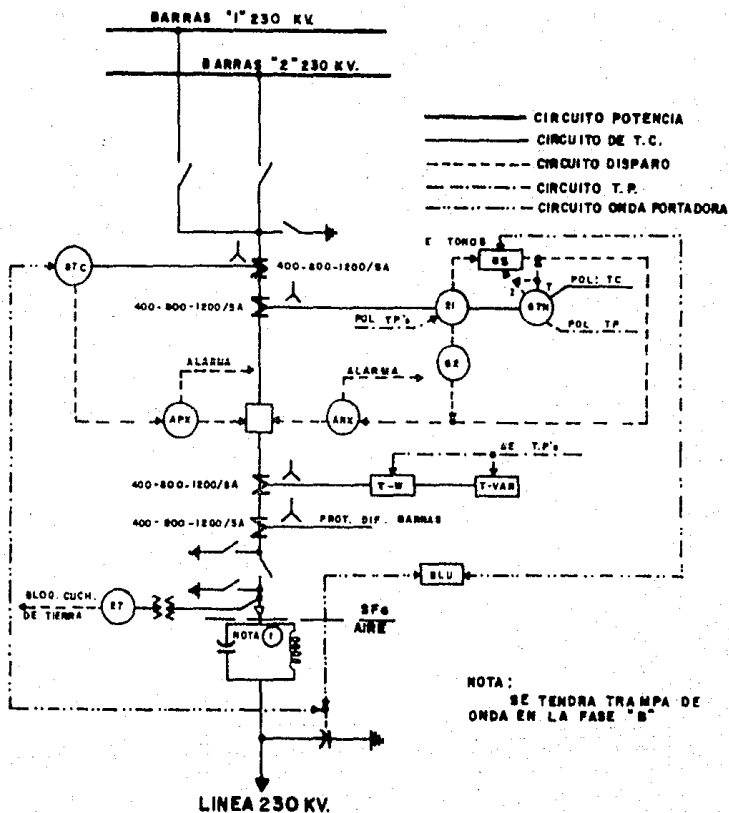
La protección primaria esta formada por un relevador diferencial (87C), con equipo para protección de línea por comparación de fases a través de corrientes portadoras que protege contra cualquier tipo de falla dentro de la zona de la diferencial.

La protección de respaldo esta integrada por los relevadores siguientes:

Un relevador de sobrecorriente direccional (67N) de tipo inducción, para protección de fallas de fase a tierra en sistema de 60 Kz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 2 amperes, y otra instantánea de potencia direccional con rango de 4 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencial para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador de distancia (21) tipo compensado de inducción trifásico y con ajuste de impedancia para rango de 0.2 a 4.35 ohms,

ARREGLO: DOBLE BARRA.



ESQUEMA:

PROTECCION PRIMARIA COMPARACION DE FASES.

PROTECCION RESPALDO Z1 Y Z2 CON DISPARO TRANSFERIDO PERMISIVO CON SOBREALCANCE

FIGURA N° 19

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION LINEAS 230 KV, CON ONDA PORTADORA Y DISTANCIA PARA SUBEST. EN SFS



para conectarse a circuitos de control de 125/250 volts de corriente directa y a sistema de 120 volts de corriente alterna 60 Hz.

Un relevador auxiliar de tiempo (62), tipo estático con ajustes de tiempo de 0.05 a 1 segundo para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador receptor (85) para sistema de onda portadora para conectarse a circuitos de corriente directa.

Un relevador de bajo voltaje (27) de corriente alterna, para detectar no voltaje y dar bloqueo a cuchillas de tierra, con dos contactos (NA) y dos (NC), para 120 volts de corriente alterna y 60 Hz.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (ARX) con rango de corriente hasta 30 amperes, para alarma de disparos, cuyas bobinas se conectan en serie con las bobinas de disparo de los interruptores.

#### 4.5 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de -- 230kV, con onda portadora y distancia, con arreglo de interruptor y medio.

En la figura 20 se muestra como protección primaria, una protección diferencial por onda portadora (87C), que protege a la línea de 230kV y a los interruptores correspondientes. El disparo de esta protección se efectúa a través de un relevador auxiliar de alarma de disparo (APX) y a través de dos unidades direccionales de disparo integradas por un diodo y un condensador en paralelo.

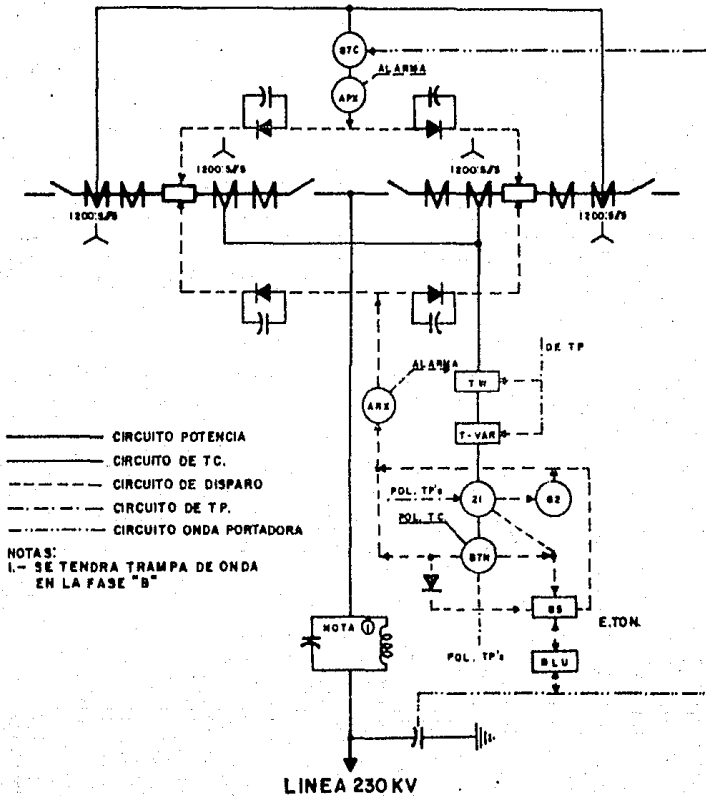
El sistema de protección de respaldo esta formado por la protección de sobrecorriente direccional de tierra (67N) y la protección de distancia (21). La protección de distancia dispara los interruptores de línea a través de un relevador temporizado (62), pero también dispara con aceleración de zona y disparo permisivo a través de un relevador receptor de señal de onda portadora (85). Los disparos de la protección 67N también se condicionan por el relevador 85.

La protección primaria esta formada por un relevador diferencial (87C), con equipo para protección de líneas por comparación de fases a través de corrientes portadoras con fuente de 125 volts de corriente directa.

La protección de respaldo esta formada por los relevadores siguientes:

Un relevador de sobrecorriente direccional (67N), del tipo inductivo, para protección de fallas de fase a tierra en sistemas de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 2 amperes, y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 4 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencia

ARREGLO: INT. Y MEDIO.



ESQUEMA:

PROTECCION PRIMARIA COMPARACION DE FASES.  
 PROTECCION RESPALDO 87N Y Z1 CON DISPARO TRANSFERIDO PERMISIVO CON SOBREALCANCE.

FIGURA N° 20

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL



DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION LINEAS 230 KV CON ONDA PORTADORA Y DISTANCIA.

cial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador receptor (85) de un sistema de ondas portadoras. Un relevador (21) tipo compensador de inducción trifásica, con ajuste de impedancia para un rango de 0.2 a 4.35 ohms, para conectarse a circuitos de control de 125/250 volts de corriente directa y a sistemas de 120 volts de corriente alterna, 60 Hz.

Un relevador auxiliar de tiempo (62), tipo estático, con ajuste de tiempo de 0.05 a 1 segundo para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (ARX) con rango de corriente hasta 30 amperes, para alarma de disparos, cuyas bobinas se conectan en serie con las bobinas de disparo de los interruptores.

#### 4.6 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas y cable de 230kV, con hilo piloto y sobrecorriente direccional, con arreglo de interruptor y medio.

En la figura 21 se muestra como protección primaria, una protección diferencial por hilo piloto (87H), que protege a la línea de 230kV disparando los interruptores a través de la bobina del relevador APX, el cual se utiliza para enviar una alarma remota de disparo. La señal de disparo enviada a cada interruptor pasa por unidades direccionales de disparo.

El sistema de protección de respaldo esta formado por la protección de sobrecorriente direccional de tierra (67-N), polarizada con corriente y potencial, y la protección de sobrecorriente de fases, polarizada con potencial. En forma semejante a la protección primaria, se utiliza un relevador de alarma de disparo (ARX) y unidades direccionales.

Las unidades direccionales de disparo antes mencionadas, sirven para no permitir la salida o entrada de señales de apertura a los interruptores ajenos al sistema de protección antes mencionado.

La protección primaria está formada, por un relevador diferencial (87H) de porcentaje variable, por hilo piloto, para sistema de 60 Hz.

La protección de respaldo está formada por los relevadores siguientes:

Tres relevadores de sobrecorriente direccionales (67) del tipo de inducción para protección de fallas de fase a fase en sistema de 60 Hz, con una unidad de sobrecorriente de tiempo inverso, con rango de 2 a 16 amperes y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 10 a 80 amperes, con polarización de po -

ARRESLO: INT. Y MEDIO.

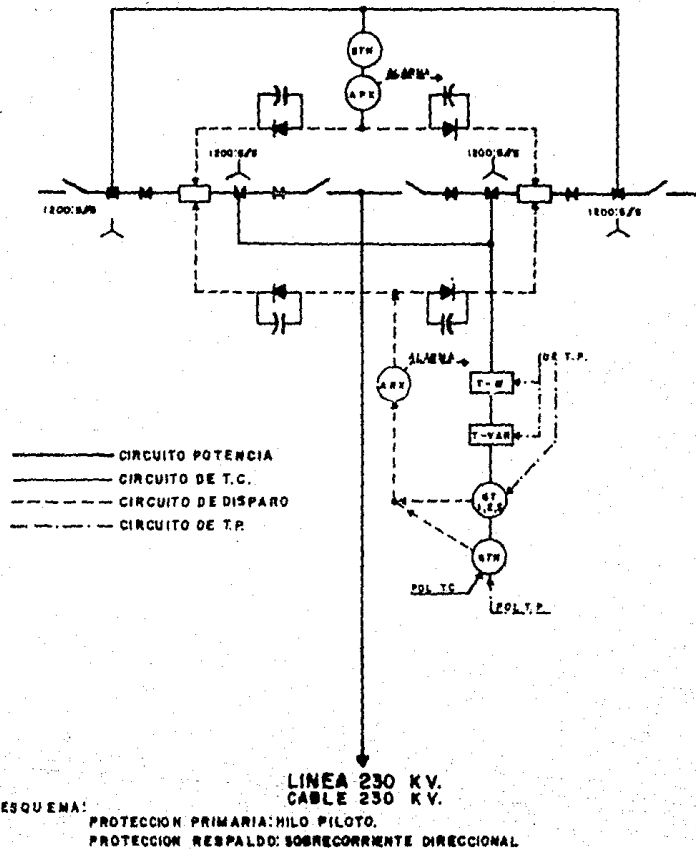


FIGURA N° 21

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION DE LINEAS Y CABLES DE 230KV CON HILO PILOTO Y SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL

tencial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Un relevador de sobrecorriente direccional (67N) del tipo de inducción, para protección de fallas de fase a tierra, en sistemas de 60 Hz, con una unidad de sobrecorriente de tiempo inverso, con rango de 0.5 a 2.0 amperes y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 4 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (ARX) con rango de corriente hasta 30 amperes, para el envío remoto de una alarma de disparo, cuyas bobinas se conectan en serie con las bobinas de disparo de los interruptores.

#### 4.7 Diagrama esquemático de protección y medición de líneas de 230 y 400kV, con onda portadora y distancia de 3 zonas.

En la figura 22 se muestra como protección primaria, una protección diferencial por onda portadora (87C), que protege a la línea, disparando los interruptores correspondientes a través del relevador auxiliar (APX) el cual se utiliza para generar una alarma de disparo. Cabe señalar que el disparo enviado a cada interruptor, pasa a través de unidades direccionales formadas por un diodo y un condensador en paralelo.

El sistema de protección de respaldo, esta formado por los relevadores instantáneos de sobrecorriente (50 y 50N), que cubren las fallas entre fases y de fase a tierra respectivamente. Así mismo este sistema de protección, incluye los relevadores de distancia (21 y 21N), ajustados para 1ª, 2ª y 3ª zona, los cuales también cubren fallas entre fases y de fase a tierra respectivamente.

Las señales de disparo de los relevadores 21 de 1ª y 2ª zona, se bloquean por falta de estabilidad del sistema, lo que es detectado por el relevador 68. Se utiliza un relevador ARX para generar una alarma de disparo de la protección de respaldo.

La protección primaria, está formada por un relevador diferencial (87C), con equipo para protección de líneas por comparación de fases a través de corrientes portadoras, con fuente de 125 volts de corriente directa.

El sistema de protección de respaldo está formado por los relevadores siguientes:

Tres relevadores instantáneos de sobrecorriente (50) en sistema de 60 Hz, 5 amperes, de posición automática, para operar como detectadores de fallas de fase a fase.

Tres relevadores de distancia (21) del tipo inducción, para protección contra fallas entre fases. El esquema de protección mo-

ARREGLO INTERRUPTOR Y MEDIO

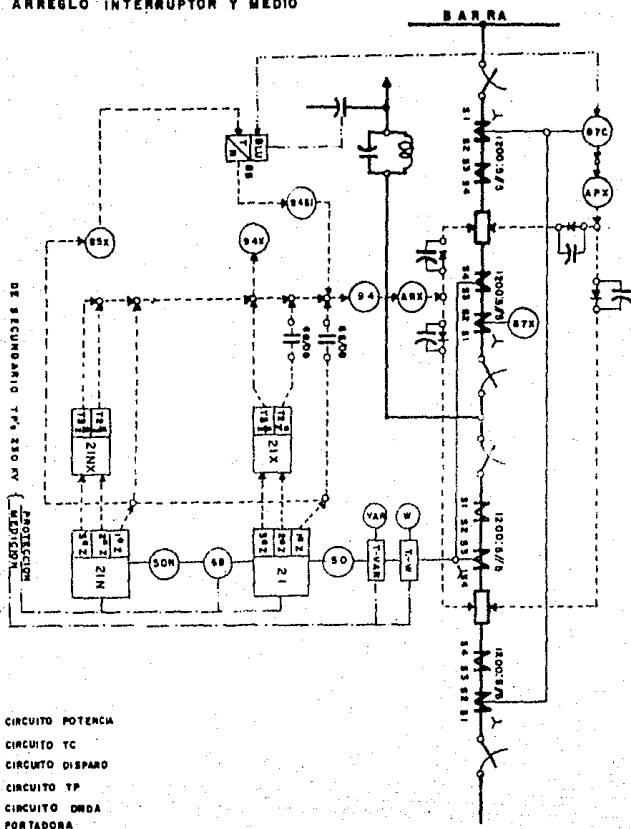


FIGURA N° 22

<b>U.N.A.M.</b>	
TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION, LINEAS 230 Y 400 KV. CON ONDA PORTADORA Y DISTANCIA DE 3 ZONAS.	

monofásico consiste de tres zonas de protección, la 1ª y 2ª zona, de berán medirse por medio de una unidad tipo ohm con un rango de -- 0.25 a 10 ohms y la 3ª zona mediante una unidad direccional tipo mho con un rango de 2.5 a 10 ohms y un ángulo de par máximo de operación de 60°. Los contactos de los relevadores deberán ser de una capacidad momentánea de 30 amperes de corriente directa, para circuitos de control 125/250 volts de corriente directa, provistos -- con banderas de sello de 0.6/2 amperes de autorreposición al abrirse el circuito de disparo y bobina con banderas y botón de reposición manual.

Tres relevadores de distancia (21N) del tipo inducción, para protección de fallas entre fases y tierra. El esquema de protección monofásico consiste de tres zonas de protección, la 1ª y 2ª zona, deberán medirse por medio de una unidad tipo ohm con rango de 0.25 a 10 ohms, y la 3ª zona mediante una unidad direccional tipo mho con rango de 1 a 30 ohms. Los contactos de los relevadores deberán ser de una capacidad momentánea de 30 amperes de corriente directa, para circuitos de control de 125/250 volts de corriente directa, provistos con bobina de sello de 0.6/2 amperes, de autorreposición al abrirse el circuito de disparo y bobina, con bandera y botón de reposición manual.

Un relevador instantáneo de sobrecorriente (50N), para la protección de fallas a tierra y para operar como discriminante de fallas, con rango de 0.5 a 2 amperes, para circuitos de 125/250 volts de corriente directa.

Un relevador auxiliar de disparo instantáneo (94), de reposición automática, voltaje de control de 125 volts de corriente directa, con un contacto tipo "A" y un tipo "C", con capacidad de 3 amperes continuos y 30 amperes momentáneos para cada contacto.

Un relevador de bloqueo por falta de estabilidad (68), tipo impedancia modificada y desplazada (MHO), 120 volts, 5 amperes, -- 60 Hz, para circuitos de 125/250 volts corriente directa, para actuar con los relevadores de protección de fase, con un contacto -- adicional para arranque del Osciloperturbógrafo.

Un relevador receptor (85), para el sistema de ondas portadoras.

Un relevador auxiliar (94X), con dos contactos tipo "C" para 125 volts corriente directa, tiempo mínimo de pico de 3.5 ciclos y de caída de 15 ciclos, de reposición automática.

Un relevador auxiliar (85X), de operación instantánea, de reposición automática, con un tiempo de operación de 8 ms. y de reposición de 32 ms, para circuitos de 125 volts corriente directa, -- con dos contactos tipo "C", con capacidad de 3 amperes continuos y 30 amperes momentáneos.

Dos relevadores auxiliares de tiempo (21X y 21NX), de estado sólido que proporcionan funciones de retardo de tiempo muy estable.

Los relevadores están formados por un circuito capacitivo resistivo de baja energía regulada, para hacer el retardo de tiempo independiente de las variaciones en el voltaje de alimentación, el cual será de 125/250 volts corriente directa, con dos unidades, tres -- tarjetas de 0.6 a 2 amperes, con dos contactos normalmente abiertos y eléctricamente independientes.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (APX) y (ARX) con rango de corriente hasta 30 amperes, para alarma de disparo, - cuyas bobinas se conectan cada una en serie con las bobinas de disparo de los interruptores.

#### 4.8 Diagrama esquemático de protección y medición, de un banco de 30 MVA, 85/23kV, con arreglo de doble barra en 85kV, y con anillo en 23kV.

En la figura 23 se muestra como protección primaria una protección de sobrecorriente instantánea para fallas entre fases (50) y una de sobrecorriente instantánea y de tiempo para fallas a tierra, así como una protección buchholz (63) y una diferencial de -- banco. Estas protecciones disparan el relevador auxiliar de contactos múltiples 86-X que a su vez dispara los interruptores de 85kV y 23kV del banco, librándolo. Las señales de corrientes de la sobrecarga para los relevadores 50 y 50/51N están tomadas de los TC's del lado de 85kV del banco. Las señales de corriente de la protección diferencial están tomadas de los TC's de 85kV lado barras y de los TC's de 23kV lado alimentadores. La protección buchholz, -- que detecta fallas internas del transformador, dispara al relevador 86-X a través de un relevador de alarma de disparo 30-63.

El sistema de protección de respaldo está formado por la protección de sobrecorriente de tiempo 51, con la señal tomada de los TC's del interruptor, del lado del banco, y la protección 50/51T - con la señal tomada del TC del neutro del banco. Estas protecciones disparan el relevador auxiliar (86R), que a su vez dispara los interruptores del lado de alta y del lado de baja del banco.

La protección 87T está formada por tres relevadores diferenciales con 3 devanados cada uno, con restricción de armónicas, 60-Hz, con bandera 0.2-1 amperes, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa, que protegen contra cualquier tipo de falla dentro de la zona de la diferencial.

Los relevadores de sobrecorriente 50/51, son del tipo inductivo, para protección de fallas de fase, en sistema de 60 Hz, con -- unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 2 a 16 amperes y otra unidad instantánea con rango de 20 a 160 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

Los relevadores de sobrecorriente (50/51T) y (50/51N) son del tipo inducción, para protección de fallas de fase a tierra, en sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 4 amperes y otra unidad instantánea con rango de 10



ARRESLO: 85 KV DOBLE BARRA  
25 KV ANILLO

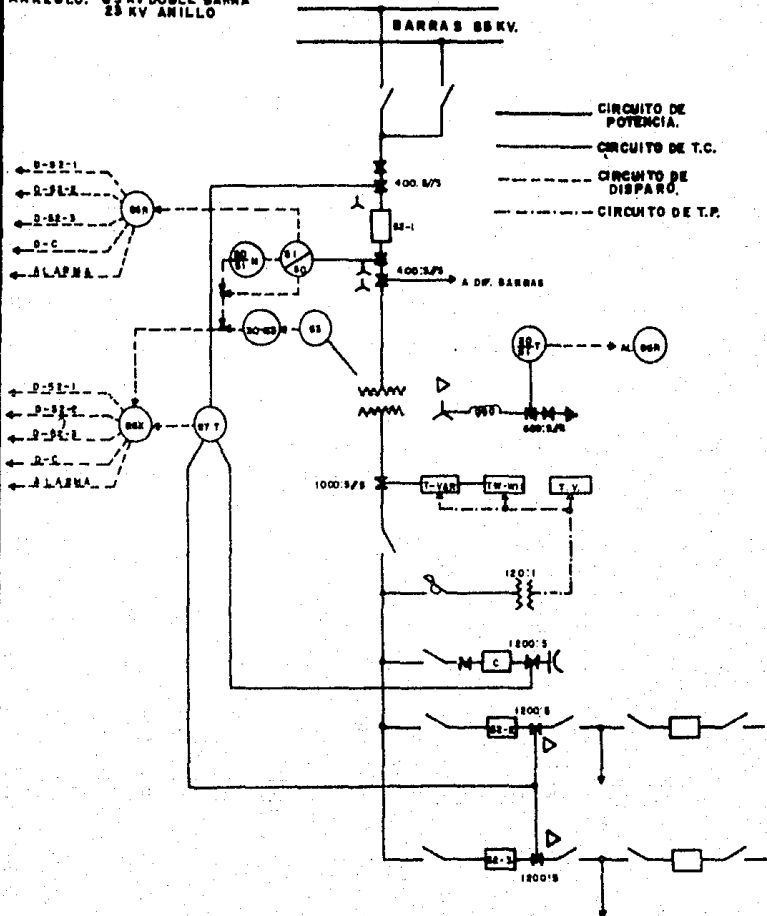


FIGURA N° 23

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION BANCO 30 MVA.  
85/23 KV

a 80 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

El relevador auxiliar detector de corriente (30-63), para alarma de disparo, tiene una bobina de corriente, con capacidad máxima de 10 amperes de corriente directa, que cierra un contacto, enviando una alarma.

Finalmente se utilizan dos relevadores auxiliares (86R) y -- (86X), de operación y reposición eléctrica, para 125 volts de corriente directa, con 14 contactos con capacidad de 20 amperes continuos.

#### 4.9 Diagrama esquemático de protección y medición, de un banco de 60 MVA 230/23kV, con arreglo de interruptor y medio en 230kV, y doble anillo en 23kV.

En la figura 24 se muestra como protección primaria una protección de sobrecorriente instantánea para fallas entre fases (50) y una de sobrecorriente direccional de fallas a tierra (67N) así como una protección buchholz (63) y una diferencial de banco (87T). Estas protecciones disparan el relevador auxiliar de contactos múltiples 86-X que a su vez dispara los interruptores de 230 y 23kV del banco, librándolo. La señal de corrientes para la protección de sobrecarga están tomadas de los TC's de 230kV lado banco a través de transformadores auxiliares de corriente de ajuste de relación de 1/3 en conexión Y/Y. Las señales de corriente de la protección diferencial están tomadas de los TC's 230kV lado barras y de los TC's de 23kV lado alimentadores. Se utilizan transformadores auxiliares de relación 1/4 del lado de 23kV para compensación, conectados en Y/A. La protección buchholz, que detecta fallas internas del transformador, dispara el relevador 86-X a través de un relevador de alarma de disparo 30-63.

La protección de respaldo está constituida por la protección de sobrecorriente de tiempo (51) con la señal de corrientes tomada del mismo juego de TC's que alimenta la protección primaria de sobrecorriente, y por la protección de sobrecorriente instantánea de tierra 50TT y 51T conectada a los neutros del banco, a través de TC's. Estas protecciones disparan el relevador auxiliar 86-R, con excepción del 50TT que dispara únicamente los interruptores de 230 kV. El relevador auxiliar 86-R libera el banco de modo similar que el 86-X.

La protección diferencial está integrada por relevadores de tres devanados con restricción de armónicas, 60 Hz, con bandera de 0.2-1 amper, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa, que protegen al banco contra cualquier tipo de falla dentro de la zona de la diferencial.

Los dos relevadores de sobrecorriente (50/51) son del tipo inductivo, para protección de fallas entre fases con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso, con rango de 2 a 16 amperes y otra --

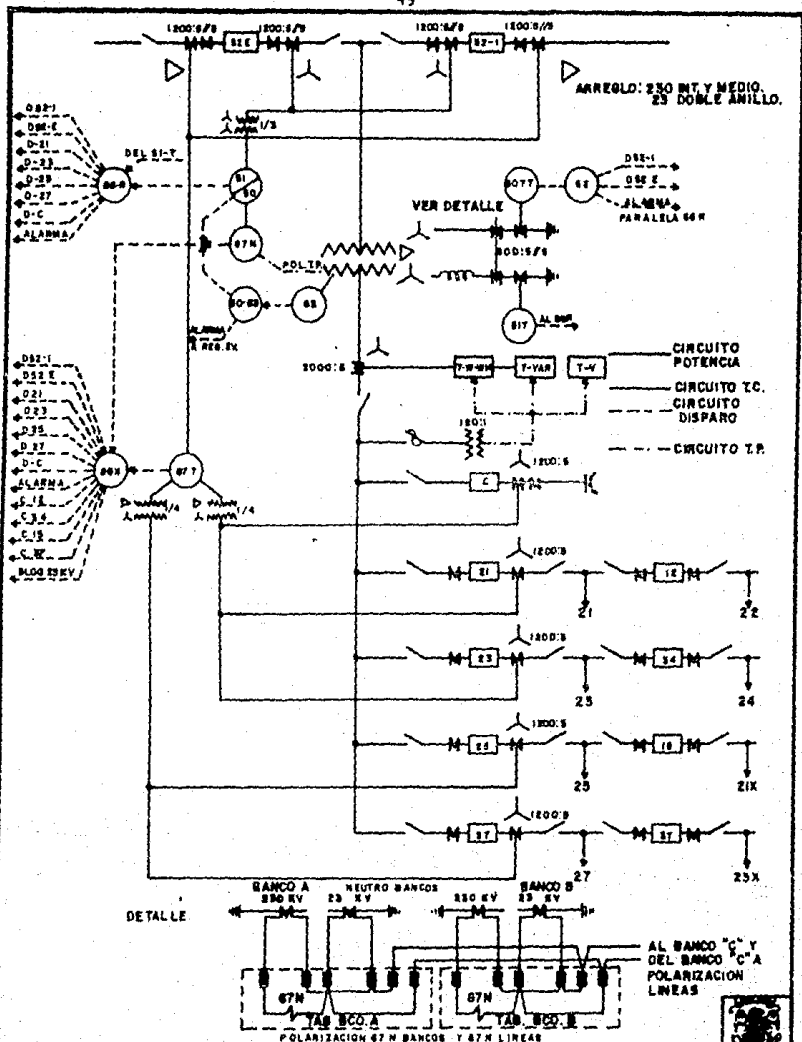


FIGURA Nº 24

U. P. A. M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION BANCO DE 60 MVA 230/23 KV

unidad instantánea con rango de 20 a 160 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

El relevador de sobrecorriente (51T) es del tipo de inducción para protección de fallas a tierra en sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 4 amperes y otra instantánea con rango de 10 a 80 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

El relevador de sobrecorriente (50TT) es del tipo de núcleo - atraído, para protección de fallas de fase a tierra en sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente instantánea con rango de 0.5 a 2 amperes.

El relevador auxiliar de tiempo (62) es del tipo estático, -- con rango de 0.05 a 3 segundos, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

El relevador de sobrecorriente direccional (67N) es del tipo inducción, para protección de fallas de fase a tierra, con sistema de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente de tiempo extremadamente inverso con rango de 0.5 a 4.0 amperes y otra unidad instantánea de potencia direccional con rango de 2 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

Los relevadores auxiliares (86R) y (86X) son de operación y - reposición eléctrica, para 125 volts de corriente directa, con 14- contactos con capacidad de 20 amperes continuos.

También se utiliza un relevador auxiliar detector de corriente (30-63), para señalización de alarma, con una bobina de corriente de 1 amper y un contacto con capacidad de 10 amperes de C.D.

Se observa también el circuito de polarización por corrientes de la protección de sobrecarga direccional de tierra de bancos y - líneas de 230kV, a través de los TC's de los neutros de los bancos y la medición.

#### 4.10 Diagrama esquemático de protección y medición de un banco de 100 MVA, 230/85kV, con arreglo de interruptor y medio en 230KV y doble barra en 85kV.

En la figura 25 se muestra como protección primaria una protección de sobrecorriente instantánea, para fallas entre fases (50) y una de sobrecorriente direccional de fallas a tierra (67N), así como una protección buchholz (63) y una diferencial de banco 87-T- con sobrecarga instantánea y de tiempo para fallas a tierra, intercalada en el circuito de TC's del lado barras de 85kV que alimenta a dicha diferencial. Estas protecciones disparan el relevador auxiliar de contactos múltiples 86-X que a su vez dispara los interruptores de 230 y 85kV del banco, librándolo. La señal de corrientes- para la protección de sobrecarga están tomados de los TC's de 230KV

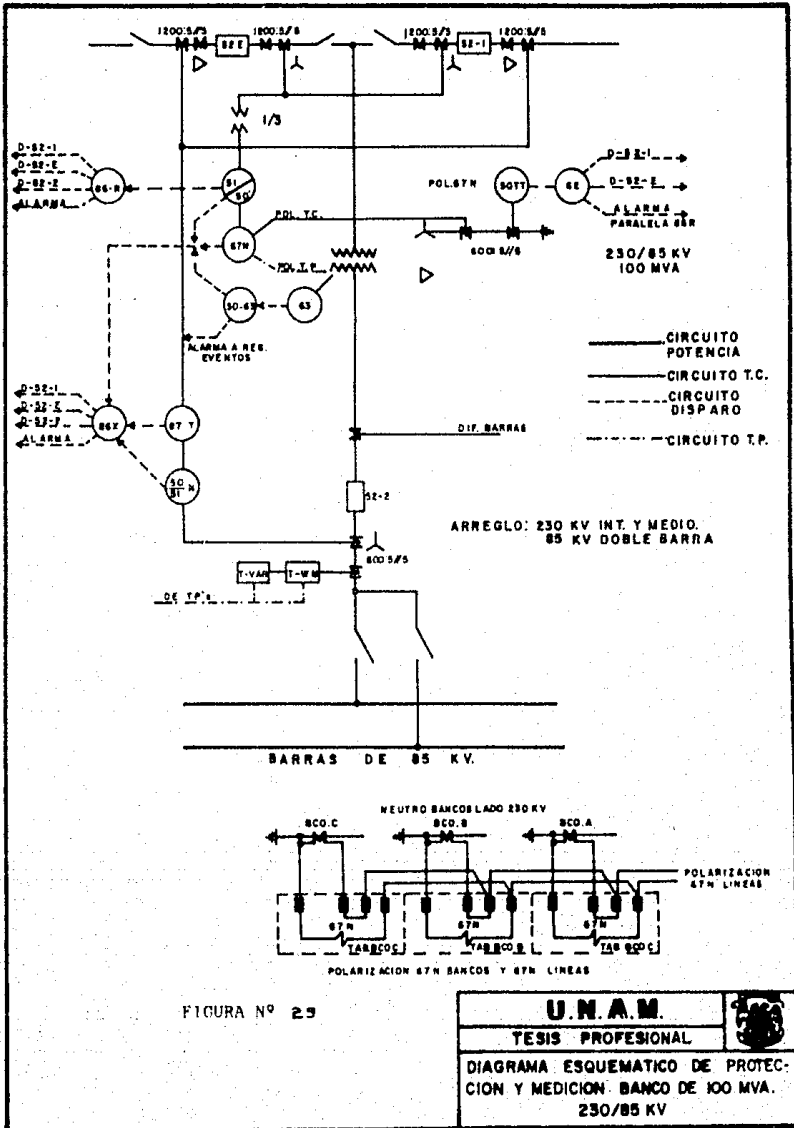


FIGURA N° 29

U.N.A.M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCION Y MEDICION: BANCO DE 100 MVA.  
230/85 KV

lado banco a través de transformadores auxiliares de corriente de ajuste de relación de 1/3. Las señales de corrientes de la protección diferencial del lado de 230kV, están tomadas de los TC's lado barras. La protección buchholz, que detecta fallas internas del transformador, dispara el relevador 86-X a través de un relevador de alarma de disparo 30-63.

La protección de respaldo está constituida por la protección de sobrecorriente de tiempo, (51) con la señal de corrientes tomada del mismo juego de TC's que alimenta la protección primaria de sobrecorriente y por la protección de sobrecorriente instantánea de tierra 50TT, conectada a los TC's del neutro del banco. El disparo del 51 hace operar el relevador auxiliar 86-R, que libera el banco. El disparo del 50TT opera sobre los interruptores de 230kV, a través de un relevador auxiliar de tiempo 62, que también envía una alarma de disparo en paralelo con la alarma del 86R.

Los relevadores de sobrecorriente (50/51) son del tipo de inducción, para protección de fallas de fase a fase, con una unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 2 a 16 amperes y otra unidad instantánea con rango de 20 a 160 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

La protección diferencial (87T) está integrada por relevadores de tres devanados, con restricción de armónicas, 60 Hz, con bandera 0.2 a 1 amper, para conectarse a circuitos de 125 volts de corriente directa.

El relevador de sobrecorriente (50/51N), es del tipo de inducción, para protección de fallas de fase a tierra, en sistemas de 60 Hz, con una unidad de sobrecorriente de tiempo inverso con rango de 0.5 a 4 amperes y otra unidad instantánea con rango de 10 a 80 amperes, ambas con contactos eléctricamente independientes.

El relevador de sobrecorriente (50TT), es del tipo de núcleo atraído, para protección de fallas de fase a tierra en sistemas de 60 Hz, con unidad de sobrecorriente instantánea con rango de 0.5 a 2 amperes.

El relevador auxiliar de tiempo (62), es de tipo estático, con rango de 0.05 a 3 segundos, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

El relevador de sobrecorriente direccional (67N), es del tipo de inducción, para protección de fallas de fase a tierra en sistemas de 60 Hz, con una unidad de sobrecorriente de tiempo extremadamente inverso con rango de 0.5 a 4.0 amperes y otra unidad instantánea, de potencia direccional con rango de 2 a 16 amperes, con polarización de corriente y potencial, para conectarse a circuitos de control de 125 volts de corriente directa.

El relevador auxiliar detector de corriente (30-63) para señalización de alarma, tiene una bobina de corriente de 1 amper, y un contacto con capacidad de 10 amperes de C.D.

También se utilizan dos relevadores auxiliares (86R) y (86X), de operación y reposición eléctrica, para 125 volts de corriente directa con 14 contactos con capacidad de 20 amperes continuos. - Se observa también el circuito de polarización por corrientes de la protección de sobrecarga direccional de tierra de bancos y líneas de 230kV a través de los TC's de los neutros de los bancos, -- así como la medición.

### CAPITULO III

#### DISEÑO Y FABRICACION DE TABLERO DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION.

**INTRODUCCION.**- El objetivo fundamental de este capítulo es el de describir un método para el diseño y la fabricación de tableros de control, protección y medición, basado en la experiencia en dichas actividades que actualmente se tiene en el Taller de Tableros y en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Cia. de Luz y Fuerza del Centro, S. A., así como en información y Tecnología existente en CFE y en algunas compañías privadas tanto como en la experiencia personal.

Con el propósito de dar claridad al método propuesto se incluye a continuación un Diagrama de Flujo de las actividades del mismo.

Las descripciones que así lo ameritan, contienen, dibujos, -- diagramas, etc. que facilitan su claridad, así como argumentaciones que la justifican y recomiendan. Se incluye también, en ellos datos de fabricación tomados de normas vigentes en CFE y CLFC, así como normas internacionales.

En el diagrama de flujo se muestra como actividad inicial la "Selección del Esquema de Control, Protección y Medición". No se incluye aquí su descripción, por estar comprendida en el Capítulo II, y únicamente se menciona como punto de partida.

#### 1. Diagrama de flujo.

En el siguiente diagrama de flujo se muestran las 24 actividades generales que comprenden el método mencionado anteriormente y que son las siguientes:

#### LISTADO DE ACTIVIDADES PARA EL DISEÑO Y FABRICACION DE TABLEROS DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION.

- 1.- Selección del Esquema de Control, Protección y Medición.
- 2.- Selección y Especificación del Equipo.
- 3.- Elaboración del Diseño Eléctrico.
- 4.- Listas de equipo y Materiales.
- 5.- Diseño Mecánico.
- 6.- Adquisición de Equipo y Material
- 7.- Diseño de Hojas de Alambrado y Conexión.
- 8.- Fabricación Estructural del Tablero.
- 9.- Planos de Montaje de Ductos, Tablillas y Equipo Misceláneo.
- 10.- Control de Calidad de la Estructura.
- 11.- Pintar con Primario.
- 12.- Fabricación de Herrerajes.
- 13.- Elaboración de Listas de Nomenclatura.
- 14.- Montaje de Herrerajes.



- 15.- Fabricación de Nomenclatura.
- 16.- Pintado con Acabado Final.
- 17.- Control de Calidad de Equipo y Material.
- 18.- Ensamble del Tablero y Montaje de Accesorios.
- 19.- Montaje de Equipo, Tablillas y Ductos.
- 20.- Colocación de Nomenclatura y Bus Mímico.
- 21.- Alambrado.
- 22.- Control de Calidad final.
- 23.- Pruebas.
- 24.- Embarque.

## 2. Selección y especificación del equipo.

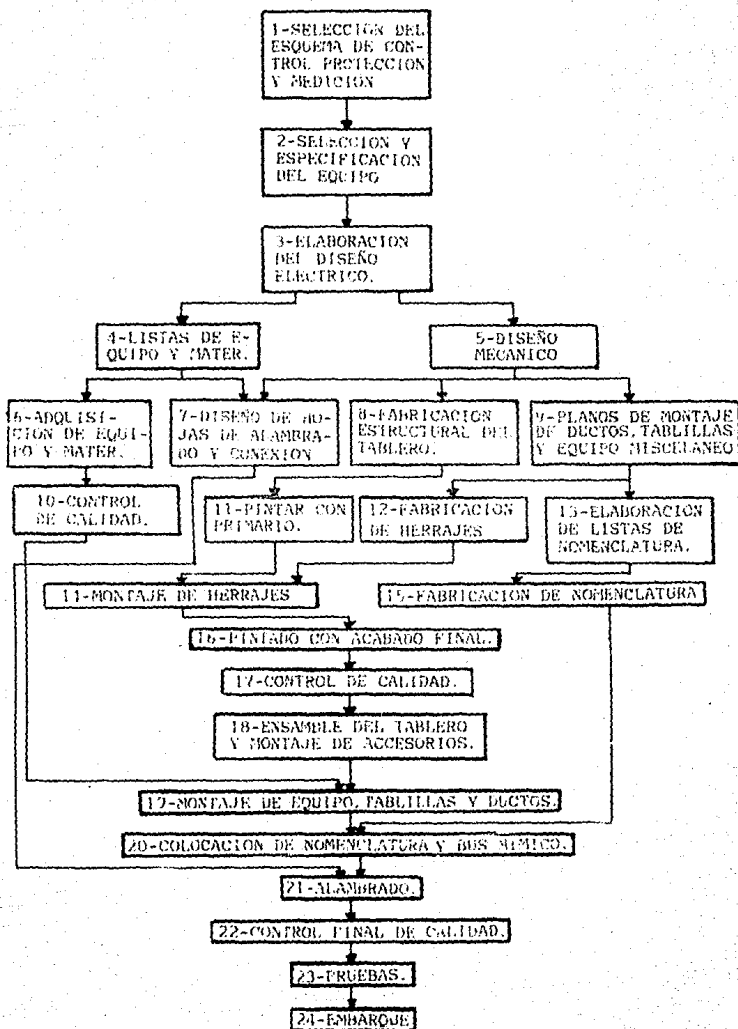
Como ya se mencionó previamente, el objetivo de una protección, es el de mantener una constante vigilancia de un sistema eléctrico de potencia, para asegurar máxima continuidad del servicio eléctrico y minimizar los daños del equipo cuando se presente una falla. Dependerá de la importancia de la continuidad del servicio, así como de las condiciones económicas, la selección del esquema de protección y del equipo correspondiente.

Diferentes fabricantes ofrecen diferentes características en sus equipos, que llenan estas condiciones, pero en general, es necesario elaborar una serie de especificaciones que delimiten los rangos y características que deberán tener los mismos. A continuación se muestra a manera de ejemplo, una forma generalizada de como especificar, a un fabricante, las características que debe tener el equipo proporcionado por ellos, al hacerles un pedido.

### 2.1 Especificaciones para instrumentos y aparatos de medición.

- a) Los instrumentos cubiertos en estas especificaciones serán para montaje vertical en un tablero metálico de 3.2 mm de espesor; su construcción deberá ser lo suficientemente robusta para soportar vibraciones. El elemento móvil estará suspendido por medio de banda tensada (Taut-band).
- b) Los aparatos serán construidos para instalarse en clima tropical (o especificar otro clima), con variaciones en la humedad relativa de 20% a 90%, sin que se modifiquen sus características de precisión, ni sufrir corrosión en las partes expuestas a la intemperie, y operar a 60 HZ.
- c) Todos los instrumentos deben tener caja acabada en color negro mate. La carátula de los instrumentos indicadores deberá ser del tipo circular, con rango de lectura de aproximadamente 270°, y precisión de 1.3 en el segundo tercio de la escala, la que se suministrará con caracteres negros sobre fondo blanco. El diseño y construcción de la carátula deberá ser tal, que la punta de la aguja indicadora no tape ni las marcas ni los números, debiendo estar éstos impresos horizontalmente.

## Diagrama De Flujo



- d) Deberán indicarse las relaciones de transformación requeridas, de los transformadores de corriente y/o potencial así como -- voltajes y corrientes de bobina, constantes de lectura y cali bración.
- e) Los instrumentos deberán tener amortiguamiento de imán permanente para permitir lecturas rápidas y estables, con tiempo - de respuesta de 2 a 2.5 seg. a plena carga.
- f) El aislamiento será clase 750 volts y deberá soportar la prue ba de 2600 volts aplicados durante un minuto.
- g) Todos los medidores de kilowatt-hora y kilovar-hora deben ser para montaje semiembutido tipo removible, y estar provistos - de dispositivos de prueba integrales (Drawout-Type).

## 2.2 Especificaciones de conmutadores de control y transferencia.

- a) Los conmutadores cubiertos en estas especificaciones, deben - ser para montaje semiembutido, en tablero de lámina de 3.2 mm de espesor. Su construcción debe ser lo suficientemente robu s ta para soportar vibraciones.
- b) Los contactos deben ser capaces de soportar 20 amperes conti nuos, 250 amperes durante 3 segundos, 2 amperes de capacidad interruptiva en circuitos inductivos, y 2.5 en circuitos no - inductivos a 125 v.c.c. y clase de aislamiento de 600 volts.
- c) Los conmutadores deben estar contruidos para instalarse en - clima semitropical y con variaciones de temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $35^{\circ}\text{C}$  y variaciones en la humedad relativa de 20% a 90%.
- d) La carátula, el arreglo de los contactos y el cuadro de opera ción y posiciones se especificará en cada caso, en particular.
- e) Todos los casos en que no se especifique la forma de la mani ja, será de tipo pistola y deberá venir incluida con el conmu tador.

## 2.3 Especificaciones de relevadores de protección.

- a) Similar al inciso 2.2, a).
- b) Los aparatos y equipos estarán contruidos para instalarse en clima semitropical, con variaciones de temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $35^{\circ}\text{C}$  y variaciones de la humedad relativa de 20% a 90% sin -- que los aislamientos sufran deterioro ni se modifique el ajus te de los relevadores por estas variaciones. Deberán ser apró piados para operar a 60 Hz.
- c) Todos los relevadores deberán tener bobina de bandera, de co nexión en serie. No se aceptarán con bobina de bandera en pa-

ralelo a menos que así se indique.

- d) Los relevadores auxiliares de disparo, de reposición manual, deben ser tipo rotatorio. Los contactos de todos los relevadores auxiliares deben ser fácilmente intercambiables del tipo "a" al tipo "b" y viceversa.
- e) Los relevadores auxiliares de reposición automática o eléctrica, deben reunir las siguientes características:
- Tener contactos reversibles.
  - Capacidad de los contactos de 10 amperes mínimo.

### 3. Elaboración del diseño eléctrico.

#### 3.1 Planos.

Genéricamente, es el conjunto de diagramas eléctricos, ya sean elementales, unifilares o trifilares, así como los dibujos de las disposiciones físicas de los equipos y los arreglos de los tableros listados de conexiones, listados de materiales y equipos, etc. Estos planos pueden designarse del siguiente modo:

- Disposición de equipo y perforaciones.
- Diagrama unifilar.
- Diagrama trifilar.
- Diagrama esquemático de control, protección y medición.
- Lista de equipo y material.
- Listado de alambrado.

##### 3.1.1 Disposición de equipo y perforaciones.

Este plano debe contener la información siguiente: Arreglo físico general del tablero, mostrando la posición relativa de las secciones del tablero, dimensiones del conjunto y de cada sección (ancho, alto y profundidad), disposición del equipo en cada sección de tablero, cotas de los ejes de centro de cada perforación necesaria para el montaje de relevadores, conmutadores, lámparas, etc. y dimensiones de perforaciones y barrenos proporcionadas por el fabricante de los equipos, posición de los aparatos auxiliares (fusibles, unidades direccionales de disparo, transductores, transformadores de corriente, de ajuste de relación, equipo auxiliar de protección de reposición automática, que no necesita manipulación local de operador y que van montados en el interior del tablero sobre alerones o sobre tableros giratorios o sobrepuestos). Estos planos deben llevar, además, números, letras, y el diagrama sinóptico, necesarios para su identificación.

##### 3.1.2 Diagrama unifilar.

Este diagrama nos muestra mediante una sola línea, las -

relaciones esquemáticas básicas entre los dispositivos de control, protección y medición y el equipo de alta tensión; tales como interruptores de potencia, transformadores, cuchillas, buses, etc., así como los circuitos de transformadores de corriente y potencial y las señales de disparo del equipo de protección. Incluye también datos de relaciones de transformadores de corriente y potencial, etc. Nos muestra, en resumen la filosofía esquematizada de la protección, el control y la medición.

### 3.1.3 Diagrama trifilar.

Muestra el equipo de alta tensión y las tres fases del sistema eléctrico así como las conexiones reales externas e internas de los aparatos de control, protección y medición, a los circuitos de corriente, tomados de los secundarios de los transformadores de corriente y de los circuitos de los secundarios de los transformadores de potencial. Incluye circuitos de corriente directa para los disparos de la protección, el cierre y apertura de interruptores de potencia, y los dispositivos de alarma y señalización, así como dispositivos de comunicación para los disparos transferidos o remotos, o aceleración de zonas para la protección de distancia, etc. Muestra la conexión de registradores de eventos, telemedición y teleindicación, transductores de watts y vars, dispositivos de automatización, etc. En general, es un diagrama que contiene la información suficiente tal como: marca del fabricante y tipo de los equipos, números NEMA (que definen el tipo de dispositivo atendiendo a sus parámetros de funcionamiento), nomenclatura alfanumérica, que localiza los aparatos en el tablero, números de bornes de aparatos y de tabillitas de conexiones y su forma de conectarse, así como el esquema eléctrico interno de relevadores, equipo auxiliar, etc., proporcionado por el fabricante de los mismos, y los cuadros de operación de los conmutadores de interruptor, voltímetros, amperímetros, transferencias, etc.

### 3.1.4 Listas de alambrado.

Es un arreglo sistematizado, en forma de lista, de la información contenida en los diagramas trifilares, referente a la conexión de los equipos de control, protección y medición, suficiente para poder alambrear y conectar físicamente en los tableros, los equipos antes mencionados de manera rápida y precisa. Contiene los números de los bornes de los aparatos y tabillitas, así como identificación alfanumérica de los mismos.

### 3.1.5 Listas de equipo y material.

Estas listas incluyen el equipo y material que va montado en los tableros. Incluye la marca del fabricante, número -

de catálogo o tipo, número de pedido, así como su cantidad y la descripción, rangos de voltaje, capacidades eléctricas, escalas, dimensiones (en su caso) etc. Deberá también indicar la sección del tablero sobre la que van montados, y mencionar el número de autorización de la Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Electricidad (SIC-DGE) dado en esta dependencia de acuerdo con el artículo 51 de la ley de la Industria Eléctrica en vigor.

### 3.2 Modo de elaborar los planos.

La elaboración del diseño eléctrico se hace mediante planos que deberán llenar los siguientes requisitos:

- a) Tener completa claridad y hacer un delineado cuidadoso, tanto de conjuntos como de detalles, empleando los instrumentos adecuados de dibujo.
- b) Las anotaciones y explicaciones deberán ser ejecutadas con caracteres claros y bien hechos empleando plantillas o letras manuscritas. En las acotaciones se empleará invariablemente el Sistema Métrico Decimal.
- c) Deberá incluir una tabla de los símbolos eléctricos empleados, y del significado de líneas, tales como: línea gruesa, delgada, punteada etc.
- d) No deberán mezclarse ningún otro tipo de instalaciones o arreglos que no correspondan a la naturaleza del plano, por ejemplo instalaciones de agua, sanitarias o detalles de construcción civil.
- e) Las dimensiones de planos recomendadas son las siguientes:

85 x 110 cm.  
70 x 110 cm.  
55 x 70 cm.

Deberá dejarse un margen de 5 cm, en el lado izquierdo de cada plano, y otro no mayor de 2 cm, en los tres lados restantes.

- f) Cada plano tendrá que ser identificado por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho donde se indicará lo siguiente:
  - Nombre completo del propietario o razón social.
  - Nombre, firma y número de registro ante la Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Electricidad, del perito responsable, que debe ser Ingeniero Eléctrico o lo que establezca el artículo 210 de la ley de la Industria Eléctrica en vigor.

Las copias de planos que se envíen para aprobación de la Se--

cretaría mencionada arriba, a través de la Oficialía de Partes, deberán ser doblados precisamente en tamaño carta y con el cuadro de identificación a la vista.

#### 4. Lista de equipo y materiales.

Procedimiento.- Se llena el formato que ha continuación se muestra, sobre el que a medida de ejemplo se ha enlistado parte del material y equipo de un tablero cualesquiera. Dicho formato se da como sugerencia para facilitar la elaboración de las mencionadas listas.

#### 5. Diseño mecánico.

Introducción.- Los equipos de control, protección y medición requeridos por los diferentes esquemas, van soportados sobre tableros metálicos. Atendiendo al tipo de servicio que dichos tableros proporcionan, estos pueden clasificarse como tableros para:

- Líneas o cables subterráneos.
- Bancos de transformadores.
- Alimentadores.
- Barras.
- Potenciales.
- Amarres.
- Baja frecuencia.
- Sincronización
- Hilos piloto.
- Onda portadora.
- Falla de interruptor.
- Osciloperturbógrafos.
- Control miniaturizado.
- Terminales remotas para telecontrol.
- Registradores de eventos.
- Etc.

En general, los tableros tienen por objeto el de soportar el equipo, así como los diagramas sinópticos o mímicos, luces indicadoras, alarmas etc. necesarios para centralizar las actividades de control, protección y medición de los sistemas eléctricos de potencia, desde las subestaciones o desde los centros de control, de tal manera que estos sistemas puedan ser operados por una persona en la subestación o a control remoto.

#### 5.1 Tipos de tableros.

##### 5.1.1 Tablero simple abierto.





En el pasado, en subestaciones antiguas de la Cia. de Luz y Fuerza del Centro, han sido fabricados tableros en donde se han montado todos los aparatos en uno o varios tableros de un solo frente, con el alambrado descubierto. Actualmente, debido al mayor tamaño de las subestaciones, así como a la mayor complejidad de las protecciones y al empleo de la automatización, se han desarrollado nuevas técnicas de disponer el equipo en los tableros, así como el arreglo estructural de los mismos, que se ha hecho más funcional (ver figura No. 26).

#### 5.1.2 Tablero de dos frentes separados.

Es un tablero empleado para subestaciones grandes y complejas en donde se montan los dispositivos de control, el diagrama sinóptico (bus mímico), los indicadores luminosos, los aparatos de medición, etc, sobre los frentes de tableros del tipo Simple Abierto que van colocados dentro de una sala, en un lugar fácilmente visible y accesible para el operador. Los aparatos de protección, y equipo auxiliar de la misma, se montan en tableros similares pero separados, colocados al fondo de la sala, retirados del operador, o inclusive fuera de la sala, dentro de casetas tipo intemperie, cerca de la zona de alta tensión de la subestación con el propósito de reducir las distancias entre dichos tableros y el equipo de alta tensión que protegen, evitando el empleo de grandes calibres y grandes tramos de cable de control.

#### 5.1.3 Tablero dual.

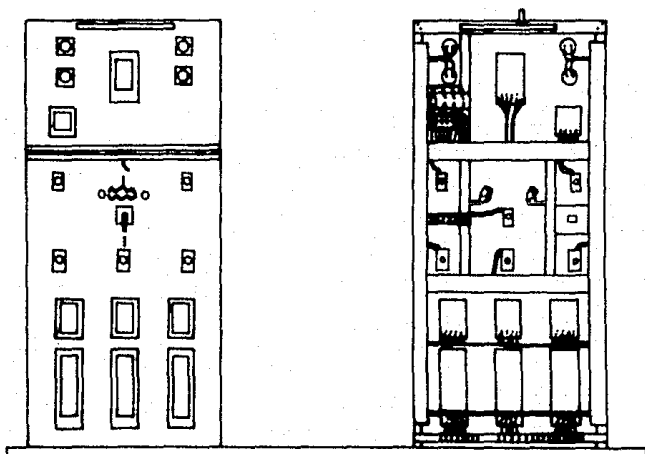
Es un tablero de un solo frente armado en forma de gabinete, con tapas que cubren el alambrado en la parte posterior y a los lados, y que aloja el equipo de protección. Por lo general, estos tableros se montan separados de los tableros de control. En algunos casos también incluyen el equipo de control y medición (ver figura No. 27).

#### 5.1.4 Tablero dúplex.

Es un arreglo desarrollado en los Estados Unidos y se emplea para subestaciones de tamaño medio. Los aparatos de control indicadores y mandos, van colocados en la parte frontal de un tablero que va unido a otro, colocado en la parte posterior, mediante un techo. Los relevadores y el equipo auxiliar de protección, se montan en el tablero posterior. Varios de estos tableros van unidos entre sí formando una especie de caseta, con un pasillo central y puertas en los extremos.

La desventaja de este arreglo, es que muchas veces se necesita más área para la colocación de los aparatos de protección que para los de control y medición, obligando así a fabricar los tableros frontales más grandes. Parte de este pro-

## TABLERO TIPO SIMPLE ABIERTO



VISTA FRONTAL

VISTA POSTERIOR

FIG. No. 26

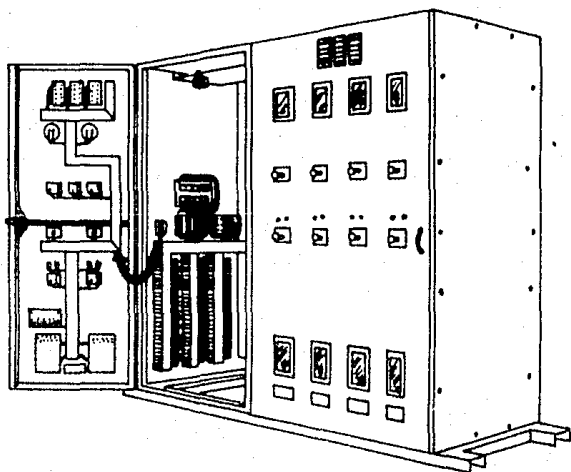
U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



TABLERO TIPO SIMPLE ABIERTO

## TABLERO TIPO DUAL



VISTA FRONTAL

FIG. No. 27

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



TABLERO TIPO DUAL

blema se resuelve agregando tableros interiores (colocados en el pasillo) llamados alerones, como se verá más adelante (ver figuras No. 28 y 28A).

#### 5.1.5 Tablero de mosaicos.

Este es un tablero modular, fabricado por medio de mosaicos de área pequeña (4 cm. cuad. aproximadamente), que al ser acoplados como un rompecabezas, se va integrando un esquema sinóptico funcional, que incluye conmutadores de control miniaturizados para apertura y cierre de interruptores, indicadores miniaturizados para medición con señales procedentes de transductores de watts, vars, etc. y que es además un mimico que corresponde al arreglo de barras de alta tensión de la subestación. Este tipo de tablero es conveniente para subestaciones automatizadas, operadas a control remoto, donde los relevadores de protección se montan en tableros de un solo frente, con la parte del alambrado descubierta (sin techos ni tapas), y separados del tablero de control, dentro de salones de tableros.

#### 5.1.6 Tablero miniaturizado.

Es un tablero similar al del tipo Mosaico, pero en lugar de utilizar un armado tipo rompecabeza, se emplea un tablero metálico de área reducida, sobre el que se montan los conmutadores miniaturizados para el cierre y la apertura de interruptores de potencia y la medición, siguiendo un bus mimico dibujado sobre el mismo (ver figura No. 29).

#### 5.1.7 Tablero tipo consola.

Es un tablero dispuesto a manera de escritorio que aloja en forma compacta el equipo de control y el bus mimico para facilitar el trabajo del operador, al ofrecer una visión total del arreglo de la subestación. Este tipo de tablero ha sido actualmente substituído por los tableros miniaturizados, debido al empleo de la automatización (ver figura No. 30).

#### 5.1.8 Recomendaciones generales para la selección del tipo de tablero.

Para subestaciones chicas de 85/23kV con 2 bancos de transformación de 30 ó 60 MVA de potencia cada uno, se puede recomendar el empleo de tableros tipo dúplex con alerón en pasillo.

Para subestaciones de 230/85/23kV con hasta 4 bancos de 30 ó 60 MVA c/u, es recomendable el uso de tableros tipo mosaico para el control, el bus mimico, los indicadores lumino-

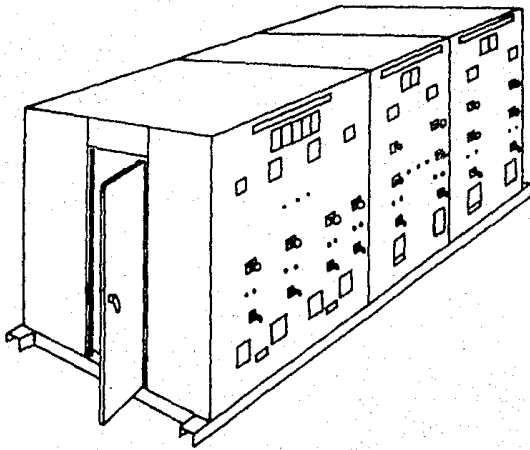


FIG. No. 28

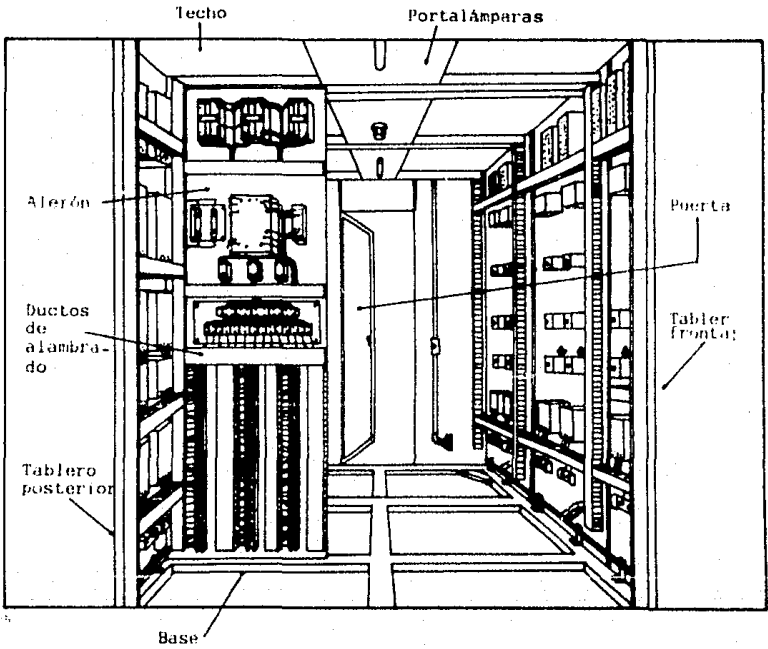
U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL




TABLERO TIPO DUPLEX

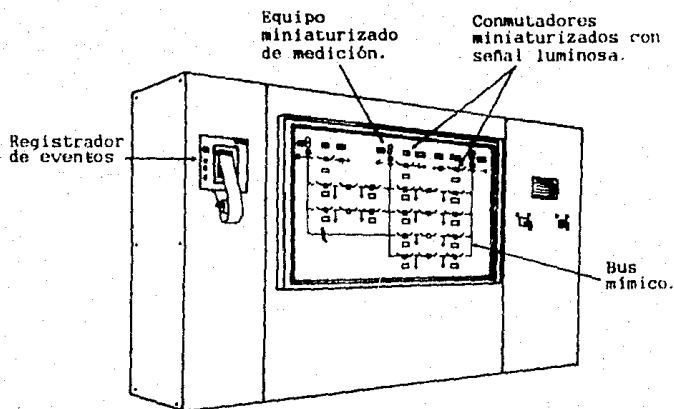
### TABLERO TIPO DUPLEX



VISTA INTERIOR

FIG. No. 26 A

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
TABLERO TIPO DUPLEX VISTA INTERIOR	



Tablero Miniaturizado para el cierre y apertura local y remota de interruptores de potencia

FIG. No. 29

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

TABLERO MINIATURIZADO

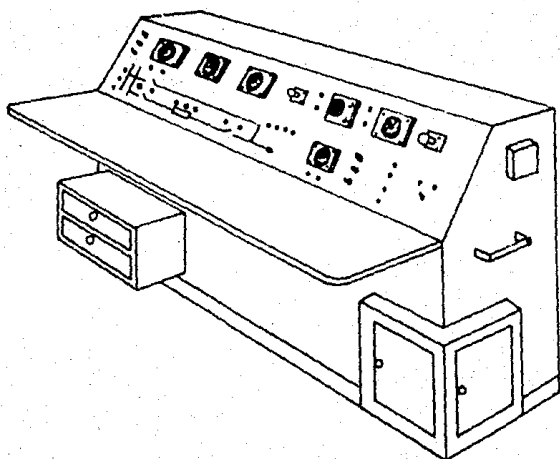


FIG. No. 30

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



TABLERO TIPO CONSOLA



sos y la medición.

Los relevadores y el equipo auxiliar de protección, se pueden montar sobre tableros de un solo frente con el alambrado descubierto dentro o fuera de la sala de tableros.

Para subestaciones grandes de 400/230/23kV es más económico y funcional colocar los tableros de protección dentro de casetas cercanas al equipo de alta tensión que protegen y colocar el equipo de control, señalización y medición sobre un tablero miniaturizado dentro de la sala de tableros de la subestación.

## 5.2 Partes integrantes de un tablero.

Con el objeto de dar los lineamientos generales para el diseño mecánico de tableros, tomaremos un tablero dúplex como prototipo, ya que como se verá, todas las variantes, con algunas excepciones, están comprendidas en él, verbigracia; en el tablero dúplex va por una parte (al frente) el control y por otra (en la parte posterior) la protección y en el resto de los otros tipos de tableros va por una parte (en un tablero miniaturizado o en una consola o en un tablero de un solo frente) el control y por otra la protección.

Por lo antes dicho, y viendo la figura No. 31 de un tablero dúplex explosionado, hagamos las siguientes definiciones:

### 5.2.1 Tablero de mando.

Es la parte frontal de un tablero dúplex o un tablero tipo consola o miniaturizado o de un solo frente que contiene el equipo de control, medición, señalización, indicación, --- alarmas, bus mímico, necesario para el control mediante operador o remoto de los interruptores de potencia, señales de medición, alarmas, etc., y se designa con la letra M.

### 5.2.2 Tablero de relevadores.

Es la parte posterior de un tablero dúplex o de un solo frente que contiene el equipo de protección y el equipo auxiliar, se designa con la letra R.

### 5.2.3 Alerón.

Tablero formado por una lámina colocada del lado del --- alambrado de los aparatos y perpendicular a un tablero de mando o de relevadores que contiene equipo auxiliar que no re quiere de observación o de reposición de operador. Se designa con la letra A y lleva el número de la sección a que pertenece.

ce, por ejemplo A3.

#### 5.2.4 Sección de tablero.

Parte fraccionaria de un tablero. Estas secciones de tablero se llamarán simplemente "tablero" y se enumerarán de izquierda a derecha empezando por el 1 viendo los tableros de mando o de relevadores por el lado de las carátulas de los aparatos, para el caso de los tableros "Dúplex" el número de la sección de los tableros de relevadores corresponde con el número de la sección de los tableros de mando. Por lo tanto un "tablero M3" corresponderá a la sección No. 3 de la parte frontal (Tablero de Mando) de un tablero "Dúplex" o al 3er. tablero de un arreglo de tableros de un solo frente con equipo de control y medición.

#### 5.3 Partes integrantes de un tablero dúplex.

En el dibujo explosionado de un tablero dúplex, podemos observar sus partes, que son las siguientes (ver figura No. 31).

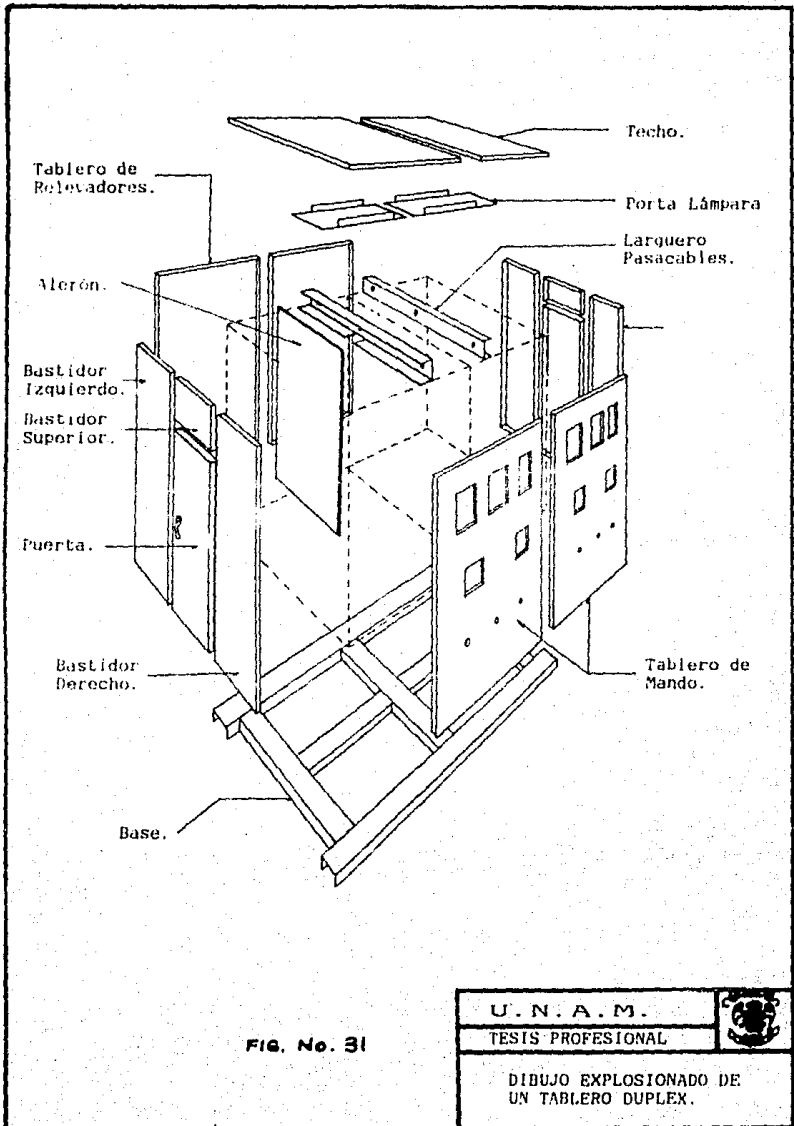
- a) Tablero de mando.
- b) Marco con puerta, formado de bastidor izquierdo, bastidor derecho, bastidor superior y puerta.
- c) Larguero pasacables.
- d) Porta lámpara.
- e) Base.
- f) Alerón.
- g) Techo.
- h) Tablero de relevadores.

#### 5.4 Disposición de aparatos en los tableros y bus mímico.

##### 5.4.1 Distancias horizontales y verticales mínimas.

La cantidad de equipo de control y de relevadores y de equipo auxiliar para la protección así como el equipo de medición, definirá el ancho de las secciones de tablero (o ancho de cada tablero) por utilizar. Las medidas normalizadas que se utilizan son las siguientes: 610mm, 711mm, 810mm y 914mm. El arreglo del equipo sobre dichas secciones dependerá en gran parte de los requerimientos de funcionalidad así como del arreglo del bus mímico correspondiente al esquema utilizado y arreglo de las barras de la subestación. Se tomará en cuenta para los conmutadores de interruptores de potencia y equipo que tenga que ser manipulado o manejado por personal de operación, a una altura adecuada para su correcta operación.

Para el equipo de medición, señalización y alarmas, que esté al alcance de la vista del operador y se puedan llevar a



cabo lecturas confiables con facilidad.

El equipo de protección no deberá colocarse tan cercano al piso que pueda ser golpeado por personal al caminar cerca del tablero o al hacer operaciones de limpieza.

La altura de los tableros dúplex así como la de los simplex o de un solo frente, se ha normalizado a 2286mm. A continuación se muestran las distancias verticales y horizontales mínimas entre aparatos, recomendadas, en donde se han tomado en cuenta los aspectos antes mencionados, así como la necesidad de espacios necesarios para el alambrado de los mismos y el montaje de ductos, tablillas y cuchillas de prueba de interconexión y llegada de cables del exterior. El ancho de las perforaciones es similar para diferentes marcas de fabricantes (ver figuras No. 32, 33 y 34).

#### 5.4.2 Bus mimico.

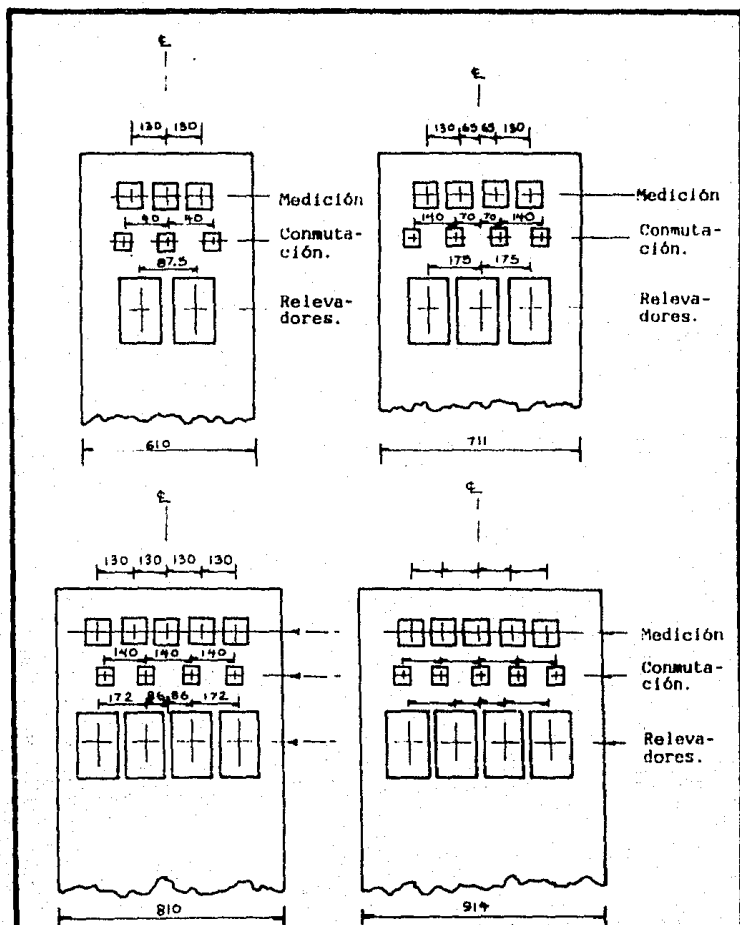
Es el diagrama sinóptico montado sobre la parte frontal de los tableros de mando, que corresponde fielmente al arreglo de barras, alimentadores, bancos, líneas, etc, de la zona de alta tensión de la subestación, en donde el lugar de los interruptores de potencia, así como de cuchillas de operación motorizada, lo ocupan los conmutadores de control remoto de dicho equipo.

Para el caso de cuchillas de operación manual, éstas se simulan por medio de pequeñas cuchillas de plástico movibles. Este bus mimico, incluye la simbología de bancos transformadores, TP's, valores de voltaje, etc, y se construye con material plástico de diferentes colores según la norma de voltajes siguientes:

Norma de colores para bus mimico.

<u>Color</u>	<u>Tensión (kV)</u>
Café	2.4 a 4.16
Rosa	6.0 a 6.60
Blanco	13.2 a 13.80
Blanco	23.0 a 26.0
Verde	33.0 a 34.5
Negro	44.0
Azul o negro	66.0 a 69
Amarillo	110.0 a 115
Dorado	138.0
Naranja	150.0 a 161
Azul o rojo	220.0 a 230
Marrón, oro, plateado o rojo	400 a 440

#### 5.4.3 Perforaciones en los tableros.



Acot. m.m.

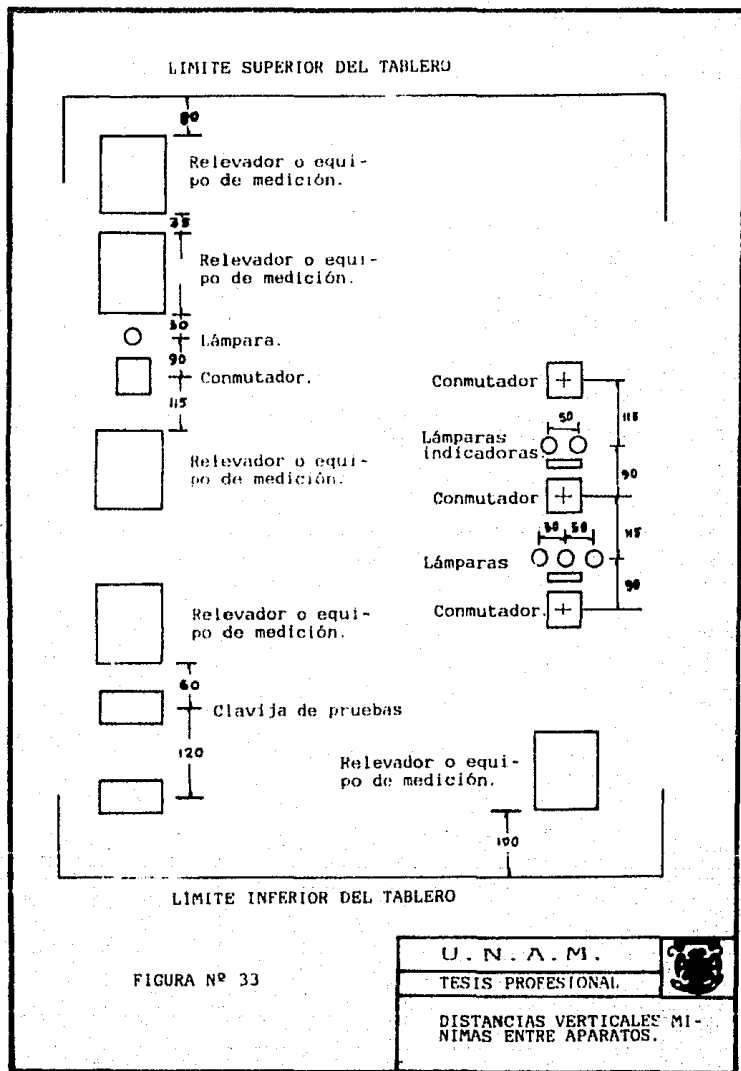
Fig. No. 32

Nota: El ancho de las perforaciones es similar para diferentes marcas de fabricantes.

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

DISTANCIAS HORIZONTALES MÍNIMAS ENTRE LOS EQUIPOS DE LOS TABLEROS DE C.P.M.



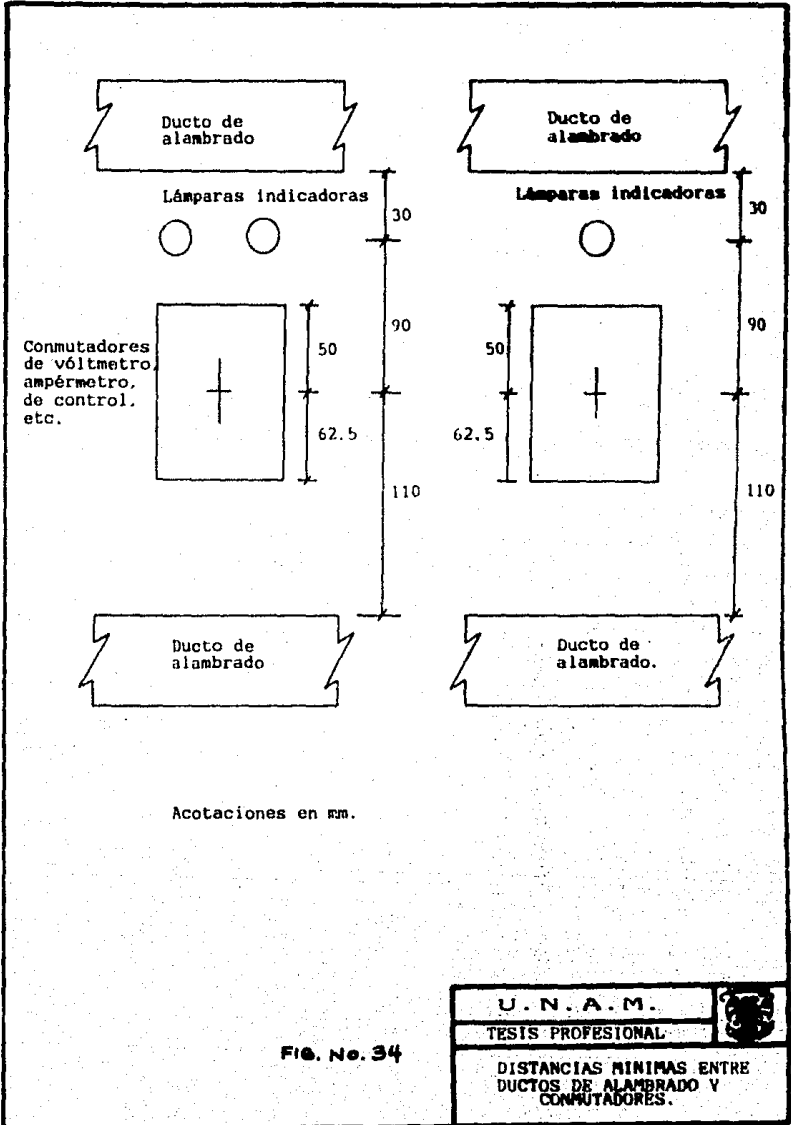


Fig. No. 34

En la figura No. 35 se muestran las perforaciones para un tablero de relevadores (tablero R). En cada perforación se indica el tipo y número de relevador de acuerdo con su función, definida por la norma americana ANSI-C37.2-1979, y el número de grupo al que pertenece dicha perforación.

El número de grupo corresponde a un catálogo de perforaciones. Este catálogo se puede integrar con la información -- que proporcionan los fabricantes, de las dimensiones y formas de perforación correspondientes al tipo de relevador o equipo que ellos fabrican.

El empleo de un catálogo así elaborado, evitará que los dibujos de fábrica se sobrecarguen con información repetitiva, y disminuirá el tiempo y costo de los mismos. En la figura No. 36 se muestra una hoja de lo que podría ser el catálogo.

## 6. Adquisición de equipo y material.

Esta parte se menciona únicamente como una actividad en el -- flujograma. La manera de desarrollarla será siguiendo los caminos -- ya establecidos, y utilizados en el mercado nacional e internacional.

## 7. Diseño de hojas de alambrado y conexión.

### 7.1 Introducción.

La base para el diseño de hojas de alambrado y conexión, es -- la identificación completa de todo el equipo, así como de tabli -- llas de conexiones, cuchillas de prueba para circuitos de corriente, clavijas, fusibles, resistencias, equipo auxiliar, etc., que -- lleve el tablero y que deberá estar indicada en los planos eléctricos. Esta identificación se hará tanto en dichos planos como me -- diante letreros de cerigrafía o grabados, pegados sobre o cerca de los aparatos por identificar.

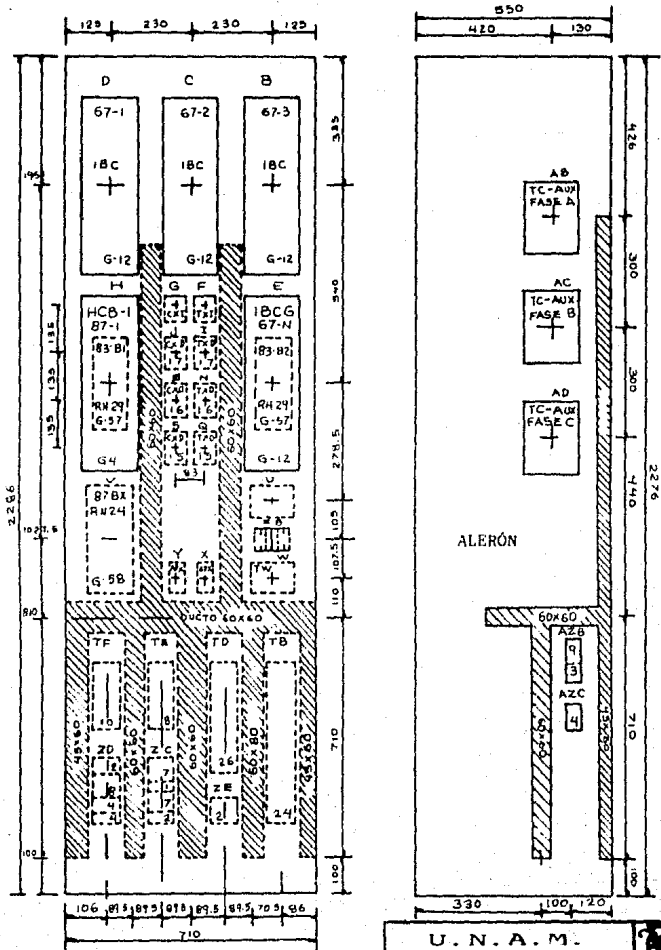
### 7.2 Nomenclatura.

Es toda aquella identificación pegada o agregada a los aparatos y al tablero ó escrita sobre los planos eléctricos, que permite la localización rápida de la sección del tablero así como la de los aparatos sobre dicha sección.

#### 7.2.1 Nomenclatura del equipo.

Se utilizan para este fin los números ASA junto con el a -- becedario y los números naturales como sigue:






Acot. mm

TABLERO DE RELEVADORES

FIG. No. 35

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
PERFORACIONES Y DUCTOS		

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

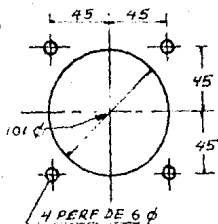
## APARATOS DE MEDICION U.S.A.

A mV  
V F  
WM S

VARI  
mA

## TIPO

Z-11-21  
Z-11-34  
Z-11-44  
Z-11-33  
Z-11-43

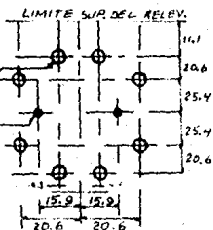


GRUPO - 18

## RELEVADORES GENERAL ELECTRIC

TIPO  
HGC-11A

8 PERF.  
DE 14.3 φ  
2 PERF.  
DE 6.3 φ

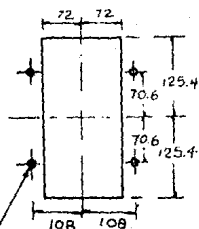


GRUPO - 14

## RELEVADORES GENERAL ELECTRIC

## TIPO

RPM-140  
NAA-150  
ACR  
NLR  
HFA-74  
SLJ11A  
HAA-11A  
HAA-11B



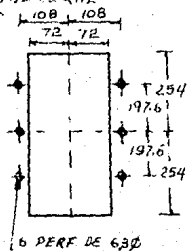
4 PERF. DE 6.3 φ

GRUPO 9

## RELEVADORES GENERAL ELECTRIC

## TIPO

GCY-51A  
GCK-51A  
CEY-51A, 52A  
CEYG-52H  
GES-21B  
CEB-12A  
CEB-13  
BDD-17  
CEH-52A  
CFD 22A  
INC 77  
JBC

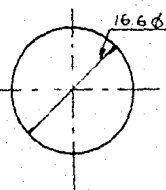


GRUPO 12

## LAMPARA G.E. o W.II.

## TIPO

4490187614  
4490187624  
4490187627  
4490187637  
4490187657



GRUPO - 17

ACOT. EN MILÍMETROS

FIG. No. 36

U.N.A.M

TESIS PROFESIONAL

CATALOGO DE PERFORACIONES  
DE RELEVADORES

Cada aparato se nomenclatura con las letras del abecedario empezando con la "B" y continuando en orden creciente. (B, C, D...) viendo el tablero por la parte del alambrado, o sea, por la parte contraria a las carátulas que dan al frente del operador, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Si las letras se agotaran se reiniciará con BB, BC, BD... e inclusive CB, CC, CD...etc.

Se omitirán las siguientes letras en la nomenclatura del equipo, por destinarse a las designaciones anotadas:

A: Alerón  
 M: Mando.  
 R: Respaldo o relevadores.  
 T: Tablillas de conexiones.  
 Z: Cuchillas de pruebas de circuitos de corrientes de -- TC's.

Los conmutadores de control de interruptor que lleven -- lámparas asociadas no integradas físicamente al conmutador, - se identificarán en conjunto (conmutador y lámparas con una - sola identificación) identificando únicamente el color de cada lámpara.

#### 7.2.2 Nomenclatura de tablillas de conexiones y blocks de cuchillas de prueba.

Las tablillas de conexiones se nomenclaturan: T1, T2, -- T3... los blocks de cuchillas de prueba se nomenclaturan: Z1, Z2, Z3...

#### 7.2.3 Nomenclatura de secciones de tablero.

Cada sección de tablero se nomenclatura viéndola por la parte de la carátula de los aparatos de izquierda a derecha - con un número progresivo asociado a la letra que designa el - tipo de sección, de la siguiente manera:

Tablero (ó secciones) de mando: M1, M2, M3... tableros o secciones de relevadores: R1, R2, R3... alerones: A1, A2, A3.

Para el caso de los alerones, el número de alerón es el mismo número de tablero al que está acoplado físicamente dicho alerón.

#### 7.2.4 Etiquetas.

Son placas de material plástico o de otro material que -- llevan la nomenclatura de los aparatos grabados con pantógrafo o cerigrafía o por otro procedimiento a condición que resistan el intemperismo sin perder la información que contie--

nen y que son pegadas sobre o junto de los aparatos por identificar.

### 7.2.5 Forma de etiquetar.

Todos los aparatos deberán llevar por la parte de las carátulas que dan al operador, una etiqueta pegada sobre el tablero y junto a los mismos con el número ASA, y por la parte del alambrado sobre el tablero o sobre el aparato una etiqueta pegada con el mismo número ASA más su localización de posición alfabética.

No deberán colocarse etiquetas sobre ninguna tapa removible de los aparatos para evitar que al quitarlas y volverlas a colocar, se tergiverse la nomenclatura.

### 7.2.6 Etiquetado de secciones de tableros.

Para la identificación de cada una de las secciones se colocarán etiquetas en el exterior del tablero en la parte superior de los tableros de mando y relevadores, que dirán el nombre del servicio al que pertenece la sección por ejemplo: "Línea 230kV CERRO GORDO". Estas mismas etiquetas irán en la parte interior (en el lado del alambrado).

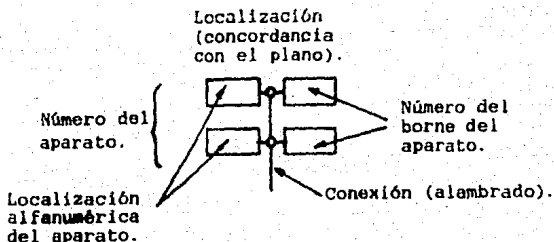
### 7.2.7 Tamaño de etiquetas.

Se verá más adelante, en "fabricación de nomenclatura".

## 7.3 Hojas de alambrado.

Para elaborarse se toma como base la nomenclatura antes explicada y se recurre a un arreglo mostrado en el dibujo "Hoja de alambrado y conexión" del que tomamos una parte para explicación.

Explicación de la Hoja de Alambrado:



Nº DE ORDEN

FABRICACION DE TABLEROS DE C. P. M.

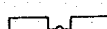
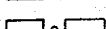
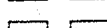
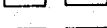
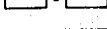
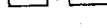
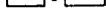
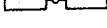
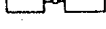
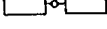
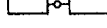
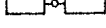
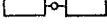
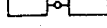
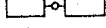
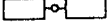
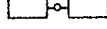
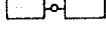
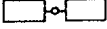
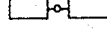
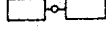
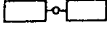
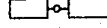
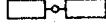
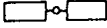
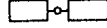
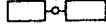
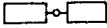
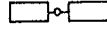
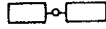
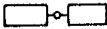
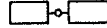
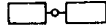
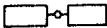
HOJA DE

ALAMBRADO

SERVICIO.

OBRA

TABLERISTA



DISEÑO

NOMBRE

FECHA

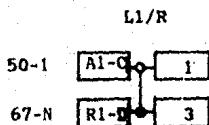
U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



HOJA DE ALAMBRADO Y CONEXION

Ejemplo:

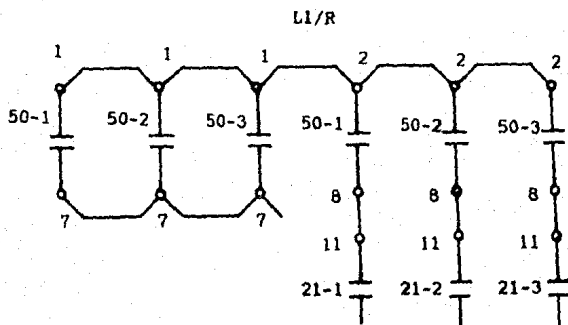


En el ejemplo anterior se muestra que el borne No. 1 del relé vador 50-1, localizado en el alerón A1, en la posición C, debe conectarse con el borne No. 3 del relevador 67-N, localizado en el tablero de relevadores R1, en la posición D.

L1/R significa que la línea de conexión L1, mostrada en el Diagrama Eléctrico Trifilar, debe hacerse con cable rojo.

Ejemplo:

En la página siguiente se muestra la Hoja de alambrado y conexión, correspondiente al diagrama eléctrico mostrado, perteneciendo a la interconexión de relevadores de un tablero R3:



### 7.3.1 Secuencia para elaborar las hojas de alambrado.

Las hojas de alambrado deben llenarse siguiendo una secuencia de conexión entre aparatos y entre secciones de tableros. Para el caso de tableros con alerón se recomienda la siguiente secuencia:

Medición: corrientes.  
Medición: potenciales.

Nº DE ORDEN

Fabricación De Tableros  
De C.P.M.HOJA  
DE

Alambrado.

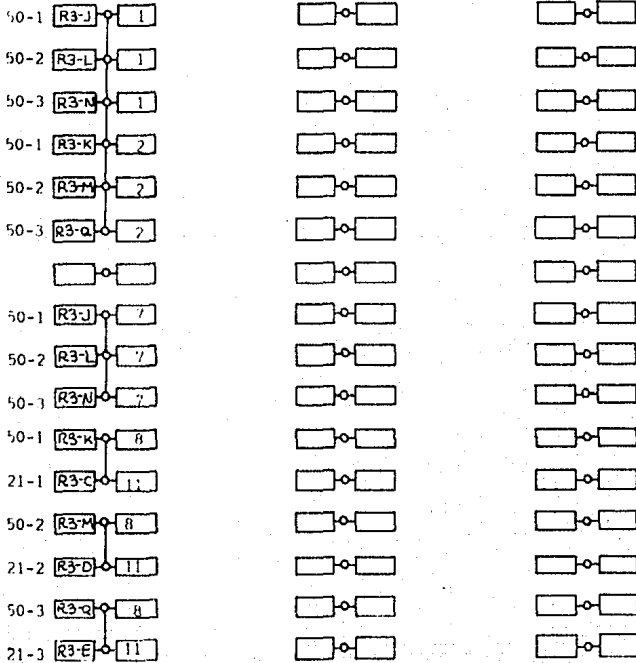
SERVICIO: \_\_\_\_\_

EJEMPLO EXPLICATIVO.

OBRA.

TABLERISTA.

L. 1 / R



DISEÑO.

NOMBRE.

FECHA

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

EJEMPLO DE HOJA DE  
ALAMBRADO Y CONEXIÓN.

Protección: potenciales.  
 Protección: corrientes  
 Control : corriente directa.  
 Protección: corriente directa  
 Alarmas

Quando se tenga protección y medición por potenciales en el mismo circuito, se empezará con la protección o la medición dependiendo en donde estén colocadas las tablillas de conexiones. Si las tablillas están colocadas en la sección de mando, se recomienda comenzar con la medición y que es donde deben llegar los cables de control de los transformadores de potencial.

Los relevadores de bajo voltaje (27) y la lámpara de señalización, supervisores de la corriente directa en los circuitos de alarmas, se deben alambrar físicamente al final del circuito, para asegurarse de supervisar el circuito completamente.

## 8. Fabricación estructural del tablero.

### 8.1 Material.

El material empleado para la fabricación de las partes componentes de un tablero, es lámina de acero rolada en frío, calidad comercial, libre de rebabas sin incrustaciones ni enmendaduras y canal de fierro de 4"x1-1/2"x1/4". Para el caso de un tablero dúplex, los calibres recomendados son los siguientes:

- a) Calibre #10 (3.18mm) para: Panel frontal o de mando (tablero-M), sobre el que se instalarán los instrumentos de medición, indicación, señalización, alarmas, conmutadores, lámparas y el bus mímico.

Panel posterior o de relevadores (tablero R) alerón, que contendrá el equipo auxiliar.

Tapas o marcos para puertas. En ellos se colocan las bisagras de las puertas y la contrachapa, deberán poder ser desensamblados cuando se aumente el número de secciones ya estando en servicio.

Puerta que va en cada extremo del tablero.

Ductos metálicos, utilizados para ensamblar los paneles frontal y posterior y llevar cables de los alambrados de los aparatos.

- b) Calibre #11 (2.3mm) para: Tapa o techo que cubre el tablero - sección por sección.



Portalámparas que va en el interior a lo largo del pasillo y soporta el alumbrado.

- c) Canal de fierro de 4"x1-1/2"x1/4" para: Base soporte del tablero dúplex ya armado.

## 8.2 Planos mecánicos de fabricación.

Se muestra a continuación, a medida de ejemplo, los planos mecánicos de taller, de un tablero dúplex, como el mostrado en la figura No. 31, de 2 secciones de 610mmx2228mm cada una, y de 1524mm de separación entre la parte frontal (tablero de mando) y la parte posterior (tableros de relevadores) (ver figuras No. 36A, 36B, 36C y 36D).

## 8.3 Fabricación estructural.

### 8.3.1 Prensado y troquelado.

Partiendo de una hoja de lámina se hace lo siguiente: se corta la lámina a escuadra con una cizalladora.

Se corta la lámina a las dimensiones requeridas en los planos utilizando una guillotina motorizada.

Se hace el trazado de la plantilla para troquelar. Se hacen saques y ranuras a la lámina con una prensa plegadora mecánica o con un punzador.

Se dobla la lámina a la forma requerida utilizando la misma prensa pero con un troquel doblador.

Para la base de canal de fierro: se trazan dimensiones para cortes y barrenas, se corta la canal con una sierra eléctrica y se barrena con un taladro eléctrico de columna de 3/4"  $\phi$ .

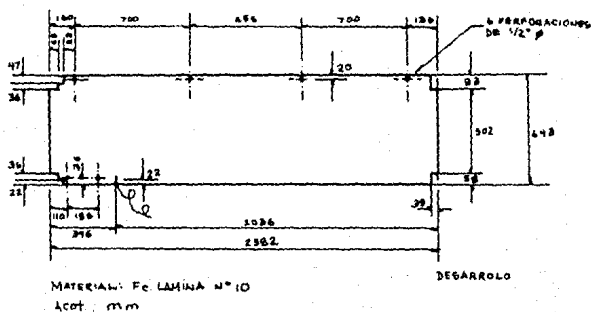
### 8.3.2 Punteado y soldado.

Para las partes de lámina, las partes a soldar son las esquinas. Para la base de fierro canal, se hace el subensamblaje de canales escuadrando con una escuadra universal magnética y se soldan las partes utilizando soldadura eléctrica y electrodos 6010 de 1/4"  $\phi$ . Se nivela y se endereza.

### 8.3.3 Chapeado.

Una vez soldadas las partes, éstas se esmerilan para eliminar rebaba de soldadura y dar mejor acabado.

## BASTIDOR DERECHO



## BASTIDOR IZQUIERDO

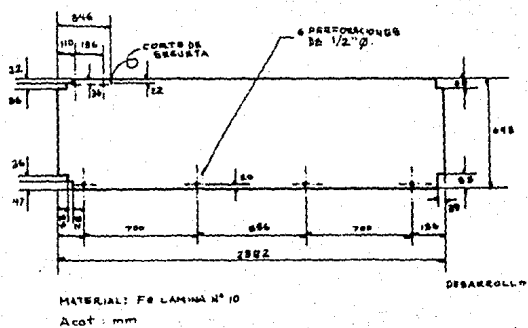


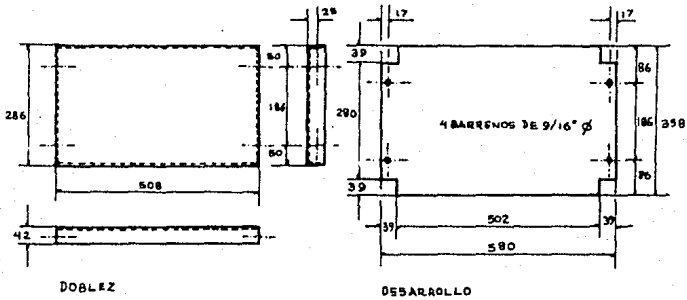
FIG. No. 36 A

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

PARTES INTEGRANTES DE UN  
TABLERO DUPLEX.

## BASTIDOR SUPERIOR

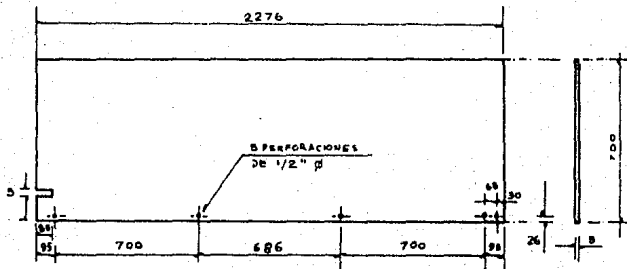


DOBLEZ

DESARROLLO

MATERIAL: Fe LAMINA N° 10

## ALERÓN



MATERIAL: Fe LAMINA N° 10

Acot.: mm

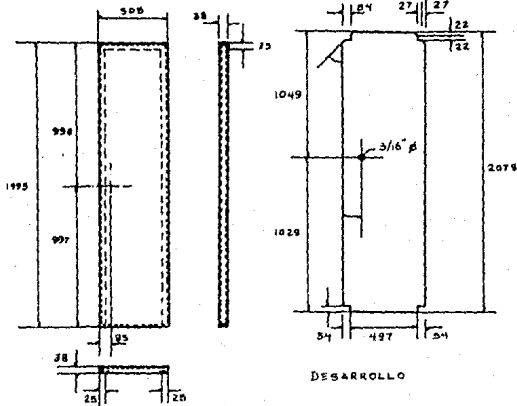
FIG. No. 36 B

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

PARTES INTEGRANTES DE UN  
TABLERO DUPLEX.

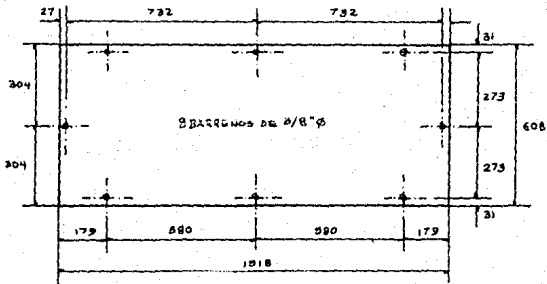
## PUERTA



DOPLEZ

MATERIAL: Fe. LAMINA N° 10

## TECHO



MATERIAL: Fe. LAMINA N° 12

Acof. : mm

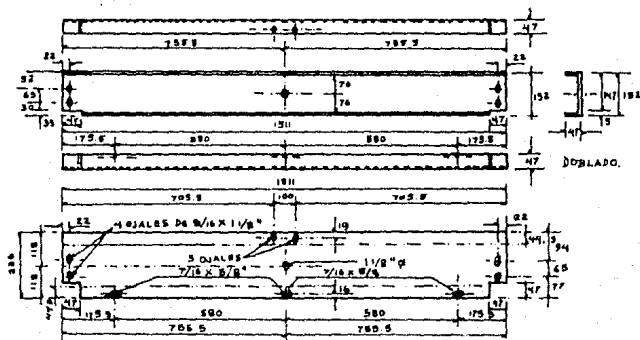
FIG. No. 36 C

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

PARTES INTEGRANTES DE UN  
TABLERO DUPLEX.

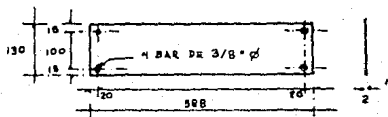
## LARGUERO PASACABLES



MATERIAL: FE LÁMINA Nº 10

DESARROLLO.

## PORTALÁMPARA



MATERIAL: FE LÁMINA Nº 12

Acot.: mm.

FIG. No. 36 D

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL.

PARTES INTEGRANTES DE UN  
TABLERO DUPLEX.

## 9. Elaboración de planos de montaje de ductos, tablillas y equipo misceláneo.

### 9.1 Ejemplo típico.

En la figura No. 36 se muestra el diseño mecánico, de colocación de ductos y tablillas para un tablero de relevadores de protección (Tablero R), de una línea de 230kV, con alerón izquierdo. Las partes achureadas indican la distribución de los ductos así como su tamaño: (45x60mm y 60x60mm). Se observa también la localización de tablillas de conexiones y telefónicas (TF, TE, TD, TB) y de blocks de pruebas ZB, ZD, ZC, ZE, AZB y A2B, así como equipo auxiliar sobrepuesto, CXI, TXI, CXD, TXD, APV, ARX, T-VAR, T-W, y relevadores 83-B1, 83-B2, 87-BX, también sobrepuestos.

El emparrillado sobre el que se colocarán ductos y tablillas se arma utilizando las líneas de centro de distribución de dichos ductos y tablillas y separada 150mm de la cara frontal del tablero con la finalidad de que la mayoría de los bornes de conexión de los relevadores queden en el mismo plano que los bornes de conexión de tablillas y blocks de conexiones, como se ve en el dibujo No. 37. Para el montaje del equipo auxiliar designado con las letras G, F, J, I, ó, N, S y Q, se ha montado una especie de pequeño tablero de lámina cal. 12, también separado 150mm de la cara frontal del tablero con el propósito ya mencionado.

### 9.2 Recomendaciones de diseño.

El montaje de todo el equipo auxiliar que no tiene carátula o algún tipo de mando al frente, y que por lo tanto va en el lado -- del alambrado y oculto al operador, tal como fusibles, relevadores auxiliares de disparo de reposición automática, switches de navajas resistencias, diodos direccionales de disparo, transductores de -- watts y vars, condensadores, transformadores auxiliares, etc., y -- que van, sobrepuestos y no dentro de perforaciones debe hacerse si guiendo los siguientes lineamientos.

- a) No montar estos equipos directamente sobre otros relevadores -- a menos que formen parte de los mismos y se sigan las instruc -- ciones del fabricante (ver figura No. 38).
- b) No obstruir las conexiones y el acceso de otro aparato.
- c) No montar arriba de un conmutador un herraje para otro releva -- dor.
- d) No montar directamente un aparato sobre la lámina que forma -- el tablero principal propiamente dicho de tal modo que salgan -- cabezas de tornillos o remaches al frente.
- e) No obstruir de alguna manera el retiro de algún aparato, en --

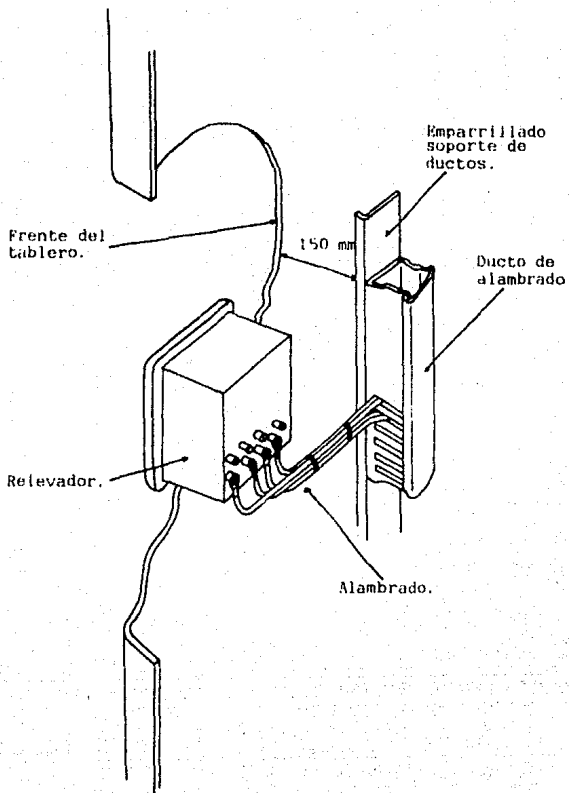
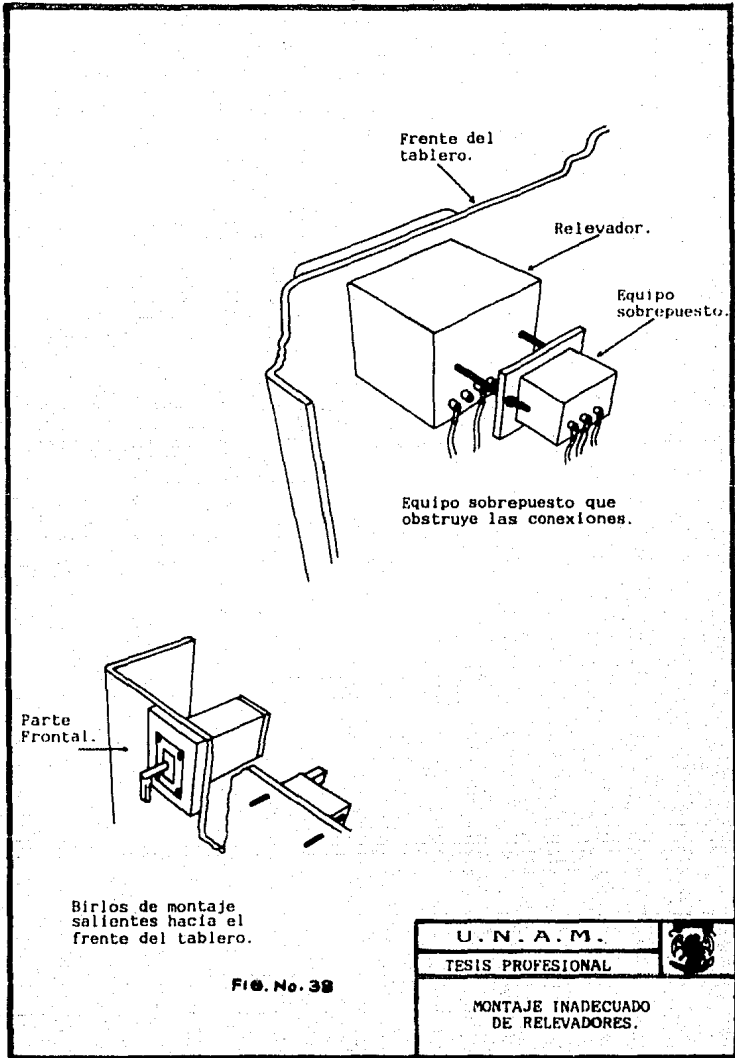


FIG. No. 37

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

POSICIÓN RELATIVA ENTRE  
RELEVADORES Y DUCTO.





situaciones de emergencia cuando el tablero esté en servicio, obligando a desmontar otros que podrían corresponder a protecciones de respaldo y que obligarían a sacar el tablero de servicio totalmente.

## 10. Control de calidad de la estructura.

El proceso de manufactura de los tableros, como se ha venido explicando, es un proceso complicado y diverso que exige un método (que es materia de esta tesis). es necesario además contar con obreros calificados, y la maquinaria adecuada para operación, así como secuencias de montaje y ensamble optimizadas, para eliminar operaciones repetitivas y corrección de errores, evitando desperdicios y descuidos.

El descuido en la reducción de costos es una causa grave que redundará en perjuicios para la comunidad. Así como los procesos de manufactura son la base para obtener, producir o suministrar bienes o servicios, los controles de calidad son la base para que éstos sean en realidad un bien y den además un verdadero servicio.

### 10.1 Objetivo.

Mantener una calidad en la manufactura de los tableros que asegure su buen funcionamiento y durabilidad en base a la calidad del servicio que deban de proporcionar, a las normas de la industria eléctrica y a las condiciones económicas bajo las que fué especificado por el usuario.

### 10.2 Procedimiento.

El procedimiento para esta etapa de la manufactura consiste en hacer una inspección visual del tablero y llenar el "Reporte de control de calidad" que se anexa. Si todos los requerimientos exigidos de control de calidad se han cumplido, se hace una marca en una tarjeta que previamente se ha colgado o pegado al tablero con la que se indica que ha pasado Control de Calidad y que puede continuar el proceso de manufactura, de no ser así, se anotan las causas del rechazo en el mismo reporte.

Este procedimiento puede ser aplicado no solo por Ingenieros o Laboratoristas sino por operarios menos calificados pero sí, -- bien instruidos.

## 11. Pintado con primario.

### 11.1 Requerimientos.

El medio ambiente al que está expuesto el equipo por proteger determinará el tipo de recubrimiento que se deberá usar. Para el -

ORDEN N°

## Reporte De Control De Calidad

MANUFACTURA DE TABLEROS

Fecha:

Lugar:

Servicio:

Sección #	Tipo De Tablero	Resultado De La Inspección

Plano #	Contenido	Revisión

Comentarios:

## Etapas Del Proceso

Pintura con primario.

Fabricación de herrajes

Montaje de herrajes

Pintura con acabado

Montaje de equipo y accs.

Alambrado

Bus mimico

Nomenclatura

Otros

LUGAR PARA LA MARCA DE  
ACEPTACIÓN O RECHAZO

Nombre:

Firma:

caso general: se considera un ambiente normal en interior sin contaminación de gases sulfurados. El tablero no es de tipo intemperie por lo que no está sujeta al ataque de agentes corrosivos.

El término de "recubrimientos corrosivos" incluye todas las pinturas y recubrimientos que se utilicen para prevenir la corrosión de superficies metálicas.

El término "pintura" se refiere a un recubrimiento delgado -- con propiedades de protección y propósitos estéticos para las pinturas de acabado final.

En los recubrimientos, la protección anticorrosiva es lo que interesa. Estos recubrimientos pueden consistir de una o varias capas del mismo o de diferente material.

## 11.2 Preparación de superficie.

La adherencia de los recubrimientos determina principalmente su vida y ésta depende de la preparación de la superficie, inmediatamente antes de la aplicación de dicho recubrimiento. Por lo tanto, la limpieza de la superficie por recubrir es de gran importancia.

### 11.2.1 Limpieza.

La grasa, tierra y suciedad se elimina por medio de carga de alambre o cepillo de alambre. La oxidación, el aceite y la grasa, se eliminan por un proceso de decapado, sumergiendo las láminas durante 24 hrs. ó más (según se encuentren) en -- una disolución ácida, por ejemplo cesco 60 que es una disolución ácida de reducido ataque y alta eficacia.

### 11.2.2 Lavado.

Después del proceso de decapado, las láminas deberán lavarse con agua a la que se le ha agregado algún detergente, para eliminar residuos de la solución ácida y enjuagarse al final con agua sola. De no ser así, el ácido remanente seguirá atacando la lámina y el recubrimiento se caerá.

## 11.3 Pintado.

Se aplica una mano doble de primario de piroxilina, que es -- una laca para ambientes no muy corrosivos y después de 5 minutos -- de secado se aplica una segunda mano doble del mismo material.

## 11.4 Aplicación de plaste.

No se recomienda la aplicación de plaste a menos que sea para corregir defectos de las superficies metálicas, excepcionales.

La lámina deberá estar ya preparada desde la fase de chapeado (8.3.3). La aplicación de plaste encarece la mano de obra de pintura y agrega un recubrimiento de película gruesa de pintura al que hay que dar un tiempo largo de secado para evitar su desprendimiento, que es causante de retrasos en manufactura. Se considera un acabado final tipo industrial y con una preparación como la mencionada es suficiente.

## 12. Fabricación de herrajes.

Se entiende por herrajes, todos aquellos soportes estructurales metálicos o de otro material, colocados del lado del alambrado del tablero, que servirán para sujetar a los ductos, dentro de los que irá el alambrado, así como las tablillas de conexiones, cuchillas de prueba, fusibles, diodos, resistencias, etc, o sea todo el equipo auxiliar periférico a los relevadores, conmutadores y equipo de medición que va conectado a éstos, sin estar montados sobre perforaciones con carátula hacia el frente.

Los herrajes para el sostén de los ductos de cloruro de polivinilo para el alambrado, así como para el sostén de tablillas de conexión y cuchillas de prueba, se fabrican con perfil tipo L de lámina calibre # 12 de 50.8x25.4mm. que previamente ha sido cortada, doblada y pintada. Se evitará el empleo de fierro ángulo para no agregar peso en exceso al tablero.

## 13. Elaboración de listas de nomenclatura.

### 13.1 Procedimiento.

Se elabora un arreglo ordenado o formato con la información que deban contener las etiquetas que integran la nomenclatura de un tablero tal como se menciona en 7.2 (Nomenclatura). Este arreglo ordenado contendrá información tal como: leyendas (o sea, la nomenclatura propiamente dicha), tamaño de la letra, tamaño de la etiqueta, tipo de material de la etiqueta, (aluminio, plástico, etc.) manera en que se sujetará al tablero (pegada, remachada, colgada, etc.). La finalidad buscada es facilitar la sistematización de su fabricación y abaratar costos.

### 13.2 Variantes.

Todas aquellas etiquetas con características particulares que no puedan especificarse con la forma anterior, se fabricarán en base a un dibujo que mencione dichas características.

#### 14. Montaje de herrajes.

Partiendo del Diseño Mecánico de colocación de ductos y tablas, se arma un emparrillado fabricado con perfil "L" antes mencionado en 12.2 sobre el que se montarán los ductos y las tablas mencionadas. Este armando se realiza mediante el empleo de remaches tipo "pop" de 5/32" de diámetro, y puede observarse en la figura No. 39.

#### 15. Fabricación de nomenclatura.

##### 15.1 Objetivo.

Dar opciones para la fabricación de la nomenclatura tal, que esta cumpla con los siguientes requisitos:

- a) Tener claridad.
- b) Soportar el intemperismo (para la clase de servicio exigido, de ambiente) tanto el material como la leyenda.
- c) Permanecer adherida al equipo o parte que identifica.
- d) Soportar maltrato mecánico normal, sin que se borre la información.

##### 15.2 Grabado de etiquetas.

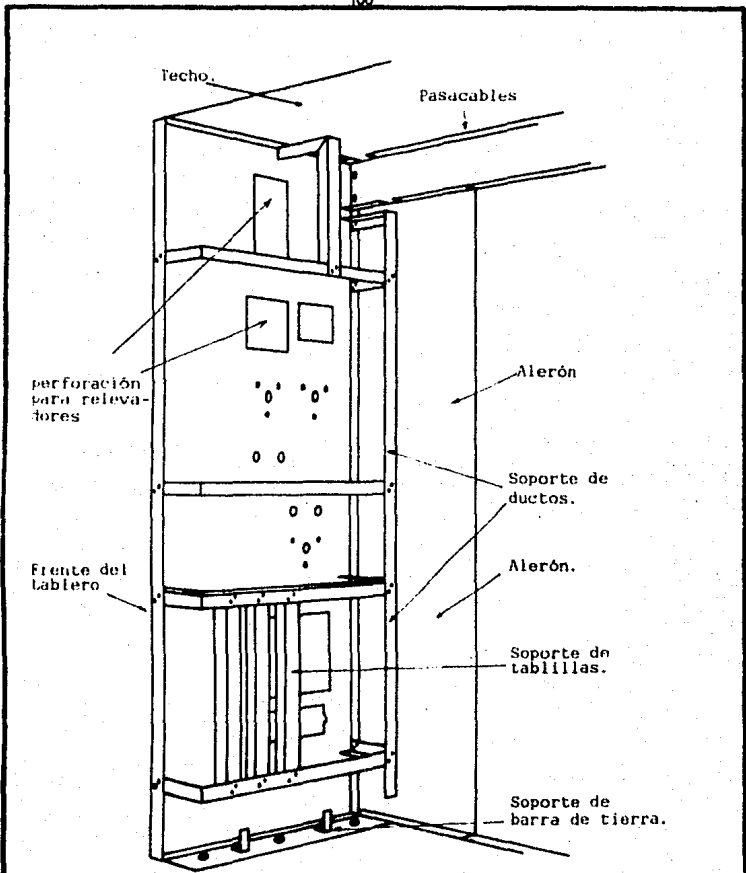
###### 15.2.1 Material.

Láminas de briomica negra a 2 caras con núcleo plástico-blanco o de el color que se especifique.

###### 15.2.2 Procedimiento.

Empleando una sierra circular de disco de dientes de carburo de tungsteno, se corta la lámina de briomica de acuerdo a los tamaños de las etiquetas. Estas etiquetas se biselan por los lados para darles un acabado final mediante una biseledora, equipada con buril rotatorio similar a la de la marca New Hermes.

A continuación sobre dichas etiquetas se graban las leyendas por una o ambas caras mediante una máquina grabadora - tipo pantógrafo con buril rotatorio del calibre del ancho de la letra, para remover la superficie negra del material de la etiqueta y descubrir el núcleo blanco, quedando así las leyendas con letras blancas en fondo negro. Finalmente, se perforan las etiquetas para remacharlas o colgarlas o se escarea una de las caras para ser adheridas con pegamento de contacto.



VISTA INTERIOR DE UN TABLERO DÚPLEX.

Fig. No. 39

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

 EMPARRILLADO DE SOPORTE  
 DE DUCTOS DE ALAMBRADO  
 Y TABLILLAS DE CONEXION

Las etiquetas que deban ir en material transparente como acrílico se procesarán de manera similar, agregando al final algún tipo de pintura o tinte afín a dicho material para colorear las leyendas.

### 15.3 Serigrafía.

Para el empleo de este sistema, de reproducción, se requiere como paso inicial, de un dibujo de la etiqueta, sobre papel endurecido y posteriormente se procede a la obtención de un positivo fotográfico del dibujo.

Se requiere por lo tanto de la preparación de juegos de stencil, dispositivos proyectores de luz, telas de seda, selladores de tela sensibles a la luz, solventes, tintes, horno para endurecimiento de las pinturas que definen las leyendas, etc.

No es propósito el explicar detalladamente aquí el proceso de serigrafía, que puede consultarse en un libro especializado en la materia sino darlo como una opción.

15.4 Conclusiones.- Para la selección de ambos sistemas recomendados deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

#### 15.4.1 Grabado por serigrafía.

Ventajas:

- 1) Se logra una reproducción del dibujo tan fiel como en el mismo dibujo.
- 2) El tiempo de elaboración en comparación con el empleado en grabado, es infinitamente inferior.
- 3) La calidad de la etiqueta serigraficada será uniforme y de excelente terminación.
- 4) Puede emplearse diferentes materiales a diferencia del proceso de grabado que requiere brónica o cualquier material similar.
- 5) Se puede utilizar para grabar logotipos, diagramas, etc.

Desventajas:

- 1) Las etiquetas elaboradas con este sistema deberán ser repetitivas y en grandes cantidades.
- 2) Estas etiquetas están sujetas a desgaste por abrasión mecánica.
- 3) No resisten solventes como thinner o gasolina porque se borra la impresión. En algunas ocasiones se emplea tinta resistente a solventes pero se tiene que dar un tratamiento térmico para que la fijación sea correcta, y esto aumenta el costo y el tiempo de fabricación.

#### 15.4.2 Grabado por Pantógrafo.

## Ventajas:

- 1) Las etiquetas soportan el ataque de agentes mecánicos, solventes, y químicos con pocas excepciones.
- 2) No requieren de preparativos, costosos, tales como, dibujos, stenciles, etc.
- 3) En cualquier momento se pueden hacer correcciones desechando la etiqueta no deseada.

## Desventajas:

- 1) El equipo para corte, biselado, grabado y afilado es costoso.
- 2) La elaboración de las etiquetas es lenta.

Por lo antes dicho, la selección de la manera de fabricar la nomenclatura dependerá mucho de las necesidades del usuario, de los volúmenes de fabricación, así como de las condiciones económicas.

## 16. Pintado con acabado final.

Una vez que se han montado todos los herrajes y antes de pasar al ensamblado de todas las secciones que constituyen el tablero, y de montar el equipo y tabilllas de conexiones, deberá darse a éstas partes un acabado final consistente en 2 manos de pintura de recubrimiento final del color especificado.

## 17. Control de calidad de equipo y material.

## 17.1 Procedimiento.

Aplicar en esta etapa la forma vista previamente. (Inciso No. 10).

## 18. Ensamble del tablero y montaje de accesorios.

Una vez que han sido pintadas todas las partes con acabado final y han sido colocados los herrajes en los tableros propiamente dichos, se procede al ensamble mecánico total del tablero sobre su base de transporte o sobre su base definitiva según se especifique.

Para el caso de un tablero dúplex (figura No. 31) la secuencia es la siguiente:

- 1) Montar mandos, respaldos y alerón en base para transporte y colocar tornillería requerida.
- 2) Montar ductos metálicos de enlace y colocar tornillería requere



- rida.
- 3) Montar tapas de lámina superior y colocar tornillería.
  - 4) Escuadrar, alinear, nivelar tablero y apretar tornillería del tablero.
  - 5) Montar portalámparas y colocar tornillería.
  - 6) Montar marcos para puertas y colocar tornillería.
  - 7) Montar puerta y picaporte.

Como parte del tablero para la subestación, éste debe llevar una barra de cobre de 25mm x 6mm. (1"x1/4") para la conexión a lo largo de las secciones y dividida por grupos de embarque en la que se coloca un conector en cada extremo de la barra para cable de cobre # 4/0, con la previsión necesaria en sus extremos para conexiones futuras por ampliación. Los neutros de los circuitos secundarios de corriente y potencial serán conectados a esta barra en las secciones. Para este efecto, la separación entre el equipo y la barra para transporte debe ser de 100mm.

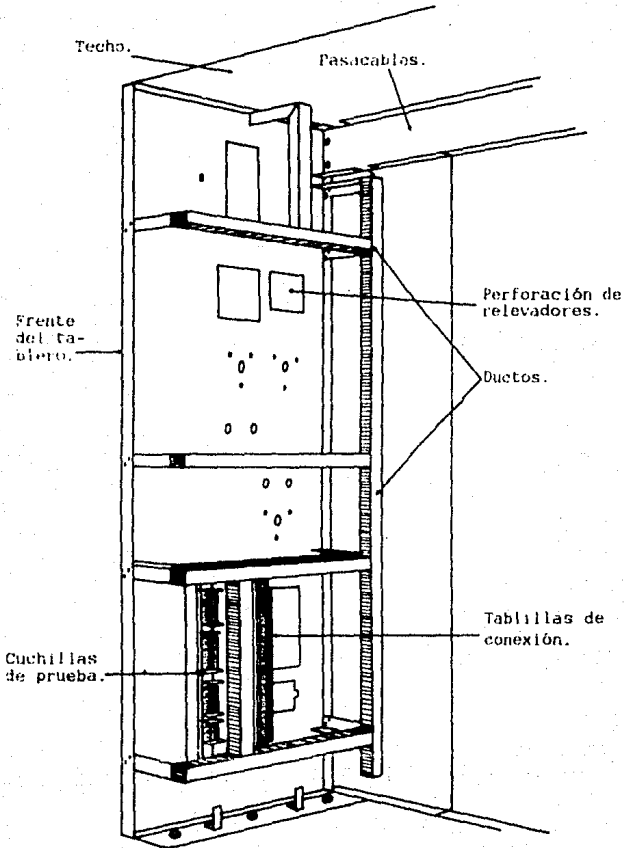
Una actividad adicional que debe desarrollarse es la instalación del alumbrado fluorescente para operar a 127 volts de C.A. y de 125 volts de C.D. para el alambrado de emergencia del tipo incandescente.

Los apagadores, de tipo escalera, se colocan en la parte interior de los marcos de ambas puertas. Cada tablero debe tener como mínimo dos tomas de corriente para 127 volts de C.A. 30 amperes. - El alambrado de los circuitos debe ir instalado en tubo conduit pa red gruesa galvanizado.

#### 19. Montaje de equipo, tablillas y ductos.

Una vez que el tablero ha sido ensamblado mecánicamente, se procede al montaje del equipo en la siguiente secuencia (ver figura No. 40 y 41).

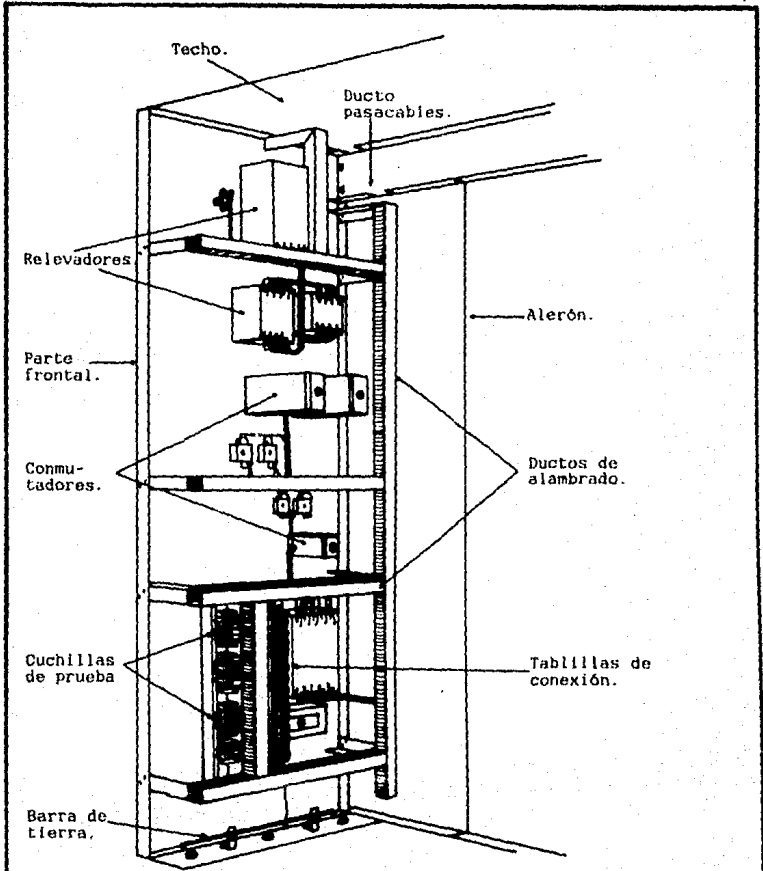
- 1) Se montan sobre los herrajes (emparrillado) las tablillas de conexiones y los blocks de prueba.
- 2) Se montan los ductos de PVC para el alambrado.
- 3) Se montan los conmutadores de interruptor y de cuchillas motorizadas, transferencias de disparo, de voltmetro, de ampermetro, de transferencia de potenciales y todos los conmutadores de operación similar.
- 4) Se monta el equipo auxiliar de sobreponer (bases de fusibles, switches tipo navaja, resistencias, transductores, unidades direccionales, bases para relevadores tipo clavija, etc.).
- 5) Se montan los equipos de señalización y alarmas (lámparas indicadoras, cuadros de alarma, botones operadores, etc.).
- 6) Se montan los relevadores para la protección dentro de las perforaciones.
- 7) Se pega o atornilla la nomenclatura por la parte frontal y -- del lado del alambrado.



VISTA INTERIOR DE UN TABLERO DUPLEX.

FIG. No. 40

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
MONTAJE DE DUCTOS, CUCHILLAS DE PRUEBA Y TABLILLAS DE CONEXION.		



Vista interior de un  
tablero Dúplex.

FIG. No. 41

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

ALAMBRADO Y CONEXIÓN DE RE-  
LEVADORES Y TABLILLAS A  
TRAVES DE DUCTOS.

- 8) Se retiran todos los capuchones de lámparas, focos, relevadores tipo clavija, clavijas de prueba, etc., o sea todos los accesorios que son fácilmente removibles, que pueden extraarse durante el proceso de manufactura.

## 20. Colocación de nomenclatura y bus mimico.

La nomenclatura, que ha sido especificada en el inciso 7.2 y subincisos siguientes, de este capítulo, deberá colocarse utilizando pegamento de contacto que resista el intemperismo, y siguiendo las instrucciones del fabricante del mismo, para evitar desprendimientos indeseables. Se recomienda el empleo de remaches e inclusive la combinación de ambos para letreros grandes y pesados, con excepción de aquella nomenclatura que requiera colocarse sobre las cajas de los relevadores y la que va en la parte posterior (parte del alambrado) que irá solamente pegada para evitar daño a las cajas o que salgan las cabezas de remache al frente. Se evitará el empleo de calcomanías que no resistan intemperismo.

El bus mimico o diagrama sinóptico, definido en el inciso 5.4.2 de este capítulo, se colocará mediante el empleo de remaches, en combinación con pegamento de contacto. Las cuchillas de plástico que simulan las cuchillas de alta tensión de operación manual en grupo, se remacharán de tal manera que se dejará libertad de movimiento (giro) para poder simular la apertura y cierre de las mismas.

## 21. Alambrado.

### 21.1 Recomendaciones.

- 1) Se debe utilizar conductores de multifilamentos flexibles de cobre electrolítico estañado de 32 hilos.
- 2) El aislamiento de los conductores deberá ser de material termoplástico autoextinguible para 105°C y 1,000 volts de aislamiento a prueba de aceite.
- 3) Los calibres recomendados son los siguientes:
  - 12 AWG: Para el alumbrado y fuerza del tablero.
  - 14 AWG: Para el alambrado de la protección, control y medición.
  - 18 AWG: Para el alambrado de señales de alarmas.
- 4) El aislamiento de los conductores deberá tener las siguientes propiedades.
  - a) Alta resistencia a la abrasión.
  - b) No propagar la flama.
  - c) Alta resistencia al ataque de sustancias químicas y atmosféricas corrosivas.

### 21.2 Marcado.

El conductor deberá tener impreso en su forro, los siguientes datos, que deben repetirse cada 300mm. como máximo: el calibre, tipo de aislamiento, temperatura máxima de operación, tensión máxima y el nombre del fabricante.

### 21.3 Colores.

Con el objeto de identificar rápidamente la naturaleza del -- circuito es recomendable la utilización de cable forrado de colores de la manera siguiente:

Blanco: Circuitos secundarios de corrientes (de transformadores - de corriente).  
 Negro : Circuitos secundarios transformadores de potencial.  
 Rojo : Circuitos de corriente directa o de control y señaliza -- ción.

### 21.4 Conexiones.

La conexión de conductores debe hacerse con zapatas aisladas de compresión tipo AMP (Aircraft Marine Products) del tipo de ojillo cerrado, evitando conectar más de 2 terminales en cada borne.

No se deberán hacer empalmes entre conductores.

La conexión del cable de control al tablero deberá hacerse utilizando tablillas de conexiones y evitando que dicho cable lle-- gue directamente a los aparatos.

Se identificarán los extremos de los conductores mediante anillos de plástico insertados o montados o mediante otro tipo de material y aplicación a condición de que no sea fácilmente removible ni se deteriore o pierda la información con el tiempo, en donde se indique el número de borne y aparato al que va conectado o número de borne y tablilla o block de conexión.

### 21.5 Secuencia de alambrado.

Utilizando la información contenida en las Hojas de Alambrado se procede en el orden especificado en ellas.

Se coloca una terminal (zapata) en el extremo del conductor - enrollado en el carrete, mediante una pinza de presión controlada y se conecta dicha zapata en el borne indicado. Se desenrolla el - conductor del carrete y se lleva sin cortar, dentro del ducto de a lambrado hasta su destino.

Dejando un exceso de 10% en el largo del conductor, éste se - corta, se enzapata y se conecta.

Se coloca la nomenclatura en ambos extremos y se continúa con la siguiente conexión, marcando previamente en la Hoja de Alambra-

do la conexión ya hecha.

Una vez terminado de alambrar, se ordenan los conductores dentro del ducto de alambrado sin amarrar los mazos y se hace una revisión de las conexiones realizadas por segunda persona, se revisan aprietes, de bornes de conexión, se hace una limpieza del tablero y se prepara para una inspección de control de calidad, previa a pasar a revisión y pruebas.

## 22. Control de calidad final.

### 22.1 Procedimiento.

Aplicar en esta etapa la forma de control de calidad antes mencionada, en 10.2.

## 23. Pruebas.

### 23.1 Objetivo.

Someter a los tableros eléctricos de control, protección y medición, después de su fabricación, a todas aquellas comprobaciones que garanticen su calidad de mano de obra, así como su funcionamiento para el que fueron diseñados, antes de ser instalados en el lugar donde entrarán en servicio.

### 23.2 Procedimiento.

Se puede utilizar la forma "Relación de Pruebas a Esquemas de Control, Protección y Medición" para tener una guía de consulta rápida, de las pruebas a realizar que a continuación se mencionan, así como la forma "Pruebas a Tableros Terminados" para sistematizar los resultados de las mismas. Ambas formas se incluyen también a continuación.

### 23.3 Inspección visual.

#### 23.3.1 Objetivo.

Asegurar que el ensamble mecánico, montaje de equipo, cableado, etc, cumplan con las especificaciones, normas y planos de diseño que les sean aplicables.

#### 23.3.2 Procedimiento.

- 1) Identificar el tipo de servicio al que está destinado --

RELACION DE PUEBAS A ESQUEMAS  
DE CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDICIÓN

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
INSPECCION VISUAL	Ensamble mecánico, eléctrico, montaje de equipo, bus mímico, nomenclatura, aprietes, pintura, acabados, etc.
AISLAMIENTO	En el alambrado.
CONTINUIDAD	Del alambrado según planos electricos
POTENCIAL	Aplicar a todos los circuitos.
OPERACIÓN	Verificar en todos los circuitos.

## PRUEBAS DE CONTROL

SERVICIO	CONTROL				REGIST. DE EVENTOS.	SEÑALIZACIÓN			
	APERTURA		CIERRE			APERTURA		CIERRE	
	LOCAL	REMOTO	LOCAL	REMOTO	ALARMAS	LUZ F	LUZ I	LUZ F	LUZ I
ALIMENTADOR	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BANCOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LINEAS O CA	*	*	*	*	*	*	*	*	*
DIF. DE BAR.					*	*	*		
POTENCIALES					*				
BAJA FREC.					*	*	*		
SINCRONIZAC.	*		*		*				
HILO PILOTO					*				

## PRUEBAS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN

SERVICIO	PROTECCIONES												MEDICION			TRANSF.				
														A	V	VM				
ALIMENTADOR	*													*				1	1	1
BANCOS	*	*	*			*			*				*	*	*	*	*	1	1	1.2
LINEAS			*	*		*	*		*					*	*		1	1	1.2	
DIF. DE BAR									*								1	1	1	
POTENCIALES				*															2	
BAJA FREC.								*						FRECUENCIMET						
SINCRONIZAC														*					2	
CLAVES Y ABREVIATURAS																				
I: Intermitente				CA: Cables				SAT: Saturación				*: Prueba a realizar								
F: Fija				BA: Barras				POL: Polaridad				1 y 2 : T.C. y T.P. s								

## PRUEBAS A TABLEROS TERMINADOS

NOMBRE DEL USUARIO

NOMBRE DE LA OBRA Y LUGAR

MÓDULOS DE  
CONT. PROT.  
Y MEDICIÓN.

TIPO DE TABLERO Y NOMBRE DEL SERVICIO

SECCIÓN N°

## PRUEBAS PRELIMINARES

EVENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EVENTO	<input checked="" type="checkbox"/>
VISUAL		POTENCI	
AISLAMIENTO		OPERAC.	
CONTINUID.			

MOTIVOS DE RECHAZO:

N°	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	
1	CON- TROL	APERTURAS CIERRES Y RECIERRES BLOQUEOS SEÑALIZACIÓN ALARMAS Y EVENTOS		
2	PRO- TEC- CIÓN	OPERACION DE ELEVADORES		
		79	67	
		53	67	
		51	27	
		87	21	
		51	86	
		68	85	
50	94			
3	ME- DI- CIÓN	ALARMAS DE DISPARO REGIST. DE EVENTOS		
		CALIBRAC. ESCALAS TRANSDUCTORES TRANSFORMADORES		

OBSERVACIONES:

## INSPECTOR DE PRUEBAS

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ACEPTA			
RECHAZA			

## USUARIO

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ACEPTA			
RECHAZA			



- (Línea, Banco de Transformadores, etc.), y comprobar el número de secciones o tableros de acuerdo con los planos de colocación de equipo (Diseño Mecánico).
- 2) Comprobar las dimensiones generales de cada sección y -- del conjunto (alto, ancho y profundidad) frentes muertos, puertas.
  - 3) Comprobar el color del tablero y del diagrama sinóptico de acuerdo con el voltaje y con los planos de ubicación de equipo así como sus cotas y dimensiones, además de su funcionalidad.
  - 4) Comprobar espesores de láminas, base de anclaje y orejas de levantamiento.
  - 5) Comprobar las características de conductores empleados y aislamientos.
  - 6) Hacer la primera verificación de apriete de terminales -- del alambrado y condiciones de sujeción mecánica de -- ductos, de tablillas, de conexión, de equipo de control, protección, medición y de todas las partes que vayan a -- tornilladas o remachadas.
  - 7) Verificación del acceso a todas las terminales del alambrado y bornes del equipo eléctrico que estén conectados entre sí para comprobar que no estén obstruidos por ductos o equipo auxiliar sobrepuesto, ni ser estorbadas en forma alguna.
  - 8) Comprobar la nomenclatura y verificar que las placas de identificación de los relevadores, instrumentos, etc, es ten correctamente colocados, en lugar visible, sin prestarse a confusión a que aparato corresponden. La leyenda deberá estar en español y ser congruente con la opera -- ción del circuito o aparato que indique sin utilizar a -- breviaturas indefinidas.
  - 9) Comprobar la existencia de todos los aparatos, instrumen -- tos de medición, alarmas, dispositivos de prueba y equi -- po auxiliar requerido en las Listas de Equipo y Material, verificando que estén colocados de acuerdo con los pla -- nos de disposición de equipo y perforaciones (Diseño Mecánico) y que además sus datos de placa con valores de -- voltajes, corrientes, rangos, tipos y marcas sean los in -- dicados en las listas antes mencionadas.
  - 10) Verificar la existencia de una barra de tierra en todos -- los tableros.

## 23.4 Prueba de continuidad del alambrado.

### 23.4.1 Objetivo.

Asegurar la continuidad de cada uno de los circuitos co -- mo preparación previa para la aplicación de voltaje, así como para asegurar la inexistencia de cortos circuitos y verificar su correcta conexión de acuerdo con los diagramas de alambra -- do.

#### 23.4.2 Condiciones de prueba.

El tablero debe estar totalmente terminado y limpio.

Aparatos y equipo: Un probador de continuidad eléctrica, con una fuente de alimentación de bajo voltaje (6 a 12 volts) y con una campana o zumbador o lámpara indicadora de la continuidad.

#### 23.4.3 Procedimiento.

Las puntas del probador se colocan en los extremos del - circuito que se quiere verificar. Se debe tomar especial cuidado en verificar que las bases o corazas de los transformados o transductores para instrumentos esten eficazmente conectados a tierra.

### 23.5 Pruebas de resistencia de aislamientos.

#### 23.5.1 Objetivo.

Verificar que en el tablero no existan conductores a tierra, para evitar fallas de corto circuito a tierra y verificar el estado de los aislamientos,

#### 23.5.2 Procedimiento.

La medición de la resistencia de aislamiento se efectúa- por lo general con un aparato denominado genéricamente "Me -- gger", que consta básicamente de una fuente de C.D. y un indicador de lectura en Megaohms.

La finalidad de la prueba no es destructiva y se reali- za del siguiente modo:

- 1) Se desconectan todas las terminales que estan alambradas a tierra, en el lado de la tierra.
- 2) Se conectan cuidadosamente en corto circuito cada una de las terminales de todos los equipos instalados en el tablero.
- 3) Se prueba el aislamiento entre partes vivas y tierra u-- sando el probador de aislamiento.
- 4) Se realiza la prueba con una tensión aplicada de 500VCD- durante un minuto y se anota la lectura en magaohms, así como la temperatura ambiente.

### 23.6 Prueba de potencial aplicado

#### 23.6.1 Objetivo.

Verificar por segunda vez la calidad de los aislamientos una vez que se ha descartado la existencia de cortos circuitos y deterioro de conductores con la prueba de "Megger".

### 23.6.2 Procedimiento.

La conexión para esta prueba se efectúa de la misma manera que para la prueba anterior pero aplicando un voltaje de 1500 VCA de baja frecuencia durante un minuto. El voltaje aplicado se mide a través de un transformador de potencia con bobina de 300 volts C.A. máximos y si durante el tiempo de la prueba, la aguja del voltmetro no cae (que indicaría mala condición del aislamiento), se da por satisfactoria la prueba.

## 23.7 Pruebas de secuencia de operación eléctrica (pruebas de control).

Objetivo.- Asegurar que los equipos de control operen correctamente y en la secuencia deseada.

### 23.7.1 Procedimiento.

- 1) Alimentar los circuitos de control a su tensión nominal de C.D.
- 2) Operar el equipo de control, conmutadores de interruptor y cuchillas motorizadas, en la secuencia indicada por la lógica del esquema de control, verificando señales de cierre y apertura que deberá enviar el tablero a través de sus tabillitas terminales. Verificar la señalización dependiendo del esquema de control ya sea de luz verde y roja o luz fija o intermitente, así como los bloqueos de cierre por operaciones de las protecciones.

Esta verificación del esquema de control se puede hacer, detectando las señales que el tablero envía o no al equipo de alta tensión que controlará, en las terminales mediante un voltmetro de C.D. o se puede acoplar a dichas terminales un circuito con los elementos necesarios que simulen la operación de cuchillas e interruptores de potencia, de acuerdo al mimico del tablero.

## 23.8 Pruebas de la protección.

Objetivo.- Verificar los circuitos de disparo de la protección.

### 23.8.1 Procedimiento.

Se verifican los circuitos de disparo de cada uno de los tipos de protección, llámense protección de sobre-corriente, diferencial, etc. A continuación a medida de ejemplo, se da el procedimiento para probar las siguientes protecciones:

### 23.8.2 Prueba de la protección de sobrecorriente con unidad instantánea (50) y de tiempo (51).

- 1) Alimentar los circuitos de disparo con 125 ó 250 VCD. -- (según el caso).
- 2) Conectar la fuente de corriente trifásica fase A, fase B, fase C, y neutro a las tablillas de la entrada de co --- rrientes de los transformadores de corriente para la pro tección de sobrecarga, ajustando la corriente a un valor menor de los ajustes de los tap's de los relevadores.
- 3) Se incrementa la corriente fase por fase energizando asi la bobina de tiempo de cada relevador, para enviar un -- disparo de cada uno de ellos.
- 4) Se prueban los elementos instantáneos de cada relevador -- del siguiente modo:

Se ajustan éstos elementos a su tap mínimo y se les aplica corriente de la magnitud de éste ajuste en -- forma súbita, operando instantáneamente el releva-- dor y no dando margen de tiempo para girar el disco de la unidad de tiempo.

- 5) Se prueba el relevador del neutro (51-N) del siguiente -- modo:

Con la fuente variable trifásica de C.A. se hace un desbalanceo de corrientes para que exista circula -- ción de la misma por el neutro de la estrella, for -- mado por los tres relevadores de fase, In - valor igual al ajuste del tap (generalmente 2- amperes).

### 23.8.3 Prueba de la protección diferencial para banco de -- transformadores.

El relevador utilizado en ésta protección es un releva-- dor de tipo porcentaje diferencial con restricciones de armó -- nicas que nos permite discriminar entre fallas externas e in -- ternas.

El circuito de restricción de armónicas distingue la di -- ferencia en la forma de onda entre la corriente diferencial - causada por una falla interna y la corriente de magnetización del transformador (inrush).

Se utiliza un relevador por fase y por cada devanado del transformador, el relevador trae una bobina de restricción aso -- ciadas a una bobina de operación.

En el momento en que sucede una falla interna del banco, las corrientes en la bobina de restricción se desbalancean -- tanto en magnitud como en ángulo de fase, por lo cual hay una corriente resultante en la bobina de operación haciendo ope -- rar el relevador y éste a su vez envía un disparo a través de un relevador auxiliar (86).

El esquema de protección diferencial se prueba aplicando un incremento de corriente a cada bobina de restricción del relevador.

Esto se hace por cada devanado del transformador y por cada fase.

El relevador opera debido al desbalanceo que se provoca en la bobina de restricción al no energizar al mismo tiempo; con esto se logra un desequilibrio entre las bobinas de restricción que hace que circule una corriente por la bobina de operación.

### 23.9 Pruebas de la medición.

Objetivo: Verificar los circuitos de corriente y potencial de la medición así como el correcto funcionamiento de los aparatos de medición.

#### 23.9.1 Procedimiento.

- 1) Se conecta una fuente de corriente trifásica a las tablas de conexión de los circuitos de corriente de la medición, verificando el faseo correctamente.
- 2) Se ajusta la fuente de corriente a un valor de 2.5 amperes (la mitad del valor nominal máximo de norma de los aparatos de medición que utilizan transformadores de corriente).
- 3) Se opera el conmutador de ampermetro (en su caso) en todas las posiciones comprobando que en ningún momento queda sin lectura el aparato, que sería indicativo de falla del conmutador por apertura indebida de los circuitos de corriente y probable falla de los TC's, en servicio.
- 4) Verificar la secuencia de operación del conmutador, del ampermetro, contra la secuencia del block de pruebas, para lo cual hacemos lo siguiente: bloquear la fase B y C en el block de pruebas, debiendo aparecer la lectura en el ampermetro únicamente en la fase A; repitiendo esta operación para comprobar el bloqueo de las otras fases.
- 5) Verificar la correcta operación del bloqueo de pruebas introduciendo un peine de prueba de relevadores.
- 6) Verificar la lectura del ampermetro. Para verificar la lectura en el ampermetro del tablero se toma en cuenta la relación de los transformadores de corriente a las que se conectará el aparato en su parte secundaria y así tomar el valor de escala de acuerdo al valor primario.

Ejemplo:  $I_s$  = Corriente del secundario.

$RTc$  = Relación de transformadores de corriente.

$L_a$  = Lectura.

$I_s = 2.5 \text{ amp.}$

$RTc = \frac{200}{5} = \frac{40}{1}$

$L_a = 2.5 \times 40 = 100 \text{ amp.}$

- Se compara la lectura del ampermetro en las tres fases - con la calculada  $I_a$ , la cual debe ser del mismo valor.
- 7) Conectar una fuente de potencial a las tablillas de conexión de los circuitos de los transformadores de potencial del tablero y aplicar el valor nominal del voltaje, indicado en los datos de placa de los aparatos de medición - de watts y vars.
  - 8) Aplicar diferentes valores del ángulo de defasamiento en tre voltajes y corrientes y verificar las lecturas de acuerdo con el procedimiento indicado en los manuales del fabricante del equipo de medición, en donde se mencionan la manera de utilizar los parámetros de prueba y los factores de potencia de diseño de los equipos.

### 23.10 Conclusiones.

Se han mencionado aquí los lineamientos generales para probar los tableros una vez terminada su fabricación, con la finalidad de mostrar una conducta básica para hacerlo, sin que el propósito sea de mencionar todas las pruebas específicas que se deben realizar a cada esquema en particular, haciendo únicamente incapié en que básicamente se prueban los circuitos y no los esquemas en sí, ya que la verificación de los mismos de acuerdo a sus características de curvas y tiempos de operación, ajustes, presiones, etc, deberá hacerse al momento de la entrega por los fabricantes, mediante técnicas de laboratorios e instrumentos patrones, con los que no se cuenta por lo general en los lugares de fabricación de tableros.

### 24. Embarque.

#### 24.1 Propósito.

Dar recomendaciones únicamente para el embalaje en el lugar - donde se fabricó el tablero, de tal manera que sufra los menores - daños al transportarlo a su lugar definitivo.

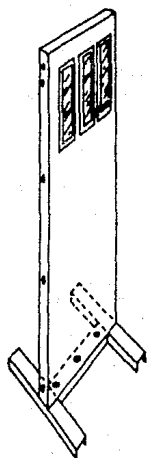
#### 24.2 Transportación en distancias cortas.

Si los tableros van a ser transportados en distancias cortas, que tomen un tiempo menor de un turno de trabajo, es suficiente -- con que vayan bien sujetos al transporte y cubiertos con una lona - (cuando sean tableros autosoportados), cuando sean tableros no autosoportados, deberán ensamblarse con tirantes estructurales metálicos provisionales, para dar rigidez al embarque antes de subirlos al transporte como se observa en dibujo No. 42 y en el No. 43.

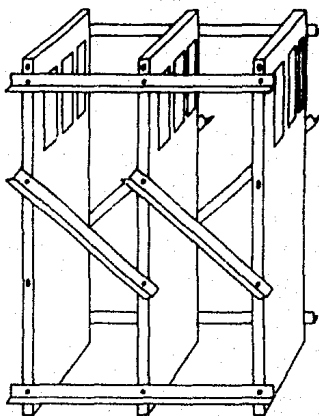
#### 24.3 Transportación a grandes distancias.

Los tableros deberán ir atornillados a una base de madera y -

TABLEROS TIPO SIMPLE ABIERTO



ARREGLO DE UN  
SOLO TABLERO



ARREGLO DE TRES TABLEROS  
PARA SU EMBARQUE.

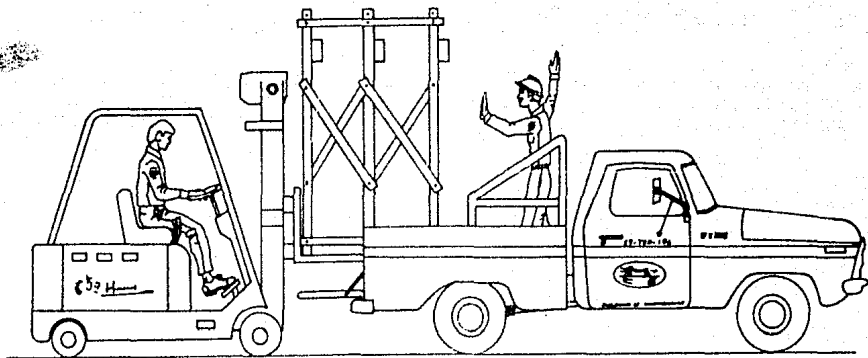
FIG. No. 42

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



ARREGLO DE TABLEROS PARA  
SU EMBARQUE.



118

Fig. No. 43

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL.



MANIOBRA DE EMBARQUE DE UN GRUPO DE TABLEROS PARA SU TRASLADO A DISTANCIAS CORTAS



encajonados, como se ilustra en los dibujos Nos. 44 y 45. Empleando además cable de manila para sujetarlo a las redilas y a la plataforma del transporte y recubiertos con una lona. Se evitará el empleo de cadenas de acero tensadas que puedan destruir el embalaje y dañar el tablero, así como el empleo de cuerdas de material plástico que se aflojarían con el calor solar.

## 25. Ejemplo típico para la aplicación del método.

### 25.1 Objetivo.

Elaborar el diseño eléctrico para la fabricación de parte de los tableros de una subestación en el que se apliquen los lineamientos desarrollados en este capítulo.

### 25.2 Ejemplo.

Sea una subestación telecontrolada, formada por 3 bancos trifásicos de transformadores de 60MVA cada uno, de 230/23kV, alimentada por tres cables de 230kV, en arreglo de doble barra con interruptor de amarre, con aislamiento en hexafluoruro de azufre en 230kV y gabinetes blindados con doble barra, doble interruptor para los alimentadores de 23 kV como se puede observar en la figura No. 46. Se harán los planos de diseño eléctrico y mecánico para la fabricación de los tableros de protección (tableros de relevado -- res), de uno de los bancos trifásicos de transformadores y de dos alimentadores de 23kV.

### 25.3 Desarrollo.

La subestación mencionada, está integrada por tres bancos de transformadores en conexión Y/Y con neutro conectado a tierra en -- ambos devanados, y a través de un reactor limitador de corriente -- de tierra en el lado de 23kV, cables subterráneos de 230kV conectados a un sistema de doble barra con interruptor de amarre. El arreglo de barras, interruptores y cuchillas motorizadas, transformadores de corriente y potencial, y los acoplamientos de bancos de -- transformadores y cables de energía de 230kV, son del tipo modular, con aislamiento en hexafluoruro de azufre. Se emplean gabinetes -- blindados con un arreglo de doble barra doble interruptor, con éstos últimos del tipo removible, para los alimentadores de 23kV. La subestación es del tipo telecontrolada con un esquema como el mostrado en la figura No. 47. A continuación se da una explicación so -- mera de su funcionamiento, se describe el arreglo de los esquemas de protección y se elaboran los planos de diseño correspondientes a dichos esquemas, dando una explicación también somera de los mismos. Se omite el diseño mecánico para el maquilado de la lámina de los tableros, que puede consultarse en el inciso No. 8.2 de este -- capítulo, para evitar información repetitiva.

### 25.4 Sistema de telecontrol.

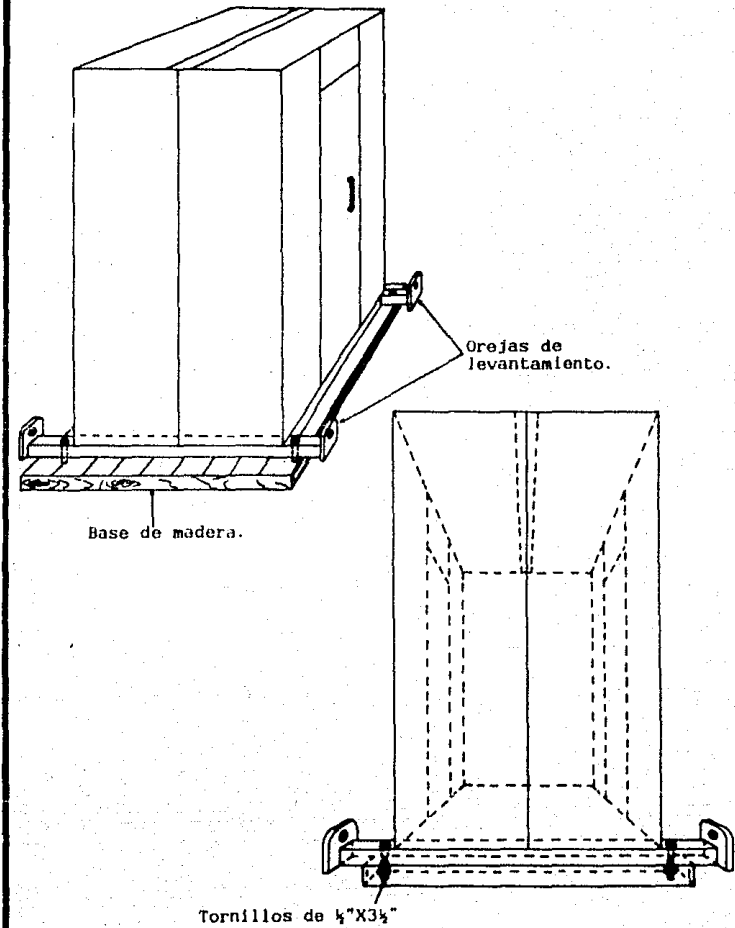

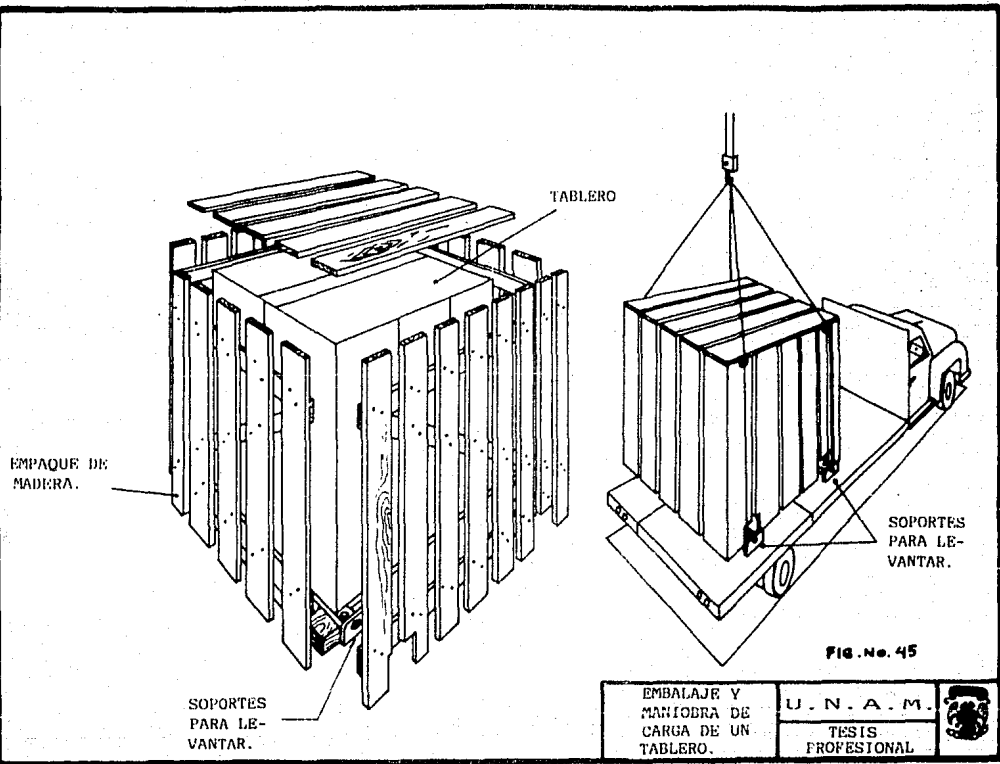


FIG. No. 44

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
BASE PARA EMBARQUE Y LEVANTAMIENTO DE TABLEROS DUPLEX.	



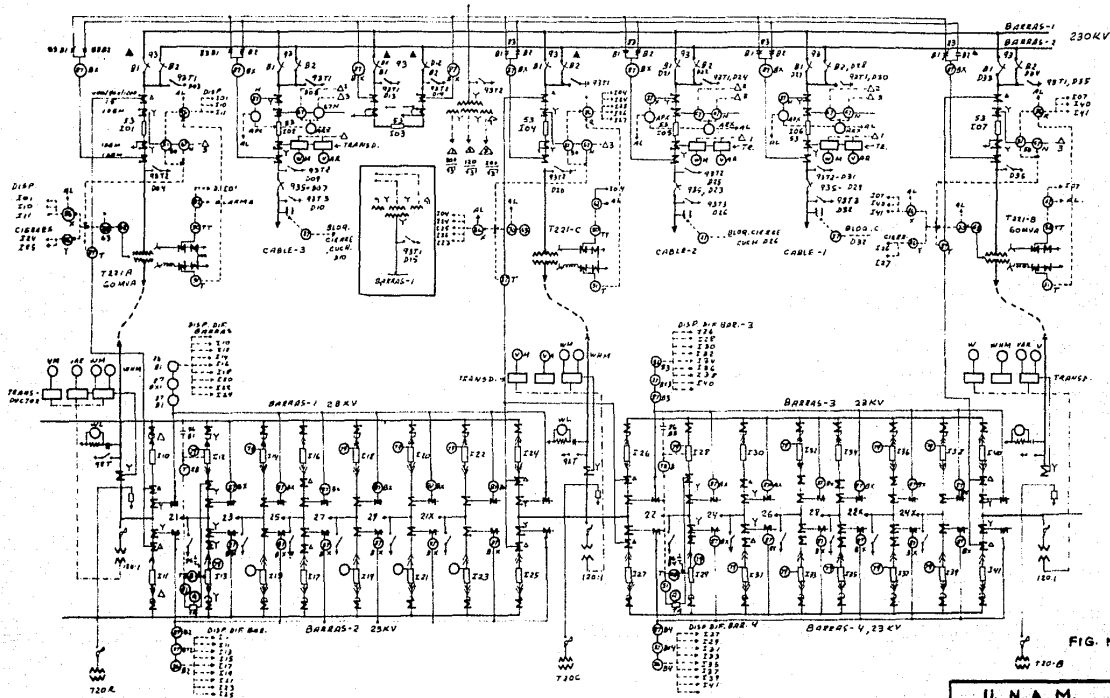


FIG. No. 46

NOTA: TODOS LOS ALIM. DE 23 KV TIENEN EL MISMO ARRANCO EN LA PROTECCION QUE LOS MOSTRADOS PARA LOS ALIMENTADORES NÚM. 21 Y 22. TODOS LOS T.C.'S. 230KV COME 62.500/100/150/200/250/300/350/400/450/500/550/600/650/700/750/800/850/900/950/1000

<b>U. N. A. M.</b>	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>S.E. TELECONTROLADA 230/25KV</b>	
<b>180 MVA EN SF6 Y GABINETES</b>	
<b>BLINDADOS EN 23KV</b>	

En la figura No. 47 podemos ver el esquema muy simplificado de telecontrol de la subestación. Los gabinetes de control de los equipos de alta tensión, como son los transformadores, interruptores y cuchillas motorizadas, los secundarios de los transformadores de corriente y potencial, el equipo del sistema hidráulico de los cables de fuerza de 230kV, sus sistemas de alarma y señalización, el sistema contra incendio, etc., están interconectados con los tableros de protección, con el muro de conexiones y con el tablero miniaturizado de control y medición. Los tableros de protección son del tipo simple abierto (inciso 5.1.1 capítulo III).

El tablero miniaturizado, cuya disposición se puede ver en la figura No. 48, está integrado por conmutadores miniaturizados para operar localmente los interruptores de potencia y las cuchillas, - en un arreglo de diagrama sinóptico ("bus mimico") que corresponde al arreglo físico real de los equipos de alta tensión. Contiene además la medición analógica de watts, vars, amperes y volts procedente de los transductores alojados en los tableros de protección (tableros R) y los conmutadores de bloqueo de recierres, prueba de lámparas y reposición de relevadores auxiliares de disparo. El sistema de señalización es del tipo de luz y fija y luz intermitente. La luz intermitente señala una condición contraria del equipo de alta tensión a la condición mostrada por la posición de los conmutadores en el bus mimico. La luz fija señala una posición concordante, por ejemplo:

- a) Un conmutador en posición de cerrado, con luz intermitente indica que el equipo está abierto.
- b) Un conmutador en posición de abierto, con luz intermitente indica que el equipo está cerrado.
- c) Un conmutador en posición de cerrado, con luz fija indica que el equipo está cerrado.
- d) Un conmutador en posición de abierto, con luz fija indica que el equipo está abierto.

Este sistema de luz fija y luz intermitente es necesario, ya que los equipos reciben comandos localmente y por telecontrol. Una señal de telecontrol cambia el estado de los equipos de alta tensión. Este cambio se muestra en el tablero miniaturizado mediante una luz intermitente.

El muro de conexiones es un conjunto de tableros también del tipo simple abierto, que contiene exclusivamente tablillas de conexión para cable telefónico y está destinado como centro de interconexiones de los tableros de control, protección y medición, y de los equipos de telecontrol.

Los equipos de telecontrol operan con una alimentación de 48-volts de C.D. Los sistemas de control y protección operan con 125-volts de C.D. es necesario por lo tanto que exista un equipo de acoplamiento entre ambos sistemas. Este acoplamiento se realiza mediante un conjunto de relevadores intermedios, de tal manera que las señales de 125 volts de C.D. operan sobre dichos relevadores.

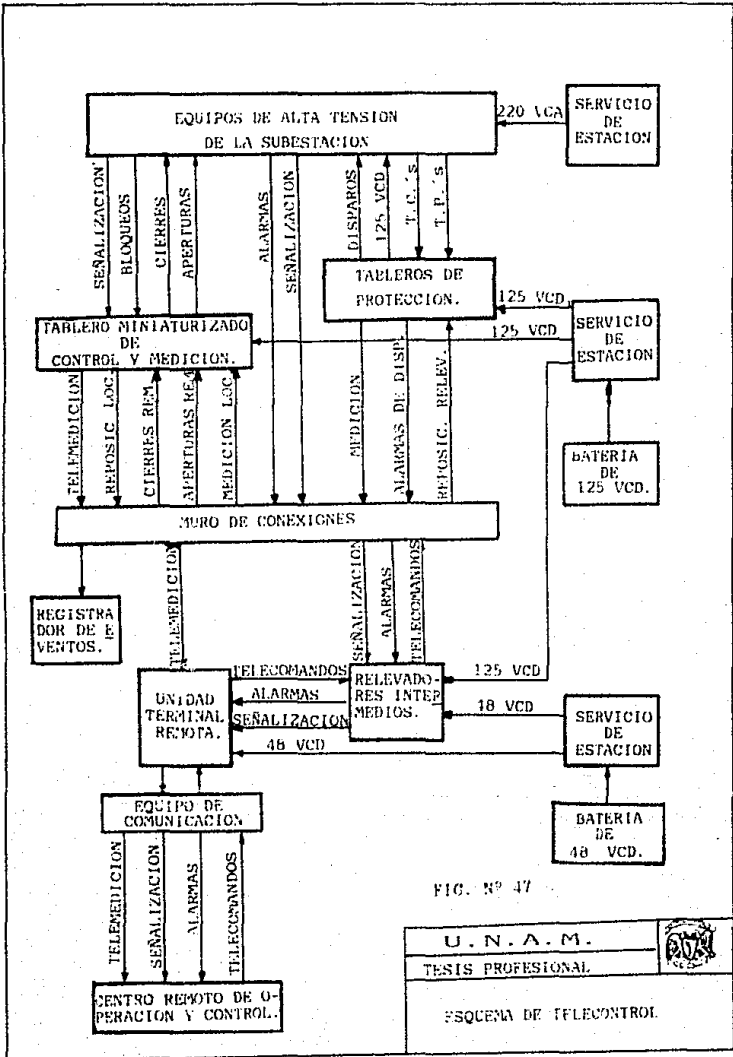


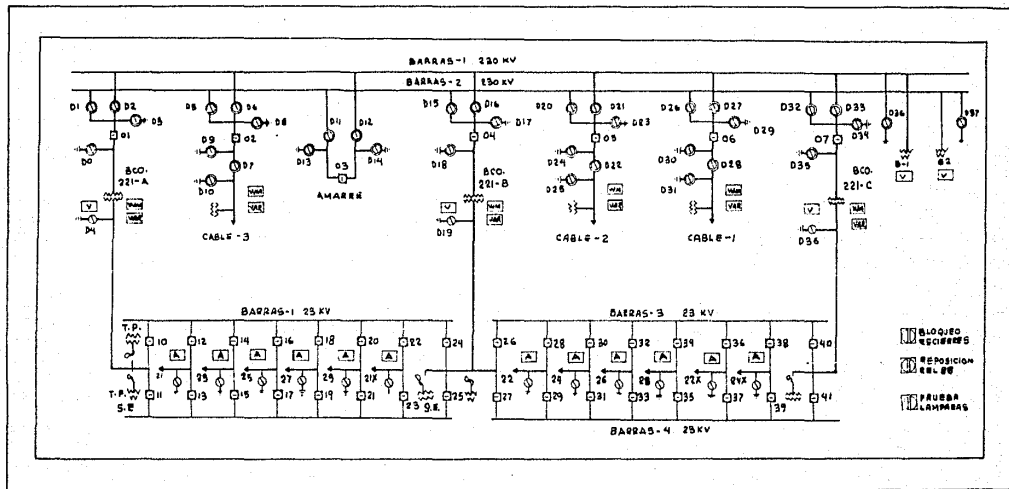
FIG. N° 47

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



ESQUEMA DE TELECONTROL



- ⊗ CUCHILLA MOTORIZADA 230 KV
- ⊕ CUCHILLA DE OPERACION MANUAL 25 KV
- ⊠ INTERRUPTOR 230 Y 25 KV
- ⊡ COMUTADOR DE BLOQUEO
- ⊢ FUSIBLE
- ⊣ T.P.

- ⊡ VOLTMETRO
- ⊠ WATTMETRO
- ⊡ VAR VARIOMETRO
- ⊠ AMPERMETRO
- ← SALIDA DE ALIMENTADOR 25 KV
- ↓ CABLE 230 KV

- ⊡ BLOQUEO RESCIBIENDO
- ⊠ REPOSICION REL. 88
- ⊡ PRUBA LAMPARAS

FIG. No. 48

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
TABLERO MINIATURIZADO PARA CONTROL LOCAL Y REMOTO	

cuyos contactos están alimentados por la fuente de 48 volts de C.D. reproduciendo así estas señales en el sistema de telecontrol. Estas señales son alimentadas a una unidad terminal remota (UTR), -- junto con las señales analógicas de medición, que vienen a través de muro de conexiones, desde los transductores alojados en los tableros de protección. La UTR es un sistema computarizado que se auxilia de un equipo de comunicación para enviar señales de telemedición, señalización y alarmas y recibir telecomandos desde un centro remoto de operaciones y control.

Todos los cambios en las condiciones de señalización de los equipos de alta tensión, originados por comandos locales o remotos, así como las alarmas de alerta y emergencias, alarmas de disparo de las protecciones, etc., llegan al registrador de eventos, en donde se registran e imprimen junto con la hora en que ocurrieron, de tal modo que pueden ser consultados posteriormente.

Los tableros de protección (tableros de relevadores), para el caso de subestaciones telecontroladas, incluyen un conjunto de relevadores auxiliares CX y TX utilizados para el envío remoto de -- cambios, en la señalización de los equipos de alta tensión originados por operaciones locales de cierres y aperturas de interruptores y cuchillas.

En la figura No. 49 se muestran los diagramas eléctricos para la alimentación de los sistemas de 125 y 48 volts de C.D. con luz fija e intermitente, para control, protección y telecontrol. Los circuitos de 125 volts, han sido divididos en función de la importancia y tipo de servicio, con la finalidad de disminuir y localizar las fallas; de la manera siguiente:

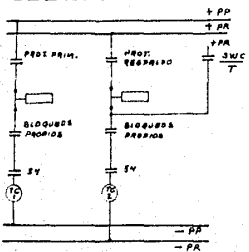
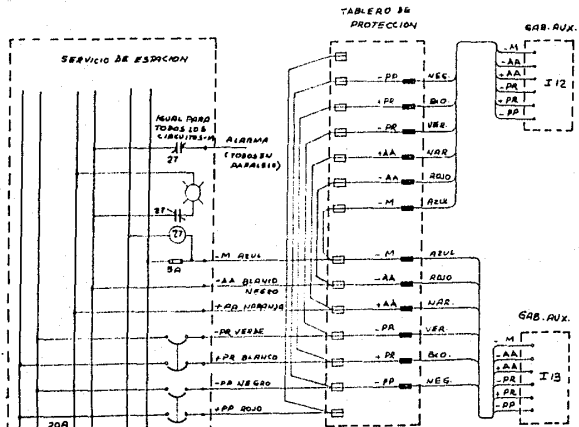
- +pp : Positivo para la protección primaria.
- PP : Negativo para la protección primaria.
- +PR : Positivo para la protección de respaldo.
- PR : Negativo para la protección de respaldo.
- +AA : Positivo para la indicación de alarmas.
- AA : Negativo para la indicación de alarmas.
- + M : Positivo para comandos.
- M : Negativo para comandos.

## 25.5 Esquema de protección de bancos de transformadores.

Los tres bancos tienen el mismo esquema de protección con pocas excepciones que se indicarán. La protección primaria esta integrada por la protección Buchholz (63), la protección diferencial (87T), la protección de sobrecarga instantánea para fallas entre fases (50). Estas protecciones operan sobre el relevador auxiliar de contactos múltiples 86X, que libra los bancos por alta y baja tensión. Operan también sobre los relevadores auxiliares 86Y de -- los bancos 221-A y 221-C, los que envían señales de recierre a los interruptores de 23kV del banco 221-B para que éste tome la carga que ellos han dejado al quedar libres.

La protección de respaldo la integran la protección de sobre-





- + POSITIVO PROTECCION PRIMARIA (PP)
- NEGATIVO " " (PP)
- + POSITIVO PROTECCION RESERVA (PR)
- NEGATIVO " " (PR)
- + POSITIVO INDICACION DE ALARMAS (AA)
- NEGATIVO " " (AA)
- + POSITIVO PARA COMANDOS (M)
- NEGATIVO PARA COMANDOS (M)
- CUCHILLA DE PRUEBA
- CUCHILLA DE PRUEBA SIN ELEMENTO DE DESCONEXION

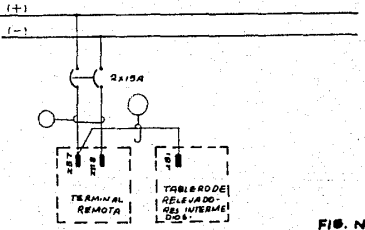
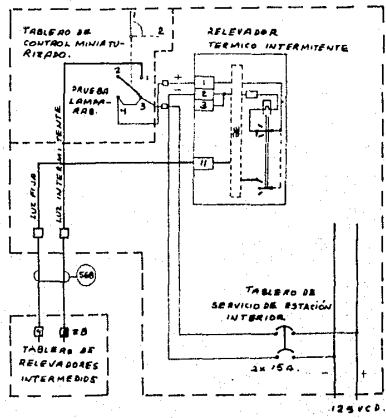


FIG. No. 49

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
ALIMENTACION DE C.D. Y LUZ INTERMITENTE PARA EL TABLERO DE CONT. PROT. MED. BCO. 221A	

carga de tiempo, para fallas entre fases, intercalada en el mismo circuito de corrientes de la protección de sobrecarga direccional de tierra, así mismo la protección de sobrecarga para fallas a tierra, 5IT de los neutros de 23kV de los bancos. Estas protecciones operan sobre el relevador auxiliar 86R que libra el banco por 230- y 23kV.

La medición se realiza a través de transductores de volts, -- vars, watts y amperos conectados a circuitos de corriente de TC's. conectados a 23kV.

#### 25.6 Esquema de protección de cables de 230kV.

El esquema de protección es el mismo que el que se emplea para los cables de 85kV que ya se explicó en el inciso 4.3 del capítulo II, figura No. 18.

#### 25.7 Esquema de protección de barras de 230kV e interruptor de -- amarre.

El interruptor de amarre de barras cuenta con dos relevadores auxiliares 87BX, para integrarse a la protección diferencial de barras, a la que todos los servicios de 230kV (bancos y cables), están integrados. Estos servicios aportan sus corrientes de TC's. para dicha protección, a través de relevadores de transferencia auxiliares, 83B1 y 83B2, que cierran sus contactos dependiendo de la barra de 230kV a la que están conectados (Barra-1 ó Barra-2).

La protección diferencial de barras (87B1 y 87B2), opera a -- través de los relevadores auxiliares de disparo 86B1 y 86B2, los -- que mandan abrir los interruptores conectados a la barra donde se presente la falla, o a ambas barras si el interruptor de amarre está cerrado. En la figura No. 50 se muestra el arreglo de los disparos de la protección diferencial de barras de 230kV.

#### 25.8 Esquema de protección de alimentadores de 23kV.

El esquema de protección de los alimentadores es igual para -- todos y puede observarse en la figura No. 46, en donde solamente -- se ha dibujado el esquema para los alimentadores 21 y 23, con el -- propósito de no complicar el dibujo con información repetitiva. La protección está constituida por una protección de sobrecarga para fallas entre fases y a tierra, con unidades direccionales de disparo, que operan sobre los dos interruptores de cada alimentador. El control cuenta con un circuito de recierre (79) y un juego de TC's, aporta corrientes para la protección diferencial de las dos barras del arreglo de buses blindados de 23kV. La medición de corrientes (A) se encuentra intercalada en el circuito de la protección de so brecarga mencionado.

#### 25.9 Circuitos de polarización.

En la figura No. 50 se muestra el circuito de polarización -- por corrientes de TC's, de las protecciones de sobrecarga direccional de tierra de los bancos 221A, B y C, y de los cables de 230kV-- Nos. 1, 2 y 3.

#### 25.10 Bloqueos y cierres.

En la figura No. 50 se muestran los circuitos de bloqueos y - cierres de los bancos y cuchillas de los bancos 221A, B y C.

#### 25.11 Planos de diseño.

Para la elaboración de los planos de diseño se contó con los planos de los gabinetes auxiliares de los interruptores, cuchillas, transformadores, etc., así como los instructivos de los mismos proporcionados por el fabricante de dichos equipos, para poder relacionar los planos de control y protección con los diferentes dispositivos eléctricos, hidráulicos y neumáticos que el fabricante incluye en dichos equipos.

En la figura Nos. 51, 52 y 53, se muestran diagramas eléctricos trifilares para el control, la protección y la medición del -- banco 221-A.

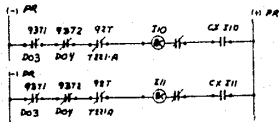
En la figura No. 54, se muestra el diseño de los tableros de protección (No. R4 y R5), donde se puede observar la disposición - de los equipos de protección, la disposición de ductos de llegada de cables de control, la disposición de tablillas de conexiones y blocks de prueba para circuitos de corriente, y la nomenclatura de los mismos. Se incluye una relación de números de cable de control tal como aparecen en los diagramas trifilares, y su función.

En la figura No. 55, se muestra la llegada y conexión de los cables de control a los tableros de protección del banco 221-A (R4 y R5), la distribución del cable en los ductos, y la identificación de cada conductor, tal como se encuentran en los diagramas -- trifilares.

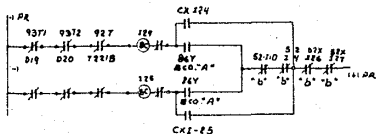
En las figuras No. 56 y 57, se muestran los diagramas trifilares de control, protección y medición del alimentador de 23kV, No. 21. Se han omitido los diagramas trifilares del alimentador No. 23 por ser iguales.

En la figura No. 58, se muestra el diseño del tablero de protección (R26), para los alimentadores No. 21 y 23. Se observa también la disposición del equipo de protección, la distribución de - ductos, tablillas de conexión y blocks de prueba para circuitos de corriente, así como la nomenclatura de los mismos. Se incluye la llegada y conexión de los cables de control y la identificación de los conductores y tablillas. La función de cada cable de control - se muestra en una tabla.

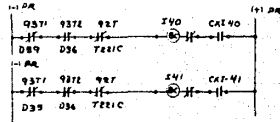
BLOQUEOS Y CIERRES  
BANCO "A"



BLOQUEOS Y CIERRES  
BANCO "B"



BLOQUEOS Y CIERRES  
BANCO "C"



BLOQUEOS Y CIERRES  
BANCO "B"

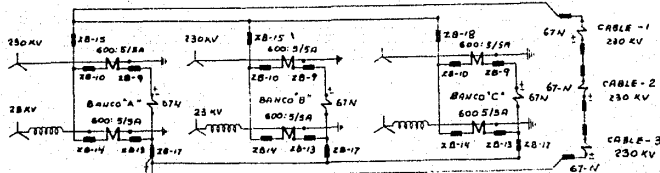
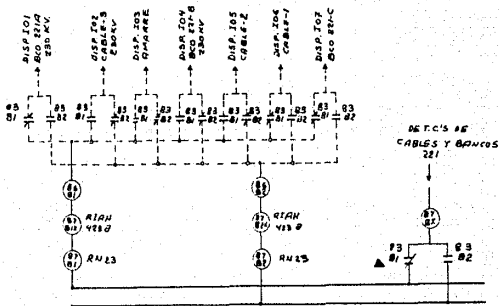
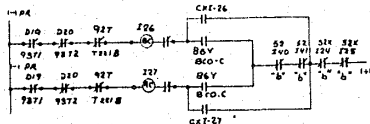


FIG. No. 50

<b>U. N. A. M.</b>	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>DISPAROS BLOQUEOS Y POLARIZACION POR CORRIENTES DE LINEAS Y SCOS. DE 230 KV</b>	

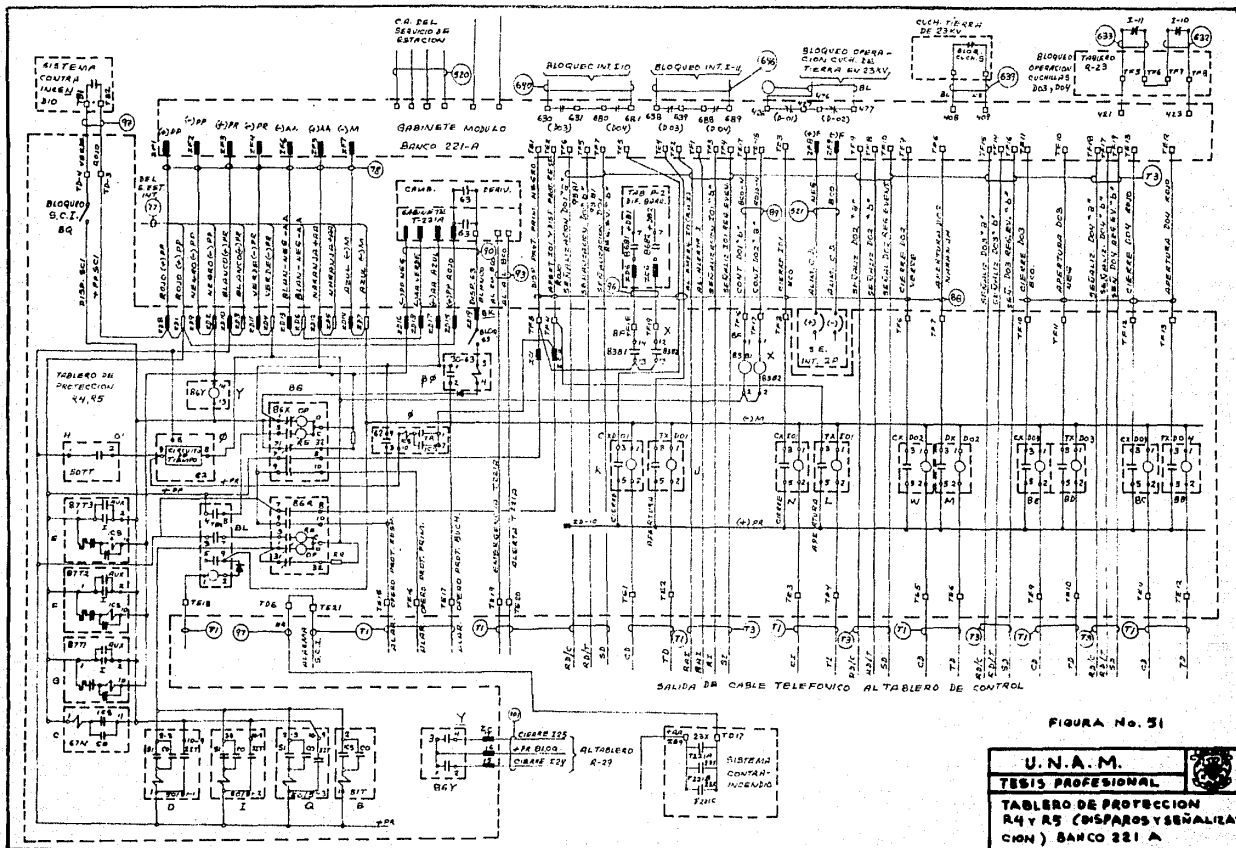
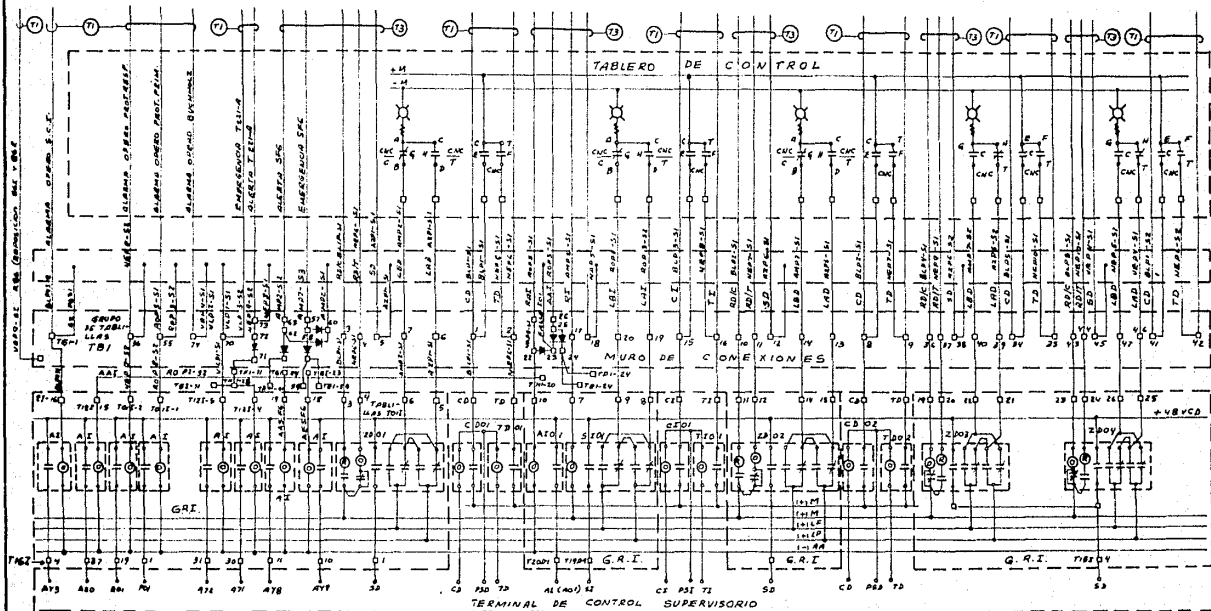


FIGURA No. 51

**U. N. A. M.**  
**TESIS PROFESIONAL**  
**TABLERO DE PROTECCION**  
**R4 Y R5 (SEÑALES Y SEÑALIZACION) BANCO 221 A**



CUADRO DE OPERACIONES CNC

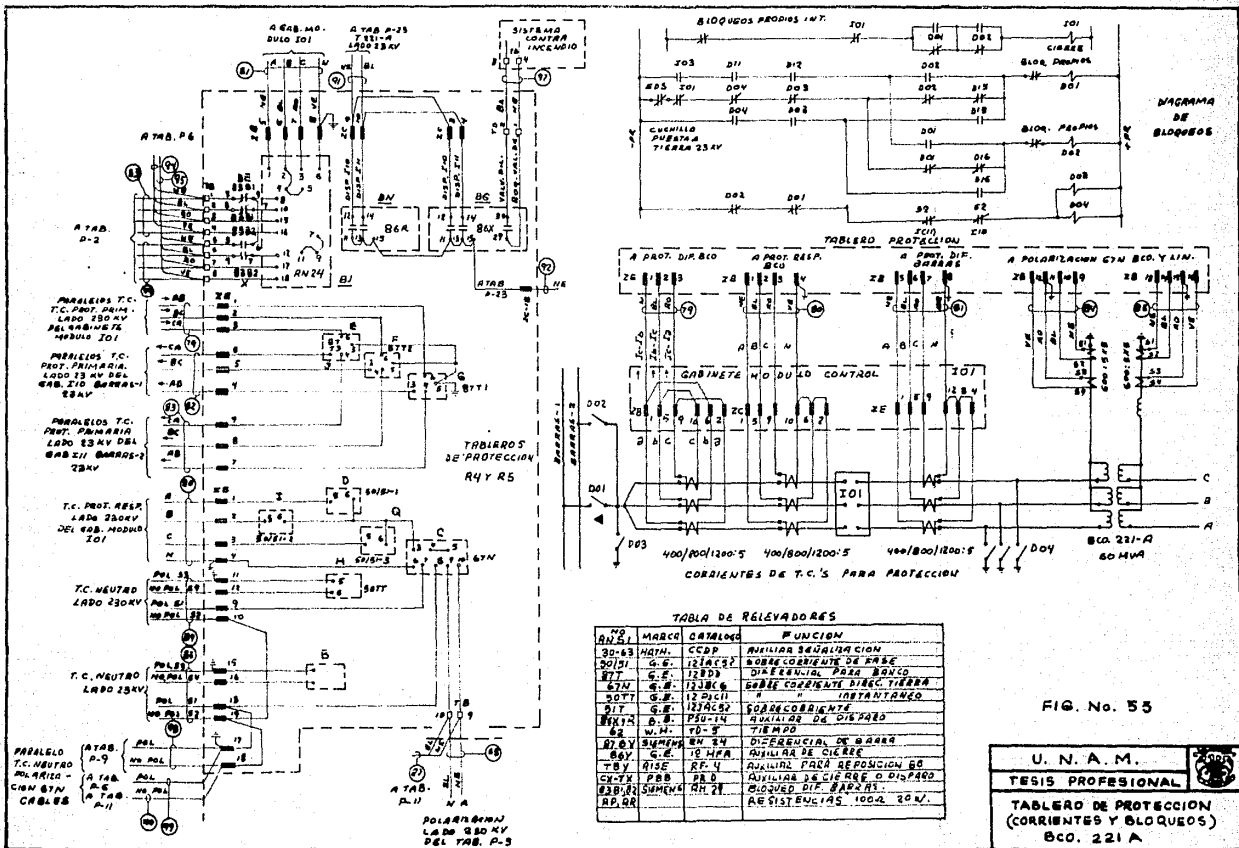
CONTR. TODS	BORNES	CIRCS	DESINY. CABLE	DIRM. CABLE	WATER. ALARMA
E	C	X			
F	T			X	
G	A-B	X	X		
H	C-D			X	X

FIG. No. 52

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA DE TELECONTROL SGO. 221 A



PARALELOS T.C. PROT. PRIM. LADO 130 KV DEL BARRIO DE 480V 101

PARALELOS T.C. PROT. PRIMARIA. LADO 13 KV DEL CAB. 210 BARRIO 23KV

PARALELOS T.C. PROT. PRIMARIA. LADO 13 KV DEL CAB. 210 BARRIO 23KV

T.C. PROT. RESP. LADO 230KV DEL MODULO 101

T.C. NEUTRO LADO 230KV

T.C. NEUTRO LADO 23KV

PARALELO T.C. NEUTRO POLARIZACION CIN 67KV

TABLEROS DE PROTECCION R4 Y R5

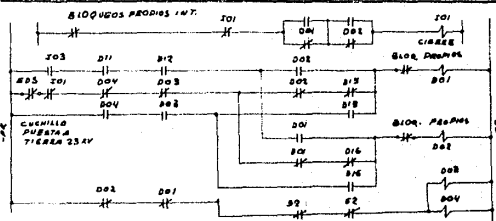


DIAGRAMA DE BLOQUEOS

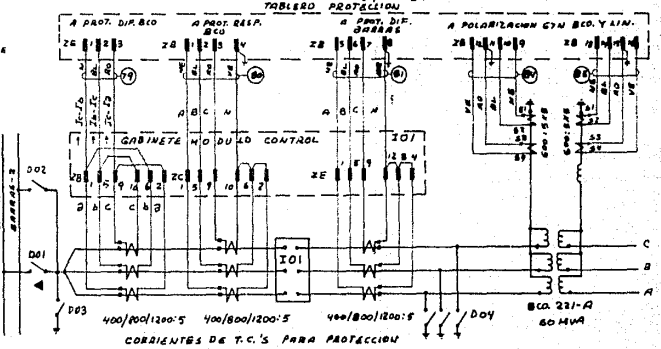


TABLA DE RELEVADORES

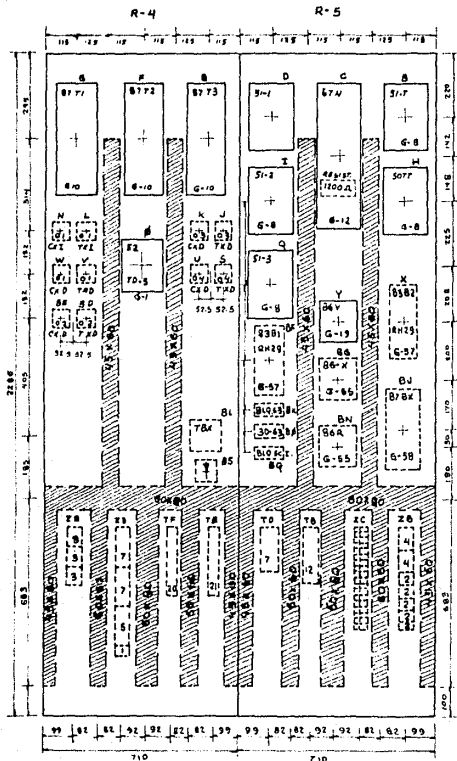
NO. AN.	MARCA	CATALOGO	FUNCION
30-63	MATH.	CCDP	ANILIA SEÑALIZACION
20151	G.E.	121A57	NOBRECORRIENTE DE FASE
877	G.E.	121D3	DIFERENCIAL PARA BAJOS
67N	G.E.	121K6	SOBRE CORRIENTE DIRECTA TIERRA
2017	G.E.	121C11	" " INSTANTANEO
817	G.E.	121A52	SOBRECORRIENTE
81K14	D.S.	PSU-14	ANILIA DE DESPARRO
62	W.H.	TD-3	TIEMPO
878Y	SUMERS	8V 14	DIFERENCIAL DE BARRA
86V	G.E.	12 HFA	ANILIA DE CIERRE
TSY	RISE	RR-4	ANILIA PARA REPOSICION GO
CX-7Y	PBB	PR-0	ANILIA DE CIERRE O DESPARRO
838-82	SUMERS	RR-21	BLOQUEO DIF. BARRA 13
AP, QR			RESISTENCIAS 100Ω 20W.

FIG. NO. 55

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

TABLERO DE PROTECCION (CORRIENTES Y BLOQUEOS) BCO. 221 A



CABO	NOR- MA	NO. DE HILOS	FUNCION	CONECTA CON
A				
101	4		CERRA CBU CFB	TAB. P-2
C				MURO COMB. MC-1
T1	20P		CENTRAL ALARMAS 101, 101, 101, 101, 101	SEÑ. SEÑAL. INT.
F	7		C.B. DEL TABLERO DE EMERGENCIA DE ESTACION	" "
78	7		C.D. AL GABINETE DE MÓDULO 101	GAB. MÓD. CONT. 101
N				
79	4		T.C. PROT. PRIM. LARGO 230KV T221-A	GAB. MÓD. CONT. 101
80	4		" " " " 230KV "	GAB. 101 221 B-1
83	4		" " " " 230KV "	" I-H " B-1
800	4		" " " " 230KV "	GAB. AUT. 101
84	4		T.C. NEUTRO LARGO 230KV T221-A	GAB. T.C. NEUTRO 230KV
85	4		" " " " 230KV "	" " " " 230KV
87	4		T.C. PROT. SEC. DE BARRAS 230KV	" MÓD. CONT. 101
88				
89	2		P'S POLARIZACION 67A	TAB. P-3
87	2		" " " " " " " "	TAB. P-4
9				
90	7		CONTROL DEL 101, 101, 101	GAB. MÓD. CONT. 101
91	6		" " " " " " " "	" " " " " " " "
90	2		DISPARO BUCHNOLZ Y C.D. T-221-A	GAB. T221-A
91	2		DISPARO 110 e 111	TAB. P-3
92	2		+ PP 23 23 LA SECCION DE 230KV	TAB. P-3
93	2		ALARMA T221-A	GAB. T221-A
93	4		PARALISIS DIF. DE BARRAS-1 230KV	TAB. P-4
94	4		" " " " " " " "	TAB. P-6
95	4		" " " " " " " "	TAB. P-6
95	4		" " " " " " " "	TAB. P-6
96	2		DISP. PROT. DIF. BARRAS 1 Y 2 230KV	TAB. P-2
97	6		DISP. DISP. SEC. Y PERMISIVO OPER. VOL. DIF.	GAB. SEÑ. CONT. INC.
98	2		PARALISIS DIF. NEUTRO BARRAS LARGO 230KV	TAB. P-4
99	2		POLARIZACION 67A CABLE	TAB. P-6
100	2		POLARIZACION 67A CABLE	TAB. P-4

ABREV.	DESCRIPCION
CI	CERRA INTERRUPTOR
TS	DISPARO "
RI	SEÑAL POSICION INT. REMOTA
SE	SEÑAL POSICION INT. REMOTA
RAI	ALARMA EMERGENCIA INT.
AAI	" ALBERTA "
CD	SEÑAL CERRA CUCHILLA
TD	" APERTURA CUCHILLA
ADIC	SEÑ. REG. POS. CUCH. CERRADA
ADIT	" " " " " " ABERTA
82	SEÑAL POS. CUCH. REMOTA REMOTA
82B	ALARMA EMERGENCIA BCO. T221
82B	" ALBERTA BCO. T221-A
AD2	OPER. BUCHNOLZ REMOTA REMOTA
82P	ALARMA OMBD PROT. PRIMO
82P	" " " " " " " "
82B	INDICACION DE POSICION DE
82B	BLOQUEO VOLVULO DE SILVIDO

FIG. No. 54

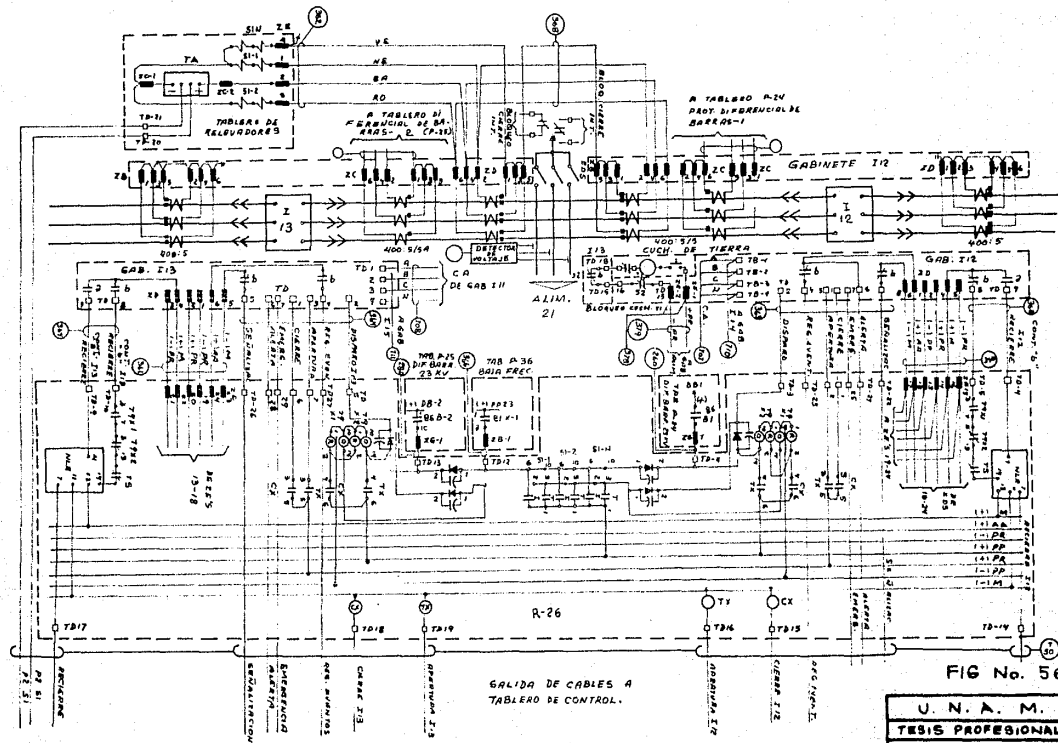
U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

PREPARACIONES EQUIPO Y CABLE DE CONTROL DE LOS TABLEROS DE PROT. DEL BCO. 221A








Salida de cables a  
 Tablero de control.

FIG No. 56

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
	
DIAGRAMA DE CONT. PROT. Y MED. DE ALIM. 23KV DOBLE BARRA DOBLE INTERRUPTOR	

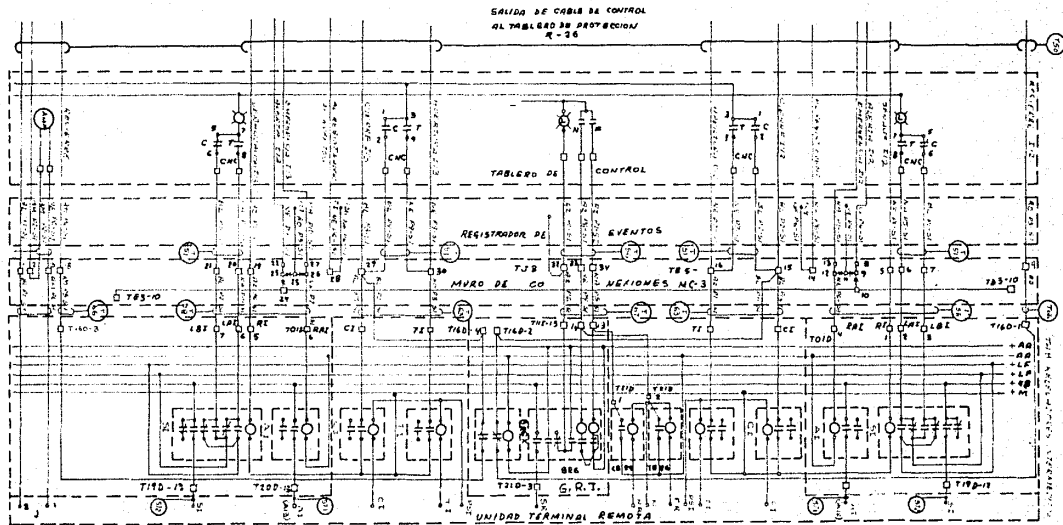
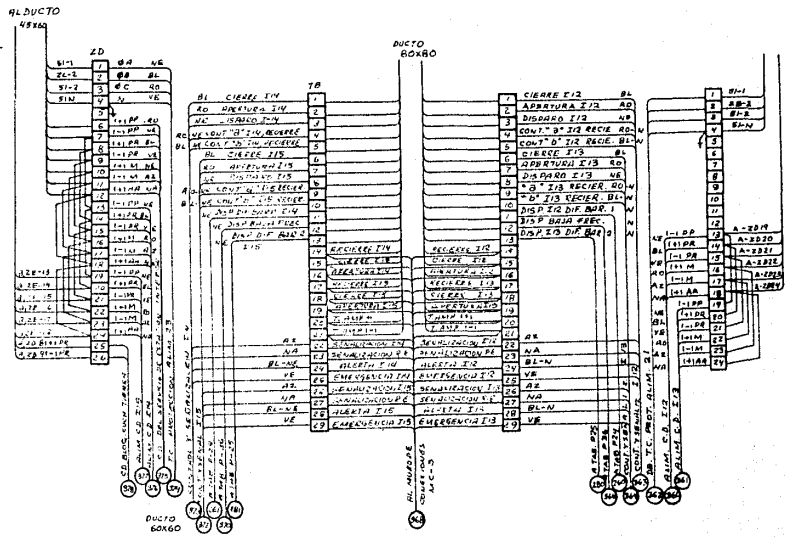
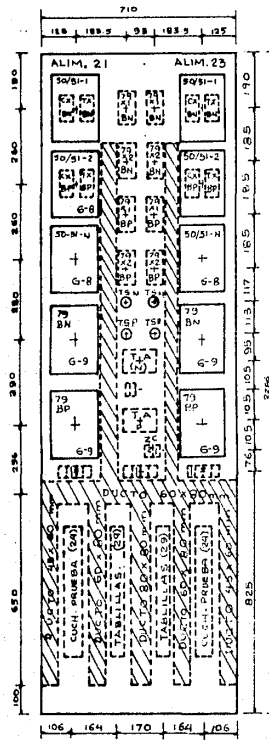


FIG. No. 57

U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA DE TELECONTROL PARA ALIM. 23 KV EN ARREGLO DE DOBLE BARRA DOBLE INT.	



Nº CABLE	Nº BOBINAS	Nº DE HILOS	FUNCION	CONECTA CON
360		7	ALIM. C 0 F12	6A8 F12
361		7	ALIM. C 0 F13	" F13
362		4	T.C.'S PROTECCION ALIMENTADOR 21	" F13
363		10	CONTROL Y REGULACION F12	" F12
364	1A	1A	CONTROL Y REGULACION F13	" F13
365		2	DISPARO F12 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
366		2	DISPARO F13 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
367		2	DISPARO F12 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
368		2	SEÑAL ALARMAS F12, 1, 3, 14 y F13	MUÑEJO COMISIONES
369		2	DISPARO F12 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
370		2	DISPARO F13 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
371		2	DISPARO F14 DIA. 25x25x25	TAB. ALIM. 24
372		10	CONTROL Y REGULACION F12	6A8 F12
373		10	CONTROL Y REGULACION F13	6A8 F13
374		4	T.C. PROTECCION ALIMENTADOR DIA. V-23	6A8 F12
375		7	ALIMENTACION C 0 DE SERVIDOR DIA. 101	6A8 F12 20
376		7	ALIMENTACION C 0 F14	6A8 F14 24
377		7	ALIMENTACION C 0 F13	6A8 F13

FIG. No. 58

**U. N. A. M.**

**TESIS PROFESIONAL**

**TABLERO DE PERFORACIONES  
DUCTOS, TABILLAS, EQUIPO Y  
CABLES CONT. ALIM. 21 Y 23**

Las hojas de alambrado y conexión que se proporcionan a los operarios que realizan la conexión de los equipos durante el proceso de fabricación de los tableros, se han omitido también, por considerar que aportan poca información objetiva. Estas hojas se generan a partir de los diagramas trifilares, y de los planos de distribución del equipo y de tablillas, que contienen números de borne de aparatos, de tablillas y nomenclatura alfanumérica. La elaboración de estas hojas se explica, con un ejemplo ilustrativo en el inciso No. 7 de este capítulo.

CAPITULO IV

## CONCLUSIONES.

1. La filosofía básica para el diseño de los esquemas de protección, es que debe prever el disparo de el mínimo número de interruptores, necesarios para librar la falla. Su temporización debe ser lo suficientemente rápida y coordinada para garantizar la estabilidad del sistema, la continuidad del servicio, y los daños mínimos al equipo de potencia.

Los esquemas mostrados aquí, han sido probados con buenos resultados en el Sistema Central, por la Cia. de Luz y Fuerza - del Centro, y se han tomado como esquemas tipo para el presente trabajo.

2. Para la utilización de relevadores y equipo de control de estado sólido, deberá tenerse en cuenta el aumento de los problemas de interferencias electromagnéticas transitorias en los sistemas de control y protección. Debido a la importancia de este fenómeno deberá elaborarse una serie de especificaciones de equipo que obligue a los fabricantes que proporcionan dichos equipos, a minimizar estos problemas.

En el inciso 2 del capítulo III solamente se dan los lineamientos para las especificaciones de relevadores electromagnéticos.

3. El proceso de diseño y fabricación de tableros de control, protección y medición no se altera con la utilización de relevadores y equipo de control de estado sólido. Este tipo de relevadores presenta bajos problemas de interferencias electromagnéticas, en subestaciones como la del ejemplo típico del capítulo anterior, ya que en las subestaciones encapsuladas - en hexafluoruro de azufre, y con gabinetes blindados (metal clad), el nivel de los transitorios es bajo. En subestaciones del tipo abierto o convencional, los transitorios son una función de la red del sistema de tierras, del correcto diseño de la misma dependerá la correcta operación de los equipos.
4. El sistema de nomenclatura de los equipos de control, protección y medición y de las tablillas y blocks de conexiones, -- así como el asentamiento de dicha nomenclatura en los diagramas trifilares, permite la eliminación del empleo de anillos de nomenclatura en los extremos de los conductores, del alambrado del equipo de los tableros. Esta eliminación representa una gran reducción en la mano de obra y en los costos de fabricación. Se deberá contar con un archivo de planos actualizados, para su consulta en caso de ampliaciones o reparaciones de los tableros en servicio, si se elimina el empleo de -

estos anillos.

5. La división de los circuitos de corriente directa, según su aplicación, como se observa en los diagramas eléctricos del ejemplo de diseño del inciso No. 25, del capítulo anterior, ayuda a asegurar que los circuitos de protección disparen sobre los interruptores a pesar de que un corto circuito, o fusión de fusibles, o termomagnéticos operados, ocurra en circuitos colaterales de menor importancia.
6. El maquilado de las láminas para los tableros, que aquí se ha mencionado como un proceso a realizar en talleres con equipolimitado, puede ser encargado para grandes volúmenes de tableros, a maquiladoras especializadas en el empleo de máquinas troqueladoras programadas. Esto implicaría indudablemente, la necesidad de contar con tableros normalizados.
7. La elaboración de las hojas de alambrado y conexión, que se les proporciona a los operarios para la interconexión sistematizada durante el proceso de fabricación de los tableros, es susceptible de ser procesada por un programa de computadora, de la misma manera que los planos de disposición de equipo y perforaciones en los tableros, la llegada y distribución de cables de control, números de bornes de conexión de las tabillas, colores de los conductores, etc. y aún los diagramas trifilares.
8. Para la realización de pruebas a los tableros, una vez terminada su fabricación, se pueden construir una serie de simuladores con equipo de control de desecho, fuentes de corriente y potencial variable, defasadores de ángulo, fuentes de corriente rectificada, bancos de resistencias para simular cargas, equipo de medición de laboratorio, cuadros de alarma, etc. Estos equipos se pueden montar en un tablero tipo consola y conectar de tal manera que reproduzcan los arreglos de barras, interruptores y cuchillas de alta tensión. Deberán tener terminales de entrada para conectar las señales de salida de los tableros por probar y dispositivos de indicación que muestren el correcto o mal funcionamiento del mismo.
9. En general, a partir del presente trabajo, lo que faltaría por hacer, sería el desarrollo de un proceso de diseño y fabricación de tableros, mediante sistemas computarizados, para lo que se tendría que contar con esquemas de control y protección normalizados, y diagramas trifilares correspondientes a diferentes marcas de relevadores y equipo de control, para diferentes arreglos modulares de los equipos de alta tensión, con los que se generarían bases de datos indispensables para la elaboración de los programas.

## BIBLIOGRAFIA

### APPLIED PROTECTIVE RELAYING

For individual Or Class Study  
Westing House Electric Corporation  
Relay Instrument Division.

### CURSO PARA INGENIEROS SOBRE NORMALIZACION, PROTECCION POR RELEVADORES Y MEDICIONES ELECTRICAS.

Taller de Tableros de la Cia de Luz y  
Fuerza del Centro, S. A.

### MANUAL DE DISEÑO DE SUBESTACIONES.

Gerencia de Planeación e Ingeniería  
Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

### ENCLOSURES FOR POWER SYSTEM MANAGEMENT EQUIPMENTS

Instructivo GED-5875A  
General Electric Corp.

### IEEE STANDARD FOR SWITCHGEAR ASSEMBLIES

An American National Standard.

### NORMAS PARA FABRICACION DE TABLEROS DE CPM

Nos. FTA-CP-02 a FTA-CP-17  
Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

### INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

Pedro Camarena  
Editorial CECSA.

### REVISTA TECNICA IEM

Año IV No. 14



NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-118  
Tableros Eléctricos Ensamblados en Fábrica de  
Distribución y/o Control en Baja Tensión DGN (TEEI)

FILOSOFIA GENERAL DE DISEÑO Y SELECCION DEL ESQUEMA DE  
RESPALDO LOCAL EN EL SISTEMA NACIONAL DE 230 y 400kv.  
Ing. Salvador Hernández G.  
Depto. de Ingeniería Eléctrica, Cía de Luz  
y Fuerza del Centro, S. A.

REQUISITOS GENERALES PARA LAMINA LAMINADA EN CALIENTE Y  
EN FRIO DE ACERO AL CARBONO Y DE ACERO DE BAJA ALEACION  
Y ALTA RESISTENCIA.  
Norma Oficial Mexicana NOM-B-266-1981 DGN

ESPECIFICACIONES DE RELEVADORES DE PROTECCION CONMUTADORES  
PARA CONTROL Y LAMPARAS INDICADORAS.  
No. REL-CFE  
Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

MANUAL ON ELECTRIC INSULATION TESTING FOR THE PRACTICAL MAN  
James G. Biddle Co.  
Plymouth Meeting PA. 19462.