

UNIVERSIDAD DON BOSCO



"DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA MECANIZAR LOS DIBUJOS DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA CAESS"

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PREPARADO PARA LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

POR

JORGE ALBERTO MORALES MOLINA

FEBRERO - 1997

SOYAPANGO - EL SALVADOR - CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO GARCÍA S.D.B

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. CARLOS GUTIERREZ

ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. LEONARDO DIMITRÍ GARCÍA RUBIO

JURADO EXAMINADOR

ING. MANUEL ELÍAS ESCOBAR GRANDE

ING. MANUEL ANTONIO FERNÁNDEZ MARENCO

AGRADECIMIENTOS

MUCHAS GRACIAS AL PERSONAL DE LAS SECCIONES DE MAPEO DIGITAL Y SUBESTACIONES, DE DIVISIÓN TÉCNICA DE CAESS, S.A., POR EL SOPORTE TÉCNICO.

DESEO AGRADECER TAMBIÉN A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE COLABORARON DE UNA U OTRA FORMA EN LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO.

ESPECIALMENTE A:

LIC. LEONARDO DIMITRÍ GARCÍA RUBIO

ING. MANUEL ELÍAS ESCOBAR GRANDE

ING. MANUEL ANTONIO FERNÁNDEZ MARENCO

ING. LUIS MONTESINOS

ING. FABIO ARAGÓN

ARQ. FRANCISCO SIGÜENZA

ING. JUAN CARLOS CASTRO CHÁVEZ

ING. CARLOS BRAHM

DEDICATORIA

A DIOS POR SU CONSTANTE GUÍA.

A MIS PADRES: JORGE ALBERTO MORALES HERNÁNDEZ Y ROSA AMELIA
MOLINA SÁNCHEZ POR SU CONTINUA CONFIANZA Y APOYO DEPOSITADAS EN
MI PERSONA.

ÍNDICE

| Contenido | Página |
|--|--------|
| Introducción..... | i |
| Planteamiento del Problema | iii |
| Justificación del Tema | iii |
| Delimitación del Tema | iii |
| Objetivo General | v |
| Objetivos Específicos | v |
| | |
| Capítulo 1. Subestaciones Eléctricas del Sistema CAESS | |
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 Clasificación | 1 |
| 1.2.1 Subestaciones Receptoras..... | 2 |
| 1.2.2 Subestaciones Transformadoras | 2 |
| 1.2.3 Subestaciones de switcheo | 3 |
| 1.3 Descripción del equipo de una subestación | 3 |
| 1.3.1 Transformadores de potencia..... | 4 |
| 1.3.1.1 Parte activa | 4 |
| 1.3.1.2 Parte pasiva | 6 |
| 1.3.1.3 Accesorios..... | 7 |
| 1.3.1.4 Conexión | 8 |
| 1.3.2 Transformador de Tierra..... | 10 |
| 1.3.3 Transformadores de Instrumento..... | 11 |
| 1.3.3.1 Condiciones de servicio..... | 12 |
| 1.3.3.2 Transformadores de corriente..... | 13 |
| 1.3.3.2.1 Tipos de TC..... | 13 |
| 1.3.3.3 Transformadores de potencial | 15 |
| 1.3.4 Pararrayos..... | 16 |
| 1.3.4.1 Pararrayos ZnO | 17 |
| 1.3.5 Interruptores de potencia..... | 19 |
| 1.3.5.1 Interruptores de gran volumen de aceite..... | 21 |
| 1.3.5.2 Interruptores de gas SF ₆ | 23 |
| 1.3.5.3 Especificaciones para interruptores | 24 |
| 1.3.6 Seccionadores..... | 25 |
| 1.3.6.1 Seccionador vertical | 26 |
| 1.3.6.2 Seccionador doble | 26 |
| 1.3.6.3 Seccionador desconectador por flanco | 27 |
| 1.3.6.4 Seccionador de apertura con pértiga | 28 |
| 1.3.7 Barras colectoras..... | 28 |
| 1.3.7.1 Forma tubular | 29 |
| 1.3.7.2 Conductores flexibles..... | 31 |
| 1.3.7.3 Conectores para conductores | 31 |
| 1.3.8 Conexiones a tierra | 32 |
| 1.3.8.1 Clasificación | 33 |

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| 1.3.8.1.1 Red de tierra..... | 33 |
| 1.3.8.1.2 Red de polarización..... | 33 |
| Capítulo 2. Sistemas de Protección | |
| 2.1 Introducción..... | 36 |
| 2.2 Componentes básicos..... | 36 |
| 2.3 Principio de operación de los relevadores..... | 40 |
| 2.4 Zonas de protección..... | 43 |
| 2.5 Relevadores de sobrecorriente..... | 46 |
| 2.5.1 Relevadores de sobrecorriente instantáneo..... | 47 |
| 2.5.2 Relevadores de sobrecorriente con retraso de tiempo..... | 47 |
| 2.5.3 Curvas de operación..... | 47 |
| 2.6 Relevadores direccionales de sobrecorriente..... | 49 |
| 2.7 Relevadores diferenciales..... | 49 |
| 2.8 Protección de líneas de distribución..... | 51 |
| 2.8.1 Protección contra sobrecorriente..... | 52 |
| 2.9 Protección de transformadores..... | 56 |
| 2.9.1 Protección de transformadores de tierra..... | 58 |
| 2.10 Protección de barras..... | 59 |
| 2.11 Alimentadores de enlace entre subestaciones..... | 62 |
| 2.11.1 Protección piloto..... | 63 |
| Capítulo 3. Diseño y Planteamiento del Sistema CAD | |
| 3.1 Introducción..... | 66 |
| 3.2 Recopilación de Información..... | 67 |
| 3.3 Clasificación de planos y diagramas..... | 67 |
| 3.4 Clasificación de entidades gráficas y atributos..... | 71 |
| 3.5 Clasificación de vistas y secciones..... | 87 |
| 3.6 Estructuración de la aplicación..... | 89 |
| 3.7 Estructuración de archivos..... | 90 |
| 3.8 Determinación de escala..... | 91 |
| 3.9 Aplicaciones de diseño automatizadas..... | 92 |
| 3.9.1 Flujograma BORNERRA.LSP..... | 94 |
| 3.10 Simulación de diseño gráfico de Subestaciones..... | 95 |
| 3.11 Estructuración de menú y pantallas de diálogo..... | 99 |
| Capítulo 4. Implementación de la Aplicación CAD | |
| 4.1 Introducción..... | 101 |
| 4.2 Instalación del programa..... | 102 |
| 4.3 Configuración del programa..... | 102 |
| 4.4 Módulos principales de la aplicación..... | 103 |
| 4.5 Uso del menú CAESS..... | 104 |
| 4.6 Archivos de los módulos principales..... | 112 |
| 4.7 Librerías CAESS..... | 113 |
| 4.7.1 Unifilares..... | 113 |
| 4.7.2 Esquemáticos..... | 115 |

Contenido

Página

| | |
|----------------------------|-----|
| 4.7.3 Alambrado | 118 |
| 4.7.4 Estructuras | 122 |
| 4.7.5 Obras civiles | 122 |
| Conclusiones | 124 |
| Glosario de Términos | 125 |
| Bibliografía | 128 |

INTRODUCCIÓN

Siempre que se proyecta el diseño de una subestación de distribución de energía eléctrica, de acuerdo a un diagrama de las disposiciones para su instalación, será necesario efectuar diversas consideraciones para determinar las distancias de seguridad, con dimensiones del equipo y la disposición más conveniente de los mismos, de manera que el costo de la instalación sea el menor posible, todo lo cual ha de quedar plasmado en planos de planta y de elevaciones con los detalles necesarios por separado.

Antes de efectuar el proyecto definitivo, se acostumbra dibujar varios planos de planta, optimizando los diferentes arreglos, mostrando aquellos acomodos del equipo que logren reducir al máximo la superficie del terreno utilizado y, sobre todo que faciliten las maniobras de operación y mantenimiento del equipo instalado.

En estos planos de diseño normalmente hay una serie de detalles que se encuentran con frecuencia en distintos planos, por lo que cada vez que se necesita hay que dibujarlos nuevamente, lo que supone una notable pérdida de tiempo que se puede ahorrar con el uso de la computadora.

En este documento se explicará el procedimiento para la implementación de un programa, que permita digitalizar información, para el análisis o construcción de una subestación de distribución del sistema CAESS. El presente documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

□ CAPÍTULO I y II

Clasificación de las Subestaciones de Distribución del sistema CAESS y descripción de las características más importantes del equipo principal que se instala en una

subestación y que, salvo algunos elementos, se muestra en su totalidad en el diagrama unifilar de la subestación, estableciendo además la importancia de contar con una red de tierra.

Conocer la clasificación, aplicación y funcionamiento general de los diversos equipos utilizados para la protección de subestaciones de distribución por medio de relevadores.

□ CAPÍTULO III

Explicar el funcionamiento de los diversos planos esquemáticos de la subestación de distribución "AGUA CALIENTE", y utilizar dicha información como base para la creación del modelo general computarizado.

□ CAPÍTULO IV

Mediante el uso óptimo de dicho modelo, generar y actualizar la información concerniente a subestaciones de distribución del sistema CAESS, estableciendo un procedimiento que favorezca la recolección de datos, con el propósito de contribuir al análisis y resolución de problemas que se presentan en subestaciones de distribución de energía eléctrica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los procedimientos de actualización de planos y diagramas eléctricos, de subestaciones de distribución del sistema CAESS, son inadecuados, con la implementación de este proyecto se pretende crear un programa que permita un mejor control de datos de una subestación de distribución de energía eléctrica, presentando características y detalles adaptables a cualquier necesidad, en una manera cuantificable y sintética, de tal manera que se tenga una amplia visión de los parámetros que determinan la naturaleza de dicho sistema.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Para realizar el estudio de un sistema, es necesario contar con la información técnica acerca de la disposición física y eléctrica, para conocer su comportamiento y perspectivas de crecimiento.

Es fundamental, para aquellas personas responsables del diseño, construcción, operación y seguridad de las subestaciones de distribución de energía eléctrica, el poder simular las diversas conexiones entre los diversos elementos que integran la subestación, de las disposiciones para su instalación, conocer la dimensión de las distancias entre las diferentes partes de la subestación, las dimensiones del equipo y la disposición física del mismo con los detalles necesarios.

DELIMITACIÓN DEL TEMA

Teniendo en cuenta las características y criterios utilizados en el diseño de subestaciones de distribución de energía, se utilizará un sistema CAD para el procesamiento, y clasificación de los diversos elementos que componen una subestación de distribución de energía eléctrica en el sistema CAESS.

La aplicación del CAD permitirá la representación gráfica de una subestación de energía eléctrica, mediante la utilización de capas, para la clasificación de los diversos elementos que la componen.

Para tener una visión clara sobre los alcances de este proyecto, es necesario planear las siguientes características:

- El programa es interactivo
- Es posible realizar cambios en la subestación, tales como eliminar o adicionar elementos
- Los datos de la subestación se manejan a través de archivos
- Se dispondrá de una salida de datos en formatos adecuados de tal modo que se facilite la comparación de resultados obtenidos a partir de los distintos ensayos de conexiones entre los elementos que integran la subestación, disposiciones de instalación y dimensionamiento de las diferentes distancias
- Ambiente de evaluación gráfica, de tal manera que facilite la comprensión acerca de la configuración y ubicación física de la subestación de distribución de energía eléctrica
- Personalización del sistema CAD, ambientándolo para que trabaje de una manera cómoda adaptable a cualquier necesidad.

OBJETIVO GENERAL

En una subestación de distribución de energía eléctrica, interviene una gran cantidad de variables, su análisis y resolución de los problemas que se presentan, requieren un complejo trabajo, que puede minimizarse si se dispone de un modelo mecanizado que permita simular con una serie de situaciones que no implicarían mayor riesgo para el sistema real.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proporcionar un modelo general para la simulación de subestaciones de distribución de energía eléctrica, de tal forma que puedan englobarse todas las situaciones que se presentan en un sistema de esa naturaleza, proporcionando alternativas de solución en problemas de diseño.

Plantear la teoría básica y los criterios fundamentales para el uso de la técnica de simulación de tal forma que de a conocer la importancia que dicha simulación tiene para el diseño y planeación de subestaciones.

Establecer un procedimiento para la utilización del modelo general que favorezca la recolección de datos e información necesaria, así como el uso óptimo del modelo con el propósito de contribuir a la selección del equipo para subestaciones de distribución con objeto de auxiliar a los ingenieros y técnicos especializados.

CAPÍTULO 1

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DEL SISTEMA CAESS

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DEL SISTEMA CAESS

1.1 INTRODUCCIÓN

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que tienen como función principal transformar la energía, afectando sus parámetros de voltaje y corriente; elevando su tensión para la transmisión a grandes distancias o bajándolos a niveles de distribución.

Las subestaciones de distribución de energía eléctrica, se ven en la necesidad de ampliarse cada vez más, debido al incremento en la demanda, formando con el paso del tiempo un sistema más complejo.

Una subestación es parte importante de un sistema de potencia y por lo tanto merece un tratamiento especial, para poder entender el equipo que se necesita para un funcionamiento adecuado del sistema al cual se está sirviendo, es aquí donde una información detallada y precisa de los diferentes equipos que componen una subestación, juega un papel importante para conocer su comportamiento y perspectivas de crecimiento.

En este capítulo se pretende describir, a grandes rasgos, las características más importantes del equipo principal que se instala en una subestación de distribución de energía eléctrica del sistema CAESS y que, salvo algunos elementos se muestra en su totalidad en el diagrama unifilar de la subestación de que se trata. También se encontrará una clasificación de las distintas subestaciones que existen en la actualidad.

1.2 Clasificación

Las subestaciones del Sistema CAESS, de acuerdo con el tipo de función que desarrollan, se pueden clasificar en tres grupos:

- Subestaciones Receptoras

- Subestaciones Transformadoras (reductoras)
- Subestaciones de Switchceo

1.2.1 Subestaciones Receptoras

Son los puntos de inter-conexión CEL-CAESS, cuya función principal es proporcionar un punto sólidamente aterrizado a los alimentadores conectados en delta del sistema CEL, donde las líneas salientes de la subestación pueden estar configuradas en forma radial o anillo.

| SUBESTACIONES DEL SISTEMA CAESS | | |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| CAESS NTE | Agua Caliente | 23 KV Δ →23 KVY |
| | San Antonio Abad | 23 KV Δ →23 KVY |
| | Nejapa | 23 KV Δ →23 KVY |
| | San Bartolo | 23 KV Δ →23 KVY |
| CAESS SUR | Nuevo Cuscatlán | 23 KV Δ →23 KVY |
| | Montserrat (futuro) | 46 KV Δ →23 KVY |
| CAESS OTE. | San Miguel | 46 KV Δ →23 KVY |
| | Moncagua | 46 KV Δ →23 KVY |
| | San Antonio Silva | 46 KV Δ →23 KVY |

Tabla 1.0

1.2.2 Subestaciones transformadoras

Su función principal es transformar los niveles de tensión, de los circuitos de las líneas de distribución. (ver figura 1.0).

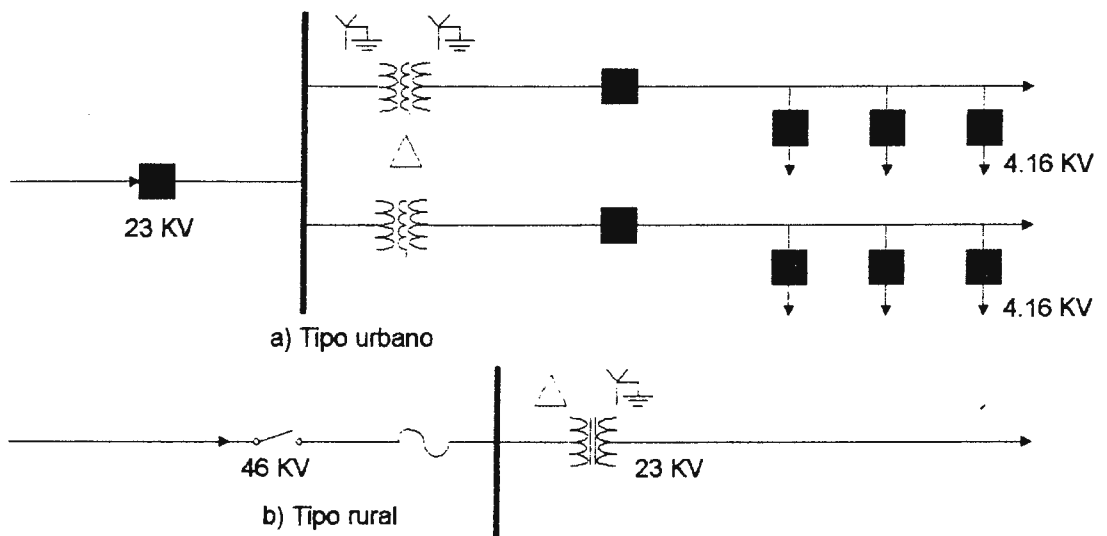


Figura 1.0
Subestaciones Transformadoras

1.2.3 Subestaciones de switcheo

Tienen la función de realizar múltiples arreglos de conexión entre subestaciones a través de circuitos de enlace.

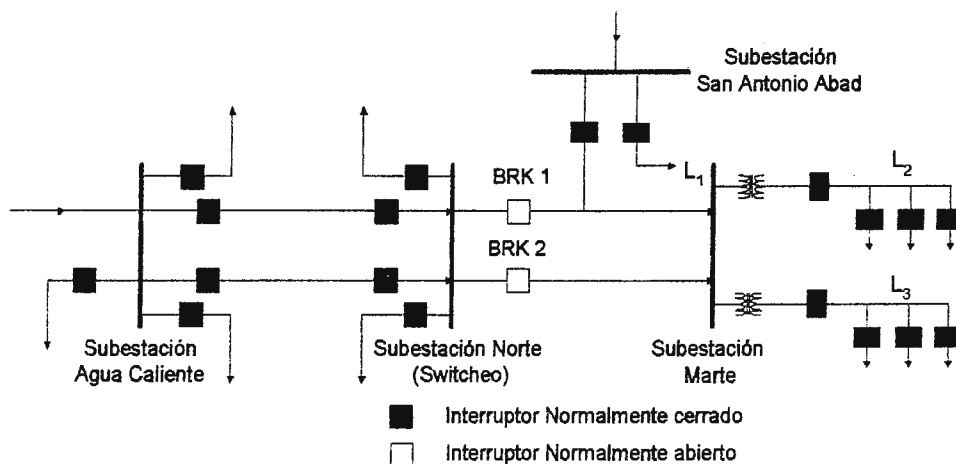


figura 1.1

En la figura 1.1 se puede observar que en caso de falla en el circuito alimentador o en las barras, de la Subestación de San Antonio Abad, los circuitos de distribución que dependen de las líneas L_1 , L_2 y L_3 quedarían fuera de servicio.

Para evitar esta situación, la Subestación Norte (switcheo) a través de los interruptores 1 y 2 (normalmente abiertos), es capaz de alimentar los circuitos de distribución que salen de L_2 y L_3 , evitando de esta forma la interrupción prolongada del servicio eléctrico.

1.3 Descripción del equipo de una subestación

Los elementos de conexión que forman la subestación son equipos que se dividen en tres grupos:

Primer grupo: buses colectores, transformadores de potencia, transformadores de tierra, transformadores de medición, interruptores, cuchillas, pararrayos y fusibles.

Segundo grupo: instrumentos de medición.

Tercer grupo: relevadores de protección.

Además se tienen accesorios adicionales:

- Conexiones a tierra para aterrizar el neutro del sistema, y para mantener el mismo potencial en los puntos de trabajo para protección del personal de operación.
- Tarimas con medidas reglamentarias debidamente polarizadas.
- Si es a la intemperie la subestación, se protegerá con malla ciclón y ésta debe ser previamente polarizada.

1.3.1 Transformadores de Potencia

El transformador de potencia es una máquina eléctrica estática que, utilizando la inducción electromagnética y sin tener ninguna pieza en movimiento, transforma una corriente alterna en otra corriente alterna de diferente tensión e intensidad. pero sin variar la frecuencia.

Una subestación trifásica podría consistir de una unidad trifásica o de tres unidades monofásicas. La decisión de que tipo de transformador se comprará depende de factores tales como: costo inicial de la subestación, costo de operación (eficiencia), confiabilidad, etc.,

Un transformador de potencia se puede considerar formado por tres partes principales:

- Parte activa
- Parte pasiva
- Accesorios

1.3.1.1 Parte Activa

Está formada por un conjunto de elementos separados del tanque principal y que agrupa los siguientes elementos:

Núcleo: Este constituye el circuito magnético, que está fabricado en laminas de acero al silicio, con un espesor de 0.28mm. La norma que utiliza el fabricante para el diseño del núcleo, no establece formas ni condiciones especiales para su fabricación. Se busca la estructura más adecuada a las necesidades y capacidades del diseño. Normalmente el núcleo está unido a la pared del tanque, lo cual produce mayor resistencia mecánica durante las maniobras de transporte.

Bobinas: Estas constituyen el circuito eléctrico, se fabrican utilizando alambre o solera de cobre o de aluminio. Los conductores se forran de material aislante, que puede tener diferentes características, de acuerdo con la tensión de servicio de la bobina, la temperatura y el medio en que estará sumergida. Las normas tampoco establecen condiciones específicas, quedando en mano de los diseñadores el adoptar criterios que estén de acuerdo con la capacidad y la tensión, y que incidan en la forma de las bobinas.

En la construcción de las bobinas existen especificaciones particulares de cada usuario que imponen ciertos criterios, como pueden ser: forma de la sección del conductor en los devanados de alta y baja tensión, tipo de aislamiento para soportar altas temperaturas, aplicación de compuestos aislantes a las bobinas, etc.,

Cambiador de derivaciones: Constituye el mecanismo que permite regular la tensión de la energía que fluye de un transformador. Puede ser de operación automática o manual, puede instalarse en el lado de alta o baja tensión dependiendo de la capacidad y tensión del aparato, aunque conviene instalarlos en alta tensión, debido a que su costo disminuye en virtud de que la intensidad de corriente es menor.

Bastidor: Esta formado por un conjunto de elementos estructurales que rodean el núcleo y las bobinas, y cuya función es soportar los esfuerzos mecánicos y electromagnéticos que se desarrollan durante la operación del transformador.

1.3.1.2 Parte Pasiva

Consiste en el tanque donde se aloja la parte activa; se utiliza en los transformadores cuya parte activa va sumergida en aceite dieléctrico.

El tanque debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y carga del mismo, soportar los enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales.

La base del tanque debe ser lo suficientemente reforzada para soportar las maniobras de levantamiento durante la carga o descarga del mismo.

El tanque y los radiadores de un transformador deben tener un área suficiente para disipar las pérdidas de energía desarrolladas dentro del transformador, sin que su elevación de temperatura pase de 55°C o más, dependiendo de la clase térmica de aislamiento especificado.

A medida que la potencia de diseño de un transformador es mayor, el tanque y los radiadores, por si solos no alcanzan a disipar el calor generado, por lo que en diseños de unidades de alta potencia se hace necesario adicionar enfriadores, a través de los cuales se hace circular aceite forzado por bombas, y se sopla aire sobre los enfriadores, por medio de ventiladores, a este tipo de eliminación térmica se le llama enfriamiento forzado.

1.3.1.3 Accesorios

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan las labores de mantenimiento. Entre estos elementos se destacan los siguientes:

Tanque Conservador: Es un tanque extra colocado sobre el tanque principal del transformador, cuya función es absorber la expansión de aceite debido a los cambios de temperatura, provocados por los incrementos de carga.

La tubería entre los dos tanques debe permitir un flujo adecuado de aceite. En ella se instala el relevador de gas (Bucholz) que sirve para detectar fallas internas en el transformador.

El aceite contenido en el tanque conservador no debe estar en contacto con el aire, pues la humedad de éste podría condensarse internamente en el tanque y escurrir hacia adentro del transformador, lo que provocaría la pérdida de las características dieléctricas del aceite, con la consecuente posibilidad de una falla interna en el transformador.

Para evitar lo anterior, se utilizan diferentes métodos de protección; uno es por medio de una lámina de neopreno que se mueve simultáneamente con la variación del nivel de aceite y evita el contacto aire-aceite, y otro es llenar la parte superior del conservador con nitrógeno seco y sellar el tanque conservador.

Boquillas: Son los aisladores terminales de las bobinas de alta y baja tensión que se utilizan para atravesar el tanque o la tapa del transformador.

Tablero: Es un gabinete dentro del cual se encuentran los controles y protecciones de los motores de las bombas de aceite, de los ventiladores, de la calefacción, del cambiador de derivaciones bajo carga, etc.,

Válvulas: Es un conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

Conectores de tierra: Son unas piezas de cobre soldadas al tanque, donde se realiza la unión del tanque del transformador a la red de tierra.

Placa de características: Esta placa se instala en un lugar visible del transformador y en ella se graban los datos más importantes como son potencia, tensión, impedancia expresada en porcentaje, número de serie, diagramas de conexiones, número de fases, frecuencia, elevación de temperatura, tipo de enfriamiento, por ciento de la variación de tensión en los diferentes pasos del cambiador de derivaciones, peso y año de fabricación.

1.3.1.4 Conexión

El tipo de conexión del transformador dependerá del sistema a servir (características de la carga a servir) y del sistema primario; el sistema puede ser de 3 ó 4 hilos, aterrizado o no aterrizado, estrella-delta, delta-estrella aterrizada, estrella-estrella aterrizada, delta-delta o zig zag (para transformador de tierra).

Debe dejarse previsto que un futuro el transformador en una subestación pueda conectarse en paralelo con otro para lo cual deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- Igual relación de transformación en vacío.
- Igual frecuencia.

- Que el ángulo de desfase entre el primario y el secundario sean iguales.
- Igual voltaje, tanto primario como secundario.
- La tensión de cortocircuito de los transformadores no debe diferir en más del 10%
- La relación de potencias nominales de los transformadores destinados a trabajar en paralelo, no debe pasar en lo posible 3:1.
- Igual porcentaje de variación de los pasos del tap (si lo hay).

1.3.2 Transformador de tierra

Consiste en un transformador cuya función principal es conectar a tierra el neutro de un sistema y proporcionar un circuito de retorno a la corriente de cortocircuito de fase a tierra.

Si en un sistema de potencia con neutro flotante, como es el caso de un circuito alimentado desde la delta de un transformador, ocurre un cortocircuito de fase a tierra, no hay camino de regreso para la corriente de cortocircuito. El sistema podrá seguir en operación pero con las otras dos fases al elevar su tensión a un valor mayor a 1.73 p.u de $\sqrt{3}$ veces el valor de la tensión nominal entre fases; lo cual ocasiona una sobretension permanente a la frecuencia del sistema. Para evitar lo anterior, se debe considerar un camino extra para la corriente de retorno a tierra. Este camino se obtiene al conectar un transformador especial llamado "transformador de tierra".

Se utilizan en subestaciones que están alimentadas por el lado de la delta de un banco de transformadores y en cuyo caso un cortocircuito de fase a tierra no sería detectado, por la protección contra fallas monofásicas, al no haber camino de retorno para la corriente de falla.

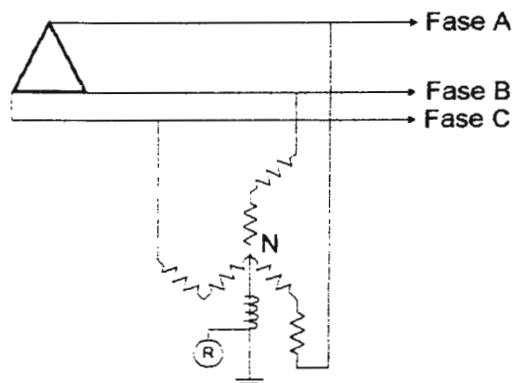


figura 1.2
Transformador Zig-Zag

El transformador con conexión tipo zig-zag, es un transformador especialmente diseñado para banco de tierra, su impedancia en secuencia positiva es muy alta, mientras que su impedancia en secuencia cero es muy baja; el neutro que sale del tanque a través de la boquilla, se conecta sólidamente a tierra.

Los terminales de la conexión zig-zag del transformador de tierra de que se trate, se conectan a la red alimentada por la delta, mientras que el neutro se conecta a la red de tierra de la subestación, instalándose en este un transformador de corriente que energiza las protecciones contra fallas monofásicas, cuando se producen fallas a tierra en el sistema.

1.3.3 Transformadores de instrumento

En las subestaciones eléctricas existe la necesidad de conectar aparatos de medición (amperímetros, vatímetros, voltímetros), de protección (relevadores) y de control (reguladores). Todos estos aparatos no están contruidos por lo general para resistir altas tensiones ni elevadas intensidades de corriente, por lo que suelen ser de construcción delicada, reducidas dimensiones y buena precisión.

Frecuentemente las magnitudes de las corrientes que hay que medir o controlar son elevadas y peligrosas, tanto para los aparatos de medición y control, como para el elemento humano que lo maneja, por lo que se vuelve imposible concebir la idea de la conexión directa de los aparatos con el sistema.

Por estas razones, los aparatos de medida y los de protección se conectan al equipo de alto voltaje a través de los denominados transformadores de instrumento.

La función primaria de un transformador de instrumento está plasmada en la siguiente definición: "es un transformador que reproduce en el circuito secundario en una definida y requerida proporción la corriente o el voltaje del circuito primario".

En general los objetivos principales de estos transformadores son:

- aislar o separar de los circuitos primarios, los aparatos de medida, para la protección del elemento humano.
- Evitar perturbaciones electromagnéticas de altas corrientes y reducir corrientes de cortocircuito a valores admisibles para los aparatos de medición y protección.
- Obtener intensidades de corriente y voltaje proporcionales a las que se desea medir o controlar y transmitirla a aparatos apropiados.

1.3.3.1 Condiciones de servicio

Las capacidades estándar de transformadores de instrumento son basadas en las siguientes condiciones de operación:

- Temperatura

La temperatura ambiente no debe exceder de 40°C y la temperatura promedio del ambiente para cualquier periodo no debe exceder de 30°C.

- Precisión

Para ser una parte útil del sistema de medición los transformadores de instrumento cambian la amplitud del voltaje o corriente que está siendo medida sin introducir cualquier error desconocido de medición dentro del sistema.

- Burden secundario

El burden para un transformador de instrumento es la propiedad del circuito conectado al devanado secundario que determina la potencia activa y reactiva en los terminales del secundario. Es expresado como una impedancia total en ohmios con la resistencia efectiva y la componente reactiva o como los voltamperios totales y factor de potencia a los valores de corriente o voltaje y frecuencia especificados.

El burden en el circuito secundario de un transformador de instrumento afecta la precisión del dispositivo, por consiguiente el burden de los medidores y de otros instrumentos en el secundario debe ser conocido.

1.3.3.2 Transformadores de corriente

Un transformador de corriente (o intensidad) es un transformador de instrumento que tiene su devanado primario conectado en serie con el conductor que lleva la corriente que ha de ser medida o controlada.

La relación de la corriente primaria a secundaria es inversamente proporcional a la relación de vueltas del primario al secundario y es usualmente diseñado para producir 5 amperios en el secundario cuando la corriente nominal está fluyendo en el primario.

1.3.3.2.1 Tipos de transformadores de corriente

- Tipo Barra

Es uno que tiene un conductor recto aislado y fijo en la forma de una barra, rodo o tubo y que para efectos de relación de transformación se cuenta como una sola espira que atraviesa el circuito magnético que está ensamblado en el núcleo y devanado secundario.

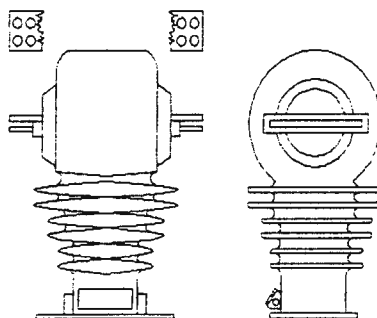


Figura 1.3
Transformador Tipo Barra

El campo propio de aplicación del transformador de corriente del tipo barra es de elevadas corrientes a ser medidas.

- Tipo Bushing

Es uno que tiene un núcleo redondo y un devanado secundario aislado y permanentemente ensamblado en el núcleo, pero no tiene un devanado primario ni aislamiento para el devanado primario. Este tipo de transformador es para usarse con un conductor aislado completamente como que fuera el devanado primario

- Tipo ventana

Es uno que tiene un devanado secundario aislado y permanentemente ensamblado en el núcleo, pero no tiene devanado primario como una parte integral de la estructura, aislamiento completo o parcial es previsto para un devanado primario en la ventana a través del cual el conductor de línea puede pasar para proveer el devanado primario.

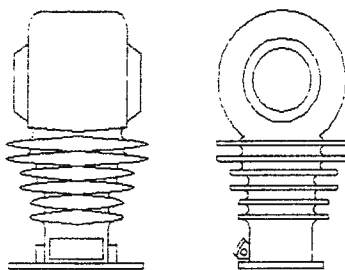


Figura 1.4
Transformador Tipo Ventana

- Tipo de doble secundario

Es el que tiene cada bobinado secundario sobre un circuito magnético separado, con ambos circuitos magnéticos excitados por el mismo devanado primario. Transformadores de corriente de multisecondario (tres ó más) son también fabricados.

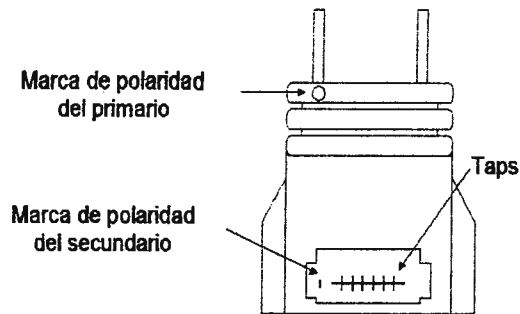


Figura 1.5
Transformador de Doble secundario

1.3.3.3 Transformadores de potencial

Un transformador de potencial es un transformador de instrumento que tiene su devanado primario en paralelo con el circuito de potencia que posee el voltaje a ser medido o controlado, generalmente la tensión secundaria de estos transformadores tiene un valor nominal entre 100 y 110 voltios.

Por lo general la tensión varía menos que la corriente por lo que un transformador de potencial casi siempre trabaja sobre un limitado campo de medida, lo contrario de un transformador de corriente que debe trabajar con mayor precisión posible en todo el campo de medida.

En los transformadores de tensión nunca deben de cortocircuitarse los secundarios.

1.3.3.3.1 Tipos de transformadores de potencial

- Inmerso en aceite y autosoportado

Son los que poseen aislamiento completo, diseñados para ser conectados de línea a línea, de línea a tierra o de línea a neutro, en niveles cuyo voltaje no es muy alto.

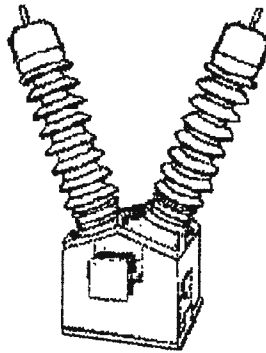


Figura 1.6
Transformador de Potencial

- Inmerso en aceite

Su aislamiento es menor, se disponen para niveles altos de voltaje para ser usados de línea a tierra y la restricción de no conectarlos de línea a línea.

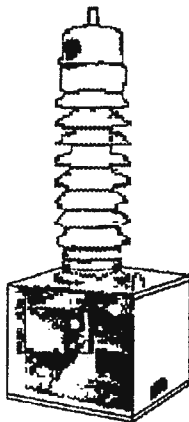


Figura 1.7
Transformador de Potencial
Inmerso en Aceite

| Especificaciones para Transformadores de Instrumento |
|---|
| Voltaje nominal del sistema |
| Capacidad Nominal |
| Tipo (exterior o interior) |
| Voltaje Secundario |
| Frecuencia nominal |
| Corriente secundaria nominal |

Tabla 1.1

1.3.4 Pararrayos

Se denominan en general pararrayos a los dispositivos destinados a descargar las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas, que en otro caso se descargarían sobre los aisladores, perforando el

aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos desperfectos en los transformadores.

La función básica de un pararrayos es la de proveer un camino de baja impedancia a tierra, cuando en la línea exista sobrevoltajes, y a continuación cerrar ese camino cuando el sobrevoltaje haya desaparecido, permaneciendo en este estado siempre que la línea continúe en condiciones normales.

Los pararrayos están proyectados de modo que absorban suficiente energía transitoria para evitar reflexiones peligrosas y para cortar la corriente en su primer paso por cero, después de la descarga de sobretension.

1.3.4.1 Pararrayos de oxido de zinc (ZnO)

Los pararrayos valvulares de oxido de zinc (ZnO) se caracterizan por la no utilización de separadores de arco y por presentar características de protección superiores a los del tipo convencional.

Consiste primariamente de discos compuestos de una mezcla de oxido de zinc con pequeñas cantidades de otros materiales tales como bismuto, cobalto y otros óxidos, los cuales son ligados y prensados por cortos intervalos de tiempo a altas presiones.

El resultado de tal mezcla y proceso es una cerámica extremadamente densa, con una resistencia no lineal.

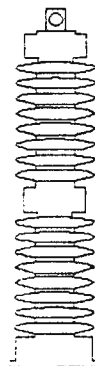


Figura 1.8
Pararrayos

Debido a la alta no linealidad de los elementos de oxido de zinc la corriente resultante a voltajes de línea a tierra normales es mantenida en el rango de miliamperios.

Esta propiedad del oxido de zinc ha hecho posible la fabricación de un pararrayo que consiste únicamente de elementos de oxido de zinc sin separadores de arco en serie.

Entre las características más importantes de los pararrayos de oxido de zinc podemos mencionar que las curvas características de voltaje vrs. corriente son desplazadas hacia la derecha ante un incremento de temperatura, producto de la absorción de energía de una sobretension.

De tal forma que ante una nueva sobretension la capacidad de drenar corriente aumenta. figura 1.9.

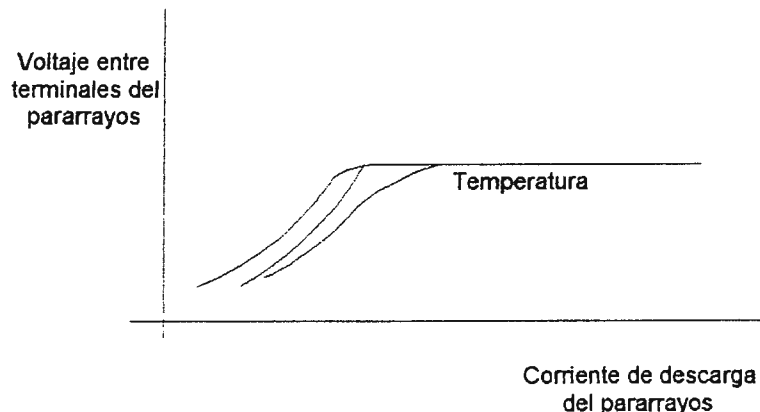


figura 1.9
Curva característica de pararrayos de ZnO

El volumen es reducido hasta un 60% en comparación a los diseños convencionales (carburo de silicio), ya que son construidos de discos extremadamente

densos de óxido de zinc pulverizado con otros óxidos metálicos, por lo que se da una reducción en el diámetro de la porcelana.

La no utilización de separadores de arco permite usar porcelanas de menor diámetro, por lo que se reduce el peso hasta un 30%.

| Especificaciones para los Pararrayos |
|---|
| Voltaje nominal entre fases del sistema |
| Voltaje máximo nominal entre fases |
| Tipo (valvular, etc.,) |
| Clase |
| Frecuencia de operación del sistema |
| Voltaje de descarga mínimo y máximo |
| Voltaje máximo por sobretensiones de maniobra |

Tabla 1.2

1.3.5 Interruptores de potencia

Un interruptor de potencia es un dispositivo que posee contactos que están previstos para abrir y cerrar circuitos eléctricos con intensidades nominales, bajo sobrecargas y/o corrientes de falla.

La separación de los contactos se realiza en un medio que favorece la extinción del arco e inmediatamente después permite la recuperación del aislamiento entre los contactos, de manera que la rigidez dieléctrica entre estos sea superior a la tensión de restablecimiento.

Para facilitar la extinción del arco se busca aumentar artificialmente la separación entre los contactos y disminuir la temperatura. Tan pronto abran los contactos se permite que entre ellos penetre una sustancia dieléctrica, el cual puede ser aceite mineral, aire comprimido o gas hexafluoruro de azufre SF₆ a presiones determinadas.

Para subestaciones se construyen generalmente dos tipos, clasificándolos según el medio de extinción del arco, estos son:

- Interruptores de aceite
- Interruptores de gas SF₆
- Interruptores en vacío

El interruptor es un dispositivo que no actúa por sí solo, es necesario que tenga un relevador asociado.

Básicamente un circuito interruptor envuelve cuatro componentes:

- Un dispositivo sensor el cual mide las cantidades a ser controladas.
- Un relevador el cual interpreta la señal del dispositivo sensor e inicia la respuesta propia del interruptor.
- Un mecanismo actuante, frecuentemente llamado operador, el cual abre y cierra los contactos del interruptor, bajo ordenes del equipo relevador.
- El interruptor que consiste de los contactos y partes que controlan el arco.

Los interruptores, en caso de apertura, deberán asegurar el aislamiento eléctrico del circuito y este se hará de una forma manual o automática.

El recierre sobre una falla siempre es posible, pero debe tomarse mucha precaución por si la capacidad interruptiva del interruptor es inadecuada, la persona que cierra el interruptor puede ser herida o muerta. Una acción de cerrado rápida y fuerte es deseable en estos casos, además de una capacidad adecuada. La operación automática de reapertura y cierre del interruptor está comandada por un relevador, mientras que la operación manual puede ser hecha desde la subestación por medio de botoneras. Esto da la interrupción mínima de servicio cuando la falla es transitoria o es limpiada por un protector que esta fuera del sistema. El tiempo es tal que el recierre sobre la falla no daña el equipo.

1.3.5.1 Interruptores de gran volumen de aceite

Su nombre obedece a la gran cantidad de aceite que contienen. El tanque no está enteramente lleno de aceite, sino que entre el nivel del aceite y la parte inferior de la tapa, se deja cierto volumen de aire que actúa como amortiguador.

Estos interruptores están disponibles en rangos de 2.4 a 69 KV y potencias de rupturas de hasta 500 MVA para tanques únicos y en rangos de 34.5 a 230 KV y mayores potencias de rupturas en tres tanques separados entre si para cada polo.

Los interruptores de gran volumen de aceite, generalmente se construyen en tanques cilíndricos, debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción, la figura 1.10, nos muestra un interruptor de aceite típico.

Debido a las altas presiones internas en los interruptores de gran volumen de aceite, y con una probabilidad grande de que ocurran explosiones, se idearon algunos dispositivos para disminuir estos riesgos, en los que se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones internas a un volumen menor.

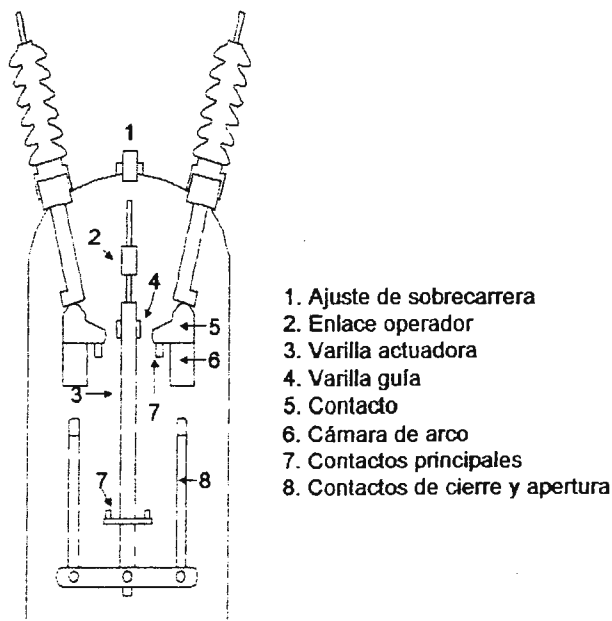


Figura 1.10
Interruptor de Potencia

Estos dispositivos son las cámaras de extinción dentro de las cuales se extingue el arco. El procedimiento de extinción es el siguiente. (figura 1.11)

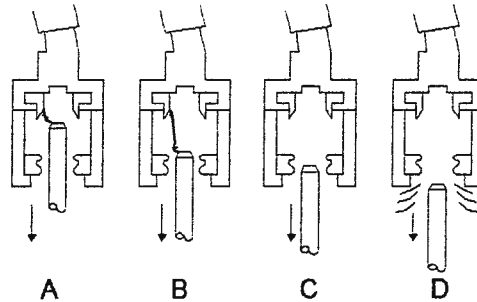
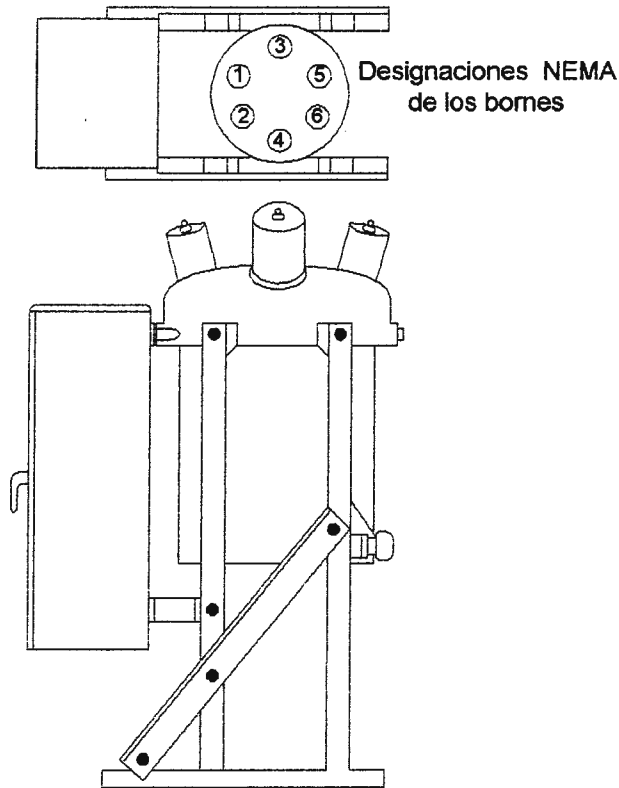


Figura 1.11
Cámara de arco

Cuando el contacto de bayoneta se mueve hacia abajo, un arco se dibuja en (a), el arco produce una burbuja de gas a alta presión, el cual con su movimiento mantiene baja la energía del arco. La presión incrementa rápidamente intensificando la ionización natural. Como la bayoneta entra en la garganta de paso helicoidal, una turbulencia de aceite surge contra el arco (b). Por consiguiente la corriente se hace, y el arco es extinguido (c). La alta presión del gas provoca una rápida recuperación del dieléctrico, forzando el aceite a pasar por el paso del arco. La descripción se completa permitiendo que la bayoneta deje escapar los gases (d), el aceite entra a rellenar la cámara del arco.

Externamente un interruptor de gran volumen de aceite esta formado por: un dispositivo externo de disparo, un indicador mecánico de posición, tanque del interruptor y medidores del nivel de aceite, aberturas para el llenado con aceite, válvulas de drenaje y previsiones para el montaje de un registrador de tiempo-recorrido y puesta a tierra.

En la figura 1.12 se muestran las designaciones NEMA estándar de los bornes



Mirando de frente al gabinete del mecanismo y de adelante hacia atrás los bornes terminales están numerados 1 y 2 a la derecha, 3 y 4 los del centro y 5 y 6 a la izquierda.

1.3.5.2 Interruptores de gas SF₆

Un interruptor de gas SF₆ es aquel dispositivo de interrupción que utiliza como medio de extinción del arco hexafluoruro de azufre (SF₆). Este gas tiene la propiedad de facilitar una rápida disipación del calor y reducir de esta manera el aumento de temperatura del equipo.

Algunas de las propiedades de este gas son las que se señalan a continuación: es un gas incoloro, inodoro, y no inflamable, es uno de los compuestos químicos más estables y también, uno de los gases más pesados: a 20°C y presión atmosférica, su

densidad es cinco veces la del aire, su coeficiente de transmisión del calor a presión atmosférica, es 1.6 veces mayor que el del aire y a una presión de 2 kg/cm² este coeficiente es, aproximadamente, 25 veces el del aire a presión atmosférica. Esta es una propiedad muy interesante, pues facilita una rápida disipación del calor y reduce de esta manera el aumento de temperatura del equipo.

El hexafluoruro de azufre es una sustancia muy inerte, no ataca ningún material estructural a temperaturas inferiores a 500°C y permanece estable a temperaturas a las cuales el aceite se oxida y descompone. Durante el paso del arco se producen fluoruros metálicos, los cuales se depositan en forma de polvo blanco, pero debido a que poseen una gran rigidez dieléctrica no causan perturbación desde el punto de vista eléctrico.

1.3.5.3 Especificaciones para interruptores

Cada especificación se hace en base a las necesidades de la instalación que se proyecta, las que responden obviamente, a necesidades del consumidor o de carga.

Estas indicaciones varían según el distribuidor y modelo; y dentro de las más importantes encontramos:

- Voltaje nominal del sistema entre fases (KV)
- Voltaje máximo de diseño entre fases (KV)
- Nivel de aislamiento básico (BIL)
- Frecuencia nominal del sistema (Hz)
- Medio de extinción del arco
- Corriente nominal continua (Amp)
- Capacidad interruptiva (KA)
- Tiempo de cierre (milisegundos)

- Temperatura de operación mínima y máxima (°C)
- Clase (interior o exterior)
- Numero de polos por unidad
- Numero de operaciones del interruptor entre cada periodo de mantenimiento

1.3.6 Seccionadores

Conocidos también como cuchillas y desconectores, se emplean para unir o separar de forma bien visible diferentes elementos componentes en una instalación; como por ejemplo los transformadores de potencia, interruptores, transformadores de instrumento, etc. Además son utilizados para lograr múltiples arreglos de conexión en buses.

También permiten realizar trabajos o separaciones en elementos de la instalación, dejándolos previamente sin tensión por medio de operaciones de apertura.

Sus maniobras de conexión y desconexión, idealmente deben hacerse bajo condiciones de carga nula, es decir en vacío. Sin embargo, algunos por su construcción, pueden operarse con pequeñas cargas.

Debido a que en muchos casos resulta necesario interrumpir corrientes de carga e incluso de sobrecarga, se ha llegado a la fabricación de seccionadores especiales, denominados seccionadores de potencia o seccionadores bajo carga, que son seccionadores debidamente reforzados, los cuales pueden ser utilizados en lugares donde la instalación de un interruptor puede resultar costosa.

Los seccionadores utilizados en subestaciones tienen variadas formas constructivas que dependen de condiciones tales como tensión nominal de servicio, la corriente nominal, el espacio disponible para su instalación, los esfuerzos electrodinámicos que han de soportar, etc.,

1.3.6.1 Seccionador vertical

Es aquel en el cual el recorrido de la cuchilla desconectadora se realiza en un plano perpendicular al plano de la plataforma de montaje.

Este tipo de seccionador se abre haciendo girar un aislador móvil, que se ubica en el centro o en un extremo de la plataforma; esto hace que empuje la pequeña barra unida a la articulación de la cuchilla móvil del seccionador y se abra este. (fig. 1.13).

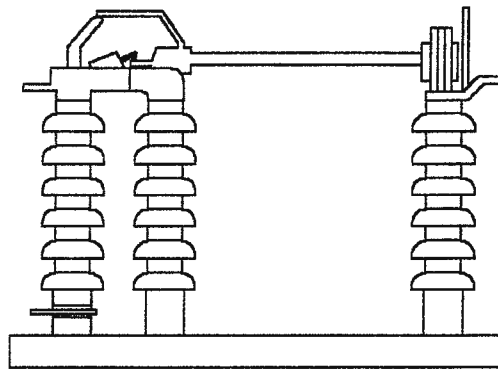


Figura 1.13
Seccionador Vertical

Los seccionadores de este tipo pueden montarse en los extremos superiores de los postes o en el entramado de acero de las estructuras de las subestaciones.

Los seccionadores verticales son los mayormente empleados en las subestaciones, ya que utilizan eficientemente su espacio entre fases, lo cual es una ventaja en los casos de una expansión y cuando se ha de convertir la subestacion a un nivel de voltaje mayor. Son diseñados para operar en sistemas con valores de voltaje comprendidos entre 8.25 y 765.9 KV y corrientes nominales de 400 a 4000 amperios.

1.3.6.2 Seccionador doble

Estos seccionadores son conocidos también como seccionadores de columna giratoria (fig. 1.14). La apertura de un circuito la realiza en dos puntos, la cuchilla está fijada sobre la columna aislante central que es giratoria y montada sobre cojinetes

solidarios al soporte, bajo del cual se encuentran el eje de mando que acciona la columna giratoria central.

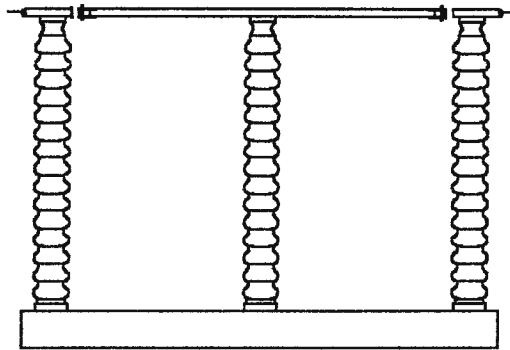


Figura 1.14
Seccionador de Apertura Doble

De esta forma interrumpe el circuito en ambos extremos del seccionador. Las columnas exteriores son rígidas y soportan a los contactos fijos, que están protegidos por una caperuza que sostiene el borde de conexión, el cual esta constituido por un vástago cilíndrico.

1.3.6.3 Seccionador desconectador por flanco

Esta constituido por dos columnas aislantes que descansan sobre la plataforma de montaje. Una de las columnas posee a la cuchilla de desconexión y además es giratoria, ya que posee una articulación que se lo possibilita y a su vez permite las maniobras de apertura y cierre. La otra columna es fija y posee el contacto que asegura la cuchilla durante la operación de cierre. (figura 1.15).

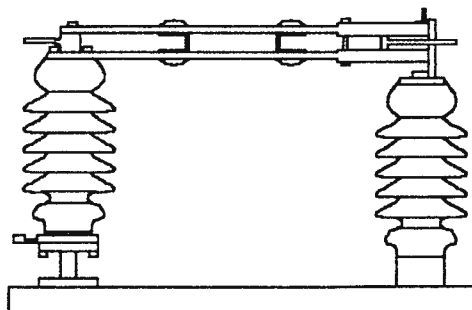


Figura 1.15
Seccionador Desconectador por Flanco

Su característica más sobresaliente es el recorrido de su cuchilla, el cual es paralelo al plano de la plataforma de la base del dispositivo. Son diseñados para tensiones de servicio de 8.25 y 169 KV y corrientes nominales de 400 a 1200 amperios.

1.3.6.4 Seccionador de apertura con pértiga

Conocido también como seccionador de cuchilla giratoria (fig. 1.16); consiste en dos aisladores de soporte, empotrados en una pieza de sección rectangular (base) de acero galvanizado, uno de los aisladores posee un muelle de contacto y el otro la cuchilla de desconexión. Son operados manualmente por medio de una pértiga aislante, que se ajusta a un anillo o argolla ensamblada a la cuchilla de desconexión.

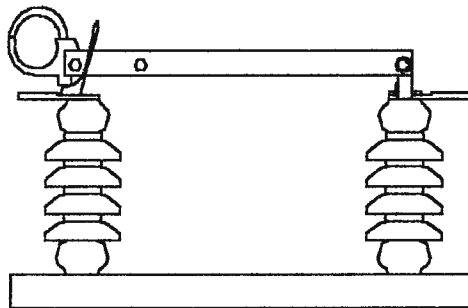


Figura 1.16
Seccionador de Apertura con Pértiga

Son construidas para diferentes tensiones de servicio de 8.25 a 169 KV y corrientes nominales de 400 a 4000 amperios.

1.3.7 Barras colectoras

Las barras colectoras son las que forman los circuitos principales en una subestacion para la conexión de diferentes equipos y el suministro de energía.

El cobre y el aluminio son los mejores materiales conductores usados para buses y conexiones de equipos de subestaciones. Conductores flexibles y rígidos

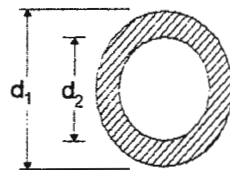
pueden ser fabricados de ambos materiales; aunque existen aleaciones especiales de aluminio que ofrecen diferente conductividad y esfuerzos. Los conductores rígidos son disponibles en varias formas y tamaños. Las formas más conocidas son barras planas y tubos de sección circular.

1.3.7.1 Forma tubular

Se dispone en forma cuadrada y circular, son utilizados en subestaciones de corriente alterna debido a que su sección ofrece una mejor distribución de la corriente.

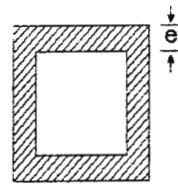
Debido al efecto pelicular, se desaprovecha la zona central del conductor macizo, el conductor hueco permite una mayor refrigeración del aire que circula por su interior.

Los conductores tubulares fig. 1.17, son considerablemente más rígidos que las otras formas de conductores para una misma ampacidad, lo que permite tener tramos más largos.



d_1 = diámetro exterior
 d_2 = diámetro interior

Figura 1.17
Barra Tubular Circular



e = espesor

Figura 1.18
Barra Tubular Cuadrada

La superficie plana de los tubos cuadrados fig. 1.18 proporciona puntos convenientes de conexión y soporte.

Para facilitar la disipación de calor, agujeros de ventilación son algunas veces proporcionados en tubos cuadrados. Las barras de sección circular son muy eficientes

mecánica y eléctricamente, además que minimiza el efecto corona, debido a esto este tipo de barra es el más utilizado en subestaciones de alto voltaje.

1.3.7.2 Conductores flexibles

Los conductores eléctricos flexible pueden ser usados como buses y conexión de equipos, normalmente son cables fabricados por trenzado, con un número de pequeños conductores.

La mayoría de los conductores flexibles en la construcción de la subestacion son totalmente de cobre, totalmente de aluminio o aluminio con acero reforzado (ACSR).

La selección del tipo de conductor para la aplicación particular se hace en base a:

- La longitud del tramo
- Tensión
- Flecha y costo

La selección del tramo esta basada en la ampacidad, peso y diámetro.

1.3.7.3 Conectores

Una aspecto importante a tomar en cuenta en la instalación de una subestacion es la forma como se unirán los conductores con los equipos y entre sí.

Los conductores pueden ser empalmados por varios métodos, el método más antiguo es la fusión de los empalmes por medio de soldaduras, pero para ejecutarlos se requiere de experiencia y de equipo especial.

El método más simple y ampliamente usado es por medio de aplicar presión interna. Esta compresión puede ser desarrollada por medio de conectores tipo grapa, usando tuercas y pernos, o por conectores de compresión, usando herramientas de compresión especiales para desarrollar las fuerzas necesarias.

Las figuras siguientes presentaran diferentes tipos de conectores disponibles para los conductores en la subestación.

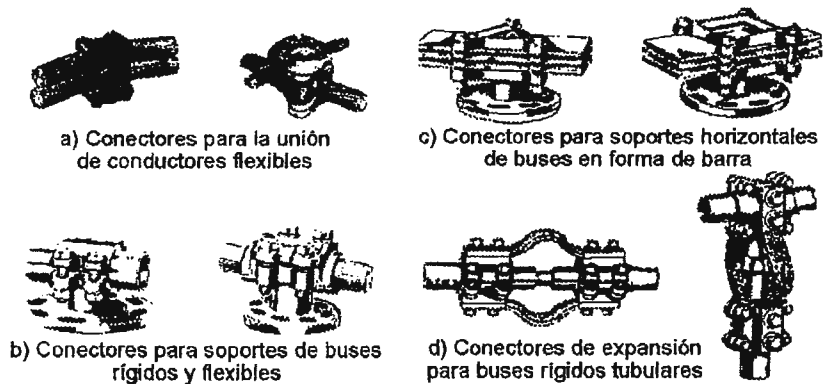


figura 1.19.
Conectores

| Especificaciones para Barras Colectoras |
|---|
| Características físicas (rígida o flexible) |
| Material |
| Sección (sólida o tubular) |
| Peso por unidad de longitud |
| Dimensiones generales |
| Distancia entre apoyos |
| Voltaje nominal de fases |
| Corriente nominal |

Tabla 1.3

1.3.8 Conexiones a tierra

La puesta a tierra se define como cualquier unión metálica directa que no tenga ningún tipo de protección (fusibles, seccionadores e interruptores) entre cualquiera de las estructuras y equipos de la subestación y un electrodo, que en todo momento garantice que el conjunto esté al mismo potencial de tierra.

Los objetivos principales del aterrizado en una subestación son los siguientes:

- Limitar el potencial entre ciertas partes de una subestación, tales como carcazas, cables de neutro, estructuras, etc. y tierra a un valor seguro bajo condiciones normales y anormales del sistema.

- Proveer una baja impedancia a las partes de retorno para cuando ocurra una falla de corriente a tierra. Una alta impedancia a tierra podría crear una peligrosa diferencia de potencial que sería un riesgo para el personal y el equipo.

1.3.8.1 Clasificación

En las subestaciones se utilizan dos tipos principales de puesta a tierra:

- Red de tierra
- Red de polarización

1.3.8.1.1 Red de tierra

Su función principal es proveer la menor resistencia práctica entre el neutro del circuito y la tierra efectiva. Esto ayuda a limitar el voltaje a tierra que puede aparecer en fases sin falla, cuando en una fase existe una falla a tierra.

La red de tierra es la que pertenece al circuito corriente de trabajo, es decir al centro de estrellas de generadores y transformadores. También están incluido en este grupo los circuitos de tierra de los pararrayos y otros dispositivos de protección.

ización

ización se utiliza para poner a tierra todas las partes metálicas de pertenecen al circuito de corrientes de trabajo, pero que pueden potencial al producirse averías, o al entrar en contacto con piezas ición principal de la red de polarización es prevenir accidentes nectados a tierra por medio de una red de polarización varios ición como: las carcasas de maquinas, transformadores y otros eléctricos, las estructuras metálicas, etc.,

BIBLIOTECA CENTRAL UOB 11 UOB

AUTOR HARVER, GILBERTO MOLINA
 TITULO CURSO DE MAQ. SINCROM. ~~ver tabl.~~
 LOCALID ~~968-18-18~~ 18-18 1992
 PRESTAMO: INT. () EXT. (X) 4297 I. (X)
 LECTOR Pedro A. Chanchen Chanchen
 CARRERA Prof. Fac. Ing. Ing.
 FECHA DE PREST. 14-1-98 1-1-98
 FECHA DEVOL. 19-1-98 7-98

Existen diferencias de potencial peligrosas que deben tomarse en cuenta para el diseño de una red de tierra, entre estas tenemos:

La Tensión de paso V_p

Se define como la tensión que durante el funcionamiento de una red de tierra puede resultar entre el pie de una persona apoyada en el suelo a la distancia de un metro (1 paso) o entre un pie y el otro en forma convencional.

La Tensión de contacto V_c

Es aquel potencial detectado entre la mano del hombre y los pies cuando está tocando una estructura aterrizada durante una falla a tierra.

CAPÍTULO 2
SISTEMAS DE PROTECCIÓN

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

2.1 Introducción

Cuando se diseña un sistema de potencia, se considera al mismo tiempo las fallas posibles que en él pueden ocurrir para determinar un esquema de protección contra ellas. Para proteger adecuadamente al sistema, se debe conocer cada una de sus partes principales y las condiciones anormales que pueden dar origen a una falla.

En este capítulo describiremos el funcionamiento y operación de los dispositivos de protección que se utilizan para aislar secciones del sistema que se encuentran con fallas de cortocircuito. Necesitaremos aplicar una serie de equipo de protección que tendrá que detectar flujos de corriente anormal e interrumpir el servicio en una determinada zona del sistema.

Se describen los conceptos básicos de la protección por relevadores y el principio de funcionamiento de ellos, con la intención de comprender como operan empleando señales de corriente y/o voltaje y de que manera aíslan una falla. Cuando se describe el relevador de protección de cualquier componente del sistema, el número que aparece entre paréntesis representa el dispositivo según la clasificación ANSI.

Los dispositivos detectores y de interrupción podrán estar en lugares separados, interconectados solamente a través de alambrado de control externo o pueden estar acoplados de tal manera de formar un solo dispositivo.

2.2 Componentes básicos de la protección por relevadores

El relevador es el elemento de protección que más se utiliza en los sistemas de potencia. Estos dispositivos, junto a los transformadores de instrumento de potencial y

de corriente, forman los circuitos que se encargan de proteger las partes y zonas de la red de potencia.

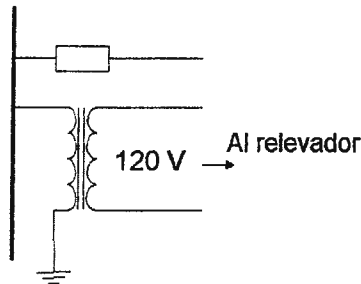
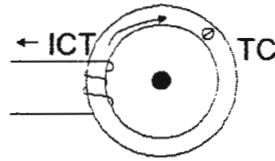


Figura 2.1
Diagrama Simbólico de un
Transformador de Potencial

Un relevador se puede definir como un dispositivo que recibe una señal a escala del sistema de potencia que determina cuando una condición es normal o anormal; o sea cumple una función de medición. Si se presenta una condición anormal, el relevador opera y a la vez ordena al interruptor automático de potencia (circuit breaker) desconectar el equipo que se puede dañar, cumpliendo así una función de interrupción y señalización.

Como los relevadores se pueden utilizar para proteger sistemas de alto nivel de voltaje, los transformadores de instrumento permiten un nivel de aislamiento razonable. Además para la protección de personal y aparatos de medida los transformadores de instrumento reducen los niveles de voltaje y corriente a valores seguros para los relevadores. La figura 2.1 muestra el circuito de un transformador de potencial.

Un transformador de corriente, cuya representación, esquemática se muestra en la figura 2.2, es un dispositivo que produce una corriente proporcional a la corriente que circula por los conductores del sistema de potencia y que tiene una corriente de secundario I_{CT} de un valor típico máximo de 5 Amperios.



$$I_{CT} = I_{SIST} / N_{CT}$$

Donde:

I_{CT} = Corriente secundaria del TC

I_{SIST} = Corriente del sistema de potencia

N_{CT} = Numero de vueltas del TC

Figura 2.2
Representación Esquemática de un TC

En la figura 2.3 se ilustra un diagrama funcional de la protección por relevadores y en la figura 2.4 un diagrama eléctrico.

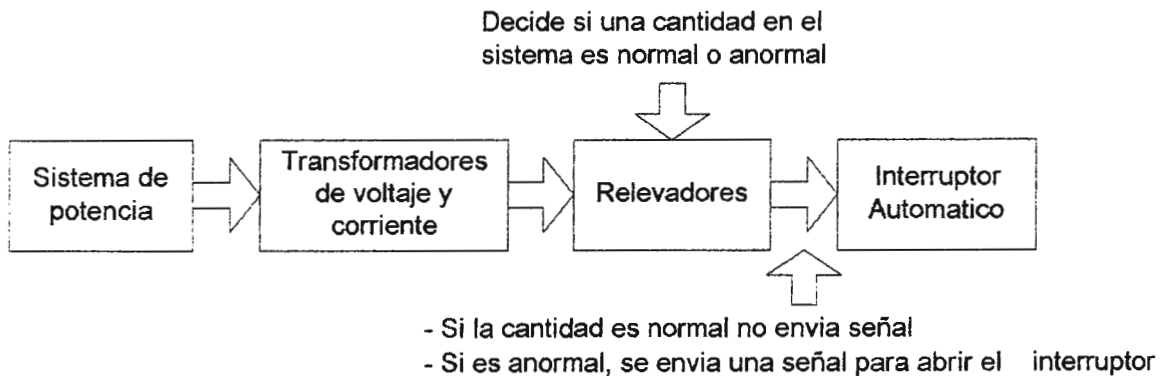


Figura 2.3
Diagrama Funcional de la Protección por Relevadores

En la figura 2.4 se puede observar que al circular una corriente de magnitud anormal por el sistema de potencia, el TC hará circular por su secundario una corriente que hará funcionar la bobina de operación del relevador, esta a su vez cierra los contactos del circuito de disparo que provoca la apertura del disyuntor; de esta manera se interrumpe el flujo de energía del dispositivo que se protege, evitando posibles daños en el. La estación de baterías o fuente auxiliar de tensión de DC garantiza la operación del sistema de control de protección.

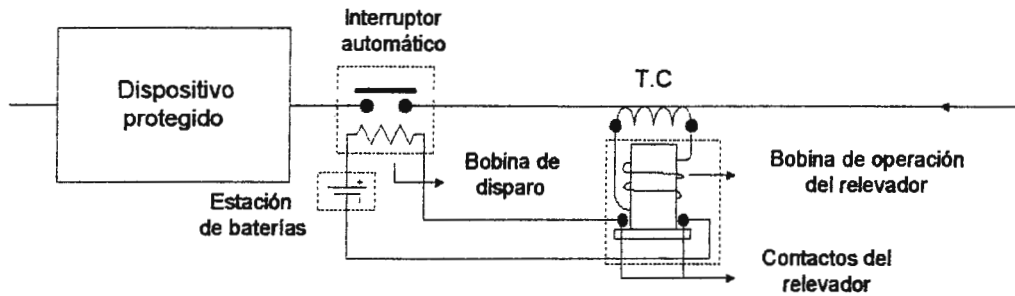


Figura 2.4
Diagrama Eléctrico de la Protección Por Relevadores

Por otra parte, un sistema de protección por relevadores debe tener ciertas características básicas, como son:

- **Ser confiable:** Significa que en caso de falla se tendrá la plena seguridad que el relevador operará; esto se consigue mediante diseños correctos del sistema de protección, con la instalación correcta de las instalaciones y evitando el deterioro de ellas. También la construcción misma de los relevadores influye en la seguridad de la operación.

- **Ser selectivos:** Deben permitir aislar solamente la parte del sistema de potencia en la que ocurrió la falla. Cuando una de ellas ocurre las protecciones seleccionan y abren solamente los interruptores cercanos a ella. La selectividad se logra por dos métodos, por graduación de tiempo, en el que responden varios dispositivos de protección pero solo uno completa el disparo y es aquel que se encuentra cerca de la falla, por sistemas unitarios, en el que responden y operan solamente las protecciones que se encuentran dentro de la zona de protección.

- **Rapidez:** Los relevadores deben ser de acción rápida para evitar daños mayores al sistema. Y no deben ser extremadamente rápidos para evitar que operen por causa de condiciones transitorias.

-Sensitividad: Significa que las protecciones deben operar en condiciones mínimas de falla.

2.3 Principio de operación de los relevadores

Los relevadores de protección cuya función es detectar fallas en líneas o en aparatos, así como también detectar condiciones peligrosas o intolerables, actúan también para accionar un interruptor, para dar una indicación de alarma o ambas acciones. Esto se logra mediante el cierre y apertura de un conjunto de contactos que activan el sistema de alarma o aviso, o a las bobinas del circuito de disparo del interruptor con ayuda de un esquema de control de DC. Todos los relevadores poseen estos contactos, así como también poseen unidades de decisión o detectoras de fallas, las cuales se llaman unidades básicas. Los contactos que poseen son de dos tipos:

- Contactos normalmente abiertos (NO) o tipo "a".
- Contactos normalmente cerrados (NC) o tipo "b".

Los contactos tipo "a" están abiertos y los tipo "b" están cerrados cuando el relevador que los controla esta en la posición de reposo. Los "a" cierran y los "b" abren cuando opera el relevador que los controla. La figura 2.5A y 2.5B muestra la simbología de los dos tipos de contactos.

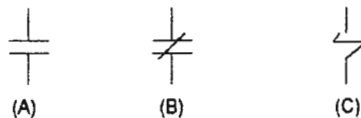


Figura 2.5 Representación de los contactos de un relevador (A) Normalmente abierto (B) Normalmente cerrado (C) Bobina de operación del relevador

En general, un relevador se dice que esta en el punto de puesta de trabajo (pick up) cuando sus contactos "a" se cierran o sus contactos "b" se abren.

Básicamente el relé consiste de un elemento de operación y un juego de contactos; el elemento de operación toma la información de los instrumentos transformadores, en la forma de voltajes y corrientes, y trasladando el resultado en el movimiento de los contactos, cuando ellos cierran uno u otro de los contactos activa una señal de falla o completa un pulso en el circuito de un interruptor, el cual completa el aislamiento de la parte fallada interrumpiendo el flujo de corriente. Generalmente los relés tienen además algún indicador visual para saber que ha operado.

Los elementos de operación de los relés pueden clasificarse de acuerdo a su construcción en cuatro tipos básicos: émbolo, armadura de bisagra, disco de inducción y taza de inducción.

Los dos primeros tipos son de atracción magnética, en los cuales la armadura es atraída hacia una bobina o hacia uno de los polos de una de las caras de un electroimán.

El relé de tipo embolo consiste de una armadura cilíndrica de barra, la cual es atraída axialmente hacia una bobina de solenoide; la armadura lleva la parte móvil de los contactos, la cual es recibida por el contacto fijo cuando la armadura es levantada, la figura 2.6 nos muestra este tipo de relé.

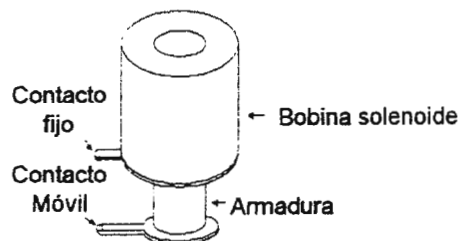


Figura 2.6
Relé tipo émbolo

El de armadura con bisagra, que además incluye los tipos de balanza y soporte consiste de una armadura con una placa plana o una barra, la cual esta colocada sobre

un eje en un punto fijo, el cual es atraído hacia uno de los polos de un electroimán, la armadura nuevamente lleva la porción móvil de los contactos, los cuales se unen al contacto cuando la armadura es levantada. La figura 2.7 nos muestra este tipo de relé.

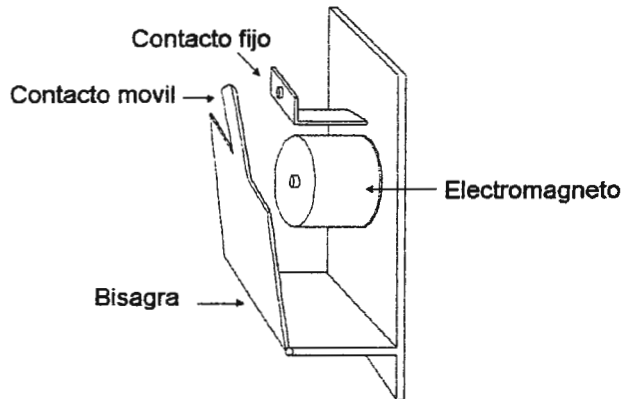


Figura 2.7
Armadura de Bisagra

El otro tipo básico de relé es el de inducción magnética, en donde el torque es creado en un rotor móvil en la misma forma que es producido en un motor de inducción, desde luego que este principio solamente puede ser aplicado con corriente alterna. El relé de disco de inducción consiste de un disco de inducción de cobre o aluminio que rota entre los polos de un electroimán, este tipo de relé utiliza polos sombreado en el cual una porción de las caras del electroimán es cortocircuitada por un anillo de cobre o una bobina, lo cual causa que el flujo en esta sección atrase el flujo en la porción no sombreada, el contacto móvil es llevado sobre un eje rotatorio del elemento del disco. La figura 2.8 muestra este tipo de relé.

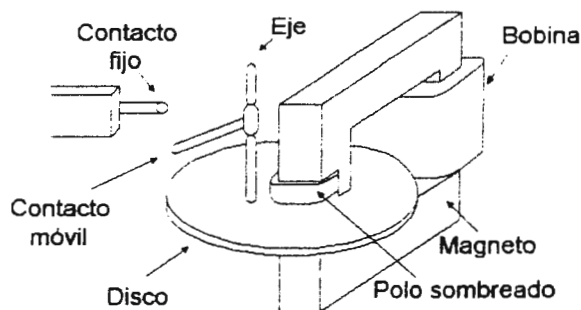


Figura 2.8
Disco de Inducción de Polo Sombreado

Los relés de armadura tipo émbolo y bisagra por su construcción no tienen un tiempo de retardo propio, por esto son usados para funciones que requieren una operación instantánea. Los relés de disco de inducción son usados como elementos con tiempo de retardo debido a la inercia del disco móvil.

2.4 Zonas de protección

Un sistema de potencia se puede dividir en zonas o elementos principales de acuerdo a la función que realizan en el sistema. Así, se podría definir en primer lugar uno o varios puntos de generación de la energía eléctrica, lo cual involucra los buses o barras colectoras, los dispositivos que reducen o aumentan los niveles de voltaje en diversos puntos del sistema de potencia involucran a los transformadores. También los circuitos de transmisión y distribución, cuya función es llevar la energía eléctrica a los diversos lugares del país, constituyen una de las principales zonas del sistema de potencia.

Además de los elementos anteriormente mencionados, los motores constituyen carga en el sistema debido a la cantidad y diversidad de tamaños que en el se encuentran.

Cada una de las partes que constituyen al sistema están sometidas a fallas, por lo tanto cada zona o elemento se debe proteger en forma apropiada para reducir los efectos dañinos que produce una falla. Un sistema de potencia se debe diseñar de tal forma que tenga un nivel adecuado de aislamiento; y en caso de una falla, uno o más componentes deben quedar fuera con un mínimo de interrupción en el suministro de energía.

En cuanto a las protecciones en una red eléctrica, estas se pueden dividir de acuerdo a los elementos o partes que protegen en dicha red; así, se tienen protecciones

para los buses o barras colectoras, para los transformadores, para las líneas de distribución y para los alimentadores de enlace entre subestaciones.

Al dividir la protección en zonas, cubriendo completamente al sistema de potencia, se evitará partes sin protección. Cuando ocurre una falla se necesita que solamente actúe la protección más cercana a la falla. En algunos casos se necesita la coordinación en tiempo para la operación de disparo, pues aunque responda más de un dispositivo, solamente el más cercano completará la función de disparo. Los restantes no completarán la operación y entonces deberán volver a la posición de inicio.

Idealmente las zonas de protección se deben de traslapar entre sus interruptores, es decir, el interruptor debe estar incluido en ambas zonas. En la figura 2.9 se ilustra el esquema de un sistema de potencia mostrando las zonas de protección traslapadas y se puede observar que todos los elementos se cubren completamente, lo que indica que debe existir cierta coordinación entre todas las zonas para que la protección de la red sea excelente.

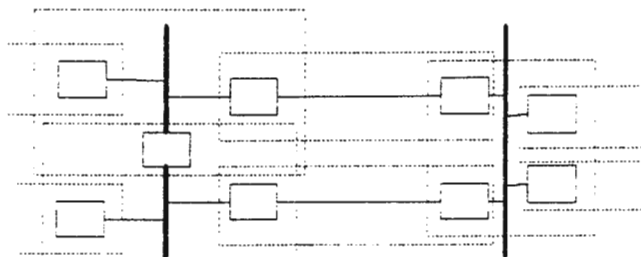


Figura 2.9
Mostrando las zonas de protección traslapadas

El traslape de las zonas de protección se logra localizando los TC, que dan a la entrada de los relevadores del dispositivo protegido, en el lado opuesto del interruptor de dicho dispositivo, como se observa en la figura 2.10.

Cuando una falla ocurre dentro de la zona de protección todos los disyuntores incluidos en la zona deben abrir.

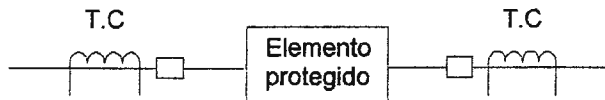


Figura 2.10
Localización de los TC que definen
una zona de protección

El traslape de las zonas no siempre se logra por razones físicas, pues la acomodación de los transformadores de corriente, en la mayoría de los casos, se obtiene solo a un lado del interruptor. Sin embargo esta práctica provoca, en el caso de bus una zona desprotegida entre el transformador de corriente y el interruptor, en el cual la presencia de una falla provocaría la operación de la protección, pero la falla se puede continuar alimentando.

Como se mencionó anteriormente, un sistema de potencia se divide en zonas para la protección de los diferentes elementos que componen la red; pero para diseñar el sistema de protección se necesita un estudio de fallas, en la mayoría de las aplicaciones con relevadores, ya que estos deben operar para las siguientes condiciones:

- Falla trifásica
- Falla de fase a tierra

La magnitud, dirección y distribución de las corrientes de falla del sistema se deben conocer para seleccionar los relevadores apropiados y ajustarlos de tal manera

que aislen la falla en el menor tiempo posible. Cuando se considera una falla trifásica, los datos que se obtienen del estudio sirven para determinar la aplicación y ajuste de los relevadores de fase; y cuando se considera una falla de una sola fase a tierra, los datos se utilizan para la selección y ajuste de los relevadores de tierra.

Cuando ocurre una falla en algunas de las fases del sistema, la corriente de falla circula en todas las fases aún en aquellas que no han fallado. Esto se debe a que componentes de secuencia de voltaje y corriente circulan por todas las fases durante una falla, por lo cual se necesita hacer un estudio detallado con ayuda del método de componentes simétricas. El método de las componentes simétricas es la base para la obtención y entendimiento de los datos de fallas en los sistemas trifásicos de potencia; además, para una gran cantidad de relevadores de protección su funcionamiento y ajuste se basa en las corrientes y voltajes de secuencia que se obtienen por este método.

2.5 Relevadores de sobrecorriente

El uso de relevadores de sobrecorriente es muy extendido en nuestras subestaciones de distribución, como protección de alimentadores así como protección de respaldo para transformadores.

Esto es debido a sus características de velocidad, seguridad, simplicidad y confiabilidad.

Sin embargo, su aplicación, ajustes y mantenimiento como todo equipo requiere de algunos lineamientos básicos que aseguren las características indicadas anteriormente.

2.5.1 Relevadores de sobrecorriente instantáneo (50)

Es un relevador que funciona instantáneamente para un excesivo valor de corriente e indica una falla en el aparato o circuito protegido. Este relevador, aún cuando ya existe el tipo estático, el más usado es el de tipo atracción electromagnética y es básicamente un electroimán alimentado a través de un TC.

2.5.2 Relevadores de sobrecorriente con retardo de tiempo (51)

Es un relevador con una característica de tiempo definida o inversa, que funciona cuando la corriente en el circuito excede un valor predeterminado, a mayor corriente, menor tiempo en la característica inversa.

Este relevador es un motor de inducción de fase auxiliar con contactos. La fuerza actuante se desarrolla en un elemento móvil, generalmente un disco, de material no magnético. (ver figura 2.8).

2.5.3 Diferentes tipos de curvas de relevadores y su aplicación

Existen en el mercado, diferentes tipos de relevadores de sobrecorriente, la diferencia principal la constituye básicamente su característica tiempo-corriente, como se muestra en la figura 2.11.

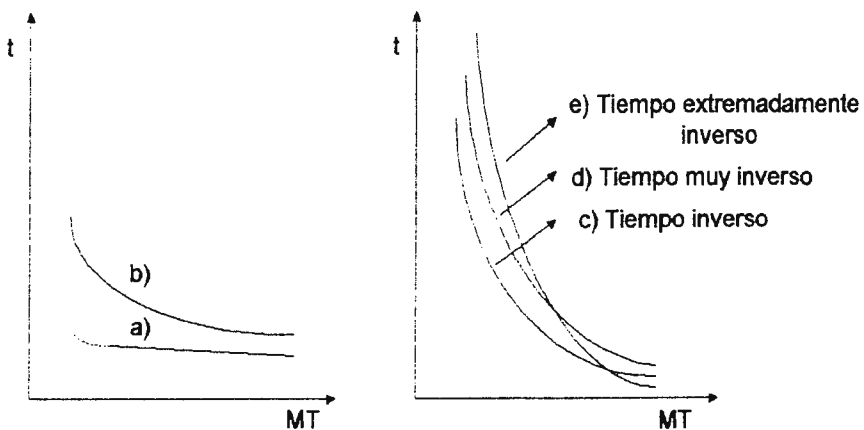


Figura 2.11
Curvas características Tiempo corriente

a) Tiempo definido. Este tipo de curva puede aplicarse donde no hay necesidad de coordinar con otros dispositivos, además de que la corriente de falla no varía para condiciones de generación máxima y mínima.

b) Tiempo moderadamente inverso. Es muy semejante a la curva de tiempo definido, su aplicación para circuitos es mínima y solamente como respaldo para transformadores, aún cuando se prefiere la curva (a) es común.

c) Tiempo inverso. Donde hay grandes variaciones en la corriente de falla por cambios de generación o switcheos de línea, puede lograrse una buena utilización.

d) Tiempo muy inverso. Pueden utilizarse para coordinar con fusibles aún cuando es menos deseable que el extremadamente inverso. Su utilización es muy adecuada

donde existen variaciones de corriente de fallas pequeñas y donde el tiempo de libramiento de falla cercana es importante.

e) Tiempo extremadamente inverso. Es el que mejor coordina con fusibles y restauradores sobre el mismo circuito.

2.6 Relevadores direccionales de sobrecorriente

La protección selectiva no se puede obtener en sistemas en anillo o malla con relevadores de ajuste por sobrecorriente en la misma forma que en sistemas radiales con dos extremos de suministro de potencia. En tales casos el relevador deberá estar provisto de un elemento direccional, estos relevadores se encuentran capacitados para distinguir el flujo de corriente en una dirección o la otra en un circuito, reconociendo las diferencias en el ángulo de fase entre la corriente y la magnitud de polarización.

La capacidad para distinguir entre el flujo de corriente en una dirección o la otra depende de la selección de la magnitud de polarización y el ángulo de par máximo.

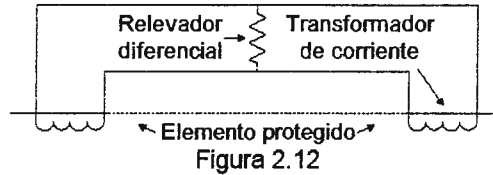
Cualquier combinación de relevador direccional, relevadores de sobrecorriente de tiempo inverso, y relevador de sobrecorriente instantáneo está disponible para protección de falla a fase o a tierra.

El control direccional es una característica muy deseable para este tipo de relevador. Pues la unidad de sobrecorriente no opera, sin importar que tan alto es el valor de la corriente, si los contactos de la unidad direccional no están cerrados.

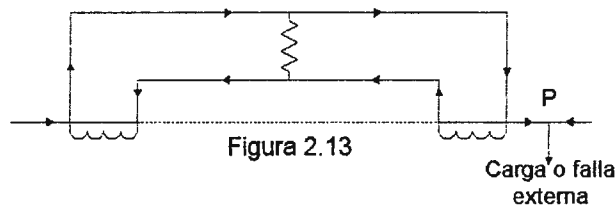
2.7 Relevadores diferenciales

Estos se pueden definir como “un relevador que funciona cuando el vector diferencia de dos o más magnitudes eléctricas similares excede una cantidad predeterminada”.

La mayoría de las aplicaciones del relevador diferencial son del tipo diferencial de corriente, y su aplicación más simple es mostrada en la siguiente figura (2.12)

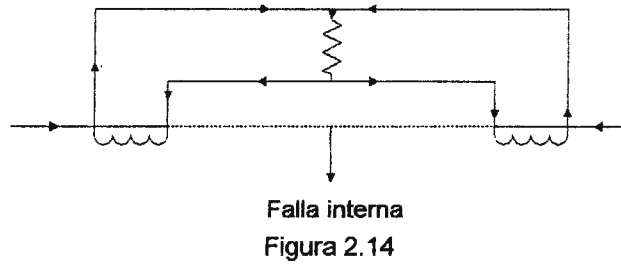


En donde la parte punteada representa el elemento protegido. La forma de actuar de estos relevadores es la siguiente: Si en la figura 2.13 existe una falla en el punto P y si los transformadores de corriente poseen la misma relación de transformación, la corriente que circulará, en sus secundarios es mostrada por las flechas, y se nota que ninguna corriente fluye por el relevador diferencial.



Ahora consideremos que la falla ocurre en un punto P que se encuentra en un punto cualquiera entre los dos transformadores de corriente, como se muestra en la siguiente figura 2.14.

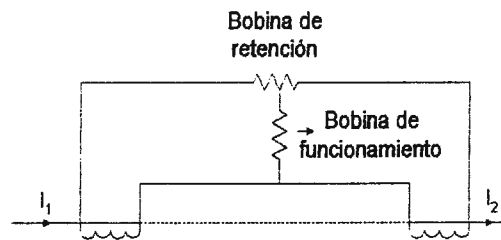
La corriente fluye hacia el cortocircuito por ambos lados, la suma de las corrientes secundarias de los transformadores de corriente pasan por el relevador diferencial. O sea que resumiendo se dice que la corriente del relevador diferencial será proporcional al vector diferencia entre las corrientes que entran y salen del circuito o dispositivo protegido; y si la corriente diferencial excede el valor de puesta en trabajo del relevador, éste funcionará.



Este vector diferencia depende directamente de la exactitud de los TC y del conexionado de éstos.

Una forma más utilizada del relevador diferencial es el llamado relevador “diferencial de tanto por ciento”.

La corriente que lo hace funcionar es de magnitud variable, debido al efecto de la bobina de retención (ver figura 2.15)



Los relevadores diferenciales de tanto por ciento son en general relevadores instantáneos o de alta velocidad. No se requiere de la acción retardada para la selectividad porque la característica diferencial de tanto por ciento los hace virtualmente inmunes a efectos transitorios.

2.8 Protección de Líneas de distribución

La selección del esquema de protección más adecuado para la protección de una línea de distribución se basa principalmente en los siguientes factores:

- Tipo del circuito a proteger, es decir: si esta constituida por una línea, doble circuito o líneas en paralelo, si tiene terminaciones múltiples en los puntos de llegada, etc.,

- Función de la línea y su importancia es decir su efecto en la continuidad del servicio, requerimientos reales y prácticos respecto al aislamiento de la falla con respecto al resto del sistema.
- Compatibilidad con el equipo y resto de esquemas de protección del sistema.

A las tres consideraciones anteriores se deben agregar los aspectos de tipo económico así como el conocimiento y experiencia que se tenga del sistema en cuanto a su operación se refiere, y al cual se interconectará la línea de distribución, la aplicación de los esquemas de protección se puede hacer en base a las características de los relevadores mismos.

2.8.1 Protección contra sobrecorriente

Es el esquema más común que se aplica en líneas de distribución, en donde se puede cumplir con la tendencia principal de la aplicación del esquema y que es que las corrientes de falla sean mucho mayores que las corrientes de carga. El uso de este esquema está también orientado a sistemas radiales en donde se requiere de una buena selectividad en la operación de las protecciones por lo que los relevadores de sobrecorriente con retardo de tiempo se usan preferentemente debido a que permiten una coordinación selectiva en donde se requiere de una operación con una secuencia apropiada por lo que en este caso como en cualquier otro de aplicación de relevadores de protección, se requiere del conocimiento de las curvas de tiempo de los mismos en donde se ilustra las relaciones de corriente como un múltiplo de los taps de ajuste contra los tiempos de operación en segundos. Estas curvas pueden variar de acuerdo con la marca del relevador, pero tienen la forma general siguiente:

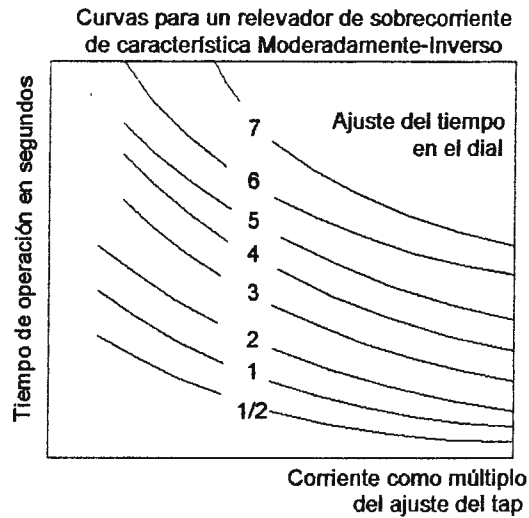


Figura 2.16

En los sistemas radiales es necesaria la coordinación de los intervalos de tiempo y que debe ser el mínimo que permite al relevador e interruptor más remoto con respecto al punto de falla liberar dentro de su zona de operación, los factores que afectan al intervalo de coordinación del tiempo son:

- El tiempo de interrupción de la falla por el interruptor
- El sobretiro dado por el impulso del relevador electromagnético con disco de inducción después de que la corriente de falla se ha interrumpido.

Para analizar esta situación se considerará un sistema radial elemental como el mostrado en la figura 2.17.

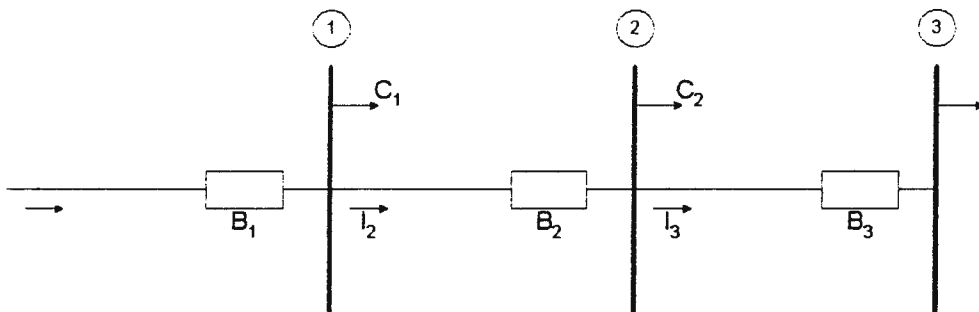


Figura 2.17

C_1 , C_2 y C_3 representan cargas expresadas por lo general por su potencia en KVA ó MVA. B_1 , B_2 y B_3 representan los interruptores en cada sección del sistema radial.

En este esquema elemental si se presenta una falla en la barra 3, la selectividad debe ser tal que B_2 opere antes que B_1 , y B_3 antes que B_2 . Ya que si por ejemplo B_1 abre antes que B_3 las barras 2 y 3 estarían desenergizadas innecesariamente.

Un estudio para seleccionar los taps de corriente de un relevador de sobrecorriente se debe iniciar por indicar en el sistema en estudio:

- El esquema del sistema, en este caso radial, mostrando las barras y cargas en cada barra.
- Un estudio de cortocircuito previamente realizado debe permitir conocer las corrientes para: falla trifásica y de línea a tierra en cada una de las barras del circuito en estudio.

Se deben dar los tipos de relevadores usados por cada interruptor en cada una de las barras con las relaciones de transformación de los transformadores de corriente previamente seleccionados así como los tiempos de operación de cada uno de los interruptores.

El tiempo de operación de los relevadores de sobrecorriente varía con la magnitud de la corriente, estos relevadores requieren básicamente de dos ajustes:

- Disparo o acción (Pick-up): Que es la corriente necesaria para que el disco se mueva y cierre los contactos, se ajustan por medio de derivaciones (taps) de corriente. Por ejemplo 5 amperios es la mínima corriente para cerrar los contactos cuando el relevador está en el tap 5.

- **Ajuste de tiempo:** Este ajuste varía el tiempo de operación para un tap dado y magnitud de corriente, se obtiene cuando se mueve la posición de los contactos cuando el relevador se restablece.

El contacto móvil gira en un plano horizontal y se encuentra montado sobre el eje del disco, el contacto y el disco se restablecen por un resorte en espiral que también sirve de conexión al contacto móvil. Las características de tiempo se grafican en términos de tiempo contra los taps de corriente para una posición de tiempo dada en el ajuste graficándose una familia de curvas para diferentes posiciones del ajuste.

2.9 Protección de Transformadores

La protección con relevadores diferenciales, por razones económicas se utiliza en transformadores cuya potencia trifásica sea de 5 MVA en adelante.

A continuación se muestra el diagrama trifilar de la protección diferencial de un transformador trifásico, de dos devanados, con conexión delta - estrella (figura 2.18).

Como se observa la conexión de los transformadores de corriente debe efectuarse de manera que los transformadores del lado de la estrella deben conectarse en delta, o sea, los transformadores de corriente siempre se conectan al revés del lado del transformador que va a proteger.

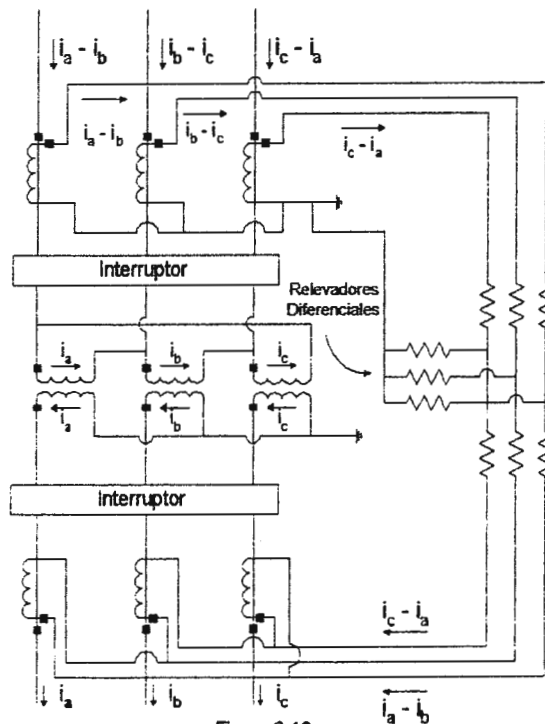


Figura 2.18

Esto se debe a que en el caso de ocurrir una falla de fase a tierra en la parte exterior de la zona protegida, en el lado de estrella del transformador, la suma de las tres corrientes de secuencia cero ($3I_0$) circulará por la delta de los transformadores de

corriente y no operará la protección diferencial. En el lado delta del transformador de potencia, no hay componentes de secuencia cero cuando se produce una falla a tierra, por tanto las componentes de secuencia cero no tienen posibilidad de circular entre los devanados secundarios de los grupos de transformadores de corriente. O sea, si los transformadores de corriente del lado de la estrella del transformador no estuvieran conectados en delta, las componentes de secuencia cero circularían por las bobinas de operación de los relevadores, ocasionando que los relevadores operen incorrectamente por fallas externas.

2.9.1 Protección de transformadores de puesta a tierra

El transformador de puesta a tierra constituye un paso de baja impedancia a la corriente de secuencia cero, y una impedancia muy alta a las componentes de secuencia positiva y negativa. En la figura 2.19a se presenta un esquema de protección de sobrecorriente, los relevadores de sobrecorriente de fase están conectados en las líneas de la delta formada por los transformadores de corriente, por lo que no les llega la corriente de secuencia cero. Para fallas externas a tierra no circula corriente por los relevadores de fase. Por tanto estos relevadores solamente responden a fallas internas en el banco. El relevador de tierra está conectado dentro de la delta, por lo que detecta la corriente de secuencia cero, y constituye el respaldo para fallas externas a tierra. Otra alternativa para este respaldo para fallas externas a tierra. Otra alternativa para este respaldo consiste en conectar un relevador de sobrecorriente en un transformador de corriente colocado en el neutro del transformador de tierra.

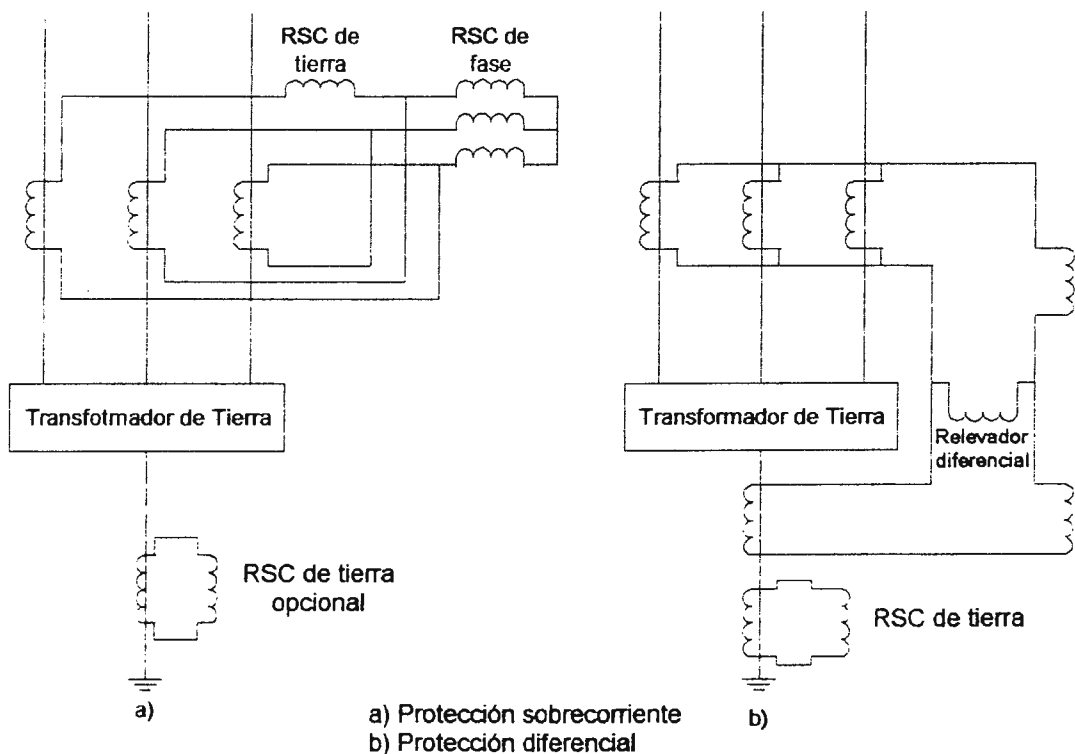


Figura 2.19

La protección diferencial es también aplicable a los transformadores de puesta a tierra como se muestra en la figura 2.19b. En el esquema se incluye también un relevador de sobrecorriente de tierra como respaldo para fallas externas, las protecciones de sobrecorriente y diferencial es muy conveniente complementarlas con protecciones por detección de gases o de incremento de presión.

2.10 Protección de barras

Las fallas en barras son poco frecuentes, pero dan lugar a grandes cortes en el servicio eléctrico por la cantidad de circuitos que se desconectan, y comprometen seriamente la estabilidad del sistema.

En la protección de barras se confrontan los problemas más serios de saturación de los transformadores de corriente. Ello se debe a que para fallas externas el transformador de corriente de la línea fallada recibe la corriente total de contribución de la barra a la falla, mientras que por los restantes transformadores circulan solamente las contribuciones individuales de las respectivas fuentes de generación. Estas corrientes dan lugar a grandes diferencias en los niveles de saturación en los transformadores de corriente, y provocan valores relativamente altos de la corriente de error del esquema, si es de tipo diferencial, el problema de la protección de barras consiste en lograr tiempos reducidos de eliminación de los cortocircuitos, en condiciones de saturación probablemente severa de los transformadores de corriente.

Por lo general la protección de barras (buses) de las subestaciones se hace por medio de relevadores de protección diferencial y esta basada en la ley de Kirchhoff de corrientes ya que todas las corrientes entrantes y salientes de una barra en la subestación deben tener como suma cero.

En la práctica este tipo de protección se complementa por el equilibrio de la corriente del secundario del transformador de corriente de todos los circuitos conectados a la barra y puentando este circuito equilibrado con la bobina de operación de un relevador. Cuando las condiciones son anormales el puente se encuentra balanceado y no circula corriente a través de la bobina de operación del relevador. Este principio elemental de protección diferencial de barras se muestra en la figura 2.20.

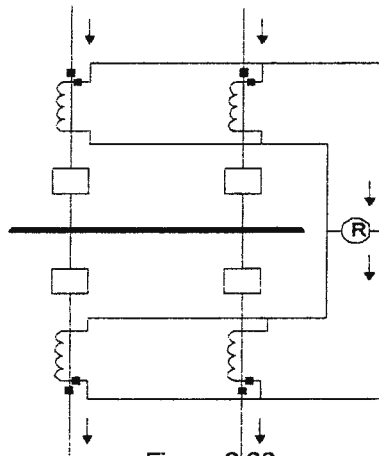


Figura 2.20
Esquema Básico de Protección Diferencial
de Barras

Los transformadores de corriente que se usan para la protección diferencial de barras por relevadores por lo general se instalan en el lado de la línea o del equipo del interruptor por lo que el interruptor forma parte de la zona de protección diferencial de las barras o del equipo. Si se localizan los transformadores de corriente en esta forma no se dejan áreas de la instalación sin protección y se pueden detectar posibles fallas dentro del interruptor.

La efectividad de la protección depende también del relevador que se seleccione y que debe operar correctamente cuando se requiera su operación. Dado que la incidencia de fallas en las barras de las subestaciones eléctricas es poco frecuente es conveniente preparar pruebas periódicas de los relevadores para verificar su posibilidad de operación.

También se debe asegurar que los relevadores no operen en falso para evitar interrupciones innecesarias ya que una operación en falso se puede deber a deficiencias en el transformador de corriente que se encuentra fuera de la zona de protección diferencial.

El relevador debe ser lo suficientemente rápido como para proteger de cualquier inestabilidad en el sistema.

La protección diferencial depende en gran medida de la precisión de los transformadores de corriente que reproducen en el lado secundario una corriente proporcional a la corriente primaria, considerando que el principio de la protección diferencial, cuando la suma vectorial de las corrientes que entran y salen a una barra es cero.

Como resultado de la consideración anterior para fallas fuera de la zona de la protección diferencial no debería circular ninguna corriente por la bobina de operación.

No obstante, para una falla justamente fuera de la zona diferencial un transformador de corriente se espera que responda a una gran corriente que circula a la salida de las barras mientras que los otros transformadores de corriente se ven sometidos a varias corrientes pequeñas que circulan hacia la entrada de las barras (en el sentido opuesto a la circulación de corriente externa a las barras). Bajo tales condiciones de falla la respuesta magnética de los transformadores de corriente será

diferente y probablemente circule una corriente de desbalance “falsa” a través del relevador diferencial.

2.11 Alimentadores de enlace entre subestaciones

Un requerimiento fundamental que deben cumplir las protecciones de las líneas de enlace en un sistema eléctrico de potencia es lograr el disparo simultáneo con alta velocidad de los interruptores de todos los terminales de la línea para todos los cortocircuitos internos.

Las protecciones direccionales de sobrecorriente solamente cumplen este requerimiento para los cortocircuitos en la porción central de la línea, pero para fallas cercanas a sus terminales la protección cercana opera con alta velocidad, mientras que para el terminal restante operan con retardo de tiempo (a menos que las condiciones del sistema sean tales, que ocurra el disparo secuencial, es decir, la aceleración de las protecciones remotas después del disparo de la protección cercana a la falla).

La protección de hilo piloto constituye la solución a este problema. Al garantizarse el disparo simultáneo con alta velocidad de todos los interruptores de la línea, se obtienen las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la estabilidad transitoria del sistema eléctrico de potencia.
- Posibilidad de ejecutar el recierre automático de alta velocidad, que, si es exitoso, mejora la estabilidad transitoria, reduce los tiempos de interrupción y mejora las condiciones de voltaje en parte de la carga.
- reducción de la posibilidad de daño de conductores y equipos debido a la corriente de falla.

2.11.1 Protección por Hilo Piloto

La protección piloto tiene selectividad absoluta y basa su funcionamiento en la comparación de las señales eléctricas provenientes de las terminales de la línea de enlace. En la figura 2.21 se ilustra la necesidad de esa comparación para lograr la protección de alta velocidad para cortocircuitos en cualquier punto de la línea.

Si la protección 1, ubicada en el extremo A de la línea de enlace, recibe información correspondiente a ese terminal solamente (protección direccional de sobrecorriente), resulta prácticamente imposible que sea capaz de discriminar entre los cortocircuitos F' y F'' , que ocurren en puntos muy cercanos entre sí y por tanto dan lugar a valores muy semejantes de la corriente o la impedancia medida por la

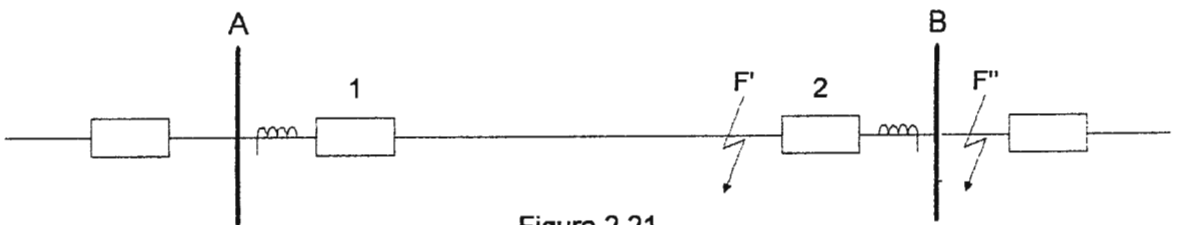


Figura 2.21
Protección piloto de un alimentador de enlace

protección 1.

Sin embargo esos dos cortocircuitos representan condiciones muy diferentes cuando la información se recibe en el extremo B de la línea, ya que hay una variación de aproximadamente 180° en el ángulo de la corriente de uno a otro caso.

En la protección tipo piloto la protección 1 recibe información desde la subestación B, que define la ubicación precisa del cortocircuito, con lo que se puede decidir si se origina o no el disparo instantáneo del interruptor de ese terminal de la línea, de igual forma, la protección 2 recibe información desde la subestación A.

De lo anterior se deduce la necesidad de disponer de un canal de comunicación que enlace los terminales de la línea; este canal, también denominado “canal piloto” es el que da nombre a este tipo de protección.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA CAD

DISEÑO Y PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA CAD

3.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de la operatividad óptima de una compañía de distribución eléctrica se hace necesario mantener actualizada toda la información concerniente a subestaciones de distribución.

Las subestaciones eléctricas del Sistema CAESS sufren modificaciones, debido al incremento de la carga en la red eléctrica, esto hace necesario que CAESS tenga un buen sistema de control de todas las componentes que integran cada una de sus subestaciones.

Las subestaciones son sistemas complejos que arroja una cantidad extensa de información, la cual es necesario almacenar y manipular para distintos tipos de utilización. La información actualmente se maneja a nivel de planos, y registros manuales de características técnicas de equipos. La actualización y mantenimiento de dicha información es difícil, ya que los procedimientos son inadecuados para que toda esta información sea registrada.

Al tener actualizados los planos y registros de las subestaciones eléctricas se facilitan las labores de construcción, mantenimiento y operación.

En este capítulo describiremos las características más importantes del diseño de un sistema CAD, que permitirá tener un mejor control de los datos de las subestaciones en lo concerniente a los planos y diagramas, este sistema dispondrá de herramientas en las cuales tendrá la posibilidad de simular el sistema antes de su construcción, consulta de planos en diferentes vistas, detalles y secciones.

3.2 Recopilación de Información

Se realiza a través de una investigación de campo, que permita el establecimiento de la situación actual, bajo la supervisión de personal de Ingeniería de la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador CAESS.

En la investigación de campo se ha tomado como modelo de estudio la subestación Agua Caliente del sistema CAESS, debido a que sus características de diseño, han sido tomadas como base para la construcción de nuevas subestaciones.

Básicamente el proceso de recopilación de información comprende los siguientes pasos:

- Visitas a la subestación Agua Caliente
- Estudio de planos y diagramas de dicha subestación
- Identificación de entidades y atributos como base para la creación del modelo computarizado

3.3 Clasificación de planos y diagramas

Actualmente la clasificación de planos y diagramas eléctricos, de subestaciones de distribución del sistema CAESS, puede representarse en la siguiente forma:

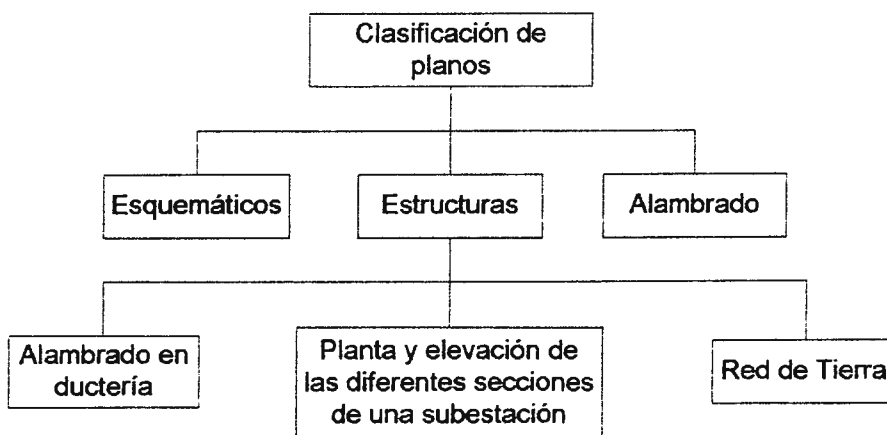


Figura 3.1
Clasificación de Planos y Diagramas del Sistema CAESS

Todos los esquemas y diagramas eléctricos consisten en dibujos en dos dimensiones, pero en el caso de planos de “planta y elevación de las diferentes secciones” es conveniente utilizar el diseño en tres dimensiones que los sistemas CAD proporcionan, ya que sólo es necesario realizar un único dibujo y de él se pueden obtener las vistas necesarias, visualizando de esta manera el arreglo físico, dimensiones exteriores de los equipos principales y estructuras.

Las ventajas introducidas en esta área (3D), no se reducen a la rápida obtención de datos geométricos, eliminando una fuerte proporción del trabajo de inspección de planos y medida de los mismos, sino que aprovechando sus capacidades gráficas, el sistema proporciona los medios de visualizar el modelo estructural y sus detalles de forma altamente eficiente, facilitando así la labor de comprobación y corrección de posibles errores, labor difícil y lenta cuando se realiza por procedimientos tradicionales.

A continuación se presenta una clasificación de planos de la subestación Agua Caliente, de acuerdo al tipo de dibujo desarrollado por el sistema CAD.

| TRES DIMENSIONES | | | |
|--|--------------|------------------|---|
| DIAGRAMAS DE ESTRUCTURAS | | | |
| Nombre del plano | Fecha | Circuitos | Descripción |
| Secciones subestación | abr-90 | | Vista en planta y elevación de las diferentes secciones de la subestación |
| DOS DIMENSIONES | | | |
| DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS Y ALAMBRADO | | | |
| Red de tierra | ago-89 | | -Aterrizamiento del equipo -Superficies equipotenciales -Detalles de algunos puntos de conexión |
| Alumbrado ductería | abr-90 | | Vista en planta de las conexiones para la iluminación |
| Esquemático D.C | sep-75 | 11210 | Circuito de fuente auxiliar de tensión en corriente directa, a voltajes bajos |
| Esquemático D.C | may-78 | 11218 | |
| Esquemático D.C | oct-79 | 11217 | |
| Esquemático A.C de protecciones 23 KV | may-80 | | |
| Esquemático D.C | jul-83 | 11212 | |
| Protección transformador de tierra | ago-83 | | |
| Esquemático D.C | ago-83 | 11213 | |
| Interconexión paneles y control supervisorio | oct-85 | | Interruptores alimentadores |
| BRK distribución | may-88 | | |

| | | | |
|---|--------|----------------------------------|--|
| Esquemático D.C | may-89 | 11216 | |
| Esquemático D.C | oct-89 | 11214 | |
| Esquemático D.C | oct-89 | 11219 | |
| A.C BRK transferencia | abr-90 | | |
| D.C BRK transferencia | abr-90 | | |
| Esquemático A.C para el transformador de tierra | abr-90 | | |
| Alambrado panel No. 17 | jul-83 | 11215 11217 | |
| Alambrado panel No. 2 | jul-83 | 11215 11217 | |
| Alambrado panel No. 1 | jul-83 | 11214 11218 | |
| Alambrado panel No. 15 | ago-83 | 11213 11215 11217 11219 | |
| Alambrado panel No. 14 | ago-83 | 11213 11219 | |
| Alambrado panel No. 16 | ago-83 | 11213 11219 | |
| Alambrado panel No. 19 | ago-83 | 11216 | |
| Alambrado | ago-83 | 11221 | Alambrado del circuito 11221 y transformador de tierra |
| Interconexión 23 KV | sep-83 | | |
| Alambrado Interruptores | oct-83 | | |
| Alambrado panel No. 3 | feb-84 | | panel de medición CEL-CAESS |
| Diagrama unifilar | oct-85 | | |
| Alambrado y conexiones de subestación remota | oct-85 | | |
| Panel de protección y control | abr-90 | | |

3.4 Clasificación de entidades gráficas y atributos.

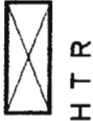

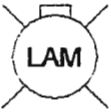
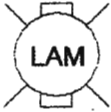



En los planos y diagramas esquemáticos de subestaciones de distribución de energía eléctrica, hay una serie de símbolos eléctricos que se utilizan con frecuencia, por lo que cada vez que se necesitan hay que volverlos a dibujar, lo que supone una notable pérdida de tiempo que el sistema CAD ahorra al poder agrupar todos los símbolos eléctricos con formato de bloques o entidades permanentes en un determinado lugar, para poderlos llamar cuando sea necesario e insertarlos en un plano.

Una vez creado, un bloque permanente estará disponible para su inserción en un dibujo, presentando las siguientes ventajas:



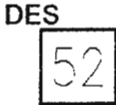




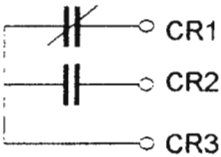
- Son muy eficaces, puesto que partiendo de ellos se pueden construir los planos y diagramas esquemáticos
- Permiten crear bibliotecas o elementos de dibujo, adaptables a cualquier necesidad particular
- Presentan una facilidad de corrección, puesto que basta redefinirlos para lograr su actualización

Como resultado de todo este proceso se obtienen planos de gran densidad de información y características geométricas relativamente sencillas, en el que aparece asociada la identificación de cada componente.





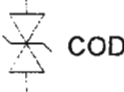

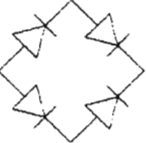


A continuación se presentan las diferentes entidades utilizadas por el sistema CAD, para elaboración de los planos de esquemas eléctricos de subestaciones de distribución de energía eléctrica del sistema CAESS.

| LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS | | |
|---|-----------|------------|
| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
| | VARIABLE | INDICACION |
|  | HTR | CAPACIDAD |
|  | HTR | CAPACIDAD |
|  | LAM | INDICACION |
|  | LAM | INDICACION |
|  | LAM | INDICACION |
|  | LAM | INDICACION |
|  | LT | INDICACION |


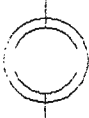
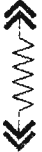







LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|-----------|---------------------------------|
| | VARIABLE | INDICACION |
|  | DES | Descripción del dispositivo |
|  | DES | Código |
|  | DES | Código |
|  | SF1 | Capacidad |
|  | FUS | Código |
|  | NA | Identificación |
|  | NC | Identificación |
|  | CR"n" | Descripción conector número "n" |



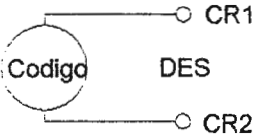
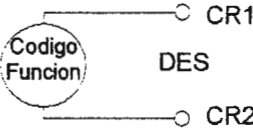
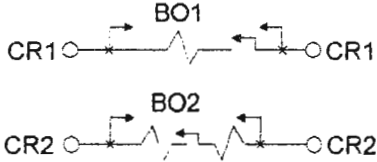

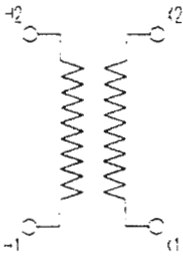
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|-----------|----------------|
| | VARIABLE | INDICACION |
|  R1 | R1 | Identificación |
|  | | |
|  | | |
|  REC | DUPREC | Código |
|  COD | COD | Código |
|  COD | COD | Código |
|  | | |
|  | | |
|  | | |

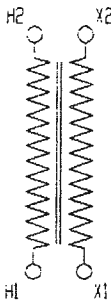
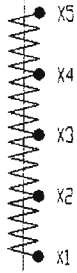
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|-----------|----------------|
| | VARIABLE | INDICACION |
|  AMP | AMP | Identificación |
|  | | |
|  POT | POT | Identificación |
|  | RT | Identificación |
|  | CC | Identificación |
|  | CR | Identificación |
|  | T45 | Identificación |
|  | CT | Identificación |
|  | | |
|  | | |

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|--|---|
| | VARIABLE | INDICACION |
|  | Código | Código |
|  | Código Función | Código Función |
|  | Código CR1 Des CR2 | Código Descripción conector 1 Descripción bobina Descripción conector 2 |
|  | Código Función CR1 Des CR2 | Código Función Descripción conector 1 Descripción bobina Descripción conector 2 |
|  | CR1 BO1 BO2 CR2 | Descripción conector 1 Función bobina 1 Función bobina 2 Descripción conector 2 |
|  | TC | Relación transformación |
|  | | |

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS ESQUEMATICOS

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|-----------|------------------------------|
| | VARIABLE | INDICACION |
|  <p>A schematic diagram of a spring. It consists of two vertical zigzag lines representing the spring coils, connected at their top and bottom ends by short horizontal lines. The top-left end is labeled 'H2', the top-right end is labeled 'X2', the bottom-left end is labeled 'H1', and the bottom-right end is labeled 'X1'.</p> | | |
|  <p>A schematic diagram of a spring. It is a single vertical zigzag line representing the spring coil. Five discrete points are marked along the right side of the spring, labeled from top to bottom as 'X5', 'X4', 'X3', 'X2', and 'X1'.</p> | TR | Relaciones de Transformación |

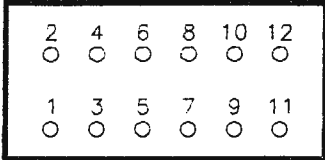
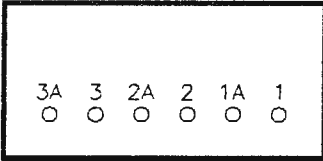
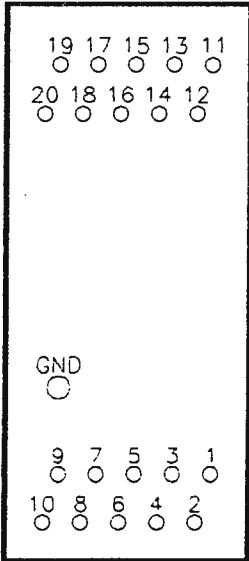
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|-----|-----|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|---|----|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> </table> </div> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8</p> | 1 | 3 | 5 | 7 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 | 4 | 6 | 8 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | |
| 1 | 3 | 5 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> </table> </div> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8</p> | 1 | 3 | 5 | 7 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 | 4 | 6 | 8 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | |
| 1 | 3 | 5 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>X1</td><td>Y2</td><td>V3</td><td>VO4</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> </table> </div> <p>X1.- CR1 Y2.- CR2 V3.- CR3 VO4.-CR4</p> | X1 | Y2 | V3 | VO4 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | |
| X1 | Y2 | V3 | VO4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>○</td><td>○</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>○</td><td>○</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>○</td><td>○</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>○</td><td>○</td><td>10</td></tr> </table> </div> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.-CR10</p> | 1 | ○ | ○ | 2 | 3 | ○ | ○ | 4 | 5 | ○ | ○ | 6 | 7 | ○ | ○ | 8 | 9 | ○ | ○ | 10 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| 1 | ○ | ○ | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | ○ | ○ | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ○ | ○ | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | ○ | ○ | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ○ | ○ | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

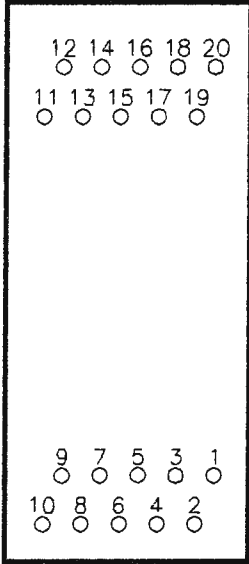
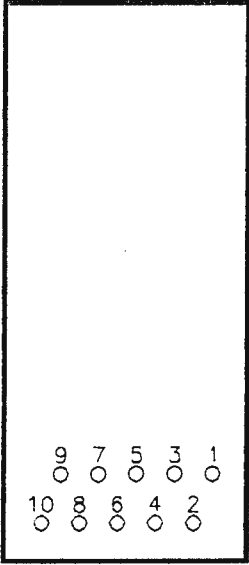
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|-----|--------|--------------|---|--------------|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2</p> | + | - | ○ | ○ | 1 | 2 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | |
| + | - | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">1 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 8</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8</p> | 1 ○ | ○ 2 | 3 ○ | ○ 4 | 5 ○ | ○ 6 | 7 ○ | ○ 8 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | |
| 1 ○ | ○ 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 ○ | ○ 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 ○ | ○ 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 ○ | ○ 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">1 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 ○</td> <td style="text-align: center;">○ 4</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4</p> | 1 ○ | ○ 2 | 3 ○ | ○ 4 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | |
| 1 ○ | ○ 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 ○ | ○ 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8</p> | 1 | 3 | 5 | 7 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 | 4 | 6 | 8 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| 1 | 3 | 5 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 33px;">C</td> <td style="text-align: center; width: 33px;">B</td> <td style="text-align: center; width: 33px;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5 ○</td> <td style="text-align: center;">3 ○</td> <td style="text-align: center;">1 ○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6 ○</td> <td style="text-align: center;">4 ○</td> <td style="text-align: center;">2 ○</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6</p> | C | B | A | 5 ○ | 3 ○ | 1 ○ | 6 ○ | 4 ○ | 2 ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | |
| C | B | A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 ○ | 3 ○ | 1 ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 ○ | 4 ○ | 2 ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 1A.- CR2 2.- CR3 2A.- CR4 3.- CR5 3A.- CR6</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12 13.- CR13 14.- CR14 15.- CR15 16.- CR16 17.- CR17 18.- CR18 19.- CR19 20.- CR20</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |

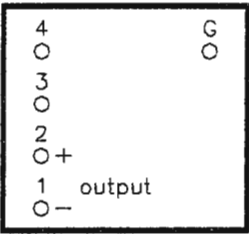
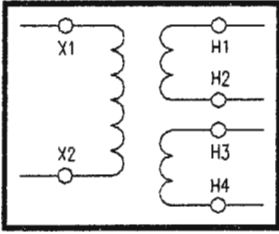
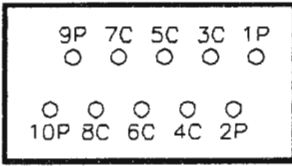
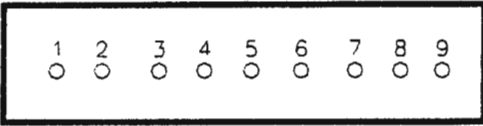
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12 13.- CR13 14.- CR14 15.- CR15 16.- CR16 17.- CR17 18.- CR18 19.- CR19 20.- CR20</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12 13.- CR13 14.- CR14 15.- CR15 16.- CR16 17.- CR17 18.- CR18 19.- CR19 20.- CR20</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |

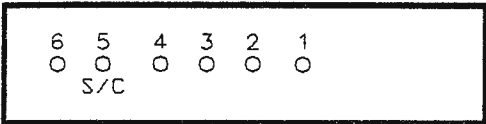
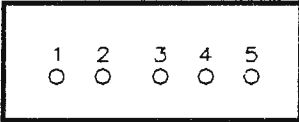
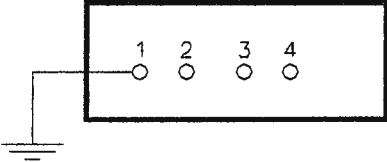
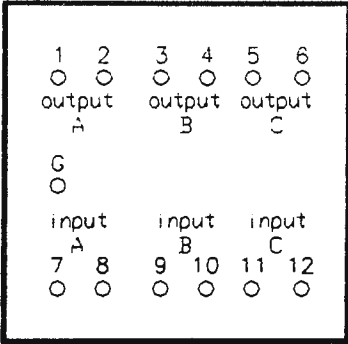
LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|----|----|----|----------|----|---|---|----|----|---|---|---|----|----|---|----|----|---|---|---|---|---|--------------|---|----|----|----|--|----------|---|------|--|--|----|---|--|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12 13.- CR13 14.- CR14 15.- CR15 16.- CR16</p> | 4 | 3 | 2 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 6 | | | 5 | ○ | | | ○ | 8 | | | 7 | ○ | | | ○ | 10 | | | 9 | ○ | | | ○ | 12 | | | 11 | ○ | | | ○ | 16 | 15 | 14 | 13 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 15 | 14 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1"> <tr> <td>-</td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>output</td> <td></td> <td>Va</td> <td>Vb</td> <td>Vc</td> <td></td> <td>external</td> <td></td> </tr> <tr> <td>watt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>plur</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>+</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>+</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12 13.- CR13 14.- CR14 15.- CR15 16.- CR16</p> | - | + | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 13 | 14 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | output | | Va | Vb | Vc | | external | | watt | | | | | | plur | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 16 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | + | - | + | - | + | - | - | + | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| - | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 13 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| output | | Va | Vb | Vc | | external | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| watt | | | | | | plur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + | - | + | - | + | - | - | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1C</td> <td>2C</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3C</td> <td>4C</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5C</td> <td>6C</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </table> <p>1.- CR1 1C.- CR2 2C.- CR3 2.- CR4 3.- CR5 3C.- CR6 4C.- CR7 4.- CR8 5.- CR9 5C.- CR10 6C.- CR11 6.- CR12</p> | 1 | 1C | 2C | 2 | ○ | ○ | ○ | ○ | 3 | 3C | 4C | 4 | ○ | ○ | ○ | ○ | 5 | 5C | 6C | 6 | ○ | ○ | ○ | ○ | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1C | 2C | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3C | 4C | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5C | 6C | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 G.- CR5</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>X1.- CR1 X2.- CR2 H1.- CR3 H2.- CR4 H3.- CR5 H4.- CR6</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1P.- CR1 3C.- CR2 5C.- CR3 7C.- CR4 9P.- CR5 2P.- CR6 4C.- CR7 6C.- CR8 8C.- CR9 10P.- CR10</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |

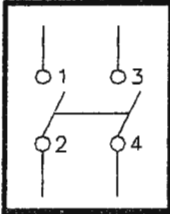

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4 5.- CR5 6.- CR6 7.- CR7 8.- CR8 9.- CR9 10.- CR10 11.- CR11 12.- CR12</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|-----|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|--|--|---------|--|--|-----------|--|--|-----------|--|--|-----------|--------------|---|-----------|--|--|-----------|--|--|-----------|--|--|-----------|--------------|---|
| | VARIABLE | INDICACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1"> <tr> <td>1 O</td> <td>○ 2</td> <td>1.- CR1</td> </tr> <tr> <td>3 O</td> <td>○ 4</td> <td>2.- CR2</td> </tr> <tr> <td>5 O</td> <td>○ 6</td> <td>3.- CR3</td> </tr> <tr> <td>7 O</td> <td>○ 8</td> <td>4.- CR4</td> </tr> <tr> <td>9 O</td> <td>○ 10</td> <td>5.- CR5</td> </tr> <tr> <td>11 O</td> <td>○ 12</td> <td>6.- CR6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>7.- CR7</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>8.- CR8</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>9.- CR9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>10.- CR10</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>11.- CR11</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>12.- CR12</td> </tr> </table> | 1 O | ○ 2 | 1.- CR1 | 3 O | ○ 4 | 2.- CR2 | 5 O | ○ 6 | 3.- CR3 | 7 O | ○ 8 | 4.- CR4 | 9 O | ○ 10 | 5.- CR5 | 11 O | ○ 12 | 6.- CR6 | | | 7.- CR7 | | | 8.- CR8 | | | 9.- CR9 | | | 10.- CR10 | | | 11.- CR11 | | | 12.- CR12 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | |
| 1 O | ○ 2 | 1.- CR1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 O | ○ 4 | 2.- CR2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 O | ○ 6 | 3.- CR3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 O | ○ 8 | 4.- CR4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 O | ○ 10 | 5.- CR5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 O | ○ 12 | 6.- CR6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 7.- CR7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8.- CR8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9.- CR9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10.- CR10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 11.- CR11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12.- CR12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>1.- CR1 2.- CR2</p> | CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DES</p> <table border="1"> <tr> <td>1 O</td> <td>○ 2</td> <td>1.- CR1</td> </tr> <tr> <td>3 O</td> <td>○ 4</td> <td>2.- CR2</td> </tr> <tr> <td>5 O</td> <td>○ 6</td> <td>3.- CR3</td> </tr> <tr> <td>7 O</td> <td>○ 8</td> <td>4.- CR4</td> </tr> <tr> <td>9 O</td> <td>○ 10</td> <td>5.- CR5</td> </tr> <tr> <td>11 O</td> <td>○ 12</td> <td>6.- CR6</td> </tr> <tr> <td>13 O</td> <td>○ 14</td> <td>7.- CR7</td> </tr> <tr> <td>15 O</td> <td>○ 16</td> <td>8.- CR8</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>9.- CR9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>10.- CR10</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>11.- CR11</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>12.- CR12</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>13.- CR13</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>14.- CR14</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>15.- CR15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>16.- CR16</td> </tr> </table> | 1 O | ○ 2 | 1.- CR1 | 3 O | ○ 4 | 2.- CR2 | 5 O | ○ 6 | 3.- CR3 | 7 O | ○ 8 | 4.- CR4 | 9 O | ○ 10 | 5.- CR5 | 11 O | ○ 12 | 6.- CR6 | 13 O | ○ 14 | 7.- CR7 | 15 O | ○ 16 | 8.- CR8 | | | 9.- CR9 | | | 10.- CR10 | | | 11.- CR11 | | | 12.- CR12 | | | 13.- CR13 | | | 14.- CR14 | | | 15.- CR15 | | | 16.- CR16 | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| 1 O | ○ 2 | 1.- CR1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 O | ○ 4 | 2.- CR2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 O | ○ 6 | 3.- CR3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 O | ○ 8 | 4.- CR4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 O | ○ 10 | 5.- CR5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 O | ○ 12 | 6.- CR6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 O | ○ 14 | 7.- CR7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 O | ○ 16 | 8.- CR8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9.- CR9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10.- CR10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 11.- CR11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12.- CR12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13.- CR13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14.- CR14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15.- CR15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16.- CR16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

LISTA DE BLOQUES / DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

| ENTIDAD | ATRIBUTOS | |
|---|-------------------------------|--|
| | VARIABLE | INDICACION |
| <p>DES</p>  <p>1.- CR1 2.- CR2 3.- CR3 4.- CR4</p> | DES CR"n" | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo - Descripción conector número "n" |
| <p>CRI - CODIGO - CRD</p> | <p>CODIGO CRI CRD</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación - Descripción conector izquierdo - Descripción conector derecho |
|  <p>DES</p> | DES | <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dispositivo |
| | | |

3.5 Clasificación de vistas y secciones

Se pueden dividir en dos grupos:

- **Observación de planos eléctricos.**

El área de visualización de planos eléctricos, de los diferentes circuitos de una subestación de distribución, podrá ser seleccionada por medio de las diferentes opciones de control de despliegue gráfico que los sistemas CAD poseen.

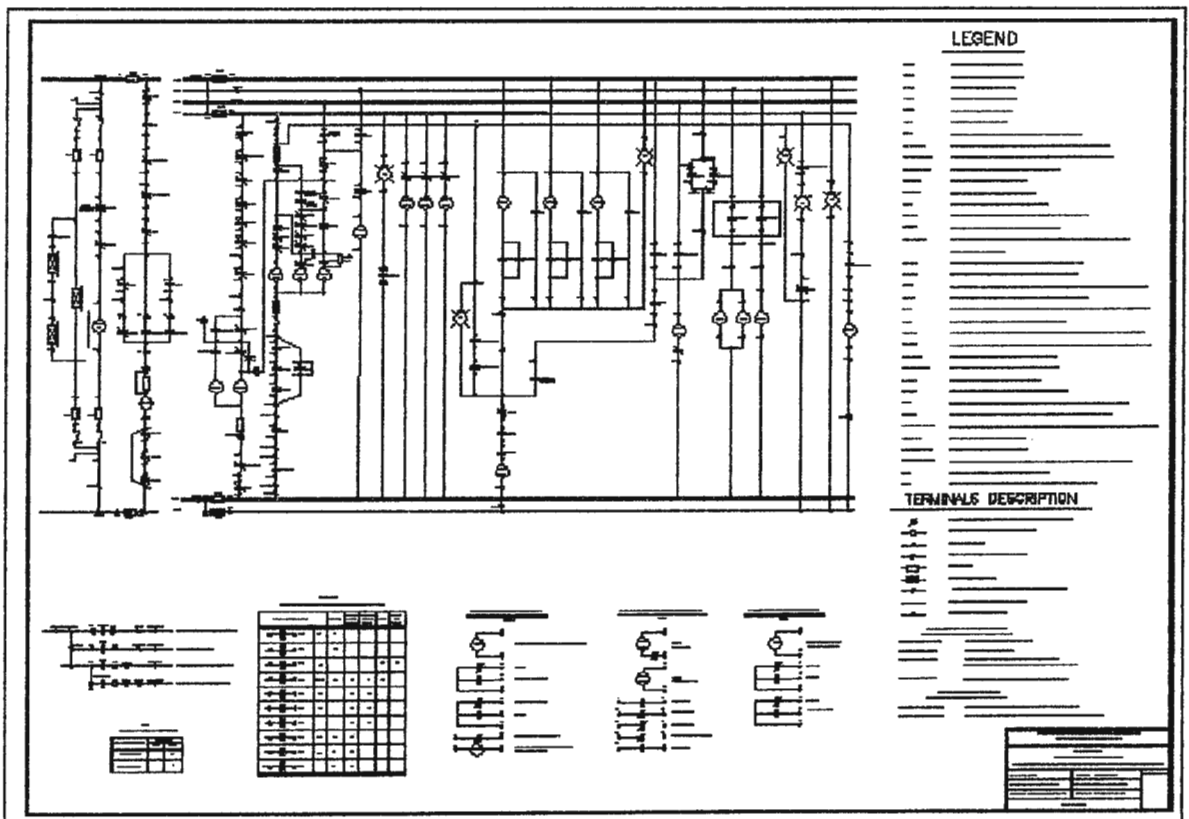


Figura 3.2

- **Representación de las secciones de una subestación mediante proyecciones bidimensionales.**

Para la visualización de la disposición física, de los dispositivos principales (interruptores, seccionadores, pararrayos, transformadores, etc.), que componen una

subestación de distribución, el sistema CAD utilizará librerías con elementos gráficos tridimensionales.

La interpretación de los elementos concebidos, a menudo se visualiza de varias formas para facilitar su comprensión. Por ejemplo, la pantalla puede ser dividida en zonas, las cuales tienen proyecciones multivista, es decir podemos visualizar la planta y elevación de las secciones de una subestación simultáneamente. (ver figura 3.3).

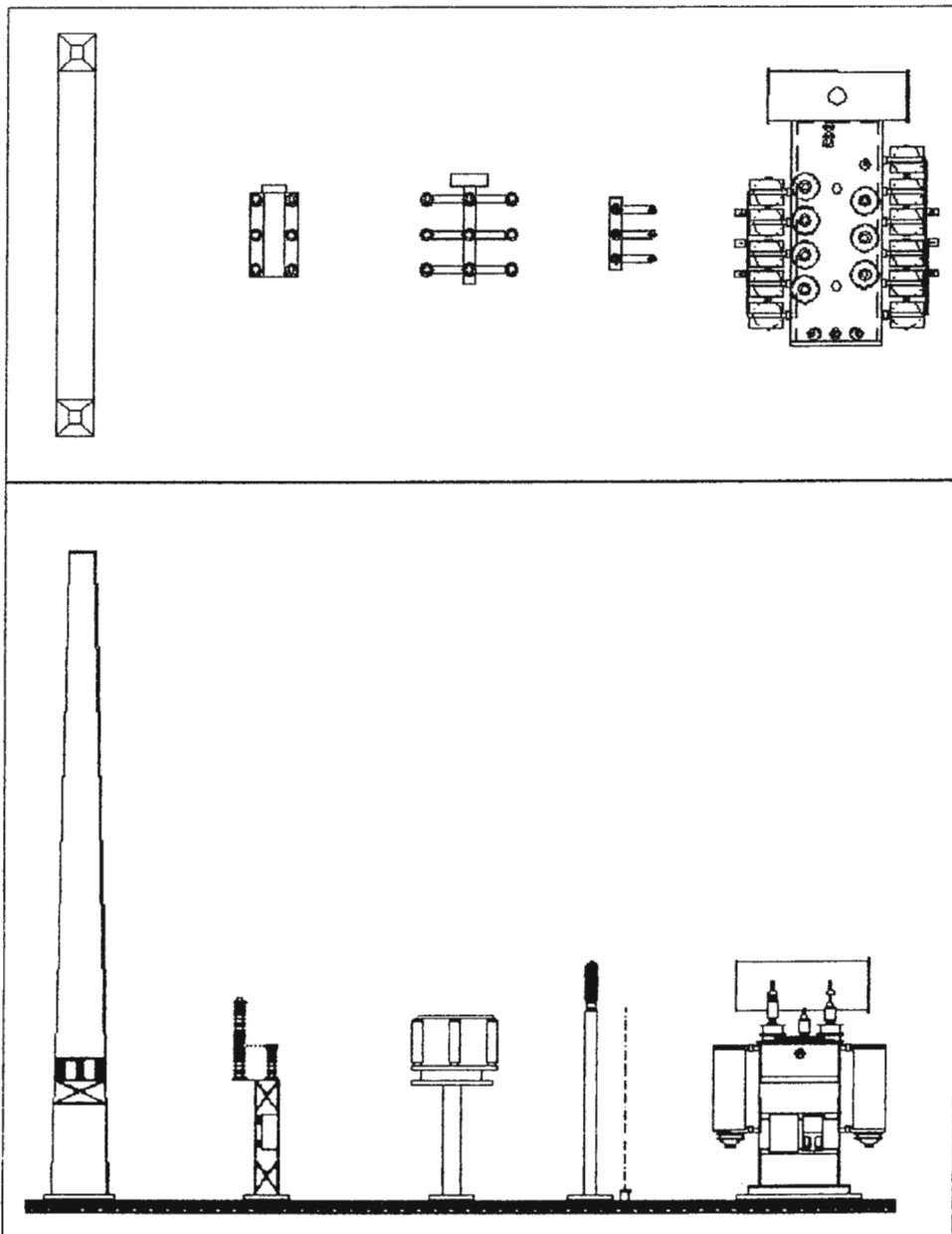


Figura 3.3

3.6 Estructuración de la Aplicación

En la actualidad la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador CAESS, se encuentra desarrollando sus propias aplicaciones de software para ser más competitiva, y a la vez incrementar la productividad de las dependencias que tienen relación con información gráfica.

Su desarrollo está bajo la responsabilidad y coordinación del departamento de Ingeniería, Sección Mapeo Digital.

Dentro del desarrollo de este sistema de aplicaciones, se encuentra el análisis para mantener actualizadas todas las modificaciones, que se hacen en las subestaciones de distribución de energía eléctrica.

La compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador CAESS, ha observado que el software para diseño asistido por computadora AutoCAD, ofrece las herramientas necesarias para almacenar, recuperar y procesar información de subestaciones de distribución de energía eléctrica, asegurando un beneficio óptimo.

La personalización del sistema CAD, presenta una variedad de formas, desde la simple creación de elementos de diseño eléctrico, creación de menús de pantalla, macro-órdenes personalizadas, hasta el desarrollo de complejos programas basados en el lenguaje de programación AutoLISP.

Personalizar AutoCAD implica crear y editar archivos ASCII que AutoCAD leerá y usará varias veces durante su procesamiento.

Las instrucciones para los ordenadores se denominan código fuente; así, los archivos ASCII que contienen las instrucciones se denominan archivos de código fuente.

3.7 Estructuración de los archivos

Los módulos de aplicación, que AutoCAD leerá y usará varias veces durante su procesamiento, esta representada por la siguiente estructura de directorios:

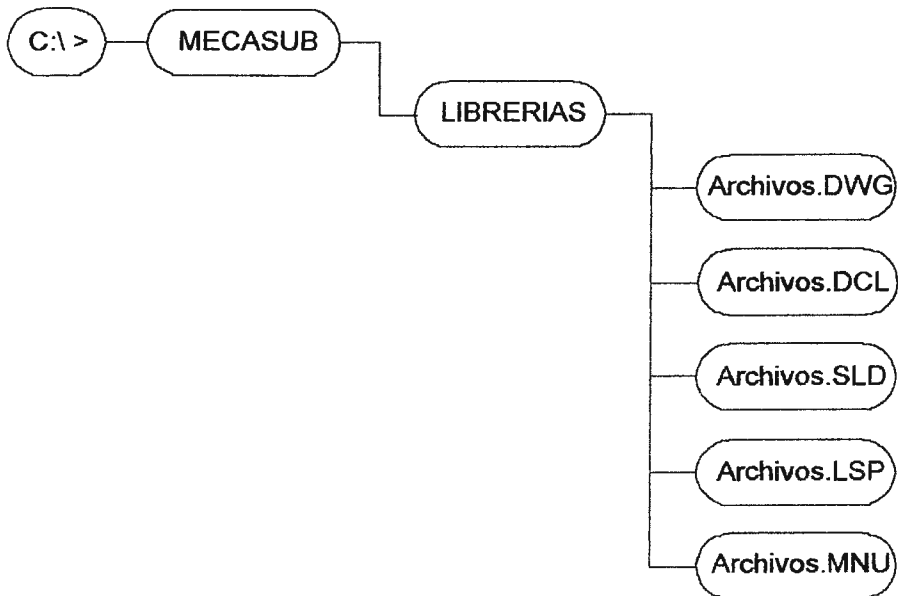


Figura 3.4
Estructuración de los Archivos

El directorio principal "MECASUB" (figura 3.4) que significa "Mecanización de subestaciones" sirve para identificar la aplicación que AutoCAD utilizará, este a su vez contiene el subdirectorio librerías el cual contiene los diversos módulos de la aplicación.

El sistema CAD para almacenar la información, concerniente a una determinada subestación eléctrica, la cual está comprendida de:

- Diagrama unifilar
- Planos de estructuras
- Diagrama de red de tierra
- Esquemáticos A.C y D.C
- Diagramas de alambrado

Utiliza la siguiente estructura de directorio:

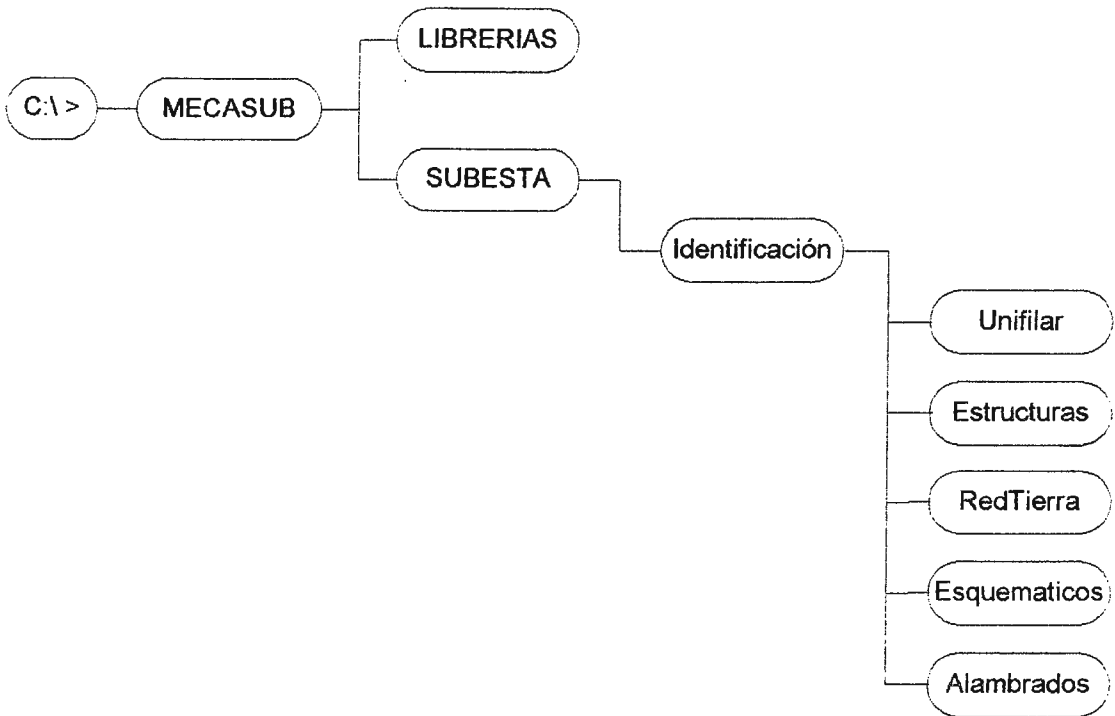


Figura 3.5
Estructuración de los Archivos

El directorio “Subestaciones” (figura 3.5) contiene únicamente los directorios de las subestaciones digitalizadas, a medida que se van digitalizando nuevas subestaciones el sistema CAD crea la estructura de los subdirectorios unifilar, estructuras, redtierra, esquemáticos y alambrados, con su respectivo directorio padre “Identificación” el se utiliza para identificar una determinada subestación.

De tal manera que los archivos de datos de dicha subestación, se encuentran organizados bajo sus propios directorios y subdirectorios.

3.8 Determinación de escala

Actualmente los factores de escala $1/4" = 1'-0"$ ó $1 = 75$ en el sistema de medida inglés o métrico, son los más utilizados para la elaboración de los planos concernientes a la estructura de una subestación de distribución.

Para la elaboración de dichos planos por medio del sistema CAD, se realizara a escala natural utilizando el sistema de medida ingles o métrico, y la impresión de los mismos será posible a diferentes escalas, dependiendo del grado de exactitud que se necesite.

Con respecto a los diagramas eléctricos (alambrado y esquemáticos) los dibujos no tendrán escala y la impresión se realizará en hojas tamaño D.

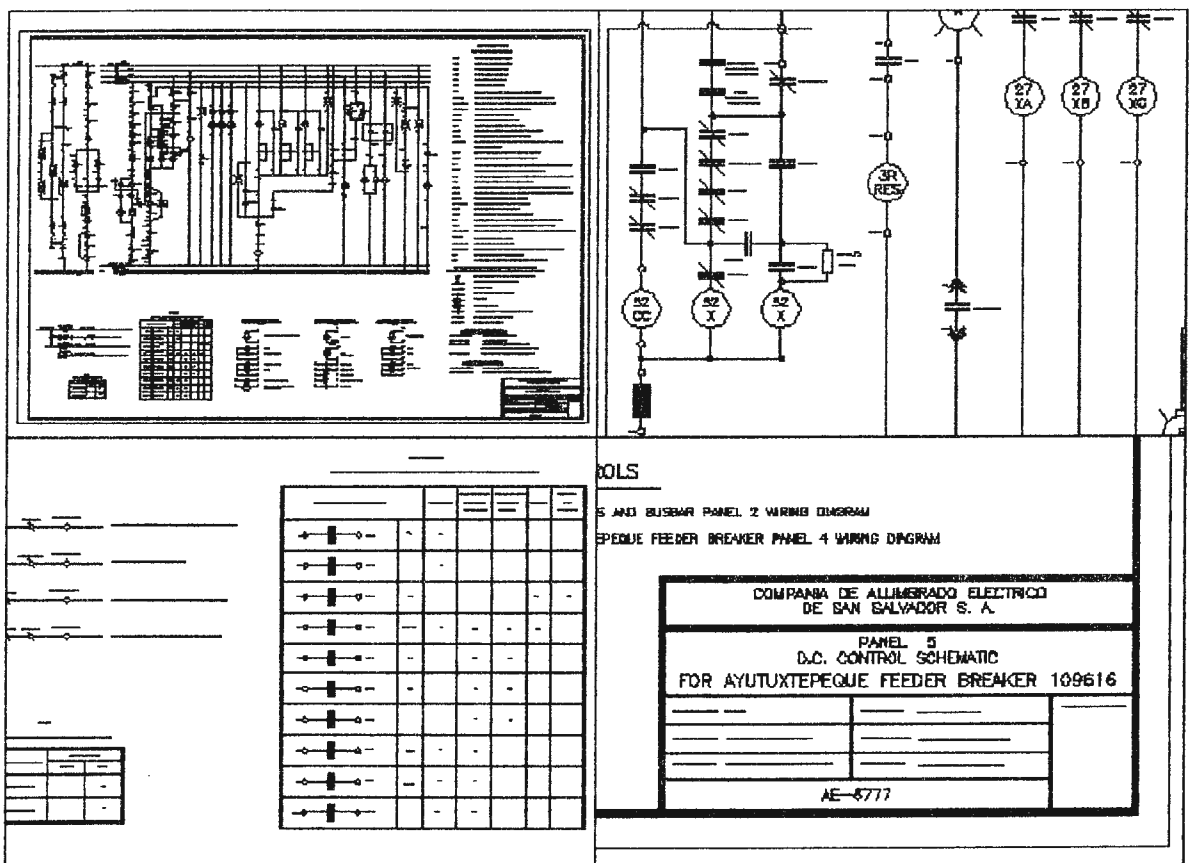


Figura 3.6
Diagramas Esquemáticos

3.9 Aplicaciones de Diseño Automatizadas

Todo sistema apto para el diseño, ha de permitir la entrada de información inicial sobre la forma del objeto, y debe almacenarla de manera que sea fácil su representación gráfica y modificación.

AutoLISP es un lenguaje de programación, que permite “automatizar” y optimizar AutoCAD incluso más allá de lo que puede llevar a cabo usando macros.

Las rutinas AutoLISP tienen muchas aplicaciones posibles, incluida la creación de nuevas órdenes, la inserción de funciones especiales para dibujar y el desarrollo de aplicaciones que automáticamente llevan a cabo análisis de gráficos y de dibujos dentro del editor de dibujo de AutoCAD.

Las rutinas LISP pueden calcular rápidamente y analizar datos utilizados para generar entidades de dibujo en la pantalla del monitor. Estas analizan las entidades de dibujo existentes o crean nuevas llamando directamente a las órdenes de AutoCAD.

Las entidades creadas por las rutinas LISP son iguales a cualquier otra creada por el usuario, sólo que con AutoLISP el proceso es más rápido y fácil, aumentando la producción de dibujos complejos, y eliminan además selecciones de menú innecesarias y entradas repetitivas desde el teclado.

El desarrollo de rutinas LISP, utilizadas por AutoCAD siguen un modelo paramétrico que conlleva tres pasos básicos:

- La rutina indica al usuario que suministre información o parámetros del programa. Alternativamente, estos parámetros pueden venir de otra fuente, tal como un archivo de disco.
- La rutina usa estos parámetros para completar alguna forma de procesamiento interno, tal como hacer cálculos complicados, aplicando datos a las fórmulas o escogiendo entre pasos alternativos que se basan en el tipo de información proporcionada.
- Antes de completar su procesamiento, la rutina proporciona alguna forma de resultado final, como las entidades de dibujo de AutoCAD, algún conjunto de datos

que tienen significado para el usuario, u otro tipo de información que pueda presentarse en la pantalla, ser impresa o ser almacenada.

3.9.1 Flujograma *BORNERA.LSP*

Esta rutina fundamental crea una nueva orden AutoCAD que dibuja una serie de borneras, basándose en el número especificado por el usuario. Al principio, la rutina *BORNERA.LSP* producirá una serie de borneras pidiendo al usuario, secuencialmente la información necesaria utilizando cuadros de diálogo personalizados que solicita los mismos parámetros.

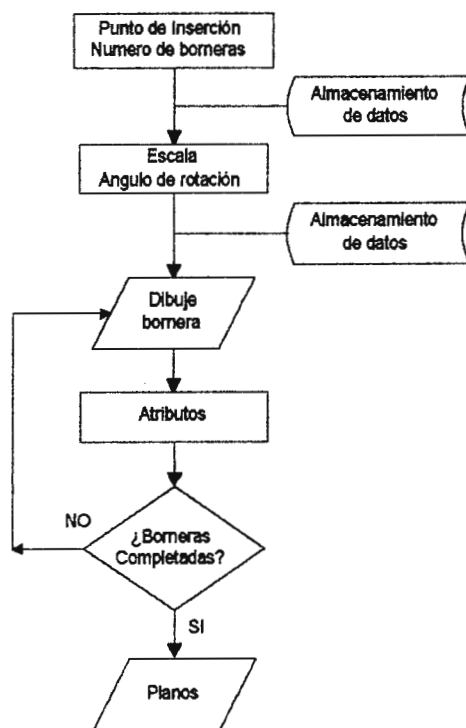


Figura 3.7
Flujograma Bornera

La rutina *BORNERA.LSP* en español se define con estos pasos:

1. Pida al usuario el punto de inserción. Si se proporcionó con anterioridad un punto, use el punto anterior por defecto.

2. Pida al usuario el número de borneras. Si se proporcionó con anterioridad, use la respuesta anterior por defecto.
3. Pida al usuario los factores de escala y ángulo de rotación. Si se proporcionaron con anterioridad, use la respuesta anterior por defecto.
4. Dibuje la bornera.
5. Pida al usuario los atributos correspondientes a dicha bornera.
6. Calcule las coordenadas para la inserción de los atributos correspondientes a dicha bornera.
7. Repita los pasos 4, 5 y 6 hasta completar el número de borneras especificadas por el usuario.

3.10 Simulación de Diseño Gráfico de Subestaciones

Para la simulación del diseño gráfico de subestaciones de distribución, se utilizan ángulos topográficos para la creación del polígono del terreno.

Dicho polígono constituye un mapa base o de fondo geográfico, el cual es utilizado en la etapa de proyecto conocida como diseño preliminar, cuya finalidad es la de definir un primer borrador de cómo deberá ser la subestación.

A lo largo de esta primera fase se van estableciendo el concepto básico de diseño, configuración, dimensiones generales, sistemas y equipo a utilizar, tipo y distribución general de la estructura, etc., esta primera definición se puede realizar, en gran medida, por medio de técnicas CAD.

Usando procedimientos de trabajo sobre pantallas gráficas interactivas y a partir de datos preliminares proporcionados por el diseñador, se procede a la creación de las superficies y formas iniciales de los distintos componentes de una subestación.

Mediante esta geometría preliminar se van definiendo la localización de elementos estructurales, ubicación de los diversos equipos y líneas generales por las que se trazarán los diversos conductos eléctricos.

En este tipo de trabajos, que por lo general requieren un tratamiento geométrico tridimensional, es donde la tecnología CAD adquiere su verdadero significado.

La posibilidad de efectuar mediciones precisas y rápidas correcciones o modificaciones en la geometría inicial, así como la visualización inmediata de las mismas a través de la pantalla gráfica, ofrecen al diseñador la posibilidad de realizar en unas horas operaciones que sobre tablero requerirían semanas.

Esto, unido a la posibilidad de obtener dibujos de alta calidad a través de trazadores gráficos (plotters) de precisión y dimensiones adecuadas, hace que el diseñador disponga no sólo de mejores elementos de juicio a la hora de definir la futura subestación eléctrica, sino que los cambios que puedan resultar aconsejables puedan ser introducidos rápidamente vía trabajo interactivo en pantalla.

Todo ello redundará en el análisis de un número de soluciones de diseño muy superior al que sería posible realizar usando medios tradicionales; en otras palabras, proporciona un diseño preliminar particularmente detallado y preciso.

La función del grupo de diseño estructural de una subestación eléctrica es la realización de los planos detallados y de la documentación que definirán la estructura de dicha subestación eléctrica.

Apoyándose en el conocimiento adquirido sobre la estructura al realizar el diseño preliminar, la subestación se divide en grandes partes o "agrupaciones principales" que constituirán la base del sistema de documentación de planos.

La realización de estos planos es quizá una de las aplicaciones CAD más antiguas y conocidas.

En general este tipo de trabajo se realiza mediante la creación de modelos esquematizados de la estructura, como medio para definir las formas y dimensiones principales de sus elementos.

Partiendo de la información de superficies de geometría básica se procede a la determinación de los contornos de interruptores, seccionadores y otros elementos estructurales que definen la superficie de la subestación.

La utilización de técnicas CAD y pantallas gráficas interactivas aparece ya como el elemento de trabajo indispensable. En efecto, las capacidades que estos sistemas ofrecen en cuanto a la visualización y manipulación de objetos complejos tridimensionales, obtención rápida de medidas precisas y determinación de intersecciones especiales, hace que se conviertan en potentes herramientas de diseño en manos de un proyectista experimentado.

Todo ello se traduce en un diseño general de la estructura de calidad y de una gran coherencia, derivada de la utilización de una definición de superficies que unida a la precisión dimensional derivada del cálculo por computador asegurará el futuro acoplamiento entre las distintas partes de la estructura.

En efecto, las ventajas ya indicadas al hablar de diseño preliminar en cuanto a trabajo tridimensional son explotadas ampliamente a la hora de proceder al análisis de las diferentes posibilidades de instalación, a la vez que el realismo de la imagen producida en la pantalla facilita la apreciación de los posibles problemas de ubicación y sus soluciones.

El acceso a los planos de estructura hace posible la inclusión de copias de piezas o partes de estas en el modelo de tendido eléctrico o de tuberías, para realizar el análisis detallado de zonas pequeñas donde se pueden presentar problemas de interferencia, en forma similar a la que se lleva a cabo físicamente sobre maquetas funcionales de ingeniería.

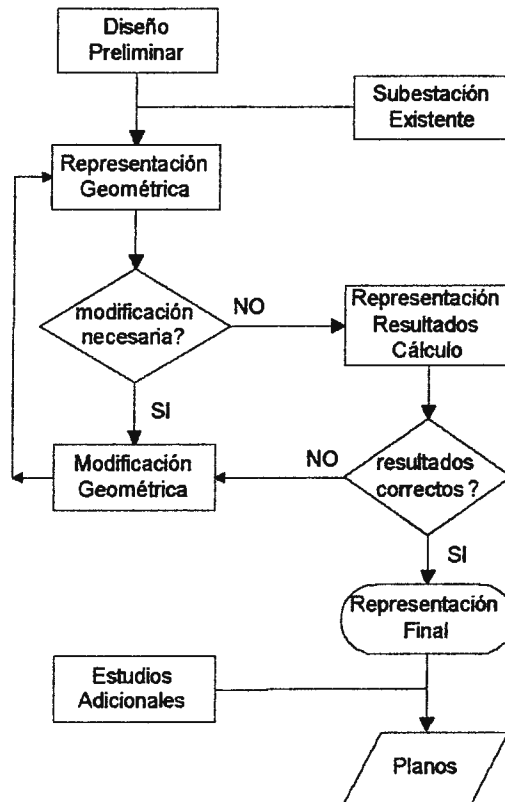


Figura 3.8
Diseño Preliminar Asistido por Computador

Este esquema necesariamente simplificado, representa una extrapolación final del CAD. El ingeniero proyectista puede crear, modificar y definir la tipología de la estructura de la subestación eléctrica, en trabajo continuo e interactivo con el computador, observar los resultados de cálculo, generar de nuevo cambios en la geometría y por último obtener automáticamente los planos constructivos.

3.11 Estructuración de menú y pantallas de diálogo

La mecanización de dibujos de subestaciones de distribución, es un programa muy sencillo de manejo, pues interactúa a través del cursor, menús y submenús que contienen los comandos y subcomandos, con los cuales se logra el desarrollo de los diseños eléctricos.

El programa utiliza capas electrónicas para proporcionar mayor flexibilidad y control en la organización de un dibujo que lo que se podría tener en un dibujo manual. La siguiente lista muestra un ejemplo de un conjunto de capas:

- Diagrama unifilar
- Estructura Básica
- Planos estructuras
- Diagramas red de tierra
- Diagramas esquemáticos
- Diagramas de alambrado

El programa incluye barras de herramientas para la elaboración o modificación de planos y diagramas eléctricos, cuadros de diálogo lo cual ofrece un método conveniente y único para ver y ajustar ciertos ciertos parámetros, introducir y editar cadenas de texto y para escribir nombres de archivos.

Dichos cuadros de diálogo se presentan por selecciones en los menús que contienen sus comandos. Los cuadros de diálogo se definen a través de AutoLISP y por lo tanto se cargan automáticamente antes de utilizarlos.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN CAD

IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN CAD

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo describiremos una versión exclusiva y personalizada del programa AutoCAD, como una herramienta que permitirá el diseño, modificación y presentación de los distintos planos y diagramas eléctricos de subestaciones de distribución del Sistema CAESS.

Dicha personalización es un paquete flexible para el trabajo con planos y diagramas de diseño eléctrico, que plasma y transmite la idea general que le permita al usuario desarrollar eficientemente su trabajo, así como crear las bibliotecas de uso personal para el diseño de diagramas unifilares, esquemáticos, alambrados y capas de subestaciones de distribución del Sistema CAESS.

Los comandos que emplea para su funcionamiento, son muy fáciles de utilizar mediante el auxilio de menús que hacen posible el trabajo de crear, editar y archivar diseños de planos y diagramas eléctricos complejos.

La versión personalizada de AutoCAD, comprende las siguientes modalidades de trabajo:

- Bibliotecas de elementos eléctricos personalizadas
- Menús de pantalla, cuadros de diálogo y macro-órdenes personalizadas
- Desarrollo de órdenes de AutoCAD basados en programas LISP
- Menús de barras de herramientas
- Menús de iconos
- Mantiene organizada la información de las diversas subestaciones de distribución
- Puede ser modificado para adaptarlo a necesidades particulares.

4.2 Instalación del Programa

La versión personalizada del Programa AutoCAD para el diseño de planos y diagramas eléctricos de subestaciones de distribución consta de (1) disco de 3.5" que se puede instalar en el disco duro de la computadora; (DISCO C).

Para instalar el programa introduzca el disco en la unidad de disquete, y en el indicador (prompt) del DOS escriba:

```
C:\>a:CAESS ↵
```

La primer pantalla indica que usted puede seleccionar entre tres diferentes instalaciones. Los archivos que contiene el disquete se encuentran comprimidos, por lo tanto, no intente instalar el programa copiándolos directamente, siempre use la rutina de instalación.

4.3 Configuración del Programa

Esta version personalizada de AutoCAD se puede ejecutar en los siguientes sistemas: MS DOS, Windows 3.11 y Windows 95.

Nota:

Para que esta utilería de AutoCAD logre su perfecto funcionamiento bajo Windows 95 deberá contar con el CD de actualización, y antes de ejecutar el programa bajo "Windows" asignele el siguiente directorio de trabajo:

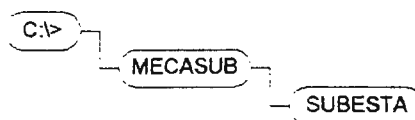


Figura 4.1
Estructura del Directorio
de Trabajo

Luego inicie AutoCAD bajo Windows y seleccione el menú de pantalla "CAESS.MNU".

4.4 Módulos Principales de la Aplicación

La versión personalizada del programa AutoCAD, es fácil de utilizar, pues posee el mismo ambiente amigable que posee AutoCAD para el manejo de comandos y funciones, esta versión se encuentra organizada de la siguiente forma:

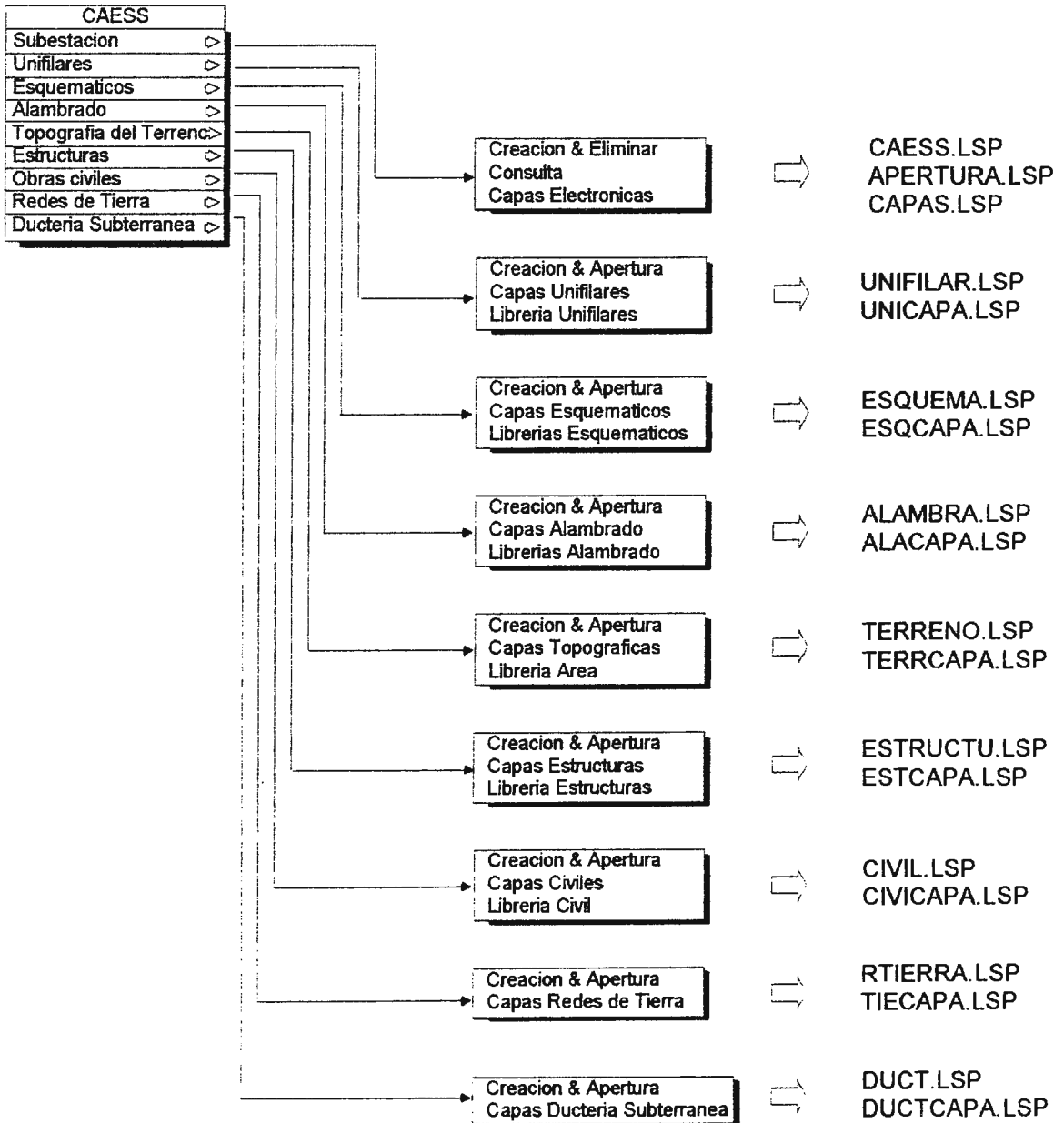


Figura 4.2
Módulos Principales de la Aplicación

4.5 Uso del Menú CAESS

Si selecciona CAESS del editor de dibujos, AutoCAD despliega el siguiente menú descendente:

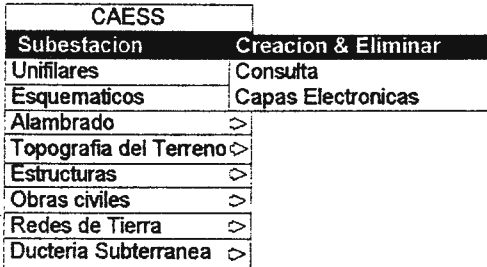


Figura 4.3

SUBESTACIÓN Esta opción permite:

- Crear o eliminar una subestación de distribución de energía eléctrica
- Consulta de una subestación
- Visualización de capas electrónicas

Dichas operaciones de crear y/o eliminar, apertura y consulta de una determinada subestación de distribución se llevan a cabo a través de sus correspondientes cuadros de dialogo.

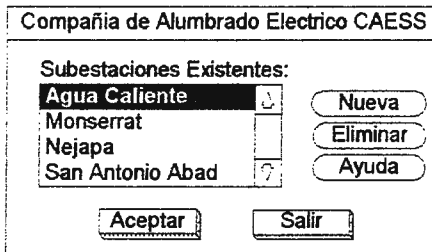


Figura 4.4
Cuadro de Dialogo Creación & Apertura

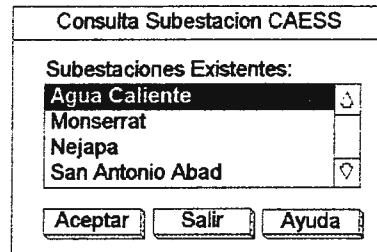


Figura 4.5
Cuadro de Dialogo Consulta

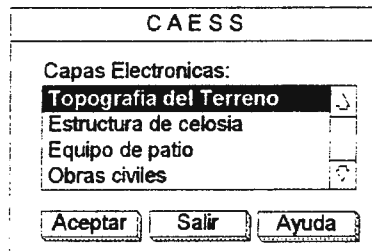


Figura 4.6
Cuadro de Dialogo Capas Electronicas

El cuadro de dialogo "Consulta" enlaza los archivos correspondientes a la topografía del terreno, estructuras, obras civiles, red de tierra y ductería subterránea.

El cuadro de dialogo "Capas Electronicas" (ver figura 4.6) se utiliza para seleccionar la(s) capa(s) electronica(s) que se deseen visualizar en un determinado momento.

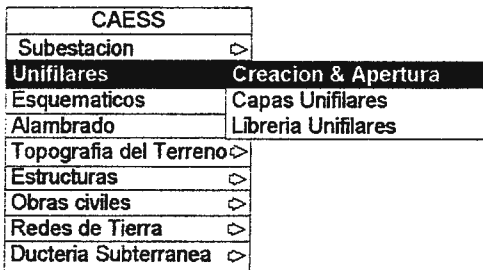


Figura 4.7

UNIFILARES La opción unifilares permite la visualización del diagrama unifilar, de una determinada subestación de distribución de energía eléctrica, si dicho diagrama no existe el programa le informa al usuario, para proceder a

su creación y almacenamiento. Una vez creado dicho archivo, será necesario utilizar la opción "Capas unifilares" (ver figura 4.7) para la creación automática de un block de título y capa electrónica de trabajo.

Luego para la creación o modificación del diagrama eléctrico, el programa suministra una librería de símbolos eléctricos, los cuales utilizan cuadros de dialogo ofreciendo un método conveniente y único para ver y ajustar ciertos parámetros.

Las librerías pueden ser activadas por medio de la línea de comandos de AutoCAD, menús de fotos y barras de herramientas.

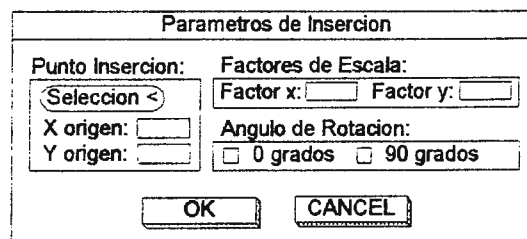


Figura 4.8

La figura 4.8 es un cuadro de dialogo, que utilizan los elementos de las diferentes librerías para su inserción en la capa electronica de trabajo. El punto de inserción se puede proporcionar marcando en la pantalla del editor de dibujo.

A continuación se presenta un menú de barras de herramientas correspondiente a la librería de diagramas unifilares. (ver figura 4.8a)

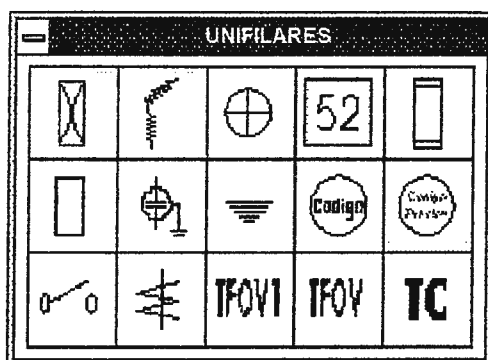


Figura 4.8a
Barra de Herramienta Unifilares

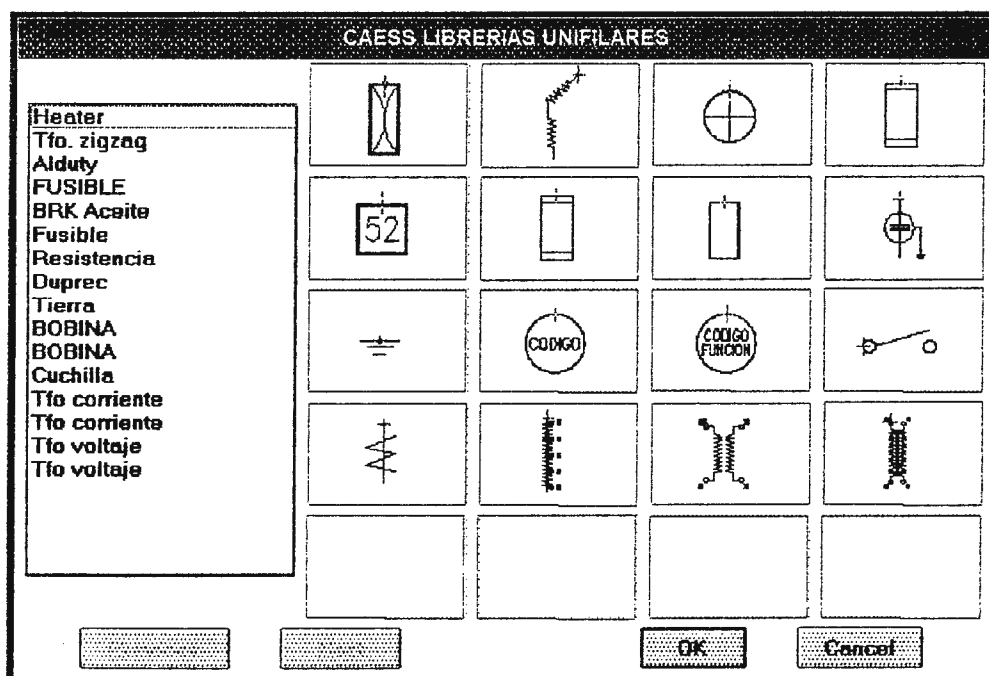


Figura 4.8b
Menu de Fotos Unifilares

Un menú de fotos (figura 4.8b) es otra manera de ver previamente las opciones de entradas gráficas antes de insertarlas en un diagrama eléctrico, pueden presentarse al usuario hasta 20 opciones, junto con una flecha especial que se mueve para seleccionar la opción deseada.

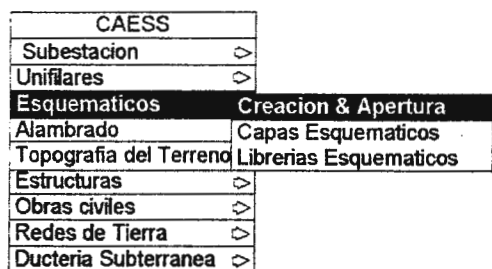


Figura 4.9

ESQUEMÁTICOS La opción esquemáticos permite al usuario la visualización de diagramas esquemáticos A.C y D.C de los diferentes circuitos de una subestación de distribución de energía eléctrica.

Como primer paso para la creación o apertura de un diagrama esquemático, el programa utiliza cuadros de diálogo para que el usuario especifique la subestación de distribución. (ver figura 4.10).

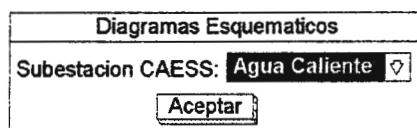


Figura 4.10

Una vez especificada la subestación de distribución, el programa despliega los diagramas esquemáticos de dicha subestación de distribución (ver figura 4.11). Si solamente desea la visualización de un circuito esquemático, marquelo con el cursor y luego pulse el botón "aceptar".

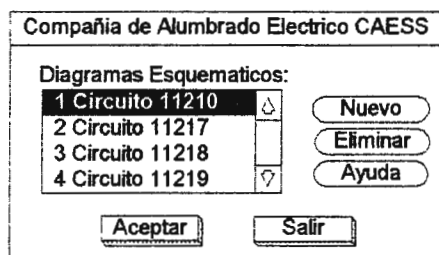


Figura 4.11

Para la creación de diagramas esquemáticos, el programa utiliza cuadros de diálogo, para que el usuario introduzca la descripción del nuevo circuito.

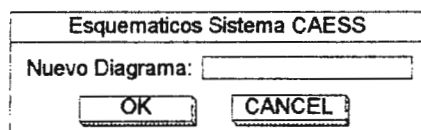


Figura 4.12

Después de haber creado el nuevo diagrama esquemático, utilice la opción "capas esquemáticos" (figura 4.9) para establecer las condiciones de la hoja de trabajo.

Luego para la construcción o modificación del diagrama eléctrico, el programa suministra una librería de símbolos eléctricos.

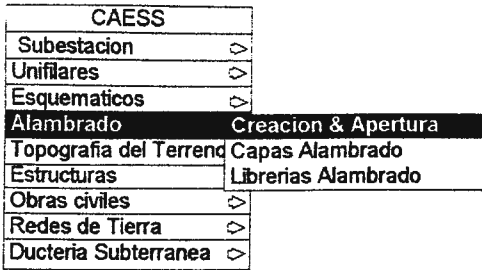


Figura 4.13

ALAMBRADO La opción alambrado permite al usuario la visualización de interconexiones entre los paneles de control y los diferentes circuitos de una subestación de distribución de energía eléctrica.

Como primer paso para la creación o apertura de un diagrama de alambrado, el programa utiliza cuadros de diálogo para que el usuario especifique la subestación de distribución. (ver figura 4.14).

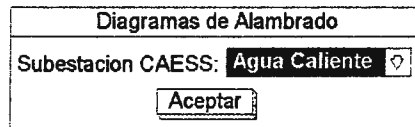


Figura 4.14

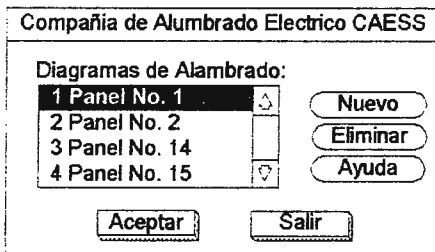


Figura 4.15

Una vez especificada la subestación de distribución, el programa despliega los diagramas de alambrado de dicha subestación de distribución (ver figura 4.15). Si solamente desea la visualización de un diagrama de alambrado, marqueló con el cursor y luego pulse el boton "aceptar".

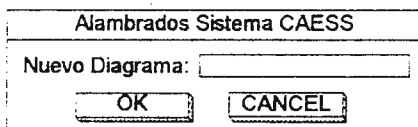


Figura 4.16

Para la creación de diagramas de alambrado, el programa utiliza cuadros de dialogo, para que el usuario introduzca la descripción del nuevo circuito.

Después de haber creado el nuevo diagrama de almbrado, utilice la opción "capas alambrado" (figura 4.13) para establecer las condiciones de la hoja de trabajo.

Luego para la construcción o modificación del diagrama eléctrico, el programa suministra una librería de simbolos eléctricos.

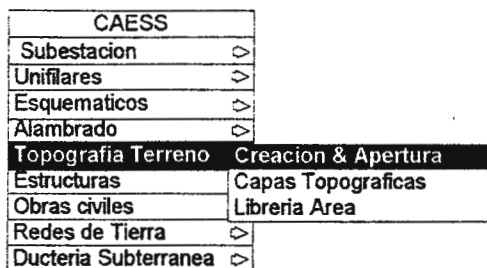


Figura 4.17

TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

Esta opción permite la visualización de la topografía del terreno de una determinada subestación de distribución, si el archivo de la topografía no existe el programa le informa al

usuario, para proceder a su creación y almacenamiento. Una vez creado dicho archivo, será necesario utilizar la opción “capas topograficas” (ver figura 4.17) para establecer las condiciones de la capa electrónica de trabajo.

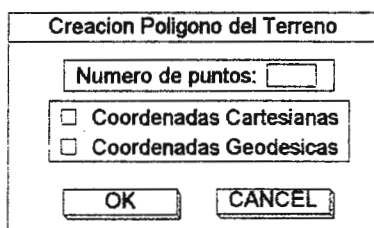


Figura 4.18

La opción “librería área” permite construir con mucha facilidad la topografía del terreno, en el cual el usuario por medio de cuadros de dialogo introduce los puntos, ya sea en coordenadas cartesianas o geodesicas.

ESTRUCTURAS

Permite la visualización de la disposición física de una subestación de distribución. Si el archivo de la estructura no existe, el programa le informa al usuario para proceder a su creación y

almacenamiento. Para establecer las condiciones de las capas electrónicas de trabajo el programa utiliza el siguiente cuadro de dialogo. (ver figura 4.20)

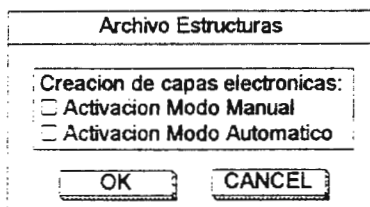


Figura 4.20

Activación Modo Manual Crea las capas electrónicas:

- bases torre de celosía
- uniones de celosía
- equipo de patio

Activación Modo Automático Crea las capas electrónicas anteriores y realiza una referencia externa del archivo que contiene la topografía del terreno.

La librería estructuras utiliza elementos tridimensionales y plasma la idea general para la simulación de la disposición física de una subestación de distribución del sistema CAESS.

| CAESS | |
|------------------------|---------------------|
| Subestacion | ◇ |
| Unifilares | ◇ |
| Esquematicos | ◇ |
| Alambrado | ◇ |
| Topografía del Terreno | ◇ |
| Estructuras | ◇ |
| Obras civiles | Creacion & Apertura |
| Redes de Tierra | Capas Civiles |
| Ducteria Subterranea | Libreria Civil |

Figura 4.21

OBRAS CIVILES

Permite la visualización de la disposición física de la obra civil de una subestación de distribución. Si el archivo de obras civiles no existe, el programa le informa al usuario para proceder a su creación y

almacenamiento. Para establecer las condiciones de las capas electrónicas de trabajo el programa utiliza el siguiente cuadro de dialogo. (ver figura 4.22)

| Archivo Obras Civiles | |
|---|----------------------------|
| Creacion de capas electronicas: | |
| <input type="checkbox"/> | Activacion Modo Manual |
| <input type="checkbox"/> | Activacion Modo Automatico |
| <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="CANCEL"/> | |

Figura 4.22

Activación Modo Manual Crea la capa electrónica: “Obras Civiles”.

Activación Modo Automático Crea la capa electrónica: “Obras Civiles” y realiza una referencia externa de los archivos que contiene la topografía del terreno y

estructuras de la subestación de distribución.

| CAESS | |
|------------------------|-----------------------|
| Subestacion | ◇ |
| Unifilares | ◇ |
| Esquematicos | ◇ |
| Alambrado | ◇ |
| Topografía del Terreno | ◇ |
| Estructuras | ◇ |
| Obras civiles | ◇ |
| Redes de Tierra | Creacion & Apertura |
| Ducteria Subterranea | Capas Redes de Tierra |

Figura 4.23

REDES DE TIERRA

Permite la visualización de la disposición física de la red de tierra de una subestación de distribución. Si el archivo de red de tierra no existe, el programa le informa al usuario para

proceder a su creación y almacenamiento. Para establecer las condiciones de las capas electronicas de trabajo el programa utiliza el siguiente cuadro de dialogo. (ver figura 4.24)

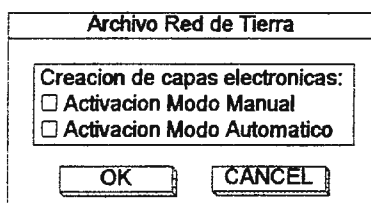


Figura 4.24

Activación Modo Manual Crea la capa electrónica: “Red de Tierra”.

Activación Modo Automático Crea la capa electrónica: “Red de Tierra” y realiza una referencia externa de los archivos que contiene la topografía del terreno,

estructuras y obras civiles de la subestación de distribución.

DUCTERÍA SUBTERRANEA

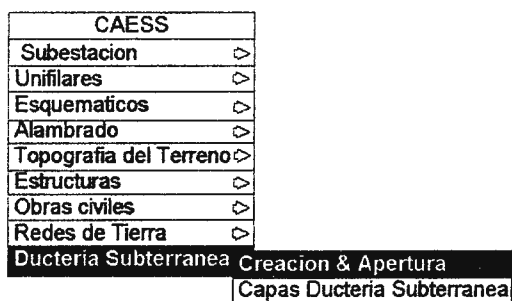


Figura 4.25

Permite la visualización de la disposición física de la ductería subterranea de una subestación de distribución. Si el archivo de ductería subterranea no existe, el programa le informa al usuario para proceder a su creación y

almacenamiento. Para establecer las condiciones de las capas electronicas de trabajo el programa utiliza el siguiente cuadro de dialogo. (ver figura 4.26)

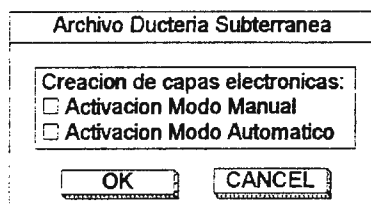


Figura 4.26

Activación Modo Manual Crea la capa electrónica: “Ductería Subterranea”.

Activación Modo Automático Crea la capa electrónica: “Ductería Subterranea” y realiza una referencia externa

de los archivos que contiene la topografía del terreno, estructuras, obras civiles y red de tierra de la subestación de distribución.

4.6 Archivos de los Módulos Principales

CAESS.LSP
CAESS.DCL
NUEVA.DCL
AYUDA.DCL

APERTURA.LSP
APERTURA.DCL
AYUDA1.DCL

CAPAS.LSP
CAPAS.DCL
AYUDA2.DCL

UNIFILAR.LSP
UNI1.DCL
UNI2.DCL
UNI3.DCL

UNICAPA.LSP

ESQUEMA.LSP
ESQAYUDA.DCL
ESQUEMA1.DCL
ESQUEMA2.DCL
ESQUEMA3.DCL
ESQUEMA4.DCL

ALAMBRA.LSP
ALAMBRA1.DCL
ALAMBRA2.DCL
ALAMBRA3.DCL
ALAMBRA4.DCL
ALAMHELP.DCL

ALACAPA.LSP

TERRENO.LSP
UNI2.DCL
TERRENO1.DCL
TERRENO3.DCL
TERRENO4.DCL

TERRCAPA.LSP

ESTRUCTU.LSP
UNI2.DCL
EST1.DCL
EST3.DCL
ESTCAPA.DCL

ESTCAPA.LSP
ESTCAPA.DCL

CIVIL.LSP
UNI2.DCL
CIVIL1.DCL
CIVIL3.DCL
CIVIL4.DCL

CIVICAPA.LSP
CIVICAPA.DCL

RTIERRA.LSP
UNI2.DCL
TIERRA1.DCL
TIERRA3.DCL
TIERRA4.DCL

TIECAPA.LSP
TIECAPA.DCL

DUCT.LSP
UNI2.DCL
DUCT1.DCL
DUCT3.DCL
DUCT4.DCL

DUCTCAPA.LSP
DUCTCAPA.DCL

4.7 Librerías CAESS

La personalización del Sistema CAD, contiene las siguientes librerías:

- Unifilares
- Esquemáticos
- Alambrados
- Estructuras
- Civiles

Las librerías correspondientes a los diagramas de estructuras y civiles, pretenden introducir el diseño en 3D de una subestación de distribución, para una visualización geométrica más realista.

4.7.1 Librería de Diagramas Unifilares

Atributos:

- Identificación de cada uno de los dispositivos.
- Descripción de los conectores de dicho dispositivo.

| | | | |
|----------|------------|---------|-----------|
| HTR1.DWG | TIERRA.DWG | ALD.DWG | INTAC.DWG |
| HTR1.DCL | TIERRA.DCL | ALD.DCL | INTAC.DCL |
| HTR1.SLD | TIERRA.SLD | ALD.SLD | INTAC.SLD |
| HTR1.LSP | TIERRA.LSP | ALD.LSP | INTAC.LSP |

| | | | |
|-----------------|------------|-------|--------|
| RESISTENCIA.DWG | DUPREC.DWG | F.DWG | BO.DWG |
| RESISTENCIA.DCL | DUPREC.DCL | F.DCL | BO.DCL |
| RESISTENCIA.SLD | DUPREC.SLD | F.SLD | BO.SLD |
| RESISTENCIA.LSP | DUPREC.LSP | F.LSP | BO.LSP |

| | | | |
|---------|--------|---------|-----------|
| BO1.DWG | SW.DWG | TC2.DWG | TFOV1.DWG |
| BO1.DCL | SW.DCL | TC2.DCL | TFOV1.DCL |
| BO1.SLD | SW.SLD | TC2.SLD | TFOV1.SLD |
| BO1.LSP | SW.LSP | TC2.LSP | TFOV1.LSP |



HTR1



TIERRA



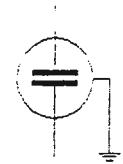
ALD



INTAC



RESISTENCIA



DUPREC



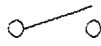
F



BO



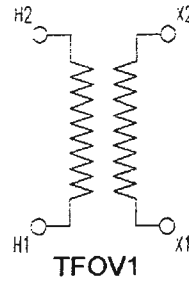
BO1



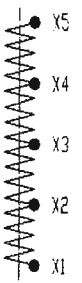
SW



TC2



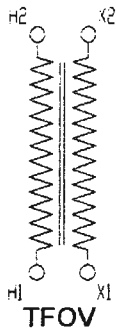
TFOV1



TC



ZIGZAG



TFOV

4.7.2 Librería de Diagramas Esquemáticos

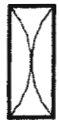
Atributos:

- Identificación de cada uno de los dispositivos.

| | | | | |
|-----------|-----------------|------------|------------|--------------|
| HTR.DWG | HTR1.DWG | LAM.DWG | LAM1.DWG | LAM2.DWG |
| HTR.DCL | HTR1.DCL | LAM.DCL | LAM1.DCL | LAM2.DCL |
| HTR.SLD | HTR1.SLD | LAM.SLD | LAM1.SLD | LAM2.SLD |
| HTR.LSP | HTR1.LSP | LAM.LSP | LAM1.LSP | LAM2.LSP |
| LAM3.DWG | LT.DWG | ZIGZAG.DWG | ALD.DWG | INTAC.DWG |
| LAM3.DCL | LT.DCL | ZIGZAG.DCL | ALD.DCL | INTAC.DCL |
| LAM3.SLD | LT.SLD | ZIGZAG.SLD | ALD.SLD | INTAC.SLD |
| LAM3.LSP | LT.LSP | ZIGZAG.LSP | ALD.LSP | INTAC.LSP |
| F.DWG | FUS.DWG | NA.DWG | NC.DWG | CONTACTO.DWG |
| F.DCL | FUS.DCL | NA.DCL | NC.DCL | CONTACTO.DCL |
| F.SLD | FUS.SLD | NA.SLD | NC.SLD | CONTACTO.SLD |
| F.LSP | FUS.LSP | NA.LSP | NC.LSP | CONTACTO.LSP |
| R1.DWG | RESISTENCIA.DWG | CAP.DWG | DUPREC.DWG | ZENER.DWG |
| R1.DCL | RESISTENCIA.DCL | CAP.DCL | DUPREC.DCL | ZENER.DCL |
| R1.SLD | RESISTENCIA.SLD | CAP.SLD | DUPREC.SLD | ZENER.SLD |
| R1.LSP | RESISTENCIA.LSP | CAP.LSP | DUPREC.LSP | ZENER.LSP |
| DIODO.DWG | RECT.DWG | BYPASS.DWG | TIERRA.DWG | AMP.DWG |
| DIODO.DCL | RECT.DCL | BYPASS.DCL | TIERRA.DCL | AMP.DCL |
| DIODO.SLD | RECT.SLD | BYPASS.SLD | TIERRA.SLD | AMP.SLD |
| DIODO.LSP | RECT.LSP | BYPASS.LSP | TIERRA.LSP | AMP.LSP |
| IND.DWG | POT.DWG | RT.DWG | CC.DWG | CR.DWG |
| IND.DCL | POT.DCL | RT.DCL | CC.DCL | CR.DCL |
| IND.SLD | POT.SLD | RT.SLD | CC.SLD | CR.SLD |
| IND.LSP | POT.LSP | RT.LSP | CC.LSP | CR.LSP |
| T45.DWG | CT.DWG | SL.DWG | BO.DWG | BO1.DWG |
| T45.DCL | CT.DCL | SL.DCL | BO.DCL | BO1.DCL |
| T45.SLD | CT.SLD | SL.SLD | BO.SLD | BO1.SLD |
| T45.LSP | CT.LSP | SL.LSP | BO.LSP | BO1.LSP |
| CONEX.DWG | CONEX1.DWG | SW.DWG | SCOR.DWG | TC2.DWG |
| CONEX.DCL | CONEX1.DCL | SW.DCL | SCOR.DCL | TC2.DCL |
| CONEX.SLD | CONEX1.SLD | SW.SLD | SCOR.SLD | TC2.SLD |
| CONEX.LSP | CONEX1.LSP | SW.LSP | SCOR.LSP | TC2.LSP |
| TFOV1.DWG | TFOV.DWG | TC1.DWG | | |
| TFOV1.DCL | TFOV.DCL | TC1.DCL | | |
| TFOV1.SLD | TFOV.SLD | TC1.SLD | | |
| TFOV1.LSP | TFOV.LSP | TC1.LSP | | |



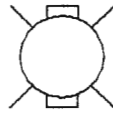
HTR



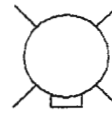
HTR1



LAM



LAM1



LAM2



LAM3



LT



ZIGZAG



ALD



INTAC



F



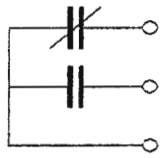
FUS



NA



NC



CONTACTO



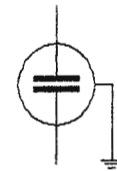
R1



RESISTENCIA



CAP



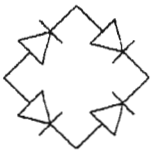
DUPREC



ZENER



DIODO



RECT



BYPASS



TIERRA



AMP



IND



POT



RT



CC



CR



T45



CT



SL



BO



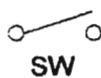
BO1



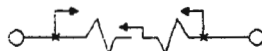
CONEX



CONEX1



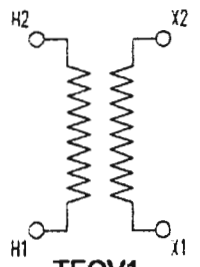
SW



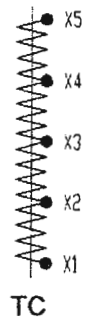
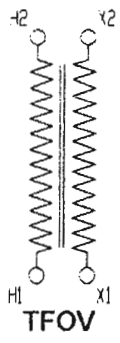
SCOR



TC2



TEOM4

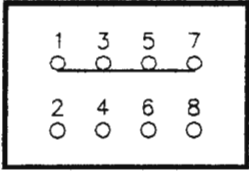


4.7.3 Librería de Diagramas de Alambrado

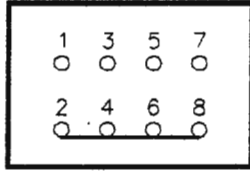
Atributos:

- Identificación de cada uno de los dispositivos.
- Descripción de los conectores de dicho dispositivo.

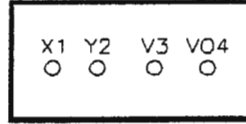
| | | | | |
|-------------|-----------|----------|------------|-------------|
| TRWVAR.DWG | TRI.DWG | VOLT.DWG | MA.DWG | WHM.DWG |
| TRWVAR.DCL | TRI.DCL | VOLT.DCL | MA.DCL | WHM.DCL |
| TRWVAR.SLD | TRI.SLD | VOLT.SLD | MA.SLD | WHM.SLD |
| TRWVAR.LSP | TRI.LSP | VOLT.LSP | MA.LSP | WHM.LSP |
| SG.DWG | C4.DWG | TRWV.DWG | AM.DWG | TESTSW.DWG |
| SG.DCL | C4.DCL | TRWV.DCL | AM.DCL | TESTSW.DCL |
| SG.SLD | C4.SLD | TRWV.SLD | AM.SLD | TESTSW.SLD |
| SG.LSP | C4.LSP | TRWV.LSP | AM.LSP | TESTSW.LSP |
| KE.DWG | QUANT.DWG | HCB.DWG | REL85.DWG | MB.DWG |
| KE.DCL | QUANT.DCL | HCB.DCL | REL85.DCL | MB.DCL |
| KE.SLD | QUANT.SLD | HCB.SLD | REL85.SLD | MB.SLD |
| KE.LSP | QUANT.LSP | HCB.LSP | REL85.LSP | MB.LSP |
| WATTVAR.DWG | SF.DWG | TRAN.DWG | ATRAFO.DWG | WF.DWG |
| WATTVAR.DCL | SF.DCL | TRAN.DCL | ATRAFO.DCL | WF.DCL |
| WATTVAR.SLD | SF.SLD | TRAN.SLD | ATRAFO.SLD | WF.SLD |
| WATTVAR.LSP | SF.LSP | TRAN.LSP | ATRAFO.LSP | WF.LSP |
| VC.DWG | VD.DWG | REDC.DWG | BARRAT.DWG | UC.DWG |
| VC.DCL | VD.DCL | REDC.DCL | BARRAT.DCL | UC.DCL |
| VC.SLD | VD.SLD | REDC.SLD | BARRAT.SLD | UC.SLD |
| VC.LSP | VD.LSP | REDC.LSP | BARRAT.LSP | UC.LSP |
| LR.DWG | ACAP.DWG | SE.DWG | INT.DWG | BORNERA.DWG |
| LR.DCL | ACAP.DCL | SE.DCL | INT.DCL | BORNERA.DCL |
| LR.SLD | ACAP.SLD | SE.SLD | INT.SLD | BORNERA.SLD |
| LR.LSP | ACAP.LSP | SE.LSP | INT.LSP | BORNERA.LSP |
| AFUS.DWG | | | | |
| AFUS.DCL | | | | |
| AFUS.SLD | | | | |
| AFUS.LSP | | | | |



TRWWAR



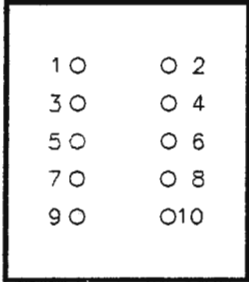
TRI



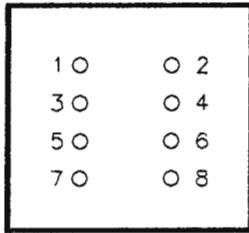
VOLT



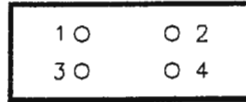
MA



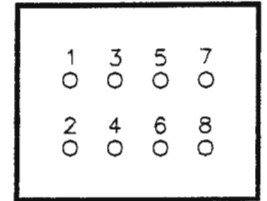
WHM



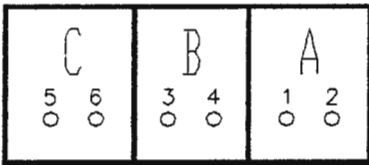
SG



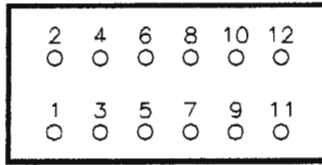
C4



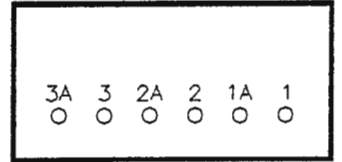
TRWV



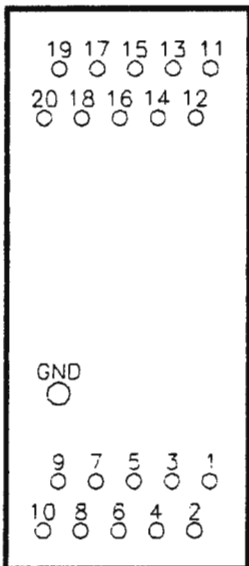
AM



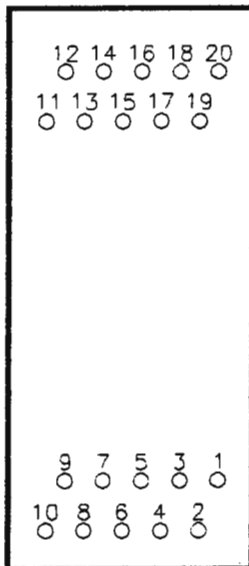
TESTSW



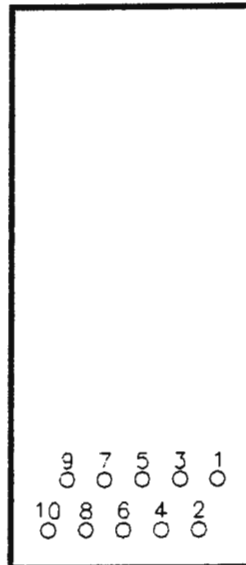
KE



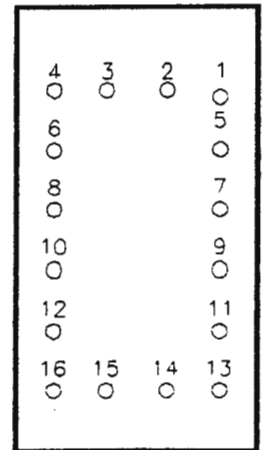
QUANT



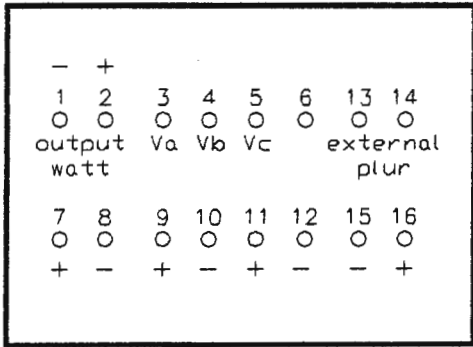
HCB



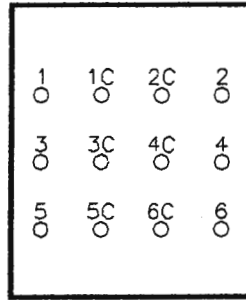
REL85



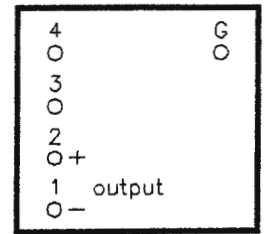
MB



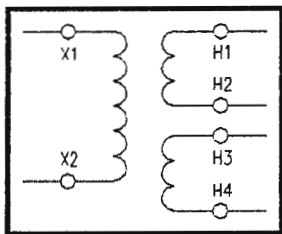
WATTVAR



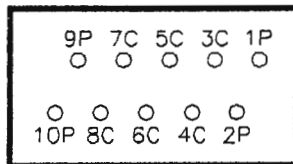
SF



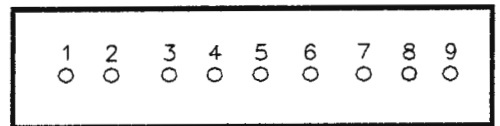
TRAN



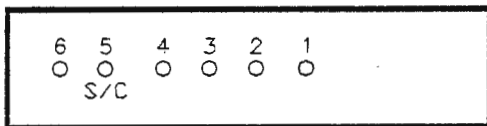
ATRAFO



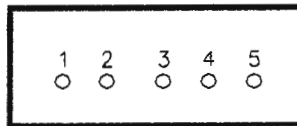
WF



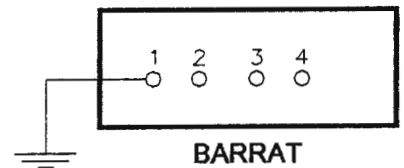
VC



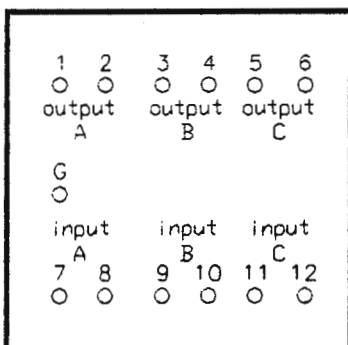
VD



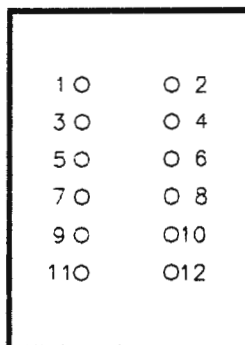
REDC



BARRAT



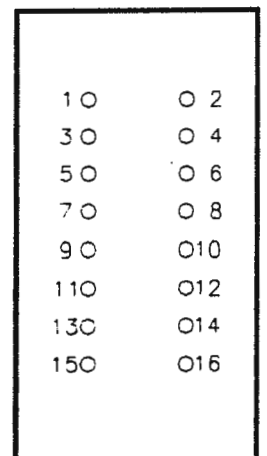
UC



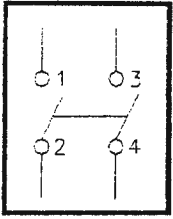
LR



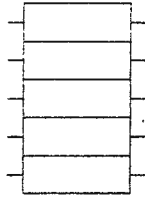
ACAP



SE



INT



BORNERA



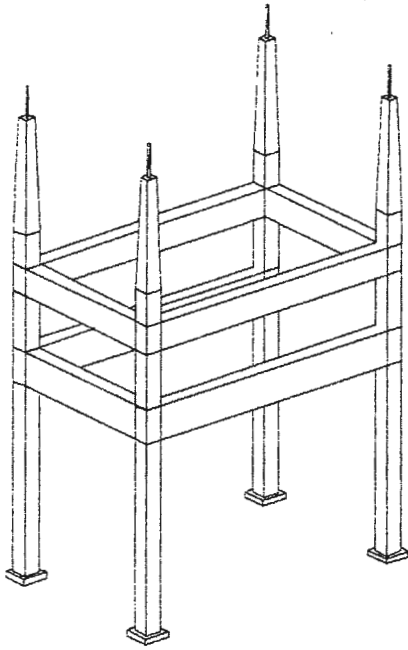
AFUS

4.7.4 Librería de Diagrama de Estructuras

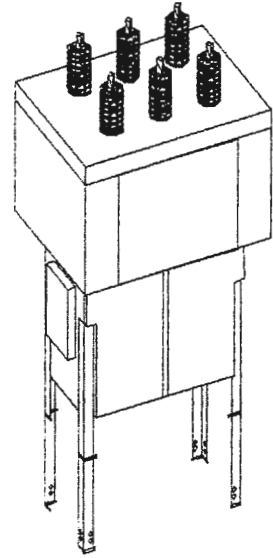
| | |
|-----------|---------|
| BAHIA.DWG | ABB.DWG |
| BAHIA.DCL | ABB.SLD |
| BAHIA.SLD | |
| BAHIA.LSP | |

4.7.5 Librería de Diagramas de Obras Civiles

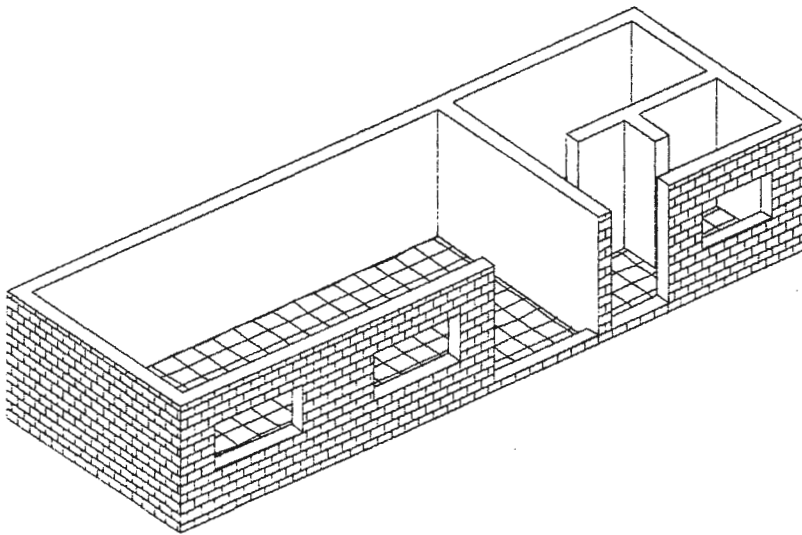
| |
|------------|
| CASETA.DWG |
| CASETA.SLD |



BAHIA



ABB



CASETA

CONCLUSIONES

Los sistemas CAD constituyen una pieza importante en el diseño de una factoría automatizada, cuyo objetivo es la utilización de todos los recursos de la compañía de forma integrada, para obtener una mejora de productividad, calidad y como consecuencia competitividad.

Un menú personalizado es una versión especial de AutoCAD, dedicado a sus necesidades particulares y al área de su especialización.

La construcción de un modelo en 3D de una subestación de distribución de energía eléctrica, proporciona una flexibilidad en la capacidad de visualización, estableciendo una condición anticipada del diseño que puede resolver problemas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Aisladores (aislamiento).** Soporte no conductor para un conductor eléctrico.
- **Amperímetros.** Aparato construido especialmente para medir la intensidad de la corriente eléctrica.
- **Burden.** Carga externa máxima aplicada al secundario de un transformador de corriente (TC).
- **Bus.** ver barras.
- **Circuito magnético.** Circuito obtenido arrollando sobre una anillo de hierro un alambre conductor, aislado, formando una bobina, y por el que se hace pasar una corriente.
- **Componentes de secuencia positiva.** Consisten de tres fasores de igual magnitud desfasados uno de otro por 120° y teniendo la misma secuencia de fases que el sistema original de vectores.
- **Componentes de secuencia negativa.** Consisten de tres fasores iguales en magnitud y desfasados 120° entre si con una secuencia de fases opuesta al sistema original de vectores.
- **Componentes de secuencia cero.** Consisten de tres fasores de igual magnitud con desfaseamiento de cero grados entre sí.
- **Corriente alterna.** Corriente que varía senoidalmente con el tiempo.
- **Cortocircuito.** Es cuando existe contacto entre dos o mas conductores de distinta fase o entre un conductor de fase y tierra, aumentando en forma considerable la magnitud de la corriente que circula por los circuitos eléctricos.

- **Efecto corona.** Halo luminoso alrededor de todo el conductor o aislador, generalmente acompañado de un ruido.
- **Fases.** Representación compleja del voltaje y/o la corriente.
- **Falla fase a tierra.** Ocurre cuando un conductor cae a tierra o hace contacto con el neutro.
- **Falla trifásica.** Ocurre cuando existe un contacto entre los conductores de las tres fases.
- **Impedancia.** Razón del voltaje fasorial a la corriente fasorial y se simboliza por la letra "Z".
- **NEC.** Código Eléctrico Nacional.
- **Protección primaria.** Constituye la primera línea de defensa contra cualquier anomalía del sistema.
- **Protección de respaldo.** Protección que se efectúa cuando falla la protección primaria y solo se emplea contra cortocircuito.
- **Red de distribución.** Conexión de las cargas aisladas de una zona determinada con las líneas de transmisión.
- **Red radial.** Es aquella que tiene un punto de alimentación y desde acá se alimentan todas las cargas, existiendo un solo sentido del flujo de carga.
- **Relevador.** Dispositivo cuya función es detectar líneas o aparatos defectuosos u otras condiciones no deseadas e iniciar la desconexión y/o alarma respectiva.
- **Tiempo de coordinación.** Es el intervalo mínimo que permite a un relevador y a su interruptor limpiar la falla en su zona de operación.

ACAD.PGP

ACAD.PGP contiene órdenes especiales a las que se puede acceder desde el editor de dibujo. Este archivo solamente puede usar la extensión PGP y es único. Se instala normalmente en el subdirectorío ACAD\SUPPORT. La personalización se inicia con la modificación de este archivo.

Archivo DWG

Un archivo con esta extensión identifica un archivo de dibujo de AutoCAD.

Archivo SLB

Un archivo con esta extensión, identifica un archivo biblioteca de fotos, creado mediante la opción slidelib.exe.

Archivo DCL

Un archivo ASCII con esta extensión contiene instrucciones para el diseño y estructuración personal de cuadros de diálogo, usando el Lenguaje de Control de Diálogo (DCL) de Autodesk, un lenguaje especial usado exclusivamente para manejar cuadros de diálogo.

Archivo LSP

Un archivo ASCII con esta extensión contiene fuentes escritas en AutoLISP. La instalación personalizada usa distintos archivos de AutoLISP, los carga dentro de la memoria e interpreta sus instrucciones de manera secuencial.

Archivo MNU

Esta extensión de archivo identifica un archivo de menú de AutoCAD que contiene indicaciones de menú de pantalla y órdenes ejecutadas cuando se elige una indicación en pantalla con su dispositivo de señalar. Se pueden crear, así, distintos menús; cada uno deberá llevar su propio nombre seguido de la extensión MNU.

BIBLIOGRAFÍA

- A. M. Fedoseev, Protección por Relés de los Sistemas Eléctricos Moscú, 1984.
- Autodesk Inc. AutoCAD versión 13, 1994.
- A. A. Berk, LISP El lenguaje de la Inteligencia Artificial 1989.
- Edward W. Kimbark, Power Circuit Breakers and Protective Relays
- Enrique Ras Oliva, Transformadores de Potencia, de Medida y de Protección Ediciones Técnicas Marcombo, S . A.
- Enríquez Harper, Protección de Sistemas Eléctricos por Relevadores (México 1993).
- Hector Jorge Altuve Ferrer, Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia (México 1992).
- José Raúl Martín, Subestaciones Eléctricas, (México 1992).
- G. Zopetti, Estaciones transformadoras y de Distribución (México 1990).
- Circuit Breakers, Physical and Engineering Problems, IEEE Spectrum, July 1984.
- IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics terms, 1976 Edition.
- Interruptores de Potencia de gran volumen de aceite, Mc Graw Edison.
- Jordi Aguiló Llobet, Sistemas CAD/CAM/CAE, 1988.
- Macario García Arregui, Diseño Eléctrico Asistido por Computadora, 1992.
- Oil Circuit Breaker Boletines Técnicos Westinghouse, Abril 1972.
- Overcurrent Protection for Distribution Systems, Aplication Manual General Electric.
- Requeriments for Instrument transformer, ANSI.
- Robert M. Thomas, AutoCAD para profesionales 1994.
- Transformer Current Boletines Técnicos ABB, Junio 1992.