

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS AUXILIARES

DE UNA SUBESTACION

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICO EN LA ESPECIALIDAD DE POTENCIA

Jorge Efraín Cadena Rodríguez

Quito, Junio de 1.978

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo de Tesis ha sido realizado completamente por el señor Jorge E. Cadena Rodríguez.



Ing. Julio Jurado M.

AGRADECIMIENTO

2

Mi mayor agradecimiento al Inge-
niero JULIO JURADO MARTINEZ quien
con sus claras ideas y sus acer-
tados consejos dirigió hasta su
fin éste trabajo.

INDICE GENERAL

CAPITULO I

1.	INTRODUCCION	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Alcance	3
1.3	Importancia de los S.A. de una S/E	4
1.4	Servicios auxiliares.- Experiencia operativa	6

CAPITULO II

2.	DESCRIPCION DE LOS S.A. DE UNA S/E	11
2.1	Introducción	11
2.2	S.A. de acuerdo a la clase e importancia de la S/E	12
2.3	S.A. de corriente alterna	18
2.3.1	Importancia y necesidad	18
2.3.2	Cargas de servicios auxiliares alimentadas por C.A.	20
2.4	S.A. de corriente continua	21
2.4.1	Importancia y necesidad, generalidades	21
2.4.2	Cargas de S.A. alimentadas por C.C.	23
2.5	Fuentes de alimentación de S.A.	24
2.5.0.1	Generalidades	24
2.5.1	Transformador en barras	26
2.5.1.1	Generalidades	26
2.5.1.2	Barras principales - Características	28
2.5.1.3	Transformador de S.A.	30
2.5.2	Utilización de terciarios de transformadores principales o importantes.- Potencias utilizadas	32

2.5.2.1	Generalidades	32
2.5.2.2	Terciario de un transformador.- Características	34
2.5.2.3	Transformador de S.A.	41
2.5.3	Utilización de la línea de distribución	42
2.5.3.1	Generalidades	42
2.5.3.2	Línea de distribución	44
2.5.3.3	Transformador de S.A.	46
2.5.4	Utilización de baterías de C.C.	47
2.5.4.1	Generalidades	47
2.5.4.2	Clases de baterías	48
2.5.4.3	Características técnicas	49
2.5.4.3.1	Baterías ácidas	50
2.5.4.3.2	Baterías alcalinas	54
2.5.4.4	Ventajas y desventajas de la utilización de baterías ácidas o de baterías alcalinas	57
2.5.4.5	Baterías en servicio	62
2.5.5	Utilización de rectificadores	64
2.5.5.1	Generalidades	64
2.5.5.2	Clases de rectificadores	66
2.5.5.2.1	Con fuente de C.A. monofásica	66
2.5.5.2.2	Con fuente de C.A. trifásica	70
2.5.5.3	Rectificador controlado de silicio o tiris- tor (SCR)	73
2.5.5.3.1	Ventajas de utilización	75
2.5.5.3.2	Montajes de rectificadores con tiristores	76
2.5.6	Transformador de servicios auxiliares	79
2.5.6.1	Generalidades	79
2.5.6.2	Características principales	80
2.5.6.3	Conexión del transformador de S.A.	85
2.5.7	Tensiones de alimentación empleadas para S.A.	90
2.5.7.1	Generalidades	90

2.5.7.2	Tensiones de alimentación de los circuitos de C.A.	92
2.5.7.3	Tensiones de alimentación de los circuitos de C.C.	93
2.6	Descripción general de esquemas utilizados para alimentación de los S.A. de una S/E	94
2.6.1	Generalidades	94
2.6.2	Esquemas utilizados	94

CAPITULO III

3.	PROTECCION Y MEDICION DE SERVICIOS AUXILIARES	103
3.1	Introducción	103
3.2	Fallas de S.A. de una S/E.- Causas.- Consecuencias.- Medidas tomadas para aumentar su confiabilidad.	104
3.2.1	Tipos, causas y consecuencias de las fallas	104
3.2.1.1	Fallas en los circuitos de C.A.	105
3.2.1.2	Fallas en los circuitos de C.C.	110
3.2.2	Medidas para aumentar la confiabilidad	116
3.3	Sistemas de protección utilizados en S.A.	120
3.3.1	Generalidades	120
3.3.2	Protección en C.A.	121
3.3.3	Protección en C.C.	125
3.4	Sistemas de tierra de neutros de transformadores de S.A.	129
3.5	Sistemas de medición de S.A.	131

CAPITULO IV

4.	EJEMPLO DE APLICACION	134
4.1	Introducción	134

4.2	Breve descripción de la S/E Vicentina	134
4.3	Información básica requerida en el diseño de S.A. de la subestación	137
4.4	Fuentes de C.A. y C.C.	139
4.5	Selección del esquema de S.A.	141
4.6	Protección, medición y puesta a tierra de los servicios auxiliares	148

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
6.	ANEXOS	161
A.	Cargas auxiliares asumidas para el cálculo de los circuitos alimentadores	161
B.	Cálculo de la capacidad de los bancos de baterías y rectificadores	172
C.	Cálculo de alimentadores principales de los diferentes paneles de distribución	184
D.	Cálculo de la capacidad del transformador y del generador diesel de emergencia	199
7.	BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE FIGURAS

1.	Esquemas principales de barras	15
2.	Conexión del transformador de S.A. a las barras	27
3.	Terciario de un transformador	36
		43
4.	Utilización de la línea de distribución	43
5.	Rectificador con fuente de C.A. monofásica	68
6.	Rectificador con fuente de C.A. trifásica	72
7.	Rectificador con tiristores	78
8.	Circuito de alimentación de C.C. y utilización	86
9.	Conexión de los bobinados del transformador de servicios auxiliares	86
10.	Esquema de servicios auxiliares de una S/E de pequeña importancia	100
11.	Esquema de servicios auxiliares de una S/E de importancia	101
12.	Esquema de servicios auxiliares de una S/E de gran importancia	102
13.	Sistema de protección de C.A.	123
14.	Sistema de protección de C.C.	127
15.	Sistema de medición	133
16.	Subestación Vicentina.- Patio de 138 KV	137
17.	Diagrama simplificado de S.A. de la S/E Vicentina	143
18.	Diagrama unifilar de los S.A. de la S/E Vicentina.	152
19.	Constante "K" de acuerdo al tiempo de servicio de una batería.	169

INDICE DE TABLAS

1.	Cables aislados para 600V	166
		167
2.	Capacidad comercial de baterías	168

C A P I T U L O I

1. INTRODUCCION

De ordinario, cuando se realiza el estudio de la utili-
zación y aprovechamiento de un posible recurso eléc-
trico, se consideran en primera instancia los pormenores
de la explotación, transmisión y distribución de dicho
recurso. El estudio comprende en la mayoría de los ca-
sos el análisis de las centrales de generación, de las
estaciones de transformación, de las líneas de trans-
porte y de la distribución de la energía en el lugar -
en donde se va a emplear el producto eléct-
rico en cues-
tión.

Incluye todo este estudio, la definición de las carac-
terísticas técnicas y económicas de todo el equipo que
conforman centrales, subestaciones y líneas, tal como
turbinas, generadores, transformadores, estructuras, ba-
rras, aparatos de corte y seccionamiento, conductores,
aisladores, dispositivos de protección, aparatos de me-
di-
da, etc.; debiendo incluirse también todo lo necesari-
o en el equipamiento de los servicios auxiliares que

.....

se requieren para el mejor funcionamiento de las centrales generadoras y de las subestaciones de transformación y distribución.

Aunque no se le quiera dar importancia, se debe comprender que es imprescindible el espacio y la localización de los dispositivos para servicios internos o propios de una central o de una subestación, y es prudente someter a un análisis particular todo lo concerniente a servicios auxiliares que tanto de corriente alterna como de corriente continua, son indispensables para su mejor operación.

1.1 OBJETIVOS

// El objetivo principal de este trabajo, es el estudio de los servicios auxiliares requeridos en una subestación transformadora, la selección de un esquema conveniente para la alimentación de dichos servicios, y la provisión de una protección adecuada para el normal y óptimo funcionamiento de los mismos. //

Se pretende también, dejar constancia de la forma cómo se llevaría el estudio de los servicios auxiliares, cuando se necesite hacer una aplicación práctica de

.....

ellos en una subestación de importancia como la Vicentina, subestación que se ha tomado como ejemplo de aplicación en el desarrollo de esta tesis.

1.2 ALCANCE

En los siguientes cuatro capítulos, se hará primeramente una descripción de los servicios auxiliares generales, se resumirán aquí los principales servicios auxiliares de corriente alterna y de continua; y, se citarán también los pormenores de las fuentes que de alterna y de continua se conocen para la alimentación de estos circuitos; por otra parte, se hará referencia de las tensiones de alimentación empleadas, y de los esquemas que generalmente se usan para dicha alimentación.

Luego, dentro de lo que se refiere a la protección se da información de las posibles fallas de servicios auxiliares, explicándose las causas, las consecuencias y lo que puede hacerse para mejorar la confiabilidad. Igual que en el caso anterior, se trata individualmente la protección de alterna y de continua, terminando con el sistema de tierra de neutros de los transformadores empleados.

.....

Se procede más adelante a aplicar todo el estudio anterior en una subestación de importancia en nuestro medio, ella es la estación de la Vicentina. Dentro de esta parte, se describe brevemente la subestación, y en base de la información básica requerida, se procede a calcular los circuitos y esquemas de alimentación de los servicios auxiliares necesarios.

En la última sección, se hacen algunas sugerencias que podrían servir de base para un mejoramiento del sistema.

1.3 • IMPORTANCIA DE SERVICIOS AUXILIARES DE UNA SUBESTACION

"Se conocen con el nombre de instalaciones eléctricas para servicios auxiliares a las instalaciones para suministrar en todo momento la energía eléctrica a todos los equipos auxiliares indispensables para el funcionamiento normal de las subestaciones y centrales.

Los esquemas de alimentación de servicios auxiliares en corriente continua y corriente alterna, tienen vital importancia en la normal operación del sistema eléctrico de subestaciones. El correcto y oportuno funcionamiento de los equipos primarios, de los sis-

.....

temas de control y de las telecomunicaciones, dependen ampliamente de la confiabilidad de dichos esquemas. (1)

La calidad, cantidad de vías y tipos de alimentación de los servicios auxiliares, son función de la clase e importancia de la subestación y, depende además de factores como: importancia de las cargas, posibles vías de alimentación, ubicación geográfica de las instalaciones, duplicidad de los equipos para una mayor seguridad, facilidades de operación y mantenimiento, etc. Entonces, si una subestación es tan importante y necesaria en un sistema eléctrico, así también de importantes y necesarios son los servicios auxiliares que se requieren en esa subestación para el correcto funcionamiento de ese sistema. Por ejemplo, en una subestación junto a una central eléctrica, debe preverse un buen servicio de los circuitos auxiliares para evitar en caso de fallas, problemas que puedan ocasionar daños en los equipos generadores y transformadores de la central y subestación, debido a daños en los circuitos auxiliares. Igualmente, en subestaciones junto a los centros de consumo, son muy importantes los servicios auxiliares, puesto que

.....

de ellos dependen la buena continuidad del servicio de las subestaciones y la protección de los equipos presentes en ellas.

En las subestaciones principales, con el fin de asegurar el funcionamiento de los servicios auxiliares, se cuenta con dos transformadores de igual potencia en distintos niveles de tensión, medida que se ha tomado para que uno de ellos trabaje en forma activa y el otro en casos de emergencia.

1.4 SERVICIOS AUXILIARES.- EXPERIENCIA OPERATIVA

En nuestro medio, no se tiene una clara experiencia respecto a la operación de servicios auxiliares, por ello se dan aquí situaciones de experiencias obtenidas de la información de otros países, en especial de aquellos que conforman la Comisión Interandina de Electrificación Regional (C.I.E.R.).

Es esencial que el personal se familiarice con todos los planos de los fabricantes y la literatura relacionada con cada una de las partes componentes de los equipos principales y auxiliares, así como con los sistemas mecánicos asociados con la operación de la subes

.....

tación. De igual manera es necesario que el operador de turno revise e inspeccione el estado de los servicios auxiliares manteniendo para ello un período de tiempo determinado. (1)

En casos de emergencia, debido a la falta de tensión en los circuitos, hay necesidad de inspeccionar el estado en que quedan estos servicios. Cuando es prolongada la ausencia de corriente alterna, se dan instrucciones de aislar parcialmente o por períodos determinados las cargas de corriente continua de mayor consumo; y, después de la emergencia, se cargan las baterías controlando los niveles de electrolito con agua destilada. En resumen, se requiere revisar si los cargadores o rectificadores están suministrando tanto la carga permanente de la instalación, como la de flotación de las baterías. (1)

En ciertas subestaciones, cuando se efectúa la reparación o mantenimiento, no se dispone de energía para los consumos menores como: alumbrado, máquinas soldadoras, etc., por lo que hay cierta demora en el período de mantención. (1)

Problemas como éstos quedarán solucionados tan pronto se hagan ampliaciones, y con ellas nuevas interconexiones

.....

con otros puntos del sistema.

En subestaciones aledañas a centrales generadoras, los problemas existentes son las variaciones de tensión a que están sometidos los servicios auxiliares, variaciones debidas a las fluctuaciones en la tensión de generación según las necesidades de energía activa y reactiva. Si el transformador auxiliar no cuenta con cambiador de derivación bajo carga, se puede solucionar el problema instalando un regulador de tensión para los auxiliares. (1)

Es recomendable la adquisición de partidas completas de repuestos, contactos, relés, etc. junto con el equipo de la subestación, para no tener problemas con la adquisición de repuestos en casos en los cuales estos quedaren obsoletos o fuera de serie por la firma proveedora. (1)

En ciertos esquemas, puede suceder que no se justifique que el interruptor que conecta las barras de servicios auxiliares con la de servicios generales, opere en forma automática en caso de emergencia. Si hay urgencia de esta operación, el esquema de barras debe

.....

ría ser mucho más sofisticado con su correspondiente mayor costo. (1)

Dadas las varias posibilidades de alimentación de servicios auxiliares, puede considerarse que cuentan con una alta seguridad. Empero, la existencia de estas múltiples conexiones sumadas a la cantidad de enclavamientos utilizados, hacen a veces un poco complicado para el operador tomar decisiones rápidas en caso de emergencia. En efecto, al no existir transferencias automáticas, es necesario estudiar en cada caso las maniobras indispensables para realizar cambios en la alimentación en un equipo determinado. Esto puede complicarse más cuando los desconectores están provistos de motores de corriente alterna por lo que es necesario seguir una secuencia especial en las maniobras. (1)

Podría suceder que durante una ausencia prolongada de corrente alterna, ocasionada por la desconexión de la barra de servicios auxiliares, se produzca una pérdida de capacidad del banco de baterías producto de algunos consumos grandes. Una falla de este tipo puede corregirse aislando el consumo y ~~so~~metiendo a carga el banco de baterías, después que se restablezcan los servicios

de corriente alterna. (1)

Respecto a voltajes de baterías es preciso nivelarlos a un valor tal que no dificulte ni sea de mayor costo la instalación de dispositivos automáticos de desconexión automática de carga, telemedida y control. (1)

C A P I T U L O I I

2. DESCRIPCION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE UNA SUBESTACION

2.1 INTRODUCCION

En el desarrollo de éste capítulo se trata en forma amplia todo lo referido a los servicios auxiliares necesarios en una subestación; ellos son: los consumos, las fuentes y el equipo en general.

" Los servicios auxiliares se han dividido en dos grupos de acuerdo a su característica principal, la clase de tensión que los alimenta; por esto, es preciso hablar de servicios auxiliares de corriente alterna y de corriente continua. Según la anterior clasificación, deberán estudiarse las fuentes de alimentación más conocidas en el suministro de energía a estos servicios y dentro de esto, los niveles de tensión más utilizados. "

Se muestran también esquemas generales utilizados en la alimentación de los circuitos de servicios auxiliares, en los que se indican todas las características de las conexiones.

.....

Puesto que las subestaciones no son únicas, sino que se diferencian unas a otras debido a su localización y al trabajo que realizan, se citan aquí los servicios auxiliares que se necesitan en subestaciones junto a centrales eléctricas y a centros de consumo, y subestaciones que se han dispuesto para que sirvan en un sistema de electrificación rural. Existe una diferencia básica entre ellos puesto que en unas subestaciones hay más consumos auxiliares que alimentar que en otras, dependiendo la cantidad de esos consumos de la función, cantidad y características del equipo presente en cada subestación.

2.2 SERVICIOS AUXILIARES DE ACUERDO A LA CLASE E IMPORTANCIA DE LA SUBESTACION

Las subestaciones en una forma general se podrían separar en dos grupos: subestaciones de transformación y subestaciones de interconexión o seccionamiento. Las de transformación, tal como su nombre lo indica son aquellas en las cuales se realiza un proceso de transformación o variación del voltaje a más de un cierto valor o a menos de ese valor, según sea el caso de elevación o de reducción que se realice en la subestación de acuer-

.....

do a las necesidades de utilización posteriores a ella. Las de seccionamiento o interconexión, son subestaciones cuya función es simplemente la de seccionar o cortar la línea de transmisión de la energía, sin que se produzca ningún proceso de transformación del voltaje de ella y, su trabajo es el de seccionar líneas muy largas o el de conectar con otras líneas del mismo voltaje dentro de un sistema interconectado (para transmitir energía de un lugar a otro en caso de emergencia o para cubrir picos de carga en este otro lugar).

Puede decirse que la importancia de una subestación de termina la magnitud de las condiciones de continuidad y confiabilidad del servicio que debe reunir el diseño de la misma. Dentro de este estudio de diseño, se consideran varias alternativas que difieren en complejidad por la forma de conexión y número de los elementos activos, asumiéndose como elementos activos a las barras, transformadores de tensión y corriente, disyuntores y seccionadores. El conjunto de estos elementos pueden disponerse formando tal como se muestra en la figura N° 1, los siguientes esquemas:

- a) Juego único de barras sin seccionamiento.
 - b) Juego único de barras con interruptor y seccionadores de barra.
-

- c) Juego único de barras en anillo.
- d) Barra principal y barra de reserva sin "by pass".
- e) Barra principal y barra de reserva con "by pass".
- f) Barra principal y barra de transferencia sin seccionamiento de la barra principal.
- g) Barra principal y barra de transferencia con seccionamiento de la barra principal.
- h) Doble juego de barras con doble interruptor.
- i) Doble juego de barras con uno y medio interruptores.

Ahora bien, la calidad y cantidad de los servicios auxiliares necesarios para satisfacer las condiciones de confiabilidad y continuidad del servicio de la subestación, varían conforme se haya escogido un esquema menos complicado frente a otro más complicado. Un esquema es más complejo cuando debido al mayor número de elementos activos que lo conforman se dificulta el sistema de protección del conjunto y aumenta el costo del mismo. Estos esquemas sin embargo ofrecen máxima continuidad de servicio y grandes facilidades de operación y mantenimiento aparte de la mayor facilidad para ampliaciones futuras, y se justifica su utilización únicamente cuando el tipo de carga a servirse y la ubicación de la subestación dentro del sistema eléctrico de

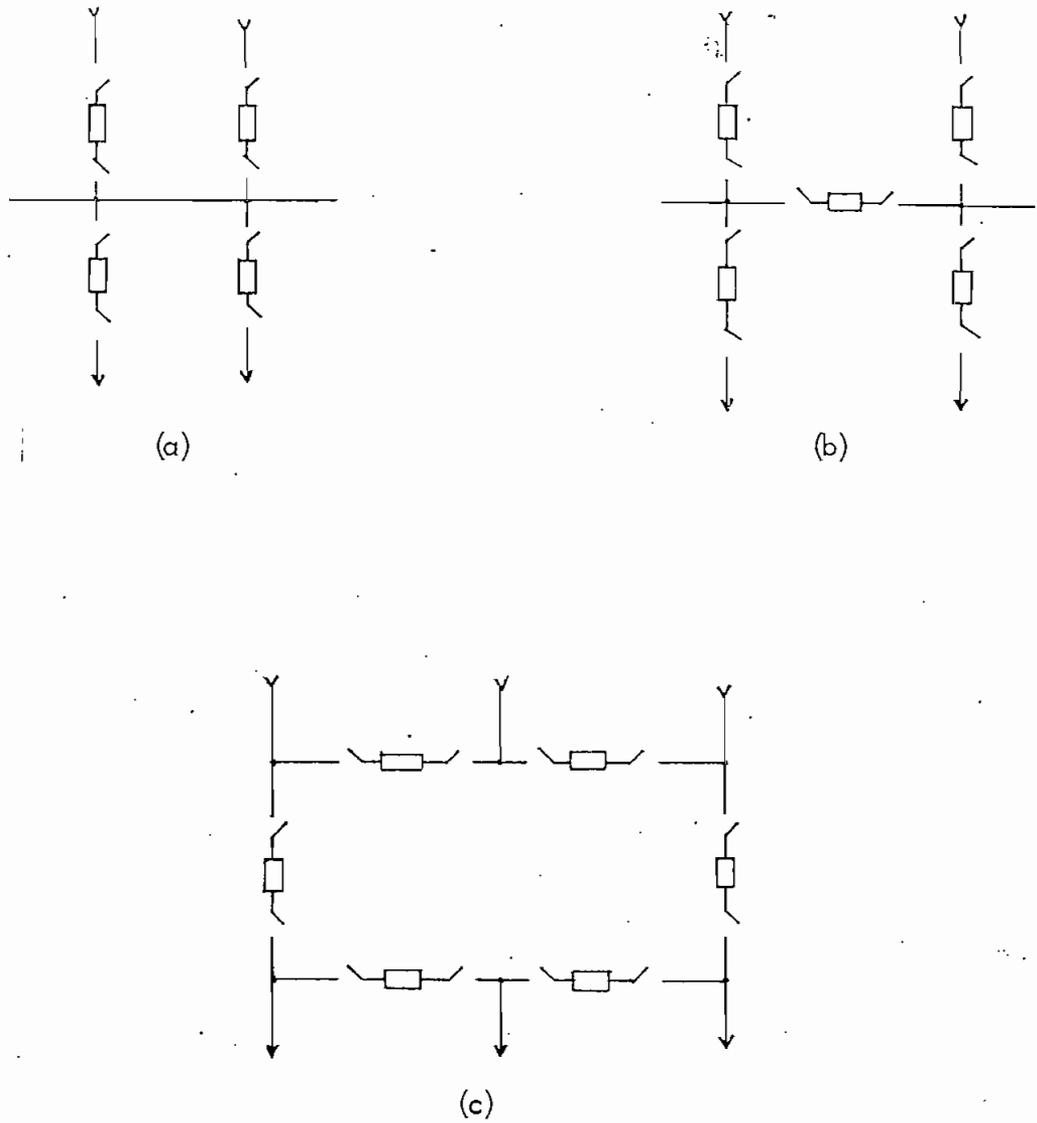


Figura 1. Esquemas principales de barras

- a. Juego único de barras sin seccionamiento
- b. Juego único de barras con interruptor y seccionador de barra
- c. Juego único de barras en anillo

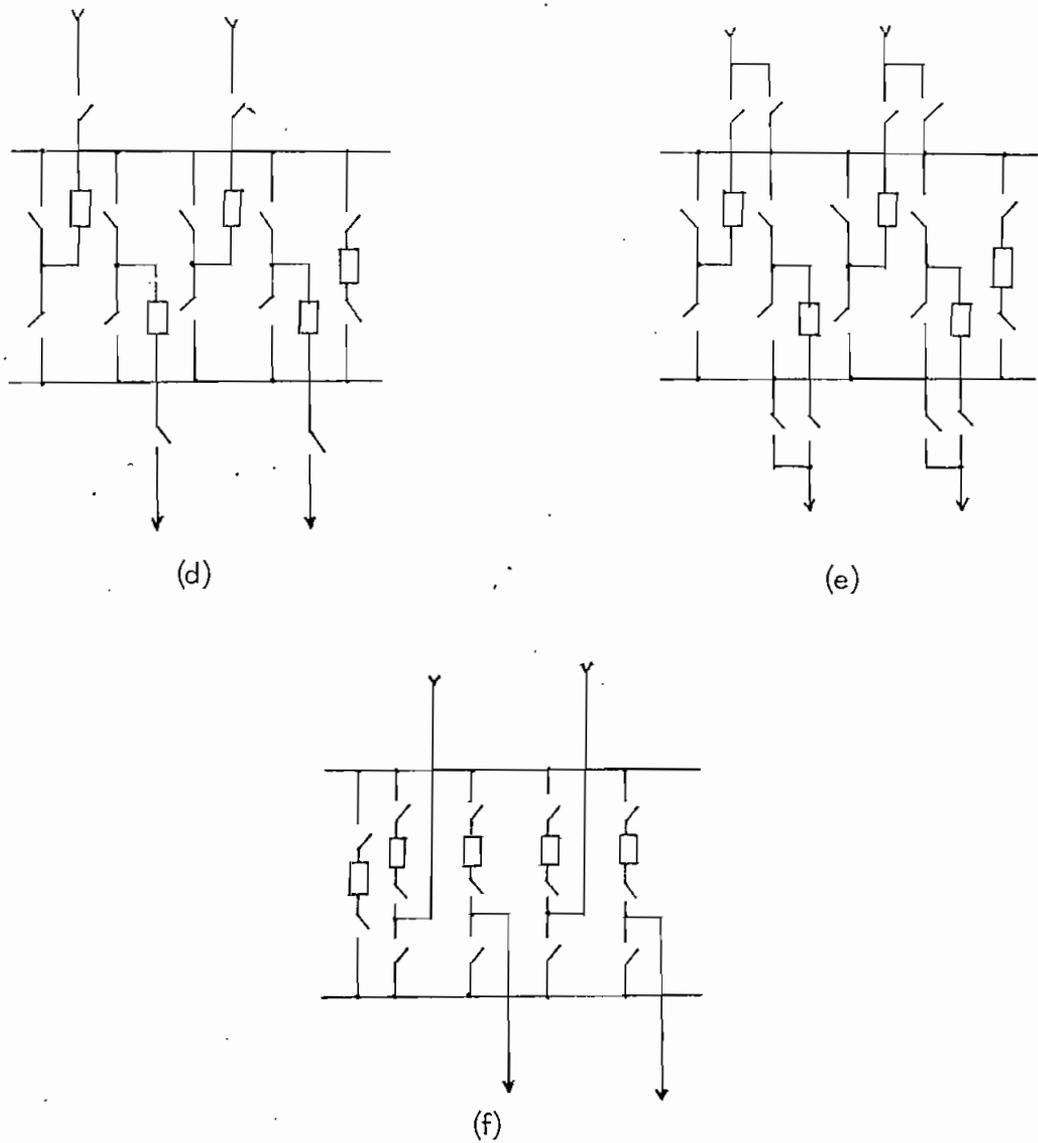


Figura 1. . . Esquemas principales de barras

- d. Barra principal y barra de reserva sin "by-pass"
- e. Barra principal y barra de reserva con "by-pass"
- f. Barra principal - barra de transferencia sin seccionamiento de la barra principal

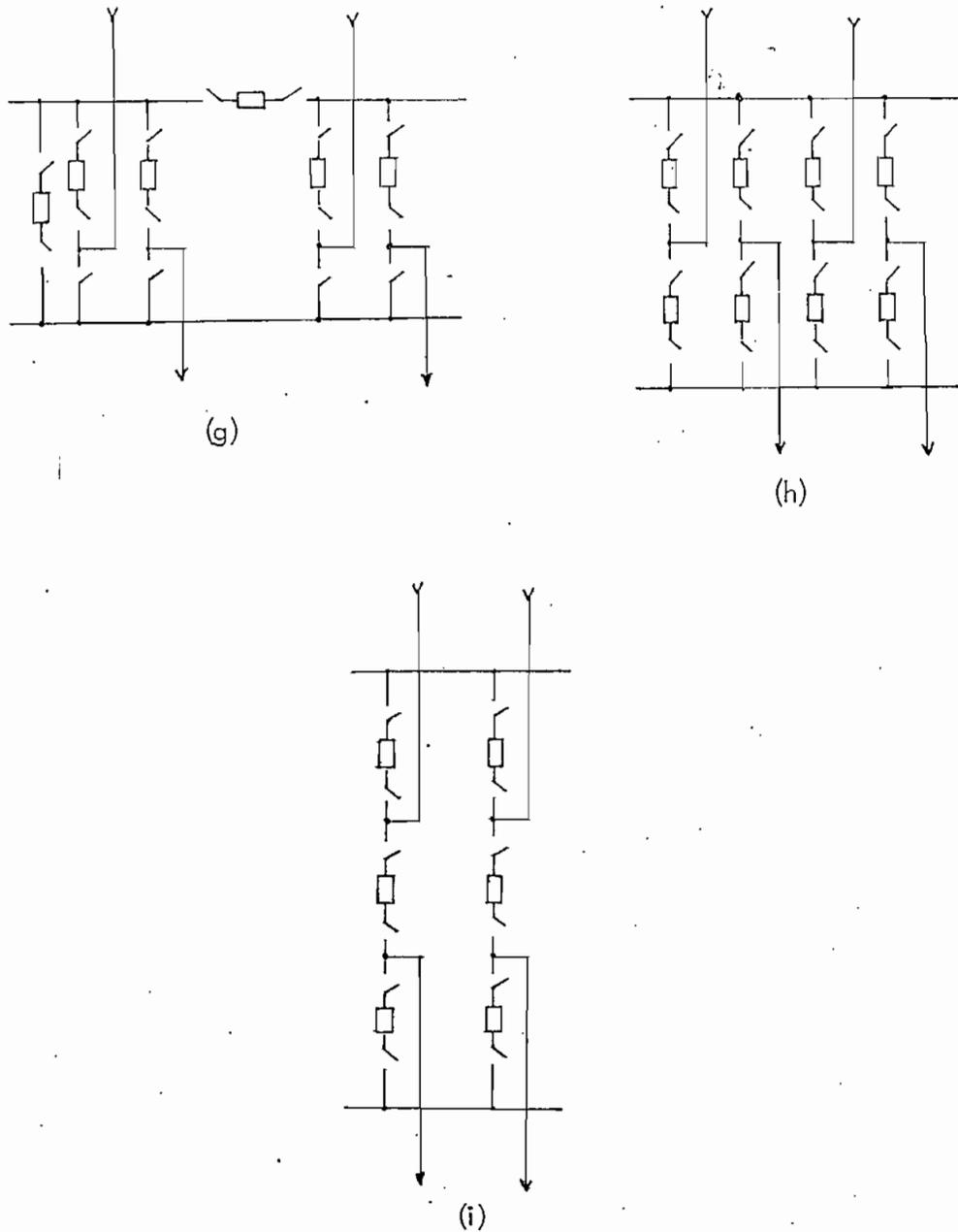


Figura 1. Esquemas principales de barras

- g. Barra principal - barra de transferencia con seccionamiento de la barra principal
- h. Doble juego de barras con doble interruptor
- i. Doble juego de barras con uno y medio interruptor

potencia así lo requieran. Para subestaciones que adoptan un esquema complejo, se requiere entonces una mayor cantidad y mayor calidad de los circuitos de servicios auxiliares; mientras que para aquellas subestaciones cuyo esquema de barras es uno de los más simples, los servicios auxiliares son simples y pocos de ellos esenciales. Estos sistemas de barras de complejidad considerable, se los encuentra normalmente en subestaciones cercanas a centrales generadoras y a grandes centros de consumo. Dentro de electrificación rural, las subestaciones son de las más sencillas y la confiabilidad y continuidad de ellas no es de importancia porque las cargas que alimentan tampoco son importantes; entonces, los servicios auxiliares en este tipo de subestaciones no están justificados y por tanto no se los encontrará en ninguna de ellas.

2.3 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA

2.3.1 IMPORTANCIA Y NECESIDAD

" Es indudable que los servicios auxiliares de corriente alterna, son bastante necesarios y por tanto de gran importancia en subestaciones; entre ellos, se encuentran

.....

cargas auxiliares que requieren de un constante y normal suministro de energía, para poder accionar elementos que son básicos para el trabajo en condiciones normales de piezas importantes dentro del equipo que conforma una subestación. En efecto, es fundamental en todo momento que estén con energía los circuitos de refrigeración de transformadores y reactores, los de compresores y tratamiento de aceite y también algunos circuitos de iluminación. En grandes centrales eléctricas y en grandes subestaciones de importancia básica en un sistema, hay la posibilidad de controlar casi en su totalidad y en forma automática, la operación de cada una de ellas por medio de un cerebro único de control, es decir por intermedio de una computadora; y, al necesitar para su operación un suministro constante de energía es de gran importancia el servicio de los circuitos auxiliares de corriente alterna, para poder satisfacer la energía demandada por la computadora. (1)

En resumen, la importancia y necesidad de los servicios auxiliares están en relación directa con la complejidad del diagrama de conexiones de la subestación. Si este diagrama de conexiones se lo ha estudiado tomando en cuenta características de continuidad de servicio, faci

lidades de mantenimiento y operación del equipo, efectividad de las protecciones, etc.; es decir, teniendo presente la seguridad del funcionamiento general de la seguridad del servicio de los circuitos auxiliares para lograr ese buen funcionamiento del conjunto.

// 2.3.2 CARGAS DE SERVICIOS AUXILIARES ALIMENTADAS POR CORRIENTE ALTERNA

En una forma general, las principales cargas servidas por el sistema de servicios auxiliares en corriente alterna, pueden ser las que a continuación se indican:

(1), (2)

- Cargador de baterías o rectificador.
- Equipos de refrigeración de transformadores: bombas de aceite y ventiladores.
- Equipos de refrigeración de reactores.
- Alimentación a estación de aire comprimido.
- Equipo para el tratamiento de aceite.
- Iluminación de la casa de comando y del patio de la subestación (iluminación interna y externa).
- Motor del cambiador de taps del transformador de potencia.
- Equipo de comunicación y transmisión de alarma -

.....

distancia,

- Equipo de anti-incendio de banco de transformadores.
- Equipo de aire acondicionado.
- Tomacorrientes mono y trifásicos distribuidos en el patio y en la sala de comando.
- Circuitos de alimentación del taller mecánico.
- Circuitos de calefacción de gabinetes y equipos de control.
- Circuito de alimentación de la casa del guardián.
- Equipo supervisor de telecomando y teledida.
- Calentador de agua.
- Computador.

2.4 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA

2.4.1 IMPORTANCIA Y NECESIDAD, GENERALIDADES

De la misma forma como una subestación necesita del trabajo de servicios auxiliares en corriente alterna, también son importantes y necesarios para su mejor operación los servicios auxiliares que se alimentan con corriente continua. De la buena operación y alimentación de los circuitos auxiliares de corriente continua depende el control de operaciones de vital importancia del e

quipo de la subestación; así por ejemplo, se puede vigilar por intermedio de ellos: la conexión o desconexión automática de interruptores en alta y baja tensión y la operación de transferencia a través de los seccionadores dispuestos para ello. Son importantes también en corriente continua los circuitos de señalización y alarma, los de protección carrier y diferencial y los de alumbrado de emergencia."

De lo expuesto anteriormente se desprende que los circuitos de servicios auxiliares de corriente continua también deben ser tan confiables y continuos como confiable y continuo se quiere que sea el servicio general de la subestación. Ⓞ

La alimentación de los servicios de corriente continua en la mayoría de subestaciones, exige la existencia de un banco de baterías cuya carga puede ser proporcionada a través de un cargador con rectificador de características técnicas y económicas de acuerdo a las necesidades propias de la instalación. Las características o propiedades de cada uno de los componentes dependen de las condiciones que se deban satisfacer. De esta manera, los acumuladores de las baterías pueden ser del tipo ácido o al

calino; el cargador puede tener definidas su tensión de alimentación y su capacidad; y el rectificador podría ser del tipo SCR, esto es de silicio con control de regulación electrónica, o sin regulación. Los detalles principales sobre rectificadores y cargadores se dan más adelante, en donde se explican las fuentes más comunes de alimentación de los servicios auxiliares (punto 2.5.5).

2.4.2 " CARGAS DE SERVICIOS AUXILIARES ALIMENTADAS POR CORRIENTE CONTINUA

Las cargas de servicios auxiliares alimentadas por corriente continua, en forma general pueden ser las siguientes: (1), (2), (8)

- Control de interruptores de líneas, transformadores y auto transformadores en alta y baja tensión.
- Control de seccionadores de líneas, transformadores y autotransformadores en alta y baja tensión.
- Alimentación de motores auxiliares para el mecanismo de cierre de interruptores en baja tensión.
- Control de interruptores y seccionadores de transferencia.
- Alimentación para protección diferencial de barras, transformadores y autotransformadores.

.....

- Alimentación a instrumentos y lámparas indicadoras del tablero de control.
- Alimentación a circuitos de alarma local.
- Alumbrado de emergencia de edificio de comando y sala de control,
- Alimentación a equipo carrier //

El barraje de corriente continua alimenta varios circuitos principales provistos de su propia protección, utilizados para necesidades de alumbrado de emergencia, señalización, bloqueo de salidas en alta y baja tensión, etc., pudiendo cada uno de estos circuitos subdividirse de acuerdo al número de salidas en varios circuitos para alimentar la protección y el comando de cada salida.

2.5 FUENTES DE ALIMENTACION DE SERVICIOS AUXILIARES

2.5.0.1 GENERALIDADES

De acuerdo a su capacidad, los equipos de servicios auxiliares accionados eléctricamente utilizan casi en su totalidad motores de corriente alterna en lugar de corriente continua. Los motores de rotor jaula de ar

dilla se utilizan en todo cuanto sea posible por su seguridad y menor costo, y los de inducción se emplean - para el accionamiento de ventiladores, bombas, etc.; - con corriente continua funcionan principalmente los motores necesarios para el accionamiento de los resortes de interruptores de líneas y transformadores. La utilización de esta clase de máquinas es con el fin de satisfacér ciertas condiciones que son necesarias en todo sistema eléctrico: a) mayor simplicidad, b) mayor seguridad, y c) menor costo del equipo y del sistema de alimentación. (2)

La disposición de las barras, interruptores y equipos para la alimentación de los servicios auxiliares de la subestación debe ser estudiada sin descuidar la seguridad, simplicidad y bajo costo que debe brindar el diseño. En el proyecto de un sistema de esta clase, merecen especial consideración factores como:

- a) potencia y naturaleza de la subestación
- b) modo de operación
- c) fuentes de energía eléctrica disponibles, y
- d) la importancia de los equipos de reserva que se preveen para los servicios auxiliares esenciales y no esenciales.

16 Las principales fuentes de energía que se emplean en la

alimentación de los servicios auxiliares de subestaciones son:

En corriente alterna:

- Barras principales de la subestación.
- Utilización de los terciarios de los transformadores principales de la subestación.
- Utilización de la línea de distribución.

En corriente continua:

- Utilización de baterías de corriente continua.
- Utilización de rectificadores de corriente alterna. "

2.5.1 TRANSFORMADOR EN BARRAS

2.5.1.1 GENERALIDADES

" El uso de las barras principales es quizá el método más comúnmente empleado para la provisión de energía a los circuitos de servicios auxiliares en una gran mayoría de subestaciones, en especial en aquellas que integran una central generadora. " Esto quizá se deba a que las barras principales son la fuente primaria y la más importante de la subestación. Comúnmente se utiliza el juego de barras de baja tensión, pudiendo en casos es-

.....

peciales emplearse también el juego de alta tensión dependiendo lógicamente de las condiciones de servicio que se requieren para alimentar la carga. Algunas veces se necesita energizar desde las barras principales a través de un transformador otro juego de barras de servicio local, las cuales además de dar energía a los

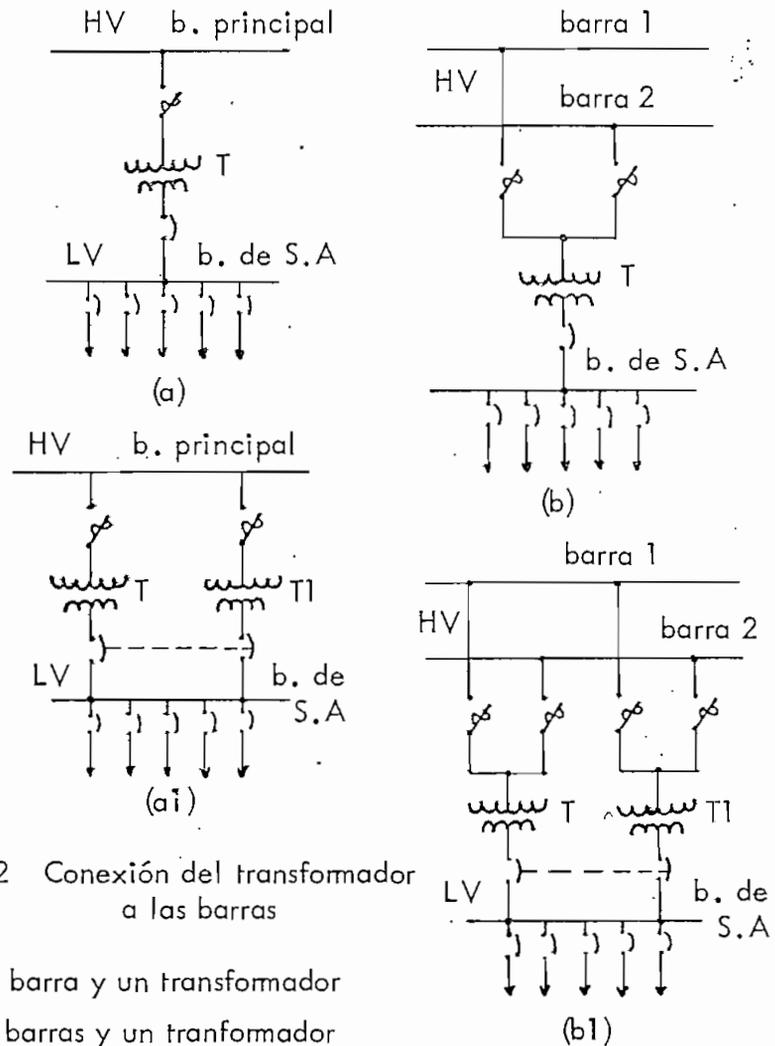


Fig. 2 Conexión del transformador a las barras

- a. Una barra y un transformador
- b. Dos barras y un transformador
- ai. Una barra y dos transformadores
- b1. Dos barras y dos transformadores

servicios auxiliares también dan a la zona que circunda a la subestación (poblaciones rurales adyacentes).

La continuidad de servicio de la subestación que es - uno de los factores que intervienen en la selección - de un esquema para su construcción, influirá en la seguridad que tendrán los servicios auxiliares por estar estos últimos supliéndose desde las barras principales de la misma. Por ejemplo si la selección ha sido por un esquema de los más simples que puede ser el de juego único de barras sin seccionamiento, entonces las - desventajas de éste como: la falta de flexibilidad y la interrupción total de servicio en caso de fallas o de mantenimiento y reparación de la barra, afectarán directamente el servicio de los circuitos auxiliares. Pero, si se utiliza un esquema más complejo como uno de los que comprenden doble juego de barras, las ventajas de éste como: la alta continuidad y el mantenimiento o reparación sin interrupción de servicio, contribuirán en el buen trabajo de los circuitos auxiliares.

2.5.1.2 BARRAS PRINCIPALES.- CARACTERISTICAS

Las barras de una subestación no son más que un punto

.....

de conexión en donde llegan ciertos elementos y salen otros. Están constituidas por conductores en forma de varillas (barra rígida), o también por conductores cableados (barra tensada); el material empleado para su construcción es el cobre, el aluminio-acero (A.C.S.R) y el alumoweld - aluminio (A.W.A.C). Las barras rígidas se apoyan y se fijan sobre aisladores soporte y, las barras tensadas por estar constituidas por cables y estar por tanto exentas de rigidez, se montan como líneas aéreas sostenidas por sus extremos por medio de cadenas de aisladores.

De éstas barras colectoras salen una serie de líneas hacia otras estaciones de transformación o hacia grandes consumidores conectándose una de ellas al transformador de servicios auxiliares.

Si la subestación dispone de un solo juego de barras, será también una sola la alimentación al transformador pero en cambio si el esquema de la subestación es del tipo de 2 juegos de barras, las posibilidades de alimentación al transformador serán 2 mejorándose así la continuidad del servicio de los circuitos auxiliares.

2.5.1.3 TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Para la utilización de las barras principales de la subestación en la energización de los circuitos de servicios auxiliares, puede disponerse de un transformador monofásico, de un banco de tres transformadores monofásicos o de un solo transformador trifásico, conectados a las barras de alta o de baja tensión, de acuerdo a las características de utilización y del equipo transformador disponible.

Las características generales del grupo transformador de servicios auxiliares se las explican en el ítem 2.5.6 de este mismo capítulo.

CONEXION A LAS BARRAS

La conexión en alta tensión de los devanados primarios del transformador a las barras principales de la subestación, puede realizarse dependiendo de las características del esquema de barras seleccionado para la zona desde la cual se ha previsto alimentar a dicho transformador. Pueden existir una o dos posibilidades de llegar desde las barras al transformador, según se tenga disposición de una o de dos barras respectivamente. Cada una de estas posibles soluciones se muestran en las figuras 2(a) y 2(b).

El diagrama de la figura 2(a) es más simple, de menor costo, de protección sencilla, pero de pobre continuidad puesto que en el caso de mantenimiento o de falla en la barra de alimentación desaparece el servicio en el transformador. En cambio, para una disposición como la de la figura 2(b), el costo aumenta, la protección se complica un poco, pero prácticamente el diagrama sigue siendo simple y tiene la ventaja de mayor continuidad debido a que una falla o mantenimiento de una barra cualquiera no implica la salida del transformador pues se repone inmediatamente el servicio desde la otra barra y por el otro seccionador.

Para el caso en que se tengan dos transformadores de servicios auxiliares de los cuales uno es principal y el otro de emergencia o reserva, los diagramas anteriores cambiarían como se indica en las figuras 2(a1) y 2(b1), en donde: T..... Transformador principal

T1..... Transformador de emergencia

(o reserva)

que lógicamente son circuitos de mayor confiabilidad que los anteriores. La selección de la fuente de alimentación se la realiza mediante una llave de conmutación automática.

Debe tenerse en cuenta que cuando funciona el trans-

formador principal T, debe estar bloqueado el transformador de emergencia T1 para evitar el funcionamiento en paralelo de las dos unidades. El bloqueo consiste en prever que el interruptor termomagnético del transformador T1 esté abierto mientras se alimenten los circuitos auxiliares por la vía del transformador principal, y viceversa. Esta cláusula deberá aplicarse a cada uno de los esquemas 2(a1) y 2(b1).

Podría suceder que ciertos circuitos se alimenten por intermedio de dos transformadores funcionando al mismo tiempo, requiriéndose entonces para evitar el paralelismo, un interbloqueo en las barras principales, que hará de la S/A dos circuitos independientes energizados por transformadores individuales.

2.5.2 UTILIZACION DE TERCARIOS DE TRANSFORMADORES PRINCIPALES O IMPORTANTES. - POTENCIAS UTILIZADAS.

2.5.2.1 GENERALIDADES

En la utilización de los terciarios de transformadores o autotransformadores principales para el suministro de energía a los circuitos auxiliares, deben

tomarse en consideración además de los detalles acerca de la propia instalación, una serie de factores que determinan el uso o no de esta fuente de energía. (1)

1. El valor de la corriente de corto-circuito en el terciario del transformador.
2. La conexión del terciario del transformador
3. La configuración del sistema.
4. La utilización de reactores para limitar la corriente de corto-circuito.
5. El uso de protección rápida.

Actualmente, es normal la utilización del terciario de los transformadores principales como fuente auxiliar no solo en las estaciones de producción de energía, sino también en un buen número de subestaciones de distribución. Aunque todavía se halla en discusión, su aprovechamiento es bien práctico pues, con un buen cuidado y vigilancia se obtiene ganancia económica no solo en lo que se refiere al transformador sino también a los arreglos de barraje, espacio, operación y mantenimiento. En algunos casos, aunque no se emplea el devanado terciario como fuente principal de los servicios auxiliares, sin embargo se toma

en cuenta como alternativa de alimentación de estos servicios, logrando el aumento de su confiabilidad.

No obstante, puede suceder que la potencia requerida por los servicios auxiliares es tan pequeña que no justifica el empleo del terciario como fuente de estos servicios, o que no se desee utilizarlo para evitar comprometer la seguridad del transformador principal debido a que pueden producirse altas corrientes de cortocircuito; además puede suceder que fallas en la línea de transmisión o la realización de cortes programados en la misma, provoquen la desenergización del transformador con la consecuente ausencia de energía en los servicios auxiliares.

2.5.2.2 Terciario de un transformador.- Características

Quando en un sistema trifásico se aplican autotransformadores (y algunos transformadores), por lo general ellos se instalan adoptando para sus bobinados la conexión Y-Y. Para una conexión en Y de los devanados principales, es evidentemente normal aumentar en cada unidad trifásica un devanado terciario conectado en delta. (13), (9), (10), (15).

.....

El objetivo del terciario es para uno o más de los siguientes propósitos:

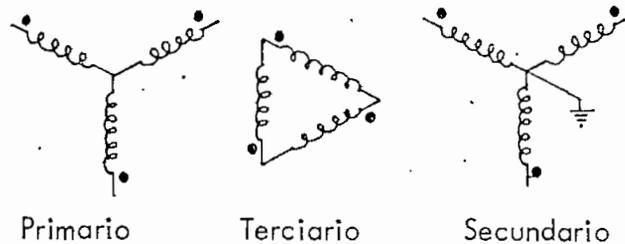
- a) estabilizar el neutro cuando se alimentan cargas monofásicas línea-neutro que puedan ser desbalanceadas,
- b) eliminar las terceras armónicas de voltajes y corrientes,
- c) alimentar una carga externa, a un tercer voltaje, Y,
- d) impedir la interferencia telefónica debido a las corrientes de terceras armónicas en las líneas y tierra.

Si un transformador (o autotransformador) en Y se conecta a un sistema en delta puesto a tierra (o a un sistema en Y con mala conexión a tierra), la estabilidad del neutro del sistema se incrementa de tal manera que un cortocircuito fase-tierra en la línea de transmisión producirá menor bajada de la tensión de la fase cortocircuitada y menor aumento de la misma en las otras dos fases. Con un neutro más estable, la corriente de falla derivada del corto-circuito aumenta, por lo cual puede necesitarse para el mejoramiento

to del sistema una protección por relés.

Las terceras armónicas de los voltajes referidos al neutro de un banco Y-Y de transformadores monofásicos (o de una unidad trifásica del tipo acorazado) pueden reducirse grandemente si cada transformador contiene un tercer bobinado o terciario, bobinas que se conectan en delta como se indica en la figura 3(a).

Figura 3. Terciario de un transformador



a. Conexión de los bobinados terciarios

Con este arreglo, las terceras armónicas de las corrientes de excitación necesarias para mantener las variaciones sinusoidales del flujo en el núcleo, pueden circular en el terciario en delta sin necesitar circular en las líneas donde causarían interferencia inductiva en los circuitos telefónicos. En efecto, las terceras armónicas encuentran en el terciario un camino de relativa baja impedancia por lo que solo un mínimo número de estas componentes de la corriente de excitación fluyen

.....

por las líneas de transmisión conectadas al transformador, produciendo una mínima interferencia en los circuitos de comunicación. Por otra parte en un banco de transformadores monofásicos, si las características de excitación entre ellos no son idénticas, el terciario en delta también provee un circuito en el cual puede circular una corriente de excitación monofásica o de secuencia 0, que sirve para compensar los desequilibrios de las características de excitación de los transformadores y prevenir el desbalanceamiento de los voltajes referidos al neutro, que de otro modo ocurrirían en un banco Y-Y con neutros aislados. Los transformadores trifásicos del tipo núcleo de hierro en conexión Y-Y, debido a sus características de diseño y construcción, tienen un voltaje línea-neutro cuyas terceras armónicas son muy pequeñas razón por la cual, no son indispensables los bobinados terciarios en delta para reducir las.

Muchas veces el terciario en delta de un transformador alimenta una carga externa; por ejemplo: los circuitos auxiliares de una subestación (cargas monofásicas y trifásicas) y, condensadores sincrónicos o capacitores estáticos y reactores para el control del factor de po

tencia y del voltaje cuando se requiere mejorar las condiciones de operación del sistema. Bajo estas condiciones, el terciario debe poder soportar los efectos de posibles corto-circuitos en sus propios terminales.

CARACTERISTICAS

Si la única razón del terciario fuera la de suprimir las terceras armónicas del voltaje, su tamaño podría ser muy pequeño; pero debido a que en el caso de una falla accidental se produce una gran corriente que circularía por él con desastrosos resultados, es necesario que sea lo suficientemente grande para que pueda soportar sin dañarse dicha corriente de falla. Las corrientes de falla pueden producirse por: 1) una falla trifásica en el circuito terciario, 2) una falla línea-neutro en la línea de baja tensión, 3) una falla línea-neutro en la línea de alta tensión; obviamente, la falla trifásica en los terminales del terciario producirá la corriente máxima de falla, debiendo entonces diseñarse el terciario en base a las características de esta falla. (13)

Por razones económicas el terciario puede construirse

.....

sin terminales exteriores cuando éste no suministra ninguna carga, se elimina así la posibilidad de falla trifásica, necesitando solamente tener la suficiente longitud para llevar las corrientes desbalanceadas de secuencia cero producidas por fallas línea-neutro. Sin embargo puede requerirse que los bushings del terciario sean exteriores cuando tengan que hacerse pruebas que se consideren necesarias durante la vida del autotransformador (o transformador), para predecir y prevenir la posible perforación del aislamiento. (13)

Las normas actuales requieren que un transformador sea capaz de resistir las fuerzas térmicas y mecánicas debidas al flujo de corriente de corto-circuito, cuidando que su magnitud y duración no sean excesivas. La máxima magnitud de corriente permitida por estas normas es 25 veces la corriente de carga designada para los devanados, durante 2 segundos. Con esto, el bobinado terciario normalmente se construye con un 35% del tamaño equivalente de uno de los otros dos devanados porque una falla línea-neutro en el secundario, sometería a una bobina del terciario a 1/3 de los KVA de la corriente que circularía por una bobina del secundario. De lo último se desprende que la capacidad

.....

del terciario va a ser igual al 35% o lo que es aproximado a $1/3$ de la capacidad del secundario, que es la misma de la del primario. (13)

POENCIAS UTILIZADAS

En el punto anterior se ha justificado el porqué el valor de la capacidad o potencia del terciario de transformadores y autotransformadores es igual a $1/3$ (o al 35%) de la potencia de diseño del primario y secundario. Entonces, los terciarios empleados para alimentar el transformador de servicios auxiliares, tendrán una potencia menor en $2/3$ partes a la potencia total del transformador principal y un nivel de voltaje que normalmente es cualquiera de los utilizados para necesidades de distribución. (13)

En la mayoría de subestaciones tendremos transformadores de características de tensión y potencia dentro de las especificaciones anteriores. Por ejemplo dentro del sistema interconectado de nuestro país, se encuentran subestaciones integradas por transformadores de éstas características:

.....

PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO
100 MVA 138 kV	100 MVA 46 kV	33.3 MVA 13.8 kV
30 MVA 138 kV	30 MVA 69 kV	10 MVA 13.8 kV
7.5 MVA 138 kV	7.5 MVA 23 kV	2.5 MVA 13.8 kV
40 MVA 230 kV	40 MVA 138 kV	13 MVA 13.8 kV

2.5.2.3 TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

La alimentación de los circuitos auxiliares en C.A. a partir del bobinado terciario del transformador o autotransformador principal de la subestación, se la toma a través de un transformador de características similares a las de aquel utilizado en el caso de disponer las barras principales. Una mayor información respecto a éste transformador, se ofrece en el ítem 2.5.6 de éste capítulo.

CONEXION AL TERCIARIO

Puesto que el voltaje nominal que aparece en los ter

.....

minales del terciario conectado en delta, corresponde a los valores normales de distribución, entonces la conexión del transformador a dichos terminales del terciario se la hará sin el mayor problema.

Como lo indica el esquema de la figura 3(b), para mayor facilidad de operación se dispone de un barraje - "del terciario" de donde se toma la energía para alimentar indistintamente los servicios auxiliares de la subestación, el banco de condensadores estáticos o - sincrónicos si es indispensable la generación de reactivos en el sistema y/o el banco de reactores para evitatar que se produzca el efecto ferranti en el mismo sistema.

2.5.3 UTILIZACION DE LA LINEA DE DISTRIBUCION

2.5.3.1 GENERALIDADES

Para ciertas subestaciones, se prevee la alimentación normal de los circuitos auxiliares a partir de la red de baja tensión o línea de distribución del lugar en donde se ha montado la subestación. Esta clase de su

.....

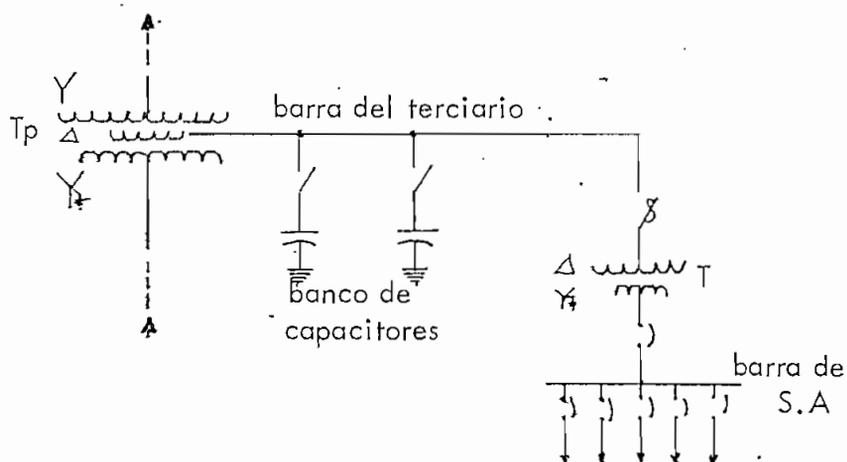


Figura 3. Terciario de un transformador

b. Utilización del terciario

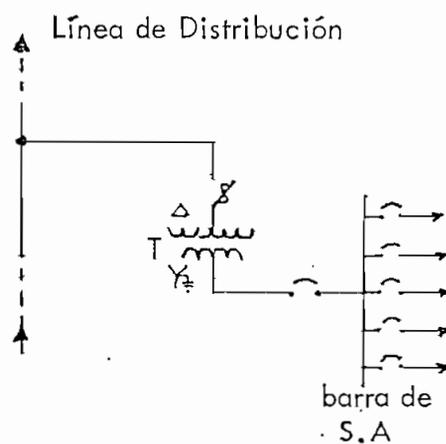


Figura 4. Utilización de la línea de distribución

ministro es la más sencilla y de menor costo y se la hace a través de un transformador a cuyos terminales primarios llega la tensión de distribución del sistema (13.8 kV normalmente).

Desde luego, la utilización de la línea de distribución es posible solamente en el caso en que la subestación esté ubicada cerca a la ciudad, situación para la cual la subestación está incluida dentro del sistema de distribución de este centro de consumo. Puede suceder sin embargo que los servicios auxiliares tengan ya su alimentación principal a partir de cualquiera de las posibles fuentes citadas anteriormente, y la línea de distribución se tome en cuenta pero como fuente de emergencia para el caso en que falle la alimentación principal. Particularmente, se emplea esta fuente de alimentación para los servicios auxiliares de subestaciones no importantes.

2.5.3.2 LINEA DE DISTRIBUCION

CARACTERISTICAS

Una de las partes constitutivas de un sistema de potencia

.....

cia es lo que se llama sistema primario o red primaria de distribución, y es aquella porción comprendida entre la subestación de distribución y los transformadores reductores de la tensión a valores útiles para el servicio de los abonados (transformador de distribución). Esta red primaria está integrada por circuitos denominados alimentadores primarios o líneas de distribución, los cuales parten de las barras de baja tensión de la subestación y se reparten por toda el área de carga energizando los primarios de cada transformador de distribución. (11)

Dentro de la zona de carga, de los alimentadores principales se derivan ramas laterales y cuando es necesario, de éstas últimas otras sublaterales que llevan la energía hasta las cabinas transformadoras. Mientras las líneas de distribución principales son predominantemente trifásicas o de 4 hilos (3 fases y neutro), las laterales y sublaterales son circuitos trifásicos o monofásicos especialmente en áreas residenciales y rurales.

Ahora bien, uno de estos transformadores reductores que se conectan a lo largo de la línea de distribución prin

.....

cial, puede ser el necesario para el suministro de los circuitos de servicios auxiliares de la misma subestación de distribución, convirtiéndose entonces la carga de los servicios propios de la subestación en una parte de la carga total servida por la red primaria de distribución.

2.5.3.3 TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Igual que en los casos anteriores, el transformador de servicios auxiliares que es uno típico de distribución tendrá las características necesarias para alimentar en la forma debida las cargas trifásicas y monofásicas comprendidas por los servicios auxiliares. Para este caso, éste transformador se conectará a la línea de distribución por medio de fusibles u otros dispositivos que brinden la protección deseada a la instalación.

Las características de éste transformador se las da igualmente en el ítem 2.5.6 de este capítulo.

CONEXION A LA LINEA DE DISTRIBUCION

La conexión del transformador auxiliar a la línea de -

.....

distribución es bastante sencilla y se la realiza siguiendo los procedimientos normales de instalación de transformadores de distribución. (Ver figura 4)

2.5.4 UTILIZACION DE BATERIAS DE CORRIENTE CONTINUA

2.5.4.1 GENERALIDADES

Todos los mandos, señalizaciones y alarmas relativas al equipo de alta tensión, es decir todos los circuitos de mando y control de la subestación, necesitan de una fuente de energía independiente y de confianza capaz de asegurar el servicio en todo momento y sobre todo en circunstancias de emergencia por falta del servicio general de la red.

Las únicas fuentes de energía que reúnen las condiciones anteriores son las baterías de acumuladores de corriente continua, las cuales en caso de fallas en la subestación pueden seguir suministrando el servicio a los circuitos indispensables durante el tiempo permitido por sus características (tiempo de descarga), considerado suficiente para que se reponga el servicio nor -

.....

ral.

Sólo con corriente continua y con la presencia de un banco de baterías se podrá tener una vigilancia completa de los equipos e instalaciones de la subestación aún en momentos en que la estación quede sin su servicio normal, debiendo volverse a dicho servicio efectuando maniobras que desde la sala de control se las realiza en forma gradual. Además de los circuitos de mando y control, se sirven también por medio de baterías los circuitos de comunicaciones y los de alumbrado de emergencia, cada uno de los cuales tiene su justificable importancia y por ello deben operar bajo cualquier circunstancia.

2.5.4.2 CLASES DE BATERIAS

Existen dos clases de baterías: baterías ácidas y baterías alcalinas. Las ácidas llamadas también baterías de plomo pueden ser de dos tipos: de plomo-calcio y de plomo-antimonio. Las alcalinas las hay también de dos tipos: de níquel-hierro y de níquel-cadmio, a las primeras se las conoce en el mercado como baterías NIFE.

.....

Estas dos clases de baterías ácidas y alcalinas, se diferencian fundamentalmente por las características de su constitución pues si bien es cierto que están formadas cada una de ellas por los mismos elementos, sin embargo los detalles de fabricación o construcción de cada uno de ellos es distinto. Los elementos que integran a las baterías en general son principalmente: recipiente, placas, separadores y electrolito. (4)

El electrolito de las baterías ácidas, cuya calidad es factor fundamental en el funcionamiento de las baterías, está compuesto de ácido sulfúrico diluido en agua destilada hasta alcanzar 1.15 (18°Be) de densidad aunque ésta suele oscilar entre 1.115 y 1.188 (15 a 23°Be). El de baterías alcalinas se compone de una solución de potasa cáustica de densidad 1.2, que puede variar entre 1.16 y 1.23. Es el electrolito el que a través de una reacción química se transforma en materia activa. (4)

2.5.4.3 CARACTERISTICAS TECNICAS

Las características técnicas más importantes de las ba-

.....

terías de acumuladores que definen sus posibilidades son: capacidad, intensidades de carga y descarga, tensiones de carga y descarga, energía utilizable y rendimiento.

2.5.4.3.1 BATERIAS ACIDAS

CAPACIDAD

La capacidad de un acumulador es la cantidad de electricidad que puede almacenar entre sus elementos; se mide en amperios-hora. Para una batería, su capacidad es igual a la intensidad de la corriente de descarga en amperios multiplicada por el tiempo en horas que se demora dicha descarga; las baterías ácidas suelen tener una capacidad de 10 a 15 A-h por kg de placas, este valor no es constante pues varía según el régimen de descarga a que esté sometido el acumulador, es mayor cuando la intensidad de descarga es menor y viceversa aunque ésta variación sucede dentro de ciertos límites. Los fabricantes dan varios valores de capacidad para diferentes intensidades de corriente de descarga. (4)

Quando se hace la selección de una batería de acumuladores.

ácidos, debe tenerse en cuenta que su capacidad sea mayor en un 20% a la necesaria con el fin de no permitir que durante su servicio se descargue más del 80% de su capacidad nominal, operación que no es aconsejable por afectar en la vida útil del elemento.

INTENSIDADES DE CARGA Y DESCARGA

La corriente de descarga está íntimamente relacionada con la capacidad y la duración de la descarga de la batería. Se consideran dos clases de descargas: lentas y rápidas, que emplean un tiempo de 3 a 10 horas y de 1 a 2 horas respectivamente; los elementos construidos para descarga lenta pueden utilizarse en regímenes de descarga rápida sin ningún inconveniente y viceversa. Además, los elementos para descarga rápida pueden suministrar picos de corriente de corta duración que no sean mayores al doble de su capacidad en una hora: (4)

$$I_{\text{máx}} = 2 C \quad , \text{ en donde:}$$

$$I_{\text{máx}} = \text{corriente máxima en una hora (A)}$$

$$C = \text{capacidad de la batería (A-h)}$$

.....

Para el caso de carga, son intensidades normales las que corresponden a descargas de 5 horas para elementos de descarga lenta y de 3 horas para los de descarga rápida; sin embargo, puede adoptarse una intensidad de carga menor con el consiguiente aumento del tiempo de carga.

TENSIONES DE CARGA Y DESCARGA

La tensión en bornes de un acumulador es variable durante la descarga; inclusive pueden permanecer aproximadamente iguales las tensiones inicial y final que sus variaciones son diferentes según la duración de la carga o descarga. A una temperatura constante la tensión de reposo es la misma, por ejemplo a 15°C resulta ser 2.08 V por elemento, pudiendo la tensión máxima de carga alcanzar un valor de hasta 2.73 V/e. (4)

ENERGIA UTILIZABLE

La energía utilizable de un acumulador es aquella que puede suministrar estando completamente cargado durante el tiempo empleado hasta su descarga total; se mi-

.....

de en watios-hora y se obtiene del producto de su capacidad (A-h) por la tensión media proporcionada durante la descarga (V). (4)

RENDIMIENTO

Existen dos clases de rendimiento: rendimiento en cantidad y rendimiento en energía. El primero es la relación entre las cantidades de electricidad de descarga y de carga, teóricamente debería ser igual al 100% puesto que lo almacenado para la descarga es igual a lo acumulado por la carga; mas por requerirse energía para descomponer el electrolito sobre todo al final de la carga, hace que el rendimiento de los acumuladores ácidos alcance un valor del 90%. El rendimiento en energía es la relación entre la energía utilizable y la que ha sido necesaria suministrarle para la carga completa; considerando que la cantidad de electricidad durante la descarga es un 90% de la requerida en la carga, este rendimiento tendrá un valor de:

$$\eta_w = \frac{\text{Tensión media de descarga}}{\text{Tensión media de carga}} \times 0.9$$

.....

Del mismo modo que las tensiones medias de carga y de descarga varían para cada uno de sus diferentes regímenes, los rendimientos en energía también varían. (4)

2.5.4.3.2 BATERIAS ALCALINAS

CAPACIDAD

La capacidad de los acumuladores alcalinos permanece constante para los distintos regímenes de descarga; por esta razón se los puede utilizar en descargas difíciles con intensidades de hasta cuatro veces la nominal, condición para la cual su capacidad no es menor al 85% de la capacidad nominal. Sin embargo, la tensión en bornes de la batería para regímenes de carga diferentes al nominal, no es constante debido a la variación de la caída de tensión en la resistencia interior de los elementos. La capacidad nominal para éstas baterías es la correspondiente a una descarga de 5 horas. (4)

Al elegir la capacidad de una batería alcalina, para mayor seguridad de servicio debe ser mayor a la necesaria en un 20% y además, debe respetarse la relación entre

.....

capacidad nominal y corriente media de utilización dada por los fabricantes. (4)

INTENSIDAD DE CARGA Y DESCARGA

Corriente normal de un acumulador alcalino se considera a aquella correspondiente a un régimen de descarga de 5 horas; esta corriente en relación a la capacidad nominal C vale entonces: $I = 0.2 C$

Para la carga se prefiere la corriente normal con la cual resulta una duración de carga de 7 horas. Las sobrecargas no perjudican a las baterías alcalinas, es preferible dar una carga excesiva antes que una pequeña cuidando siempre que la temperatura del electrolito no exceda los 45°C. Por otra parte, éstas baterías admiten cargas suplementarias o intermedias durante el servicio, pudiendo emplearse o interrumpirse en cualquier momento. (4)

TENSIONES DE CARGA Y DESCARGA

Para los elementos de níquel-hierro la tensión máxima

.....

de carga es aproximadamente de 1.82 V por elemento; la tensión media de carga a corriente normal es de 1.67 V, debiendo poder regularse esta tensión de carga entre 1.5 y 1.82 V/e. Para los de níquel-cadmio, la tensión máxima de carga es de 1.75 V/e, siendo la tensión media de 1.62 V/e, debiendo regularse dicha tensión entre 1.4 y 1.75 V/e.

Si la descarga se hace en régimen normal de 5 horas, la tensión media de descarga es de 1.21 V/e para los acumuladores de níquel-hierro, y de 1.165 V/e para los de níquel-cadmio. La tensión final de la descarga es aproximadamente de 1 V/e para los de níquel-hierro y de 0.95 V/e para los de níquel-cadmio. Cada uno de éstos valores pueden variar si el régimen de carga es distinto al normal. (4)

RENDIMIENTO

Para un acumulador alcalino, el rendimiento en cantidad (A-h) en condiciones normales es de 0.75, lo que corresponde a un rendimiento en energía (vatios-h) de 0.60.

En la práctica éstos valores son algo menores porque la

.....

corriente de carga se calcula con un margen de seguridad. (4)

DURACION

Debido a sus buenas condiciones, las baterías alcalinas son de larga duración; hay acumuladores alcalinos que después de 15 ó 20 años de funcionamiento, conservan buenas condiciones de servicio. (4)

2.5.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACION DE BATERIAS ACIDAS O DE BATERIAS ALCALINAS.

Como es natural, al elegirse un cierto tipo de batería para la utilización en una determinada instalación, deben considerarse los principales inconvenientes o desventajas frente a las virtudes o ventajas que se van a encontrar cuando las baterías estén en funcionamiento. (1), (4), (16)

- En primer lugar, las baterías alcalinas tienen la ventaja de estar exentas del fenómeno de la sulfatación, proceso que afecta enormemente a la vida de las ácidas. La vida útil de una alcalina es

.....

extraordinariamente mayor a la de una ácida.

- Por el gran tiempo de vida útil de las baterías de ferro-níquel o alcalinas, resultan éstas mucho más rentables que las ácidas cuando se trata de instalaciones estacionarias.
- Una ventaja de las baterías alcalinas es la gran resistencia mecánica del conjunto, pues resulta más fuerte y resistente un acumulador compuesto por piezas de hierro antes que otro cuya base de construcción sea el plomo.
- Por la presencia de hierro en el recipiente de una batería alcalina en lugar de la ebonita, cristal o cualquier material aislante de la ácida, no tienen la menor importancia las sacudidas, golpes y vibraciones a que puedan estar expuestas en cualquier momento.
- Al no presentarse la sulfatación en las placas de las baterías alcalinas, existe la posibilidad de resistir sin deterioro grandes corrientes, incluso cortocircuitos; éstas grandes corrientes de carga

.....

o descarga que nada afectan a éstas baterías, en cambio son la ruina de las baterías ácidas porque inician la sulfatación.

- Otra de las ventajas de las baterías alcalinas es el hecho de que no tengan descarga propia y no sean necesarias las cargas periódicas cuando ellas estén en reposo. Esto no sucede en las baterías ácidas puesto que si permanecen en reposo y sin recibir corriente de carga ni descarga, se presenta un problema de conservación y almacenamiento ya que van perdiendo poco a poco parte de su energía acumulada.
- Una virtud de las baterías alcalinas es que al no contener ácido el electrolito, no hay peligro de corrosiones ni tampoco deterioro por efecto de la temperatura. Por otra parte, en las baterías ácidas existe el peligro de que el electrolito se hiele a bajas temperaturas, cosa que no puede suceder con el electrolito de las baterías alcalinas.
- Mientras las baterías alcalinas no demandan luga-

.....

res especiales para su instalación porque el electrolito empleado no se descompone, las baterías ácidas en cambio deben instalarse en locales aislados y bien ventilados por el inconveniente de que se produce desprendimiento de gases ácidos junto con hidrógeno y oxígeno.

- Por el mismo inconveniente de la sulfatación, el costo de mantenimiento de una batería de plomo es considerablemente mayor que el de una de ferro-níquel.

Ahora bien:

- Las baterías ácidas o de plomo son mucho más baratas de fabricación que las alcalinas, por ésta razón en el mercado son de mayor venta las de plomo antes que las de ferro-níquel.
- Con los acumuladores alcalinos no se obtiene tanta fuerza electromotriz que con las de plomo, lo cual es un factor importante a favor de las últimas ya que al tener que transportarles importa mu

.....

cho que su peso y espacio sean pequeños.

- Para un régimen de descarga del 100%, las baterías ácidas tienen un rendimiento a la descarga del 75% mientras que las de hierro-níquel solamente alcanzan el 60%.
- La capacidad de descarga de las baterías ácidas es más duradera y está basada en un tiempo de 8 a 10 horas, lo que no sucede en las alcalinas para las cuales se considera un tiempo de 5 horas.
- Las diferencias de tensión por elemento mayores para las baterías ácidas, es razón por la cual se requiere menor cantidad de elementos ácidos que del tipo alcalino para disponer de una tensión determinada.

TENSION	BAT. ACIDAS V/e	BAT. ALCALINAS V/e
al final de la carga	2.73	1.75
al principio de descarga	2.2	1.3
media de descarga	2.0	1.2
al final de la descarga	1.8	1.0

.....

La importancia de las baterías alcalinas por haber superado el problema de la sulfatación es muy grande para instalaciones estacionarias, razón por la cual es elemento muy útil en centrales eléctricas y en todos aquellos lugares donde se precise almacenar energía - en condiciones similares. El bajo precio y el alto voltaje obtenido con baterías ácidas son los principales motivos que llevan a no usar las baterías alcalinas a pesar de ser mucho más perfectas y en consecuencia de poseer envidiables ventajas sobre ellas.

2.5.4.5. BATERIAS EN SERVICIO

Para la carga de los acumuladores debe disponerse de una fuente de energía eléctrica cuya tensión deberá ser mayor a la tensión en circuito abierto de la batería, la fuente de alimentación ha de ser de corriente continua o en su defecto de corriente alterna con rectificador. (4)

A veces la fuente de carga puede estar suministrando simultáneamente corriente continua a la batería y a un circuito de utilización, en éste caso la batería puede

.....

estar funcionando en floating o también en tampón. Una batería funciona en floating cuando manteniendo una tensión constante pasa por ella una pequeña corriente de carga que compensa las pequeñas variaciones de corriente de descarga debidas a envejecimiento, temperatura, estado real de carga, etc. de la batería. Funciona en tampón cuando se emplea para compensar variaciones bruscas de carga en el circuito de utilización; es decir, está sometida a continuas cargas y descargas parciales.

En resumen, una batería puede emplearse en diferentes clases de servicio, de las cuales las principales son:

- 1) Servicio exclusivamente de batería; cuando se conecta al circuito de utilización durante la descarga y al de alimentación durante la carga.
- 2) Servicio de compensación; cuando se conecta tanto al circuito de utilización como también a la fuente de carga para cubrir las puntas de corriente y mantener constante la tensión funcionando en tampón.

.....

- 3) Servicio en paralelo, en disposición de actuar; cuando funcionando en floating alimenta la carga mientras es necesario sin que se produzca ninguna interrupción del servicio.
- 4) Servicio con conmutación, en disposición de actuar; cuando estando en reposo y convenientemente cargada, se presenta una falla en la red que obliga a conectar la batería al consumidor, se denomina también - servicio de socorro.

2.5.5 UTILIZACION DE RECTIFICADORES

2.5.5.1 GENERALIDADES

Un rectificador es un elemento de circuito no lineal que cuando el campo existente entre sus bornes posee un cierto sentido, ofrece una resistencia finita; y si dicho campo tiene sentido opuesto al anterior, la resistencia es muy elevada. En un circuito, un rectificador actúa como un dispositivo de retención permitiendo que las cargas circulen en un solo sentido.

.....

Ahora bien, la forma más simple de obtener una corriente continua es a partir de una corriente alterna. Los circuitos con los cuales es posible convertir una corriente alterna en continua son los rectificadores cuyo principio de operación se basa en la utilización de la característica de conducción unidireccional que ellos tienen.

Los rectificadores pueden estar constituidos a base de tubos al vacío o de rectificadores estáticos (llamados también diodos o semiconductores). Un equipo rectificador de tubos al vacío es más caro, más complejo y demanda mayor mantenimiento que uno de semiconductores - razón por la cual en la actualidad es raramente utilizado dentro del sistema de alimentación y carga de baterías en corriente continua. El método más empleado debido a su menor costo, buen rendimiento, larga duración y mínimo mantenimiento es aquel que utiliza rectificadores estáticos de selenio o silicio.

Los rectificadores sean monofásicos o trifásicos se conectan a las barras del tablero de distribución de los servicios auxiliares de c.a.

.....

2.5.5.2 CLASES DE RECTIFICADORES

Los tipos de rectificadores más empleados para la transformación de corriente alterna en continua y la alimentación de los circuitos que requieren de ésta última - para su operación, como también para la carga de baterías, son: (4)

- a) circuitos rectificadores con fuente de C.A. monofásica, y
- b) circuitos rectificadores con fuente de C.A. trifásica.

2.5.5.2.1 CON FUENTE DE C.A. MONOFASICA

Cuando se dispone de una fuente de alimentación de C.A. monofásica, se utiliza especialmente el rectificador de montaje en puente de Graetz, arreglo por intermedio del cual se obtiene la rectificación de onda completa. El esquema de conexiones de éste tipo de rectificador tiene cuatro elementos rectificadores montados como se indica en la figura 5(a).

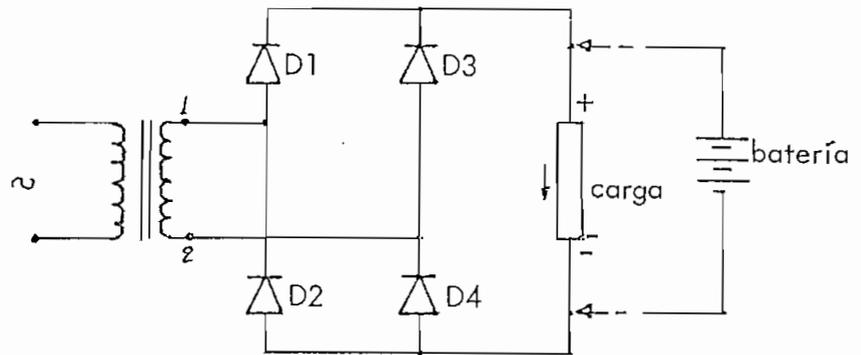
.....

La operación del circuito de la figura 5(a) es como sigue: si el borne 1 es positivo, se polarizan los diodos D1 y D4 permitiendo el paso de la corriente desde el borne 1 al borne 2 a través de D1, la carga y D4.

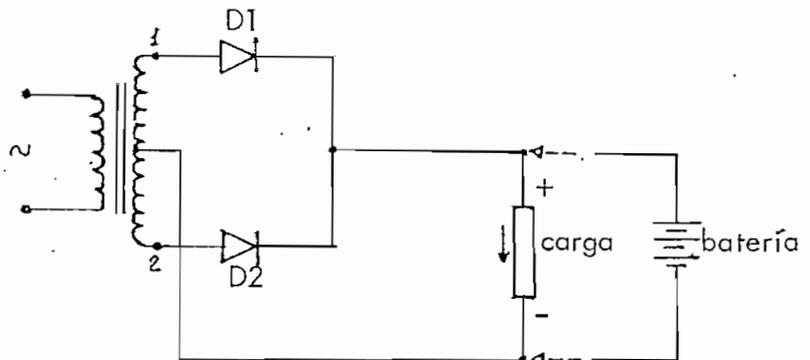
Al cambiar la polaridad del borne 1 de positivo a negativo, se polarizan ahora los diodos D2 y D3 y se establece el paso de la corriente del borne 2 al borne 1 a través del diodo D3, la carga y D2. Se observa que en la carga la corriente tiene la misma dirección en ambos casos (de + a -), se puede entonces conectar en paralelo a ella una batería que requiera de carga, convirtiéndose el puente en un cargador de baterías con alimentación simultánea a un circuito de utilización.

Existe otro circuito rectificador que también es utilizado con mucha frecuencia y es el que trae el montaje push-pull o de punto neutro; en él la alimentación de alterna se realiza por intermedio de un transformador con una toma en el punto medio de su secundario, toma que se conecta a uno de los terminales de la carga; el otro terminal de la carga se conecta al punto común de los diodos tal como se indica en la figura 5(b).

.....



a. Montaje en puente de Graetz



b. Montaje push pull o de punto neutro

Figura 5. Rectificador con fuente de C.A monofásica

Este circuito opera así: cuando el borne 1 del secundario del transformador es positivo, se polariza el diodo D1 y se establece la circulación de la corriente, desde el borne 1 al borne m de la toma media, por el diodo D1 y la carga. Si en cambio, el borne 1 es negativo, se polariza el diodo D2 estableciéndose ahora la circulación de la corriente desde el borne 2 al borne m, por el diodo D2 y la carga. Del mismo modo que en el circuito anterior, la corriente atraviesa la carga en un solo sentido para ambos casos, puede entonces conectarse también una batería a los terminales positivo y negativo de la carga y el rectificador es ahora un cargador que alimenta a la batería y al circuito de utilización.

Este último montaje en push-pull se utiliza especialmente en los rectificadores de válvula, en donde el número de circuitos del rectificador debe reducirse al mínimo, sin embargo con respecto al puente de Graetz tiene las siguientes desventajas: (4)

- a) La tensión necesaria para alimentar un montaje en puente es prácticamente menor a la tensión que queda en bornes del secundario del transformador del

push-pull; es igual a la mitad.

- b) En el montaje en push-pull debe emplearse un transformador con toma media, lo cual es un inconveniente en relación al montaje en puente en la cual no es necesario.

- c) Por el detalle anterior, la toma media del secundario del transformador del montaje en push-pull debe ser exacta, es decir debe dividirse el devanado secundario en dos partes exactamente iguales; de no ser así, el reparto no equilibrado de la corriente en el transformador puede traer problemas en el funcionamiento del conjunto.

2.5.5.2.2 CON FUENTE DE C.A. TRIFÁSICA

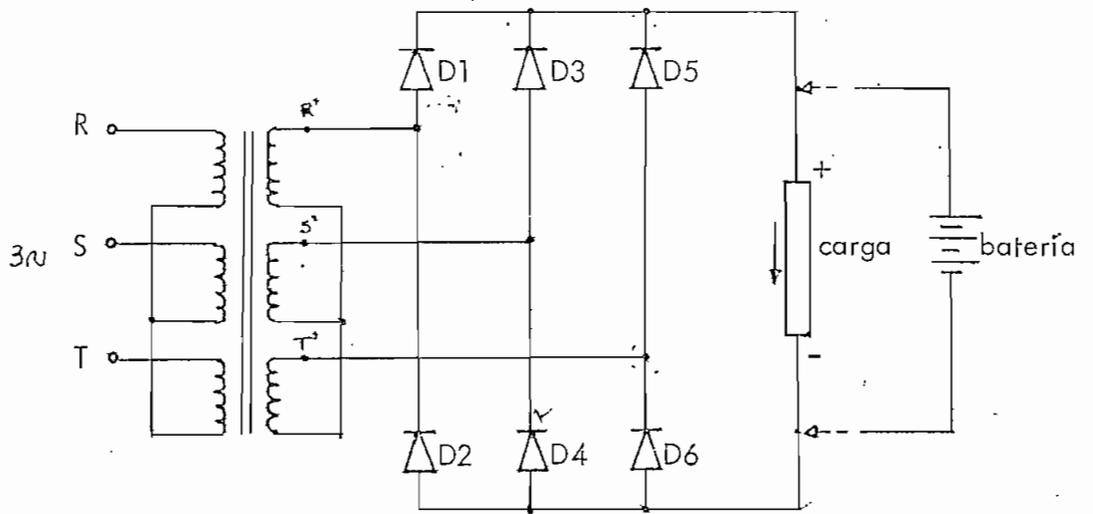
La obtención de C.C. desde una fuente de C.A. trifásica se la realiza generalmente a través de un montaje trifásico en puente, el cual consta de un transformador trifásico y un circuito rectificador formado por 6 diodos que se conectan como se indica en la figura: 6(a). (4)

Con este arreglo se aprovechan las dos componentes al-

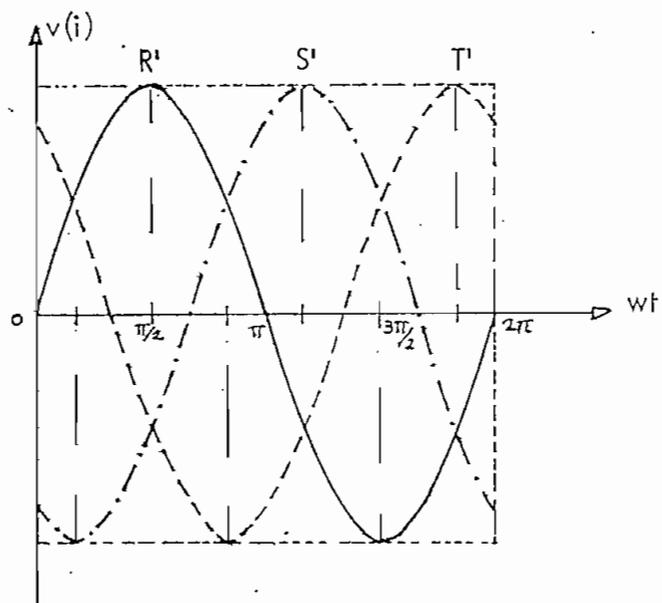
.....

ternas de la corriente y se obtienen seis impulsos de corriente por período cuya suma es la corriente continua total que pasa por la carga en una sola dirección. El funcionamiento o polarización de dichos diodos se debe al mayor y menor potencial al que se encuentran en un momento dado los bornes R', S' y T' del secundario del transformador trifásico. Por ejemplo, analizando para un período de $\omega t = 2\pi$ el potencial que van teniendo cada uno de los bornes R', S' o T' con respecto a los otros dos, se observa del diagrama V- ωt de la figura 6(b) que para un instante $\omega t = 0$, el borne T' está a un potencial mayor que los bornes R' y S' y, a la vez el borne R' a uno mayor que el S'; en estas condiciones se polarizan los diodos D5, D2, D4 y D1 por los cuales circula la corriente en dirección a la carga conservando al pasar por ésta última, el mismo sentido. Si ahora el ángulo es de $\omega t = \pi/2$, el potencial en R' es mayor que el de S' y T' (para éstos últimos es igual) polarizándose en éste caso los diodos D1, D4 y D6. El análisis para otros valores de ángulos se lo hace siguiendo el mismo razonamiento, encontrándose los siguientes resultados:

.....



(a)



(b)

Figura 6. Rectificador con fuente de C.A trifásica

a. Montaje trifásico en puente

b. Variación del potencial respecto al tiempo

$\omega t = 0,$	conducen: D1, D2, D4 y D5
$\omega t = \pi/2,$	conducen: D1, D4 y D6
$\omega t = \pi,$	conducen: D1, D2, D3 y D6
$\omega t = 3\pi/2,$	conducen: D2, D3 y D5
$\omega t = 2\pi$	conducen: D1, D2, D4 y D5

Ahora bien, por el hecho de que el paso de la corriente rectificada por la carga es en el mismo sentido, entonces puede conectarse también en paralelo a ella un banco de baterías y se obtiene así un cargador trifásico de baterías que suministra tensión continua a un circuito de utilización.

2.5.5.3 RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO O TIRISTOR (SCR).

Un circuito rectificador cuya función es también cargar un conjunto de baterías, necesita de un control de regulación de la corriente de carga por dos razones fundamentales: a) la tensión de los elementos de la batería aumenta durante la carga, y b) pueden producirse fluctuaciones en la tensión de la red. De entre los varios métodos de regulación de cargadores de baterías con alimentación de C.A., uno de los más importantes es aquel

.....

cuya función de regulación se basa en el empleo de tiristores. (4)

El tiristor o rectificador controlado de silicio (SCR) es un elemento que se controla por medio de un electrodo de mando llamado también rejilla, de manera que mientras éste tercer electrodo no actúe, el tiristor presenta una gran impedancia en ambos sentidos lo que equivale a un circuito abierto en ese punto. El paso del estado de bloqueo al de conducción se establece mediante impulsos de cebado enviados a través del electrodo de mando con los que puede controlarse el tiristor externamente; para volver al estado de bloqueo debe anularse la tensión entre sus bornes o lo que es lo mismo disminuir la corriente de carga por debajo del llamado valor de sostenimiento. Si se varía el retardo del impulso de cebado, es decir el ángulo de alternancia positiva durante el cual conduce el tiristor, se varía la parte alterna rectificada y con ello el valor medio de la corriente rectificada, consiguiéndose así una magnitud continua regulable. El ángulo durante el cual conduce el tiristor se denomina ángulo de conducción y puede re

.....

gularse entre 0° y 180° ;

2.5.5.3.1 VENTAJAS DE UTILIZACION

Son muchas las ventajas prácticas que ofrecen los tiris-
tores razón por la cual en la actualidad han adquirido
gran importancia y se los ha utilizado en la mayoría de
industrias para asegurar la eficacia de los dispositivos
de seguridad tales como alarmas contra robo e incendio
y, en centrales eléctricas y subestaciones para aumen-
tar la seguridad de los circuitos de señalización y alar-
ma.

Entre las ventajas más sobresalientes de los rectifica-
dores de silicio controlados, se encuentran principal-
mente: (4)

- a) vida útil extraordinariamente grande
 - b) mantenimiento practicamente escaso
 - c) regulación continua entre amplios límites
 - d) puesta en servicio instantánea
 - e) reducción de los circuitos de refrigeración debido
-

a la disminución de las pérdidas.

- f) disminución del ruido respecto a los cargadores -
constituídos por máquinas rotativas.
- g) debido a la ausencia de inercia mecánica como a la
reducida potencia de mando requerida, la regulación
es sumamente rápida.

2.5.5.3.2 MONTAJES DE RECTIFICADORES CON TIRISTORES.

Los tiristores pueden arreglarse en múltiples formas, las más utilizadas son las mismas que corresponden a los rec
tificadores convencionales o diodos. Puede ser que la -
tensión de la red de alimentación del rectificador de ti
ristores, le permita conectarse a ella directamente sin
la necesidad de transformador previo, lo cual es una gran
ventaja sobre los demás tipos de rectificadores secos. (4)

Los montajes más utilizados con el empleo de rectificado
res controlados de silicio son: a) montaje monofásico en
puente de Graetz y, b) montaje mixto en puente trifásico.

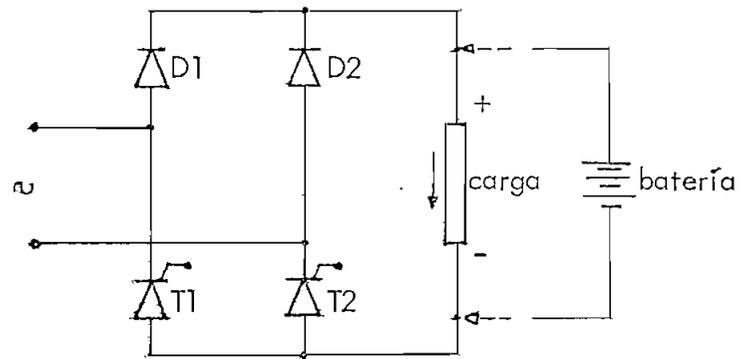
.....

El montaje monofásico en puente de Graetz consta de dos tiristores y dos rectificadores de silicio normal, conectados en la forma como se muestra en la figura, 7(a). Puesto que en cada alternancia la corriente atraviesa dos rectificadores en serie, entonces es suficiente que solamente uno de ellos sea un tiristor para el control de la corriente de carga, se consigue entonces una economía debida a la diferencia de precio entre un rectificador de silicio normal y uno de silicio controlado.

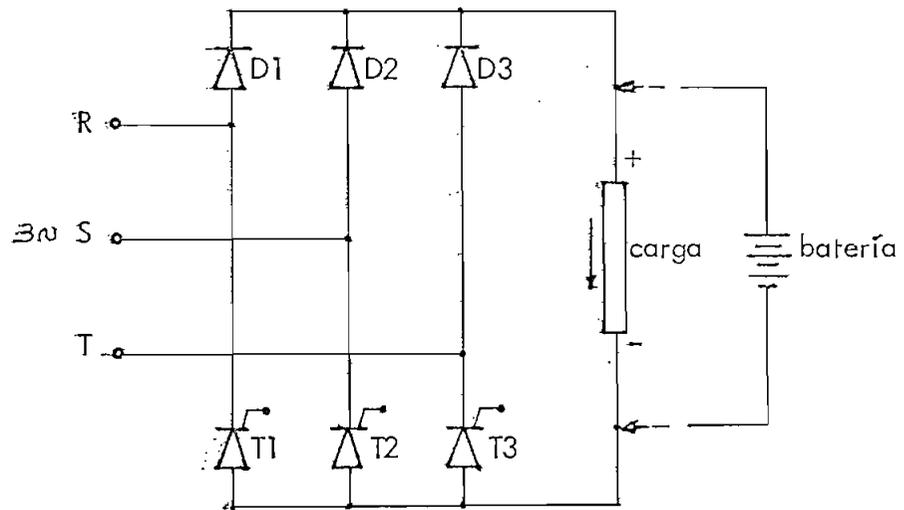
El montaje mixto en puente trifásico se utiliza cuando la fuente de alimentación es trifásica; por la misma ca racterística de circulación de la corriente por dos rec tificadores en serie, consta de 3 tiristores y 3 recti ficadores sin control, con lo que se consigue una evi - dente economía por la diferencia de costo que hay entre ellos. El montaje mixto en puente trifásico se lo rea liza como se muestra en la figura, 7 (b).

En cada uno de los circuitos rectificadores hasta aquí expuestos, se ha considerado que como parte de la carga puede estar incluido un banco de baterías que requiere

.....



(a)



(b)

Figura 7. Rectificador con tiristores

- a. Montaje monofásico en puente de Graetz
- b. Montaje mixto en puente trifásico

de una cierta corriente (carga flotante) para mantener el nivel de carga a un valor constante y en condiciones para entrar en servicio en caso de interrupción de la alimentación proporcionada por la red. En estas circunstancias - el rectificador o cargador debe cumplir tres objetivos importantes:

- a) satisfacer las necesidades de la utilización
- b) mantener constante la carga del banco de baterías
- c) recargar automáticamente el banco de baterías luego que se ha repuesto la alimentación de la red ocasionada su interrupción por cualquier motivo.

Un circuito que reúne éstos requerimientos es el que indica la figura 8.

2.5.6 TRANSFORMADOR DE SERVICIOS.AUXILIARES

2.5.6.1 GENERALIDADES

Como ya se ha indicado, cualquiera que sea la fuente de corriente alterna (barras principales, terciario o línea

.....

de distribución), energiza a los circuitos de servicios auxiliares, por intermedio de un transformador que bien puede ser un transformador monofásico, una sola unidad trifásica o un banco de tres unidades monofásicas.

Sabemos bien que un transformador trifásico hace a la instalación más ordenada y compacta, reduce el número de bushings, válvulas y accesorios que están sujetos a inspección y mantención y sobre todo, reduce el tiempo de instalación y el costo. Un banco de tres transformadores monofásicos en cambio, tiene la ventaja de menor peso por unidad, mayor familiarización con el personal mínima posibilidad de avería en las otras dos fases cuando la tercera ha fallado y, permite la operación en delta-abierta a capacidad reducida que no es posible cuando se utiliza una sola unidad trifásica. (11)

2.5.6.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las características del transformador trifásico o de los tres monofásicos dependen de factores como: la tensión del sistema, la carga o equipo auxiliar que se necesita

.....

alimentar, la frecuencia, etc.; factores que van a determinar en el transformador la capacidad, las tensiones primaria y secundaria y relación de transformación, el nivel básico de aislamiento (BIL), la necesidad de disponer de derivaciones para cambio sin carga, el equipo de protección, etc.; como también las conexiones de los devanados primario y secundario del transformador,

Otras características que son importantes definir son: el tipo de enfriamiento o refrigeración de sus devanados y además, los detalles de ubicación de la instalación. Esto es, el transformador puede ser del tipo seco AA-enfriamiento en aire, o en su defecto del tipo OA-enfriamiento en aceite; el transformador del tipo seco es aplicable cuando la instalación de la unidad es interior dentro del mismo cubículo de distribución de los servicios auxiliares y, se emplea un transformador más barato (en aceite) cuando éste va a estar localizado a la intemperie. Cabe anotar que en instalaciones a la intemperie se requiere de un mantenimiento periódico debido a las inclemencias del tiempo

.....

y a su funcionamiento continuo para prever la ocurrencia de fallas de importancia, cuidados que no son necesarios en instalaciones protegidas bajo cubierta. (3)

Se puede utilizar para llevar energía desde las fuentes hasta los servicios auxiliares, cualquiera de los siguientes tres tipos de transformadores: (14), (17)

- a) Standard, o del tipo convencional que viene desprovisto de toda clase de protección. Cuando se instala debe protegerse con cortadores de expulsión en el lado primario y pararrayos.
- b) Semi-protegido, que ya tiene protección de pararrayos. En caso de instalación debe protegerse con cortadores de expulsión en el lado primario.
- c) Completamente protegido, o del tipo CSP que incluye en su diseño mecanismos de protección capaces de prevenir la avería de la unidad cuando está sujeta a condiciones eléctricas que probablemente dañarían a transformadores convencionales.

.....

Este transformador trae incorporados dispositivos de desconexión, medida y regulación de voltaje, que hacen de su operación una de las más confiables; se conecta directamente a la fuente sin necesidad de cortadores.

CAPACIDAD

El valor de la capacidad del transformador o transformadores de servicios auxiliares depende de la magnitud de la potencia demandada por la carga auxiliar, valor que está en proporción con el tamaño físico de la subestación y que puede ir desde menos de 100 KVA en subestaciones pequeñas y medianas, hasta más de 2.000 KVA en las subestaciones más grandes. En el primer caso, o sea para subestaciones pequeñas y medianas será suficiente el empleo de un solo grupo transformador ($1 \times 1\emptyset$, $3 \times 1\emptyset$ o $1 \times 3\emptyset$) con capacidad igual a las exigencias; y en el segundo caso, va a ser indispensable el uso de uno o dos grupos transformadores más grandes para poder cubrir las necesidades de los auxiliares

Para todos los casos, la capacidad del transformador -

....

empleado para el servicio auxiliar de una subestación en KVA está en el orden de los valores adoptados para transformadores de distribución. Se encontrarán entonces unidades de capacidades estandarizadas, según las normas NEMA por ejemplo, que determinan para transformadores de distribución monofásicos y trifásicos - estos valores normales:

Transformadores monofásicos: 3, 5, 10, 25, 37.5, 75.
 .100, 167, 250, 333,
 500 KVA

Transformadores trifásicos : 9, 15, 30, 45, 75, 112.5,
 150, 225, 300, 500 KVA

Es importante indicar que el transformador de servicios auxiliares debe tener tal capacidad que sea suficiente para atender las cargas propias de la subestación y la carga correspondiente a equipos de mantenimiento de uso transitorio como son por ejemplo: filtros de aceite, compresores, soldadoras, etc. En efecto, puede darse el caso que en una subestación se ha visto conveniente reem

.....

plazar sus interruptores originales (del tipo en aceite), por otros más recomendables del tipo neumático; - hay en éste caso necesidad de la instalación de una estación de aire comprimido lo cual en subestaciones sin ninguna potencia auxiliar de reserva, determina considerables inversiones.

El transformador puede operar a la potencia nominal (KVA) hasta con una tensión secundaria de 15% mayor que la nominal y puede soportar la operación sin carga hasta una tensión del 10% mayor que la nominal. (11)

2.5.6.3 CONEXION DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Son cuatro las principales formas de conexión de los devanados primarios y secundarios de un transformador, sea éste una unidad trifásica o un banco de 3 unidades monofásicas: en Y-Y, delta-Y, Y-delta o delta-delta. Cada una de estas conexiones se muestran en la figura 9.

De la forma de conexión de los devanados primarios y secundarios dependen los valores de: tensión y corrient

.....

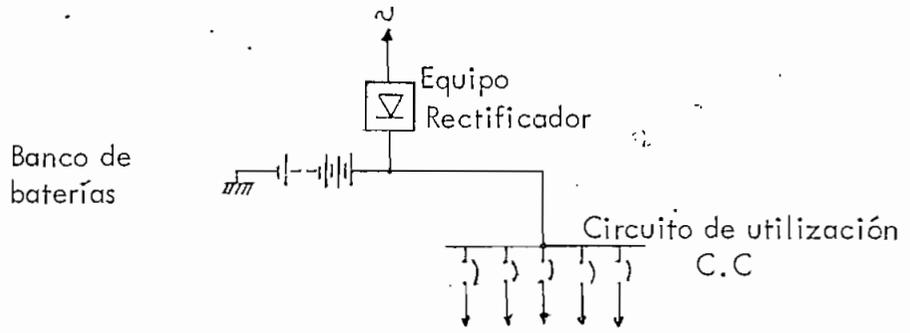


Fig. 8. Circuito de alimentación de C.C y utilización

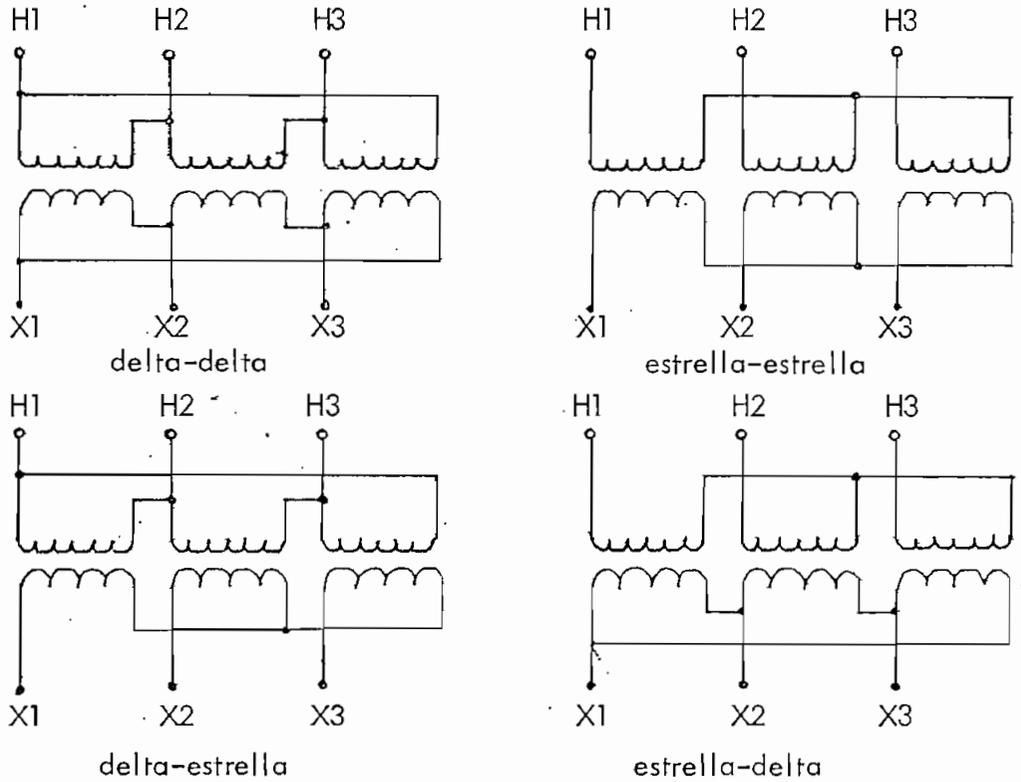


Fig. 9. Conexión de los bobinados del transformador en S.A

te de fase, y tensión y corriente de línea, magnitudes que nos interesa saber sobre todo en los terminales de los bobinados del secundario del transformador que alimenta el tablero de distribución del que se derivan todos los conductores que suministran energía a las cargas que representan los servicios auxiliares. Hay que recordar que en una conexión delta la tensión de línea es igual a la de fase y la corriente de línea es igual a $\sqrt{3}$ veces la de fase; de igual manera para el caso de conectarse en Y, la tensión de línea es $\sqrt{3}$ veces la de fase, en tanto que son iguales las corrientes de línea y de fase. Se seleccionará la conexión de los devanados atendiendo a las necesidades de tensión que tienen los circuitos a servirse y a las facilidades que presente para la puesta a tierra de los mismos, que es muy importante dentro de la protección. (9)

La conexión Y-Y es la más utilizada y preferida para transformadores de distribución de pequeña y mediana potencia, con conductor neutro en el secundario y pequeño desequilibrio entre las cargas de las fases. Permite sacar un neutro en el primario y en el secundario,

.....

el del secundario se emplea en redes de baja tensión y el del primario para la propia protección del transformador mediante la puesta a tierra. Las ventajas citadas se han de tener en cuenta solamente cuando las cargas entre fases están equilibradas porque en caso contrario se presentarían perturbaciones lo que hace aconsejable la elección de otro tipo de conexión. La conexión más práctica es la Y y O. (11)

La conexión Y-delta se utiliza para alimentar cargas trifásicas y monofásicas cuando no se requiere un sistema trifásico con neutro en el lado secundario de baja tensión. De los posibles grupos de conexión el más utilizado es el Yd5 aunque algunas veces se emplea también el Yd11. El punto neutro del primario puede ponerse a tierra como protección y, como en el secundario no es posible instalar neutro, no se puede proteger mediante la puesta a tierra ni es posible alimentar redes de 4 conductores. (11)

La conexión Delta-delta puede utilizarse cuando ni el lado primario ni el secundario requieren una conexión

trifásica con neutro. En la práctica se emplean las conexiones Dd0 y Dd6 para aplicación en los circuitos de baja tensión principalmente en donde la corriente de carga es mayor. Al no disponerse de neutro en el lado de alta ni en el de baja, no es posible la protección a tierra ni la alimentación de redes de 4 conductores, inconvenientes que limitan extraordinariamente su campo de aplicación. (11)

La conexión Delta-y es frecuentemente usada en transformadores de reducción cuando se necesita una conexión del neutro en baja tensión; es muy útil para la alimentación de cargas desequilibradas por no provocar la circulación de flujos magnéticos en el aire que se compensan magnéticamente en los 3 bobinados. En caso de redes de distribución puede establecerse un sistema sencillo de protección de la red secundaria, poniendo a tierra el neutro de la estrella y el sistema se transforma en uno trifásico de 4 hilos. (11)

Los servicios auxiliares son un conjunto de cargas prácticamente desbalanceadas que requieren de un sistema no

.....

complicado de protección razón por la cual normalmente se utiliza un transformador con sus devanados en conexión Delta-y con el neutro del secundario puesto a tierra. (11)

2.5.7 TENSIONES DE ALIMENTACION EMPLEADAS PARA SERVICIOS AUXILIARES

2.5.7.1 GENERALIDADES

La selección de la tensión ya sea de generación, transporte o distribución de la energía, está sujeta a nuevas tendencias que en materia de desarrollo de los sistemas eléctricos han hecho mucho caso a los resultados obtenidos de la realización a largo plazo de múltiples estudios técnico-económicos que han determinado el cambio de las tensiones actuales de los sistemas a otros valores más altos que mejoran las condiciones técnicas y económicas del servicio eléctrico en general. Por ejemplo (en nuestro país) en la zona de altas y muy altas tensiones se ha previsto adaptar las redes existentes a tensiones mayores de 138 kV como 230 kV y 400 kV; en media tensión se ha creído conveniente el

.....

paso a 13.8 kV de los valores de 2.4 kV y 6.3 kV; y, en la zona de baja tensión se trata de llevar el nivel trifásico de 208-220 V a otro mayor más adecuado.

Desde luego, los valores normalizados para las diferentes zonas de tensión cambian de uno a otro país de acuerdo a las consideraciones propias de cada uno de ellos. Desafortunadamente en nuestro medio no se ha hecho un buen trabajo de normalización de los valores que de tensión resultarían más aconsejables para el servicio en baja tensión por ejemplo, zona en la cual se adoptan los valores comúnmente especificados en su mayoría por las normas americanas.

Al ser las instalaciones eléctricas de los servicios auxiliares líneas de baja tensión como: instalaciones de alumbrado, comunicación y fuerza motriz, se utilizan para ellas tensiones de 208 - 220 - 380 V para las cargas trifásicas y de 120 - 127 - 220 V para las cargas monofásicas, adecuándose en ciertos casos tensiones de 480V o más cuando hay que mover cargas motorizadas grandes (como en centrales eléctricas). (12), (18)

.....

2.5.7.2. TENSIONES DE ALIMENTACION DE LOS CIRCUITOS DE C.A.

Las instalaciones eléctricas en baja tensión de los servicios auxiliares emplean valores de tensión que para corriente alterna monofásica y trifásica son los siguientes:

Tensión alterna monofásica : 120 V, 240 V

Tensión alterna trifásica :

entre fases 208 V, 220 V, 380 V, 480V

entre fase y neutro 120 V, 127 V, 220 V, 277V

En las instalaciones actuales se utiliza preferentemente la corriente alterna trifásica con neutro a 208V/120V - 220V/127V - 380V/220V, manteniéndose para instalaciones posteriores la posibilidad de aumentar estos niveles por el ahorro que se obtiene en el volumen del cobre a tensiones mayores.

Cargas trifásicas como calefactores, rectificadores, ma-
quinaria del taller, bombas, ventiladores, etc. y algunos
circuitos de iluminación, se alimentan con tensión trifá
sica a 208-220-380 V; la tensión fase-neutro de 120- 127-

.....

220 V se utiliza para iluminación en general. Debe tenerse presente que cuando se trata de una ampliación, - las tensiones a utilizarse guardan estrecha relación - con las existentes.

2.5.7.3 TENSIONES DE ALIMENTACION DE LOS CIRCUITOS DE C.C.

Los valores de tensión continua que se utilizan para la alimentación de los circuitos de corriente continua de los servicios auxiliares de una subestación pueden ser: 24, 48, 120, 125, 220, 240, 440, V (19) :

De entre estos valores, los más utilizados dependiendo de la carga son: 24 V en señalización de tableros para alarma por circulación de corriente en el neutro de los transformadores principales; 48 V en señalización, equipo carrier, motor de interruptores de pequeño volumen - de aceite, etc.; 125 V en protección, alarmas y señalización, comando de interruptores y seccionadores, protección diferencial de barras, transformadores y autotransformadores, y alumbrado de emergencia. Esta tensión - continua se la obtiene por medio de rectificadores de C.A.

.....

cuyo transformador debe ser de una relación tal que en los terminales de salida del rectificador, aparezca el valor de tensión deseado, valor que también debe aparecer entre bornes del banco de baterías para que éstas entren en servicio cuando sea necesario.

2.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESQUEMAS UTILIZADOS PARA ALIMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE UNA SUBESTACIÓN.

2.6.1 GENERALIDADES

Por depender la seguridad operacional de la subestación del funcionamiento de los servicios auxiliares, debe entonces realizarse un estudio de los posibles esquemas - con las consideraciones necesarias para obtener una elevada confiabilidad de los mismos. (1), (2)

Los factores que intervienen en la elección de un esquema básico de un sistema eléctrico cualquiera pueden ser:

- a) las funciones que debe desempeñar el sistema,
- b) los costos de realización de los diferentes posibles esquemas, y

....

- c) el grado de seguridad de cada uno de estos posibles esquemas.

Es absolutamente necesaria una adecuada operación de los circuitos auxiliares por depender de ellos el accionamiento de múltiples aparatos imprescindibles en la operación de los elementos constitutivos de la subestación. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que se trata de obtener el mejor servicio al menor costo, sin descuidar el mayor o menor grado que de seguridad pueden brindar uno u otro diseño.

2.6.2

ESQUEMAS UTILIZADOS

Los esquemas de alimentación de los servicios auxiliares de subestaciones y centrales no se han normalizado y se planifican considerando las circunstancias particulares de cada proyecto y atendiendo principalmente a la importancia de la estación (transformadora o generadora) en cuanto a la capacidad instalada. Cabe anotar que la potencia demandada por los servicios auxiliares de una central es considerablemente mayor a la demanda por los au-

....

xiliares de una subestación, debiéndose ésta diferencia principalmente a que en la central generadora hay la necesidad de alimentar además de los servicios propios de la subestación elevadora, los servicios auxiliares de turbinas y generadores que requieren de una mayor capacidad para su funcionamiento. Por éstas particularidades, los esquemas que se necesitan en centrales eléctricas son más complejos que los requeridos en subestaciones y aún, aquellos necesarios para las primeras son más o menos complicados según sean centrales hidráulicas, térmicas, a gas, etc.

Se observa entonces que la complejidad de los esquemas a utilizarse depende de las características propias de la subestación respecto al número de elementos constitutivos que hay que auxiliar en estos esquemas.

Cualquiera que sea el caso, el esquema previsto para los servicios auxiliares deberá fundamentalmente constar de:

- a) fuente de alimentación de los servicios de C.A.
- b) barras de distribución de los servicios auxiliares de C.A. (tableros de distribución de C.A.)

....

- c) fuente de alimentación de los servicios de C.C.
- d) barras de distribución de los servicios auxiliares de C.C. (tableros de distribución de C.C.)

La fuente de alimentación en C.A. como ya se lo ha expuesto anteriormente pueden ser las barras de la subestación, los terciarios de los transformadores principales o la línea de distribución del lugar, por intermedio de un transformador de servicios auxiliares cuyo secundario alimenta las barras de distribución de C.A. En grandes centrales, la fuente de alimentación puede también ser un grupo diesel de emergencia o un grupo hidráulico. La fuente de C.C. puede constituir un banco de baterías y/o un equipo rectificador que se conectarían a las barras de C.C. Las barras distribuidoras de C.A. y C.C. que se montan dentro de tableros de distribución - llamados cubículos o paneles de servicios auxiliares, - pueden ser de cobre o de aluminio y se instalan dentro de los tableros sujetándolas a ellos empleando accesorios adecuados para este fin.

El esquema más sencillo empleado en la alimentación de

....

los auxiliares de C.C. y de C.A. en subestaciones, es el que se muestra en la figura 10. (1)

En subestaciones importantes es conveniente transformar el esquema anterior en otro más ordenado y sofisticado - para una mejor distribución y operación de las instalaciones de C.A. y C.C. Se disponen en éste caso grupos de barras separados atendiendo a los requerimientos de: servicios generales de C.A., servicios generales de C.C., iluminación de emergencia, fuerza motriz del taller mecánico para el fácil mantenimiento e inspección de los circuitos. Una concepción clara de éstas instalaciones se da en la figura 11.

En subestaciones de importancia fundamental dentro de un sistema de potencia interconectado, las cargas auxiliares pueden clasificarse dependiendo de la importancia de la función a ser desempeñada y tomando en cuenta que se obtendrá con ello una elevada confiabilidad. Esta clasificación que separa a los servicios auxiliares en: servicios esenciales o permanentes y servicios no esenciales, ha llevado a diseñar esquemas como el de la figura 12 en el que se prevé un grupo diesel de emergencia para

....

la alimentación de las cargas esenciales cuando han fallado por cualquier motivo las alimentaciones principal y de reserva. En el grupo de las cargas esenciales que no toleran interrupciones de cualquier orden se encuentran los equipos de protección, comando, señalización y alarma; las cargas consideradas esenciales que admiten tan solo interrupciones reducidas son: rectificadores, compresores asociados a los disyuntores, motores de los conmutadores bajo carga e iluminación de la casa de comando entre las principales. Algunas cargas no esenciales que admiten interrupciones de mayor duración pueden ser: equipos para refrigeración del ambiente, equipos de calefacción, etc.

En casos especiales como centrales y subestaciones en caverna, parte de los auxiliares esenciales lo constituyen ventiladores y extractores de aire accionados por motores alimentados a través de convertidores, por las baterías de C.C.

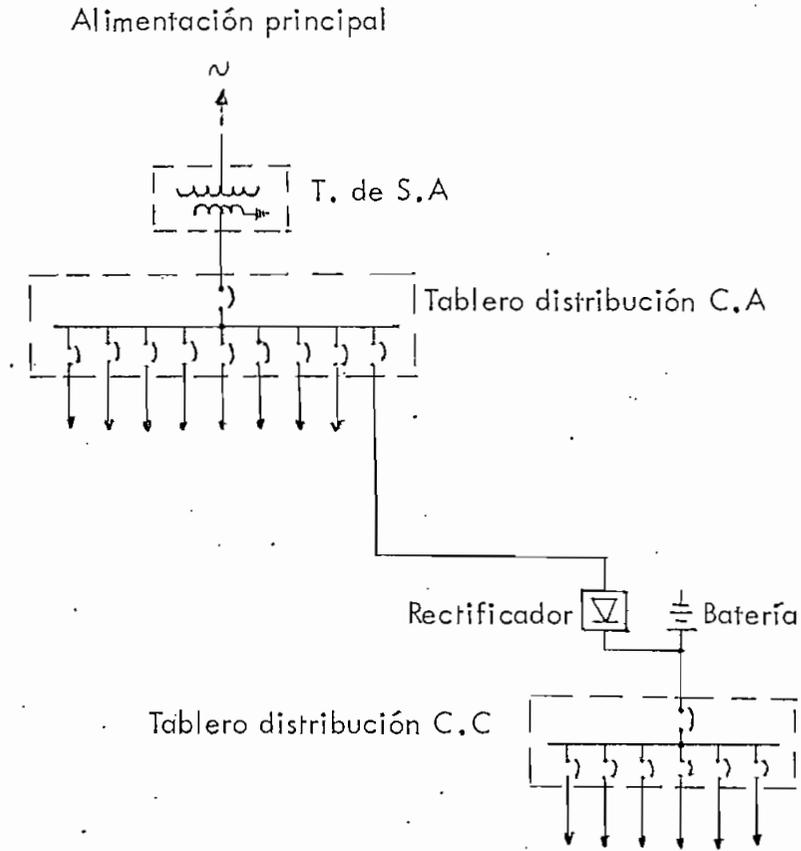


Figura 10. Esquema de servicios auxiliares de una subestación de pequeña importancia

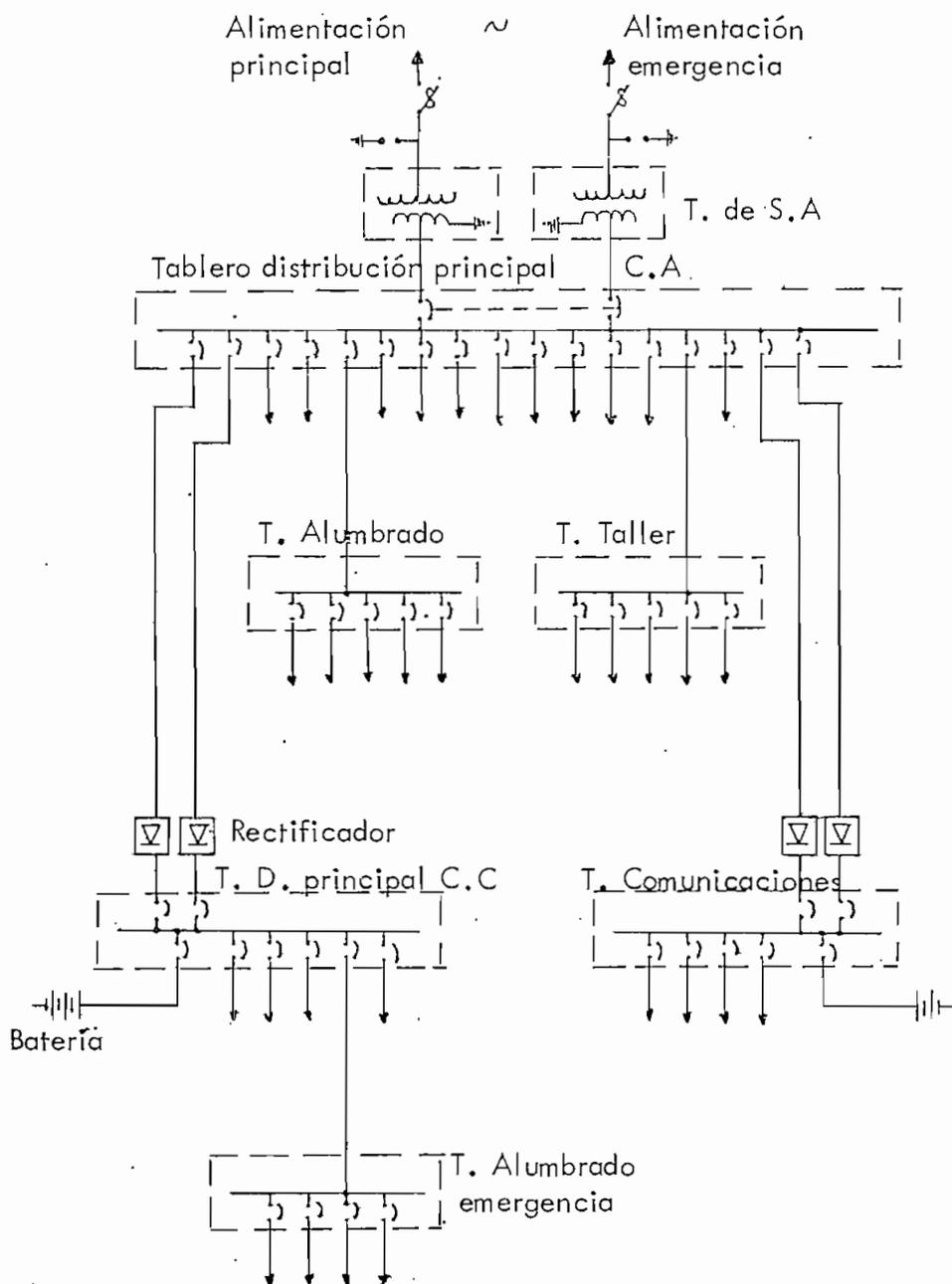


Figura 11. Esquema de servicios auxiliares de una subestación de importancia

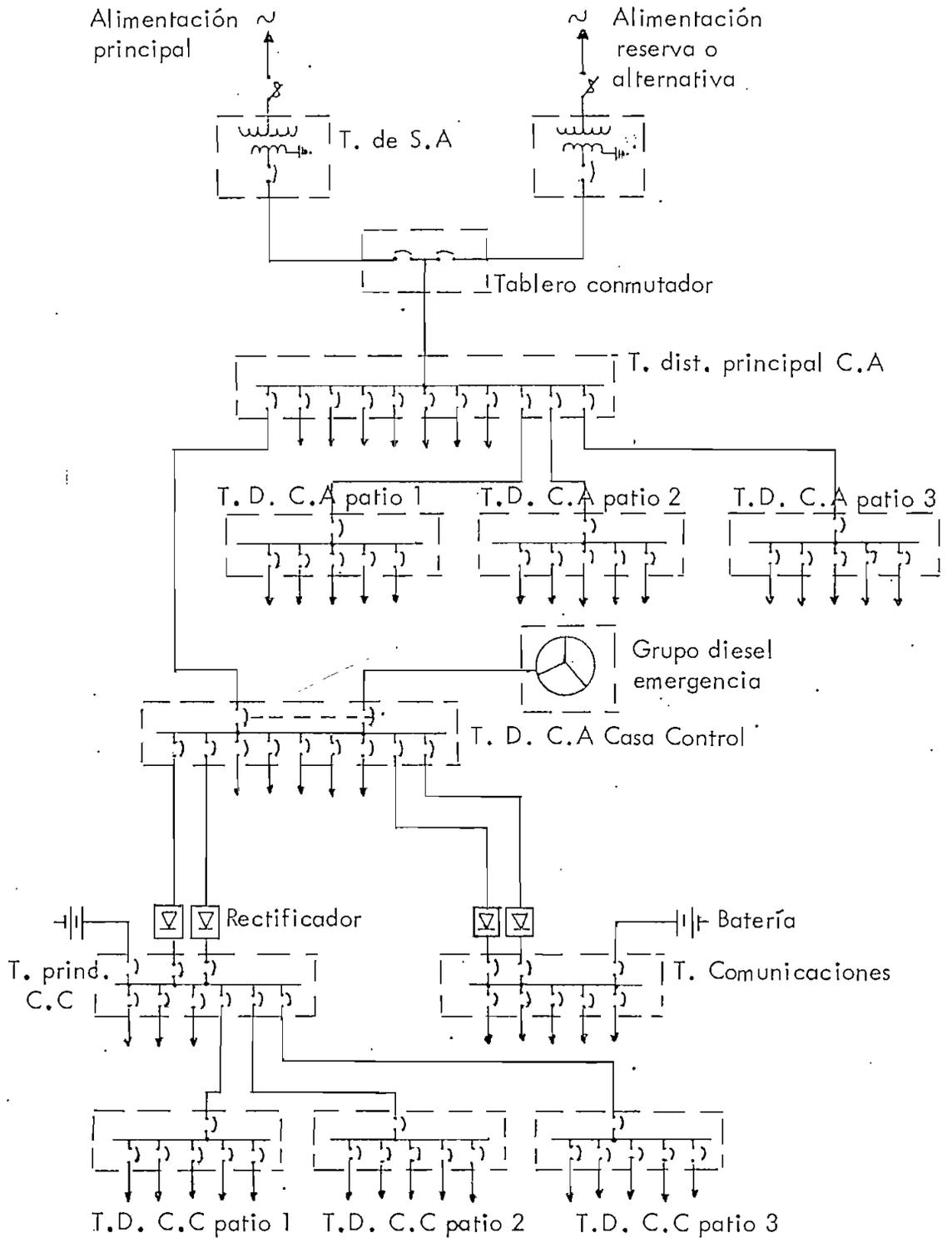


Figura 12. Esquema de servicios auxiliares de una subestación de gran importancia

C A P I T U L O I I I

3. P R O T E C C I O N Y M E D I C I O N D E S E R V I C I O S A U X I L I A R E S

3.1 I N T R O D U C C I O N

La operación correcta del sistema de los auxiliares de la subestación depende esencialmente del oportuno funcionamiento de las protecciones que deben actuar tan pronto se produzca alguna falla en cualquier parte de los circuitos instalados. Por esta razón los estudios de protección y medición deben encaminarse a la elaboración de diagramas simplificados para la protección y medición de los elementos que conforman el sistema de servicios auxiliares. Este estudio deberá también complementarse con la preparación de especificaciones técnicas para la provisión del equipo y materiales necesarios en la implementación de las instalaciones y la obtención de la máxima seguridad posible.

Los esquemas de protección deben desarrollarse basándose en el criterio de protección del equipo contra cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones, en una for-

ma selectiva, rápida y confiable para poder así disminuir al máximo los efectos que puedan producirse cuando se presenten estos tipos de fallas.

En la actualidad existen sistemas de protección y medición de elevada eficiencia que se diferencian en parte en lo que se refiere a su principio de funcionamiento y construcción, pero todos ellos son adecuados para satisfacer las exigencias del sistema de servicios auxiliares.

3.2 FALLAS DE SERVICIOS AUXILIARES DE UNA SUBESTACION.- CAUSAS.- CONSECUENCIAS.- MEDIDAS TOMADAS PARA AUMENTAR SU CONFIABILIDAD

3.2.1 TIPOS, CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS

En centrales y subestaciones se requiere llevar una estadística de las principales fallas sucedidas durante su operación, anotando el tipo y características de las fallas, las causas por las que se produjeron y las consecuencias inmediatas debidas a su presencia. Esta estadística que regularmente comprende los inconvenientes habidos en la operación de la subestación, también debe

r  incluir los problemas que por fallas en sus servicios auxiliares llevan a tomar medidas preventivas encaminadas a evitar o limitar la magnitud de los daños consiguientes.

3.2.1.1 FALLAS EN LOS CIRCUITOS DE C.A.

Las fallas más comunes que suelen presentarse en los servicios auxiliares de C.A son las de instalaciones de alumbrado y fuerza motriz en virtud de los cortocircuitos entre fase y tierra que se producen en el lado de baja tensión que alimenta a éstas cargas. Tales fallas pueden provocar la ausencia total de iluminación y aún, si la falla es de consideración, podría sacar del servicio a la subestación. En centrales térmicas, la salida de los ventiladores pueden hacer disminuir la potencia y en el caso más grave puede producir la salida de la planta generadora.

La incidencia de fallas del tipo bifásico es relativamente baja debido a que las acometidas en el

.....

transformador y en el tablero general de distribución se hacen con cable aislado, lo cual determina una poca posibilidad de ocurrencia de falla bifásica.

Por las mismas características de diseño anteriores, la falla trifásica tiene una mínima y hasta nula probabilidad de presentarse, sin embargo se la toma en cuenta para la elección de fusibles dentro del estudio de seguridad de los circuitos auxiliares.

Como en toda instalación eléctrica, la de los servicios auxiliares de una subestación es susceptible a la presencia de fallas debidas a tres causas fundamentales que son:

- a) fallas en el equipo
- b) fallas por maniobras erróneas del personal de operación, o fallas de tipo humano, y
- c) fallas por otros motivos.

....

Fallas en el equipo.

Daños en los seccionadores fusibles del transformador de servicios auxiliares ocasionarán la salida del servicio de la subestación. En el lado de baja tensión pueden ocurrir fallas por deficiencia de los contactos de los interruptores termomagnético de los alimentadores del servicio auxiliar cuando por ausencia de revestimiento en los contactos si vuelven ellos a cerrarse después de una apertura bajo carga, puedan quedar soldados entre si imposibilitando una nueva apertura.

Defectos de orden mecánico en los dispositivos de protección de baja tensión ocasionarían graves daños del mismo debido a la elevada probabilidad de producirse cortocircuitos en el barraje de distribución. (1)

Fallas por maniobras erróneas del personal de operación, o fallas de tipo humano.

Este tipo de fallas son quizá las principales de las que pueden suscitarse dentro de las instalaciones auxiliares puesto que como el personal encargado del mantenimiento e inspección de los equipos - está expuesto a ser cambiado, un nuevo operador - tiene menor experiencia razón que puede llevarle a realizar maniobras equivocadas debido más que todo a su falta de familiarización o desconocimiento del equipo.

Puede suceder por ejemplo que se haga un cambio de los servicios (de alimentación si es el caso) sin que se tengan correctas las condiciones necesarias para ésta operación, lo que traerá como resultado algún tipo de falla inesperado. Cuando el personal de operación es más estable, es decir mientras el cuerpo de operadores es más antiguo, la ocurrencia de las fallas se reduce al mínimo y hasta son prácticamente nulas aún en el caso en que los enclavamientos sean poco confiables.

Si la alimentación de los servicios auxiliares se

....

toma del terciario del transformador principal de la subestación, una maniobra equivocada consistente en abrir un seccionador bajo carga, causará la salida de los servicios auxiliares y también puede ocurrir que se quemen los bobinados del terciario. (1)

Fallas por otros motivos

La producción de descargas atmosféricas de consideración puede provocar la salida de los transformadores principales cuyos terciarios están empleados como fuentes de los servicios auxiliares, resultando en pérdida de energía de suministro de esas cargas.

Trabajos de inspección o construcción cerca de las instalaciones existentes, podrían recurrir en que por un accidente caiga o tope algún objeto los bushings del transformador auxiliar o del terciario del transformador principal, provocando un cortocircuito que podría determinar se quemen los bobinados del terciario, en el caso que éste sea la fuente de alimentación.

....

Una falla en la llave de transferencia automática es es tá íntimamente relacionada con un cortocircuito del del barraje de servicios auxiliares que determina la fal ta de alimentación de las cargas y aún la salida de la subestación. Un retardo en la operación de la - misma llave trae consigo la salida momentánea de la subestación.

Muchas veces, en la instalación de los circuitos de los servicios auxiliares, pueden haber errores de ca bleado ocasionados por descuido o equivocación en la la conexión del equipo, o problemas causados por la ma la calibración de los dispositivos de protección. (1)

3.2.1.2 FALLAS EN LOS CIRCUITOS DE C.C.

Por motivos de seguridad, la barra negativa de los - servicios auxiliares de C.C. nunca se pone a tierra con el objeto de que de ocurrir una falla a tierra - sea posible repararla sin el mayor daño. En efecto, durante un contacto fase-tierra de alguna de las ba rras de C.C., la corriente de falla es pequeñísima y lo único que determina es su indicación por medio de

.....

los circuitos de señalización (encendido de una lámpara o alarma). Solamente cuando accidentalmente - caen al mismo tiempo las dos barras a tierra, se produce un cortocircuito franco que puede resultar en la salida del servicio del transformador auxiliar.

Hay otros tipos de fallas que no son de consideración pero que deben conocerse para cuidar que los servicios sean más confiables, éstas fallas pueden aparecer en cualquier instante^y son las siguientes:

- a) fallas en el equipo
- b) fallas por descuido y maniobras equivocadas, o fallas humanas
- c) fallas por otros motivos.

Fallas en el equipo.

Quando se tiene poca experiencia respecto al mantenimiento más adecuado que debe darse a las baterías, pueden presentarse después de algunos años de funcionamiento problemas por el deterioro de las placas y vasos de las celdas de los acumuladores que llevan a la necesidad de cambiarlos. Un cortocircuito en-

tre bornes de la batería producido por cualquier causa, puede hacer explotar algunos elementos de los acumuladores, afectando éste inconveniente al normal funcionamiento de ellos.

Las fallas en el relé de mínima tensión de los circuitos de C.C. que funciona para un valor de tensión inferior al nominal, afectan en el servicio de iluminación de emergencia cuando éste ha sido requerido.

En las subestaciones que funcionan sin personal y con comando de reengache manual a distancia, puede suceder que a pesar de tener dos equipos de alimentación en C.C. seleccionados manualmente y en conmutación automática en C.A., se produzcan fallas en el relé de tiempo que realiza ésta operación cuando falta la C.A. La presencia de éste problema recurriría en la falta de alimentación del rectificador correspondiente, con lo que se produce el agotamiento paulatino de las baterías y por tanto la imposibilidad del mando a distancia de los interruptores.

Un cargador automático de baterías que contenga rec

....

tificadores de selenio, puede requerir después de un cierto tiempo el cambio de ellos por otros de mejor características como de silicio debido a su deterioro y elevada caída de tensión, que los hacen susceptibles a la ocurrencia de fallas con el consiguiente bajo suministro del lado de C.C.

Lo que se produce a menudo dentro de los equipos de C.C. es un defecto propio de las baterías cuando éstas son del tipo ácido que es (tal como se indicó en el ítem 2.5.4.4.) la sulfatación de los bornes de empalme y fusibles por diferencia de tensión electrolítica entre los metales en contacto.

Las fallas en el sistema de potencia general pueden ser las causantes de que se presenten sobretensiones en el lado de C.A. y con ello se quemen las bobinas del rectificador. (1)

Fallas por descuido y maniobras equivocadas, o fallas humanas.

Una inspección de los circuitos no realizada minucio

....

samente, puede dejar pasar por alto algunos defectos no detectables a simple vista. Un descuido de inspección sería la causa para que los bornes de las baterías se encuentren en estado deplorable por el efecto corrosivo del ácido, que al cabo de un tiempo lo aislaría produciéndose la ruptura del circuito en ese punto.

Una pérdida de la capacidad en el banco de baterías se presentaría al tratar de restablecer sin mayor conocimiento la pérdida de densidad del electrolito agregándole un concentrado de una densidad mayor, no sabiendo que lo único que hay que reponer es el agua eliminada en el proceso de transformación de energía (química a eléctrica o viceversa) de las baterías.

Si por cualquier maniobra equivocada se aísla el rec tificador de alimentación de los circuitos de contínua, traería consigo la pérdida de capacidad de las baterías que sin ser operación de emergencia se descargarían sobre los circuitos de contínua. También, las maniobras incorrectas pueden ocasionar problemas como los que habrían cuando al querer cambiar de rec

....

tificador se operen en forma incorrecta los dispositivos de seccionamiento y bloqueo. (1)

Fallas por otros motivos

Cualquier falla de consideración exterior a los circuitos auxiliares (cortocircuitos o descargas atmosféricas) puede producir la apertura de las llaves termomagnéticas que proveen las cargas previstas en C.C.

Los interruptores de las líneas de transmisión y transformadores que se operan por los circuitos de mando a distancia accionados por C.C., pueden no trabajar debido a alguna falla que produjo la ida de los fusibles de dichos circuitos. La misma consecuencia también resultaría cuando se halla en malas condiciones el servicio del banco de baterías de 48V. que alimenta el sistema de mando.

Un cortocircuito en el sistema de C.C. que abastece los dispositivos de vigilancia, mando, regulación y medida haría exceder la intensidad nominal de los -

....

rectificadores (o convertidores estáticos) reduciendo su tensión a tal punto que todas las bobinas de éste sistema caigan y salga del servicio la subestación.

Una falla a tierra sería posible que se presente cuando los conductos que llevan los cables de la instalación se inunden o sean atacados (los cables) por roedores, insectos o plagas que perforen el aislamiento y los dejen en inmejorables condiciones. (1)

3.2.2

MEDIDAS PARA AUMENTAR SU CONFIABILIDAD

Con el objeto de aumentar la confiabilidad de los servicios auxiliares, se adoptan en cada instalación medidas o prevenciones encaminadas a la obtención de la mayor seguridad de funcionamiento de los circuitos instalados. Las medidas para éste fin son principalmente: (1)

- a) Prever una doble alimentación a los diferentes tableros de distribución de C.A, y C.C. previniendo la ocurrencia de fallas en las fuentes -

....

de suministro y en los aparatos asociados a esas fuentes, lo que implica duplicar los equipos de alimentación como: transformadores, baterías, rectificadores, grupos generadores de emergencia, - etc.

- b) Prever grupos generadores de emergencia con arranque automático para la realimentación instantánea de las cargas auxiliares esenciales: rectificadores, equipos asociados a los accionamientos de disyuntores y conmutadores bajo carga, iluminación de casa de comando, etc., en caso de falta de alimentación normal de C.A.
- c) Elevar la flexibilidad del sistema de protección para el rápido intercambio de las fuentes de alimentación.
- d) Fraccionar los circuitos de distribución en forma de "anillo abierto", con el objeto de reducir en el servicio la amplitud de los efectos de eventuales fallas en los equipos auxiliares.

....

- e) Utilizar tableros independientes para las diferentes tensiones de los servicios auxiliares.

- f) Disponer de un generador de C.C. para uso ocasional cuando hay necesidad de desconectar -por mantenimiento o fallas- el equipo rectificador. Puede también necesitarse como auxilio cuando el banco de baterías no tiene la capacidad suficiente para alimentar por períodos largos los circuitos de continua, o cuando hay necesidad de sacar del servicio al rectificador por cualquier motivo.

- g) Promover la modernización de los servicios auxiliares actualizando las instalaciones antiguas con el desarrollo de trabajos que tomen en cuenta el grado de importancia de la instalación, la continuidad del servicio y la seguridad operacional. Entre los trabajos referidos se destacan: separación de las cargas esenciales de las no esenciales con la utilización de barras independientes, creación de nuevas alternativas de suministro y, fraccionamiento de los circuitos

....

de distribución para obtener mayor confiabilidad del sistema.

- h) Facilitar al personal de operación y mantenimiento la comprobación de las condiciones de operación normales y/o la detección y rápida corrección de defectos en los circuitos auxiliares. La razón de ésta medida es que del correcto funcionamiento de las protecciones y enclavamientos de los servicios auxiliares, depende la confiabilidad y seguridad de operación de la subestación.
- i) Disponer en lo posible de un dispositivo analizador de fallas que permita detectar con precisión y en un corto tiempo la primera causa de una perturbación.
- j) Deberían acondicionarse interruptores con mando eléctrico a cada una de las fuentes de alimentación con el fin de efectuar enclavamientos eléctricos que ofrecen mayor seguridad -respecto a los enclavamientos mecánicos- a los equipos y al personal de operación.

....

- k) Dimensionar adecuadamente los fusibles e interruptores de protección.

Además de las providencias anteriores, es aconsejable someter a una inspección gradual en el tiempo todos los fusibles del sistema de conmutación automática, disponer para llevar los cables de conductos adecuados que no acumulen humedad, instruir al personal respecto al mantenimiento más adecuado que se debe llevar, contar con el auxilio de alarmas auditivas y visuales para un mejor control, comprobar todo el tiempo el buen estado de operación de todo el equipamiento auxiliar y, tender al mejoramiento de todas las instalaciones como cables y contactos de los circuitos auxiliares. (1)

3.3 SISTEMAS DE PROTECCION UTILIZADOS EN SERVICIOS AUXILIARES

3.3.1 GENERALIDADES

El objeto del empleo de las protecciones es evitar o disminuir al máximo los efectos de las perturbaciones y fallas como también los daños en los equipos y las

....

pérdidas del servicio eléctrico. La misión de ellas es aislar lo más rápido que sea posible la parte del sistema eléctrico que origina éste fenómeno, cuando aquel no puede recuperarse por si mismo.

El concepto anterior deberá tomarse en cuenta siempre que se vaya a diseñar la protección de cualquier esquema eléctrico, en éste caso, el de los servicios - auxiliares de la subestación.

La protección que asegurará la máxima continuidad de servicio, debe ser tal que al presentarse una avería en un punto cualquiera de las instalaciones, se aisle el circuito averiado mediante el interruptor más cercano que haya sido afectado por la corriente de cortocircuito.

3.3.2 PROTECCION EN CORRIENTE ALTERNIA

Protección del transformador de servicios auxiliares

El transformador de servicios auxiliares tiene un sistema de protección constituido por seccionadores fusibles en el lado de alta tensión e interruptores

....

termomagnéticos en el lado de baja. Los interruptores termomagnéticos pueden ser del tipo extraíble - tal como se indica en la figura 13(a); se prevé además la instalación de un pararrayos en el lado de - alta para protección contra sobretensiones de origen externo (descargas atmosféricas o sobretensiones por operaciones de maniobra).

Para la detección de fallas a tierra -figura 13(b)-, se instala un relé de sobrecorriente a tierra (51N) en el neutro del secundario en conexión Y del transformador; éste relé opera cuando la corriente de tierra en el neutro excede de un determinado valor para el que ha sido calibrado disparando el interruptor 52^T y dando indicación de alarma. El transformador en donde se ha producido la falla sale del servicio y opera enseguida la transferencia automática entrando a servir el transformador de reserva.

Protección de las barras de C.A.

Las caídas de tensión en las barras de alimentación de los tableros de distribución de las cargas auxiliares de C.A. se detectan por medio de un relé de

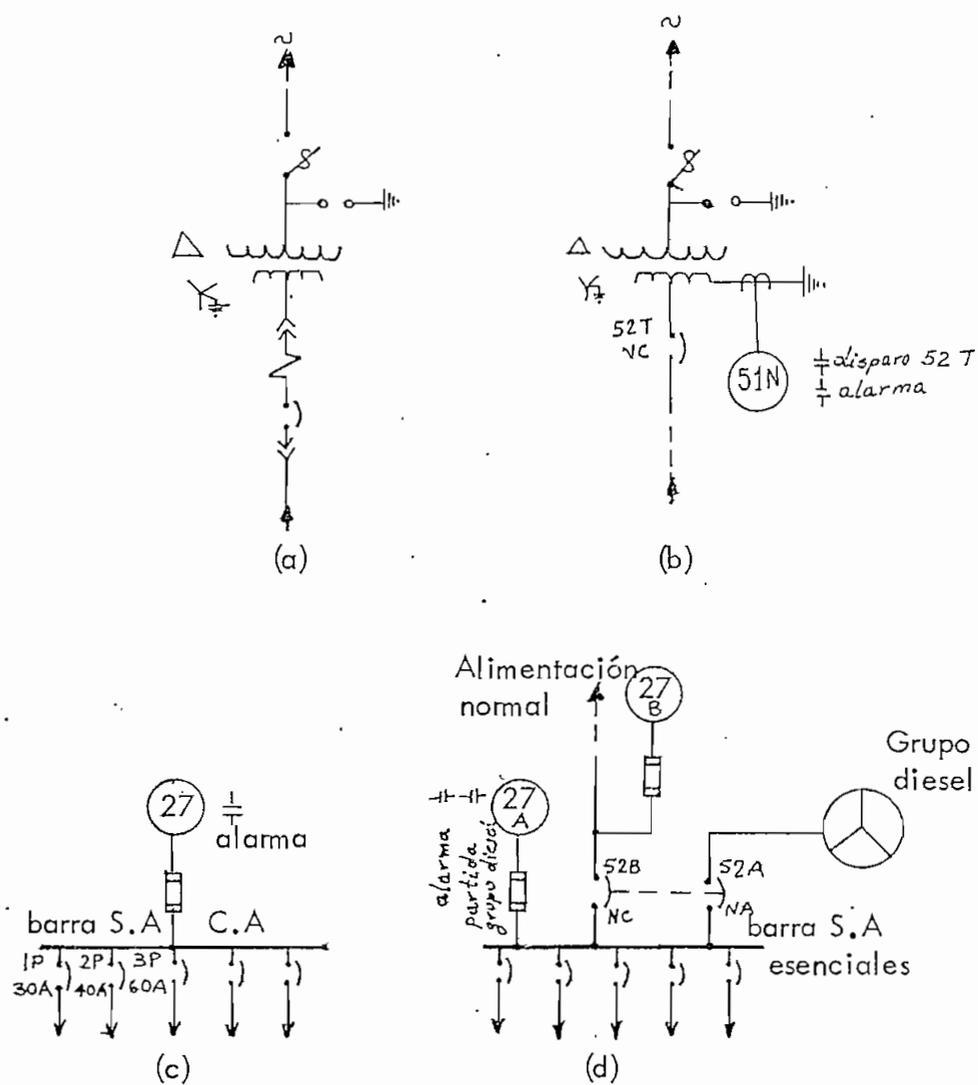


Figura 13. Sistema de protección de C.A

a, b. Protección del transformador

c, d. Protección de las barras de C.A

mínima tensión de C.A. (27) que se conecta a las barras a través de un fusible de protección -figura - 13(c)-. Cuando ha caído la tensión a un nivel inferior a la tensión normal, el relé opera dando una señal de alarma y accionando al instante la transferencia automática que reemplaza la alimentación normal por la de reserva o emergencia.

Cuando se dispone de un grupo diesel como alimentación de emergencia de las cargas esenciales de los servicios auxiliares, el mando de partida y parada del grupo se la realiza por medio de un par de relés de mínima tensión. En la figura 13(d), cuando el voltaje en las barras desciende del 80% de la tensión nominal, el relé 27A que ha detectado la falla comanda automáticamente la partida del grupo diesel; en el caso contrario: cuando ya se ha repuesto la alimentación normal, la parada del grupo se inicia automáticamente en cuanto el relé 27B detecta que la fuente normal ha alcanzado el 95% de la tensión nominal. La transferencia de carga de los servicios auxiliares esenciales de la fuente normal al grupo diesel y viceversa, se realiza mediante los interruptores termomagnéticos 52A(NA) y 52B(NC)

que están interbloqueados mutuamente.

Protección de las cargas de C.A.

Todas y cada una de las cargas auxiliares de C.A. es es tán protegidas mediante fusibles convencionales, o - como en las nuevas instalaciones mediante interrupto res termomagnéticos que les protegen al mismo tiempo contra cortocircuitos y sobrecargas.

Se seleccionan los interruptores termomagnéticos de acuerdo a las características del equipo a alimentar, pueden ser de 1, 2 o 3 polos (monofásicos, bifásicos o trifásicos); dependiendo su capacidad en amperios de la corriente normal que absorbe cada dispositivo de la red de alimentación, por ejemplo: 1P-30A, - 2P-40A, 3P-60A, etc.

3.3.3 PROTECCION EN CORRIENTE CONTINUA

Protección del rectificador

Los rectificadores alimentadores de los tableros de

distribución principal de C.C. y de comunicaciones, requieren de protección en ambos lados: de alterna y de continua. En el lado de C.A. se instala un relé de mínima tensión (27) para detectar las caídas de la tensión nominal del rectificador; se prevé también la conexión de un interruptor termomagnético para protección contra cortocircuitos y sobrecargas que puedan afectar al rectificador -figura 14(a)-.

Las caídas de tensión en el lado de C.C. a la salida del rectificador se detectan por medio de un relé de mínima tensión de C.C. (80) que funciona para un valor determinado inferior a la tensión nominal. Como en éstos circuitos de continua pueden presentarse fallas a tierra, se prevé para su protección un relé de fallas a tierra (64) que sacaría del servicio al rectificador cuando hay una falla de éste tipo. La función de aislar o sacar del servicio a la parte fallosa se la realiza mediante interruptores de potencia de C.C. (72).

Protección del banco de baterías

El banco de baterías necesario para la alimentación

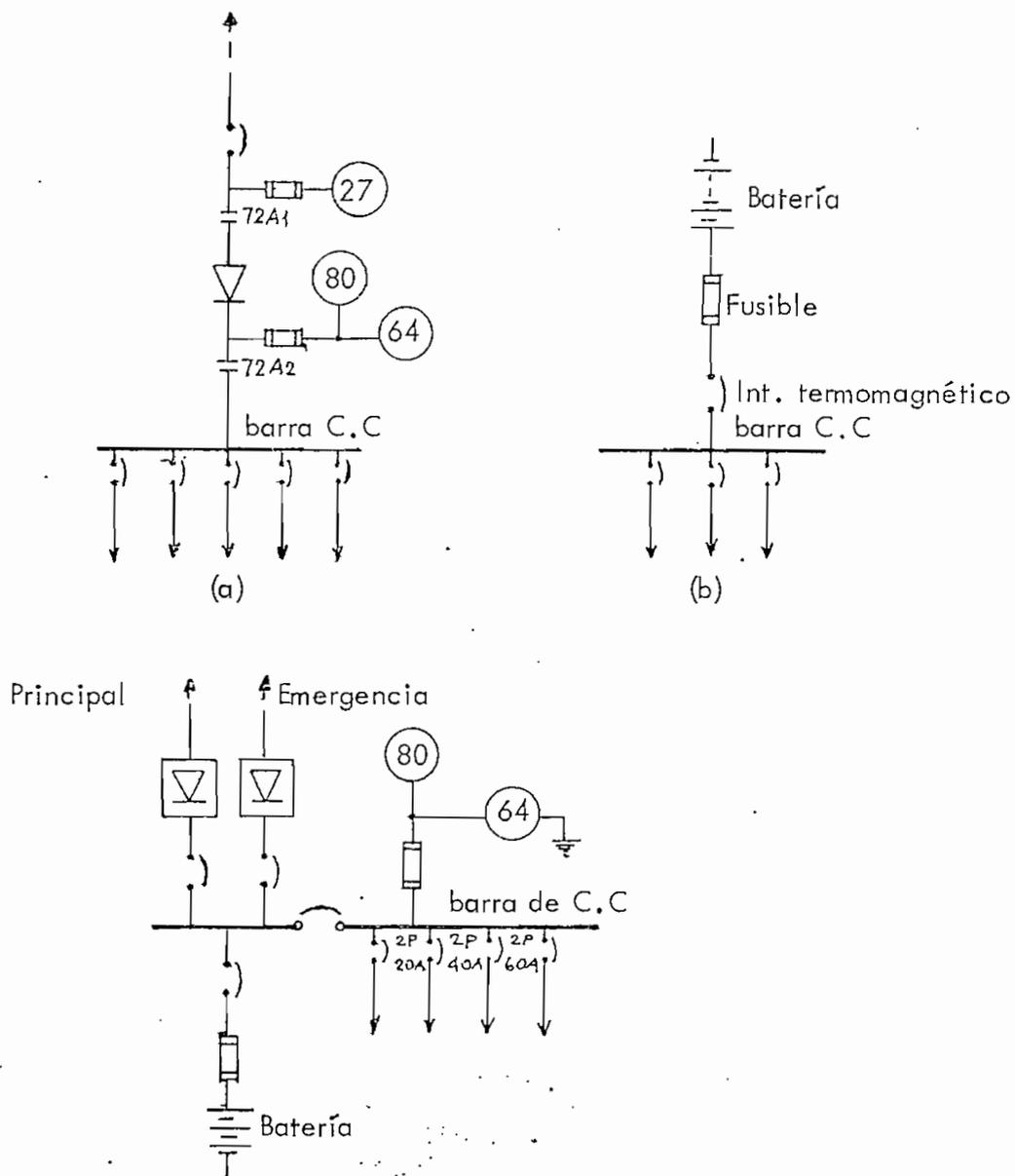


Figura 14. Sistema de protección de C.C

- a. Protección del rectificador
- b. Protección del banco de baterías
- c. Protección de las barras de C.C

de las cargas auxiliares de C.C. cuando ha salido del servicio la fuente normal de suministro (rectificador) se protege de cortocircuitos y sobrecargas por medio de interruptores termomagnéticos y/o fusibles como se muestra en la figura 14(b). Pueden disponerse también de relés de mínima tensión y de fallas a tierra, pero no son necesarios porque las baterías entran al servicio muy raramente y por períodos cortos.

Protección de las barras de C.C.

Como lo indica la figura 14(c), las barras de distribución de C.C. disponen de un relé de mínima tensión (80) para cuidar que el valor de tensión de servicio no baje de su valor normal. Cuando esto ocurre, el relé da una señal de alarma (lámpara o timbre) y el operador reemplaza el rectificador de alimentación defectuoso por el de emergencia o por el banco de baterías si la alimentación de corriente rectificada presenta problemas de utilización. Se cuenta también con el auxilio de un interruptor termomagnético que separa a las barras de las fuentes alimentadoras (rectificadores y baterías) con el objeto de aislar las barras de las fuentes cuando las primeras se ha-

llan expuestas a sobrecorrientes o sobrecargas; con esta medida se consigue que la batería continúe recibiendo la carga flotante que le permite conservar su capacidad nominal, lo que no sería posible si se tuviera que sacar del servicio a fuentes y circuitos de utilización conjuntamente. El relé de fallas a tierra (64) puede indistintamente ubicarse en el lado de continua del rectificador o también en las barras de distribución de C.C.

Protección de las cargas de C.C.

En idéntica forma que para las cargas de C.A., las de C.C. se protegen también mediante fusibles o interruptores termomagnéticos y su selección obedece a las características fundamentales (tensión y corriente) de las cargas, ejemplo: 2P-20A, 2P-40A, 2P-60A, etc.

3.4 SISTEMAS DE TIERRA DE NEUTROS DE TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES

El empleo de transformadores trifásicos de servicios auxiliares en Delta-Y con neutro sólidamente conecta

do a tierra es muy común en la mayoría de subestaciones; podría decirse que ésta conexión a tierra obedece a una regla general adoptada dentro de un sistema de potencia. Con respecto al sistema con neutro aislado, el de neutro a tierra es más favorable en virtud de sus ventajas en cuanto a seguridad. El sistema de tierra permite la verificación de cualquier falla a tierra de los equipos auxiliares y con ello su reparación inmediata; no posibilita la existencia de corrientes circulatorias a tierra en otros circuitos lo que sí es factible en un sistema con neutro aislado. La conexión con neutro aislado implicaría por consiguiente una dependencia en la verificación de la falla entre los múltiples circuitos de servicios auxiliares, lo que no es recomendable por la pérdida de tiempo que ello significa.;

La conexión a tierra del transformador de servicios auxiliares de la subestación se la realiza mediante un conductor preferiblemente de cobre que une el punto neutro de la estrella secundaria del transformador con la malla de tierra de la subestación. Se emplea conductor de Cu en lugar de Al para dar a la conexión mayor solidez y seguridad aprovechando las caracterís

ticas de gran resistencia mecánica y elevada resistencia a la corrosión que tiene el Cu.

3.5

SISTEMAS DE MEDICION DE SERVICIOS AUXILIARES

Los instrumentos de medición que forman parte del sistema de control de los servicios auxiliares, se encuentran conectados en donde hay necesidad de supervisar el estado de funcionamiento general de las instalaciones auxiliares. Los principales instrumentos de medición son: de energía (kWh), corriente (A), tensión (V), amperios-hora (A-h) y frecuencia (F).

Los watímetros y amperios se alimentan por medio de transformadores de corriente y los voltímetros se conectan a las líneas o barras a través de fusibles. También, pueden alimentarse amperímetros y amperihorímetros por medio de resistores que desempeñan una función similar a los transformadores de corriente pero son más económicos. Los amperímetros y voltímetros vienen provistos de selectores de fase para la medición de la corriente de cada fase (AS) y de la tensión entre las fases seleccionadas (VS), con el mismo ins-

trumento de medida.

En los circuitos de corriente alterna se prevé la instalación de un kilowatio-horímetro, un amperímetro y un voltímetro para medir la energía consumida, la corriente en los alimentadores y la tensión en las barras respectivamente tal como lo indica la figura 15(a).

El grupo diesel de emergencia trae consigo amperímetro, voltímetro y frecuencímetro con selectores de voltímetro y amperímetro, un ejemplo de ésta instalación lo muestra la figura 15(b).

En C.C. se necesitan amperímetros y voltímetros de C.C. para medición de la corriente en rectificadores y baterías y de tensiones en las barras distribuidoras. Cabe anotar que para las baterías se requiere un amperímetro para medir la corriente que ellas están cediendo al barraje o la que están recibiendo para recarga; el amperhorímetro indica el estado de carga de la batería -figura 15(c)-.

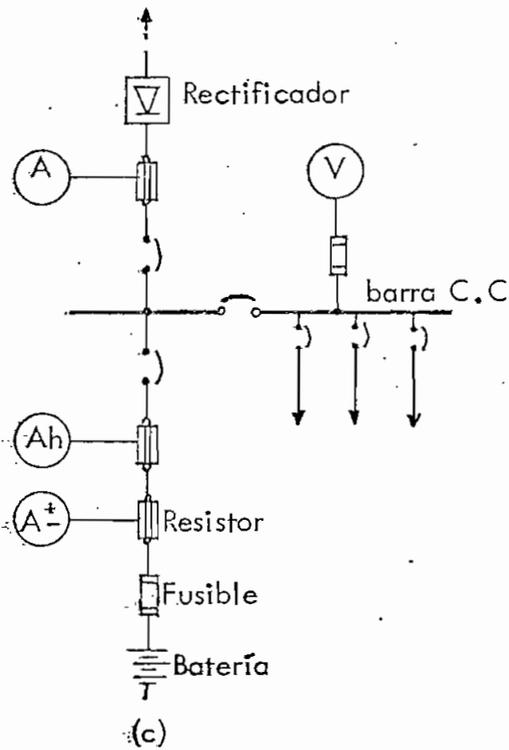
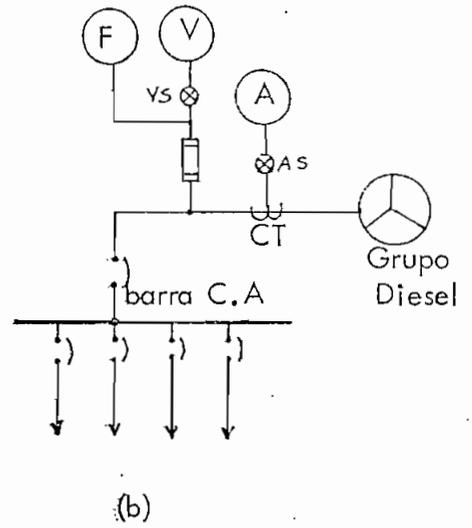
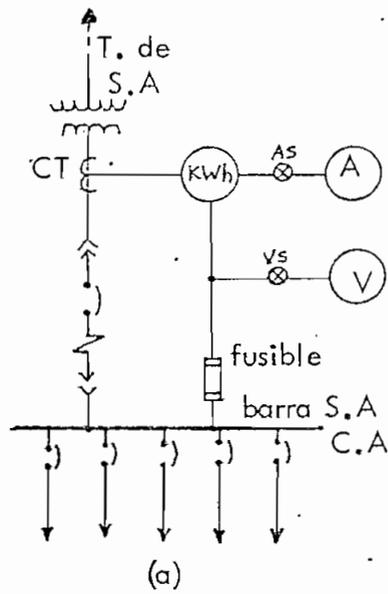


Figura 15. Sistema de medición

- a. Medición del circuito de C.A
- b. Medición del sistema de emergencia
- c. Medición del circuito de C.C

C A P I T U L O I V

4. E J E M P L O D E A P L I C A C I O N

4.1 I N T R O D U C C I O N

El presente capítulo tiene el objeto de desarrollar un esquema de alimentación de los servicios auxiliares que sea conveniente en cuanto a la distribución de la energía, a la protección de los circuitos y a la medición de los mismos. El esquema y las conclusiones respectivas se las realizan tomando en cuenta los requerimientos inmediatos de la subestación y los que pueden admitirse necesarios posteriormente.

4.2 B R E V E D E S C R I P C I O N D E L A S U B E S T A C I O N V I C E N T I N A

La subestación Vicentina se encuentra situada en la zona nor-oriental de la ciudad de Quito a 2720 m.s.n.m., recibe energía del Sistema Nacional de Transmisión a 138 kV, para reducirla al nivel de distribución de 46kV mediante dos transformadores trifásicos de 33(43)/33(43)/11(14) MVA OA(FA), de relación 138 kV Y/46kV Y/13.8kV - delta.

El lado de alta tensión de 138 kV se ha dispuesto como un sistema de barra principal sin seccionamiento y barra de transferencia, en donde está previsto el espacio requerido para la llegada y salida de las siguientes - líneas de transmisión:

- 1) Llegada de la terna de 138 kV proveniente de la - Central Pucará (Pisayambo).
- 2) Llegada de la terna de 138 kV proveniente de la - Central Térmica Guangopolo.
- 3) Llegada futura del segundo circuito de 138 kV pro - veniente de la Central Pucará (Subestación Santa Rosa).
- 4) Salida de la terna de 138 kV hacia la subestación Epiclachima.
- 5) Salida de la terna de 138 kV hacia la subestación Ibarra.
- 6) Salida futura del segundo circuito de 138 kV ha - cia la subestación Ibarra.

El lado de 46 kV tiene un sistema de una sola barra sec cionada, de donde saldrán un total de 4 líneas que dis - tribuirán la energía a la ciudad de Quito, centro prin - cipal de consumo en el área donde se localiza la subes -

ción; los estudios de distribución respectivos le corresponden a la Empresa Eléctrica Quito.

La Vicentina se diseñó y construyó tras la realización del Proyecto Hidroeléctrico Pisayambo y el plan del anillo que conforma el Sistema Nacional Interconectado y por ello es parte integral importante dentro de este Sistema. Actualmente, la energía generada en Pisayambo de aproximadamente 69 MW alimenta a las ciudades de Quito, Ambato y Latacunga. En el nuevo plan del Sistema Nacional, se ha previsto que la Central de Pucará se conecte primeramente a la subestación Santa Rosa a 138 kV (un solo circuito) para luego llegar a la Vicentina con una línea de doble circuito a 138 kV.

Además de los equipos de transformación, protección y seccionamiento, se proveerá a la subestación de 4 bancos de condensadores de 6 MVAR cada uno conectados de dos en dos a los terciarios de los transformadores principales, cuya finalidad es suministrar la potencia reactiva necesaria para compensar el factor de potencia de la energía entregada a la subestación.

El diagrama unifilar principal de la S/E se muestra en

....

el plano de la fig. 16.

4.3 INFORMACION BASICA REQUERIDA EN EL DISEÑO DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACION.

Hay íntima relación entre el diagrama unifilar de los servicios auxiliares y el unifilar de la subestación. Cada transformador, seccionador, interruptor y más elementos activos necesitan que sus circuitos de control estén energizados para una operación inmediata.

Las fuentes de alimentación disponibles para el suministro en C.A y C.C es otro dato necesario que se ha de tener presente al momento de hacer el diseño. Es conveniente contar con el mayor número de alternativas de alimentación para aumentar la seguridad operativa del sistema.

La ubicación de la subestación influye también en las características de los servicios auxiliares pues las condiciones ambientales como temperaturas máxima, media y mínima y humedad relativa máxima, determinan las características del equipo y del transformador auxiliar.

.....

La tensión normal más adecuada para el suministro de energía a las instalaciones es importante en la selección del equipamiento de los servicios auxiliares. Deberán identificarse las cargas consideradas como esenciales - de aquellas que se las ha clasificado en el plano de lo no esencial para la mejor distribución de ellas en el - esquema general de alimentación.

La potencia instalada para cada equipo auxiliar es útil en el dimensionamiento de los alimentadores y de los fusibles e interruptores de protección. Se determina con ella la capacidad de barras y del transformador auxiliar, la capacidad en A-h de las baterías y la capacidad en amperios del rectificador.

El diseño empieza asumiéndose la potencia aproximada que se requerirá para los servicios auxiliares indispensables, previniendo la posibilidad de ampliación futura de la subestación con salidas de reserva que se dejan en cada tablero de distribución y que más o menos representan el 10 a 15% del total de las cargas instaladas (Anexo A).

En resumen, es básico para el diseño de los circuitos de servicios auxiliares la información respecto a :

- a) Configuración de la subestación
- b) Fuentes de alimentación disponibles
- c) Condiciones ambientales
- d) Tensión nominal de alimentación
- e) Cargas esenciales y cargas no esenciales
- f) Potencia de las Cargas de C.A y C.C
- g) Capacidad máxima requerida por los servicios auxiliares.
- h) Posibilidad de ampliación futura de la subestación.

4.4 FUENTES DE CORRIENTE ALTERNIA Y CORRIENTE CONTINUA

Se ha visto conveniente proveer a los servicios auxiliares de las siguientes alternativas de alimentación de C.A. y C.C:

En corriente alterna:

- a) La fuente principal la constituye el terciario de uno de los transformadores principales de 11(14)MVA OA (FA) y 13.8 kV; éste circuito suministrará además del transformador auxiliar de 13.8 kV/ 208 V, el banco de condensadores de 12 MVAR respectivo. En el futuro se podría disponer del terciario del

otro transformador de la subestación como una nueva fuente de alimentación de los auxiliares.

- b) Por encontrarse la subestación localizada en el área de distribución de la ciudad de Quito, se cuenta como fuente alternativa o de reserva la línea de distribución del lugar a 6.3 kV, el segundo transformador auxiliar tendrá entonces una relación de 6.3kV /208V. Ambos transformadores tendrán conexión delta en alta tensión y Y con el neutro a tierra en el lado de baja.
- c) Para el caso en que se carezca de las dos fuentes anteriores, se previene la instalación de un grupo diesel trifásico de 208 V de salida, para alimentación de emergencia de las cargas esenciales.

El cálculo de las capacidades del transformador de servicio auxiliares y del grupo diesel de emergencia se indican en el Anexo D.

La alimentación en C.C la constituyen las siguientes fuentes:

....

- a) Doble juego de rectificadores trifásicos del tipo SCR (silicio con regulación automática) que desde el tablero de distribución de la Casa de Control alimentan el circuito de utilización en C.C y man tienen la carga flotante del banco de baterías - respectivo. Uno de éstos rectificadores es principal y el otro de reserva.

- b) Bancos de baterías de 125 VCC y 48 VCC que reempla zan a la fuente normal de C.A rectificada cuando - la subestación entra en emergencia por cualquier - tipo de falla.

El cálculo de rectificadores y baterías de 48 VCC y 125 VCC, se realiza en el Anexo B.

4.5 SELECCION DEL ESQUEMA DE SERVICIOS AUXILIARES

Teniendo presente las fuentes de alimentación establecida das en el ítem anterior, se ha seleccionado un esquema que ofrece una adecuada distribución de las cargas para la facilidad de inspección y mantenimiento de los circuitos en general.

.....

En la subestación Vicentina urgen las necesidades respecto a iluminación, tomas en 208 y 120 V, taller mecánico, comunicaciones, control de los circuitos de mando de los elementos activos, alumbrado de emergencia, etc. que se reúnen en un esquema adecuado como el Diagrama simplificado de la Fig. 17.

En éste esquema se han distribuído las cargas auxiliares para cada uno de los tableros de distribución indicados en la siguiente lista de identificación:

- T1 Transformador de alimentación principal
- T2 Transformador de alimentación de reserva
- P Tablero de conmutación automática
- P1 Tablero de distribución principal 208/120 VCA
- P2 Tablero de alumbrado 208/120 VCA
- P3 Tablero de distribución de la Casa de Control
208/120 VCA
- P4 Tablero de distribución del taller 208/120 VCA
- P5 Tablero de comunicaciones 48 VCC
- P6 Tablero de distribución principal 125 VCC
- P7 Tablero de alumbrado de emergencia 125 VCC
- GD Grupo diesel de emergencia
- BC1 Cargador baterías N° 1 48 VCC comunicaciones

.....

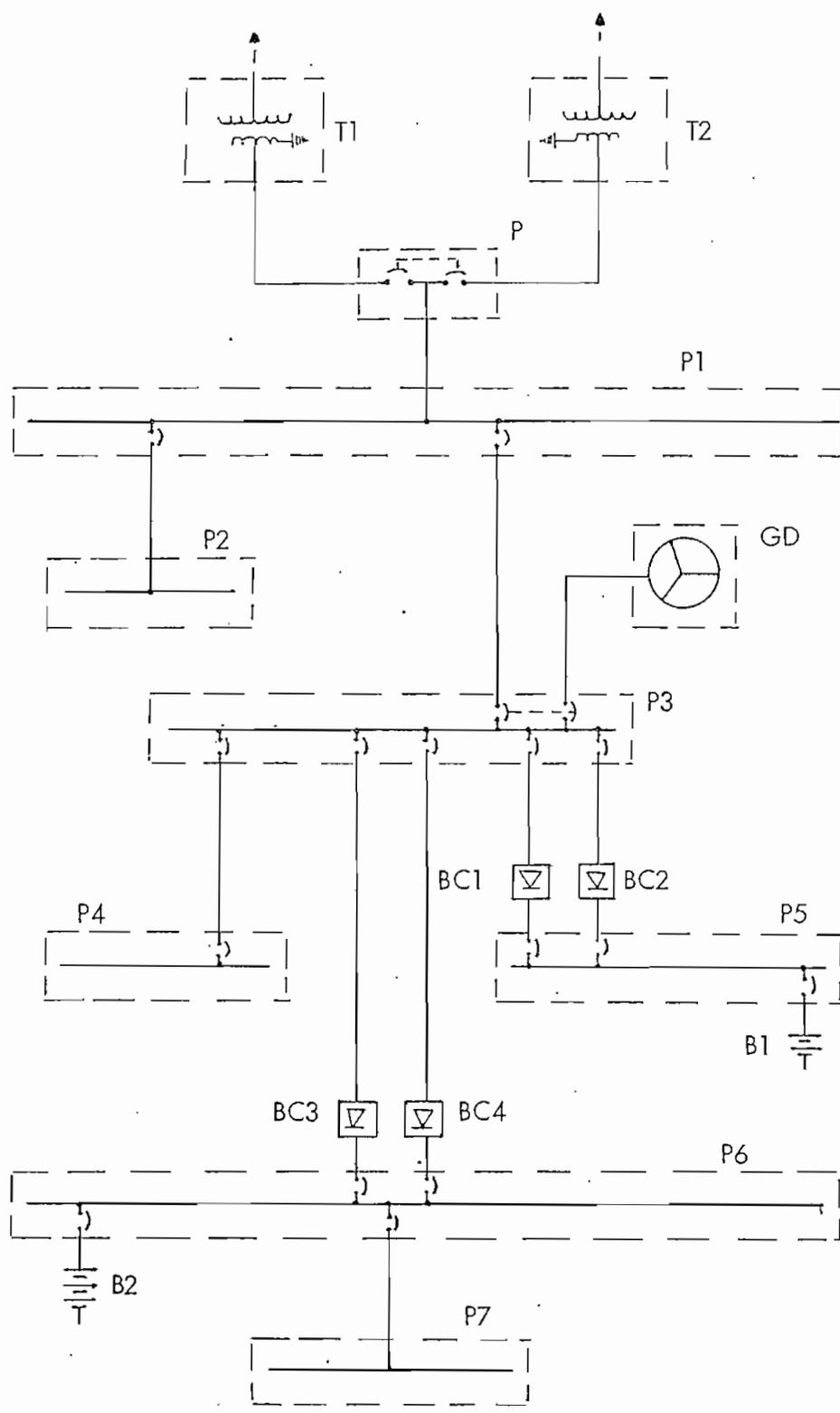


Fig. 17. Diagrama Simplificado de Servicios Auxiliares de la Subestación.

- BC2 Cargador baterías N° 2 48 VCC comunicaciones
- BC3 Cargador baterías N° 3 125 VCC
- BC4 Cargador baterías N° 4 125 VCC

Tomando como referencia el esquema unifilar de la sub-estación, se han distribuido las cargas auxiliares en la siguiente forma:

- P1 - TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL 208/120 VCA
 - a1 Tomas Edificio, circuito N°1
 - a2 Tomas Edificio, circuito N°2
 - a3 Tomas patio
 - a4 Tablero de distribución de la Casa de Control-P3
 - a5 Calefactores gabinetes, circuito N° 1
 - a6 Calefactores gabinetes, circuito N° 2
 - a7 Equipo tratamiento de aceite
 - a8 Ventiladores transformador N° 1
 - a9 Ventiladores transformador N° 2
 - a10 Casa de guardián
 - a11 Circuitos auxiliares tablero (duplex)
 - a12 Servicios auxiliares E.E.Q.
 - a13 Tomas de tableros (C.A y C.C)
 - a14 Tablero de alumbrado - P2
 - a15 Reservas

F2 - TABLERO DE ALUMBRADO 208/120 VCA

- b1 Alumbrado exterior Edificio
- b2 Alumbrado patio, circuito N° 1
- b3 Alumbrado patio, circuito N° 2
- b4 Alumbrado patio, circuito N° 3
- b5 Reservas

P3 - TABLERO DE DISTRIBUCION DE LA CASA DE CONTROL
208/120 VCA

- c1 Tablero taller - P4
- c2 Iluminación Casa de Control, circuito N° 1
- c3 Iluminación Casa de Control, circuito N° 2
- c4 Iluminación tableros, circuito N° 1
- c5 Iluminación tableros, circuito N° 2
- c6 Cargador de baterías 48 VCC N° 1 (BC1)
- c7 Cargador de baterías 48 VCC N° 2 (BC2)
- c8 Cargador de baterías 125 VCC N° 1 (BC3)
- c9 Cargador de baterías 125 VCC N° 2 (BC4)
- c10 Reservas

P4 - TABLERO DEL TALLER 208/120 VCA

- d1 Torno
- d2 Soldadora
- d3 Esmeril

- d4 Tomas 208 V
- d5 Tomas 120 V
- d6 Taladro
- d7 Alumbrado
- d8 Reservas

P5 - TABLERO COMUNICACIONES 48 VCC

- e1 Equipo carrier N° 1, línea Pucará
- e2 Equipo carrier N° 2, línea Pucará
- e3 Equipo carrier línea Ibarra
- e4 Equipo disparo transferido, línea Pucará
- e5 Equipo disparo transferido, línea Ibarra
- e6 Equipo control supervisión estación Quito
- e7 Tablero maestro control supervisión
- e8 Reservas

P6 - TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL 125 VCC

- f1 Circuitos auxiliares tablero duplex (alamas)
- f2 Control capacitores transformador 1 (152C-1,
152C-2)
- f3 Control capacitores transformador 2 (152C-3,
152C-4)
- f4 Servicios auxiliares E.E.Q (equipo 46 kV)
- f5 Control seccionadores línea Pucará (89P)

- f6 Control interruptor línea Pucará (52P)
 - f7 Tablero de alumbrado de emergencia - P7
 - f8 Control seccionadores línea Ibarra (89I1)
 - f9 Control interruptor línea Ibarra (52I1)
 - f10 Control seccionadores línea Epiclachima (89Q1)
 - f11 Control interruptor línea Epiclachima (52Q1)
 - f12 Control seccionadores línea Guangopolo (89Q2)
 - f13 Control interruptor línea Guangopolo (52Q2)
 - f14 Control seccionadores transferencia (89R)
 - f15 Control interruptor transferencia (52R)
 - f16 Protección diferencial de barras (87B)
 - f17 Protección diferencial de transformadores (87T)
 - f18 Control seccionadores 138 kV transformador 1 (89T1)
 - f19 Control interruptor 138 kV transformador 1 (52T1)
 - f20 Control seccionadores 138 kV transformador 2 (89T2)
 - f21 Control interruptor 138 kV transformador 2 (52T2)
 - f22 Reservas
- P7 - TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 125 VCC
- g1 Alumbrado emergencia Sala de Control
 - g2 Alumbrado emergencia Edificio
 - g3 Reservas

4.6 PROTECCION, MEDICION Y PUESTA A TIERRA DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.

En la figura 18 del esquema de los servicios auxiliares de la subestación se han tomado para la medición, protección y puesta a tierra las siguientes consideraciones:

PROTECCION

Los transformadores se protegen con un seccionador fusible en el lado de alta tensión y un interruptor termomagnético en el de baja. El secundario conectado en Y tiene el neutro a tierra y es usado para interconectar un relé de sobrecorriente (51N) como previsión a la ocurrencia de fallas fase-tierra. En el lado de alta tensión se encuentra un pararrayos para proteger el transformador contra sobretensiones de origen atmosférico o de maniobra.

Los transformadores se conectan a las barras de distribución principal de C.A a través de un tablero conmutador que selecciona el transformador que ha de alimentar los circuitos (sacando del servicio aquel que ha falla-

do o requiere mantenimiento).

Las barras de los tableros de distribución de C.A se protegen de caídas de la tensión nominal de servicio (208/120) con relés de mínima tensión (27). La transferencia de la alimentación normal a la fuente de emergencia del tablero de distribución de la Sala de Control se comanda también por medio de relés de bajo voltaje.

La protección de las cargas de C.A y C.C contra corto - circuitos y sobrecargas está representada por interruptores termomagnéticos en general (ver Anexo A).

Los rectificadores traen incorporados sus propios sistemas de protección que lo constituyen relés de mínima tensión de C.C (80), relés de fallas a tierra (64) y, para el lado de C.A relés de mínima tensión (27) (fig. 14a).

Los bancos de baterías necesitan protegerse de cortocircuitos y sobrecargas con fusibles e interruptores termomagnéticos.

MEDICION

Donde sea necesario se instalan medidores de energía, co

riente, tensión y frecuencia.

Vatio-horímetros que miden la energía consumida se ins talan en los secundarios de los transformadores de ser vicio.

Amperímetros medidores de corriente se instalan en los alimentadores del tablero de distribución principal de C.A, en los alimentadores de emergencia del tablero de la Casa de Control, en los alimentadores del tablero - principal de C.C y en los alimentadores por los que se descargan las baterías.

Voltímetros miden el voltaje de: barras de distribución principal de C.A, barras de distribución de la Casa de Control, barras del taller, barras de distribución prin cipal de C.C y generador diesel de emergencia.

Frecuencímetro se instalará a la salida del grupo die- sel.

Amper-horímetros se emplean para vigilar el estado de carga de las baterías.

PUESTA A TIERRA

Los transformadores de servicio brindan a la instalación la protección de tierra por estar conectados sus neutros del secundario rígidamente a la malla de tierra de la subestación.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES :

- Del análisis de los servicios auxiliares de subestaciones, se concluye que es común utilizar corriente alterna para suplir iluminación y fuerza, y corriente continua en circuitos de mando, señalización e iluminación de emergencia.
- Los servicios auxiliares de las subestaciones se alimentan en base a esquemas que no están normalizados y su planificación es consecuencia de las consideraciones particulares de cada proyecto de acuerdo a la importancia de la subestación, a sus características principales y a su capacidad instalada.
- El correcto funcionamiento y la flexibilidad de los servicios auxiliares son factores importantes para el aumento de la confiabilidad de una subestación o central.

.....

- Al no ser los equipos para los servicios auxiliares los más sofisticados, no presentan mayores inconvenientes y ofrecen un grado de seguridad bastante aceptable:
- Todos los cables para baja tensión son aislados para 600 V.
- Las barras de alimentación de capacidad nominal calculada de acuerdo a la potencia requerida, son de pletina de cobre recubierta de material aislante y apta para soportar los esfuerzos electrodinámicos correspondientes a la intensidad de cortocircuito del sistema. La barra de tierra tiene una sección igual a la tercera parte de la correspondiente a las barras de fase y está prevista para conectarse a la red de tierra general.
- Las características de los instrumentos de medición y de los dispositivos de protección están de acuerdo a la magnitud de tensión o corriente que normalmente habrá en el circuito en donde se conecten.
- En general la protección de los servicios auxiliares

.....

es sencilla y no requiere de mayor número de elementos de protección; en C.A se utilizan regularmente los siguientes sistemas:

- a) fusibles en alta y baja tensión
 - b) fusibles en alta tensión e interruptores termomagnéticos en baja
- Los transformadores de servicios auxiliares que se requieren en centrales térmicas para alimentar los equipos auxiliares de turbinas, calderos y generadores, se protegen por el sistema de protección diferencial. Este sistema de protección no es necesario tenerlo para proteger el transformador auxiliar de subestaciones por ser su capacidad menor a 1 MVA.
 - El perfecto estado de funcionamiento de las baterías garantiza una buena medida de emergencia a emplearse cuando el suministro normal de energía de corriente alterna falle.
 - Las baterías ácidas son más preferidas respecto a las alcalinas debido a su menor costo.
 - La capacidad de una batería para una tasa de descar-

ga (8 ó 10 horas), puede variar de acuerdo al tiempo de servicio que se tome; esto es, la capacidad para un tiempo de servicio de 60 minutos es diferente a la capacidad para un tiempo de 120 minutos.

- Las instalaciones de servicios auxiliares cuentan con señalización visual y auditiva para la detección de fallas, todos los instrumentos de detección y medida así como las llaves para operar los interruptores automáticos, se hallan agrupados en el panel de control de servicios auxiliares, en la Sala de Control.

- La provisión de doble equipo de rectificación para los circuitos de C.C tiene como objeto poseer una alimentación de reserva para el caso en que el equipo principal deba salir del servicio ya sea por falla, mantenimiento o reparación; su servicio se prolongará hasta que se reponga la vía principal de alimentación.

- La selección del transformador de servicios auxiliares y del equipo en general se la hace teniendo presente las condiciones ambientales del lugar donde

van a instalarse: temperaturas máxima, media y mínima, y humedad relativa máxima.

- El calibre de los cables de alimentación de cada uno de los tableros de servicios auxiliares, se calculan por dos métodos diferentes: a) capacidad de conducción y b) caída de tensión. El cable seleccionado es aquel que cumpla satisfactoriamente cada una de las condiciones anteriores.

RECOMENDACIONES :

- Debe llevarse una estadística de toda clase de fallas que se produzcan durante la operación de la subestación, indicándose el tipo de falla, las causas, consecuencias del suceso y la fecha, con el fin de facilitar la localización y solución rápidas de problemas que puedan presentarse en cualquier momento. Se tomará en cuenta para el análisis la posibilidad de fallas de carácter imprevisible, por deficiencias del proyecto, ligadas a operación o ligadas a mantenimiento.
- Los alimentadores de los circuitos de servicios auxi

liares deben controlarse y protegerse con interruptores automáticos de modo que una falla cualquiera se despeje al instante.

- Un buen trabajo de normalización en el plano eléctrico útil para nuestro medio, podría comenzar por normalizar la tensión de alimentación de los servicios auxiliares de corriente alterna y continua de centrales y subestaciones. Esto haría posible se puedan comprar equipos de las mismas potencia y tensión que se utilizarían en cualquier parte del sistema. Además, por ser los equipos auxiliares básicos para el funcionamiento de una subestación o central, ellos deberán obtenerse de firmas proveedoras altamente conocidas o confiables.
- Cuando la estación que se diseña es de significativa importancia, es recomendable contar con por lo menos 3 fuentes de alimentación en C.A y 2 en C.C.
- Como es de esperarse en toda instalación, las posibles futuras adiciones de equipo determinan que la capacidad de las fuentes de alimentación de los servicios auxiliares se diseñen para un 20 a 50% más

del consumo normal en KVA; por ésta razón el sistema auxiliar debe diseñarse con una reserva de interruptores.

- Toda clase de cubículos o paneles de control incluidos los de servicios auxiliares deben proveerse de calefacción para evitar la condensación de vapor de agua.
- El personal de operación debe inspeccionar regularmente el estado de funcionamiento de todos los equipos auxiliares y tener una instrucción adecuada sobre el mantenimiento de los mismos.
- En caso de que deba desconectarse el banco de baterías, el circuito de carga debe interrumpirse siempre por el interruptor principal del dispositivo cargador. En ningún caso debe desconectarse la batería permaneciendo el circuito abierto bajo tensión porque existe el peligro de provocar chispas y hasta explosiones.
- Para hacer más confiable el servicio de una subestación o central importantes, se debería adquirir -si

no lo tiene- una planta de emergencia de arranque automático para superar un estado de ausencia de C.A, éste grupo de auxilio debe alimentar a las cargas esenciales fundamentalmente.

6.

A N E X O S

ANEXO A

CARGAS AUXILIARES ASUMIDAS PARA EL CALCULO DE LOS
CIRCUITOS ALIMENTADORES

En las siguientes tablas se indican los tableros de distribución con sus respectivas cargas auxiliares acompañadas de la demanda aproximada en KW, los cables necesarios para su alimentación y los interruptores termomagnéticos de protección.

P1 - TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL 208/120 VCA				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
a1	tomas Edif., circ. N°1	3	1P-30A	2#10
a2	tomas Edif., circ. N°2	3	1P-30A	2#10
a3	tomas patio	12	3P-40A	3#8+1#12
a4	tab. dist. Casa Cont.-P3	47.	3P-200A	3#1/0+1#2
a5	calef. gabin., circ. N°1	9	3P-30A	3#10+1#12
a6	calef. gabin., circ. N°2	9	3P-30A	3#10+1#12
a7	equipo trat. de aceite	100	3P-350A	3#400+1#4/0
a8	ventilad. transf. 1	4	3P-20A	3#10+1#12
a9	ventilad. transf. 2	4	3P-20A	3#10+1#12
a10	casa guardián	10	3P-40A	3#8+1#12
a11	circuito auxiliar (duplex)	3	2P-20A	2#12
a12	serv. auxiliares E.E.Q	50	3P-200A	3#2/0+1#1
a13	tomas tableros (CA y CC)	3	1P-30A	2#10
a14	tablero alumbrado - P2	31.0	3P-100A	3#2+1#4
a15	reservas	10		

P2 - TABLERO ALUMBRADO 208/120 VCA				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
b1	alumb. exterior Edif.	2	1P-20A	2#12
b2	alumb. patio, circ. N°1	8	3P-30A	3#8
b3	alumb. patio, circ. N°2	8	3P-30A	3#8
b4	alumb. patio, circ. N°3	8	3P-30A	3#8
b5	reservas	5		

P3 - TABLERO DISTRIBUCION CASA DE CONTROL 208/120 VCA				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
c1	tablero taller - P4	29.04 ✓	3P-100A	3#2+1#4
c2	ilum. Casa Control, c. N°1	2 ✓	1P-20A	2#12
c3	ilum. Casa Control, c. N°2	2	1P-20A	2#12
c4	ilum. tableros, c. N°1	1 ✓	1P-20A	2#12
c5	ilum. tableros, c. N°2	1 ✓	1P-20A	2#12
c6	rect. BC1 48VCC, c. N°1	✓ 7.36	3P-30A	3#10+1#12
c7	rect. BC2 48VCC, c. N°2	7.36	3P-30A	3#10+1#12
c8	rect. BC3 125VCC, c. N°1	✓ 7.2	3P-30A	3#10+1#12
c9	rect. BC4 125VCC, c. N°2	7.2	3P-30A	3#10+1#12
c10	reservas	10		

P4 - TABLERO TALLER 208/120 VCA				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
d1	torno	1.5	3P-20A	3#12+1#12
d2	soldadora	20	3P-100A	3#4+1#8
d3	esmeril	0.8	2P-20A	2#12
d4	tomas 208 V	3	2P-20A	2#12
d5	tomas 120 V	2	1P-20A	2#12
d6	taladro	1.5	2P-20A	2#12
d7	alumbrado	2.5	1P-30A	2#10
d8	reservas	5		

P5 - TABLERO COMUNICACIONES 48 VCC				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
e1	carrier N°1, lín. Pucará	1	2P-30A	2#10
e2	carrier N°2, lín. Pucará	1	2P-30A	2#10
e3	carrier, lín. Ibarra	1	2P-30A	2#10
e4	disp. transfer. lín. Pucará	0.2	2P-20A	2#12
e5	disp. transfer. lín. Ibarra	0.2	2P-20A	2#12
e6	cont. sup. est. Quito	1	2P-30A	2#10
e7	tab. maestro cont. sup.	2	2P-50A	2#6
e8	reservas	0.5		

P7 - TABLERO ALUMBRADO EMERGENCIA 125 VCC				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
g1	alum. emerg. S. Control	1	2P-20A	2#12
g2	alum. emerg. Edificio	1	2P-20A	2#12
g3	reservas			

P6 - TABLERO DISTRIBUCION PRINCIPAL 125 VCC				
n	CIRCUITO	KW	PROTECCION	ALIMENTADOR
f1	auxil. tab. duplex	1.5	2P-20A	2#12
f2	cont. capac. T1	0.6	2P-20A	2#12
f3	cont. capac. T2	0.6	2P-20A	2#12
f4	serv. aux. E.E.Q	10	2P-100A	2#2
f5	cont. secc. lín. Pucará	0.6	2P-20A	2#12
f6	cont. inte. lín. Pucará	3	2P-30A	2#10
f7	tab. alumb. emerg.-P7	3.0	2P-30A	2#4
f8	cont. secc. lín. Ibarra	0.6	2P-20A	2#12
f9	cont. inte. lín. Ibarra	3	2P-30A	2#10
f10	cont. secc. lín. Eplic.	0.6	2P-20A	2#12
f11	cont. inte. lín. Eplic.	3	2P-30A	2#10
f12	cont. secc. lín. Guang.	0.6	2P-20A	2#12
f13	cont. inte. lín. Guang.	3	2P-30A	2#10
f14	cont. secc. transferencia	0.6	2P-20A	2#12
f15	cont. inte. transferencia	3	2P-30A	2#10
f16	prot. difer. barras	0.1	2P-15A	2#12
f17	prot. difer. transform.	0.1	2P-15A	2#12
f18	cont. secc. 138 kV T1	0.6	2P-20A	2#12
f19	cont. inte. 138 kV T1	3	2P-30A	2#10
f20	cont. secc. 138 kV T2	0.6	2P-20A	2#12
f21	cont. inte. 138 kV T2	3	2P-30A	2#10
f22	reservas	1		

SECCION DE CONDUCTORES

TAMAÑO	CAPACIDAD	SECCION
AWG	CONDUCCION	
MCM	A	mm ²
14	15	2.483
12	20	3.243
10	30	6.131
8	45	8.563
6	65	18.292
4	85	34.253
2	115	48.694
1	130	62.071
0	150	81.073
00	175	107.219
000	200	121.660
0000	230	153.279
250	255	182.414
300	285	220.720
350	310	255.431
400	335	292.674
500	380	357.533
600	420	438.251
750	475	548.055
1000	545	791.730

Tabla 1. Cables aislados para: 600 V

a. Sección y capacidad de conducción

Flame-resistant Type XHHW FR-1 Cable

SI-58768

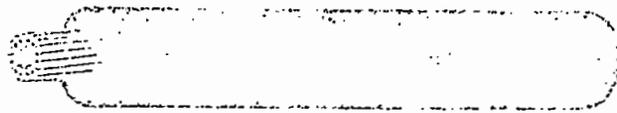
Single-conductor

600 Volts

APPLICATION: Where NEC has jurisdiction, cable is suitable for use in dry locations at conductor temperatures not exceeding 90°C or in wet locations at conductor temperatures not exceeding 75°C. All sizes may be installed in conduit, duct, or other recognized raceways. Listed by Underwriters' Laboratories, Inc., as Type XHHW FR-1 cable indicating cables pass the vertical flame test. Also sizes 14 through 6 AWG are marked as "gasoline and oil resistant II" and sizes 4 AWG and larger as "oil resistant II".

Where NEC does not have jurisdiction, cable is suitable for use in wet or dry locations at temperatures not exceeding 90°C. All sizes may be installed in conduit or duct or other recognized raceways and for properly supported aerial installations. For direct burial precautions, refer to CM-621, page 11.

FEATURES: Small diameter, physically tough. Requires no protective jacket. Excellent thermal and electrical properties with outstanding flame, moisture and chemical resistance.



CONSTRUCTION: Solid or stranded bare-copper or aluminum conductor, Flamenol® XL insulation.

Listed by Underwriters' Laboratories, Inc.

CONDUCTOR TEMPERATURE 90°C DRY
75°C WET

Size AWG or MCM	No. of Strands	Insulation Thickness in Mils	Approx. Over-all Diam in Inches	NEC Ampacity †				IPCEA Ampacity—90° C				Conduit Size in Inches ‡	Stock Colors						Standard Pack in Feet		Minimum Ordering Quantity in Feet on Non-stock Items		Approximate Shipping Wt. Lb./M Ft. Net Weight 1/6 Less			
				Copper		Aluminum		Conduits 40° C Ambient		Direct Burial 20° C Ambient			BLACK	WHITE	RED	GREEN	BLUE	ORANGE	YELLOW	BROWN	Coils	Reels	Copper	Alum.	Copper	Alum.
				90°C	75°C	90°C	75°C	Copper	Alum.	Copper	Alum.															
				90°C	75°C	90°C	75°C	Copper	Alum.	Copper	Alum.															
14*	1	30	0.13	15*	15	—	—	23	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	20	—
14*	7	30	0.14	15	15	—	—	23	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	22	—
12*	1	30	0.14	20	20	—	—	31	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	30	—
12*	7	30	0.16	20	20	—	—	31	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	31	—
10*	1	30	0.17	30	30	—	—	41	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	46	—
10*	7	30	0.18	30	30	—	—	41	—	—	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	10,000	—	48	—
8*	1	45	0.22	50	45	—	—	55	—	92	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	5000	—	76	—
8*	7	45	0.24	50	45	—	—	55	—	92	—	1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	5000	—	79	—
6*	7	45	0.28	70	65	55	50	75	58	118	92	3/4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2500 NRR	5000	5000	119	52
4*	7	45	0.35	90	85	70	65	97	76	153	119	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	2000 NRR	2000	2000	182	76
2*	7	45	0.40	120	115	95	90	130	102	197	153	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	9000 NRR	2000	2000	278	109
1*	19	55	0.49	140	130	110	100	156	122	223	174	1 1/4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	5000 NRR	2000	2000	355	140
0*	19	55	0.51	155	150	125	120	179	139	255	198	1 1/4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	7000 NRR	1500	1500	455	175
00*	19	55	0.57	185	175	145	135	204	159	289	226	1 1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	6000 NRR	1500	1500	552	210
000*	19	55	0.60	210	200	165	155	242	189	329	257	1 1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	8000 RR	1500	1500	675	254
0000*	19	55	0.66	235	230	185	180	278	217	373	291	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	7000 RR	1500	1500	854	312
250*	37	65	0.73	270	255	215	205	317	249	408	319	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	4000 RR	1000	1000	1018	371
300*	37	65	0.79	300	285	240	230	350	276	449	350	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	4000 RR	1000	1000	1210	434
350*	37	65	0.84	325	310	260	250	384	303	490	385	2 1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	4000 RR	1000	1000	1404	505
400*	37	65	0.89	360	335	290	270	410	325	524	412	2 1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	1000	1000	1624	584
500*	37	65	0.97	405	380	330	310	477	381	592	467	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	3000 RR	1000	1000	1987	697
600*	61	80	1.09	455	420	370	340	520	420	645	512	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	4000 RR	1000	1000	2383	842
750*	61	80	1.20	500	475	405	385	598	488	724	579	3 1/2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	1500 RR	1000	1000	2980	1037
1000*	61	80	1.41	585	545	480	445	689	578	825	672	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	1000 RR	1000	1000	3960	1372

FACTORY

Lowell: Sizes No. 14-6 AWG.
Bridgeport: Sizes No. 4 AWG and larger.
Oakland: Sizes No. 14 AWG thru 500 MCM.

COLOR: By means of colored insulation.

NOTE: Sizes No. 14-6 AWG reels sold only in full length reels.

CABLE IDENTIFICATION: Surface printing gives size, voltage, manufacturer's name, SI number and types. Red and black marker threads on sizes No. 6 AWG and smaller; size No. 4 AWG and larger, center strand stamped with GE and year of manufacture.

PUBLICATION:

Type XHHW FR-1 cable WC-3239

EXPLANATION OF SYMBOLS

- ★ Authorized for stock with copper conductors in colors as shown above
- † Per NEC—not more than three conductors in raceway or cable.
- For 3-wire, single-phase residential service, the allowable ampacity shall be for sizes No. 4 AWG—160 amp; No. 2 AWG—125 amp; No. 1 AWG—150 amp; No. 1/0 AWG—175 amp; and No. 2/0 AWG—200 amp.
- For 3-wire, single-phase residential service, the allowable ampacity shall be for sizes No. 2 AWG—100 amp; for No. 1 AWG—110 amp No. 1/0 AWG—125 amp; No. 2/0 AWG—150 amp; No. 3/0 AWG—175 amp; and for No. 4/0 AWG—200 amp.
- Based on three insulated conductors in single enclosed or exposed conduit. IPCEA methods used for ratings.
- ‡ Per NEC—three single conductors in conduit.
- * Registered Trademark of General Electric Company.

Tabla 1. Cables aislados para 600V

b. Tabla comercial de conductores

DATA SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

C&D. Batteries - Division of Electra Corporation

BATERIAS DE CONTROL

gravedad específica 1.210-voltaje final por celda 1.75

Temperatura 25°C

AMP - HORA 8 horas	PLOMO CALCIO	PLOMO ANTIMONIO
25	DCU-3	DU-3
50	DCU-5	DU-5
75	DCU-7	DU-7
100	DCU-9	DU-9
120	DCU-11	DU-11
150	DCU-13	DU-13
175	DCU-15	DU-15
180	KCB	KB
200	DCU-17	DU-17
240	KCU-7	KU-7
320	KCU-9	KU-9
400	KCU-11	KU-11
480	KCU-13	KU-13
560	KCU-15	KU-15
640	KCU-17	KU-17
720	KCU-19	KU-19
800	KCU-21	KU-21
900	LCU-13	LU-13
1050	LCU-15	LU-15
1200	LCU-17	LU-17
1350	LCU-19	LU-19
1500	LCU-21	LU-21
1650	LCU-23	LU-23
1800	LCU-25	LU-25
1950	LCU-27	LU-27

Tabla 2. Capacidad comercial de baterías.

fig 19-a

C & D BATTERIES

DIVISION OF ELTRA CORPORATION

"K" VALUES FOR 1 TO 60 MINUTES

1.210 SP. GR. 77°F. 1.75 FV/C

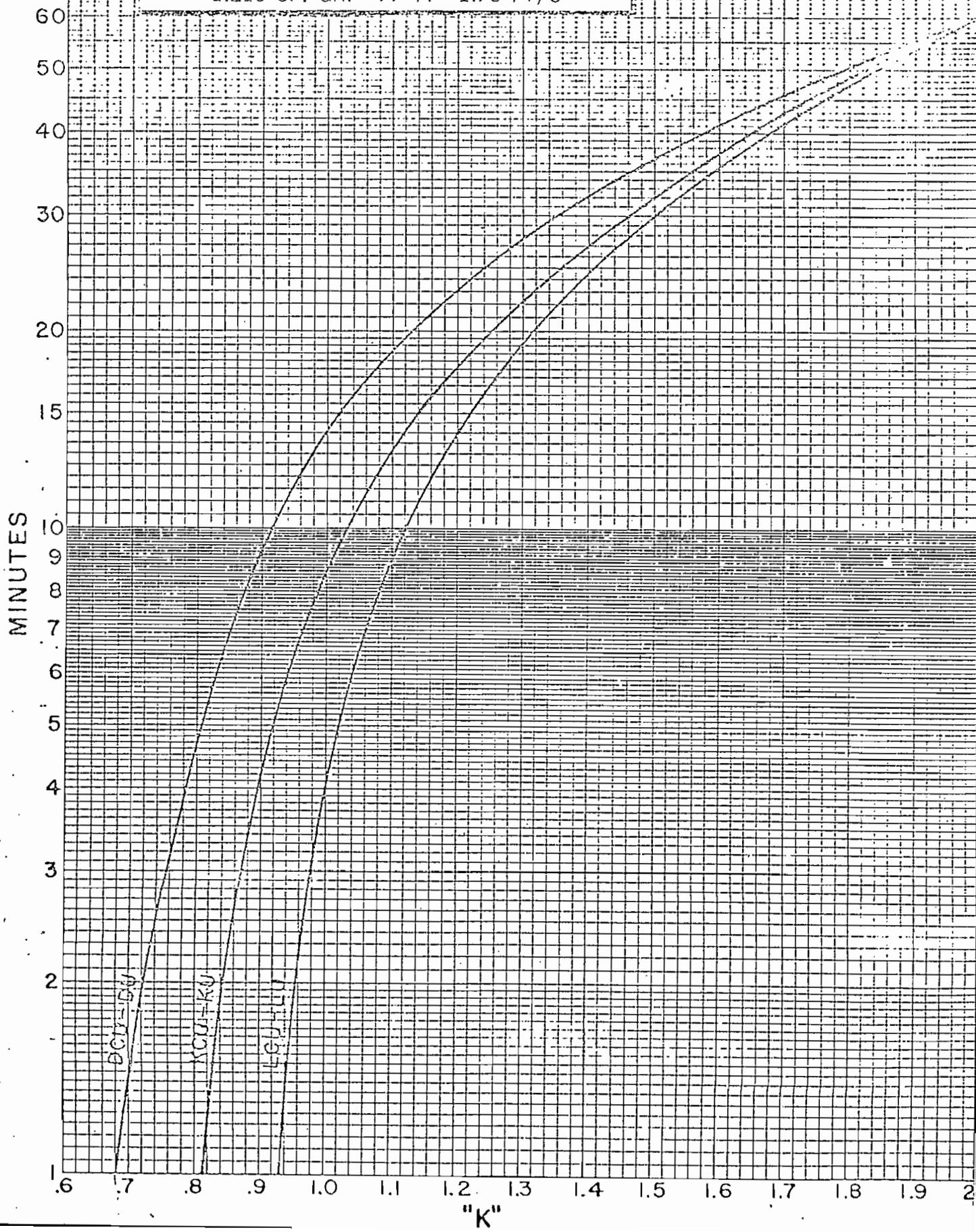


fig 19-b

C & D BATTERIES

DIVISION OF ELTRA CORPORATION

"K" VALUES FOR 60 TO 555 MINUTES

1.210 SP. GR. 77°F. 1.75 FV/C

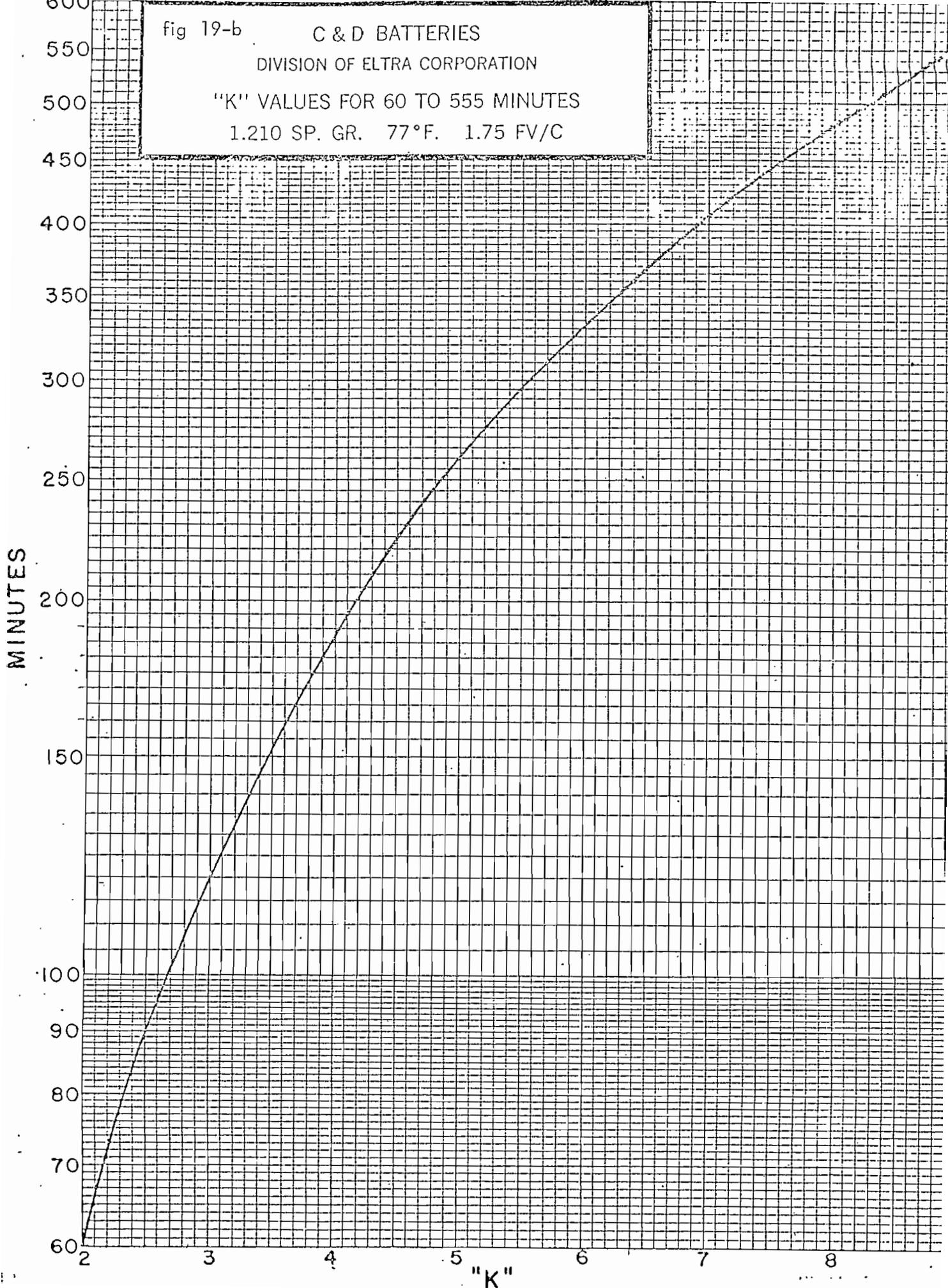
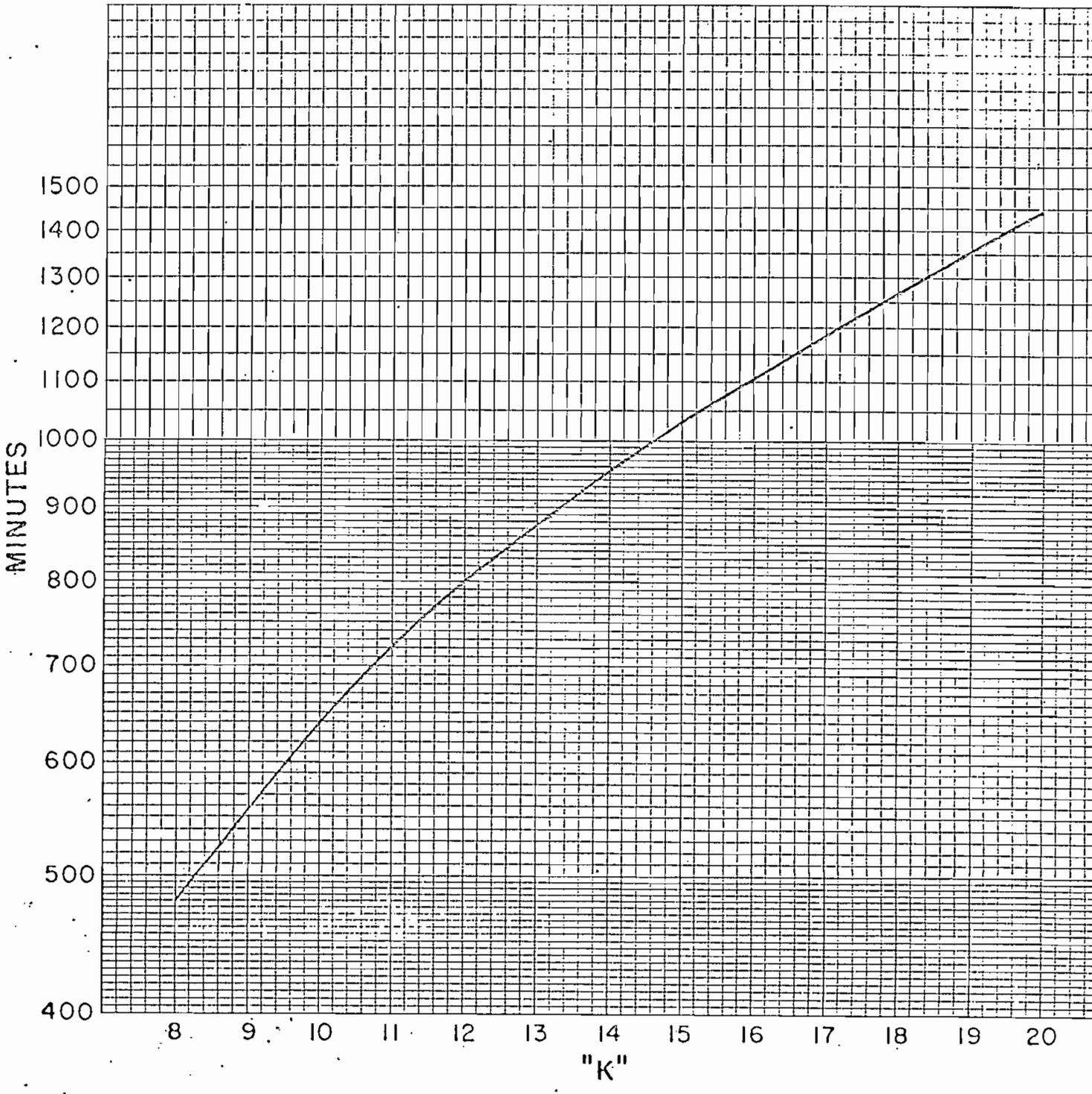


fig 19-c C & D BATTERIES
DIVISION OF ELTRA CORPORATION
"K" VALUES FOR 480 TO 1440 MINUTES
1.210 SP. GR. 77°F. 1.75 FV/C



ANEXO B

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS BANCOS DE BATERIAS Y
RECTIFICADORES

BATERIAS

El banco de baterías debe tener los suficientes amp-hora para atender plenamente durante el tiempo de servicio (tiempo de falla) los siguientes tipos de requerimientos: a) cargas de operación (disparo y cierre de interruptores), b) cargas básicas o permanentes y c) cargas de emergencia.

- a) La condición de carga de operación comprende el -
disparo de interruptores durante el primer minuto
del tiempo previsto para el servicio de la batería,
y el cierre de los mismos durante los 10 últimos -
minutos. El tiempo de servicio de la batería asu-
mido para nuestro ejemplo es de 2 horas. En la -
práctica se considera que no más de un interruptor
se operará en un cierto instante, sin embargo en
algunos casos la automaticidad del sistema puede
hacer que se cierren dos o más simultáneamente; pa
ra éste caso el total de las cargas simultáneas de

....

termina la capacidad de la batería para 1 minuto o 10 minutos.

- b) La condición de carga permanente durante el tiempo de servicio la representan lámparas de control, relés y cualquier otro equipo de funcionamiento continuo.
- c) Como cargas de emergencia se incluyen aquellos equipos que van a energizarse durante una falta de C.A como son: motores de C.A. por medio de inversores, motores de C.C e iluminación de emergencia principalmente.

Cabe anotar que en circuitos de control y según normas americanas, la capacidad en amp-h de las baterías se considera principalmente para un valor nominal de descarga de 8 horas, una tensión final de 1.75 V/celda y una temperatura de electrolito de 25°C (77°F), para baterías ácidas.

FORMULAS

Cuando se conoce el tiempo de duración (min) y la magni

....

tud (amp o vatios) de las cargas, pero se desconoce la secuencia de ocurrencia de las mismas, la batería puede determinarse por medio de la expresión número 1. En caso contrario, la expresión utilizada es la número 2 (Switchgear Control Batteries and Chargers, C&D Batteries Division of Electra Corporation).

$$C = \frac{1}{L} (K_1 I_1 + K_2 I_2 + K_3 I_3 + \dots + K_n I_n) \quad (1)$$

$$C = \frac{1}{L} [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + \dots + K_n (I_n - I_{n-1})] \quad (2)$$

en donde:

C = Capacidad en amp-hora (8 horas)

L = Factor de seguridad (Calculation of Storage Battery-Mitsubishi Electric Corporation)

K = Constante de acuerdo al tiempo de descarga (figs: 19a, 19b y 19c)

I = Corriente de descarga en amperios

NOTA: Se toma un factor de seguridad de $I=0.8$ para dimensionar la batería de modo que no se descargue sobre el 80% de su capacidad nominal.

Quando se utiliza la expresión N°2 y cuando en el diagrama de descarga a una carga mayor sigue

.....

una menor, es necesario chequear el problema paso por paso para comprobar que la batería puede atender satisfactoriamente los requerimientos de cada una de las cargas.

RECTIFICADORES

El servicio y la vida de un banco de baterías dependen más del diseño y operación de su equipo cargador que de otro factor externo, por ello y para disminuir los gastos de mantenimiento, se debe hacer una buena selección del equipo rectificador-cargador. Para alimentar circuitos de control, es preferible que el rectificador sea del tipo autoregulado y que mantenga su tensión de salida con una máxima fluctuación de $\pm 1\%$ cuando se han de cargar baterías de plomo-ácido y de 0.5% cuando son de plomo-antimonio.

Después de un servicio de emergencia, el rectificador deberá tener la suficiente capacidad para alimentar la carga de continua mientras se recarga la batería, en un tiempo razonable. Normalmente el rectificador mantendrá un voltaje de carga flotante ligeramente mayor que el de la f.e.m de la batería.

La capacidad en amperios del rectificador-cargador puede

calcularse mediante la fórmula N°3 (Switchgear Control Batteries and Chargers-Division of Electra Corporation).

$$A = L + \frac{1.1 C}{H} \quad (3)$$

en donde:

A = Capacidad en amperios del rectificador

L = Carga C.C permanente en amperios

C = Descarga de emergencia en amp-hora

H = Tiempo de recarga deseado en horas

NOTA: El tiempo de recarga puede variar entre 3 y 24 horas, el valor nominal suele ser 8 horas.

CALCULOS

1. BATERIA B1 48 VCC - COMUNICACIONES

a) Condición de carga de operación:

- ninguna

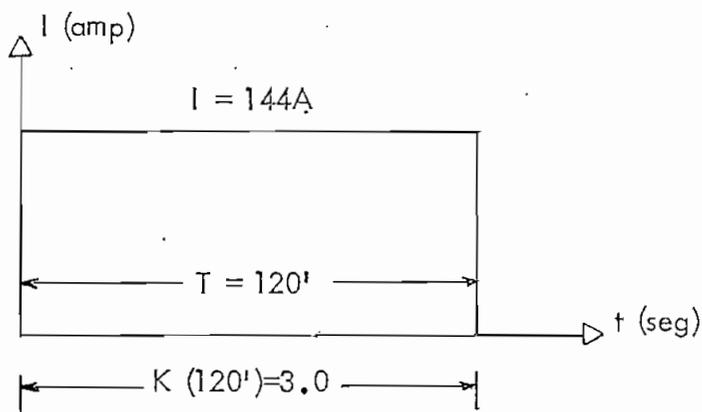
b) Condición de carga continua:

- disparo transferido	2 x 4A = 8A
- equipo carrier	3 x 21A = 63A
- control sup. est. Quito	= 21A
- cont. sup. tab. maestro	= 42A
- reserva o ampliación	= 10A

.....

CIRCUITO	tiempo 120 min.	A
disp. transferido	x	8
equipo carrier	x	63
cont. sup. est. Quito	x	21
cont. sup. tab. maest.	x	42
reservas	x	10
TOTAL		144A

DIAGRAMA DE DESCARGA :



Reemplazando valores en la expresión N°2, se obtiene:

$$C = \frac{1}{0.8} \times 3.0 \times 144 \qquad C = 540 \text{ amp-h}$$

El valor comercial más próximo de la batería según la tabla N°2 es:

$$\text{tipo KCU-15} \qquad C = 560 \text{ amp-h}$$

2. BATERIA B2 125 VCC

a) Condición de carga de operación:

- disparo interruptores $2 \times 5A = 10A$
- cerrado interruptores $2 \times 24A = 48A$

.....

b) Condición de carga permanente:

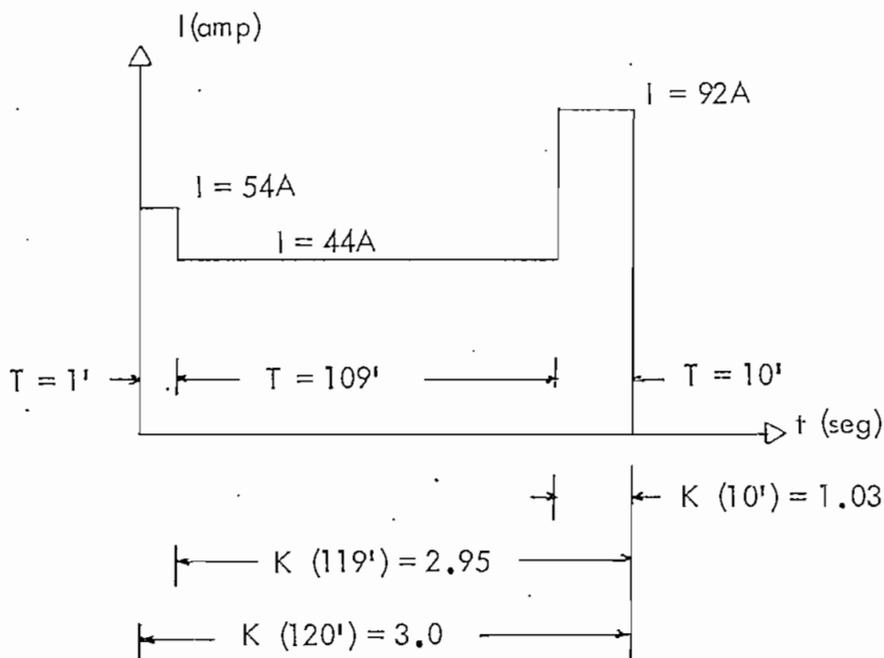
- tab. protec. líneas 138 kV	4 x 1A = 4A
- tab. protec. transformadores	2 x 0.5A = 1A
- protección capacitores	2 x 0.5A = 1A
- protección barras	2 x 0.5A = 1A
- cambiador taps	2 x 0.5A = 1A
- control ventiladores	4 x 0.5A = 2A
- reserva o ampliación	= 10A

c) Condición de carga emergencia:

- alumbrado emergencia	= 24A
------------------------	-------

CIRCUITO	primer minuto	próximos 109 min.	últimos 10 min.	A
disparo interrup.	x	-	-	10
cerrado interrup.	-	-	x	48
protec. lín. 138 kV	x	x	x	4
protec. transformador	x	x	x	1
protec. capacitores	x	x	x	1
protec. barras	x	x	x	1
cambiador de taps	x	x	x	1
control ventiladores	x	x	x	2
reserva	x	x	x	10
alumb. emergencia	x	x	x	24
TOTAL	54A	44A	92A	

DIAGRAMA DE DESCARGA :



Reemplazando valores en la expresión N°2 se obtiene:

$$C = \frac{1}{0.8} [3.0 \times 54 + 2.95 (44 - 54) + 1.03 (92 - 54)]$$

$$C = 227.5 \text{ amp-h}$$

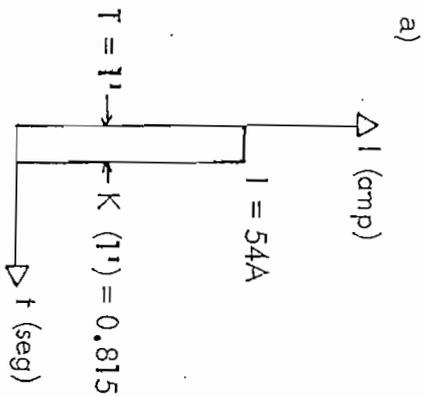
El valor comercial más próximo de la batería según la tabla N°2 es:

tipo KCU-7

$$C = 240 \text{ amp-h}$$

Comprobamos si la anterior es la máxima capacidad requerida por la batería :

....

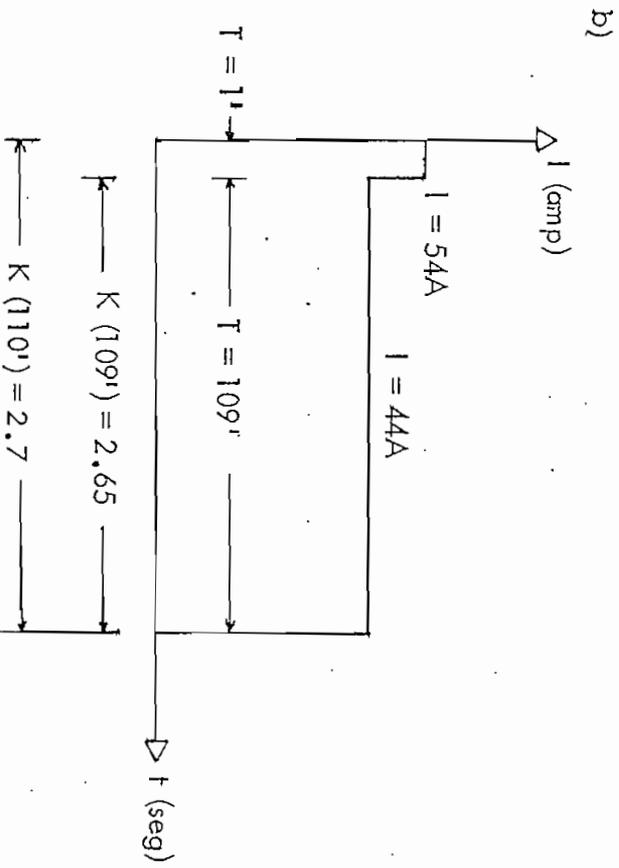


$$C^I = \frac{1}{I} KI11$$

$$C^I = \frac{1}{0.8} \times 0.815 \times 54$$

$$C^I = 55 \text{ amp-h}$$

$$C^I = 55 \text{ amp-h} < C = 227.5 \text{ amp-h}$$



$$C^{II} = \frac{1}{0.8} [2.7 \times 5.4 + 2.65 (44 - 54)]$$

$$C^{II} = 149 \text{ amp-h}$$

$$C^{II} = 149 \text{ amp-h} < C = 227.5 \text{ amp-h}$$

.....

Luego la capacidad de la batería de 125 VCC deberá ser:

$$C = 240 \text{ amp-h}$$

3. RECTIFICADOR-CARGADOR 48 VCC BC1, BC2

fórmula : $A = L + \frac{1.1 C}{H}$

a) Carga permanente en amperios:

$$L = I_a + I_b$$

$$I_a = \text{carga que toma la batería} = 144A$$

$$I_b = \text{carga que no toma la batería} = 0A$$

$$L = 144A$$

b) Amperios-hora de descarga:

$$- \text{carga total de } 144A \text{ para } 2 \text{ horas} = 288 \text{ amp-h}$$

c) Tiempo de recarga en horas

$$H = 8 \text{ horas}$$

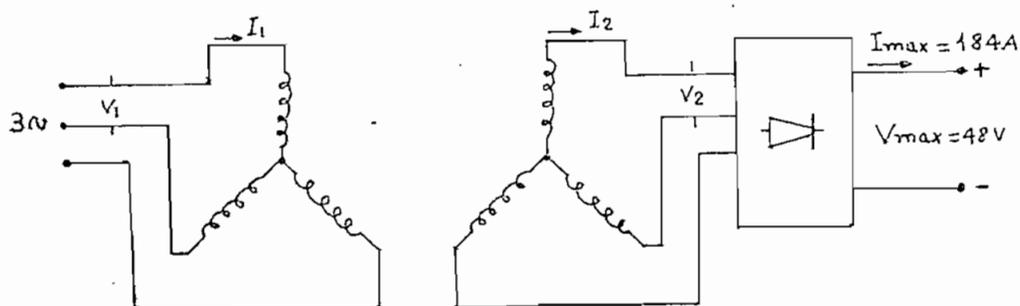
La capacidad necesaria para el cargador es:

$$A = 144 + \frac{1.1 \times 288}{8} = 183.6A$$

$$A \sim 184A$$

El rectificador-cargador de 48 VCC tendrá una corriente nominal de 200A.

INTENSIDAD DE CORRIENTE A LA ENTRADA (C.A.).



En éste diagrama se cumplen las siguientes relaciones:

$$I_1 = \frac{V_{F2}}{V_{F1}} I_2 \quad (\text{corrientes y tensiones de fase})$$

$$V_{F2} = \frac{V_2}{\sqrt{3}} = \frac{V_{ef}}{\sqrt{3}} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{48}{\sqrt{6}} \quad (\text{VCA})$$

$$I_2 = I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{184}{\sqrt{2}} \quad (\text{ACA})$$

$$V_{F1} = \frac{208}{\sqrt{3}} \quad (\text{VCA}) \quad , \text{ reemplazando:}$$

$$I_1 = \frac{48 \times 184}{208 \times 2} = 21.23 \sim 21.5 \text{ A}$$

4. RECTIFICADOR - CARGADOR 125 VCC BC3, BC4

fórmula: $A = L + \frac{1.1 C}{H}$

a) Carga continua en amperios:

$$I_a = 44 \text{ A}$$

$$I_b = 12 \text{ A (f1=1.5kW)}$$

$$L = 56 \text{ A}$$

b) Amperios-hora de descarga

$$\text{- disp. int. 10A para 1 min.} = 0.17 \text{ amp-h}$$

$$\text{- cerr. int. 48A para 10 min.} = 8.0 \text{ amp-h}$$

$$\text{- otras cargas 44A para 2 horas} = 88 \text{ amp-h}$$

$$C = 0.17 + 8.0 + 88 = 96.17 \text{ amp-h}$$

c) Tiempo de recarga en horas

$$H = 8 \text{ horas}$$

La capacidad necesaria para el cargador es:

$$A = 56 + \frac{1.1 \times 96.17}{8}$$

$$A = 69.2 \text{ A} \quad \sim 70 \text{ A}$$

El rectificador-cargador de 125 VCC tendrá una corriente nominal de 100 A.

INTENSIDAD DE CORRIENTE A LA ENTRADA (C.A)

Aplicando el mismo concepto que para el cargador de 48V, se obtiene:

$$Vf2 = \frac{125}{\sqrt{6}} \text{ (VCA)} \quad I2 = \frac{70}{\sqrt{2}} \quad Vf1 = \frac{208}{\sqrt{3}}$$

$$I1 = \frac{125 \times 70}{208 \times 2} = 21 \text{ A} \quad \dots\dots$$

ANEXO C

CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES
PANELES DE DISTRIBUCION.

El calibre de los conductores que deben alimentar los diferentes paneles de los servicios auxiliares debe calcularse por dos métodos diferentes: a) capacidad de conducción y b) caída de tensión. En base a los resultados obtenidos, se selecciona aquel conductor que cumpla satisfactoriamente las condiciones de conducción y caída de tensión. La base de los cálculos será la suma de las corrientes o potencias asumidas para cada carga (Anexo A) afectada por el factor de demanda adecuado para el conjunto. Todos los alimentadores de cargas y tableros se consideran de cobre y la caída de tensión total debido a la resistencia de los conductores desde los terminales de baja del transformador hasta aquel equipo más alejado se estima menor o igual al 5% de la tensión nominal de alimentación. La caída de tensión en los alimentadores de los tableros se considera menor o igual a 1%.

....

1. ALIMENTACION AL PANEL P7 - ALUMBRADO EMERGENCIA 125 VCC

Las cargas servidas son en su totalidad de alumbrado - que se energizarán íntegramente cuando hay una emergencia, por tanto el factor de demanda que debe tomarse es del 100%. La caída de tensión se considera menor al 1% de la tensión nominal 125V.

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

$$P = E I$$

$$P = \sum w \times FD \quad , \quad FD = \text{factor de demanda}$$

$$\sum w = 3000 \text{ w} \quad \quad \quad FD = 100\%$$

$$I = \frac{3000 \times 1.0}{125} = 24 \text{ A}$$

Implica un conductor de cobre # 10 AWG.

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{2 P}{k e E} l \quad , \quad l \text{ (m) = longitud}$$

$$P = 3000\text{w} \quad \quad \quad k = 56 \text{ (conductor de Cu)}$$

$$E = 125\text{V} \quad \quad \quad e = 1\%E = 1.25\text{V}$$

$$s = \frac{2 \times 3000}{56 \times 1.25 \times 125} l = 0.686 l \text{ (mm}^2\text{)}$$

.....

Considerando:

$$l_{\min} = 10\text{m}, \quad s = 6.86 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 8 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 20.57 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 4 AWG}$$

Conclusión:

SOLUCION : Cu (2 # 4 AWG)

- Caída de tensión (l = 30 m)

$$e = \frac{2 P}{k s E} l, \quad s(\#4) = 34.253 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{2 \times 3000}{56 \times 34.253 \times 125} \times 30 = 0.753 \text{ V}$$

$$e = 0.6\%$$

- Longitud máxima del conductor (e = 1%, #4 AWG)

$$l = \frac{e k s E}{2 P}$$

$$l = \frac{1.25 \times 56 \times 34.253 \times 125}{2 \times 3000} \quad l = 50 \text{ m}$$

2. ALIMENTACION AL PANEL P6 - DISTRIBUCION PRINCIPAL 125VCC
(Alimentación en C.A del rectificador 125 VCC)

Deberá aplicarse un factor de demanda del 100% a la potencia en vatios requerida por el rectificador de 125 VCC, ésta carga será la que aproximadamente estará consumiendo el circuito de los auxiliares de 125 VCC. La caída

.....

de tensión se considerará menor al 3%.

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

El valor de la corriente por fase en el primario del transformador del rectificador seleccionado es de 21A, luego el cable por capacidad de conducción debería ser:

Cu (3 # 10 AWG)

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l \quad P = \sum w \text{ FD}$$

$$\text{FD} = 100\%$$

$$e = 3\%E = 6.24V \quad , \quad E = 208V$$

$$\sum w = \sqrt{3}EI\cos\varphi \quad , \quad \cos\varphi = 0.95$$

$$\sum w = \sqrt{3} \times 208 \times 21 \times 0.95 \quad (w)$$

$$\sum w \sim 7.2 \text{ kW} \quad P = 7.2 \text{ kW}$$

$$s = \frac{7200}{56 \times 6.24 \times 208} l = 0.099 l \quad (\text{mm}^2)$$

Considerando:

$$l_{\text{min}} = 10\text{m}, \quad s = 0.99 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 14 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 2.971 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 12 AWG}$$

Conclusión:

SOLUCION : Cu (3 #10AWG + 1 #12AWG)

- Caída de tensión ($l = 30 \text{ m}$)

$$e = \frac{P}{k s E} l \quad , \quad s(\#10) = 6.131 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{7200}{56 \times 6.131 \times 208} \times 30 = 3.0 \text{ V}$$

$$e = 1.44\%$$

- Longitud máxima del conductor ($e=3\%$, #10AWG)

$$l = \frac{e k s E}{P}$$

$$l = \frac{6.24 \times 56 \times 6.131 \times 208}{7200} \quad (\text{m})$$

$$l \simeq 62 \text{ m}$$

3. ALIMENTACION AL PANEL P5 — TABLERO COMUNICACIONES 48VCC

(Alimentación en C.A del rectificador 48 VCC)

Se aplicará un factor de demanda del 100% a la potencia en vatios requerida por el rectificador de 48 VCC. La caída de tensión se considerará menor al 3% de la tensión de alimentación 208 V.

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

El valor de la corriente por fase en el primario del

.....

transformador del rectificador seleccionado es de 21.5A, luego por capacidad de conducción se necesitaría un cable de:

$$\text{Cu (3 \# 10 AWG)}$$

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l$$

$$e = 3\%E = 6.24 \text{ V} , \quad E = 208 \text{ V}$$

$$P = \sum w \text{ FD} , \quad \text{FD} = 100\%$$

$$\sum w = \sqrt{3} E I \cos \varphi , \quad \cos \varphi = 0.95$$

$$\sum w = \sqrt{3} \times 208 \times 21.5 \times 0.95 \text{ (w)}$$

$$\sum w = 7.36 \text{ kW} \quad P = 7.36 \text{ kW}$$

$$s = \frac{7360}{56 \times 6.24 \times 208} l = 0.1013 l \quad (\text{mm}^2)$$

Considerando :

$$l_{\text{min}} = 10\text{m}, \quad , \quad s = 1.013 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 14 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad , \quad s = 3.038 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 12 AWG}$$

Conclusión:

SOLUCION : Cu (3 #10AWG + 1 #12AWG)

- Caída de tensión (l = 30m)

$$e = \frac{P}{k s E} l$$

$$s(\#10) = 6.131 \text{ mm}^2$$

.....

$$e = \frac{7360}{56 \times 6.131 \times 208} \times 30 = 3.095 \text{ V}$$

$$e = 1.49\%$$

- Longitud máxima del conductor (e = 3%, #10AWG)

$$l = \frac{e \cdot k \cdot s \cdot E}{P}$$

$$l = \frac{6.24 \times 56 \times 6.131 \times 208}{7360} \quad (\text{m})$$

$$l \simeq 61 \text{ m}$$

4. ALIMENTACION AL PANEL P4 - TABLERO TALLER 208/120 VCA

Las cargas servidas por éste tablero son de funcionamiento no permanente que determina se utilice para éstas cargas un factor de demanda entre el 50 y 80%, para asegurar la capacidad del circuito tomaremos un valor igual al 80%. Además, como el circuito es inductivo, asumimos un $fp = 0.9$. La caída de tensión se considerará menor al 3% de la tensión nominal 208 V.

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

.....

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \varphi} \quad E = 208 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.9$$

$$P = \sum w \text{FD} ,$$

$$\text{FD} = 80\%$$

$$P = 36.3 \times 0.8 = 29.04 \text{ kW}$$

$$I = \frac{29040}{\sqrt{3} \times 208 \times 0.9} = 89.6 \text{ A}$$

Lo que implica un conductor de fase de:

Cu (# 2 AWG)

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l \quad e = 3\% E = 6.24 \text{ V}$$

$$s = \frac{29040}{56 \times 6.24 \times 208} l = 0.3995 l \quad (\text{mm}^2)$$

Considerando:

$$l_{\text{min}} = 10\text{m}, \quad s = 3.995 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 10 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 11.986 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 6 AWG}$$

Conclusión:

SOLUCION ; Cu (3 #2AWG + 1 #4AWG)

-- Caída de tensión (l = 30m)

$$e = \frac{P}{k s E} l \quad s(\#2) = 48.694 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{29040}{56 \times 48.694 \times 208} \times 30 = 1.533 \text{ V}$$

$$e = 0.74\%$$

.....

- Longitud máxima del conductor (e = 3%, #2AWG)

$$l = \frac{e k s E}{P}$$

$$l = \frac{6.24 \times 56 \times 48.694 \times 208}{29040} \quad (\text{m})$$

$$l \simeq 122 \text{ m}$$

5. ALIMENTACION AL PANEL P3 — TABLERO DISTRIBUCION DE LA CASA DE CONTROL 208/120 VCA.

Este tablero provee de energía al conjunto de cargas del taller mecánico y los rectificadores de alimentación a barras de 125 y 48 VCC. Para las cargas de alumbrado se aplica un factor de demanda del 100% porque se deberá mantener una adecuada iluminación sobre los tableros en todo momento; para el resto de servicios encambio es aplicable un factor de demanda entre el 35 y 65% por lo que asumiremos en nuestro ejemplo un FD de 60% considerando que de los rectificadores 2 están en operación y 2 de reserva. Es adecuado también aplicar un factor de potencia de 0.9 en razón de que el circuito en general es inductivo. La caída de tensión se considerará menor al 2% de la tensión nominal 208 V.

.....

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \varphi} \quad \cos \varphi = 0.9$$

$$P = \sum w \text{ FD}$$

$$\sum w \times \text{FD} = w_a \text{ FDa} + w_b \text{ FDb}$$

$$w_a = \text{carga alumbrado} \quad \text{FDa} = 100\%$$

$$w_b = \text{otras cargas} \quad \text{FDb} = 60\%$$

$$P = 6 \times 1.0 + 68.2 \times 0.6 = 47.0 \text{ kW}$$

$$I = \frac{47000}{\sqrt{3} \times 208 \times 0.9} = 145.0 \text{ A}$$

Lo que implica un conductor de fase de:

$$\text{Cu (\# 1/0 AWG)}$$

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l \quad e = 2\% E = 4.16 \text{ V}$$

$$s = \frac{47000}{56 \times 4.16 \times 208} l = 0.97 l \quad (\text{mm}^2)$$

Consideración:

$$l_{\text{min}} = 10\text{m}, \quad s = 9.7 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 6 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 29.1 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 4 AWG}$$

Conclusión:

$$\text{SOLUCION : Cu (3 \#1/0AWG + 1 \#2AWG)}$$

.....

- Caída de tensión ($l = 30 \text{ m}$)

$$e = \frac{P}{k s E} l \quad s(\#1/0) = 81.073 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{47000}{56 \times 81.073 \times 208} \times 30 = 1.5 \text{ V}$$

$$e = 0.72\%$$

- Longitud máxima del conductor ($e = 2\%$, #1/0AWG)

$$l = \frac{e k s E}{P}$$

$$l = \frac{4.16 \times 56 \times 81.073 \times 208}{47000} \quad (\text{m})$$

$$l \approx 83 \text{ m}$$

6. ALIMENTACION AL PANEL P2 - TABLERO DISTRIBUCION

ALUMBRADO (exterior) 208/120 VCA.

Se aplicará aquí un factor de demanda del 100% puesto que es necesario que la iluminación sea completa y permanente para poder vigilar la condición de funcionamiento del equipo de la subestación durante la noche. La caída de tensión se considerará menor a 2% de la tensión nominal 208V.

.....

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \varphi} \quad \cos \varphi = 1.0$$

$$P = \sum w \text{ FD} \quad \text{FD} = 100\%$$

$$P = 31 \times 1.0 = 31 \text{ kW}$$

$$I = \frac{31000}{\sqrt{3} \times 208 \times 1.0} = 86 \text{ A}$$

Lo que implica un conductor de fase de:

Cu (# 2 AWG)

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l \quad e = 2\% E = 4.16 \text{ V}$$

$$s = \frac{31000}{56 \times 4.16 \times 208} l = 0.6397 l \quad (\text{mm}^2)$$

Consideración:

$$l_{\text{min}} = 10\text{m}, \quad s = 6.397 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 8 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 19.192 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 4 AWG}$$

Conclusión:

SOLUCION : Cu (3 #2AWG + 1 #4AWG)

→ Caída de tensión (l = 30m.)

$$e = \frac{P}{k s E} l \quad s(\#2) = 48.694 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{31000}{56 \times 48.694 \times 208} \times 30 = 1.639 \text{ V}$$

$$e = 0.79\%$$

- Longitud máxima del conductor (e = 2%, #2AWG)

$$l = \frac{e k s E}{P}$$

$$l = \frac{4.16 \times 56 \times 48.694 \times 208}{31000}$$

$$l \simeq 76 \text{ m}$$

7. ALIMENTACION AL PANEL P1 — TABLERO DISTRIBUCION
PRINCIPAL C.A 208/120 V.

Las cargas de tomacorrientes se tomarán en cuenta aplicando factores de demanda con las siguientes consideraciones: FD = 100% para los primeros 5000 w y FD = 40% para el resto. A las otras cargas puede aplicarse un FD = 70% en virtud de que el consumo más significativo (equipo tratamiento de aceite) se ocupa solamente durante mantenimiento del equipo. La presencia de cargas inductivas determina se use un $f_p = 0.9$. La caída de tensión se considerará menor al 1% de la tensión nominal de 208 V.

.....

CALCULOS.

a) Por capacidad de conducción.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \psi} \quad \cos \psi = 0.9$$

$$P = \sum w FD = w_a FDa + w_b FDb$$

$$w_a = \text{carga tomacorrientes} \quad FDa = 100\%, 40\%$$

$$w_b = \text{otras cargas} \quad FDb = 70\%$$

$$P = (5 \times 1.0 + 16 \times 0.4) + 277.0 \times 0.7$$

$$P = 205.3 \text{ kW}$$

$$I = \frac{205300}{\sqrt{3} \times 208 \times 0.9} = 633.2 \text{ A}$$

Lo que implica un conductor de fase de:

Cu (2 # 400 kCM)

b) Por caída de tensión.

$$s = \frac{P}{k e E} l \quad e = 1\% E = 2.08 \text{ V}$$

$$s = \frac{205300}{56 \times 2.08 \times 208} l = 8.474 l \quad (\text{mm}^2)$$

Consideración:

$$l_{\min} = 10\text{m}, \quad s = 84.74 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 2/0 AWG}$$

$$l_{\text{prom}} = 30\text{m}, \quad s = 254.2 \text{ mm}^2 \quad \text{-----} \quad \text{Cu \# 350 kCM}$$

.....

Conclusión:

SOLUCION : Cu (3x2#400kCM + 1 #400kCM)

- Caída de tensión (l = 30 m)

$$e = \frac{P}{k s E} l \quad s(2\#400) = 585.35 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{205300}{56 \times 585.35 \times 208} \times 30 = 0.90 \text{ V}$$

$$e = 0.43\%$$

- Longitud máxima del conductor (e=1%, 2#400kCM)

$$l = \frac{e k s E}{P}$$

$$l = \frac{2.08 \times 56 \times 585.35 \times 208}{205300} \quad (\text{m})$$

$$l = 69 \text{ m}$$

ANEXO D

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR Y DEL GENERADOR DIESEL DE EMERGENCIA.

1. CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES.

Considerando que el transformador de servicios auxiliares trabaja con un factor de potencia $fp = 0.9$, y su eficiencia es igual a $\eta = 0.998$, el valor de la capacidad en KVA será el siguiente:

$$KVA = \frac{KW}{\eta \cos \varphi} \quad \begin{array}{l} KW = 205.3 \\ \eta = 0.998 \\ \cos \varphi = 0.9 \end{array}$$

$$KVA = \frac{205.3}{0.998 \times 0.9}$$

$$KVA = 228.6$$

Ahora bien, como el transformador por seguridad debe cargarse alrededor del 80 a 90% de su capacidad nominal, debe corregirse el valor anterior así:

$$KVA' = \frac{228.6}{0.8} = 286$$

Se seleccionarán finalmente dos transformadores trifásicos de 300 KVA del tipo OA núcleo sumergido en aceite,

.....

relación de transformación a plena carga de 13.8kV/208V y 6.3kV/208V, provistos cada uno de ellos de cambiador de derivaciones en el lado de alta de 5 pasos $2 \times \pm 2.5\%$ para operarse con el transformador desenergizado.

2. CAPACIDAD DEL GRUPO DIESEL DE EMERGENCIA.

El grupo diesel trifásico de 208/120 V que deberá alimentar cuando sea necesario el tablero de distribución de la Casa de Control, tendrá una capacidad en KVA de:

$$KVA = \frac{KW}{\eta \cos \phi}$$

$$KW = 47.0$$

$$\eta = 0.95$$

$$KVA = \frac{47.0}{0.95 \times 0.9}$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$KVA = 55.0$$

Se dispondrá entonces de un grupo diesel de capacidad igual a 60 KVA.

ref.

16. Standard Handbook for Electrical Engineers
Fink and Carroll
McGraw-Hill
17. Transformadores y Convertidores
Ediciones CEAC, S.A. España 1974
18. Proyecto Pisayambo - Primera Etapa
Especificaciones Técnicas
Alternadores, Transformadores y Servicios Auxiliares
Subestación Pucará
Subestación Quito
Italconsult, abril 1971
19. Switchgear Control Batteries and Chargers
Simplified Method for Selecting Control Batteries
C & D Batteries - Division of Electra Corporation
20. Calculation of Storage Battery
Calculation of Transformers Capacity
Project: Central "Estero Salado" N° 2 Guayaquil
Mitsubishi Electric Corporation
INECEL - 1977

ref.

8. Diseño de la Subestación Epiclachima
 Rodrigo Temeus
 Tesis de Grado, año 1974

9. Magnetic Circuits and Transformers
 Massachusetts Institute of Technology, año 1962

10. Transformer Principles and Practice
 J.B. Gibbs
 McGraw-Hill Book Company, 1950

11. Distribution Systems
 Westinghouse Electric Corporation, 1965

12. Proyecto Pisayambo - Primera Etapa
 Estudio General del Sistema Eléctrico
 Italconsult, mayo de 1971

13. Tertiary Windings in Autotransformers
 Power Apparatus and Systems
 American Institute of Electrical Engineers (A.I.E.E.)

14. Conexiones de Transformadores
 C.A. Energía Eléctrica de Venezuela

15. Transformer Engineering
 A treatise on the theory, operation and application of
 transformers
 L.F. Blume, A. Bayajian, G. Camilli
 T.C. Lennox, S. Minneci, V.M. Montsinger
 General Electric Company, 1951

....

BIBLIOGRAFIA

ref.

1. Información de los países de la CIER en la Operación y Mantenimiento de Sistemas Eléctricos.
Tomos: II, III y IV, año 1973
Comisión de Integración Eléctrica Regional.
2. Centrales Eléctricas
Ediciones CEAC, S.A. España, 1974
3. Estaciones de Transformación y Distribución
Protección de Sistemas Eléctricos
Ediciones CEAC, S.A. España, 1974
4. Pilas y Acumuladores
Máquinas de Corriente Continua
Ediciones CEAC, S.A. España, 1974
5. Instalaciones de Baja Tensión
Cálculo de Líneas Eléctricas
Ediciones CEAC, S.A. España, 1974
6. Diseño de la Subestación "El Tambo"
Jaime Estrella y Nelson Bedoya
Tesis de Grado, año 1975
7. Cálculo de Baterías para Subestaciones
Ing. Gorky Barba
Plan de Conferencias dictadas en la Facultad, mayo 1976

....