

103  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"CAMPUS ARAGON"

" SISTEMAS ELECTRICOS DE EMERGENCIA  
Y APLICACIONES "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA

P R E S E N T A

JAIME VAZQUEZ MARTINEZ

ASESOR DE TESIS:

ING. RAUL BARRON VERA

MEXICO

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

***A MIS PADRES***

***CENOBIO Y HERMELINDA, POR DARME SUS PALABRAS DE ALIENTO  
CUANDO LAS NECESITABA, POR CREER EN MI, Y POR BRINDARME TODO SU  
APOYO.***

***GRACIAS***

**A MI ESPOSA**

**LETICIA, POR DARME TODO SU APOYO EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES, SU CONFIANZA Y COMPRESION, PARA LA REALIZACION DE MIS METAS.**

**A MI HIJA**

**TERE, POR QUE AL VER EN SU INOCENCIA DE NIÑEZ, ME HIZO RECORDAR LA MIA, LO CUAL ME IMPULSO PARA PODER LOGRAR TODO AQUELLO EN LO QUE ME PROPUSIERA , Y PODERLE BRINDAR UN FUTURO MEJOR.**

**GRACIAS**

***A MI HERMANA***

***CELIA, POR TODO EL APOYO BRINDADO EN LOS MOMENTOS, EN QUE MAS  
LO NECESITABA..***

***A MI SOBRINA***

***ROSY, POR SU AYUDA Y APOYO INCONDICIONAL, PARA LOGRAR LA META  
ALCANZADA.***

**GRACIAS**

***AL ASESOR DE TESIS***

***ING. RAUL BARRON VERA, POR SU APOYO BRINDADO, TIEMPO INVERTIDO  
Y PACIENCIA, EL CUAL FUE INDISPENSABLE EN LA CONSOLIDACION DE  
ESTA TESIS.***

***A LOS SINODALES***

***ING. RAUL BARRON VERA  
ING. PASCUAL RIVERA MUÑOZ  
ING. SERGIO PADILLA ARTEAGA  
ING. FRANCISCO GARNICA RESEÑOS  
ING. RAUL CARBAJAL PINAL***

***POR LA REVISION Y SUS COMENTARIOS ACERTADOS.***

***A LA ENEP ARAGON - UNAM***

***POR QUE ME DIO LOS CONOCIMIENTOS QUE ME HAN DESARROLLADO EN  
MI VIDA PROFESIONAL.***

***A MIS PROFESORES***

***POR SU ESMERO EN LA IMPARTICION DE SUS CONOCIMIENTOS EN MI  
FORMACION.***

***GRACIAS***

# INDICE

Prólogo.....	iv
Introducción.....	v
<b>Capítulo I. Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
1.1. Historia .....	1
1.2. Sensibilidad de carga .....	3
1.3. Definiciones .....	3
1.4. Importancia de la continuidad del servicio eléctrico .....	4
1.5. Tipos de fallas en los sistemas normales.....	5
1.6. Sistemas de emergencia en c.a. ....	9
1.7. Sistemas de emergencia en c.d. ....	13
<b>Capítulo II. Sistema de reserva .....</b>	<b>17</b>
2.1. Selección de voltajes .....	17
2.2. Baterías ácidas (plomo-ácido) .....	21
2.3. Baterías alcalinas (níquel-cadmio) .....	44
2.4. Cálculo de la capacidad del sistema de reserva .....	64
2.5. Cálculo de la caída de tensión .....	78
2.6. Selección del cargador de baterías .....	83
<b>Capítulo III. Alumbrado de emergencia .....</b>	<b>110</b>
3.1. Diagramas de principio para unidades de alumbrado de emergencia autónomos .....	110
3.2. Unidades de c.d. con baterías .....	122
3.3. Unidades de c.a. con baterías .....	142
<b>Capítulo IV. Sistemas de fuerza ininterrumpibles .....</b>	<b>154</b>
4.1 Diagrama de principio .....	154

4.2 Descripción de componentes .....	159
4.3 Especificaciones del equipo .....	177
4.4 Métodos de cálculo .....	179
<b>Capítulo V. Normas técnicas y tipos de circuitos .....</b>	<b>184</b>
5.1. Normas aplicables a sistemas de energía eléctrica de emergencia y/o reserva .....	184
5.2. Circuitos normales .....	209
5.3. Circuitos preferentes .....	209
5.4. Circuitos de emergencia .....	209
5.5. Selección de canalizaciones .....	210
5.6. Selección de conductores .....	215
<b>Capítulo VI. Plantas generadoras .....</b>	<b>226</b>
6.1. Diagrama de principio .....	226
6.2. Especificaciones típicas para un grupo motor-generator .....	256
6.3. Selección de la capacidad del grupo motor-generator .....	258
6.4. Unidades de transferencia a base de interruptores .....	259
6.5. Accesorios .....	273
<b>Capítulo VII. Aplicaciones .....</b>	<b>275</b>
A. Aplicaciones .....	275
7.1. Energía de utilización .....	275
7.2. Fuentes de energía alternas .....	278
7.3. Categoría de cargas .....	279
7.4. Cargas para un suministro de baterías.....	279
7.5. Cargas para un UPS .....	280
7.6. Cargas para un grupo motor-generator .....	281
7.7. Resumen .....	284
B. Análisis de costo/beneficio .....	285
7.8. Frecuencia de fallas en la energía de utilización .....	286

7.9. Costo de fallas en la utilización .....	288
7.10. Resumen .....	296
Conclusiones .....	297
Bibliografía .....	300

## PROLOGO

En la actualidad no hay actividad del ser humano que no este asociada directa o indirectamente con la energía eléctrica, es decir, todos somos usuarios de dicha energía.

El ama de casa, el hombre de negocios, el industrial, los ayuntamientos y otras instituciones, todos ellos tienen un nexo común, "son usuarios de energía eléctrica". La seguridad demostrada por las compañías eléctricas induce a los usuarios a duplicar la demanda de electricidad cada década. Pocas industrias pueden igualar un récord tan impresionante de resultados y crecimiento.

El usuario esta separado de la central generadora de energía eléctrica de la compañía por kilómetros de cables, cientos de aislantes, gran número de contactores, fusibles, aparatos de medición y otros muchos dispositivos. Una avería accidental o intencional en cualquiera de los elementos del sistema puede producir una interrupción del servicio eléctrico.

Hace cincuenta años, cuando la carga eléctrica principal eran las lámparas incandescentes, una falla de energía era tan solo un inconveniente, se apagaban las luces. En la actualidad en nuestro mundo mecanizado y automatizado, una interrupción tiene consecuencias numerosas y potencialmente serias.

La granja automatizada depende de la electricidad para dar alimento y agua a los animales. La ciudad depende de la electricidad para regular el tráfico, cada vez en aumento.

El que haya presión de agua para los hogares, hospitales, industrias y bomberos depende de las bombas accionadas por motores eléctricos.

Las telecomunicaciones dependen de la energía eléctrica. Una interrupción prolongada del servicio eléctrico puede ser calificada como un desastre.

Para el suministro de energía eléctrica, disponemos de bancos de baterías, unidades de alumbrado de emergencia, fuentes ininterrumpibles, plantas generadoras. El objetivo de esta tesis es el estudio de los diferentes sistemas de emergencia para uso comercial e industrial al suministro de energía. Existe mucha información sobre motores eléctricos, generadores y de instrumentos eléctricos.

Esta tesis se propone servir de puente y combinar los elementos o equipos eléctricos (generadores, instrumentos, motores, etc.) en el suministro de energía eléctrica.

## INTRODUCCION

Los sistemas de energía eléctrica comerciales, han sido desarrolladas para suministrar cantidades de energía eléctrica a los usuarios y para cargas, tales como alumbrado, calefacción, aparatos controlados por motor eléctrico, y otros equipos que pueden tolerar interrupciones momentáneas y largas sin daños y sin incidentes molestos. Para suministrar tales cargas, y cumplir su concepto de confiabilidad, la red emplea alimentadores y capacitores de conmutación, reguladores de alimentación por etapas, equipos de reducción de voltaje (baja tensión), y en ocasiones interrupciones totales por trabajos de mantenimiento críticos. Sin embargo, una pequeña fracción de la carga total de consumidores, compuesto por alumbrado de emergencia, instalaciones médicas, procesamiento de datos, y centro de comunicaciones, no pueden tolerar la calidad de la red comercial. Como consecuencia, una familia de equipos, llamado "sistema de emergencia y/o reserva", han sido desarrollados para proporcionar alta calidad de energía, para esta fracción de la carga de consumidores para la cual se requiere.

Los sistemas de emergencia y/o reserva proporcionan energía eléctrica para equipos y funciones críticas en donde la calidad de suministro normal, por ejemplo, la red comercial, no es la adecuada o falla totalmente.

El rápido crecimiento en el uso e instalaciones de equipos procesadores de datos, asistencia medica y otros equipos médicos, sistemas de alarmas, y alumbrado de seguridad han generado una nueva industria de sistemas de emergencia y/o reserva. La industria incluye a fabricantes de plantas generadoras, sistemas de energía ininterrumpibles (UPSs), grupos motor-generator (MGs), e interruptores de transferencia, así como a consultores y firmas de arquitectos/ingenieros (A/I) especializados en el diseño de tales sistemas. En suma, han surgido un grupo de normas que define los requisitos de tales sistemas. Existen serios problemas en una instalación, desde una casa de bolsa hasta un salón de clases, al no existir un sistema de emergencia y/o reserva de algún tipo.

Un sistema de energía para emergencia se define como:

Una fuente de reserva independientemente de energía eléctrica el cual, por falla o paro de la fuente normal, automáticamente proporcione energía eléctrica confiable dentro de un tiempo especificado a los equipos y dispositivos críticos cuya falla al no operar satisfactoriamente ponga en peligro la vida y la seguridad del personal o cause daños en propiedades.

Un sistema de energía de reserva esta definido como:

Una fuente de reserva independiente de energía eléctrica el cual, por falla o paro de la fuente normal, proporcione energía de calidad y cantidad aceptable tal que las instalaciones del usuario puedan continuar en operación satisfactoria.

Puesto que las definiciones son tan similares y ambos sistemas utilizan el mismo tipo de equipo, nosotros usaremos el termino "emergencia y/o reserva" para todo sistema que opere desde una fuente de reserva independiente de energía eléctrica por falla o paro de la fuente normal.

Así mismo, nosotros usaremos el termino "cargas de emergencia" para todo equipo suministrado desde el sistema de emergencia, excepto cuando se defina de otra manera para un sistema especifico .

Esta tesis esta realizada para la gente que: especifique, compre, instale, opere, y de mantenimiento a sistemas de emergencia y/o reserva. El equipo usado es común para una gran variedad de aplicaciones, no obstante la terminología, los códigos y normas, y la practica pueden diferir. Esta tesis proporciona de acuerdo al campo una referencia tal que sea más fácil su comprensión. Este no esta realizada como un manual de diseño, pero si como un medio de entender los problemas del diseño y saber donde obtener diseños detallados e información del funcionamiento.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 Historia

El desarrollo de los sistemas de emergencia y/o reserva paralelamente a la creciente dependencia de la sociedad sobre la energía eléctrica ha motivado a proporcionar energía y servicios para todos los aspectos de la vida moderna. Estos sistemas han sido necesarios desde el año de 1950 para proporcionar energía de emergencia para: alumbrado y elevadores en edificios, asegurar la operación continua de los equipos médicos, mantener instalaciones de procesamiento de datos electrónicos en operación, y para la operación de equipos de telecomunicaciones en lugares lejanos.

Los grupos (motor-generator) para reserva datan desde el año de 1920. En la figura 1 se muestra el primer grupo que Admiral Byrd tomó en la Antártica en 1928. Estos no fueron de los grupos de arranque instantáneo con sensores de calidad de energía e interruptores de transferencia automáticos utilizados en la actualidad.



Fig.1 Grupo electrógeno tomado en la Antártica, por Admiral Byrd en 1928.

Los grupos motor-generator de gasolina y Diesel fueron de mucha utilidad durante la 2da. Guerra Mundial para suministrar energía eléctrica en todas las instalaciones del mundo. Sin embargo, N.B. Tharp, desde el año 1955, debatió la confiabilidad de un grupo motor-generator de reserva y un sistema interruptor de transferencia superior a 25 KW para sistemas de comunicación por microondas.

Las baterías de acumuladores han proporcionado energía de reserva en flotación en oficinas centrales telefónicas de respaldo a finales del siglo. El inicio de las computadoras en el año de 1950 comprendió el desarrollo de sistemas de energía ininterrumpibles (UPS) utilizando un grupo motor-generator y, posteriormente un módulo rectificador/inversor de estado sólido. En 1956 J.J. Gano informo sobre el sistema de energía para el sistema de defensa aérea SAGE, el cual emplea computadoras digitales del tipo tubo en vacío. En 1963, J.L. Fink, J.F. Johnston, y F.C. Krings describen los sistemas rectificador/inversor de estado sólido para cargas esenciales hasta 100 KVA para edificios y hasta 800 KVA sobre pedido. A. Kusko y F.E. Gilmore, en 1967, describen el concepto modular del UPS así como su aplicación en la instalación de grandes sistemas instalados en más de 20 centros de control de tráfico de rutas aéreas FAA en los EE.UU. Desde aquella fecha, el funcionamiento de todo equipo de emergencia y/o reserva ha sido perfeccionado constantemente en confiabilidad por medio del empleo de controles de estado sólido, microprocesadores, dispositivos más confiables, y mejora total de la ingeniería y técnicas de fabricación. Una moderna instalación de UPS se muestra en la figura 2.



Fig.2. Moderna instalación de un centro de computo con un UPS de 60 y 415 Hz.

La venta anual de un UPS fue estimado como en \$ 1.5 billones mundialmente en 1988, y en \$ 2 billones para 1990. Sin embargo, el valor de las computadoras y otros equipos críticos protegidos por UPSs es probablemente de 10 a 100 veces el costo del mismo UPS.

### **1.2 Sensibilidad de carga**

Los sistemas de emergencia y/o reserva son requeridos para proporcionar energía eléctrica a equipos de carga, cuando falle el suministro normal, en tiempo suficiente para evitar o poner en peligro la vida y la seguridad del personal, evitar daños en propiedades, y/o para asegurar la continua operación satisfactoria de las instalaciones. El intervalo de tiempo es difícil de definir o medir; este es generalmente fijado para el mejor funcionamiento de los sistemas de emergencia y/o reserva disponibles. En general, el equipo de carga esta categorizada de acuerdo a la necesidad de:

- 1) Requerir energía en menos de medio ciclo ( de 60 Hz ) como la proporcionada por el UPS, por ejemplo, para computadoras.
- 2) Requerir energía en menos de 10 seg. como la proporcionada por un grupo motor-generador, por ejemplo, para ventiladores, bombas, y alumbrado de emergencia.
- 3) Requerir energía en cuestión de minutos como la proporcionada por una reserva operada manualmente o por equipos de transferencia, por ejemplo, para procesos industriales.

### **1.3 Definiciones**

La norma ANSI / NFPA 110, de las "Normas para Sistemas de Energía para Reserva y Emergencia" incluye la mayor parte de las definiciones que comprenden los sistemas de suministro, como las siguientes:

1. *Función.* La función del Sistema de Suministro de Energía para Emergencia (SSEE) es la de proporcionar una fuente de energía eléctrica de la capacidad requerida, confiable y de calidad con una duración dada de tiempo a las cargas dentro de un tiempo especificado después de la pérdida o falla del suministro normal.
2. *Sistema.* El SSEE consiste de una fuente de energía, el cual puede incluir un medio para convertir la energía en energía eléctrica, un sistema de conductores, medios de desconexión, interruptor de transferencia, y todos los dispositivos adecuados para el soporte y control e incluyendo las terminales de carga del equipo de transferencia, necesarios para este sistema y funcionar de un modo seguro y confiable.

3. *Clasificación de SSEE.* Los términos Sistemas de Suministros de Energía para Emergencia y Sistemas de Suministro de Energía para Reserva incluyen otros términos tales como Sistemas de Energía Alterna, Sistemas de Energía de Reserva, Sistemas de Reserva Requeridas Legalmente, Fuentes de Energía Alterna, y otros términos similares.

La clasificación del SSEE incluye los siguiente:

*Tipo.* El tiempo máximo en segundos que el SSEE permitirá a las terminales de carga del interruptor de transferencia a estar sin energía eléctrica aceptable, por ejemplo. Tipo U, UPS ininterrumpible; Tipo 10. 10 seg.; Tipo M, transferencia manual.

*Clase.* El tiempo mínimo en horas que el SSEE esta diseñado a operar a carga nominal con la reserva de combustible, por ejemplo, Clase 0.083, 0.083 h o 5 min.: Clase 48, 48 h.

*Categoría.* La Categoría "A" incluye dispositivos con energía almacenada tomando su energía solamente desde el suministro normal. La Categoría "B" incluye todos los dispositivos no incluidos en la Categoría "A".

*Nivel.* Tres Niveles para instalación de equipo, funcionamiento, y mantenimiento están definidos. El Nivel 1 define los requisitos para el funcionamiento del equipo en aplicaciones en donde los requisitos son más estrictos y donde la falla del equipo SSEE o función puede causar la pérdida de vidas humanas o lesiones serias. EL Nivel 2 define a equipos en donde su falla o función es menos crítica en vidas humanas y seguridad. El Nivel 3 define a todos los demás equipos y aplicaciones, incluyendo sistemas de reserva opcional, no definido en los niveles 1 y 2.

#### **1.4 Importancia de la continuidad del servicio eléctrico**

En cierta manera la disponibilidad de la corriente suministrada por las compañías eléctricas y su expansión, han creado nuevos problemas al consumidor. La fácil disponibilidad de corriente anima a los usuarios a confiar aún más en máquinas y aparatos movidos o controlados eléctricamente. Consideremos una escuela, si se produce un corte en el suministro eléctrico, no pueden funcionar las calculadoras, sumadoras, máquinas de escribir, los sistemas de seguridad, luces, sistemas de cómputo, sistemas de calefacción o aire acondicionado, bombas de agua, o los laboratorios de las diversas áreas. Si se quiere que la escuela funcione, debe haber un suministro continuo de corriente. Lo mismo puede decirse de otras oficinas, fábricas, bancos, hospitales y una larga lista de consumidores de electricidad.

### **1.5 Tipos de falla en los sistemas normales**

Muchos grupos de personas han promovido estudios para determinar porqué se producen los cortes de corriente, cuando se producen y cuanto tiempo dura la falta de suministro una vez que se ha producido el corte. Los investigadores tomaron grandes muestras (de 500 a 600 cortes registrados en la prensa nacional ) y tabularon los datos recogidos. La tabla 1 nos dice las razones más comunes de porqué se producen las fallas.

**TABLA I. CAUSAS DE INTERRUPCION DE ENERGIA**

RAZONES DADAS COMO CAUSA DE CIENTOS DE FALLAS EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.

Avería accidental lejos de la central eléctrica	Problemas de distribución y generación	Factores Meteorológicos
<p>Un accidente de coche derriba un poste de la compañía.</p> <p>Una maquina de construcción toca una línea de alta tensión.</p> <p>El fuego derriba cables.</p> <p>El fuego quemla la base de los postes de madera.</p> <p>Una excavadora corta un cable subterráneo.</p> <p>Un tren descarrilado derriba postes.</p> <p>Una avioneta aterrizando toca una línea de alta tensión.</p> <p>Un disparo rompe los aisladores de la línea.</p> <p>Dinamita colocada por saboteadores destruye una subestación.</p> <p>Se corta accidentalmente el suministro de combustible.</p> <p>Un gracioso pone la línea a tierra.</p> <p>Vandalismo durante un conflicto laboral.</p>	<p>Se filtra agua en un cable subterráneo.</p> <p>Explota un conductor defectuoso.</p> <p>Se quema un transformador.</p> <p>Explota una caldera en la central eléctrica.</p> <p>Se rompe una línea de energía.</p> <p>Se funde un fusible de alta tensión.</p> <p>Esta floja la conexión de los bornes del transformador.</p> <p>El sistema generador esta sobrecargado.</p> <p>Se introduce un animal en un interruptor corto-circuitando el equipo.</p> <p>Error humano al hacer la conmutación.</p> <p>Rotura del equipo mecánico.</p> <p>Explota un cortacircuitos.</p> <p>Es incapaz de obtener la energía necesaria para la zona</p> <p>Dispositivo de paro de seguridad del generador desajustado.</p> <p>Falló la bomba de circulación de agua del generador.</p> <p>Un incendio en la línea de gas corta el suministro de combustible.</p> <p>Combustible contaminado.</p> <p>Se transmitió una señal errónea de medida.</p> <p>La bomba de aceite resulta defectuosa.</p>	<p>Una violenta tormenta derriba arboles y líneas de energía.</p> <p>Cae un rayo en un transformador.</p> <p>Líneas de energía derribadas por un manto de hielo debido a una tormenta de nieve.</p> <p>Un tornado derriba postes de la línea.</p> <p>Una rama mojada cortocircuita una línea de alta tensión</p> <p>Un rápido deshielo hace que caiga una torre de sustentación.</p> <p>Un huracán derriba torres, postes, y líneas.</p> <p>Una inundación sumerge a una subestación.</p> <p>La rotura de una presa disminuye el nivel del agua en la estación generadora.</p> <p>Un corrimiento de tierras derriba líneas de distribución.</p> <p>La acción del viento rompe los conductores.</p>

Datos estadísticos adicionales sobre las fallas de corriente se muestran en las figuras 1.3, 1.4 y 1.5. Esta información puede resumirse como sigue:

1. De la figura 1.3, observamos que el cincuenta por ciento de los cortes duran más de una hora.
2. De la figura 1.4, la mayoría de cortes se producen de las 15 hrs a las 21 hrs y de las 6 hrs a las 9 hrs.
3. De la figura 1.5, de un cuarenta a un cincuenta por ciento de todos los cortes pueden atribuirse a daños sufridos por las líneas de distribución aéreas.

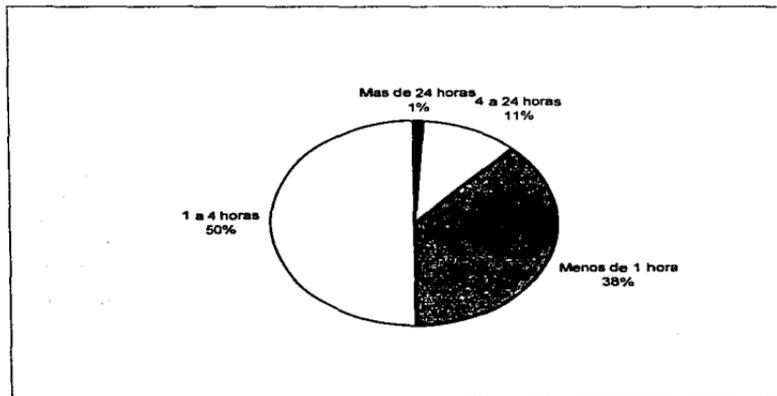


Fig. 1.3 Duración de las interrupciones de energía.

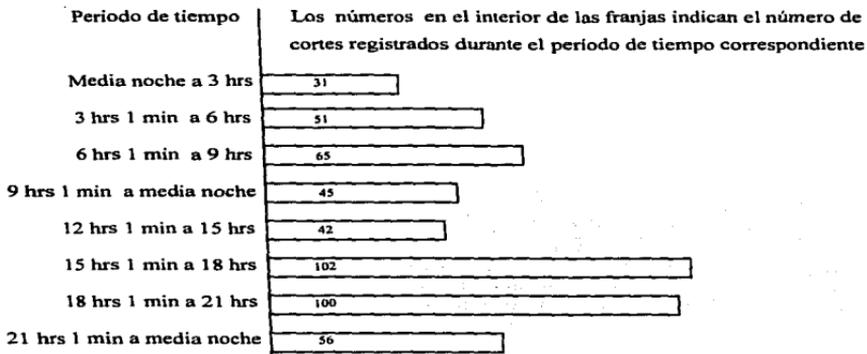


Fig. 1.4 Hora del día en que se produjeron los cortes (datos de 492 interrupciones).

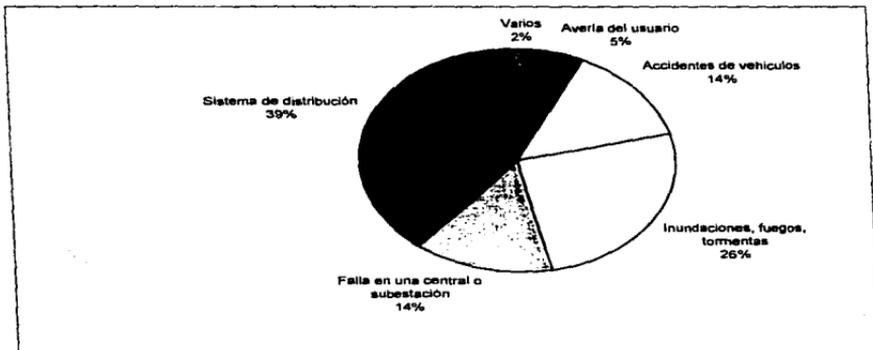


Fig.1.5 Causas de las interrupciones de energía.

### **1.6 Sistemas de emergencia en C.A.**

Entre estos sistemas se encuentran las plantas eléctricas que son dispositivos que aprovechan cierto tipo de energía para producir energía eléctrica en C.A. Dicha energía puede provenir de :

- ⇒ Un motor de combustión interna
- ⇒ Los rayos luminosos del sol
- ⇒ Los gases provenientes del subsuelo, etc.

De acuerdo al tipo de energía que aprovechan las plantas, éstas se clasifican en :

- a) Plantas hidroeléctricas
- b) Plantas termoeléctricas
- c) Plantas nucleoeeléctricas
- d) Plantas maremotrices
- e) Plantas geotérmicas
- f) Plantas con motor de combustión interna, etc.

#### **a) Plantas hidroeléctricas.-**

Son aquellas que aprovechan la energía dinámica de sus sistema hidráulico para mover una turbina y ésta a su vez mueve a un generador de corriente alterna.

#### **b) Plantas termoeléctricas.-**

Son aquellas que aprovechan la energía térmica de un combustible para producir vapor a presión, el cual mueve a una turbina y ésta a su vez mueve a un generador de corriente alterna.

#### **c) Plantas nucleoeeléctricas.-**

Son aquellas que aprovechan la energía nuclear de un combustible, por medio de unos materiales radioactivos que permiten convertir la energía nuclear a energía eléctrica.

#### **d) Plantas maremotrices.-**

Son aquellas que aprovechan la energía dinámica de las olas del mar, para mover unas turbinas y éstas a su vez, mueven un generador de corriente alterna.

e) Plantas geotérmicas.-

Son aquellas que aprovechan la energía dinámica de los gases del subsuelo para mover unas turbinas y éstas a su vez, mueven a un generador de corriente alterna.

f) Plantas con motor de combustión interna.-

Son aquellas que aprovechan la energía térmica de un combustible para producir movimiento en un motor de combustión interna y éste a su vez, mueve a un generador de corriente alterna.

De acuerdo a nuestro objetivo, lo que nos interesa es conocer un poco más a fondo las plantas con motores de combustión interna, como sistema de emergencia en corriente alterna.

A continuación veremos como se clasifican y donde se aplican.

De acuerdo con la forma de operar de las plantas de motor de combustión interna, éstas pueden dividirse en tres grupos:

- a) Plantas de emergencia
- b) Plantas de servicio continuo
- c) Sistemas de servicio ininterrumpibles de potencia (UPS).

a) Plantas eléctricas de emergencia.

Como su nombre lo indica, el suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se pierda o dañe una producción determinada o porque ponga en peligro vidas, otros bienes, etc.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, puede considerarse las plantas de emergencias como un salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no solo en la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran acuciosidad y esmero todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia esta diseñada para operar durante periodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas y por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar unas cuantas horas por año, aun sumándole los tiempos de ejercitación semanal que se aconsejan.

En otras ocasiones, la operación es más intensa, pero aún así, el diseño de una planta de emergencia es básicamente diferente a la de servicio continuo.

Las plantas eléctricas de emergencia en corriente alterna, se utilizan en los sistemas de distribución modernos que usan frecuentemente dos o más fuentes de alimentación. Debido a razones de seguridad y/o economía de las instalaciones en donde es esencial la continuidad del servicio eléctrico, por ejemplo:

- ⇒ Instalaciones de hospitales en las áreas de cirugía, recuperación, cuidado intensivo, salas de tratamiento, etc.
  - ⇒ Para la operación de servicios de importancia crítica como son los elevadores públicos.
  - ⇒ Sistemas de alumbrado de locales a los cuales acuden un gran número de personas ( estadios, deportivos, comercios, transportes colectivos, hoteles, cines, etc. )
  - ⇒ En la industria de proceso continuo.
  - ⇒ En instalaciones de computadoras, bancos de memoria, equipos de procesamiento de datos, radar, etc.)
- b) Plantas de servicio continuo.

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía eléctrica para:

- i) Ventas de distribución del fluido
- ii) Accionar equipos eléctricos particulares en lugares donde no existe el suministro público o este es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que se requieren.

Para las primeras que se citan, generalmente se requieren estudios y características muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetos a una serie de normas y requerimientos gubernamentales para asegurar, no solo la continuidad y suficiencia del servicio, sino la buena calidad del mismo y detalles que en el presente estudio sería imposible agotar, sin embargo, al describir las segundas, se esbozan algunas características y estudios que, para el primer caso sería necesario ampliar.

Una planta de servicio continuo es aquella en que la operación de la misma se requiere por un periodo largo, ya sea a plena carga o parcialmente y, dependiendo de esto, las condiciones del calentamiento y desgaste del motor, así como, el consumo y aprovechamiento de combustible o energía mecánica, deben estudiarse en forma particular.

Aquí las características costo de generación / kilowatt-hora, tiene una influencia importante en la selección del equipo.

El costo de generación depende del costo de combustible, vapor, etc., que se consuman y del costo de operación, mantenimiento, reparación, así como, de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre éstos, permite escoger aquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

Las plantas de servicio continuo, se aplican en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica por parte de la compañía suministradora de este tipo de energía, o bien en donde es indispensable una continuidad estricta, tales como: en una radio transmisora, un centro de cómputo, aserraderos, etc.

Una planta eléctrica de emergencia, consta de un motor diesel, un generador, tanque de combustible y un tablero de control con dispositivo automático de arranque, que en caso de fallar la alimentación de la red pone en marcha automáticamente el grupo y lo conecta a la red de emergencia para dejarlo nuevamente fuera de servicio en cuanto vuelve la tensión a la red ( ver fig. 1.6 ).

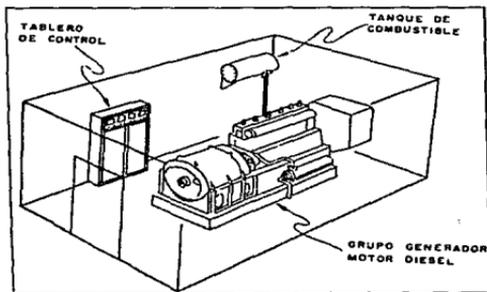


Fig.1.6 Vista de los elementos de una planta eléctrica de emergencia.

c) **Sistemas de Energía Ininterrumpible (UPS).**

Este es un sistema de generación eléctrica de servicio constante que combina las características de una planta de emergencia y un sistema normal de suministro eléctrico.

El objetivo principal de estos sistemas es que, en ningún momento desaparezca el suministro eléctrico en la carga, aún cuando falle la fuente que los abastece.

Estos requerimientos generalmente se presentan en carga menores muy especiales como: instrumental médico, aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad principalmente:

i) CA - CD dependiente de batería ( alumbrado de emergencia )

ii) Sistema de motor -generador con volante.

iii) Sistema motor - generador volante y motor primo

iv) Conversión - batería -inversión.

v) Generación continua, con suministro normal como emergencia.

Posteriormente se analizaran estos sistemas con mas detalle.

**1.7 Sistemas de emergencia en C.D.**

Como sistemas de emergencia en C.D. se utilizan los acumuladores y que desprovistos de instalaciones convertidoras únicamente pueden alimentar receptores de corriente continua. Se utilizan sobre todo en sistemas de alumbrado de seguridad, y están diseñados para un servicio de tres horas como mínimo. Si además se dispone de un grupo motor-generador, basta con que la batería de acumuladores preste servicio durante una hora.

Una batería de acumuladores es un dispositivo que puede utilizarse repetidamente para almacenar en un momento dado energía química, que devuelve en otro momento en forma de energía eléctrica. Consta de dos clases de placas que llevan los materiales electroquímicamente activos sumergidos en la solución adecuada. La solución se llama electrolito. Cargar una batería consiste en conectar sus dos terminales a una fuente de corriente continua de la polaridad adecuada durante el espacio de tiempo que sea necesario. La fuente de corriente continua suministra energía eléctrica a la batería, con lo que se produce en ella ciertas reacciones químicas tales que la energía eléctrica se convierte en energía química. Si una batería cargada tiene sus dos terminales conectados a través de un circuito eléctrico exterior cerrado, los materiales activos de la placa reaccionarán con el electrolito, produciendo un flujo de corriente en el circuito.

Esta conversión de energía química en energía eléctrica se llama descarga de la batería. Cargar es el proceso de introducir energía en la batería (suministrar energía a la batería), mientras que descargar es tomar energía de la batería ( la batería da energía al circuito eléctrico externo).

Sus aplicaciones abarcan todas las fases de nuestra vida. Son parte vital del sistema eléctrico de un avión e impulsa a un submarino bajo el mar. Ponen en marcha millones de vehículos automotores todas las mañanas y controlan los sistemas de generación de corriente que dan luz y calor a nuestros hogares. Mueve miles de montacargas en las industrias y terminales de ferrocarril y mejoran la calidad y confiabilidad de nuestros sistemas telefónicos. Hay casos en que una falla en la alimentación de energía eléctrica es dramático.

Pensemos en una planta química, en un aeropuerto, en un hospital, etc.. cuanto más avanza la técnica más se pone de manifiesto la necesidad de disponer de equipos de alimentación ininterrumpida de una responsabilidad a toda prueba, y el corazón de estos equipos superseguros es la batería de acumuladores.

Todo ello hace que la batería sea especialmente indicada allí donde las condiciones de trabajo sean difíciles, donde la responsabilidad sea muy grande, donde se disponga de un espacio reducido o junto a otros equipos o bien donde la asistencia sea escasa.

Por eso la batería se usa para maniobra y control en centrales y subestaciones eléctricas, para alumbrado de emergencia en locales públicos, para arranque y alumbrado en vehículos ferroviarios, para alimentación ininterrumpida de ordenadores y sistemas de control de plantas industriales, para equipos de telecomunicación y telemando, para arranque de grupos diesel, para sistemas de alarmas y señalización, para diversos servicios en barcos, para células solares, para alumbrado de seguridad en aeropuertos, faros, etc. Ponen en marcha las locomotoras diesel y hacen más placentero el viaje en ferrocarriles gracias al aire acondicionado. Todos los días, en una forma u otra, utilizamos un acumulador.

¿ Porqué se utiliza un acumulador ?. Simplemente, porque al igual que muchas otras cosas útiles, desempeñan muchas funciones de manera más satisfactoria y/o económica que cualquiera de sus sustitutos conocidos. Las características sobresalientes de un acumulador son:

- a. Suministra una fuente portátil de energía eléctrica. Esta ésta disponible en cantidades considerables para usarlas en el movimiento de equipo o cuando no se dispone de ninguna línea de corriente eléctrica. No le estorban cordones ni cables.

b. Es capaz de suministrar cantidades muy grandes de energía durante periodos cortos y puede ser vuelto a cargar a un régimen reducido durante largo tiempo. Con ello, se cuenta con descargas poderosas de corriente en el momento necesario, sin aplicar una intensa demanda sobre el sistema o el equipo de suministro normal de corriente.

c. Es la fuente más segura y confiable de corriente instantánea para emergencia, cuando hay alguna interrupción en el suministro. Por lo tanto, puede abastecer la potencia eléctrica necesaria en cualquier instalación en caso de emergencia.

d. Es una fuente de corriente directa "pura" para laboratorios y otros fines específicos, ya sea como una fuente independientemente o para servir como "filtro" en un sistema normal de abastecimiento.

Estos y otras características distintivas de un acumulador lo convierten en la selección óptima para un sistema de emergencia en C.D.; en la figura 1.7 se ilustra una unidad típica de alumbrado de emergencia para usarse en circuitos ramales.

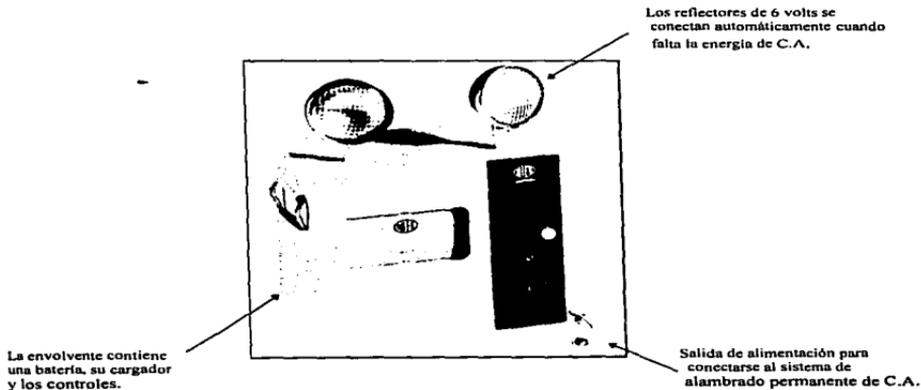


Fig. 1.7 Unidad típica para alumbrado de emergencia para usarse en circuitos ramales.

En la figura 1.8 se muestra un arreglo básico de un sistema de emergencia de C.D. para el alumbrado completo.



Fig. 1.8. Arreglo básico de un sistema de emergencia de C.D.

## **CAPITULO II**

### **SISTEMA DE RESERVA**

#### **2.1 Selección de voltajes.**

Los principales factores para la selección de voltajes son los siguientes :

- a) Magnitud de la carga.
- b) Distancia a donde se transmite la energía.
- c) Voltaje de operación de los aparatos.
- d) Seguridad.
- e) Sistema de distribución de la compañía suministradora.

a) Magnitud de la carga. Puede determinar en un momento dado la elección de un tipo de voltaje, ya que, algunos mecanismos operan con mas economía en voltajes altos. La potencia transmitida a cualquier circuito es igual al producto del voltaje, corriente y  $f.p.$ , es decir,  $P = E I \cos \phi$  y por lo tanto, puede transmitirse la misma cantidad de potencia con un valor mucho menor de corriente, siempre y cuando haya un aumento correspondiente de voltaje. El valor de la corriente determina la sección transversal del conductor requerido para transportarla y por consiguiente mientras menor sea la corriente, menor será la sección de los conductores empleados y más económico el sistema de transmisión. Para la batería, su elección depende del servicio que habrá que cumplir, bien que deba suministrar durante largos periodos, que pueda variar entre 1 y 7 horas, bien que se le haga intervenir sólo en cortos periodos de tiempo, por ejemplo, de unos segundos a algunos minutos. Por lo tanto, la elección de la batería se hará en función de la duración de su descarga, así como de la intensidad y de la tensión, de la corriente que habrá de suministrar al ondulator y a los demás circuitos eventualmente conectados a éste.

b) Distancia a donde se transmite la energía.- Entre mayor sea la distancia a donde se transmite la energía, existirán más pérdidas, más caída de tensión , y para evitar estos se necesita elevar más el voltaje o aumentar la sección transversal del conductor, siendo más razonable elevar la tensión.

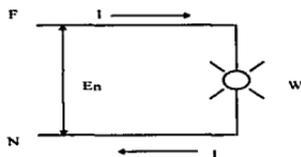
c) Voltaje de operación de los equipos.- Los voltajes a utilizar se deben seleccionar tomando muy en cuenta los datos del equipo proporcionados por el fabricante, conocidos como voltajes de operación o nominales.

Un voltaje diferente al especificado puede afectar la vida o eficiencia del equipo.

d) Seguridad.- Es un factor en la selección del sistema de voltaje solamente en el área donde instrumentos o herramientas portátiles son usados, por esta razón se requiere por ejemplo, que en algunos circuitos de iluminación e instrumentos portátiles el voltaje no sea mayor de 127 volts.

e) Sistemas de distribución de la compañía suministradora.- Los principales sistemas de distribución de energía eléctrica son los siguientes:

1.- Sistema monofásico a dos hilos ( una fase y neutro ), (figura 2.1).



$$W = E_n I \cos \phi$$

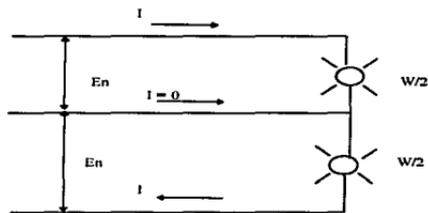
$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

Fig. 2.1.- Sistema monofásico a dos hilos.

Se emplea para alimentar cargas no mayores de 4000 watts por circuito.

También se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30 y 40 amperes.

2.- Sistema monofásico a tres hilos (2 fases y neutro), (figura 2.2).



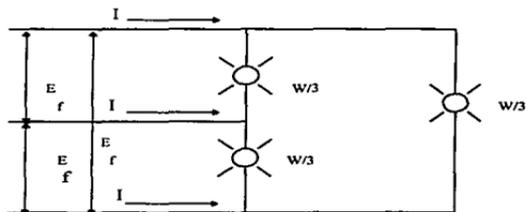
$$W = 2 E_n I \cos \varphi$$

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

Fig. 2.2.- Sistema monofásico a tres hilos.

Se usa cuando la carga total instalada es mayor de 4000 watts y menor o igual a 8000 watts.

3.- Sistema trifásico a tres hilos ( 3 fases ), (figura 2.3).



$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \varphi$$

$$E_f = 220 \text{ volts, } \delta$$

$$E_f = 400 \text{ volts}$$

Fig. 2.3.- Sistema trifásico a tres hilos.

Se utiliza generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan a 440 ó 220 volts.

4.- Sistema trifásico a cuatro hilos (3 fases y neutro), (figura 2.4).

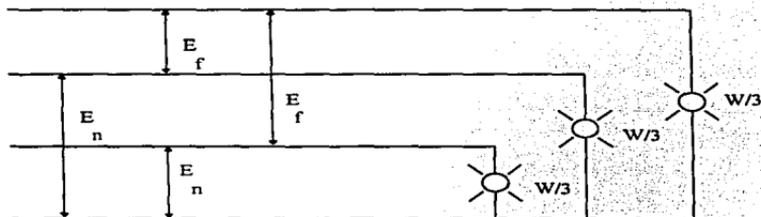


Fig. 2.4.- Sistema trifásico a cuatro hilos.

La potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \varphi = 3 E_n I \cos \varphi$$

El sistema trifásico a cuatro hilos presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásicas. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (con tensión entre líneas), por ejemplo a 220 V y alimentar cargas monofásicas (alumbrado) a una tensión entre línea y neutro ( $220/\sqrt{3} = 127$  V).

Debido a esta ventaja, este sistema es el más empleado para la alimentación de cargas industriales. Se utiliza cuando la carga total instalada es mayor de 8000 watts.

## **2.2 Baterías ácidas.**

### **Definición.**

Una batería ácida es un dispositivo que utiliza como electrolito una solución acuosa de ácido sulfúrico, en la cual están sumergidas las placas que llevan los materiales electroquímicamente activos para producir la energía eléctrica.

Las baterías ácidas de fabricación comercial actual emplean como materiales activos el plomo-ácido. Un acumulador de plomo-ácido consiste esencialmente de una placa positiva conteniendo peróxido de plomo esponjoso sumergido en un electrolito de ácido sulfúrico diluido.

### **Baterías de plomo para el suministro de energía auxiliar.**

La batería más utilizada en suministros de energía auxiliar es la batería de plomo, diseñado y construido para larga vida, óptima confiabilidad y bajo de sistemas de baterías disponibles. La necesidad de utilizar energía auxiliar resulta de una o varias de las siguientes consideraciones:

- i. Principalmente las fallas de energía nunca pueden ser previstas, aún cuando fuentes autorizadas mantienen muy altas medidas de seguridad.
- ii. La mayoría de los equipos sofisticados de control de procesos y electrónicos utilizados en corriente requieren pequeñas tolerancias de voltaje, frecuencia y formas de onda que pueden ser prácticamente o económicamente suministrado a través del suministro principal normal. Donde las interrupciones o variaciones de energía en la calidad del suministro no pueden ser toleradas es esencial una energía auxiliar eficaz.

### **Sistemas de energía auxiliar usando baterías de plomo**

Varios tipos de sistemas de energía auxiliar se han vuelto indispensables en años recientes para satisfacer los requerimientos de una amplia y creciente gama de aplicaciones. Un número de sistemas básicos y sus características se describen en las siguientes páginas como una guía para la selección del sistema. Muchas variantes son posibles y los diseños propuestos deben ser discutidos con los proveedores antes de implementarlos.

En general, los principales factores determinantes en la selección del sistema son:

1. La importancia dada a la continuidad del suministro de energía.
2. La calidad de energía requerida por la carga.

## Componentes del sistema de energía para emergencia

La siguiente explicación de símbolos y terminología es presentada como una base a la descripción de los sistemas de suministro de energía auxiliar.

---



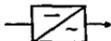
**El rectificador** varía en función de sistema a sistema. En servicio normal esta en carga de flotación y recarga la batería, y en algunos sistemas suministra la carga total o energía en vacío requerida por el sistema.

---



**La batería** de acumuladores suministra energía a la carga requerida durante periodos de falla en la red eléctrica o puede estar diseñado para actuar como un "compensador" durante periodos de disturbios en la red eléctrica. Las cargas de C.D. pueden ser alimentadas directamente desde la batería o también puede suministrar cargas de C.A. utilizando un inversor.

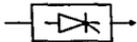
---



**El inversor** convierte la energía de C.D. a energía de C.A. con la tolerancia requerida de voltaje, frecuencia y forma de onda. Se utilizan inversores estáticos y giratorios.



**El convertidor giratorio** consiste de un motor de C. D. directamente acoplado a un generador de C.A. con un equipo de control apropiado. Puede también tomar la forma de un motor de C.A. moviendo al generador de C.A. en donde difieren la carga y el voltaje de la red eléctrica.



**El inversor estático** no tiene partes en movimiento y consiste de componentes semiconductores. Este es generalmente más costoso que un convertidor giratorio equivalente.

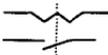
El termino y simbolo "inversor" utilizado en los circuitos descritos de las páginas siguientes puede referirse a cualquier tipo. Las características y ventajas de los inversores estáticos y giratorio son descritos muy ampliamente en las siguientes páginas.

---

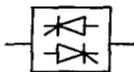
**El interruptor** se utiliza para abrir, cerrar o transferir operaciones, y puede ser mecánico, electromecánico, o estático como se describe a continuación.



**El interruptor mecánico** es normalmente el tipo menos costoso. Es poco utilizado en aplicaciones de energía auxiliar porque su operación es generalmente manual, implicando retardo en la conmutación.



**El interruptor electromecánico** es el tipo más común y puede ser automático semiautomático. El tiempo de operación para contactores y relevadores normales es de 15 a 30 milisegundos. Existen modelos más rápidos y costosos.



**El interruptor estático** (estado sólido) es un desarrollo reciente y costoso comparado con un interruptor mecánico, pero extremadamente rápido. El tiempo de operación es menor de 5 miliseg. para ser accionado. Para satisfacer la demanda de un interruptor automático confiable, se introducen relevadores con capacidades normales de 15 amperes 30 volts, y 15, 50, 60, y 100 amperes hasta 250 volts.

El término "interruptor" y símbolo de las siguientes páginas puede referirse a alguno de los tipos descritos.



**Planta generadora.** Si el requerimiento de energía es alta y/o la duración esperada de la emergencia es larga, se puede emplear una planta generadora para aumentar la capacidad operacional de la batería.



**El transformador.** En aplicaciones en donde no se requiere una tensión de batería equivalente a la tensión de la red, se utiliza un transformador para reducir la tensión principal igual al de la batería.

---

### **Tipos de sistemas de energía auxiliar.**

Los sistemas de energía auxiliar que utilizan baterías de plomo se pueden diseñar para producir energía en C.D. o C.A. Los sistemas de energía auxiliar en C.D. están limitados principalmente al alumbrado de emergencia y no son apropiados para todas las cargas eléctricas las cuales requieren protección contra fallas en la red eléctrica. Dependiendo de la importancia de la continuidad del suministro de energía, se puede utilizar alguno de los tres circuitos de C.D.:

1. Circuito de reserva
2. Circuito permanente con interruptor
3. Circuito permanente sin interruptor

Los circuitos en C.A se describen en las siguientes páginas.

## Circuito de reserva

Un circuito de reserva esta separado completamente del suministro principal y contiene la batería, un cargador constante, un dispositivo de conexión y la carga de emergencia. El circuito de reserva esta inactivo hasta que ocurra una falla en el suministro principal. Mientras tanto la energía de la red se utiliza para alimentar al cargador, manteniendo a la batería en plena carga (fig. 2.5).

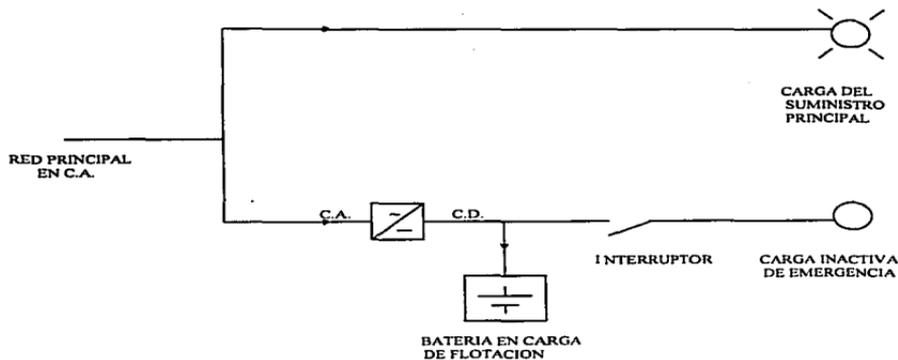


Fig. 2.5.- Circuito de reserva.

En caso de falla del suministro principal, el circuito de reserva en C.D. se conecta automáticamente a la batería (Fig. 2.6).

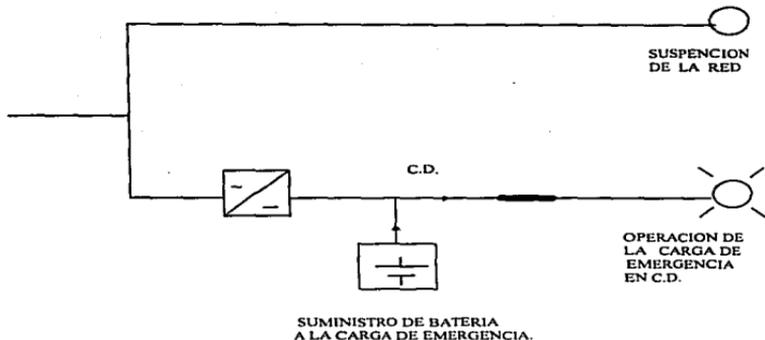


Fig. 2.6.- Circuito de reserva alimentado con batería.

El interruptor de conmutación es generalmente un contactor o relevador sensitivo de voltaje aunque se puede utilizar un interruptor estático (estado sólido) donde se requiere una conmutación rápida.

Cuando se restablece el suministro de energía, el interruptor desconecta el circuito de emergencia de C.D. y la batería es recargada.

### Circuito permanente con interruptor.

Si la carga opera en un circuito con energía en C.D., este puede ser utilizado sujeto a ambas condiciones en normal y emergencia, eliminando la necesidad de un circuito separado de emergencia.

Este circuito puede ser diseñado para suministrar normalmente a la carga a través de un rectificador (o un convertidor giratorio A.C./D.C.) dado, de acuerdo a los requerimientos de la carga. Otro rectificador se utiliza para la carga de refuerzo o flotación de la batería (Fig. 2.7).

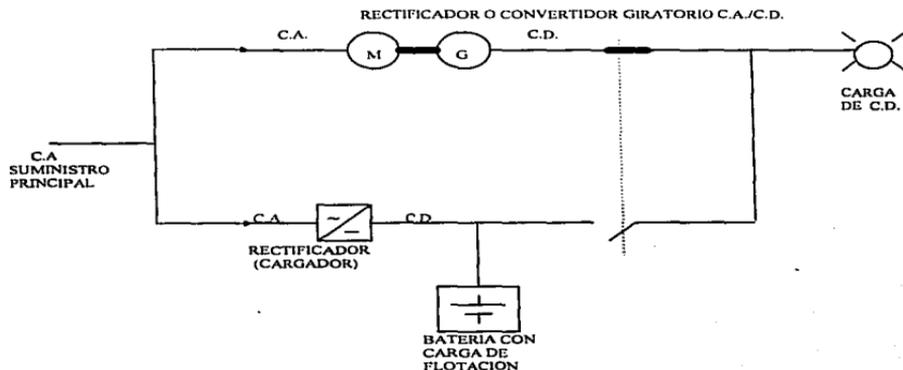


Fig. 2.7.- Circuito permanente con interruptor.

Sobre una falla en el suministro principal el circuito de carga es conmutado hacia la batería. Una vez restablecido el suministro, el interruptor automático retornara al sistema a su operación normal desconectando el circuito de batería de la carga. Esto permitirá la carga de refuerzo sin la posibilidad de dañar a la carga por el alto voltaje impuesto durante el periodo de carga del refuerzo.

El voltaje en C.D. suministrado por el rectificador y la gama de voltajes en C.D. de la batería durante la descarga, debe de estar dentro de la tolerancia del voltaje de entrada de la carga. Para instalaciones con carga pequeña y circuito de longitud mínima, es más practico reducir el voltaje en C.D. y que gradualmente se incremente el voltaje de la batería. Esto se puede lograr utilizando un rectificador de suministro con un transformador interno o externo en el circuito. Se puede utilizar un convertidor giratorio con un voltaje de salida requerido pero, un convertidor giratorio no es generalmente practico en sistemas pequeños.

Si la carga es capaz de aceptar cualquiera de las energías C.A. o C.D., por ejemplo lámparas incandescentes, es posible la simplificación del circuito (Fig. 2.8).

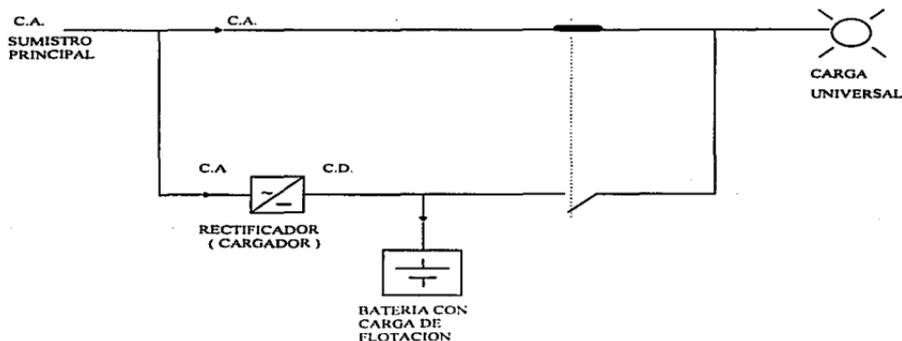


Fig. 2.8.- Circuito permanente con interruptor. simplificado.

La carga es alimentada normalmente con energía de C.A. directamente desde la red a través de un transformador si el voltaje requerido es menor que el de la red.

### Circuito permanente sin interruptor

Este sistema (Fig. 2.9) elimina el circuito primario y el rectificador del suministro del sistema mostrado en la fig. 2.7 por medio de la utilización de un rectificador de capacidad apropiada para alimentar a la vez la carga de circuito y la carga requerida por la batería.

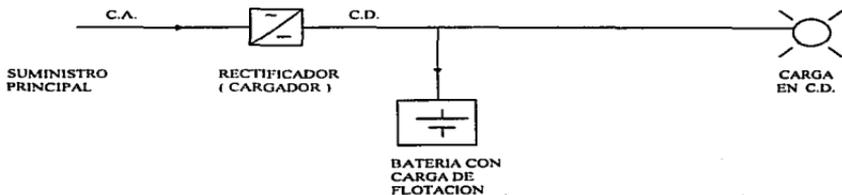


Fig. 2.9.- Circuito permanente sin interruptor.

El rectificador convierte el suministro principal de C.A a C.D., suministrando al circuito de carga y manteniendo la batería con carga de flotación. Si el suministro principal falla la batería toma otra vez la carga sin la necesidad de diseñar un interruptor. Cuando se reanuda el suministro principal normal, el rectificador otra vez suministra la carga y simultáneamente recarga la batería.

Aún cuando este circuito proporciona un suministro de energía sin interrupción en C.D. a la carga, esta limitado en aplicaciones, ya que pocas cargas pueden aceptar la variación en voltaje de salida entre la descarga final y la condición de carga de refuerzo.

## **Sistemas en C.A.**

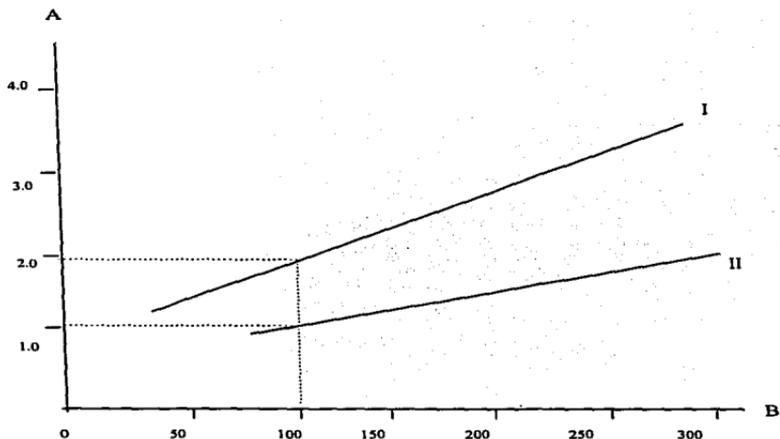
En los sistemas de energía auxiliar que utilizan baterías de plomo y que están diseñados para proteger los circuitos de carga en C.A., la energía de C.D. de la batería debe ser convertida a energía de C.A con un voltaje aceptable para la carga. Esto se logra colocando un inversor estático o giratorio entre la batería y la carga.

### **Economía de inversores estáticos y giratorios.**

Los convertidores giratorios de alta y mediana capacidad son menos costosos que los inversores estáticos de igual capacidad. Los convertidores de menor capacidad son generalmente mas costosos.

### **Ventajas del convertidor giratorio.**

- 1.- Robusto y simple en construcción con confiabilidad inherente.
- 2.- Es capaz de proporcionar al instante altas corrientes de corto circuito con fusibles independientes exclusivos en circuitos de carga defectuosos.
- 3.- Costo de capital bajo en grandes instalaciones (Fig. 2.10).



A - Entrada aprox. por costo unitario.

B - Potencia de salida de un sistema sin interrupción trifásico en KVA a 0.9 FP.

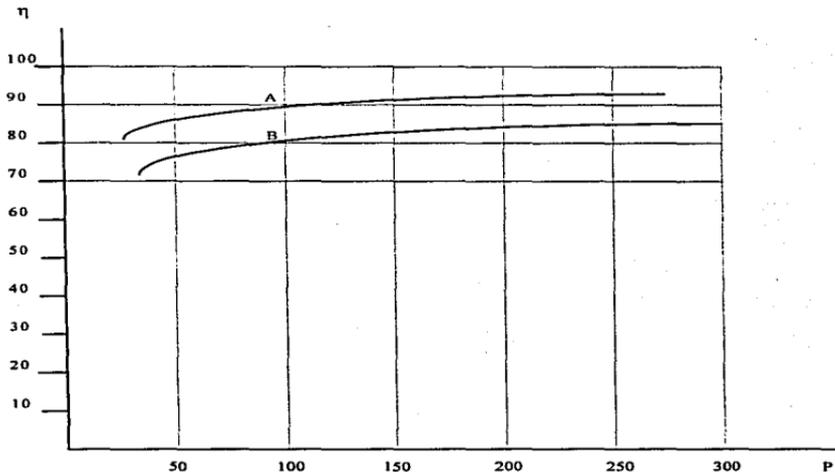
I - Sistema estático trifásico compuesto de un rectificador e inversor estático.

II - Sistema giratorio trifásico compuesto de un rectificador y convertidor giratorio.

Fig. 2.10.- Curvas típicas de comparación del costo de capital ( sin instalación, comisión y costo de baterías ) ilustrando diferencia de precios ( aprox. 1:2 ) entre el costo del equipo de un sistema sin interrupción estático equivalente y un sistema giratorio.

### Ventajas del inversor estático.

- 1.- Altamente eficiente como el convertidor giratorio (fig. 2.11).
- 2.- Muy bajo nivel de ruido.
- 3.- La inspección periódica y el mantenimiento requerido son mínimos.
- 4.- Instalación simple, sin necesidad de base especial.



$\eta$  - Eficiencia total con 100% de carga.

P - Potencia de salida del sistema sin interrupción trifásico en KVA a 0.9 FP.

A - Sistema rotatorio trifásico compuesto de un rectificador, batería e inversor estático.

B - Sistema rotatorio trifásico compuesto de un rectificador, batería y convertidor rotatorio.

Fig. 2.11.- Curvas de eficiencia típicas para sistemas sin interrupción estáticos equivalentes giratorios.

Los circuitos comúnmente usados en sistemas de energía auxiliar utilizando baterías de plomo son:

1. Circuito preferencial principal con inversor energizado.
2. Circuito preferencial principal con inversor en reposo.
3. Circuito inversor con conmutación de C.D.
4. Circuito preferencial inversor.
5. Circuito con inversor permanente.
6. Circuito inversor reversible.

#### Circuito preferencial principal con inversor energizado.

Normalmente la energía del suministro principal alimenta al circuito de carga. El rectificador convierte el suministro principal de C.A. a C.D. y esta asignada a mantener la batería en flotación o carga de refuerzo y a suministrar la energía sin carga requerida por el inversor (Fig. 2.12.)

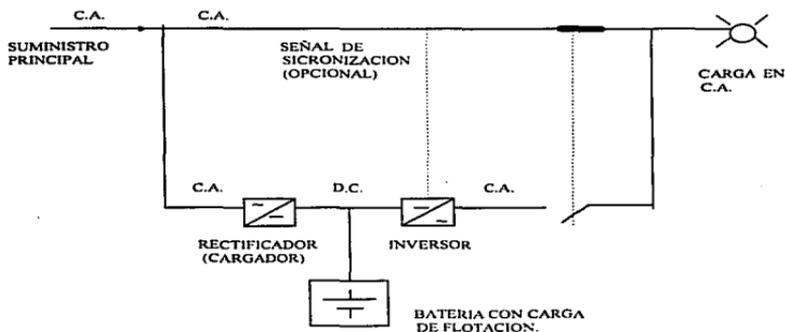


Fig. 2.12.- Circuito preferencial principal con inversor energizado.

En caso de falla en la red, la carga es transferida al inversor, el cual convierte la energía de la batería en C.A. para ser suministrada a la carga. El tipo de conmutación utilizado en los interruptores estáticos la transferencia puede ser tan bajo como un cuarto de ciclo y con un interruptor electromecánico de 4 a 12 ciclos. Cuando se utiliza un interruptor de transferencia estático, es sincronizado a la frecuencia del suministro de C.A. como se indica.

El circuito inversor energizado se utiliza cuando la frecuencia y el voltaje del suministro principal de C.A. esta dentro de la tolerancia de la carga, o cuando se requiere una protección frente a una falla total de la red.

### Circuito preferencial principal con inversor en reposo.

Este circuito es similar al del sistema anterior excepto, que el inversor esta inactivo hasta que falla el suministro principal y donde la carga de C.A. es transferida a la batería a través del inversor (Fig. 2.13).

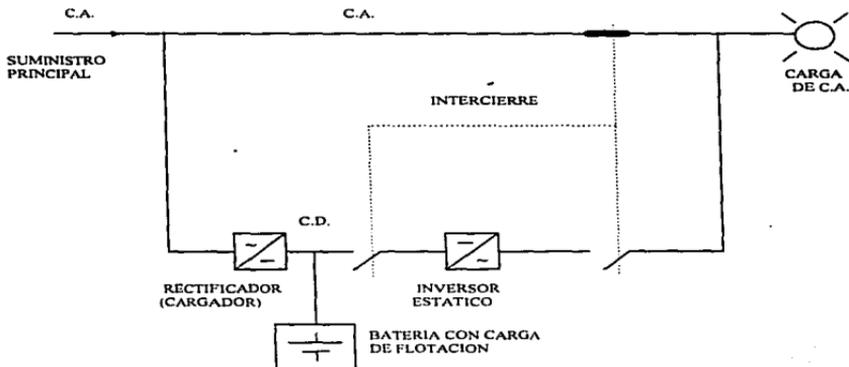


Fig. 2.13.- Circuito preferencial principal con inversor en reposo.

El período de conmutación depende del tiempo de voltaje pico, del tipo de inversor y del tiempo de interrupción dando como resultado, un tiempo de retardo largo como con un circuito inversor energizado.

El circuito inversor en reposo puede permitir el uso de un rectificador de pequeña capacidad como en un circuito inversor energizado, pero si la energía sin carga requerida por el inversor es pequeña comparada con la energía de carga de refuerzo requerida por la batería, se deberá utilizar normalmente un rectificador de capacidad equivalente en ambos circuitos.

#### Circuito inversor con conmutación en C.D.

Intercalando un rectificador adicional sobre la línea de C.A. normal, proporciona un aislamiento galvánico en la carga desde red y permite el uso de un rectificador/cargador de batería pequeño, asignada únicamente a mantener la batería en flotación y recargarla después de los periodos de interrupción de la red (Fig. 2.14).

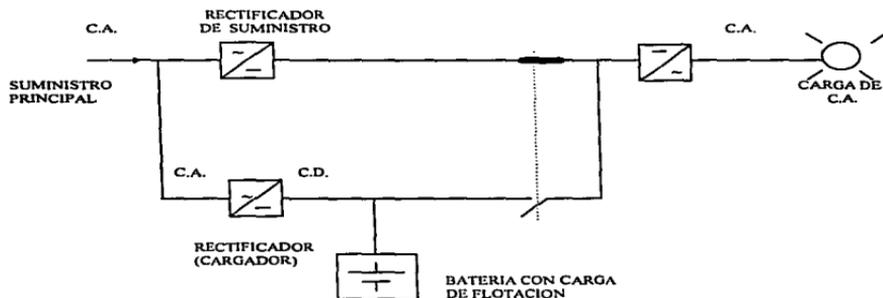


Fig. 2.14.- Circuito inversor con conmutación en C.D.

El inversor opera continuamente y el interruptor de transferencia esta conectado en lado de C.D. del inversor. Este sistema tiene la desventaja de que pueden ocurrir cambios imprevistos de voltaje en la línea de C.D. del inversor durante la conmutación, causando fallas de voltaje transitorias en interrupciones de la red y elevaciones al restablecerse la red. Estas características impiden el uso del circuito en donde la estabilidad del voltaje es critico.

### Circuito preferencial de inversor

La carga es suministrada con voltaje de C.A. y regulada a través del rectificador e inversor, con una batería para el suministro de emergencia (Fig.2.15). El interruptor de la línea en derivación de C.A. cerrara automáticamente al ocurrir una falla en el inversor o puede ser sincronizada manualmente y volver a conmutar con el propósito de mantener sin interrupción el suministro a la carga.

Si fallara el suministro principal, la carga es transferida a la batería a través del inversor sin interrupción en el suministro.

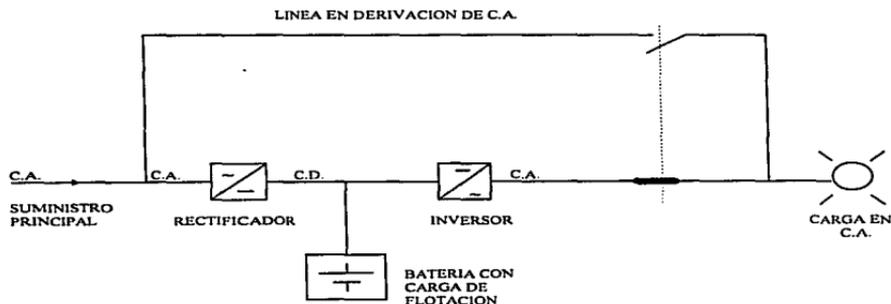


Fig. 2.15.- Circuito preferencial inversor.

El inversor esta diseñado para variaciones máximas de voltaje de entrada en .C.D. a la vez que el voltaje de salida en C.A. es regulada para la carga supuesta requerida. Esto permite la carga de refuerzo de la batería sin afectar la carga.

Se requiere un rectificador con capacidad suficiente para suministrar al inversor toda la energía de carga necesaria en adición a la requerida para el cargador de batería.

La eficiencia de operación del circuito preferencial puede ser baja en pequeños sistemas pero, la magnitud de los costos asociados y pérdidas son generalmente insignificantes comparado con las ventajas de operación.

El suministro preferencial del inversor proporciona una alta confiabilidad y tiene muchas ventajas, particularmente en donde la tolerancia de la carga en C.A. son críticas y en donde es necesaria una completa protección contra fallas de energía. Las características principales son:

1. Las condiciones transitorias de energía no afectan a la carga a causa del circuito de regulación sensitivo del inversor y rectificador .
2. Los circuitos de carga están protegidos contra fallas internas y mal funcionamiento del inversor.
3. La batería toma completamente la carga en caso de una falla en la red. sin interrumpir el suministro.

### Circuito inversor continuo

El circuito inversor continuo se utiliza para proporcionar energía ininterrumpida de C.A. , en aplicaciones donde la carga de C.A. requiere un voltaje o frecuencia diferente a la del suministro principal, donde el suministro principal esta sujeto a disturbios y donde se requiere un aislamiento galvánico (Fig. 2.16).

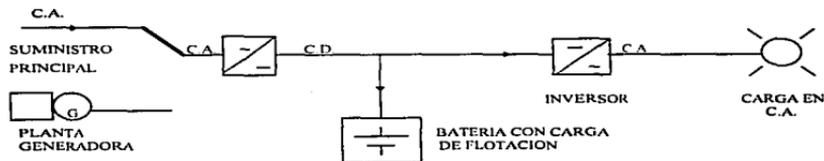


Fig. 2.16.- Circuito inversor continuo.

Se puede incluir un generador accionado por un motor para largos periodos de protección que puede ser prácticamente proporcionado por la batería en caso de falla en la red, la carga del circuito es suministrado por la batería a través del inversor. Cuando se utiliza una planta generadora, la batería suministra la carga mientras el generador es puesto en marcha ya sea manual o automáticamente y alcanzar su velocidad. El generador en seguida toma completamente la función de la red y alimenta la carga a través del rectificador e inversor, al mismo tiempo que recarga la batería.

Una desventaja de este circuito es que no esta hecho para proporcionar un suministro alternativo al tratarse de una falla en el inversor o por mantenimiento. Esto puede ser solucionado incluyendo una línea de paso pero, en donde el suministro principal esta sujeto a disturbios o la carga requiere un voltaje con frecuencia diferente a la de la red, deberá incorporarse a la línea un rectificador y un inversor o un convertidor giratorio de C.A. (Fig. 2.17). El circuito entonces será similar al circuito preferencial inversor.

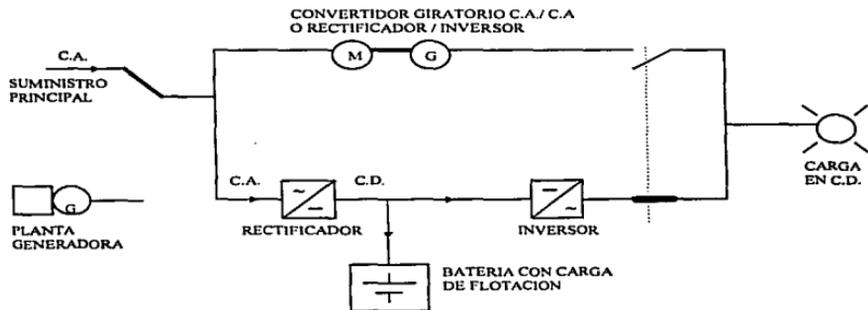


Fig. 2.17.- Circuito inversor continuo con un convertidor giratorio incorporado.

### Circuito inversor reversible

El inversor reversible opera sincronizadamente y en paralelo con el suministro principal de C.A. por medio de un interruptor de aislamiento estático incorporado en un circuito en paralelo. Bajo condiciones normales de operación, el circuito de carga esta suministrado con energía de la red en C.A. por medio del circuito en paralelo y el inversor actúa como cargador, manteniendo la batería con carga de flotación (Fig. 2.18).

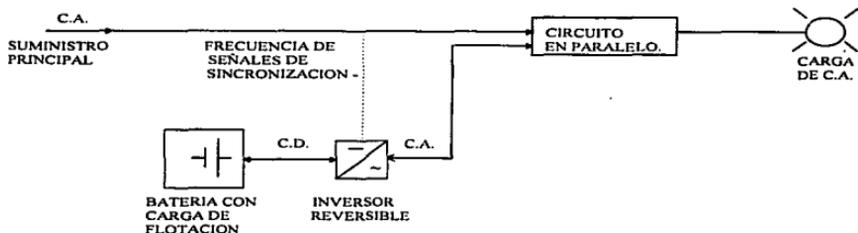


Fig. 2.18.- Circuito inversor reversible.

Cuando falla la red, el interruptor de aislamiento estático deja de conducir y el inversor convierte la energía de C.D. de la batería en C.A. para suministrar a la carga del circuito. Cuando se restablece el suministro principal, el inversor sincronizado automáticamente y en paralelo, esta suministrando y recargando la batería.

El circuito inversor reversible proporciona substancialmente suministro sin interrupción. Este sistema puede también ser diseñado para proporcionar una regulación contra variaciones de voltaje en la red, aún cuando resulten algunas pérdidas de protección contra fallas en la carga del circuito.

## Confiabilidad de los sistemas

Para asegurar la operación confiable del sistema sin interrupciones y proteger vitalmente a la carga del circuito, se pueden instalar adicionalmente componentes o sistemas dobles y completos.

Los **componentes redundantes** son componentes adicionales incorporados a un circuito y sumado para proporcionar protección contra el mal funcionamiento de los componentes individuales tales como inversores (Fig. 2.19) o incluso a la misma carga. El uso de componentes redundantes es generalmente restringido ya que parte de los sistemas requieren una máxima seguridad de operación o que parte, muy probablemente tienden a fallar.

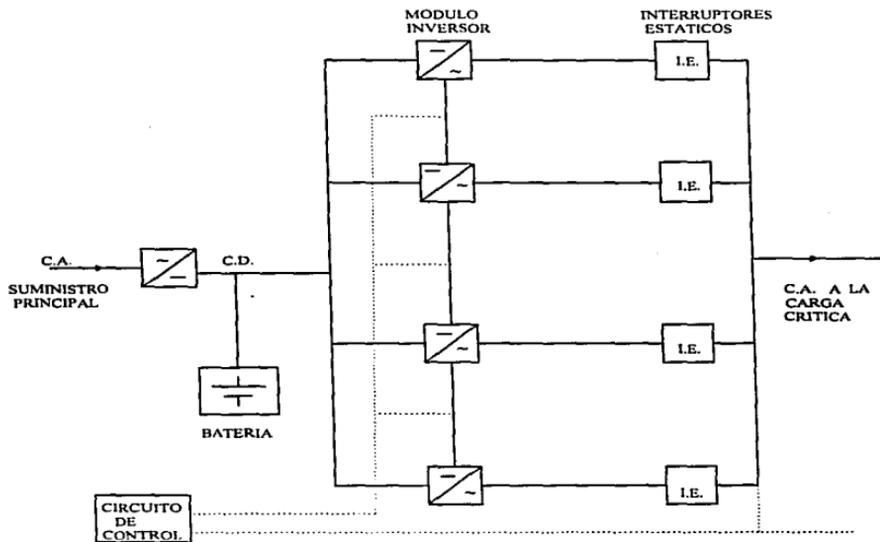
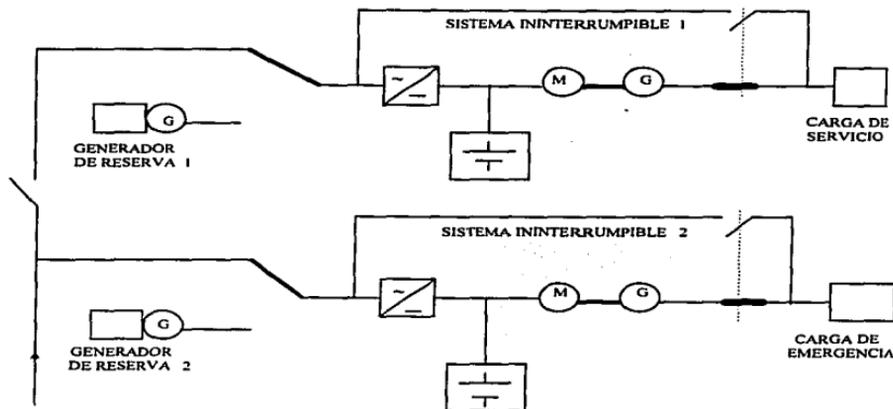


Fig. 2.19.- Circuito con inversores redundantes incorporados.

El **sistema redundante** comprende un sistema doble, completo e independiente, en los cuales cada uno puede llevar a cabo el servicio requerido (Fig. 2.20).



SUMINISTRO  
PRINCIPAL DE C.A.

Fig. 2.20.- Sistema redundante con incorporación duplicada, completa e independiente de componentes.

En algunos sistemas redundantes la capacidad del conmutador puede ser introducida con la interconexión de los componentes individuales (Fig. 2.21). Frecuentemente esto puede hacerse con solo un pequeño incremento en el costo total del proyecto, puesto que el mayor gasto del capital está incurrido en el establecimiento de operación de la planta el cual requiere de protección.

Mientras tanto la capacidad del conmutador protegerá contra las posibles fallas simultáneas en los sistemas redundantes independientes; el uso excesivo de la capacidad del conmutador puede perder el objetivo diseñado para el incremento de confiabilidad por la introducción de áreas adicionales con fallas de potencial.

El diseño de sistemas redundantes es muy especializado y se deberá solicitar un asesoramiento profesional en una primera etapa.

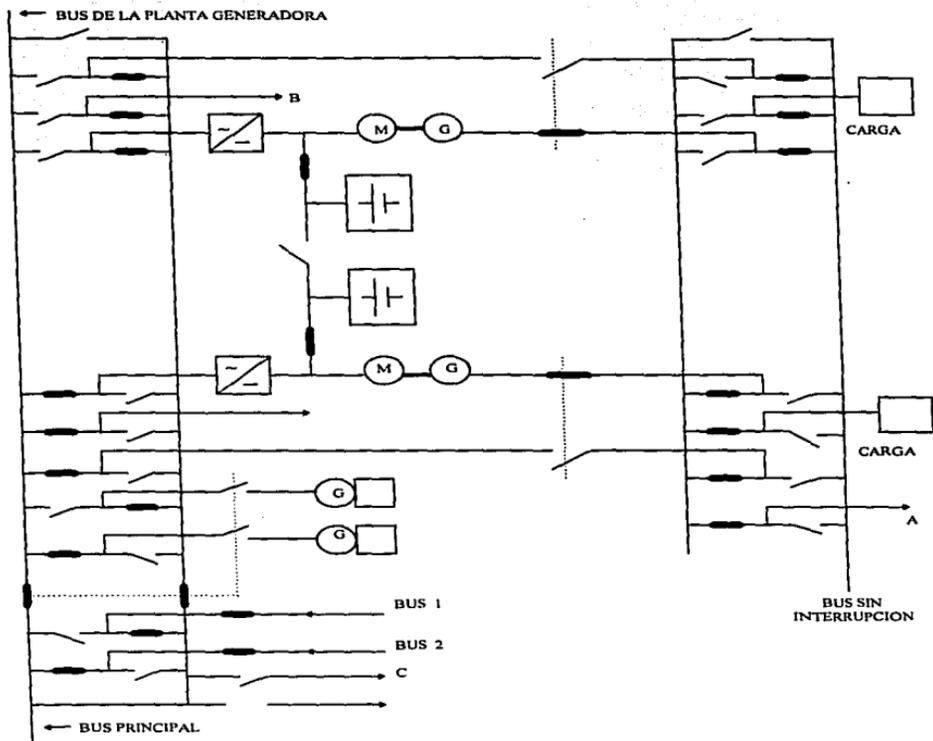


Fig. 2.21.- Sistema redundante incorporado con una capacidad de conmutación.

De la figura anterior, si las cargas son puestas en A, B, C las siguiente situación ocurrirá cuando falla la red :

- A. No se interrumpe el suministro. La carga es transferida inmediatamente a la batería.
- B. Hay una pequeña interrupción en el suministro, mientras que la planta generadora es puesta en marcha y alcanza su velocidad.
- C. La carga ya no es suministrada y permanecerá inactiva hasta la reanudación del suministro principal.

### 2.3. Baterías alcalinas

#### Definición

Una batería alcalina es un dispositivo que utiliza como electrolito una solución alcalina ya sea hidróxido de potasio o de sodio.

Las baterías alcalinas comerciales emplean materiales activos de níquel-fierro, el cual en un paso sucesivo el níquel-fierro fue sustituido por el níquel-cadmio.

Las baterías de acumuladores de níquel-cadmio son de empleo relativamente reciente. Estas baterías consisten en un conjunto alternado de placas positivas y negativas.

Los recipientes en los que van los acumuladores son de acero niquelado. El material activo, hidróxido de níquel (positivo) y óxido de cadmio (negativo), van dentro de alvéolos de acero finamente perforados en chapitas. Las placas constan de hileras de estas chapitas introducidas en marcos de acero bajo la presión de muchas toneladas.

Las placas positiva y negativa están soldadas o roscadas a gruesas barras ómnibus de acero. Los grupos de placas se disponen de tal manera que estas, colocadas alternadamente, están separadas por varillas delgadas de plástico (Fig. 2.22).

El electrolito alcalino es una solución de hidróxido potásico.

Los materiales activos reaccionan durante la carga y la descarga según la siguiente reacción :



Durante el proceso de descarga la reacción tiene lugar hacia la derecha, mientras que durante la carga la reacción tiene lugar hacia la izquierda. El sistema almacena energía química durante la carga y devuelve esta energía química en forma de energía eléctrica durante la descarga. Una de las características más importantes de estos acumuladores, es que la reversibilidad de la reacción no se ve alterada ni aún en el caso de condiciones ambientales muy adversas.

Durante la carga y la descarga de los acumuladores de níquel-cadmio no ocurre prácticamente ni un cambio en el valor del peso específico del electrolito. La única misión del electrolito es la de actuar como conductor para transferir los iones de hidróxido de un electrodo a otro dependiendo el sentido de la transferencia del que el proceso sea de carga o de descarga.

Cubierta de protección  
Material: PVC duro.

Válvula antideflagrante  
Material: polipropileno.

Vaso  
Material: polipropileno  
translúcido.

Protección contra  
salpicaduras  
Elimina las salpicaduras de  
electrolito y protege contra  
cortocircuitos producidos  
por objetos extraños.

Puente de placa  
Soldado por puntos  
a los armazones de las  
placas y al borde superior  
de la bolsa.

Los elementos se soldan  
juntos para formar unos  
bloques robustos de 1 - 10  
elementos, dependiendo  
del tamaño del elemento.

Platina  
Que une los bordes  
de la placa con el polo.  
Los bordes y el polo están  
soldados a presión  
con la platina.

Rejillas separadoras  
Que aíslan y separan  
las placas negativas  
de las positivas.  
La construcción permite  
la libre circulación del  
electrolito entre las placas.

Armazón lateral  
Tapa las bolsas de las placas  
y funciona como colector  
de corriente.

Placa  
Bolsas horizontales de rejilla  
de acero doblamiento  
perforado.

Fig. 2.22.- Acumulador alcalino de níquel-cadmio.

## **Características**

**Tensión nominal por acumulador.** 1.2 voltios (una batería de 6 voltios esta compuesta de 5 elementos).

**Intervalo de temperatura de funcionamiento.** -51 a + 93 °C.

**Intensidad máxima de descarga.** Hasta 25 veces su capacidad en amperios-hora.

**Capacidad a - 51°C .** Hasta el 90% para intensidades de descargas pequeñas.

**Resistencia interna muy pequeña.** 0.001 ohms para el acumulador del tipo 10 HA.

**Plena carga .** A tensión constante en 1 hora a la tensión de 1.55 voltios por acumulador.

**Plena carga .** A tensión constante en 6 horas a la tensión de 1.43 voltios por acumulador.

**Carga de mantenimiento.** 1.35 voltios por acumulador para mantener la batería cargada.

**Desprendimiento de gases durante la descarga.** Nulo

**Desprendimiento de gases durante la carga .** Virtualmente nulo por debajo de 1.47 voltios por acumulador.

**Resistencia a la vibración.** Excelente

**Resistencia a los golpes.** 80 G.

**Altitud.** Una válvula de descarga de presión abre a un valor de 2 Kg./ cm 2. a la presión ambiente.

**Vida.** No se conoce limite.

**Tiempo máximo de permanencia en almacén.** No de conoce aún un limite superior, sea cual sea el estado de carga.

**Retención de la carga.** Mantiene hasta un 70% de su carga después de un año a la temperatura ambiente.

**Orientación.** Durante la descarga puede estar en cualquier posición.

### Ventajas de las baterías de acumuladores de níquel-cadmio.

Gran intensidad de descarga. Mantiene una tensión adecuada bajo condiciones de descarga extremadamente fuertes.

Mantenimiento de la tensión constante. Mantiene entre estrechos límites la tensión durante la descarga (ver Fig. 2.23 y 2.24).

Rigidez de carga. Puede recargarse a grandes intensidades de carga sin que se produzca en ella ningún deterioro

Larga duración. Esta proyectada para una vida excepcionalmente larga ya sea en servicio cíclico o en servicio en flotación.

Funcionamiento a temperaturas extremas. Puede cargarse y descargarse al régimen normal o a régimen elevado entre temperaturas comprendidas entre  $-40$  y  $+70$  °C.

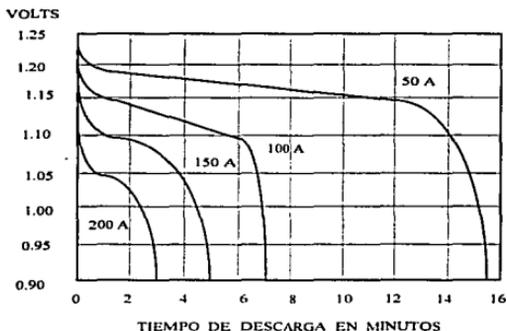


Fig. 2.23.- Curvas características para una batería de níquel-cadmio de elevada intensidad de descarga.

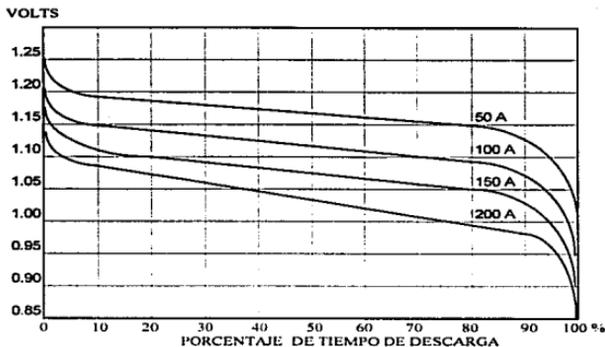


Fig. 2.24.- Curvas de descarga de una batería de níquel-cadmio.

**Excelente retención de carga.** Los acumuladores cargados y que lleven la cantidad de electrolito adecuado retiene aproximadamente el 70% de su carga después de haber estado almacenadas durante un año a temperaturas normales.

**Facilidad de almacenamiento.** Pueden almacenarse a cualquier estado de carga y durante el tiempo que se quiera sin peligro que se produzca en ella ningún deterioro.

**Posición de descarga.** Puede ser descargada en cualquier posición.

**Mantenimiento fácil.** La pérdida de agua durante su servicio es insignificante. No es necesario hacer lecturas de peso específico.

**Resistencia a la vibración y al choque.** Es capaz de soportar choques de hasta 50 G y vibraciones elevadas.

**Electrolito alcalino.** El hidróxido de potasio no desprende gases corrosivos durante la carga o la descarga.

**Cierre a presión.** Los acumuladores mas pequeños van provistos de aberturas tapadas, y sensibles al cambio de presión.

**Económicas.** Tienen un costo por año muy bajo debido a su larga duración.

**Los costos de mantenimiento son muy pequeños.** El costo es también pequeño cuando trabajan a grandes intensidades.

**Pequeñas y de poco peso.** Las baterías de acumuladores de níquel-cadmio son mas pequeñas y menos pesadas que las baterías convencionales bajo condiciones de gran intensidad de descarga.

### **Alimentación de socorro con C.A. utilizando baterías de níquel-cadmio**

Para las aplicaciones que exigen una alimentación de socorro inmediato con corriente alterna, se pueden distinguir cuatro procedimientos :

1. Grupo ondulator giratorio ( convertidor giratorio continua-alterna alimentada por batería ).
2. Grupo ondulator estático alimentado por batería.
3. Combinación grupo electrógeno-ondulator-batería.
4. Grupo motor eléctrico-alternador-motor térmico.

Analizaremos sucesivamente cada uno de estos procedimientos de alimentación de socorro.

### Grupo ondulator giratorio alimentado por batería

El esquema de este grupo esta representado en la Fig. 2.25.

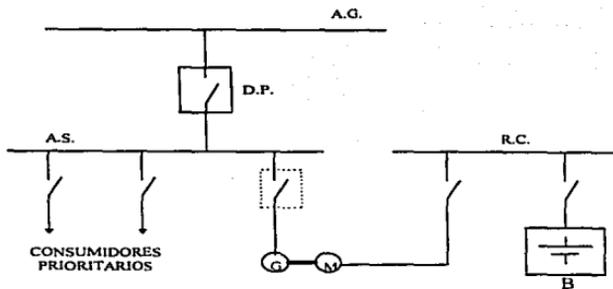


Fig. 2.25.- Grupo ondulator giratorio alimentado por batería. AG-Alimentación general. DP-Disyuntor principal. AS-Alimentación de socorro. RC-Red de corriente continua. B-Batería de acumuladores.

Comprende los siguientes elementos:

- ⇒ Una máquina de corriente alterna, generalmente sincrónica, que funciona como motor durante la alimentación normal pero que funciona automáticamente como generador, cuando falta la corriente del sector.
- ⇒ Una máquina de corriente continua que, durante la alimentación normal, es accionada por la máquina anterior, funcionando, por tanto, como generador y cargando la batería de acumuladores, pero que, automáticamente, actúa como motor de accionamiento de la máquina de corriente alterna, en caso de falla de la alimentación normal.
- ⇒ Una batería de acumuladores.

### **Grupo ondulator estático alimentado por batería**

También puede utilizarse un sistema completamente estático para la producción de corriente alterna de socorro.

Los componentes esenciales de este dispositivo, son los siguientes:

- ⇒ Un ondulator, que transforma la corriente continua de una batería, en corriente alterna. El modelo más corriente, utiliza rectificadores de silicio controlados para inyectar impulsos de corriente continua al primario de un transformador y recoger corriente alterna en el secundario
- Este ondulator tiene buen rendimiento tanto a plena carga como a media carga. La frecuencia de la corriente alterna producida, es independiente de la carga, porque esta ajustada a una frecuencia que, generalmente, está suministrada por un oscilador transistorizado. La forma de onda de salida puede estar más o menos próxima de la forma senoidal; puede aproximarse a esta con una proporción de armónicos que puede descender hasta 1%. Pero esta precisión raramente resulta necesaria ya que, para la mayor parte de las aplicaciones, basta con una onda en la que son visibles los espacios de conmutación.
- ⇒ Un cargador de batería.
- ⇒ Una batería normalmente montada en tampón (flotación), con un dispositivo de ajuste de tensión, que limita la corriente de descarga a valor máximo que puede tolerar la batería.
- ⇒ Algunas veces, se monta también un conmutador para transferir la alimentación de los consumidores de la fuente normal al ondulator, en caso de falta de corriente. Este conmutador puede ser electromagnético, pero entonces necesita un cierto tiempo de funcionamiento, durante el cual queda afectada la alimentación de las cargas esenciales.

### **Variantes del sistema de alimentación de socorro con grupo ondulator estático.**

Si se utiliza un ondulator estático, existen tres variantes principales para alimentación de socorro de los consumidores prioritarios.

*Primera variante.* Esta representado en figura 2.26. Las cargas prioritarias están permanentemente alimentadas por el ondulator, tanto en marcha normal como en marcha de socorro. Se utiliza este procedimiento en pequeñas instalaciones, y para aplicaciones especiales, por ejemplo, la alimentación de computadoras por que presenta la ventaja de aislar estos de cualquier perturbación de sector.

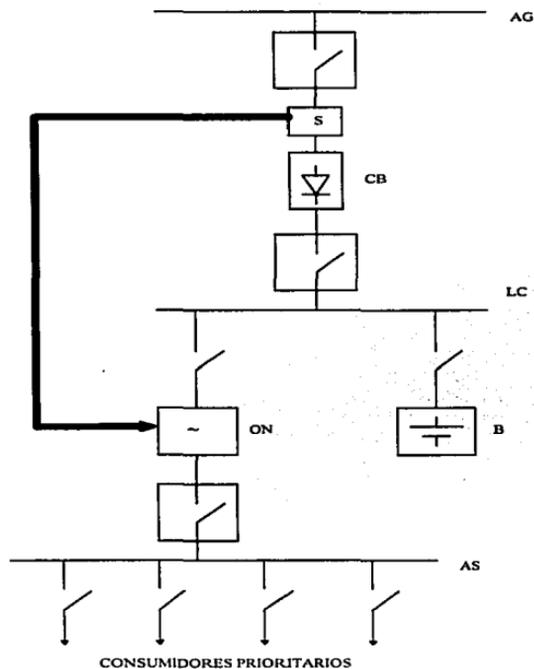


Fig. 2.26.- Grupo ondulatorio estático alimentado por batería con cargas prioritarias alimentadas permanentemente por el ondulatorio. AG - Alimentación general. S - Dispositivo de sincronización. CB - Cargador de batería de acumuladores. ON - Ondulador. AS - Alimentación de socorro.

Segunda variante. Se representa en la figura 2.27.

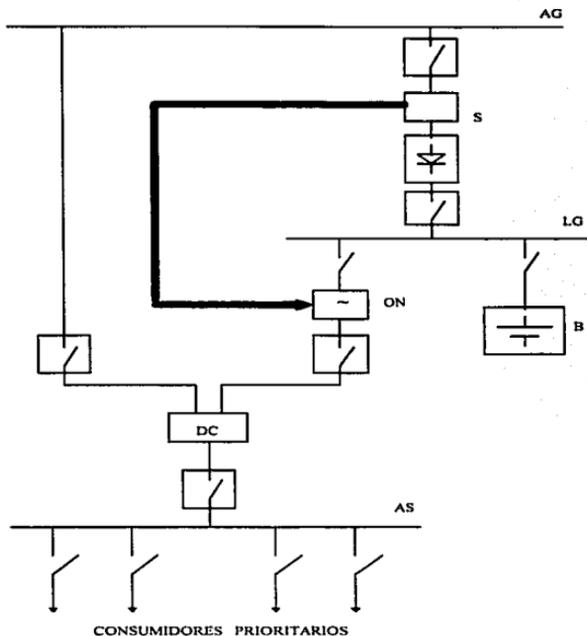


Fig. 2.27.- Grupo ondulator estático alimentado por batería con cargas prioritarias alimentadas por el ondulator solamente en caso de falla en la alimentación general. AG - Alimentación general. S - Dispositivo de sincronización. CB - Cargador de batería. LS - Barras de corriente continua. B - Batería de acumuladores. ON - Ondulador. DC - Dispositivo automático de conmutación. AS - Alimentación de socorro.

Normalmente, los consumidores prioritarios están alimentados por el sector; pero su carga queda transferida automáticamente al ondulator cuando falla la corriente normal. Esta variante tiene la ventaja de necesitar menor capacidad en el cargador ya que la única misión de éste es cargar la batería, en lugar de suministrar permanentemente la potencia total de alimentación de los consumidores prioritarios. Como contrapartida, estos consumidores están normalmente conectados al sector y, por lo tanto, expuestos a los golpes de corriente de este último. Es decir, que esta variante resultará apropiada cuando el inconveniente citado es soportable, lo que sucede para unas computadoras, sistemas de teletransmisión y controles electrónicos. Además de esto, el ondulator solo está en funcionamiento en caso de falla de corriente, en lugar de estar en permanentemente en servicio como en el caso anterior.

*Tercera variante.* Esta variante está representada en la figura 2.28. Como en la primera variante, los consumidores prioritarios están permanentemente alimentados por el ondulator. Pero en esta ocasión, la corriente continua suministrada al ondulator procede, durante la marcha normal de un dispositivo transformador-rectificador provisto de una regulación de tensión y de un filtro; el cargador y la batería están conectados a un circuito en paralelo con el circuito principal: un diodo interpuesto entre el circuito cargador-batería y el circuito transformador-rectificador, transfiere automáticamente la alimentación del ondulator a la batería, en caso de falla en la corriente normal.

Estas variantes no son equivalentes, especialmente en lo que hace referencia a las características del cargador y del ondulator y, como consecuencia, de la batería.

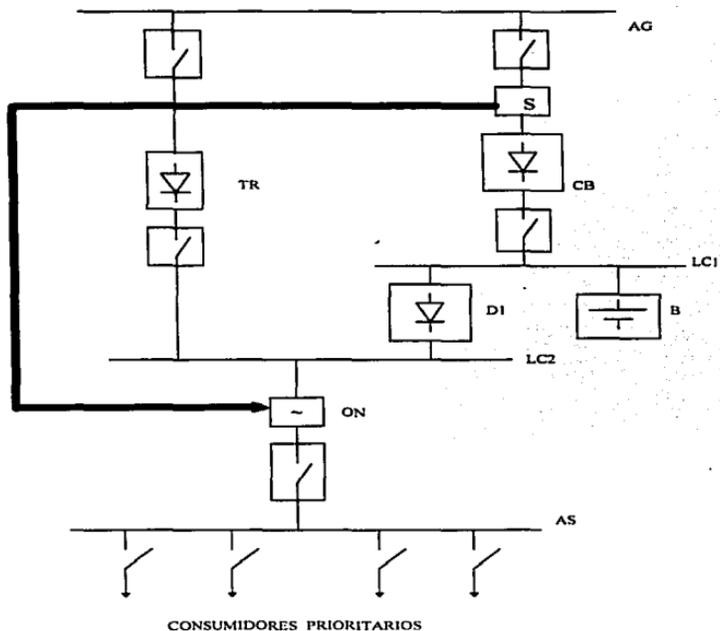


Fig. 2.28. - Grupo ondulator estático con carga prioritarias alimentadas permanentemente por el ondulator. El ondulator esta alimentado normalmente por el grupo transformador-rectificador y en marcha de socorro, por la batería. AG - Alimentación general. TR - Grupo transformador-rectificador. S - Dispositivo de sincronización. CB - Cargador de batería. LC1 -LC2 - Barras de corriente continua. B - Batería de acumuladores. D1 - Diodo. ON - Onduladores. AS - Alimentación de socorro.

Por otro lado, un ondulator solo puede funcionar correctamente entre dos tensiones, siendo relativamente reducida la diferencia entre su tensión máxima y su tensión mínima. Evidentemente, el valor de la tensión mínima del ondulator, debe coincidir con el valor de la tensión al final de la descarga de la batería. En cuanto al valor de la tensión máxima, varía según la variante elegida.

Efectivamente, en el esquema de la figura 2.26, donde el ondulator esta constantemente en serie con la batería, las condiciones más severas de marcha del ondulator corresponde al periodo de carga que sigue a una profunda descarga de la batería porque, en este caso, el cargador alimenta a esta batería con la tensión de carga por lo tanto, en esta variante, el margen del ondulator debe cubrir la diferencia entre la tensión de carga y la tensión al final de la descarga de la batería.

En la variante de la figura 2.27, cuando desaparece la alimentación del sector, la tensión de la batería vuelve a su valor en vacío y cuando actúa el conmutador, el ondulator comienza a funcionar; por lo tanto, la tensión máxima de funcionamiento del ondulator, debe ser igual a la tensión en vacío de la batería. O sea que, con esta variante, basta que el margen del ondulator cubra la diferencia entre las tensiones en vacío y al final de la descarga, es decir, una banda más estrecha que en la variante de la figura 2.22.

Finalmente, en la variante representada en la figura 2.28, la situación es más complicada; efectivamente, el ondulator funciona en marcha normal sobre el transformador-rectificador y en marcha de socorro lo hacen sobre la batería. El régimen de marcha normal, deberá poder soportar las diferencias de tensión del transformador-rectificador, el cual, como hemos dicho anteriormente, va provisto de un dispositivo regulador de tensión que atenúe en parte las variaciones del sector. En régimen de marcha de socorro, se encuentra en el mismo caso que en la figura 2.27, excepto en el hecho del funcionamiento del diodo es inmediato y en que el ondulator puede estar conectado a la batería cuando esta se haya bajo su tensión de carga. Por lo tanto, el ondulator deberá satisfacer simultáneamente a los regímenes de carga en lo que se refiere a su tensión máxima de funcionamiento, siendo, evidentemente, su tensión mínima, la tensión final de la descarga de la batería. Por lo tanto, esta variante impone una muy amplia gama de funcionamiento al ondulator.

En lo que se refiere al cargador de batería, su función es diferente según sea la variante elegida:

En la variante de la figura 2.26. debe suministrar a la vez la potencia requerida por los consumidores prioritarios, aumentadas por las pérdidas del ondulator, y , además, unas veces la corriente de carga de la batería (cuando ésta se haya descargada a causa de una marcha de socorro) y, otras, veces la corriente de mantenimiento de la batería (cuando ésta funciona en tampón) . Por lo tanto, este esquema exige un esquema de gran potencia.

Por el contrario, en las variante de las figuras 2.27 y 2.28, el cargador asegura solamente la carga y el mantenimiento de la batería; por consiguiente, será la potencia más reducida.

Para la batería, su elección depende del servicio que habrá de cumplir, bien que deba suministrar durante largos periodos, que pueden variar entre 1 y 7 horas, bien que se le haga intervenir solo en cortos periodos de tiempo por ejemplo de unos segundos a algunos minutos.

Por lo tanto, la elección de la batería se hará en función de la duración de su descarga, así como de la intensidad y de la tensión, de la corriente que habrá de suministrar al ondulator y a los demás circuitos eventualmente conectados a éste.

En lo que concierne a la alimentación del ondulator, es esencial que la tensión de batería se mantenga, en todas las circunstancias, dentro de las gamas de tensiones en la que resulta correcto el funcionamiento del ondulator.

### **Combinación grupo electrógeno-ondulator-batería**

Hemos podido comprobar que, para asegurar un servicio de socorro de varias horas con un ondulator, había que prever una batería y su correspondiente cargador, de bastante importancia. El problema así planteado, resulta totalmente insoluble si el suministro de socorro debe de tener una duración de días.

Una solución a problemas de este tipo puede ser la adición de un grupo electrógeno al conjunto batería-ondulator. La batería asegura el servicio de socorro solo durante el tiempo necesario para el arranque y puesta en marcha del grupo electrógeno: este grupo asegura después una marcha de socorro, que puede ser igual de larga duración. En un sistema de este tipo, la intervención de la batería es limitada, lo que permite darle una capacidad mas razonable y prever un cargador de batería de calibre más reducido.

La figura 2.29 es el esquema de una alimentación de socorro de este tipo, que resulta del esquema representado en la figura 2.26, por la adición del grupo electrógeno.

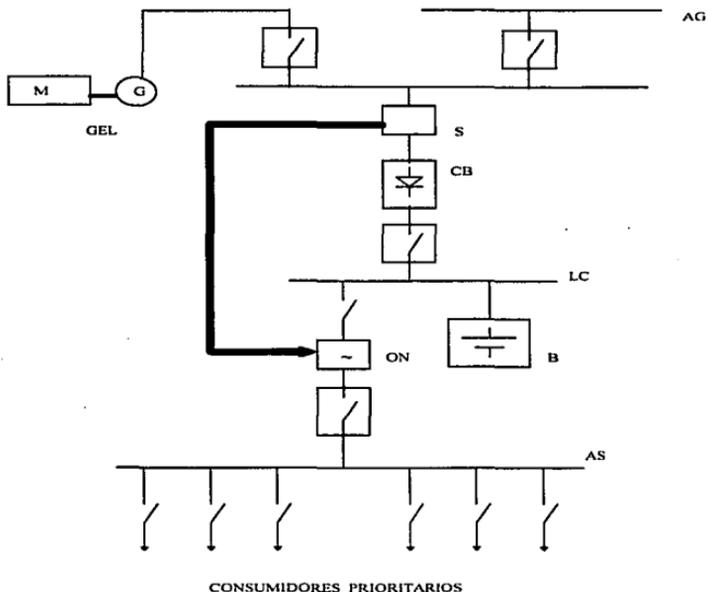


Fig. 2.29.- Combinación grupo electrógeno-ondulador-batería, con cargas prioritarias alimentadas permanentemente por el ondulador. AG - Alimentación general. S - Dispositivo de sincronización. CB - Cargador de batería. LC - Barras de corriente continua. B - Batería de acumuladores. ON - Ondulador. AS - Alimentación de socorro. GEL - Grupo electrógeno.

Así mismo, la figura 2.30, corresponde a la figura 2.27, añadiendo también el grupo electrógeno de socorro.

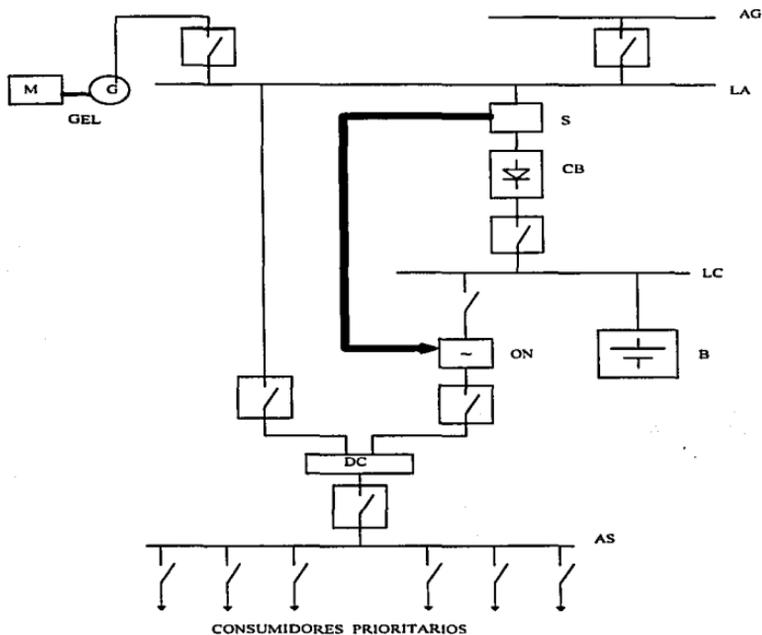


Fig. 2.30.- Combinación grupo electrógeno-ondulador-batería, con cargas prioritarias alimentadas por el ondulador solamente en caso de falla en la alimentación general. AG - Alimentación general. LA - Barras de corriente alterna. S - Dispositivo de sincronización. CB - Cargador de batería. LS - Barras de corriente continua. B - Batería de acumuladores. ON - Ondulador. DC - Dispositivo automático de conmutación. AS - Alimentación de socorro. GEL - Grupo electrógeno.

### Grupo motor eléctrico - alternador - motor térmico

Otro sistema que permite asegurar el servicio permanente de los consumidores prioritarios, consiste en alimentar estas cargas esenciales por medio de un alternador con doble accionamiento: con un motor eléctrico durante la marcha normal y con un motor térmico durante el servicio de socorro.

En el mismo eje se montan un alternador, un motor eléctrico y un volante; el embrague magnético permite acoplar esta línea con el eje de un motor térmico, generalmente previo paro del grupo. Este conjunto está representado en la figura 2.31.

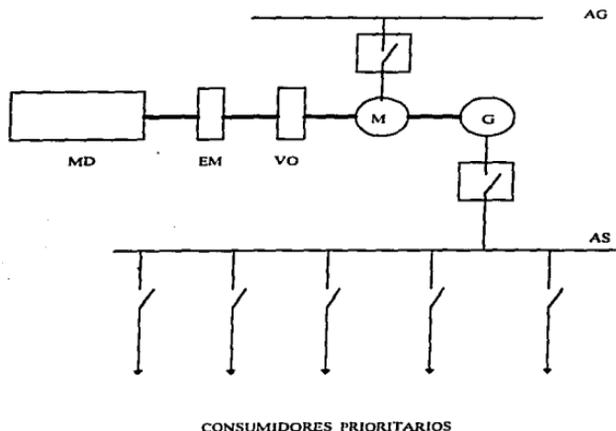


Fig. 2.31.- Grupo motor eléctrico-alternador-motor térmico. AG -Alimentación general. VO - Volante. EM- Embrague electromagnético. MD - Motor térmico de accionamiento. AS - Alimentación de socorro.

El alternador alimenta permanentemente los consumidores prioritarios que, de esta forma, no queden expuestos a las fluctuaciones del sector en marcha normal; por otro lado, el volante regulariza la velocidad del motor eléctrico en caso de variaciones pasajeras de la frecuencia del sector.

El motor eléctrico que acciona el alternador durante la marcha normal, queda automáticamente separado del sector cuando la tensión de este cae por debajo de un valor previamente fijado, por ejemplo, a 90% de la tensión normal.

Cuando se produce esta baja de tensión en el sector, se excita el embrague magnético y acciona a gran velocidad unas 150 r.p.m., el eje del motor eléctrico que arranca a plena potencia y casi inmediatamente, sobre todo, si se ha tomado la precaución de mantener a buena temperatura su cárter de aceite y sus camisas de agua. De esta manera los consumidores prioritarios quedan alimentados sin interrupción, excepto la ligera disminución de frecuencia debido a la disminución de la velocidad en el volante durante el arranque del motor térmico.

Cuando se restablece la tensión del sector, se desexcita el embrague magnético, vuelve arrancar el motor eléctrico, y queda parado el motor térmico. Generalmente, esta vuelta a servicio normal se hace cuando la tensión del sector ha subido por lo menos al 95% de su valor nominal, pero se difiere la parada del motor térmico durante algún tiempo, por ejemplo 15 minutos, para evitar arranques repetidos en caso de fluctuaciones rápidas del sector y, también, para permitir que el motor térmico tome buena temperatura cada vez que deba entrar en funcionamiento.

Como variante, el conjunto motor eléctrico-alternador de grupo, puede reemplazarse por una sola máquina síncrona que funciona como motor durante la marcha normal y como alternador durante la marcha de socorro. Esto es lo que se ha representado en la figura 2.32. En este caso, los consumidores prioritarios están directamente alimentados por el sector durante la marcha normal y por el alternador durante la marcha de socorro .

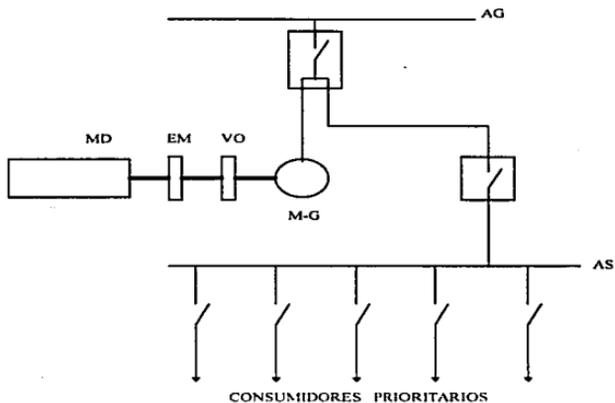


Fig. 2.32.- Grupo máquina eléctrica de corriente alterna-motor térmico. AG - Alimentación general. VO - Volante. EM - Embrague electromagnético. MD - Motor térmico de accionamiento. AS - Alimentación de socorro.

**TABLA COMPARATIVA DE LAS BATERIAS DE ACUMULADORES  
PARA ALIMENTACION AUXILIAR**

<b>Propiedades mecánicas (para capacidad semejante en amperes - hora )</b>	<b>Plomo</b>	<b>Níquel - Hierro</b>	<b>Níquel - Cadmio</b>
Peso	Moderado	Ligero	Pesado
Volumen	Varia	Pequeño	Grande
No. de placas por acumulador	Pocas	Pocas	Muchas
Resistencia mecánica	Mala	Buena	Buena
Daños por altas temperaturas	Si	No	No
<b>Factores de conservación</b>			
Probabilidad de daños por congelación	Si	No	No
Capacidad de descarga	Elevada	Elevada	Baja
Puede cargarse lentamente	Si	No	Si
Consumo de agua	Moderado	Alto	Bajo
<b>Propiedades eléctricas</b>			
Resistencia interna	Moderadamente Alta	Alta	Baja
Caída de voltaje en la descarga	Ligera	Si	No
Regulación de voltaje	Fácil	Difícil	Fácil
Producción de gas durante la carga	Si	Si	Ligera
<b>Producción en amperes - hora:</b>			
Reducida por sobre carga	Si	No	No
Reducida por descargas excesivas ocasionales	No	No	No
Reducida por descargas excesivas frecuentes	Si	No	Si
Costo	Bajo	Alto	Alto

## 2.4 . Cálculo de la capacidad del sistema de reserva.

**1.- Acumulador, batería y elementos.** Un acumulador eléctrico es un sistema que recibe energía en forma eléctrica, la almacena en forma química y la suministra en forma eléctrica.

Su unidad física completa mas simple es el elemento. El conjunto de varios elementos unidos forma una batería.

**2.- Descarga y carga.** Cuando se descarga un acumulador níquel-cadmio la tensión se mantiene, como término medio en 1.2 V. Por eso decimos que la " Tensión media de descarga " es 1.2 V.

Normal comienza en 1.3 V y termina en 1.1 o 1 V según la curva de la figura 2.33.

Sin embargo luego explicaremos como la tensión varía fuertemente con la intensidad de la descarga.

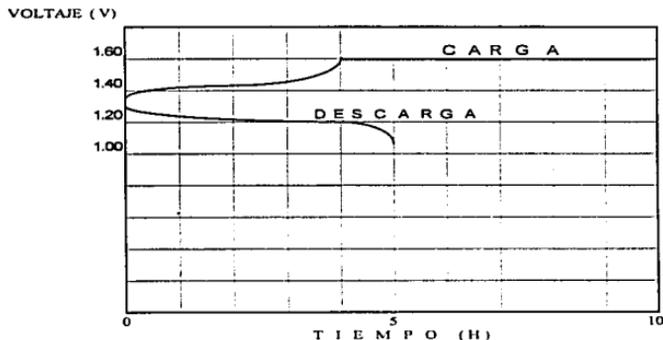


Fig. 2.33.- Curva típica de carga y descarga de un acumulador níquel-cadmio.

En carga la tensión aumenta. Normalmente el valor máximo es de 1.6 V aproximadamente, produciéndose al final una gasificación en el electrolito.

**3.- Capacidad.** Es la cantidad de electricidad almacenada durante la carga y susceptible de ser entregada en un proceso de descarga.

La capacidad es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que dura la descarga, calculado hasta que se alcanza una tensión final establecida y a una temperatura dada.

La capacidad se mide en amperios-hora ( Ah).

La capacidad obtenible en la descarga de un acumulador depende entre otros factores de:

⇒ La intensidad de descarga.

⇒ La tensión final a la que cortemos la descarga.

⇒ La temperatura.

#### **4.- Influencia de la intensidad de la descarga sobre la capacidad.**

Supongamos que la tensión final es fija, como por ejemplo 1.1 V. Tenemos una batería de capacidad  $C = 100$  Ah. Si la descargamos con 20 A nos da un tiempo de 5 h :

$$C_1 = 20 \text{ A} \times 5 \text{ h} = 100 \text{ Ah}$$

Pero si la descargamos con 100 mA da 1 h :  $C = 100 \text{ A} \times 1 \text{ h}$ , sino bastante menor, por ejemplo  $\frac{1}{2}$  h.

$$C_2 = 100 \text{ A} \times 0.05 \text{ h} = 50 \text{ Ah}$$

Hemos obtenido el 50% de la capacidad  $C_1$ .

Luego puede afirmarse que, a igualdad de tensión final, cuanto mayor sea la intensidad de descarga, menor es la capacidad aprovechable de un acumulador en esa descarga.

### 5.- Influencia de la tensión final sobre la capacidad.

Por otra parte supongamos una descarga con una cierta intensidad . Si cortamos la descarga en una tensión  $U_1 = 1.25 \text{ V}$  obtendremos un tiempo  $t_1$  relativamente corto.

Si prolongamos la descarga hasta que la tensión sea  $U_2 = 1.15 \text{ V}$  el tiempo  $t_2$  será mayor. Figura 2.34.

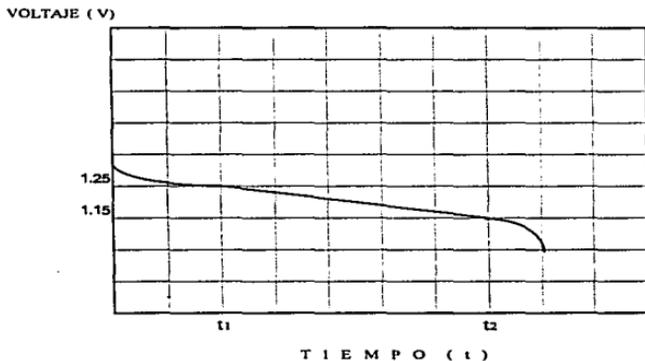


Fig. 2.34. Si la tensión final es más baja, el tiempo de descarga es mayor.

Si hemos descargado con  $I = 20 \text{ A}$  hasta  $1.25 \text{ V}$  y  $t_1$  ha sido de 1 hora, la capacidad obtenida ha sido:

$$C_1 = 20 \text{ A} \times 1 \text{ h} = 20 \text{ Ah}$$

Si al descargar con  $I = 20 \text{ A}$  hasta  $1.15 \text{ V}$ ,  $t_2$  ha sido 4 h, la capacidad obtenida ha sido:

$$C_2 = 20 \text{ A} \times 4 \text{ h} = 80 \text{ h}$$

Luego a igual de intensidad la capacidad obtenible es mayor cuanto más baja sea la tensión a que cortemos la descarga.

Esto tiene una limitación importante y es que al final de la descarga la tensión cae muy bruscamente a cero y por tanto hay una zona final que no tiene interés práctico.

#### **6.- Concepto de capacidad nominal. Régimen de descarga.**

De lo anterior se concluye que para definir la capacidad nominal de un acumulador hay que fijar cual es el tiempo de descarga y la tensión final.

El tiempo de descarga se suele fijar en 5 horas ( a veces en 10 h ).

El tiempo de descarga nominal es el "régimen de descarga".

La tensión final se suele fijar en  $1.10 \text{ V}$ .

Así pues, si decimos que:

La capacidad  $C$  de un acumulador es de  $100 \text{ Ah}$  en régimen de descarga en 5 h hasta la tensión final de  $1.1 \text{ V}$  queremos decir que descargando con  $20 \text{ A}$  la descarga dura 5 h cuando llega a  $1.1 \text{ V}$ .

Pero, como vemos en 4 y 5, la capacidad real obtenida puede ser muy diferente al variar  $I$ ,  $t$  ó  $U$  final.

Como ejemplo, en un rayo la corriente puede ser de 100,000 A y el tiempo de descarga es de 0.0001seg. Teóricamente, una batería de 0.003 Ah podría dar tal descarga pero en la practica debería tener millones de veces esa capacidad.

Por lo tanto, la conclusión es :

La capacidad obtenible en la descarga de un acumulador es un valor que depende de muchos parámetros por lo que el único modo de calcular las prestaciones de una batería es acudir a un catálogo.

Tal es así que últimamente se esta abandonando el concepto de capacidad por el de prestaciones reales.

Los conceptos aquí expuestos valen también para otro tipo de baterías como la de plomo, aunque los valores de tensión, etc., son diferentes.

### **7.- Influencia de la temperatura sobre la capacidad.**

Los valores nominales se refieren a 25 °C. Si la temperatura aumenta, la capacidad aumenta ligeramente.

Si la temperatura desciende, la capacidad disminuye.

### **8.- Influencia de la intensidad de descarga sobre la tensión.**

Al descargar un acumulador con una intensidad  $I_1$  la tensión toma unos ciertos valores ( curva  $U_1$  ) durante la descarga.

Si la intensidad es mayor (  $I_2$  ), la tensión ( curva  $U_2$  ), se mantiene siempre por debajo de la  $U_1$ .

En la figura 2.35 se observa un elemento que se descarga con una intensidad  $I_1$  de 20 A por ejemplo, o bien con  $I_2 = 40$  A. En ambos casos el tiempo de descarga será diferente en ambos casos.

Se puede afirmar que cuando la intensidad de descarga es grande la tensión cae más y por lo tanto, se debe permitir una tensión mínima más baja so pena de aprovechar menos la capacidad.

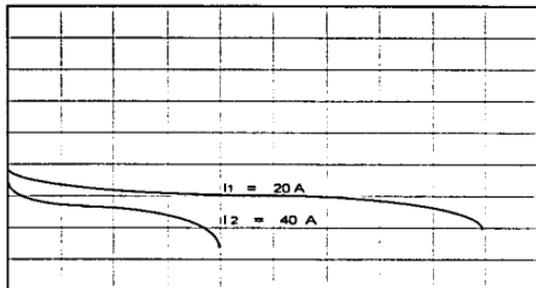
Por lo tanto:

La tensión que siempre se menciona como medida en un elemento, es decir, 1.2 V puede que en una cierta descarga fuerte no se alcance ni siquiera el principio.

O bien, si la descarga es de intensidad pequeña, la tensión se mantiene siempre por encima de 1.2V excepto los momentos finales

La conclusión es la de siempre: acudir a los catálogos.

VOLTAJE (V)



T I E M P O ( t )

Fig. 2.35. La tensión es menor cuando I aumenta.

### 9.- Resistencia interna. Tres tipos de elementos níquel-cadmio.

La variación de la tensión  $U$  con la intensidad de la descarga  $I$  (ver punto 8), depende de la resistencia interna de la batería  $R_i$ .

Cuanto menor sea  $R_i$ , menos cae la tensión y más se aprovecha la capacidad de la batería en descargas de  $I$  fuerte.

Se dispone de tres series de elementos.

- ⇒ Tipos KA y KAP ( KAP en vasos de plástico ). Resistencia interna relativamente grande.
  - ⇒ Tipo MD y MDP. Resistencia interna media .
  - ⇒ Tipo HI y HIP. Resistencia interna muy baja.
  - ⇒ Tipos KA y KAP. Son buenos para descargas prolongadas y por tanto con intensidad pequeña.  
Por ejemplo, durante tres horas o más.
  - ⇒ Tipos MD y MDP. Son buenos para descargas medias. De treinta minutos a tres horas aproximadamente.
  - ⇒ Tipos HI y HIP. Son buenos para descargas de intensidad grande y tiempos breves o tensiones finales altas. Tiempo inferior a treinta minutos.
- La calidad de los tres tipos es la misma. Cada uno se usa en unos casos o en otros.

#### **10.- Como se leen las tablas de descarga en los catálogos.**

Tomamos cualquiera de los tres catálogos. por ejemplo el de los tipos KAP/KA.

Un elemento KAP-10 tiene una capacidad nominal de 95 Ah y da 29 A durante dos horas si se descarga hasta 1.14 V, pero da 41 A en dos horas si le permitimos descargarse hasta 1V.

En el primer caso hemos obtenido una capacidad de  $29 \text{ A} \times 2\text{h} = 58 \text{ Ah}$ , es decir, un 61% de la nominal, en el segundo caso 82Ah o sea 86% de C.

Si tomamos el catálogo de la serie MDP/MD vemos que un elemento MDP-10 tiene 100 Ah de capacidad nominal.

Si se descarga hasta 1.14 V con 38 A la duración es de dos horas, aprovechando un 76 % de la capacidad nominal. Descargando hasta 1 V da 46 A aprovechando el 92 % de C.

Si tomamos la serie HIP/HI veremos la extraordinaria respuesta ante descargas muy fuertes.

Un elemento HI-15 de 150 Ah puede dar 2220 A en un segundo hasta 0.65 V (arranque de un motor) .

### 11.- Como se leen las curvas de descarga en los catálogos.

Tomamos la serie HIP/HI, por ejemplo. Vemos las " curvas típicas de descarga a 25 °C ".

En ordenadas aparece la tensión de cada elemento. En abscisas podría aparecer el tipo de descarga pero es mucho más legible y más útil poner el porcentaje de la capacidad real obtenida en una descarga sobre la capacidad nominal C.

Las diferentes curvas se refieren a una cierta intensidad de descarga I en función de la capacidad .

Supongamos un elemento HI-15, C = 150 Ah.

Si lo descargamos con I = 300 A tenemos que ir a la curva I = 2 x C puesto que I/C = 2.

La curva nos dice que cuando la tensión es U = 1.0 V hemos obtenido el 83 % de la capacidad nominal, es decir 150 Ah x 0.83 = 124.5 Ah.

Como hemos descargado con 300 A el tiempo es :

$$t = 124.5 \text{ Ah} / 300 \text{ A}$$

$$t = 0.415 \text{ Ah} = 25 \text{ minutos.}$$

### 12.- Descargas en punta, lectura en catálogos.

Siguiendo con el catálogo HIP/HI de las " características de descargas en punta " se desprende que, por ejemplo:

Un elemento de capacidad C = 150h puede dar una intensidad I = 10 x C, es decir, 1500 A, en 1 segundo con una caída de tensión hasta 0.92 V, supuesto completamente cargado y a 25 °C.

La tensión se recupera rápidamente al cesar la punta.

## Datos técnicos

### Elementos en vasos de plástico

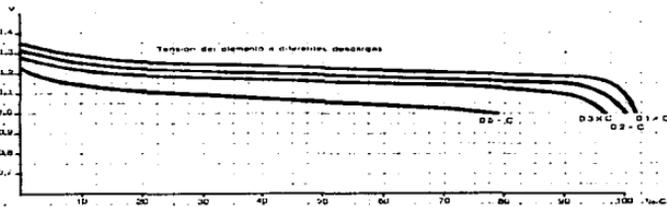
Elemento tipo	Cap. nom. An	Temp. = 25° C. Amp. en descarga hasta 1,10 Voltaje												Temp. = 25° C. Amp. en descarga hasta 1,00 Voltaje											
		1h	2	3	4	5	6	7h	8	9	10	15	20	1h	2	3	4	5	6	7h	8	9	10	15	20
KA-1	10	100	124	193	235	290	350	375	420	100	127	200	247	318	432	498	566								
KA-2	17	170	211	328	400	493	64	71	173	218	340	420	54	84	123	185	252								
KA-3	30	300	372	539	71	87	105	112	126	306	381	50	74	95	130	149	168								
KA-5	45	450	568	87	106	121	158	169	189	459	57	90	111	143	194	224	252								
KA-6	60	600	74	116	141	174	210	225	252	61	76	109	148	191	259	300	330								
KA-10	60	99	118	183	223	278	333	356	399	97	121	190	239	302	410	473	531								
KA-13	125	125	155	241	264	363	438	460	53	128	159	250	309	398	54	62	70								
KA-18	175	175	217	338	415	52	64	69	76	179	222	353	434	56	77	90	104								
KA-20	200	200	254	395	48	61	75	81	89	209	260	410	51	66	90	105	122								
KA-23	230	230	285	444	55	68	84	91	100	235	292	450	57	74	101	118	137								
KA-25	250	250	310	481	59	74	92	99	109	255	318	50	62	80	110	128	149								
KA-29	290	290	360	561	69	86	106	115	126	296	368	58	72	93	127	149	171								
KA-32	320	320	397	62	76	94	117	126	140	326	406	64	79	102	140	164	190								
KA-35	350	350	434	68	83	103	128	136	153	357	445	70	87	112	152	180	208								
KA-42	415	415	51	80	98	122	152	164	181	423	53	63	83	103	133	162	197								

### Elementos en vasos de acero

KA-6	60	99	118	174	213	266	330	356	397	97	114	180	223	288	394	462	54
KA-12	120	120	149	232	284	394	440	474	52	127	152	241	298	384	53	62	71
KA-15	150	150	186	290	359	443	55	59	65	153	191	300	372	480	66	77	89
KA-18	175	175	217	338	415	52	64	69	76	179	222	350	434	56	77	90	104
KA-20	200	200	254	395	48	61	75	81	89	209	260	410	51	66	90	105	122
KA-23	230	230	285	444	55	68	84	91	100	235	292	450	57	74	101	118	137
KA-25	250	250	310	481	59	74	92	99	109	255	318	50	62	80	110	128	149
KA-29	290	290	360	561	69	86	106	115	126	296	368	58	72	93	127	149	171
KA-32	320	320	397	62	76	94	117	126	140	326	406	64	79	102	140	164	190
KA-35	350	350	434	68	83	103	128	136	153	357	445	70	87	112	152	180	208
KA-42	415	415	51	80	98	122	152	164	181	423	53	63	83	103	133	162	197
KA-48	480	480	60	83	114	142	176	180	208	540	61	90	110	154	210	246	286
KA-55	545	545	68	106	129	161	200	215	238	56	89	109	135	174	239	280	324
KA-64F	640	640	79	124	152	189	235	263	279	65	81	128	159	205	268	328	381
KA-72L	720	720	87	130	167	207	257	277	305	71	89	140	174	224	287	350	417
KA-82E	820	820	103	160	197	245	305	328	362	85	105	168	206	268	363	426	494
KA-96L	960	960	119	185	228	283	352	379	418	98	122	192	238	307	420	492	571
KA-109E	1090	1090	135	210	258	322	400	431	475	111	136	218	270	349	477	550	649
KA-125E	1245	1245	154	240	295	367	457	492	543	127	158	249	309	398	545	639	741

Capacidad nominal en 10 horas hasta 1,10 Voltaje

### Curvas de descarga para un elemento KA-15. C = 150 Ah



C = Capacidad nominal Elemento completamente cargado Temperatura = 25° C. Las proyecciones correspondientes a otros tipos de elementos se pueden deducir aproximadamente en proporción a su capacidad nominal.

Hoja de datos de las series KAP y KA.

## Dimensiones

### Elementos en vasos de plástico

Elemento tipo	Ancho mm	Alto mm	Largo de los bloques de 2-18 elementos								Peso por elem. Kg <sup>1</sup>	
			2	3	4	5	6	7	8	9		10
KAP-1	86	143	91	137	183	220	274	319	365	410	456	0.8
KAP-2	86	214	91	137	183	220	274	319	365	410	456	1.2
KAP-3	136	218	91	137	183	228	274	319	365	410	456	1.8
KAP-5	136	218	121	182	243	303	364	424	485			2.6
KAP-6	136	268	121	182	243	303	364	424	485			3.4
KAP-10	136	308	151	227	303	371						4.8
KAP-13	136	368	151	227	303	378						6.0
KAP-18	136	368	171	257	343							7.5
KAP-20	136	376	207	311								8.9
KAP-23	162	401	217	326								10.1
KAP-25	162	401	217	326								11.6
KAP-29	162	401	217	326								12.3
KAP-32 <sup>2</sup>	161	399	Largo de los elementos 156									15.0
KAP-35 <sup>2</sup>	161	399					156					15.5
KAP-42 <sup>2</sup>	161	399					156					17.0

<sup>1</sup> Peso aproximado por elemento completo, incluido electrolito, conexiones y placa de asiento.  
<sup>2</sup> Todas las dimensiones de los tipos ref. a los elementos sueltos.

### Elementos en vasos de acero

Elemento tipo	Ancho mm	Alto mm	Largo de las cajas de madera con 2-18 elementos								Peso por elem. Kg <sup>1</sup>	
			2	3	4	5	6	7	8	9		10
KA-9	171	410	154	211	268	325	382	439	512	569	626	5.2
KA-12	171	410	176	244	312	380	448	532	600	688	730	6.2
KA-15	171	410	200	280	360	440	536	616	696	776	856	7.4
KA-18	171	410	222	313	404	495	602	683	784	875	968	8.5
KA-20	171	410	246	340	452	571	674	777	880	983	1102	9.7
KA-23	171	410	268	382	496	620	740	854	968			11.2
KA-25	207	415	254	359	484	585	690					11.7
KA-29	207	415	276	397	524	640	756					12.3
KA-32	207	415	200	428	572	700	828					14.6
KA-35	207	415	324	464	620	760						18.0
KA-42	207	415	368	546	708							19.5
KA-48	207	415	414	615								22.2
KA-55	207	415	476	684								25
KA-64E	294	415	390									32
KA-70E	317	415	399									34
KA-83E	363	415	399									40
KA-90E	409	415	399									41
KA-109E	455	415	399									51
KA-125E	520	415	399									60

<sup>1</sup> Peso aproximado por elemento, con electrolito, conexiones y cajas. El tipo normal de este incremento la longitud en 30 mm. La tolerancia de las dimensiones de la caja es de ± 3 mm.

## Datos de carga

Tensiones de carga en flotación recomendadas en los terminales de la batería

Número de elementos	1	5	6	7	8	9	10	11	12	18	20	37	85	92
Voltios	1.4	7.0	8.4	9.0	11.2	12.6	14.0	15.4	16.8	26.6	28.0	51.8	119	129

Tolerancia admisible: ± 1%. Mínima intensidad de carga: 0.05 x C Amp. C = capacidad nominal.

Hoja de datos de las series KAP y KA.

### Elementos en vasos de plástico

Elemento tipo	Cap. nom. en gal.	Amp en descargas hasta 1.14 V/elemento													
		5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
MDP-1	13	1.83	2.47	3.0	4.9	5.7	6.7	8.6	11.5	13	17.5	19.5	22.6	24	26.5
MDP-2	18	2.25	3.42	5.0	6.6	7.9	9.3	11.0	15	17	22.5	25	29	31	36
MDP-3	30	3.75	5.7	8.4	11.4	12.2	16	20	26	30	40	46	54	59	69
MDP-5	50	6.25	9.5	14.1	18.0	22.0	27	33	42	49	65	74	85	90	107
MDP-7	70	8.75	13.3	19.8	27.0	31.0	38	48	58	63	85	96	110	120	135
MDP-10	100	12.5	19.0	28.0	38	44	52	66	85	95	120	135	150	165	180
MDP-13	130	16.3	24.7	36	49	57	67	86	110	120	150	165	185	200	220
MDP-14	140	17.5	26.8	39	53	62	73	92	120	135	160	175	193	210	230
MDP-19	185	23.1	35.2	52	70	80	97	122	153	170	215	230	260	290	305
MDP-24	235	29.4	44.6	66	89	103	122	154	190	210	260	285	315	340	380
MDP-29	285	35.6	54	80	108	126	149	188	225	250	300	320	355	380	420
MDP-33	330	41.3	62	93	126	145	170	215	260	285	340	370	400	430	470

### Elementos en vasos de acero

Elemento tipo	Cap. nom. en gal.	Amp en descargas hasta 1.00 V/elemento													
		5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
MD-6	75	9.4	14.2	21	28.5	33	39	50	63	75	90	105	118	127	138
MD-11	110	13.8	20.9	31	42	49	57	73	95	110	140	150	165	175	195
MD-14	140	17.5	26.6	39	53	62	73	92	120	130	160	175	193	210	230
MD-19	185	23.1	35.2	52	70	82	97	122	153	170	215	230	260	290	325
MD-24	235	29.4	44.6	66	89	103	122	155	190	210	260	285	315	340	370
MD-29	285	35.6	54	80	108	126	149	188	225	250	300	320	355	380	420
MD-33	330	41.3	62	93	126	145	170	218	260	285	340	370	400	430	470
MD-38	380	47.5	72	106	144	167	197	250	295	325	400	425	485	520	595
MD-45	450	56	85	128	170	198	233	295	350	400	470	510	580	610	702
MD-52	520	65	99	145	197	228	270	340	400	440	520	560	640	695	790
MD-57E	570	71	108	160	218	252	298	376	450	500	600	660	720	790	840
MD-66E	660	82	125	186	262	299	340	436	520	560	670	740	800	860	940
MD-76E	760	95	144	212	290	334	384	490	590	650	770	870	970	1050	1160
MD-80E	800	112	171	252	340	396	466	590	720	800	960	1040	1150	1230	1360
MD-104E	1040	130	198	290	394	458	540	680	800	860	1030	1110	1220	1300	1500
MD-118E	1180	148	224	325	430	520	610	760	900	970	1150	1240	1420	1550	1740

Capacidad nominal. Elemento completamente cargado. Temp. = 25°C.

### Ejemplos de descargas de un elemento MDP-10, C 100 Ah



C = Capacidad nominal. Elemento completamente cargado. Temp. = 25°C.

1 Tensión después de 1 seg. 2 Tensión después de 10 seg. 3 Tensión después de 30 seg. Elemento completamente cargado. Temp. = 25°C.

Las prestaciones correspondientes a otros tipos de elementos se pueden deducir aproximadamente en proporción a su capacidad nominal.

### Datos de carga

Tensiones de carga en flotación recomendadas en los terminales de la batería

Numero de elementos	1	5	6	7	8	9	10	11	12	19	20	37	65	92
Volios	1.4	7.0	8.4	9.8	11.2	12.6	14.0	15.4	16.8	26.6	26.0	51.8	119	129

Tolerancia admisible: ± 5%. Mínima intensidad de carga = 0.25 x C Amperios. C = capacidad nominal.

Hoja de datos de las series MDP y MD.

**Elementos en vasos de plástico**

Elemento tipo	Cap. max. en gal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MDP-1	13	1.60	2.37	4.1	5.8	7.1	9.1	12.0	16	18	26	27	32	35	38							
MDP-2	18	2.34	3.58	5.8	8.1	9.9	12.6	16.6	22	25	32	36	42	46	52							
MDP-3	30	3.90	6.95	9.5	13.5	16.5	21	28	38	44	60	68	78	86	100							
MDP-5	50	6.5	9.9	15.8	22.5	27.5	35	47	63	73	97	110	125	138	156							
MDP-7	70	9.1	13.9	22.0	31.5	38.5	49	65	83	95	125	140	160	175	195							
MDP-10	100	13.0	19.8	31.5	45	55	70	93	118	134	175	195	220	240	265							
MDP-13	130	16.9	25.7	41	58	71	91	120	152	174	220	235	270	290	320							
MDP-14	140	18.2	27.7	44	63	77	98	130	164	184	235	250	290	300	335							
MDP-19	185	24.0	36.6	58	83	102	130	172	215	245	310	340	370	400	445							
MDP-24	235	30.5	46.5	74	105	129	164	218	270	305	390	420	470	500	560							
MDP-29	285	37.1	56	90	128	156	200	265	325	360	440	470	510	550	620							
MDP-33	330	42.8	65	104	148	182	230	305	370	410	490	530	590	630	700							

**Datos técnicos**

Amp. en descarga hasta 1.8 Voltaje/m.

Elemento tipo	Cap. max. en gal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MDP-1	13	1.60	2.37	4.1	5.8	7.1	9.1	12.0	16	18	26	27	32	35	38							
MDP-2	18	2.34	3.58	5.8	8.1	9.9	12.6	16.6	22	25	32	36	42	46	52							
MDP-3	30	3.90	6.95	9.5	13.5	16.5	21	28	38	44	60	68	78	86	100							
MDP-5	50	6.5	9.9	15.8	22.5	27.5	35	47	63	73	97	110	125	138	156							
MDP-7	70	9.1	13.9	22.0	31.5	38.5	49	65	83	95	125	140	160	175	195							
MDP-10	100	13.0	19.8	31.5	45	55	70	93	118	134	175	195	220	240	265							
MDP-13	130	16.9	25.7	41	58	71	91	120	152	174	220	235	270	290	320							
MDP-14	140	18.2	27.7	44	63	77	98	130	164	184	235	250	290	300	335							
MDP-19	185	24.0	36.6	58	83	102	130	172	215	245	310	340	370	400	445							
MDP-24	235	30.5	46.5	74	105	129	164	218	270	305	390	420	470	500	560							
MDP-29	285	37.1	56	90	128	156	200	265	325	360	440	470	510	550	620							
MDP-33	330	42.8	65	104	148	182	230	305	370	410	490	530	590	630	700							

**Elementos en vasos de acero**

Elemento tipo	Cap. max. en gal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MD-8	75	9.7	14.8	23.5	33	41	52	70	93	107	140	150	170	180	200							
MD-11	110	14.9	21.7	34	48	60	77	102	133	154	200	215	240	255	275							
MD-14	140	18.2	27.7	44	63	77	98	130	164	184	235	250	290	300	335							
MD-13	130	16.9	25.7	41	58	71	91	120	152	174	220	235	270	290	320							
MD-24	235	30.5	46.5	74	105	129	164	218	270	305	390	420	470	500	560							
MD-29	285	37.1	56	90	128	156	200	265	325	360	440	470	510	550	620							
MD-33	330	42.8	65	104	148	182	230	305	370	410	490	530	590	630	700							
MD-38	380	49.4	75	120	170	210	265	335	420	485	600	650	730	780	860							
MD-45	450	58	88	142	202	246	315	420	510	583	730	780	850	910	1040							
MD-50	500	67	103	164	235	285	365	480	570	630	790	840	930	1020	1160							
MD-57.5	570	74	113	180	260	315	405	530	640	710	880	940	1030	1140	1290							
MD-66L	660	85	131	208	296	364	460	614	740	820	970	1060	1160	1290	1460							
MD-76E	760	99	150	240	340	415	530	710	860	960	1160	1260	1440	1600	1800							
MD-90E	900	117	178	284	404	490	630	840	1020	1120	1400	1540	1700	1820	2060							
MD-104E	1040	135	206	325	470	570	730	960	1170	1290	1590	1760	1930	2130	2320							
MD-118E	1180	153	234	372	520	645	822	1100	1300	1430	1700	1870	2120	2320	2540							

**Capacidad nominal en descarga de 5 horas hasta 1.00 Voltaje/m.**
**Elementos en vasos de plástico**

Elemento tipo	Ancho en in.	Alta en in.	Largo de los brazos de 2-18 elementos																		Peso por pieza en Kg.	
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MDP-1	89	217	91	137	183	228	274	319	365	410	456	502	548	594	640	686	732	778	824	870	916	1.2
MDP-2	86	212	91	132	183	228	274	319	365	410	456	502	548	594	640	686	732	778	824	870	916	1.3
MDP-3	138	290	91	137	183	228	274	319	365	410	456	502	548	594	640	686	732	778	824	870	916	2.1
MDP-5	138	219	121	182	243	303	364	424	485													3.9
MDP-7	136	268	121	182	243	303	364	424	485													5.6
MDP-10	130	314	191	277	363	478																7.0
MDP-13	130	374	151	227	303	378																11.0
MDP-14	182	424	217	326	435																	11.7
MDP-19	182	424	217	326																		12.5
MDP-24	162	424	217	326																		15.9
MDP-29 <sup>1</sup>	161	402																				17.0
MDP-33 <sup>1</sup>	161	402																				17.0

1. Peso aproximado por elemento en kg.

2. Peso aproximado por elemento en kg.

3. Peso aproximado por elemento en kg.

4. Peso aproximado por elemento en kg.

5. Peso aproximado por elemento en kg.

6. Peso aproximado por elemento en kg.

7. Peso aproximado por elemento en kg.

8. Peso aproximado por elemento en kg.

9. Peso aproximado por elemento en kg.

10. Peso aproximado por elemento en kg.

11. Peso aproximado por elemento en kg.

12. Peso aproximado por elemento en kg.

13. Peso aproximado por elemento en kg.

14. Peso aproximado por elemento en kg.

15. Peso aproximado por elemento en kg.

16. Peso aproximado por elemento en kg.

17. Peso aproximado por elemento en kg.

18. Peso aproximado por elemento en kg.

19. Peso aproximado por elemento en kg.

20. Peso aproximado por elemento en kg.

21. Peso aproximado por elemento en kg.

22. Peso aproximado por elemento en kg.

23. Peso aproximado por elemento en kg.

24. Peso aproximado por elemento en kg.

25. Peso aproximado por elemento en kg.

26. Peso aproximado por elemento en kg.

27. Peso aproximado por elemento en kg.

28. Peso aproximado por elemento en kg.

29. Peso aproximado por elemento en kg.

30. Peso aproximado por elemento en kg.

31. Peso aproximado por elemento en kg.

32. Peso aproximado por elemento en kg.

33. Peso aproximado por elemento en kg.

34. Peso aproximado por elemento en kg.

**Hoja de datos de las series MDP y MD.**

## Datos técnicos - Descargas en arranque de motores

Elementos en vasos de plástico

Elemento tipo	Cap. nominal en Ah	Temp. = 25° C. hasta en descarga hasta										VILEMIENTO													
		EN VILEMIENTO					EN VILEMIENTO					EN VILEMIENTO					EN VILEMIENTO								
		1 seg.	5 seg.	15 seg.	30 seg.	60 seg.	90 seg.	120 seg.	150 seg.	180 seg.	210 seg.	240 seg.	270 seg.	300 seg.	330 seg.	360 seg.	390 seg.	420 seg.	450 seg.	480 seg.	510 seg.	540 seg.	570 seg.	600 seg.	
HIP-1	8.5	158	135	124	108	100	95	110	05	87	76	70	66	75	85	50	52	47	45						
HIP-2	15	245	218	205	181	160	155	172	162	143	126	116	110	110	104	97	85	76	75						
HIP-3	25	440	375	350	305	280	266	310	285	245	215	185	185	210	180	165	144	130	123						
HIP-4	40	625	555	525	465	415	394	440	390	320	275	250	276	300	268	250	220	200	190						
HIP-6	85	785	680	640	570	520	494	535	475	450	400	380	340	370	325	305	270	250	238						
HIP-8	80	1060	965	900	800	730	695	750	670	630	560	510	485	510	455	420	375	340	325						
HIP-10	100	1550	1400	1310	1210	1100	1040	1080	970	930	840	785	725	730	650	605	560	515	490						
HIP-14	125	1940	1740	1640	1520	1400	1330	1370	1220	1160	1060	970	920	930	840	790	720	660	625						
HIP-15	150	2220	1965	1860	1685	1580	1500	1560	1380	1300	1170	1100	1040	1060	940	870	800	750	710						
HIP-19	180	2900	2540	2400	2240	2050	1950	2020	1785	1665	1560	1420	1350	1340	1185	1120	1040	950	900						
HIP-25	235	3340	3060	2820	2620	2420	2300	2350	2100	1975	1830	1690	1600	1575	1435	1335	1240	1130	1070						

### Elementos en vasos de acero

HI-7	65	970	870	820	760	700	665	685	610	580	530	485	460	480	420	395	360	330	312
HI-8	80	1240	1100	1030	980	890	845	870	770	720	660	620	590	590	520	480	445	420	400
HI-10	100	1650	1490	1410	1210	1100	1040	1080	970	900	840	785	725	730	650	605	560	515	490
HI-14	125	1940	1740	1640	1520	1400	1330	1370	1220	1160	1060	970	920	930	840	790	720	660	625
HI-15	150	2220	1995	1860	1685	1580	1500	1560	1380	1300	1170	1100	1040	1060	940	870	800	750	710
HI-19	180	2900	2540	2400	2240	2050	1950	2020	1785	1665	1560	1420	1350	1340	1185	1120	1040	950	900
HI-25	235	3340	3000	2820	2620	2420	2300	2350	2100	1975	1830	1690	1600	1575	1435	1335	1240	1130	1070
HI-27	270	3920	3540	3380	3100	2850	2700	2720	2480	2350	2170	2000	1900	1880	1680	1600	1480	1360	1290
HI-30	300	4440	3930	3720	3370	3160	3000	3120	2760	2600	2340	2200	2080	2100	1880	1740	1600	1480	1420
HI-34	340	5000	4500	4280	3860	3600	3400	3500	3150	3000	2750	2590	2370	2400	2150	2050	1850	1700	1600
HI-38	380	5800	5080	4800	4480	4100	3900	4040	3530	3330	3120	2840	2700	2680	2370	2240	2080	1900	1800
HI-42	420	6200	5600	5250	4850	4490	4270	4350	3840	3700	3370	3150	3000	2950	2650	2480	2300	2130	2000
HI-48	470	6800	6000	5640	5240	4840	4600	4700	4200	3810	3660	3380	3200	3150	2870	2670	2470	2260	2150
HI-52	520	7350	6330	6170	5690	5300	5000	5250	4600	4300	4050	3700	3500	3500	3190	2990	2780	2590	2370
HI-57	570	8700	7620	7200	6720	6150	6050	6060	5300	5000	4680	4200	4050	4050	3620	3350	3170	2850	2700

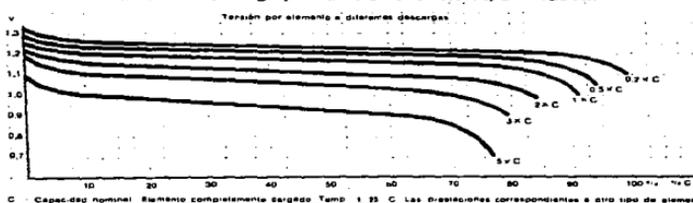
Capacidad nominal en descarga de 5 horas hasta 1,10 Vilemiento

### Curvas de descarga rápidas para un elemento HI-14, C - 125 Ah



1. Voltios por elemento después de 10 seg. 3. Voltios por elemento después de 10 seg. 5. Voltios por elemento después de 90 seg. Las prestaciones correspondientes a otros tipos de elementos se pueden seguir adhiriendo en proporción a su capacidad nominal.

### Curvas de descarga para un elemento HI-14, C - 125 Ah



C. Capacidad nominal. Elemento completamente cargado. Temp. 1. 25° C. Las prestaciones correspondientes a otro tipo de elementos se pueden seguir (proporcionalmente) en proporción a su capacidad nominal.

Hoja de datos de las series HIP y HI.

## Datos técnicos. Aclonamiento de interruptores y sistemas de reserva

### Elementos en vasos de plástico

Elemento tipo	Con n.º	Temp. = 25° C. Amp. en descarga hasta 1.10 Voltaje										Amp. en descarga hasta 1.05 Voltaje									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HIP-1	8.5	106	1 07	2 7	7 0	10 8	16 0	27 3	30 2	33 6	37 0	43 0	1 72	7 7	12 8	22	40	50	64	81	
HIP-2	15	190	2 94	4 8	12 3	19 5	27 0	44 0	48 0	54	58	67	3 00	13 5	23	39	60	81	99	99	
HIP-3	25	215	4 90	7 9	20 5	20 0	48 0	73	83	95	108	120	5 05	22 5	39	65	110	140	175	175	
HIP-4	40	505	7 65	12 7	33 0	40 0	72	112	125	143	155	173	6 10	36	61	104	165	210	255	255	
HIP-6	55	7 0	10 8	17 5	45 0	66	100	140	154	175	186	210	11 1	50	82	143	210	260	310	310	
HIP-8	85	10 0	15 7	26 4	68	83	135	163	213	240	260	290	16 2	72	123	208	290	355	430	430	
HIP-10	100	12 5	19 0	31 8	82	125	156	269	315	338	366	410	20 2	90	155	275	430	510	625	625	
HIP-14	125	15 6	24 5	39 8	102	160	250	370	400	440	480	530	25 2	113	204	360	560	660	790	790	
HIP-15	150	18 8	29 4	47 7	123	187	285	420	460	495	530	600	30 3	135	235	410	630	740	895	895	
HIP-19	190	23 8	37 2	60	148	220	330	500	580	623	670	760	38 4	171	295	495	780	925	1130	1130	
HIP-25	235	29 4	46 1	75	193	290	420	640	700	760	820	920	47 5	212	365	615	960	1150	1350	1350	

### Elementos en vasos de acero

HI-7	65	81	12 7	20 7	53	80	125	185	200	220	240	265	10 3	58	102	175	280	330	395	395
HI-8	80	150	15 7	25 4	66	97	150	240	252	278	296	340	16 2	72	120	220	344	410	502	502
HI-10	100	12 5	19 0	31 8	82	125	196	293	315	338	366	410	20 2	90	155	275	430	510	625	625
HI-14	125	15 6	24 5	39 8	102	160	250	370	400	440	480	530	25 2	113	204	360	560	660	790	790
HI-15	150	18 8	29 4	47 7	123	187	285	420	460	495	530	600	30 3	135	235	410	630	740	895	895
HI-19	190	23 8	37 2	60	156	220	330	530	580	625	670	760	38 4	171	295	495	780	925	1130	1130
HI-25	235	29 4	46 1	75	193	290	420	640	700	760	820	920	47 5	212	365	615	960	1150	1350	1350
HI-27	270	37 6	53	88	221	310	470	760	825	900	950	1040	54 5	243	420	700	1100	1360	1560	1560
HI-30	300	37 6	53	95	246	374	571	840	920	990	1050	1200	60 6	270	470	820	1250	1480	1700	1700
HI-34	340	42 5	67	108	279	420	630	950	1050	1155	1240	1350	69	306	530	890	1450	1700	2000	2000
HI-38	380	47 5	74	120	312	440	660	1060	1160	1260	1340	1520	77	342	590	990	1560	1860	2200	2200
HI-42	420	52 5	82	133	344	490	750	1200	1300	1400	1500	1650	85	378	655	1090	1750	2060	2500	2500
HI-48	470	58 0	92	150	386	560	840	1280	1400	1520	1640	1800	95	424	730	1230	1920	2300	2700	2700
HI-52	520	65 0	102	165	426	610	910	1400	1550	1680	1830	205	468	810	1350	2100	2560	3000	3000	3000
HI-57	570	71 5	112	180	468	660	990	1500	1740	1875	2010	2280	115	513	865	1485	2240	2775	3390	3390

Capacidad nominal en descarga de 5 horas hasta una tensión final de 1,10 Voltaje

### Dimensiones

#### Elementos en vasos de plástico

Elemento	Largo de los bloques de 2-18 elem.										Peso gramos aprox.	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
HIP-1	86	147	91	137	183	228	274	319	365	410	450	0 9
HIP-2	86	217	91	137	183	228	274	319	365	410	450	1 5
HIP-3	138	220	91	137	183	228	274	319	365	410	450	2 4
HIP-4	138	219	121	182	243	303	364	424	485			4 4
HIP-6	136	269	121	182	243	303	364					6 2
HIP-8	136	314	151	227	303	378						8 2
HIP-10	136	350	171	257								11 0
HIP-14	136	380	207	311								13 8
HIP-15	162	414	217									16 6
HIP-19	161	402										18 0
HIP-25	161	402										16 6

\* Peso aproximado por elemento con electrolito incluyendo conexiones y placa de aluminio.  
\* Todas las dimensiones de los tipos HIP-19 y 25 se refieren a elementos vacíos.

#### Elementos en vasos de acero

Elemento	Largo de los ejes de acero con 2-18 elem.										Peso gramos aprox.	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
HI-7	171	395	170	235	300	365	446	511	576	641	706	6 4
HI-8	171	395	162	244	310	375	440	512	586	664	740	8 10
HI-10	171	395	226	319	412	521	614	707	800	900	1002	9 3
HI-14	171	395	258	367	492	601	710	819	944			11 6
HI-15	207	395	266	377	504	615	726					13 8
HI-19	207	395	310	459	592	725						16 5
HI-25	207	395	364	540	700							21
HI-27	207	395	410	609								27
HI-30	261	399	399									30
HI-34	283	399	399									33
HI-38	305	399	399									35
HI-42	327	399	399									38
HI-48	360	399	399									43
HI-52	383	399	399									48
HI-57	433	399	399									53

\* Peso aproximado por elemento con electrolito incluyendo conexiones y cables. El tipo normal de los elementos tiene longitud en su centro. La tolerancia en las dimensiones de los ejes es de 3 mm.

### Datos de carga Tensiones de carga recomendadas en terminales de la batería para diferentes servicios.

Tensión nominal de la batería	6 V	12 V	24 V	32 V	48 V	64 V	72 V	110 V	125 V				
Número de elem.	5	9	10	19	20	24	25	37	38	48	54	82	92
Servicio discontinuo V	7 8	14 0	15 5	29 5	31 0	37 2	38 8	57 4	58 9	74 5	84 0	127 0	142 6
Arranque de motores V	7 5	13 5	15 0	28 5	30 0	36	37 5	56 5	57 0	72 0	81 0	123 0	136 0
Carga en flotación V	7 0	12 8	14 0	26 8	28 0	33 8	35 0	51 8	53	67 2	75 8	118 0	129 0

Tolerancia de tensión = 1%. Mínima intensidad de carga recomendada = 0.1% C. Amperios C. Capacidad nominal.

Hoja de datos de las series HIP y HI.

## 2.5 Cálculo de la caída de tensión

No basta calcular los conductores con corriente únicamente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulara por el. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas técnicas (que son 2 % caída de voltaje en instalaciones residenciales y 3 ó 4 % en instalaciones industriales).

Para estar seguros de que las caídas de voltaje no excedan esos valores es necesario calcular las caídas de voltaje en los circuitos derivados y en los alimentadores.

En las fórmulas que se desarrollaran a continuación, se empleara la siguiente nomenclatura:

W = Potencia en watts.

I = Corriente en amperes por conductor.

E<sub>r</sub> = Voltaje entre fases.

E<sub>n</sub> = Voltaje de línea a neutro.

cos φ = Factor de potencia.

R = Resistencia de un conductor en ohms.

ρ = Resistividad del cobre 1 / 58 (Ω-m / mm<sup>2</sup>) = 1 / 50.

L = Longitud de conductor en metros.

s = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

e = Caída de voltaje de fase a neutro en volts.

e<sub>r</sub> = Caída de voltaje entre fases en volts.

e% = Caída de voltaje en por ciento.

$$e\% = \frac{e \times 10}{E_n} = \frac{e_r \times 100}{E_r}$$

Sistema monofásico. -

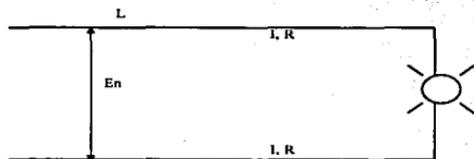


Fig. 2.36.- Sistema monofásico.

De la figura 2.36, tenemos que la potencia que consume la carga es :

$$W = E_n I \cos \varphi$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \varphi}$$

La caída del voltaje por resistencia en el conductor es:

$$e = 2 R I$$

La resistencia del conductor es :

$$R = \frac{\rho L}{s} = \frac{l}{50} \frac{L}{s}$$

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

de donde :

$$e = \frac{1}{25} \frac{L I}{s}$$

$$e \% = \frac{L I}{25 s} \frac{100}{E_n} = 4 \frac{L I}{E_n s}$$

Sistema trifásico a tres hilos.

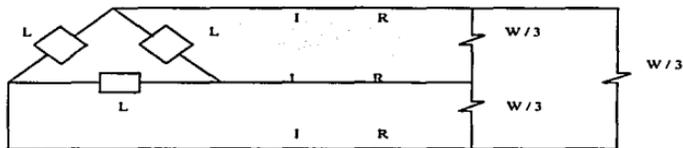


Fig. 2.37.- Sistema trifásico a tres hilos.

De la figura 2.37. tenemos que la potencia que consume la carga trifásica es :

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \varphi$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \varphi}$$

La caída de voltaje entre fase es:

$$e_r = \sqrt{3} R I$$

Pero.

$$R = \frac{L}{s} = \frac{1}{50} \frac{L}{s}$$

$$e_r = \frac{\sqrt{3}}{50} \frac{L I}{s}$$

El por ciento de caída de voltaje es :

$$e \% = \frac{e_r}{E_r} \times 100$$

$$e \% = \frac{\sqrt{3}}{50} \frac{L}{s} \frac{L I}{E_r} \times 100$$

$$e \% = \frac{2 \sqrt{3}}{s} \frac{L I}{E_r}$$

Sistema trifásico a cuatro hilos.-

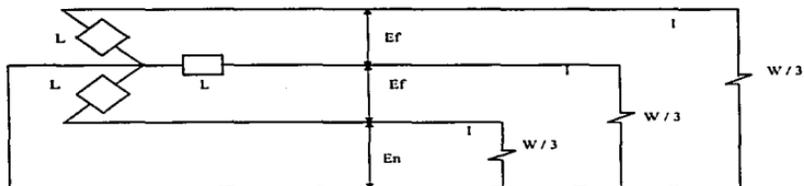


Fig. 2.38.- Sistema trifásico a cuatro hilos.

De la figura 2.38, tenemos que la potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3} E_r I \cos \varphi = 3 E_n I \cos \varphi$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_r \cos \varphi} = \frac{W}{3 E_n \cos \varphi}$$

La caída de tensión entre fases es :

$$e_r = \sqrt{3} R I = \frac{\sqrt{3} L I}{50 \text{ s}}$$

$$e \% = \frac{\sqrt{3} L I}{50 \text{ s} E_r} \times 100 = \frac{2\sqrt{3} L I}{s E_r}$$

La caída de tensión al neutro es:

$$e = R I = \frac{L I}{50 \text{ s}}$$

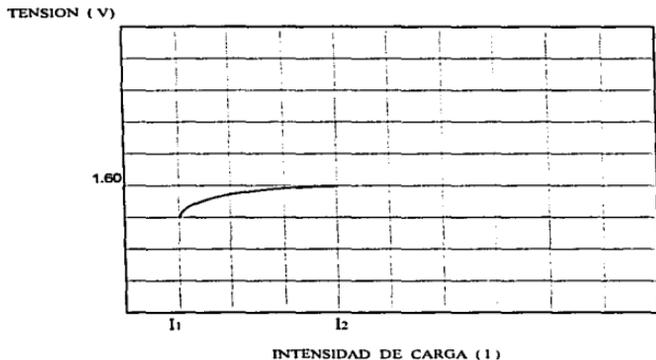
$$e \% = \frac{e}{E_n} \times 100 = \frac{L I}{50 E_n} \times 100$$

$$e \% = \frac{2 L I}{s E_n}$$

## 2.6 Selección del cargador de baterías

**1.- Carga de un acumulador níquel-cadmio.** Para que la reacción química de carga pueda efectuarse por completo se requiere conectar al acumulador un rectificador que pueda suministrar una cierta intensidad a una tensión determinada.

La corriente inicial debe estar comprendida entre  $0.05 \times C$  y  $0.1 \times C$  amperios (siendo  $C$  la capacidad nominal) y  $0.05 \times C$  amperios, aproximadamente, como máximo (Fig. 2.39).



$I_1$  = entre  $0.05$  y  $0.1 \times C$ .

$I_2$  = alrededor de  $0.5 \times C$ .

Fig. 2.39. La tensión de carga es función de la intensidad o viceversa.

La tensión debe poder llegar a alcanzar un valor máximo de  $1.55 \text{ V} - 1.70 \text{ V}$ , según los casos. Este valor máximo de la tensión depende:

- ⇒ Intensidad de carga.
- ⇒ Temperatura.
- ⇒ Resistencia interna.

Durante el final del proceso de carga se produce un fenómeno de electrólisis con una elevación de la tensión necesaria para la carga y una gasificación visible.

Cuanto mayor es la intensidad de carga, mayor es la tensión y viceversa.

Al ser menor la resistencia interna de un elemento, la tensión necesaria para cargarlo es algo menor y viceversa.

Por lo tanto se puede deducir que disminuyendo la intensidad de carga, aumentando la temperatura y eligiendo en elemento HI, la tensión de carga es más baja. Esto es cierto pero, por una parte, el tiempo de carga aumenta y por otra hay un límite mínimo de alrededor de 1.55 V para un elemento HI a 25 °C por debajo del cual no se alcanza un 100 % de la carga aunque si se puede llegar a porcentajes próximos.

Existen dos formas principales de cargar un acumulador:

**2.- Carga a intensidad constante.** Si el rectificador es del tipo de intensidad constante la carga se desarrolla según la fig. 2.40.

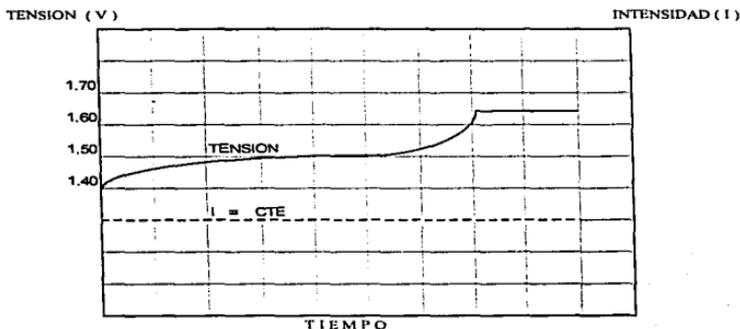


Fig. 2.40. Carga a intensidad constante.

Un ejemplo típico:

Un elemento MD se carga con una intensidad  $I = 0.2 \times C$  siendo  $C$  la capacidad, en 7 horas hasta una tensión final de 1.65 V aproximadamente.

Lo más frecuente es que los cargadores de este tipo no den intensidad constante sino decreciente.

El sistema es más sencillo de hacer y a las baterías les viene bien que la corriente final sea menor que la inicial, sobre todo a las de plomo. La curva de tensión es prácticamente igual aunque sube algo menos.

Este método se emplea, por ejemplo, en los cargadores para baterías de alumbrado de emergencia.

**3.- Carga a tensión constante.** Si el rectificador da una tensión constante, la intensidad tiende a ser muy grande al principio, figura 2.41. Por eso no se usa en la práctica.

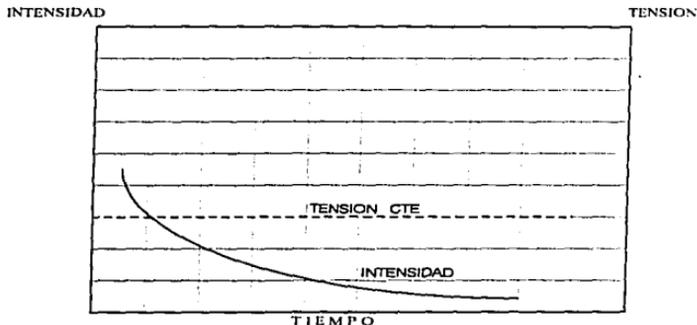


Fig. 2.41. Carga a tensión constante.

**4.- Carga a tensión constante e intensidad limitada.** En el sistema anterior se introduce una limitación de la corriente de carga en las primeras horas, y se evitan los problemas de exceso de corriente. Durante esas primeras horas la intensidad es constante y la tensión ascendente. Fig. 2.42.

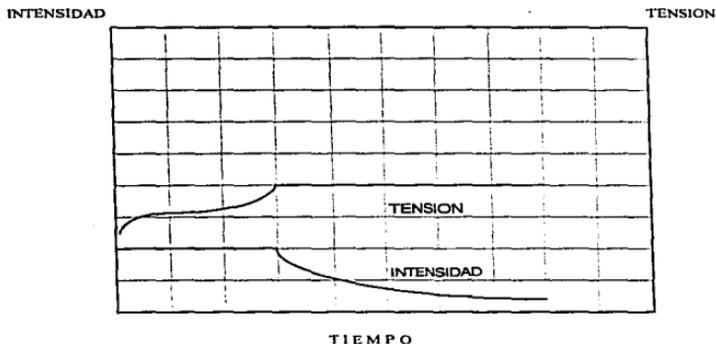


Fig. 2.42.- Carga a tensión constante e intensidad ilimitada.

Este método es el más usado hoy en los cargadores de baterías de la industria.

Un valor muy normal de la intensidad de carga limitada es  $I = 0.02 \times C$ .

Un valor muy normal de la tensión constante es 1.6 V.

Un tiempo de carga muy normal es de 15 horas.

**5.- Autodescarga, carga de mantenimiento.** Si se descarga cualquier acumulador y se deja en vacío, se produce una disminución lenta de la carga.

Por ejemplo, en un elemento KA la pérdida de capacidad es del 15 % después de 6 meses. En otros tipos es mayor.

Para compensar esta autodescarga se da una " carga de mantenimiento " constante.

Esta carga es de 0.5 a 1 MA, por cada Ah de capacidad, Para ello se usa un pequeño rectificador de corriente constante o bien una toma del rectificador que asegure una corriente constante del valor necesario.

Como consecuencia, se observa que la tensión de cada elemento de la batería es de 1.4 V aproximadamente.

**6.- Carga de flotación.** En flotación se conecta la batería en paralelo con la salida a los servicios de corriente continua y con el rectificador . Este es del tipo de tensión constante con corriente total limitada. Fig. 2.43.

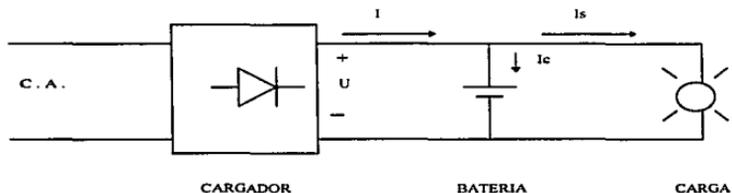


Fig. 2.43.- Batería y rectificador en flotación.

El rectificador se ajusta a una tensión que suele ser 1.4 V por elemento de batería.

Si la batería esta cargada, la intensidad de carga es muy pequeña, de varios mA, y sirve para mantener la batería " en forma ".

Pero si la batería sufre alguna descarga, el rectificador da a la batería una corriente mayor para compensar la descarga , sufrida, volviendo al equilibrio al cabo de un tiempo.

Los rectificadores modernos dan una salida de tensión estabilizada , generalmente en +/- 1%.

De este modo, la batería mantiene su tensión y por tanto su carga de conservación óptima aunque haya variaciones en la alterna de entrada o en el consumo de los receptores de continua.

Si las descargas de la batería son frecuentes y de importancia, la carga de flotación no es suficiente para reponer toda la capacidad. Entonces conviene dar alguna carga completa a tensión de 1.6 V aproximadamente (ver apartado 4).

En equilibrio:

$$\text{Tensión} = 1.4 \times n \text{ ( en flotación )}$$

$$\text{Intensidad} = I = I_s + I_c$$

Donde:

$n$  = No. de elementos.

$I_s$  = Corriente de consumo permanente.

$I_c$  = Corriente de carga.

**7.- Carga en tampón.** Hay ocasiones en que las descargas de la batería son frecuentes e intensas y disponemos de un cargador de un solo nivel de tensión.

En estos casos se ajusta la tensión a un valor intermedio entre 1.4 y 1.6 V m por ejemplo a 1.5 V.

A tensiones superiores a 1.4 V/elemento, la carga es más rápida y más intensa. Solo se puede dar continuamente si las descargas son frecuentes . Este sistema se usa en vehículos ferroviarios.

Soluciones para el trabajo conjunto batería-cargador.

**8.- Equipos de emergencia sin consumo permanente.** Nos estamos refiriendo a unos receptores de corriente continua que solo requieren ser alimentados en una situación de emergencia. Por ejemplo una instalación de alumbrado de emergencia.

Normalmente el rectificador da la carga de mantenimiento a la batería pero no alimenta ningún receptor más.

Al producirse una falla de alterna la batería entra en descarga.

Al volver la alterna hay que cargar la batería, pero el rectificador solo da unos miliamperios en la posición en que esta.

Entonces bien manual o bien automáticamente se debe dar una carga completa. (ver apart. 2), al final de la cual se vuelve a carga de mantenimiento.

Un cargador típico es el EA.

Tiene dos posiciones, una de carga de mantenimiento y otra de carga a fondo con intensidad decreciente y tensión creciente y un sistema automático para el paso de una a otra.

Pero no puede dar ningún consumo permanente . Solo está para cargar la batería.

**9.- Equipos con consumo permanente en continua.** En muchos casos el rectificador alimenta unos servicios en continua con un consumo permanente que puede ser constante, variable o no existir, haya o no alterna en al red.

Por ejemplo, en una subestación, hay consumo de relés, lámparas de señalización, interruptores, etc..

Por ejemplo en un ondulator, normalmente éste está trabajando y requiere ser alimentado con continuidad.

Por ejemplo en un equipo de telefonía, con consumos variables en transmisión o recepción.

Todos estos consumos los da un rectificador de tensión constante y corriente limitada, como el FE de níquel-cadmio.

El rectificador se calibra de modo que su intensidad sea la suma de la permanente, de servicios más la de carga de la batería. Fig.2.43.

Normalmente tiene dos niveles de tensión: flotación y carga rápida, ajustados a 1.4 V y 1.6 V aproximadamente por cada elemento de batería.

La posición normal es la de flotación. El consumo permanente lo da el rectificador.

La batería recibe una pequeña carga.

La batería se descarga esporádicamente: puntas de corriente, cortes de red, etc.

Y se carga a continuación.

En el caso de descargas profundas se recupera sin salir del nivel de flotación, aunque no hasta un 100 %.

Para ello existe el nivel superior de carga rápida, que puede aplicarse manual o automáticamente tras una descarga importante o bien una vez cada varios meses, dimensionando algo más la batería previamente.

Si la tensión de carga rápida se da a un nivel inferior a 1.55 V aproximadamente, se puede evitar una sobretensión excesiva a la salida pero la carga no es completa. En la elección de este nivel se puede llegar a un compromiso según la forma de trabajo del equipo.

**10.- Cálculo de equipos de emergencia, sin consumo permanente. Ver apartados : 2, 5, y 8.**

Los datos necesarios son:

- ⇒ Tensión nominal. Tensión mínima.
- ⇒ Intensidad de descarga en emergencia.
- ⇒ Tiempo de emergencia.
- ⇒ Tensión de alterna para el cargador.

En un equipo de alumbrado de emergencia , por ejemplo no suelen existir problemas de tensión alta durante la carga por que la batería solo se conecta a la red de alumbrado cuando falta la corriente alterna y, por lo tanto no se carga.

Calculamos el número de elementos dividiendo la tensión nominal 1.2 V.

$$\text{No. de elementos de la batería} = n = \frac{\text{tensión nominal}}{1.2 \text{ V/Elem.}}$$

Supongamos una tensión de 24 V.

$$n = \frac{24}{1.2} = 20 \text{ Elem}$$

En alumbrado se puede tolerar una caída de tensión al final de la descarga del orden de un 15 % o más.

Si suponemos que la tensión mínima admisible es 20 V, tenemos:

$$\text{Tensión mínima por elemento} = U_{\min} = \frac{20 \text{ V}}{20 \text{ Elem.}} = 1 \text{ V / Elem.}$$

Usando los catálogos el camino es el siguiente:

Por ser el tiempo 1 h, el tipo más adecuado será el MDP/MD. ( ver apart. 2, 3 y 9 ).

Vamos a la tabla, en la que  $U_{\min} = 1.0 \text{ V / Elem.}$

Supongamos que la intensidad de descarga es de 50 A.

En la columna de 1 h, el tipo superior que de más de 50 A es el MDP - 7 ( da 52.5 A ).

La batería es :

20 elementos MDP -7

con capacidad nominal C = 70 Ah

El cargador debe tener una intensidad de carga que podemos fijar entre  $I = 0.15 \times C$  y  $I = 0.25 \times C$  como regla general, aunque otros valores también podrían servir. Entonces tenemos:

$$I = 0.15 \times 70 = 10.5 \text{ A}$$

$$I = 0.25 \times 70 = 17.5 \text{ A}$$

Es decir, entre 10 y 17 A.

Tomamos del catálogo un cargador níquel-cadmio.

CAM 24 / 12 o bien 24 / 16

En donde :

CAM - Significa que es monofásico

24 - Es el voltaje nominal

12 - Es la corriente nominal

Y si va en el mismo armario que la batería.

CAM 24 / 12 MV 14

ó bien

CAM 24 / 16 MV 14

### 11.- Cálculo de equipos con consumo permanente. Ver apartados 3, 4, 6 y 9.

Los datos necesarios son:

- ⇒ Tensión nominal. Tensión máxima. Tensión mínima.
- ⇒ Consumo permanente máximo.
- ⇒ Consumo ( s ) en puntas.
- ⇒ Consumo ( s ) en emergencia.

⇒ Tiempo ( s ) de los consumos en emergencia.

⇒ Tensión de alterna para el cargador.

a) Tensiones admisibles. Es habitual que haya unos márgenes de tensión que limitan la zona de trabajo de la batería por arriba y por abajo.

En equipos para maniobras ( subestaciones y centrales ) puede ser + 10, - 15 %. En alimentación a onduladores +/- 15 %, en telefonía 54 -4 3 V, etc.

Se tiende a procurar que el margen superior coincida en el nivel de carga rápida y el inferior en la tensión mínima de descarga. Con frecuencia esto no es posible. Entonces se reduce la tensión de salida en carga rápida, se da dicha carga solo cuando los receptores más sensibles están fuera de servicio o se usan sistemas adecuados.

Los más frecuente es tomar la tensión de flotación algo inferior a la máxima.

b) Estudiemos el siguiente ejemplo:

Ejemplo 1.

Datos.

⇒ Tensión de salida : 110 V + 10 % - 15 %

⇒ Consumo permanente : 5 A

⇒ Consumo de emergencia : 40 A

⇒ Duración de la emergencia : 1 h

Con 110 V + 10 % -15 % la tensión de carga rápida sale fuera de 110 V + 10 % de modo que se usa cualquier solución mencionada en a).

Tensión máxima : 110 V + 10 % : 121 V

Si la tensión máxima fuera la de flotación el numero de elementos de la batería sería:

$$n = \frac{121 \text{ V}}{1.4 \text{ V/Elem}} = 86.4$$

Es decir, tomando 86 elementos estamos por debajo de 110 V + 10 % en flotación.

Supongamos  $n = 85$  elementos

La tensión máxima es de  $85 \times 1.4 = 119 \text{ V}$

La tensión mínima =  $110 \text{ V} - 15 \% = 93.5 \text{ V}$

La tensión mínima por el elemento es :

$$\frac{93.5 \text{ V}}{85 \text{ Elem.}} = 1.10 \text{ V / Elem.}$$

Según el catálogo, en la tabla de  $1.10 \text{ V / elemento}$  encontramos, en la columna de  $1 \text{ h}$ , que el elemento MDP - 7 da  $42 \text{ A}$ .

Batería =  $85$  Elementos MDP -7

Rectificador:

Ya hemos dicho que un buen valor de la corriente de carga es  $I = 0.2 \times C$ .

Si cargamos entre  $I = 0.15 \times C$  e  $I = 0.25 \times C$  tenemos  $10$  y  $17 \text{ A}$ .

Como hay un consumo permanente de  $5 \text{ A}$ , la intensidad estaría entre  $10 + 5$  y  $17 + 5 \text{ A}$ .

Si usamos un cargador CAM  $130 / 16$  estamos en el primer caso, si usamos el tipo siguiente CAM  $130/25$  cargamos la batería con  $25 - 5 = 20 \text{ A}$ , es decir,  $I = 0.28 \times C$  que es preferentemente admisible.

Luego usaremos uno u otro según queramos cargar la batería en un tiempo más breve o no.

Rectificador = CAM  $130 / 16$  o bien CAM  $130 / 25$ .

Si se desea que todo se aloje en un armario conjunto :

Rectificador en armario de batería = CAM  $130 / 16$  P8 o bien CAM  $130 / 25$  P8.

c) Supongamos que hay puntas :

Ejemplo 2.

Datos según ejemplo 1 más puntas de 80 A en 1 seg.

Una punta de 80 A en 1 seg., supone una descarga de 0.022 Ah, es decir, es despreciable.

Sin embargo, se produce una caída de tensión que hay que tener en cuenta .

Si una punta se produce al principio de la descarga o mientras hay alterna basta comprobar que el elemento puede darla según el catálogo.

En este se ve que en 1 seg., y hasta 1.1 V / Elem., el tipo MDP - 7 da 160 A.

Luego el MDP - 7 es valido.

Si la punta se produce al final de la descarga o en un punto intermedio el problema se complica.

Supongamos que la punta de 80 A se produce al final de la descarga de 1 hora .

Acudimos a las curvas de descarga.

La intensidad  $I_1$ , de 40 A supone moverse en la curva  $I_1 = 0.57 \times C$  ya que  $0.57 = I_1 / C = 40 / 70$ .

La punta  $I_2$  de 80 A corresponde a  $I_2 = 1.14 \times C$  ya que  $I_2 / C = 80 / 70 = 1.14$ .

Durante 1 hora hemos descargado con  $I_1 = 40$  A :

$$C_1 = 40 \text{ A} \times 1 \text{ h} = 40 \text{ h} = 57 \% \text{ de } C.$$

Tomamos en abscisas 57 % de C. La curva  $I_1 = 0.57 \times C$  indica que la tensión es 1.1 V / Elem. aproximadamente.

Ahora viene la punta con  $I_2 = 1.14 \times C$  . Bajamos en vertical hasta  $I_2$  y tenemos que la tensión es 0.95 V / Elem. Es decir, inferior a la mínima exigida, que es 1.1 V/ Elem.

Luego el elemento MDP - 7 no es suficiente.

En general conviene acudir a la serie HIP - HI cuando hay puntas importantes, sobre todo si se producen a final de la descarga.

Supongamos que el elemento es HIP - 6 de 55 Ah .

Repetimos el cálculo :

$$I_1 = 40 \text{ A} = 0.73 \times C$$

$$I_2 = 80 \text{ A} = 1.46 \times C$$

La capacidad descargada con  $I_1$ , durante 1 hora ha sido :

$$C_1 = 40 \text{ A} \times 1 \text{ h} = 40 \text{ Ah} = 73 \% \text{ de } C.$$

Según las curvas, la tensión es 1.16 V aprox.

Viene la punta  $I_2 = 80 \text{ A}$ . Bajamos hasta  $I_2 = 1.46 \times C$  y la tensión es 1.12 V.

$$1.12 \text{ V} \times 85 \text{ Elem.} = 95 \text{ V}$$

La batería es 85 Elem. HIP - 6.

El rectificador es CAM 130 / 16

o bien, en armario : CAM 130 / 16 P8

y si ponemos reductor de tensión en carga rápida:

$$\text{CAM 130 / 16} + U \text{ ó bien } \text{CAM 130 / 16 P8} + U$$

Es interesante observar como un elemento de la serie HIP, con menos capacidad que otro MDP<sup>3</sup> (55 contra 70 Ah ) se comporta mucho más favorablemente en determinadas condiciones de descarga.

**12.- Cálculo con consumo de potencia constante.** Onduladores. En el caso que el rectificador y la batería alimenten un ondulador hay que tener en cuenta que la potencia de salida es constante y por lo tanto la corriente varía. Veamos un ejemplo de cálculo.

Supongamos que un ondulador que tiene que dar una potencia constante de tal valor que, teniendo en cuenta el valor de potencia y el rendimiento, absorbe 50 KW.

Supongamos también que la batería tiene que dar esa potencia en emergencia de 10 minutos.

Los límites máx. y mín. de tensión a la entrada del ondulador son, por ejemplo :

$$U_{\text{máx.}} = 280 \text{ V}$$

$$U_{\text{mín.}} = 205 \text{ V}$$

Cálculo de la batería:

Los márgenes de tensión son suficientemente amplios. La tensión máxima la hacemos coincidir con la de carga rápida y la mínima con la de descarga.

Si la de carga máxima es 1.55 V / Elem. :

$$\text{No. de elementos} = n = 280 \text{ V} / 1.55 \text{ V / Elem.} = 180 \text{ Elem.}$$

La tensión mínima por elemento es igual :

$$\frac{U_{\min}}{\text{Elemen.}} = \frac{205 \text{ V}}{180 \text{ Elem.}} = 1.14 \text{ V / Elem.}$$

La tensión de descarga de la batería es variable. De hecho empezará en unos 220 V aprox. y terminará en 205 V. Luego la corriente será variable también.

Un buena norma es tomar la corriente máxima, es decir, a la tensión mínima.

$$I_{\max.} = \frac{50,000 \text{ W}}{205 \text{ V}} = 244 \text{ A}$$

Y hacer el cálculo con este valor. Según el catálogo HIP / HI, el elemento HIP - 14 de 125 Ah da 250 A en 10 min., hasta 1.14 V / Elem.

La batería tiene 180 elementos HIP - 14 , de 125 Ah.

Cálculo del rectificador :

Cuando el rectificador está en flotación, la intensidad que absorbe el ondulator es :

$$I_F = \frac{50.000 \text{ W}}{1.4 \text{ V /Elem.} \times 180 \text{ Elem.}} = 199 \text{ A}$$

Si cargamos la batería con  $I_c = 0.2 \times C$ ,  $I_c = 25 \text{ A}$

Luego la intensidad total del rectificador debería ser :

$$I = 199 + 25 = 224 \text{ A aprox.}$$

Sin embargo veámos lo que ocurre cuando se produce una descarga de la batería y vuelve la alterna de la red.

La tensión de la batería es entonces de 205 V y por tanto la intensidad que absorbe el ondulator en ese momento es :

$$I = \frac{50.000 \text{ W}}{205 \text{ V}} = 244 \text{ A}$$

Como el rectificador solo da 225 A significa que, al volver la alterna, este no puede dar la potencia de salida y la batería se descarga más y más. Por lo tanto la corriente total del cargador deber ser mayor de 244 A. Por ejemplo 250 A.

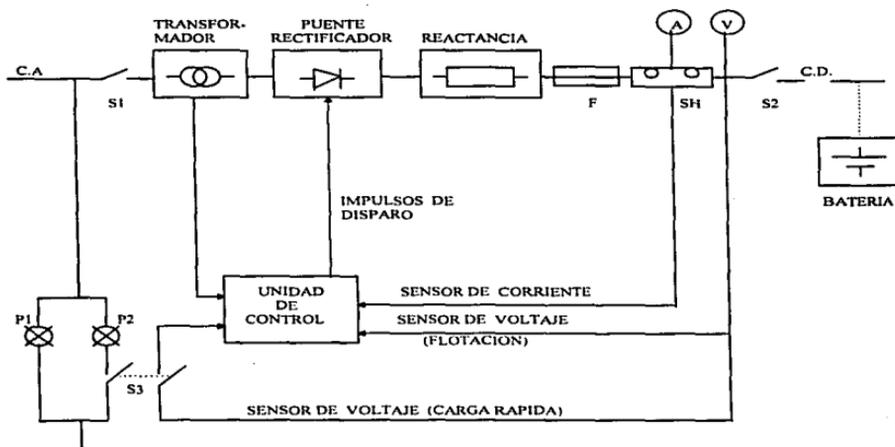
$$\text{Cargador} = \text{CAM } 220 / 250$$

## Rectificador tipo CAM.

### Control por tiristores - Monofásico.

#### Descripción.

En el diagrama en bloques de la figura 2.44, la tensión de red llega a través de un interruptor al transformador que alimenta al puente rectificador.



S1 - Interruptor térmico-magnético entrada

S2 - Interruptor térmico-magnético salida

S3 - Conmutador flotación-carga rápida

F - Fusible extrarrápido

SH - Shunt

A - Amperímetro

V - Voltímetro

P1 - Piloto de "encendido"

P2 - Piloto de "carga rápida"

Fig. 2.44.- Rectificador tipo CAM - Diagrama de bloques.

El puente se compone de dos tiristores, dos diodos de silicio y un diodo de conmutación. Después una reactancia se encarga de aislar la forma de onda rectificada.

Una unidad de control actúa sobre los tiristores regulando automáticamente la salida, tanto en tensión como en corriente.

Para ello la unidad recibe una muestra de la tensión de salida y de la corriente a través de un "shunt". El equipo lleva un amperímetro y un voltímetro, así como pilotos indicadores.

Una unidad A de carga automático vigila la batería para darle carga rápida cuando sea necesario o mantener a la batería en carga de igualación.

Como protecciones se incluyen interruptores termomagnéticos a la entrada, y a la salida en el puente, un fusible de alta velocidad a la salida como protección contra una conexión equivocada de la batería, un supresor de transitorios en alterna y un circuito R-C en el puente. Además interviene la limitación electrónica de la corriente como protección de saturación incluso contra cortocircuitos y el arranque lento de la unidad de control que evita puntas de corriente en la puesta en marcha.

#### **Datos técnicos.**

Tensión monofásica :  $\pm 10\%$ . 127 V ó 220 V

Frecuencia : 60 Hz  $\pm 5\%$

#### **Salida :**

Tensión : Dos niveles: - flotación .  
-carga rápida.  
ambos con paso automático

Intensidad : Limitada al valor nominal,  $+ 10\%$ .

Regulación de la tensión:  $\pm 1\%$  para variaciones simultáneas de la tensión y frecuencia de entrada según lo indicado arriba y de corriente desde 0 a 100% de la carga.

Temperatura ambiente : - 10 a 40 °C.

Señalización y alarmas : Alarma de falla de C.A.  
Alarma de puesta a tierra.  
Con luces indicadoras y contactos remotos.

## Unidad de control

En la figura 2.45, la unidad de alimentación recibe la tensión, la rectifica, filtra y estabiliza.

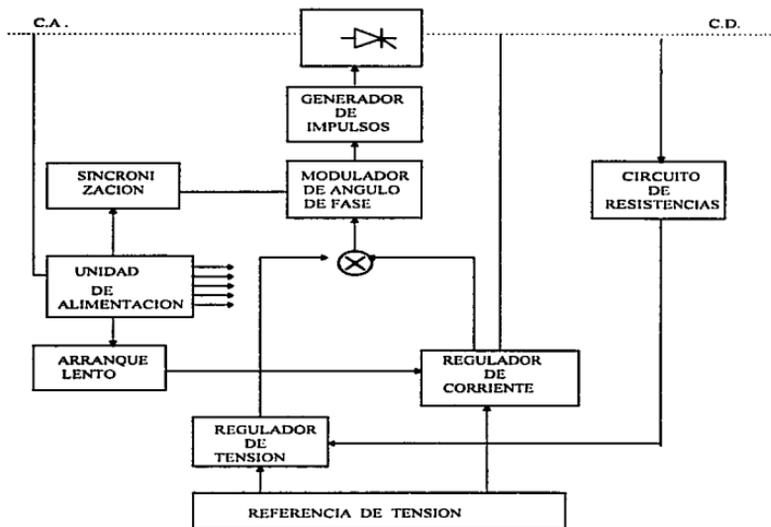


Fig. 2.45.- Unidad de control.

Independientemente se genera una referencia de tensión muy estable que se lleva a un regulador de tensión, un amplificador operacional que sirve también de comparador, el cual recibe una muestra de tensión de la salida del rectificador a través de un circuito de resistencias.

También hay un regulador de corriente que opera de un modo similar.

Ambos reguladores envían una señal de error al modulador de ángulo de fase que produce una señal con un cierto defasamiento (ángulo de encendido) con respecto a un cero de tensión, conocido a través de un sincronizador.

Por otra parte, un oscilador-generador de impulsos envía un tren de impulsos a los tiristores según le ordena el modulador. Estos se amplifican en un transformador de impulsos como etapa intermedia.

Por medio de potenciómetros se pueden ajustar los valores de tensión de flotación, de carga rápida y de intensidad.

### Rectificador tipo CAT

#### Control por tiristores- Trifásico.

#### Descripción.

En la figura 2.46 tenemos que, la tensión de la red llega a través de un interruptor al transformador que alimenta al puente rectificador.

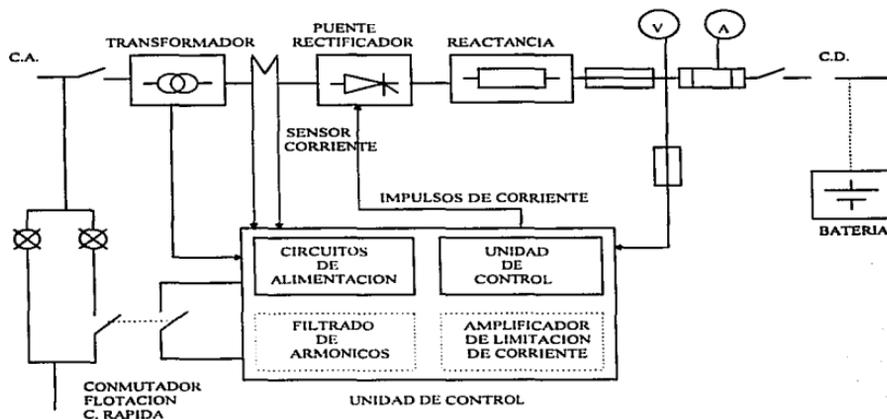


Fig. 2.46.- Rectificador tipo CAT - Diagrama de bloques.

El puente se compone de tres tiristores, tres diodos de silicio y un diodo de conmutación.

Después una reactancia se encarga de aislar la forma de onda rectificada.

Una unidad de control actúa sobre los tiristores regulando automáticamente la salida, tanto en tensión como en corriente.

Para ello la unidad recibe una muestra de la tensión de salida y de la corriente a través de transformadores antes del puente rectificador.

El equipo lleva un amperímetro y un voltímetro, así como pilotos indicadores.

Una unidad A de carga automática vigila la batería para darle una carga rápida cuando sea necesario o mantenerla en carga de flotación.

Como protecciones se incluye interruptores termomagnéticos a la entrada, y a la salida.

Un fusible de alta velocidad a la salida como protección contra una conexión equivocada de la batería y supresores de transitorios en alterna. Además interviene la limitación electrónica de la corriente como protección de salida incluso contra cortocircuitos y el arranque lento de la unidad de control que evita puntas de corriente en la puesta en marcha. También se protege la tarjeta de control; por medio de un fusible.

#### **Datos técnicos**

##### **Entrada:**

Tensión trifásica: + / - 10 % 220 ó 440 VCA

Frecuencia: 60 Hz +/- 5 %

##### **Salida:**

Tensión: Dos niveles: - flotación

- carga rápida. Ambos con paso automático

Intensidad: Limitada al valor nominal + 100% de la carga.

Regulación de la tensión: + / - 1% para variaciones simultáneas de la tensión y frecuencia de entrada según lo indicado arriba y de corriente desde 0 a 100 % de la carga.

##### **Temperatura**

ambiente: - 10 a 40 °C.

Señalización y alarmas: Alarma de falla de C.A.

Alarma detector de tierra

Con luces indicadoras y contactos para remotos.

## Unidad de control

Funciona según el mismo principio que la unidad de control del rectificador CAM (monofásico de tiristores). Al ser un sistema trifásico se triplican algunas partes (ver figura 2.47).

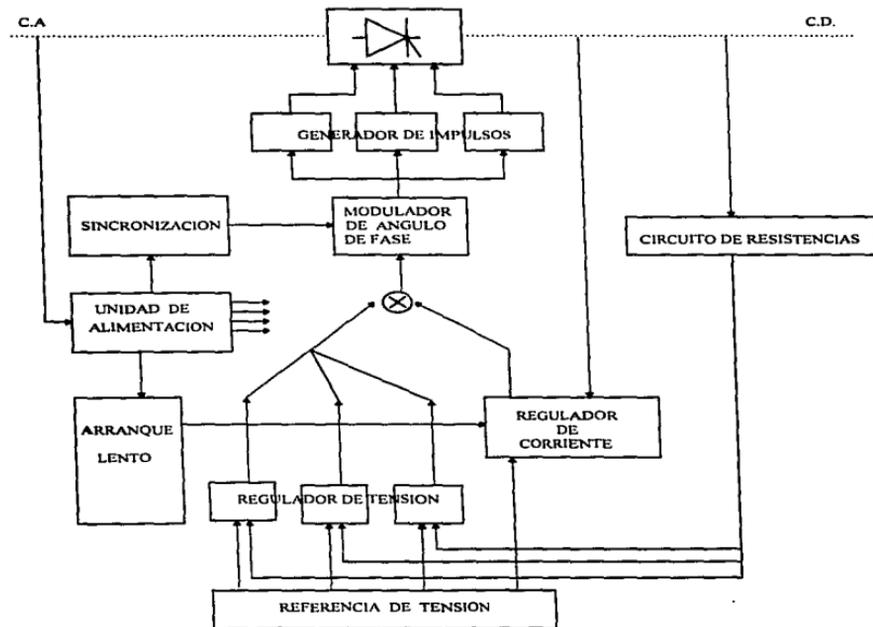


Fig. 2.47. Unidad de control.

La unidad de control va montada en dos tarjetas, una que es la unidad de control propiamente dicha, y otra la unidad auxiliar que incluye los amplificadores de impulsos que va a los tiristores. Esta unidad permite el uso de tres tiristores en el puente, es decir, lo que se denomina puente semicontrolado.

#### **Unidades adicionales**

#### **Unidad F . (Opcional)**

#### **Filtro**

En ciertos casos es necesario añadir un filtro para alisar la forma de onda de salida eliminando en lo posible la componente alterna; este filtro esta representado en la figura 2.48.

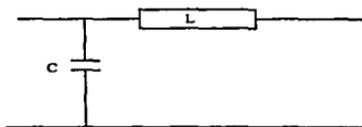


Fig. 2.48.- Unidad F - Filtro.

Se han tenido en cuenta dos tipos de filtrado:

- a) Para equipos electrónicos de control. Suele ser suficiente con el filtrado normal del rectificador.
- b) Para telecomunicaciones. Siempre es necesaria la unidad F que está diseñada para cumplir con las normas internacionales para alimentación de equipos telefónicos. Normalmente se consigue un filtrado de 0.1 % , rms o bien 2 mV sofométricos. Estos valores son aproximados ya que dependen del tipo y capacidad de la batería.

## Unidad U .

### Regulación de voltaje de salida

A veces el voltaje de carga de la batería es más alto que el voltaje máximo permitido en la salida.

Entonces se puede usar un reductor del voltaje. La reducción se consigue por medio de diodos en serie, que tienen una caída de voltaje que varía muy poco con la corriente.

La unidad UA reduce el voltaje de salida en carga rápida (o de igualación). Al accionar el conmutador S3 (manual o automáticamente) a la posición de carga rápida, el contacto K abre y los diodos reducen el voltaje (Fig. 2.49).

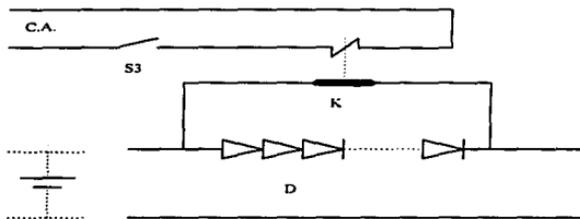


Fig. 2.49.- Unidad U - Variante UA.

La unidad UB reduce el voltaje de salida en carga de flotación y en carga rápida. Cuando falla la alterna el contactor cierra y se puentean los diodos. Entonces la batería se descarga sin ninguna reducción (Fig. 2.50).

Ambas unidades actúan de modo automático.

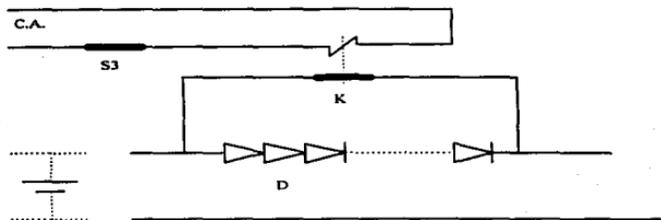


Fig. 2.50.- Unidad U- Variante UB.

#### Unidad A - Variante AS

##### Unidad A - Automatismo de conmutación de carga.

Esta unidad se añade cuando se desea que la conmutación entre carga de flotación y carga rápida (o igualación en baterías de plomo ) se efectúe automáticamente.

Existen dos variantes :

Unidad AR. La carga rápida se conecta manualmente y se termina automáticamente por medio de un temporizador.

Unidad AS. Unos circuitos de conmutación montados en una tarjeta vigilan el estado de carga de la batería. Cuando se esta descargando, la unidad actúa conectando la carga rápida hasta recargar la batería después conmutando a flotación. La unidad proporciona la carga justa, es decir, proporcional a la descarga previa de la batería (Fig. 2.51).

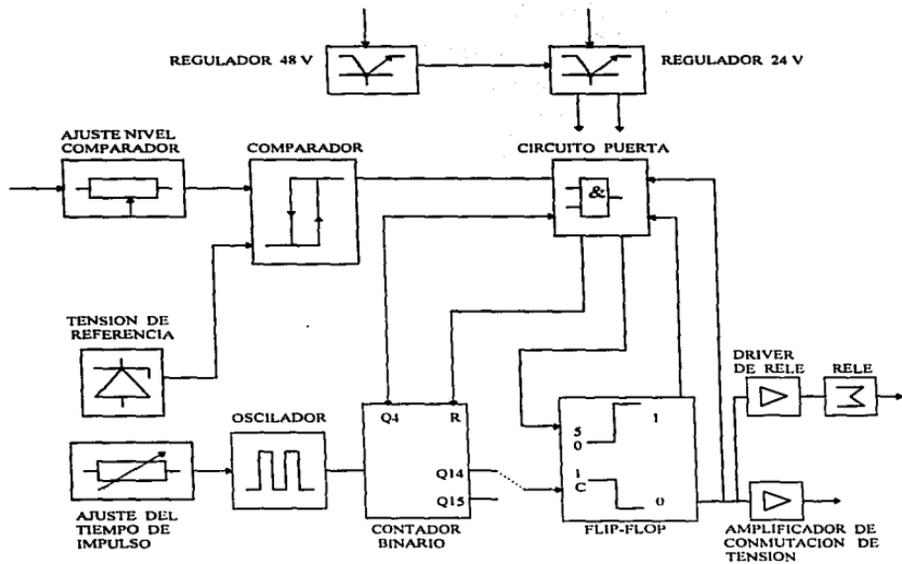


Fig. 2.51.- Unidad A-Variante AS.

## Unidad L - Alarmas.

Existen alarmas montadas en circuitos impresos para las siguientes anomalías :

L - MX - Alarma de voltaje alto en C.D.

L - MN - Alarma de voltaje bajo en C.D.

L - T R - Alarma puesta a tierra en C.D.

L - F C - Alarma de falla de carga.

Todas ellas pueden dar una señalización local ó a distancia.

En los equipos estándar se incluye una alarma de falla de la red en alterna con señalización local y a distancia (Fig. 2.52).

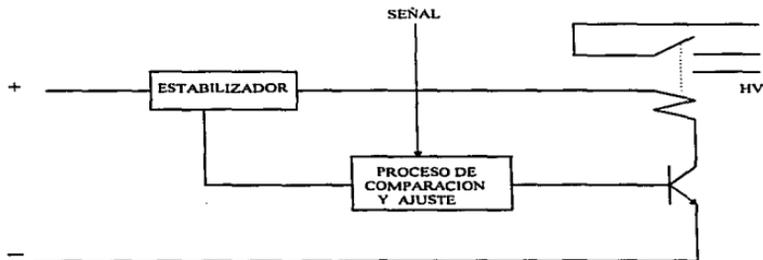


Fig. 2.52.- Unidad L - Concepto general.

### Otros accesorios

Pueden añadirse otros accesorios como:

Contactor a la salida de la batería para alumbrados de equipos de emergencia.

Contactor a la entrada para maniobras en caso de alarma.

Señalización acústica de alarma.

<b>TABLA DE RECTIFICADORES ESTANDAR</b>					
<b>MODELOS</b>	<b>V o l t a j e ( V )</b>				
	12	24	48	130	250
<b>C A M MONOFASICOS</b>	<b>C o r r i e n t e ( A )</b>				
	3	3	3	3	3
	6	6	6	6	6
	12	12	12	12	12
	16	16	16	16	16
	25	25	25	25	
		40	40	40	
		50	50	50	
		75	75		
<b>C A T TRIFASICOS</b>				6	
				12	12
				16	16
			25	25	25
			40	40	40
		50	50	50	50
		75	75	75	75
		100	100	100	100
		125	125	125	125
		150	150	150	150
			200	200	200
			250		

#### Nomenclatura.

Ejemplo : En un rectificador CAM 48 / 50

CAM Significa que es monofásico

48 es el voltaje nominal

50 es la corriente nominal

Ejemplo : En un rectificador CAM 48 / 50 - AFU

Se han añadido las unidades A, F, y U.

#### Gabinetes y consolas.

Los rectificadores se montan en gabinetes adosados a la pared o bien sobre el piso.

Cuando se incluyen las baterías, estas se montan en escalón en la parte inferior de unas consolas, mientras que los cargadores se instalan en la parte superior.

Sobre formas y dimensiones de gabinetes y consolas consúltese el catálogo.

## CAPITULO III

### ALUMBRADO DE EMERGENCIA

#### **3.1. Diagramas de principio para unidades de alumbrado de emergencia autónomos.**

##### **Sistemas de alumbrado de emergencia**

Las instalaciones de alumbrado de emergencia pueden hacerse de tres maneras diferentes:

##### **Sistema central**

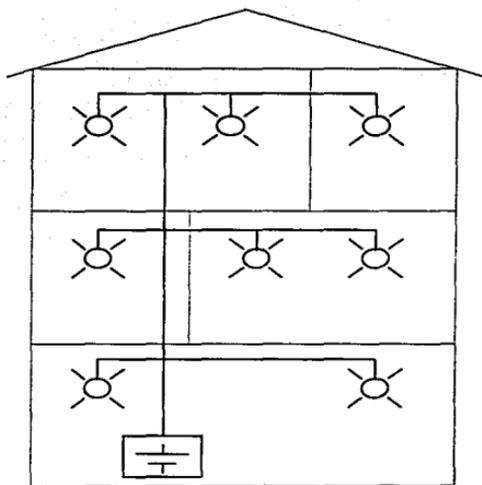
##### **Sistema descentralizado**

##### **Sistema unitario**

Un sistema central tiene un banco de baterías, a menudo situada en una sala especial. De esta sala parten los conductores para la alimentación de las lámparas en los diversos lugares del edificio. (Ver figura 3.1).

El sistema descentralizado consta de varios sistemas centrales pequeños con las baterías situadas en gabinetes de fácil ubicación. En los grandes edificios pueden reducirse los costos del cableado y las pérdidas con este método. (Ver figura 3.2).

El sistema unitario consta de varias unidades completas de alumbrado, incluyendo la lámpara. Estos sistemas se sitúan en los lugares donde se necesita la iluminación. (Ver figura 3.3).



Simbología :



— Bateria



— Lámpara

Fig. 3.1.- Sistema central.

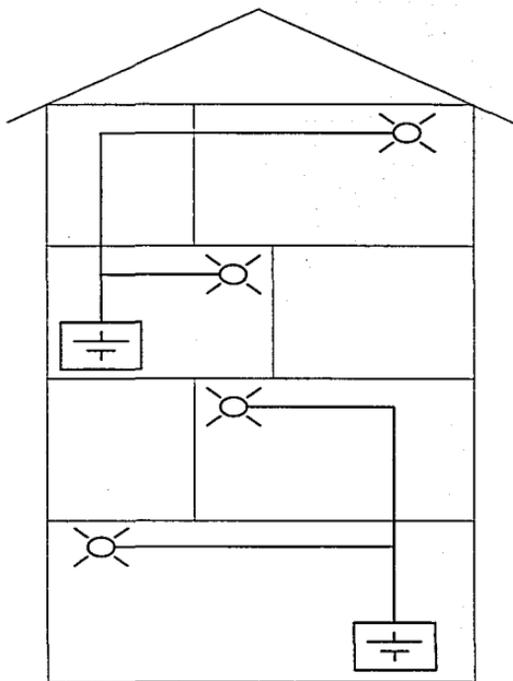


Fig. 3.2.- Sistema descentralizado.

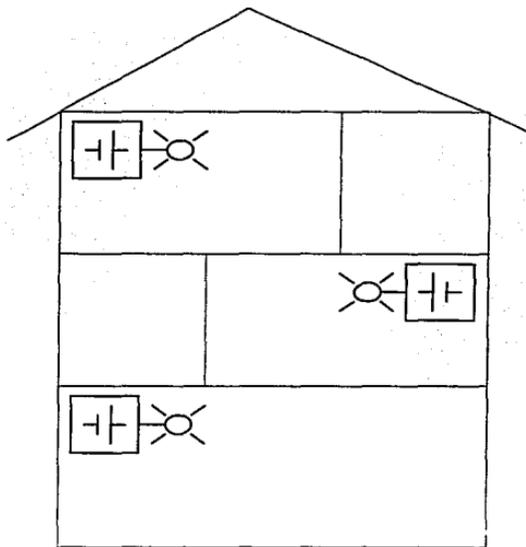


Fig. 3.3.- Sistema unitario.

La elección del sistema a emplear para cada caso particular depende de factores de orden técnico y económico, por ejemplo, la distribución de la carga a través del edificio y los costos de los cables y de la instalación de los mismos.

A continuación se dan algunas características de los diferentes sistemas:

### **Sistema central**

Edificios pequeños

Una sala de batería central

Presencia de receptores de gran consumo en una zona

Para montaje empotrado desde el principio

Tensión alta, por ejemplo, 110 V

### **Sistema descentralizado**

Grandes edificios

Grandes distancias

Receptores de alto consumo esparcidos

Instalación después de terminado el edificio

Posibilidad de redistribución

Gabinetes completos para energía de emergencia y de reserva

Tensión baja, por ejemplo 24 V

### **Sistema unitario**

Unidades de iluminación local, móviles

Edificios antiguos de instalación difícil

Exento de cableado

No se requiere ventilación extra

Sistema más seguro de emergencia total

### **La elección de la tensión del sistema es determinada por:**

Equipo conectado

Requerimientos de seguridad para las diferentes categorías del ambiente

Costo de los cables para reducir al máximo la caída de tensión

### **Ejemplos:**

110-220 V    Batería central, condiciones normales

24 V        Sistema descentralizado, ambiente industrial difícil, hospital

6 V         Sistema unitario

## Descripción de los sistemas

### Sistema central y descentralizado

En este sistema (figura 3.4), el cargador mantiene la batería cargada por medio de carga de flotación recargándola después del uso.

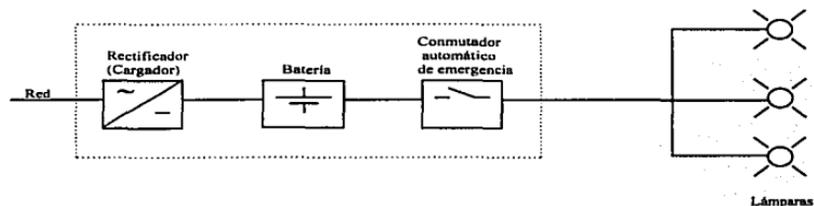


Fig. 3.4. Sistema central (o unidad en un sistema descentralizado).

El conmutador automático es accionado por unos monitores de tensión conectados a una o varias fases y conecta automáticamente el alumbrado de emergencia en caso de falla en la red (fig.3.5).

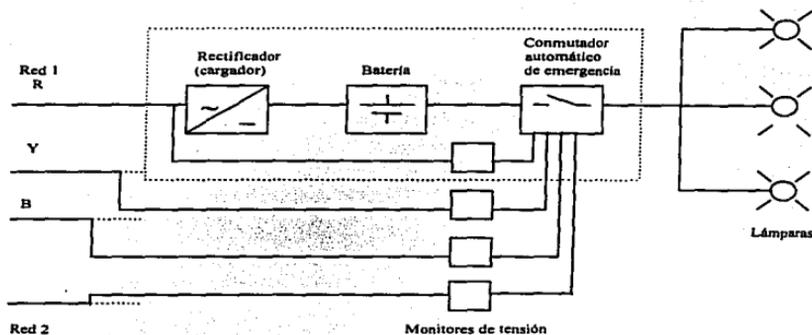


Fig. 3.5. Sistema central con monitores de tensión en diferentes lugares.

Las lámparas incandescentes se conectan directamente a la tensión continua de las baterías. En vez de lámparas incandescentes pueden emplearse tubos fluorescentes alimentados a través de convertidores.

La denominación alumbrado de reserva se emplea actualmente para designar un sistema de alumbrado que también está encendido normalmente, mientras que el alumbrado de emergencia solamente se enciende en caso de que faltara la corriente de la red.

Una instalación para alumbrado de reserva y de emergencia (figura 3.6) es alimentada normalmente directamente desde la red o a través de un transformador según la tensión empleada para el alumbrado.

En caso de que faltara la corriente de la red, el alumbrado es alimentado por las baterías, eventualmente de un inversor. Las lámparas deberán encenderse solamente cuando falte la corriente de la red y deberán disponerse en un grupo especial.

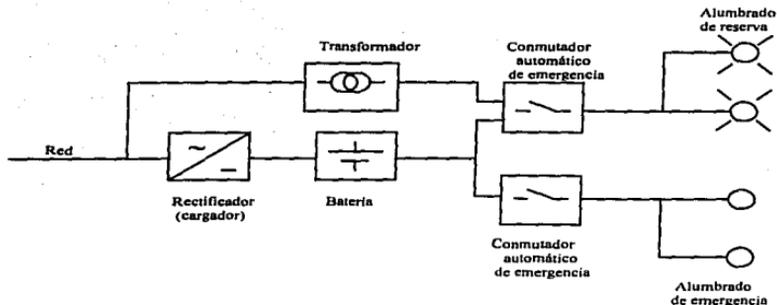


Fig. 3.6. Alumbrado de reserva + alumbrado de emergencia.

Este tipo de instalación se emplea, por ejemplo, en los locales públicos en los que las salidas tienen que quedar indicadas con luz incluso en condiciones normales.

Las instalaciones están provistas de lámparas indicadoras para los diferentes sistemas de funcionamiento. También pueden conectarse lámparas remotas o señales acústicas; por ejemplo, para indicar que ha fallado la corriente de la red y que está puesto el alumbrado de emergencia.

#### Sistema unitario

En cada lugar donde se desea un punto de alumbrado, se coloca una unidad completa de alumbrado de emergencia de pequeño formato, como el mostrado en la figura 3.7. La conexión a la red se efectúa por medio de un enchufe de clavija o por medio de una instalación fija.

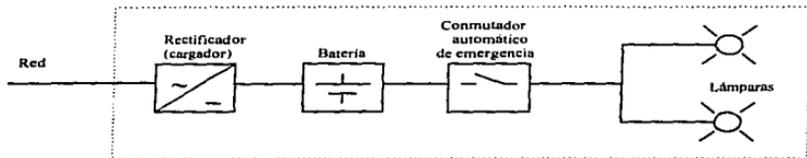


Fig. 3.7. Alumbrado de emergencia del tipo unitario.

Los monitores de conmutación conectan automáticamente el alumbrado de emergencia al fallar la corriente de la red.

Pueden conectarse dos lámparas incandescentes en paralelo para incrementar la seguridad en caso de que se fundiera una lámpara.

Estas unidades se suministran a menudo con una o varias lámparas de luz dirigida las cuales pueden ajustarse de antemano para el mejor rendimiento en el alumbrado.

Si la cantidad de energía requerida es baja, 5-10 W por punto de luz, por ejemplo, para lámparas de guía resulta ventajoso el empleo de los elementos completamente cerrados. Estos elementos no necesitan supervisión alguna, ni siquiera llenado de agua.

### **Conmutadores automáticos de alumbrado de emergencia**

Los conmutadores automáticos antes citados para los diferentes sistemas, constan del conmutador propiamente dicho y de un monitor de tensión. Estos últimos son normalmente relevadores que operan cuando la tensión baja o cuando la tensión es cero.

La función del conmutador es conectar la batería a las lámparas en caso de falla en el suministro de energía de la red. Si el sistema incluye alumbrado de reserva, éste deberá conmutar de red a batería.

Las dimensiones del conmutador dependen de la tensión continua, de la corriente inicial y de la corriente normal del sistema. A menudo el conmutador tiene más contactos de los necesarios. Si se conectan en paralelo los contactos, puede aumentarse la capacidad de carga del conmutador. En términos generales puede decirse que tres contactos permiten una intensidad de corriente doble de lo que permitiría un solo contacto.

Cuando las tensiones sean superiores a 24 V deberá tenerse en cuenta el apagado de la chispa al interrumpir la corriente, de modo que deberá haber una separación suficiente entre contactos cuando el circuito esté abierto. También deberá tenerse en cuenta la posible carga reactiva del sistema.

Si las bobinas de los conmutadores son alimentadas con corriente de batería, podría ser necesario tomar medidas contra la sobretensión. Cuando las baterías estén sometidas a carga de flotación, la tensión puede ser aprox. 17% superior a la nominal y durante la carga la tensión es todavía más alta.

Por la misma razón, no deberán conectarse lámparas incandescentes directamente a la batería durante el proceso de carga.

## **Carga**

### **Carga de flotación ( o de mantenimiento)**

El modo normal de funcionamiento es con las baterías preparadas para un caso de emergencia. Las baterías se mantienen completamente cargadas con una corriente baja de carga, la cual deberá ser de  $0.5-1.0 \times C$  mA (C = capacidad nominal de la batería en Ah). La tensión es entonces de aprox. 1.40 V por elemento. El circuito de carga puede trabajar con un control de intensidad o con control de tensión. Un cargador regulado con tensión constante deberá mantener la tensión preseleccionada dentro del 1-2 % para dar la intensidad de carga adecuada.

Un cargador regulado por intensidad constante no necesitará mantener la misma exactitud. Puede constar de un rectificador con una tensión relativamente alta y de una gran resistencia en serie que mantiene la corriente lo suficientemente constante.

### **Recarga de una batería descargada**

Después de una interrupción en el suministro de corriente, la batería deberá volver rápidamente al estado de plena carga. Esto se logra elevando temporalmente la intensidad de carga.

### **Carga a tensión constante**

Cuando se cargue a tensión constante se conectará el cargador para 1.60-1.65 V por elemento. La corriente de carga será entonces muy alta. Para evitar que se sobrecargue el rectificador, éste tiene normalmente un limitador de corriente, en cuyo caso la tensión al principio queda determinada por la batería y a un valor inferior. Las baterías no sufren deterioro alguno en caso que las corrientes iniciales sean altas. Durante la limitación de corriente, la batería alcanza casi la plena carga y cuanto más alto sea el límite de corriente más corto es el tiempo de carga. Cuando se alcanza la tensión preseleccionada disminuye la intensidad y la carga final tiene lugar durante horas con una intensidad baja.

En la fig. .3. 8 se muestra un ciclo característico de la tensión y de la corriente durante la carga.

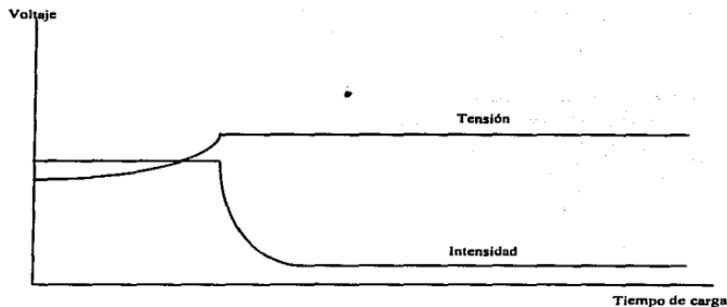


Fig. 3.8.- Curvas típicas de tensión y corriente.

La fase final de la carga depende del valor de la tensión. Con 1.60 V por elemento se necesitan 23 h, con 1.65 V por elemento resulta suficiente con 2.5-10 h según, el tipo del elemento.

Para la carga rápida a más de 1.60 V por elemento, deberá elegirse un cargador la corriente nominal correspondiente. En la sección "Determinación del cargador adecuado" se indican los valores adecuados.

### **Carga a intensidad constante**

La intensidad normal para la carga de una batería es de  $0.2 \times C$  amperios. Durante el comienzo del tiempo de la carga, la intensidad puede ser mayor. Si se emplea un cargador sencillo con rectificador y resistencia en serie, se reduce el valor de la resistencia al conmutar de carga de flotación a carga de fondo. La corriente disminuye durante la carga a medida que va aumentando la tensión de la batería.

### **Control automático**

La conmutación de carga de flotación a carga a fondo y viceversa puede hacerse automáticamente o manualmente. La conmutación automática permite estar más seguro de que la batería verdaderamente se carga cuando es necesario y además de que no se produce sobre carga innecesaria. Las sobrecargas no deterioran las baterías pero el consumo de agua resulta anormalmente alto. Con la conmutación automática, la carga se efectúa de una manera correcta incluso en los lugares sin dotación.

La manera más sencilla de disponer la conmutación automática es dejando que la carga se efectúe después de cada interrupción en el suministro de la corriente con un relevador de tiempo que conecta automáticamente a carga flotante después de un tiempo preseleccionado. La mejor manera no obstante, es controlando la conmutación con la tensión y la corriente de la batería.

### **Funcionamiento en paralelo**

Si en condiciones normales la batería y el rectificador han de alimentar otro equipo que no sea el de emergencia, el sistema deberá estar dispuesto de manera que no sea afectada la carga de la batería. Para este fin se emplea un equipo de carga con regulación para tensión constante.

La variación en las demandas de corriente no afecta entonces la carga de la batería si no se sobrepasa el límite de intensidad del cargador. Si así fuera, bajaría la tensión y la batería se descargaría. Si estas tomas altas de corriente son impulsos aislados y cortos, no tienen importancia. Si se presentan tomas altas de corriente que se repiten con frecuencia, la batería deberá ser cargada a un nivel correspondiente por medio de la conmutación automática o manual a carga a fondo.

Otra solución sería dimensionando el rectificador para un límite de intensidad superior que resultara suficiente para estas cargas extremas.

La tensión aplicada a los otros equipos quedará regulada al valor para el cual se ha puesto el cargador, dentro de los límites de su capacidad. En caso de que se produjera una falla en el suministro de la red, como es natural quedaría aplicada la tensión de la batería.

Un cargador de corriente constante o un rectificador sin regulación no resultan adecuados para el funcionamiento en paralelo con los bornes de las baterías.

Deberán evitarse las tomas de tensión parcial de una batería, ya que pueden causar una carga desigual con todos sus inconvenientes.

### **3.2. Unidades de C.D. con baterías**

#### **Fuentes de luz:**

Las lámparas incandescentes para la tensión normal de la red tienen un rendimiento luminoso de 8-20 lm/W correspondiendo el valor más alto a los tamaños mayores de lámparas.

Para la alimentación directa desde baterías resultan adecuadas especialmente las lámparas de 6-24 V con un rendimiento luminoso normal de aprox. 16 lm/W.

El máximo rendimiento, por ejemplo para los faros, se obtiene con las llamadas lámparas halógenas o de yodo. Con ellas puede llegarse aprox. a los 27 lm/W.

Si se emplea un inversor pueden utilizarse también tubos fluorescentes. Los tubos fluorescentes tiene una potencia luminosa superior a las lámparas incandescentes, aprox. 70 lm/W. Si se cuentan las pérdidas de las reactancias en serie que son necesarias para el funcionamiento con corriente de la red, el valor obtenido será de aprox. 50 lm/W.

No es necesario, especialmente al alimentar con baterías uno o varios tubos fluorescentes, emplear frecuencias de 50 ó 60 Hz, sino que puede utilizarse un inversor transistorizado que produzca corriente alterna a frecuencias comprendidas entre 10 y 20 kHz. Estos inversores son pequeños y baratos y tienen un rendimiento que varía entre el 60 y el 80%. El valor más alto resulta fácil de obtener con tensiones altas de batería.

Para el funcionamiento del equipo que normalmente es alimentado con corriente de la red, se empleará un inversor con transistores o tiristores que dé la frecuencia normal de la red. Con estos inversores se obtienen rendimientos que varía del 65 al 85 %.

Estos convertidores de mayor tamaño están dotados a menudo de un regulador para mantener una tensión de salida constante, independientemente de la tensión de la batería o de la carga.

## Dimensionado de la instalación de alumbrado de emergencia

### Algunas magnitudes de iluminación

Magnitud	Unidad	Relación y definiciones
Flujo luminoso (F)	Lumen (lm)	Potencia irradiada total relacionada con la curva de sensibilidad espectral del ojo con luz diurna.
Intensidad luminosa (I)	Candela (cd)	Flujo luminoso en cierta dirección por unidad de ángulo sólido. El ángulo sólido máximo en una esfera es $4\pi$ . Una fuente luminosa radiante y uniforme tendrá un flujo luminoso total de $4\pi \times$ lumen. La unidad básica en luminotecnia es la candela, cd. 1 candela = 1/60 de la intensidad luminosa de un radiador hueco de $1\text{ cm}^2$ de abertura a la temperatura de solidificación del platino.
Intensidad de iluminación (E)	Lux (lx)	$E = \frac{F}{A}$ <p>La intensidad de iluminación sobre una superficie iluminada regularmente = flujo luminoso F (lm) incidente dividido por la superficie A (<math>\text{m}^2</math>).</p> $E = \frac{I_e}{d^2}$ <p>Intensidad de iluminación en un punto a la distancia d en una dirección <math>\epsilon</math> desde una fuente luminosa puntiforme = intensidad luminosa <math>I_e</math> (cd) en este sentido dividida por el cuadrado de la distancia d (m).</p>
Brillo (L)	cd / $\text{m}^2$	$L = \frac{I_e}{A \cos \epsilon}$ <p>El brillo = intensidad luminosa <math>I_e</math> (cd) de una superficie luminosa en cierta dirección <math>\epsilon</math> (<math>\epsilon</math> = el ángulo con la normal de la superficie) partida por la proyección de la superficie luminosa <math>A \cos \epsilon</math> (<math>\text{m}^2</math>) en esta dirección. La superficie luminosa puede ser una fuente luminosa o una superficie iluminada.</p>

## Conversión a otras unidades

### INTENSIDAD LUMINOSA

$$1 \text{ candle} = 1 \text{ candela}$$

### INTENSIDAD DE ILUMINACION

$$1 \text{ foot-candle (ft - c)} = 10.76 \text{ lux} = 1 \text{ lm} / \text{ft}^2$$

$$1 \text{ phot} = 1 \text{ lm} / \text{cm}^2 = 10 \text{ lux}$$

### BRILLO

$$1 \text{ apostilb (asb)} = \frac{1}{\pi} \text{ cd} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ foot-lambert (ft - L)} = 3.42 \text{ cd} / \text{m}^2 = 10.76 \text{ asb.}$$

$$1 \text{ lambert (L)} = \frac{10}{\pi} \text{ cd} / \text{m}^2 = \frac{1}{\pi} \text{ stilb}$$

$$1 \text{ stilb} = 10 \text{ cd} / \text{m}^2$$

### UNIDADES BASICAS ANTIGUAS

$$1 \text{ bujía Hefner (HK)} = 0.92 \text{ cd}$$

$$1 \text{ bujía internacional (c, ICP)} = 1.02 \text{ cd}$$

### Cálculos de iluminación

Para la iluminación de una habitación resulta complicado dar fórmulas generales de cálculo, ya que se deben tener en cuenta las propiedades direccionales del aparato productor de luz, la capacidad de reflexión de las paredes de la habitación, las dimensiones de la habitación, etc. Por tal razón deberá confiarse el cálculo completo a un especialista en luminotecnía. Arriba se ha dado un resumen de las magnitudes más comunes en iluminación.

Una idea muy aproximada de la iluminación que puede obtenerse se desprende de la ecuación.

$$E = \frac{F}{A} \times 0.25$$

E se obtiene en lux si el flujo luminoso instalado F se da en lumen y A es la superficie del suelo de la habitación en m<sup>2</sup>. Esto se aplica a un plano de trabajo de una habitación normal con paredes y techos claros e iluminación esencialmente directa.

Si se continua el cálculo con lámparas de baja tensión que proporciona 16 lm / W se obtiene la fórmula.

$$E = \frac{P}{A} \times 4$$

donde: P = potencia de la lámpara en W.

Esta forma puede emplearse como guía para la potencia luminosa de las lámparas en una habitación.

Para los focos dirigidos puede emplearse la fórmula

$$E = \frac{I}{d^2}$$

La intensidad de la iluminación se obtiene en lux si la intensidad luminosa I es en cd y la distancia d es en m.

Se supone que el foco exigido es una fuente luminosa puntiforme con poca dispersión. La potencia necesaria para una cierta intensidad luminosa depende del tipo de lámpara, del reflector y del enfoque.

## Selección del tamaño y tipo de baterías

### Designaciones

Para el cálculo de las baterías se emplean los siguientes términos :

$P_m$	= Consumo medio de energía (potencia nominal)	W
$I_m$	= Intensidad media de corriente	A
$U_N$	= Tensión del sistema	V
C	= Capacidad nominal de la batería	Ah
n	= Número de elementos	
t	= Tiempo de descarga ( a 1.0 V / elemento o a otra tensión )	h

### Tiempo de descarga

El tamaño de la batería viene determinado por la potencia  $P_m$  que se necesita para el alumbrado deseado y para el tiempo de funcionamiento de la instalación = tiempo de descarga de la batería t.

Si ya hemos determinado la potencia necesaria, el tiempo necesario depende de :

1. Los requisitos establecidos para los diversos tipos de locales e instalaciones.
2. El tiempo requerido para la evacuación de un cierto tiempo local o para efectuar una cierta maniobra.

Un tiempo de descarga normal para una instalación de alumbrado de emergencia debe de ser de por lo menos 1 1/2 horas, sin que la tensión aplicada a la carga caiga por debajo del 87.5 % de lo normal, de acuerdo con lo señalado en la secc. 700-12 (a) del código NEC.

En la tabla 3.1 se muestra como ejemplo la relación entre el número y la duración de las fallas en el suministro de corriente.

Este ejemplo corresponde a las mediciones efectuadas en las líneas de 3 y 20 KV, siendo estas cifras características para los grandes consumidores en las ciudades entre los años 1984 y 1986.

Tabla 3.1. Distribución en porcentaje del número de interrupciones en el suministro de corriente en relación con el tiempo de duración.

Tiempo de interrupción min.	Número de interrupciones %
< 15	60
16-30	12
31-45	8
46-60	5
> 60	15

Puede verse que, por ejemplo, un tiempo de descarga de una hora resulta suficiente para cubrir completamente el 85 % de todos los casos de interrupción en el suministro y se dispone además de una hora para prepararse para el caso que la falla fuera de larga duración.

En las zonas rurales la longitud de las líneas aéreas juega un papel importante de modo que las interrupciones pueden ser largas debido, por ejemplo, a caídas de líneas.

#### Selección del tipo de elemento

Para obtener un equilibrio óptimo técnico/económico de la batería se elige el tipo de elemento partiendo del esquema de la figura 3.9.

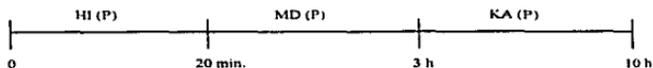
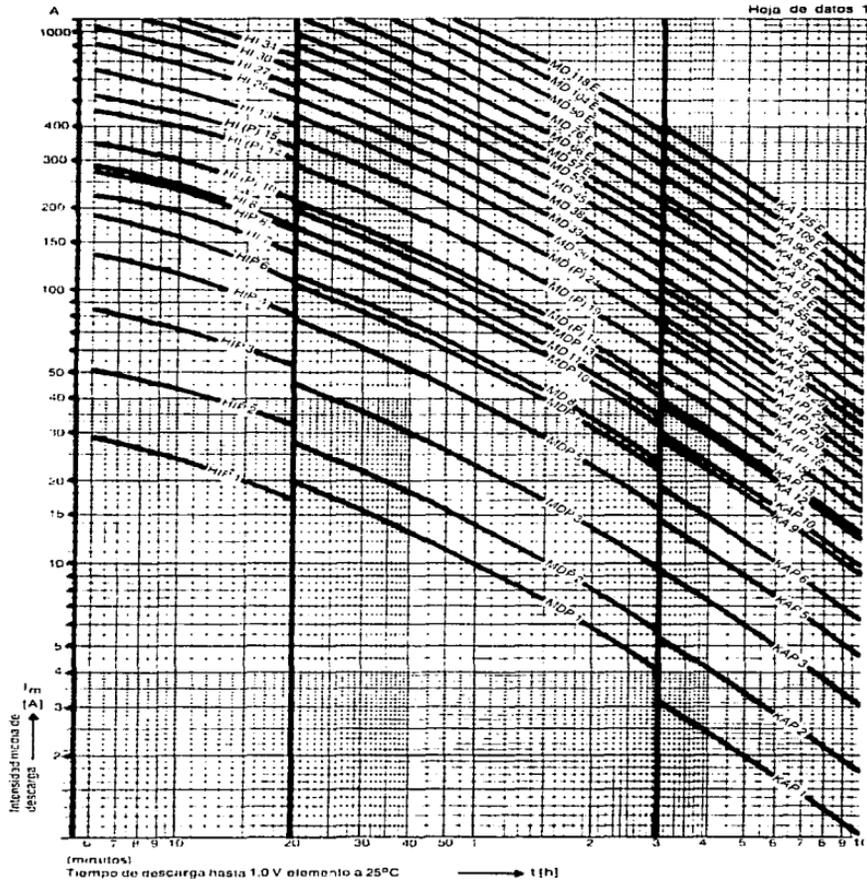


Fig. 3.9. Selección de baterías

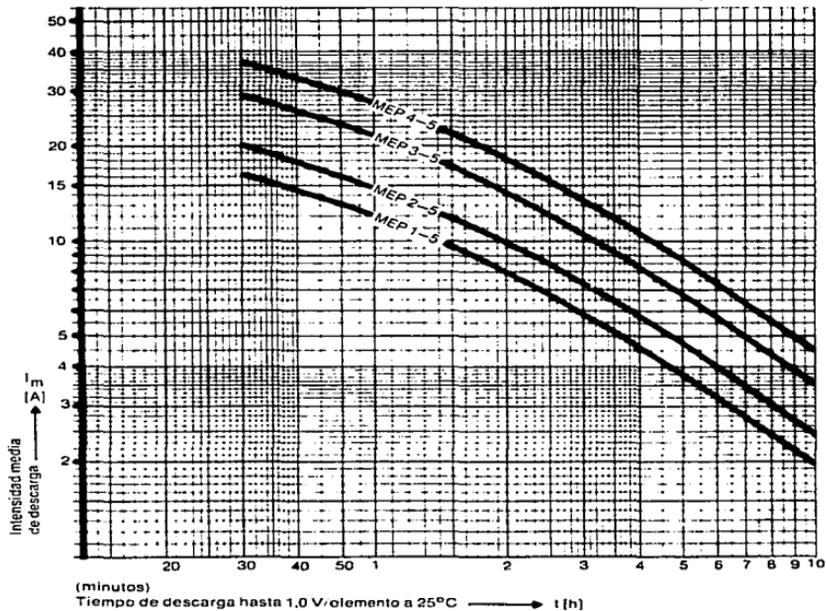
Las hojas de diagramas 1 y 2 está basada en el esquema de la fig. 3.9. Para comparar los elementos en las diferentes columnas pueden prolongarse las diferentes curvas de características en el mismo ángulo de modo que lleguen a la zona de interés.



Intensidad media de  
descarga  $I_m$  [A]

(minutos)  
Tiempo de descarga hasta 1.0 V elemento a 25°C

$t$  [h]



Las baterías MEP constan de bloques indivisibles de 5 elementos (por ello se pone el número 5 en la designación). La hoja de datos se aplica por lo tanto para una descarga hasta 5.0 V por unidad.

En los sistemas descentralizados en los que se desean largos intervalos de tiempo entre las inspecciones, se recomienda el tipo de elemento MEP el cual tiene una gran reserva de electrólito. Este tipo tiene un poder de descarga similar al tipo MDP. El intervalo entre llenados de agua en las baterías MEP es de 10 años o más si la carga está bien regulada.

#### Determinación del número de elementos

Se calcula que cada elemento tiene una tensión que corresponde a 1.2 V de la tensión del sistema. La tabla 3.2. muestra el número resultante de los elementos para las diferentes tensiones del sistema y las tensiones correspondientes de batería con valores de carga a tensión constante de 1.60 V y 1.65 V por elementos y con una tensión de carga de flotación de 1.40 V por elemento.

Tabla 3.2. Tensiones y número de elementos de las baterías

Tensión del sistema $U_N$	V	12	24	48	110	220
Número de elementos		10	20	40	90	180
Tensión de carga (1.60 V/elem.)	V	16	32	64	144	288
a fondo (1.65 V/elem.)	V	16.5	33	66	149	298
Tensión normal (1.40 V/elem.)	V	14	28	56	126	252
(carga de flotación)						
Tensión final después de la descarga	V	10	20	40	90	180

La elección del tamaño del elemento puede efectuarse tomando como guía las hojas de diagramas 1 y 2, tomando como base la tensión final de 1.0 V por elemento, que corresponde al 83 % de la tensión del sistema. Esta tensión permite una utilización máxima de la batería.

La forma de la curva de la tensión hasta el valor final depende del tiempo de descarga. Cuando la descarga es lenta la tensión permanece estable a un valor alto hasta la fase final. Nuestras hojas de datos informan sobre las corrientes de descarga a tensiones finales superiores.

Pueden permitirse algunas divergencias con respecto al número de elementos dado, aunque como es natural esto afectará la tensión de carga de batería.

### Determinación del tamaño del elemento

Cuando se haya encontrado la intensidad media,  $I_m$  podrá elegirse el tipo y el tamaño adecuado del elemento en las hojas de datos 1 y 2 ( páginas 29 y 30 ).

$I_m$  se calcula con la fórmula

$$I_m = \frac{P_m}{U_N}$$

### Ejemplo de cálculo 1

Calcular la batería adecuada para una instalación de alumbrado de emergencia en una oficina de correos de tipo medio:

Tenemos los siguientes datos

Tensión del sistema	$U_N = 24 \text{ V}$
Número de puntos de luz	$= 30$
Potencia / punto de luz	$= 25 \text{ W}$
Tiempo de funcionamiento descado	$= 0.5 \text{ h}$
Tensión final	$= 20 \text{ V}$

Cálculo:

$$\text{Potencia media total } P_m = 30 \times 25 = 750 \text{ W}$$

$$I_m = \frac{P_m}{U_N} = 31.2 \text{ A}$$

La tensión final no deberá ser inferior a 1.0 V/ elemento, lo cual nos da 20 elementos. Con la hoja de diagramas 1 ó 2 puede determinarse ahora el tipo adecuado de elemento. En este caso se obtiene según la hoja 1 el tipo de elemento MDP- 3 el cual proporciona un buen margen ( 36.0 A durante 0.5 horas ).

Resultado: La batería adecuada es 20 elementos MDP - 3.

La batería del ejemplo puede dividirse en dos bloques de 10 elementos. Ver la sección " instalación " y las hojas de datos.

### **Determinación del dispositivo de carga adecuado**

#### **Datos principales**

intensidad  
tensión  
sistema de trabajo  
control automático

#### **Tiempo de carga**

##### **Corriente constante**

La batería se carga hasta:  $I \times t = 1.4 \times C \text{ Ah}$

**Tensión constante** ( límite de corriente  $I_{\text{máx.}}$  ).

$$t_1 = \frac{Q}{I_{\text{máx}}} \text{ para la recarga de una batería descargada } Q \text{ (Ah)}$$

hasta aprox. el 75% de la carga.

$t_2$  = tiempo de carga final a tensión constante hasta el 100% de la carga.

El tiempo total de carga con este método =  $t_1 + t_2$

Los valores aproximados de carga se dan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tiempos aproximados de carga ( horas ) con dispositivo de carga a tensión constante con limitación de intensidad.

Tensión	1.50 V / elemento					1.55 V / elemento					1.60 V / elemento					1.65 V / elemento				
Tensión I / C ( durante t <sub>c</sub> )	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
<b>Tipo de elemento:</b>																				
KA ( P ) t <sub>c</sub>	20	9	4	1.7	1	20	10	4.8	2.8	1.8	20	10	5	3.2	2.3	20	10	5	3.3	2.4
t <sub>c</sub>	170	200	230	330	370	70	70	75	95	110	23	23	23	25	26	10	10	10	10	11
MD ( P ) t <sub>c</sub>	20	10	5	3	2	20	10	5	3.1	3.2	20	10	5	3.2	2.4	10	5	3.3	2.5	
t <sub>c</sub>	140	140	140	170	200	60	60	60	65	70	11	11	11	12	12	5.5	5.5	5.5	5.2	
HI ( P ) t <sub>c</sub>	20	10	5	2.2	2	20	10	5	3.3	2.3	10	5	3.3	2.5	5	3.3	2.5			
t <sub>c</sub>	100	100	100	110	140	45	45	45	45	50	7	7	7	7	2.5	2.5	2.5			

El tiempo total de conexión para recargar al 100% una batería descargada se obtiene con la suma de  $t_1 + t_2$  en cada caso particular. Después de  $t_1$  tendremos aproximadamente el 70 - 80 % de la capacidad.

Los tiempos de carga de la tabla son solamente valores recomendados ya que el tiempo de carga exacto depende de una serie de circunstancias como por ejemplo el tipo de descarga y la temperatura ambiente.

### **Carga separada**

La manera más simple de llevar a cabo este tipo de carga es con intensidad constante o con rectificador sin regulación.

Para los elementos KA (P) y MD (P), la corriente debería ser por lo menos de  $0.05 \times C$ , y por lo menos de  $0.10 \times C$  para los elementos HI (P). La carga deberá efectuarse a una tensión final de 1.70 V / elemento.

### **Carga de flotación**

Deberá emplearse un cargador de intensidad constante con gran resistencia interna, la cual deberá poderse regular para que dé una corriente de  $0.5 - 1.0 \times C$  mA. O bien:

Deberá emplearse un cargador de tensión constante regulado a 1.40 V por elemento  $\pm 1$  a 2 % dentro de toda la zona de trabajo.

### **Funcionamiento en paralelo**

Se necesita un cargador de tensión constante con limitación de intensidad. La corriente y la tensión nominal se elegirán teniendo en cuenta el poder de descarga continuo y el tiempo de carga y la intensidad de la fase final según la tabla 3.3.

La tensión del dispositivo de carga se obtiene en la tabla 3.2.

Si el equipo conectado en paralelo es sensible a la sobretensión, el número de elementos deberá ser ajustado o deberán tomarse medidas especiales.

## Ejemplo de cálculo 2

Elegir un dispositivo de carga adecuado para la batería según el ejemplo 1, página 20.

Requerimientos:

70% de la carga en un espacio de 3 h.

Control automático de la carga.

Posibilidad de conectar otros receptores al sistema, por ejemplo sistemas de alarma, con una tensión máxima permisible de 32 V.

Cálculo:

La batería es de 20 elementos del tipo MDP - 3 con una capacidad  $C = 30$  Ah.

El 70 - 80 % de la carga se obtendrá después del tiempo  $t_1$  con la corriente  $I$  cuando

$$t_1 \times I = C$$

$$\text{ó } I = \frac{C}{t_1} = \frac{30}{3} = 10 \text{ A}$$

La tensión del dispositivo de carga queda determinada por los receptores extra aplicados al máximo de 32 V = 1.60 V por elemento y deberá ser regulada.

Cuando se trate de carga flotante el dispositivo de carga deberá conectarse para  $20 \times 1.40 = 28 \text{ V} \pm (1\% = 0.3 \text{ V})$

El tiempo de carga de la fase final es 1.60 V es de 12 horas, así que el tiempo de carga total será de  $3 + 12 = 15$  horas.

Resultado:

Cargador a tensión constante con limitación de intensidad a 10 A, valores nominales 24 V / 10 A, tensiones 32 y 28 V  $\pm 0.3$  V con conmutación automática en caso de interrupción en la red y después de 15 h de carga. Tendrá que agregarse un conmutador de luz de emergencia para 35 A a 24 V.

## **Instalación**

Las baterías de níquel-cadmio se entregan llenas de electrolito y cargadas o sin carga y vacías. Cada entrega va acompañada de instrucciones detalladas para la puesta en funcionamiento . Las baterías pueden ser colocadas en cualquier local, con la condición de que el ciclo de carga el local esté lo suficientemente ventilado para evacuar los gases producidos y para que la temperatura no sobrepase los 45 °C.

## **Normas para el cálculo de la ventilación requerida**

El flujo de aire puede dimensionarse de acuerdo con las normas, las cuales determinan:

$$\text{para instalaciones en tierra} \quad Q = 55 \times n \times I$$

$$\text{para instalaciones en barcos} \quad Q = 110 \times n \times I$$

donde Q = flujo de aire aportado en litros por hora

n = número de elementos en la batería

I = intensidad de la corriente de carga al final del proceso o carga flotante,  $I = 0.01 \times C$

(C = capacidad nominal de la batería)

## **Montaje y colocación de las baterías**

Las baterías están formadas por unidades que constan de 2 - 10 elementos, según su tamaño.

Los elementos con recipiente de acero se montan colgantes en fuertes cajas de madera con un espacio de aislamiento entre ellos. Las cajas pueden colocarse en paralelo una a lado de la otra sobre una bancada o un soporte, de modo que queden bien accesibles todos los elementos para controlar el nivel del electrolito.

Los elementos con recipiente de plástico están unidos manualmente formando bloques con una placa base de plástico. Los bloques se colocan uno detrás del otro en una o varias hileras en forma escalonada como por ejemplo, sobre unos estantes, de modo que pueda verse rápidamente el nivel del electrolito a través de las paredes de plástico de todos los elementos.

Todas las dimensiones para elementos simples o compuestos están comprendidas en los catálogos.

### Terminales y conexiones

Todos los elementos de la serie estándar tienen polos cilíndricos de acero niquelado provistos de rosca métrica. Los elementos muy grandes tienen dos o varios polos con la misma polaridad, los cuales deberán interconectarse.

Los elementos de la misma caja o del mismo bloque están interconectados al efectuarse la entrega con unas placas de acero niquelado o de cobre.

Entre las diferentes cajas o bloques se emplean placas de conexión o cables flexibles aislados.

La longitud de estas conexiones depende de la posición de las terminales y de la situación de las unidades entre sí.

La fig.3.10 muestra la disposición estándar de las terminales de las unidades con número de elementos par e impar.

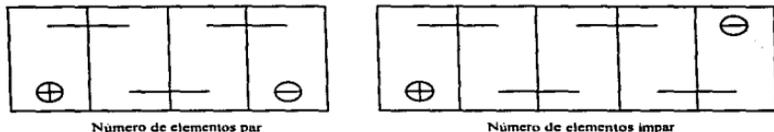


Fig. 3.10 Disposición de las terminales.

Al efectuar los pedidos deberá indicar la distribución prevista de los elementos y / o bloques , y la manera que estos han de colocarse entre sí.

Los polos terminales de los elementos de los extremos se emplean normalmente como terminales de la batería.

### Dimensiones de los cables

La caída de tensión  $u$  por unidad de longitud en un cable de cobre depende de la intensidad de corriente  $I$  y de la sección del conductor  $A$  según:

$$u = 0.018 \times \frac{I}{A}$$

donde  $u$  se obtiene en  $V / m$  (conductor simple)

si  $I$  se da en Amperios y  $A$  en  $mm^2$ .

Para una instalación central de alumbrado de emergencia se deben emplear a menudo grandes secciones de conductores ya que la caída de tensión permisible es pequeña. Para la misma caída de tensión, los costos de los cables aumentan con el cuadrado de la distancia entre la batería y el receptor. Por esta razón puede salir a cuenta reducir los costos de los cables empleando baterías de níquel-cadmio repartidas en unidades menores con batería, dispositivo de carga y conexiones en un gabinete de plástico.

Las secciones estándar se dan, por ejemplo en secuencia en  $mm^2$ , según el sistema AWG, figura 3.11.

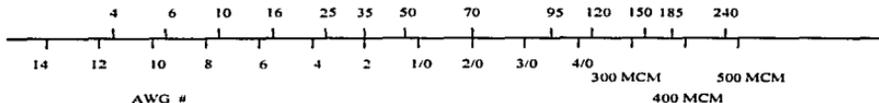


Fig. 3.11 Secciones de cables normalizadas.

## **Agrupación y distribución**

En los casos en que las autoridades determinen que ha de haber un sistema de alumbrado de emergencia suelen haber disposiciones especiales para la instalación y la distribución de las líneas. El objeto de ello es incrementar la seguridad en el funcionamiento durante condiciones excepcionales.

En los otros casos, como es natural, se trata también de obtener la máxima seguridad. Además de las normas corrientes de instalación deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

No deberán haber demasiadas lámparas en cada grupo.

Deberán haber fusibles de grupo, por lo menos sobredimensionados el 20%.

Las rutas de los cables deberán ir por separado y deberán estar bien protegidas contra el fuego.

Las lámparas adyacentes deberán estar conectadas a diferentes grupos.

Deberán haber por lo menos dos lámparas conectadas a diferentes grupos en cada habitación.

## **Cuidados y mantenimiento**

Las baterías requieren muy poca atención. Si la tensión de carga está bien ajustada, las baterías sólo necesitan inspecciones con intervalos de tiempo muy largos, los cuales pueden coordinarse con el control de los demás equipos. Los intervalos normales son de 1 - 2 años según el tipo de elemento y las condiciones de funcionamiento.

Cada batería entregada va acompañada de unas instrucciones detalladas sobre el cuidado y mantenimiento.

### Teoría resumida de las baterías

En la figura 3.12 se muestra un circuito eléctrico de una batería con todos sus elementos, en donde  $E$  y  $r_i$  son magnitudes ideales.

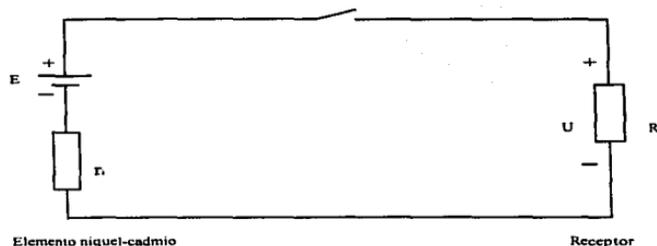


Fig.3.12. Circuito eléctrico de una batería.

Para un elemento  $E = 1.36 \text{ V}$  cargado, circuito abierto

$E = 1.33 \text{ V}$  f.e.m. eficaz a plena carga

$E = 1.28 \text{ V}$  f.e.m. eficaz a media carga

$E$  aumenta insignificanemente al bajar la temperatura

$r_i$  depende de la temperatura y aumenta algo cuando la temperatura baja

$r_i$  depende también algo del tiempo que el elemento ha estado conectado y del estado de carga del mismo. Sin embargo el cambio en  $r_i$  solamente adquiere importancia al final de la descarga.

Los valores normales de  $r_i$  son:

para la serie de elementos KA (P)  $0.22 / C$  ohm

MD (P)  $0.12 / C$  ohm

HI (P)  $0.05 / C$  ohm

donde  $C$  es la capacidad nominal del elemento en Ah. La potencia máxima en el receptor  $R$  se desarrolla cuando  $R = r_i$ .

$$\text{La tensión será entonces } U = \frac{1}{2} \times E$$

La tensión eficaz del elemento durante la descarga se suele poner normalmente a un valor nominal de 1.2 V.

En lo que respecta a la tensión real, ver las curvas de descarga en las hojas de datos 1 y 2.

La capacidad de una batería es el contenido máximo de energía que se puede sacar de una batería completamente cargada con una cierta intensidad de corriente y hasta una cierta tensión. La capacidad se expresa en Ah como el producto de la corriente por el tiempo. La capacidad nominal se indica con la letra C, y se refiere a una cierta descarga con una intensidad de corriente determinada hasta una tensión final especificada y es un valor característico de un cierto tamaño de elemento.

Al conectar en serie los elementos se suman las tensiones; al conectar en paralelo los elementos se suman las intensidades y las capacidades de los mismos (Fig. 3.13).

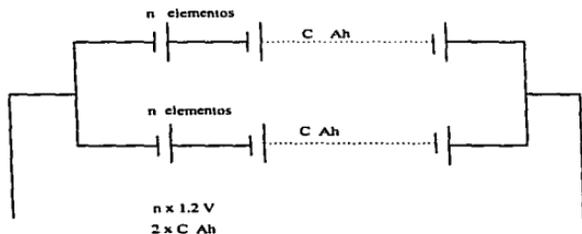


Fig. 3.13. Disposición adecuada para la conexión en serie y en paralelo.

### **3.3. Unidades de C.A. con baterías**

#### **Fuentes de luz**

Pueden utilizarse también tubos fluorescentes si se emplea un inversor. Los tubos fluorescentes tienen también una potencia luminosa superior a las lámparas incandescentes aprox. 70 lm/W. Si se cuentan las pérdidas de las reactancias en serie que son necesarias para el funcionamiento con corriente de la red, el valor obtenido será de aprox. 50 lm/W.

No es necesario, especialmente al alimentar con baterías uno o varios tubos fluorescentes, emplear frecuencias de 50 ó 60 Hz, sino que puede utilizarse un inversor transistorizado que produzca corriente alterna a frecuencias comprendidas entre 10 y 20 KHz. Estos inversores son pequeños y baratos y tienen un rendimiento que varía entre el 60 y 80%. El valor más alto resulta fácil de obtener con tensiones altas de la batería.

Para el funcionamiento del equipo que normalmente es alimentado con corriente de la red, se empleará un inversor con transistores o tiristores que dé la frecuencia normal de red. Con estos inversores se obtienen rendimientos que varían del 65 al 85%.

Estos convertidores de mayor tamaño están dotados a menudo de un regulador para mantener una tensión de salida constante, independientemente de la tensión de la batería o de la carga.

#### **Inversores**

Los inversores transforman la corriente continua en alterna. Los inversores estáticos provistos de válvulas de semiconductores mandadas, sobre todo tiristores, se fabrican para potencias de hasta 100 KVA aproximadamente y ofrecen considerables ventajas frente a los inversores con elementos de maniobra mecánicos: inmediata disponibilidad de servicio; reducido mantenimiento; ausencia de desgastes mecánicos; gran estabilidad de la tensión y la frecuencia; alto grado de insensibilidad frente a las vibraciones.

#### **Empleo**

Los inversores se utilizan principalmente en las instalaciones auxiliares de abastecimiento de energía o receptores importantes de corriente alterna, especialmente en hospitales, sistemas de telecomunicación y de elaboración de datos.

## Conexiones

Para tensiones de entrada de hasta 110 V se emplean inversores en conexión simétrica, y para tensiones superiores en conexión de puente.

### Conexión simétrica

Mediante el emisor de cadencia TG (Fig. 3.14) se ceban los tiristores T1 y T2 alternativamente, de forma que la tensión continua se aplica al primario derecho o izquierdo del transformador, al ritmo de la frecuencia de los impulsos. Los tiristores que en cada caso conducen la corriente se desactivan durante el proceso de descarga del condensador C, iniciado por el cebado del tiristor que anteriormente se encontraba en posición de bloqueo.

Durante el proceso de conmutación (cambio del paso de la corriente de un tiristor a otro), los dos conductores se encuentran un tiempo breve en estado de conducción. Por ello la fuente de corriente continua queda en corto circuito, puesto que pasa corriente en sentido opuesto por las dos mitades del primario. La inductancia L limita la corriente de corto circuito. Los diodos de bloqueo D1 y D2 impiden que se descargue el condensador C a través del arrollamiento del transformador. La corriente reactiva fluye de nuevo a la fuente de corriente continua a través de los diodos D3 y D4.

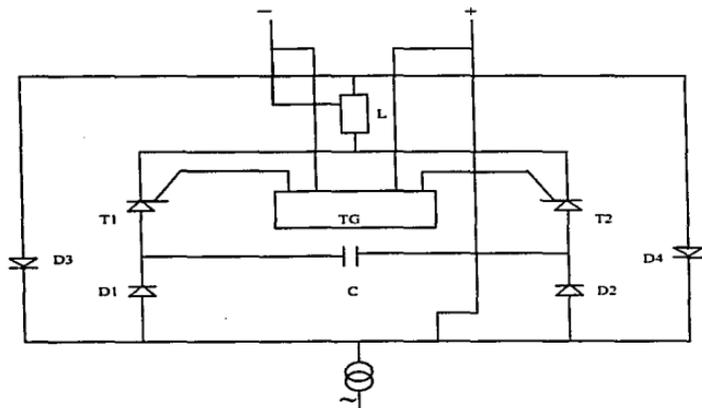


Fig. 3.14 Conexión simétrica.

### Conexión en puente

En este caso (Fig. 3.15), los tiristores opuestos T1 y T4 así como T2 y T3 se encuentran alternativamente en estado de conducción de la corriente. Una vez asumida la corriente del par de tiristores respectivo, se invierte la polaridad en el primario del transformador. Los demás procesos son equivalentes a los de la conexión simétrica, quedando sustituida la inductancia L por L1 y L2. La tensión que ha de soportar los tiristores es de aproximadamente igual a la mitad de la correspondiente a la conexión simétrica.

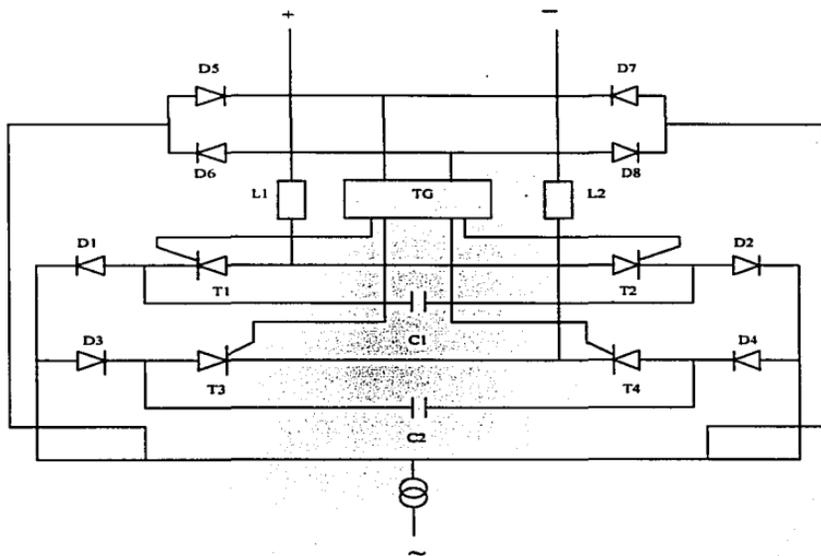


Fig. 3.15 Conexión en puente.

### Forma de la tensión alterna (tensión de salida $U_A$ )

En el lado de salida, los inversores con conexión simétrica o en puente aplican a los bornes del transformador una tensión alterna rectangular, con un coeficiente de distorsión armónica de 0.4 aproximadamente (figura 3.16).

Muchos receptores precisan para el servicio una tensión sinusoidal. Para ello se dispone a la salida del inversor; a menudo, en combinación con el transformador; un circuito de filtro, con el que se puede obtener un coeficiente de distorsión armónica  $\leq 0.05$  (figura 3.17).

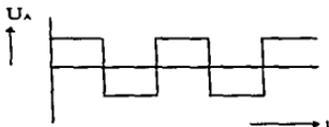


Fig. 3.16. Tensión de salida  $U_A$  en forma rectangular.

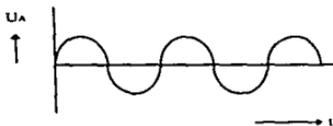


Fig. 3.17. Tensión de salida  $U_A$  en forma senoidal.

### Exactitud de la tensión

Los inversores se fabrican provistos de un sistema de regulación de la tensión o exentos de él. En este último caso, las variaciones de la tensión continua de entrada, debidas a diferentes estados de carga de la batería, influyen porcentualmente en la misma medida sobre la tensión de salida. A esto hay que añadir la caída interna de la tensión originada por la corriente de carga.

Para garantizar el servicio seguro de los inversores sólo son admisibles las fluctuaciones de la tensión de entrada comprendidas entre + 22 % y - 15 % del valor nominal. Si hay que contar durante el servicio con fluctuaciones de la tensión de entrada, se recomienda emplear inversores provistos de un sistema de regulación de la tensión, cuando los receptores sean sensibles a las variaciones de tensión. Se pueden suministrar inversores con una exactitud de la tensión de salida inferior al 1%. En los aparatos con salida monofásica de hasta 4 KVA aproximadamente se utiliza el sistema magnético de estabilización de la tensión, y en aparatos de potencias mayores o con salida trifásica, el sistema electrónico.

### Factor de potencia

En la mayoría de los aparatos es asimilable, a plena carga, un factor de potencia  $\cos \varphi$  comprendido entre 0.5 ( inductivo ) y 0.8 ( capacitivo ).

En la figura 3.18 se muestra la relación existente entre la tensión de salida de un inversor con sistemas de regulación y el factor de potencia  $\cos \varphi$ , para diferentes valores de carga.

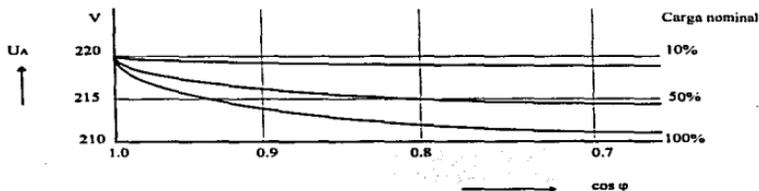


Fig. 3.18. Curvas de factor de potencia.

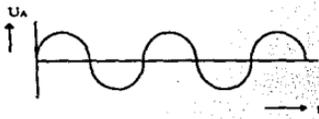
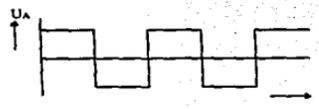
### Exactitud de la frecuencia

En el margen de temperaturas comprendido entre  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el emisor de cadencia mantiene constante la frecuencia a  $\pm 1\%$ . Cuando la frecuencia deba tener un mayor grado de constancia, se utilizan emisores con una tolerancia de hasta  $\pm 0.05\%$  de la frecuencia nominal.

### Rendimiento

El rendimiento  $\eta$  (potencia entregada en proporción a la absorbida) de los inversores depende de la conexión empleada.

Generalmente rige:

Forma de la tensión de salida	Rendimiento $\eta$ con estabilización de la tensión      sin	
	75%	80%
	80%	85%

### **Limitación de la corriente**

Los inversores provistos de un sistema magnético de estabilización de la tensión limitan la corriente de salida, de forma que en caso de cortocircuito no se sobrepasa al valor de 1.4 veces la intensidad nominal. Por este motivo, se pueden conectar receptores con alta extracorrente de cierre, sin necesidad de aplicar medidas adicionales. En los motores puede resultar imposible el arranque, como consecuencia de la limitación de la corriente. Por tanto, al diseñar un inversor se toma como base generalmente la intensidad máxima de la corriente del motor.

Los inversores provistos de un sistema electrónico de estabilización de la tensión limitan la corriente de salida al valor de la intensidad nominal. Al producirse fenómenos similares a los cortocircuitos, el sistema de regulación de la corriente no limita, por lo general, en la medida suficiente la corriente de cortocircuito; en tal caso, los aparatos se protegen mediante fusibles incorporados.

### **Servicio en paralelo**

Al conectar en paralelo varios inversores hay que tener cuidado de que sean iguales sus frecuencias y las fases de las tensiones de salida. Debido a que las tensiones de salida no son exactamente iguales, pueden desplazarse ligeramente la carga, por lo que los inversores en paralelo sólo se deben someter a un 90% de su intensidad nominal.

En caso de conexión en paralelo con la red de corriente alterna, han de ser sincrónicas las frecuencias de la red y del inversor, para evitar el batido (interferencias). Para ello se prevé en los emisores de cadencia una entrada de sincronización.

### **Inversor trifásico**

Para los receptores de corriente trifásica se precisan tres inversores, que juntos forman el llamado "inversor trifásico" (Figura 3.19).

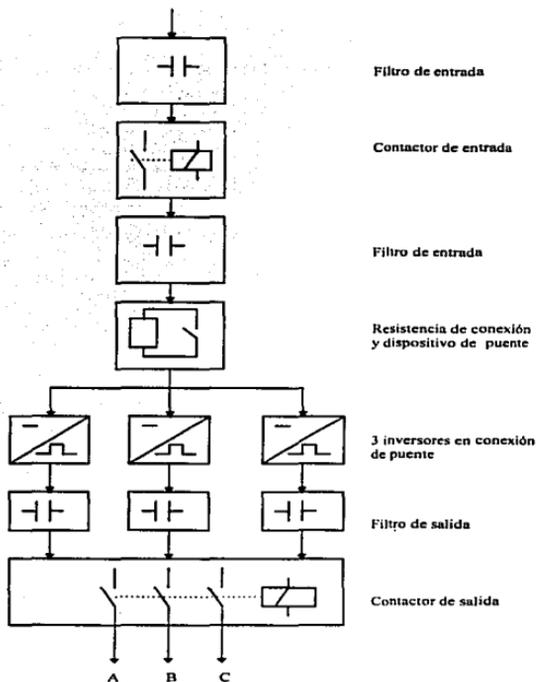


Fig. 3.19 Esquema de conexión por bloques de un inversor trifásico (parte de alta intensidad) formado por tres inversores.

### Disposición de empleo

Según las condiciones que hayan de cumplir los inversores respecto a su disposición a prestar servicio, se utilizan diferentes conexiones:

### Conexión preferencial de la red

De la Fig. 3.20, al producirse una falla en la red, se pone en servicio el inversor por medio de un relevador y se conecta a los receptores después de 1 segundo aproximadamente. El cargador utilizado puede ser pequeño, puesto que, después de una falla en la red, sólo se utiliza para cargar los acumuladores, conmutándose luego a carga de compensación.

La duración de la interrupción se puede limitar al tiempo de maniobra de los aparatos (fracciones de segundo), si el inversor se mantiene funcionando en vacío mientras presta servicio la red, y al producirse una falla en esta, sólo se conecta a los receptores el lado de corriente alterna.

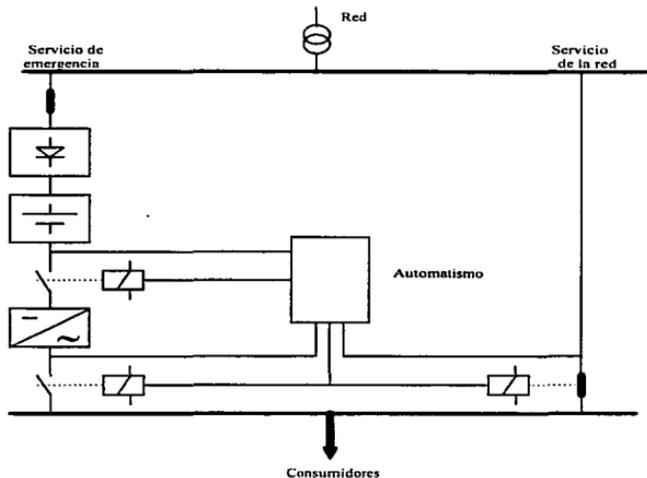


Fig. 3.20.- Conexión preferencial de la red.

### Conexión preferencial del inversor

En este caso, el cargador tiene que cubrir, al fallar la red, además de la potencia de carga, las pérdidas en vacío del inversor.

Cuando se precisa un abastecimiento ininterrumpido de corriente, conviene utilizar la conexión preferencial del inversor (fig. 3.21).

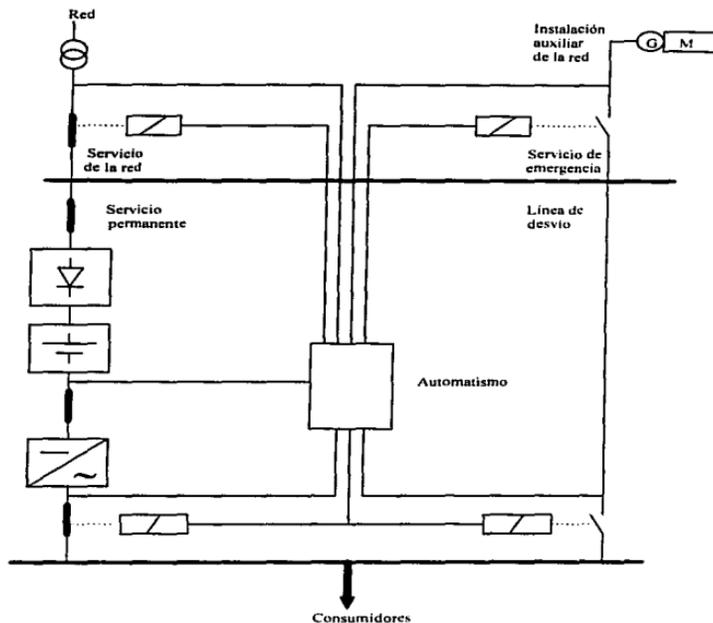


Fig.3.21.- Conexión preferencial del inversor.

Aún habiendo tensión en la red, el inversor alimenta los receptores a través de un circuito intermedio de corriente continua con acumulador. Ya que al fallar la red no se precisa maniobra alguna, este tipo de conexión ofrece gran seguridad.

El cargador tiene que estar dimensionado para la carga normal y en tampón del acumulador.

#### **Conexión en paralelo para aumentar la seguridad**

En instalaciones en las que se requiere una elevada seguridad de abastecimiento, por ejemplo en los sectores de telecomunicaciones y de protección de vuelo, se pueden emplear dos inversores con los acumuladores correspondientes, que presten servicio en paralelo. Cada uno de ellos está diseñado para la potencia total necesaria, pero durante el servicio normal trabaja sólo a media potencia. Si falla un inversor, el otro asume la plena carga.

#### **Eliminación de interferencias**

Si hay conectados al acumulador instalaciones de telecomunicaciones, además del inversor, se prevén órganos LC en el lado de corriente continua, como dispositivos de alisamiento que reducen las tensiones parasitarias de 100 Hz a la cuarta parte aproximadamente (12 DB).

Montando dispositivos antiparasitarios en los inversores, se pueden eliminar las interferencias hasta por debajo de los valores límite de los grados de perturbación G, N ó K.

#### **Indicaciones relativas a la planificación.**

##### **Colocación**

Los inversores y las baterías se colocan en gabinetes por separado o, en caso de potencias bajas, junto con acumuladores de níquel-cadmio.

##### **Selección de los acumuladores**

Para dimensionar los acumuladores se toman como base la intensidad de la corriente absorbida en el lado de corriente continua del inversor y el tiempo durante el que ha de prestar servicio dicho inversor. Como fórmula aproximada para un servicio de tres horas se supone:

$$k_{10} \approx 3 \times 1.4 \times I_0 \text{ en Ah,}$$

Siendo  $I_0$  la intensidad de la corriente continua absorbida estando el inversor sometido a plena carga.

Debido a los límites superiores de la tensión admisibles para el servicio de los inversores, el número de elementos de las baterías níquel-cadmio es inferior al utilizado, por ejemplo, en un sistema de alumbrado de emergencia con baterías.

Tensión continua a la entrada del inversor	24 V	40 V	60 V	110 V	220 V
No. de elementos de las baterías de Ni-Cd 1) o de plomo	19	34	48	88	176
	12	20	30	55	110

1) Se recomienda el empleo de acumuladores con placas sinterizadas (tipo S)

### Dimensiones de las líneas

Las longitudes y secciones de las líneas de corriente continua tendidas entre el inversor y la batería se han de elegir de tal forma que la caída de tensión no exceda de 25 mV/elemento.

Si la distancia entre la batería y el inversor es mayor de 10 m, conviene disponer a la entrada del inversor condensadores como acumuladores de energía para las sobretensiones que se establecen durante los procesos de maniobra.

## CAPITULO IV

### SISTEMAS DE FUERZA ININTERRUMPIBLES

#### 4.1. Diagrama de principio

##### Introducción

El progreso continuo y bienestar de nuestra sociedad depende cada vez más del uso y aprovechamiento de las computadoras.

Las computadoras aumentan la productividad de los negocios al manejar "En Línea" (TIEMPO REAL) áreas tales como: ventas, facturación, información bancaria, inventarios, control de proceso de fabricación, etc. La capacidad de comunicación de las computadoras ha crecido de 50 a 70 % de 1970 a la fecha, incrementando a la vez la sensibilidad de la computadora a las variaciones en la calidad requerida de la línea eléctrica comercial.

La mayoría de las fluctuaciones eléctricas no afectan a los teléfonos, alumbrado, aire acondicionado y a una gran cantidad de otros tipos de cargas, pero pueden provocar que una computadora se apague o que su información sea errónea.

Los datos enviados por vía telefónica, no son afectados por dichas fluctuaciones debido a que las centrales telefónicas son alimentadas por baterías, lo que les permite continuar operando por el tiempo determinado por la capacidad de las baterías.

A menos que la computadora sea similarmente protegida contra fluctuaciones de la energía eléctrica comercial, su valor como parte real del tiempo en la producción de información, tendría que ser seriamente analizado.

La utilización de los sistemas de fuerza ininterrumpibles (UPS) en los centros de cómputo como protección hacia la computadora contra las variaciones de la energía eléctrica comercial y como obtener el mejor aprovechamiento de los mismos se explican a continuación.

### **Sistema de fuerza ininterrumpible**

Un sistema de fuerza ininterrumpible (UPS ) está compuesto por 3 o más sub-sistemas electrónicos y una batería. El sistema está conectado entre la energía eléctrica comercial y la carga crítica que deberá ser protegida contra fluctuaciones de su alimentación. El UPS tiene las siguientes funciones principales:

- ⇒ Regular la calidad de la energía que se suministra.
- ⇒ Proveer la energía en forma continua por minutos u horas en caso de ocurrir una falla en la línea eléctrica comercial, permitiendo terminar procesos o programar paros protegiendo así la información.
- ⇒ Aislar la computadora contra transitorios y distorsiones de voltaje provocados por algunos tipos de máquinas que se encuentran colocadas a la línea comercial de energía eléctrica.

El UPS está compuesto de un rectificador/cargador, un banco de baterías, un inversor estático y un interruptor estático de transferencia (ver fig.4.1).

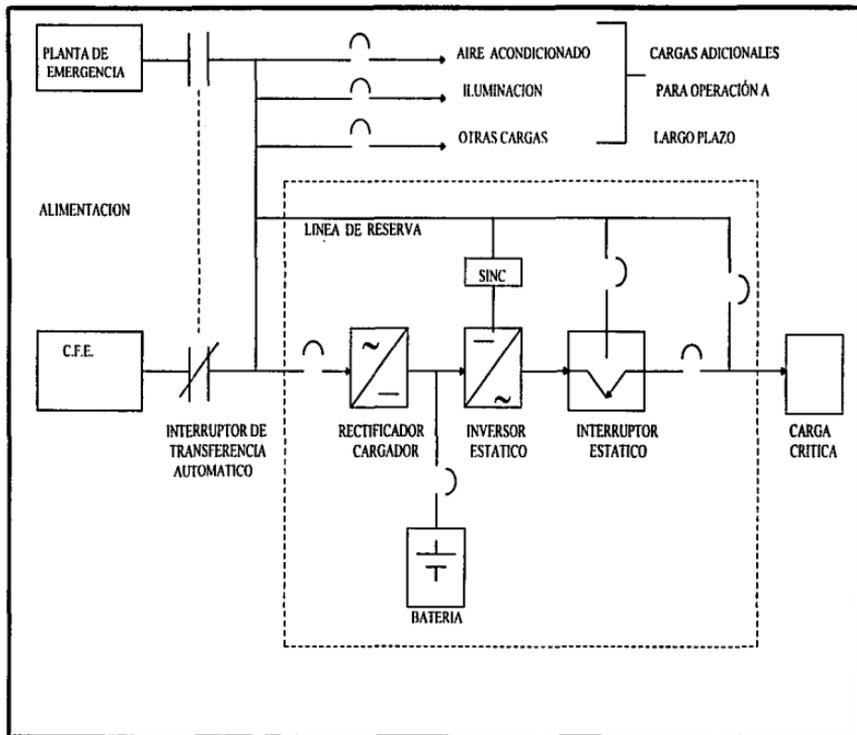


Fig.4.1.- Sistema de fuerza ininterrumpida completo- "grado computador".

## Operación normal

Cuando la línea eléctrica comercial está presente, el rectificador/cargador convierte la energía de C.A. en energía de C.D. para mantener la batería completamente cargada y a la vez suministrar C.D. al inversor estático.

El inversor estático convierte la energía de C.D. en energía de C.A. la cuál proporciona a la carga a través del interruptor estático de transferencia (ver fig. 4.2)

Este proceso de convertir la energía eléctrica de C.A. a C.D. y nuevamente a C.A. purifica la energía de corriente alterna proporcionada a la carga crítica, eliminando las fluctuaciones y aislando la computadora de otros dispositivos conectados a la línea comercial.

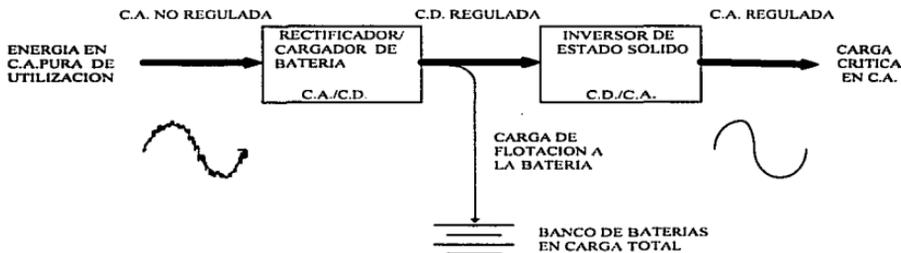


Fig.4.2.- Operación normal del UPS.

### Falla de energía eléctrica

Cuando el voltaje de alimentación comercial falla ó disminuye en más de 15% de su valor nominal, la batería alimenta al inversor y éste a su vez continúa alimentando a la computadora sin interrupciones (ver fig. 4.3).

Si fuera necesario extender el tiempo de protección, se puede instalar una planta de emergencia tipo Diesel adelante del UPS con transferencia automática de la línea comercial como el de la figura anterior 4.1. Con este arreglo se obtienen óptimos resultados en la continuidad de operación y seguir funcionando por varios días. En este caso se podrá reducir la capacidad del banco de baterías de 5 a 10 minutos reduciendo el costo del mismo.

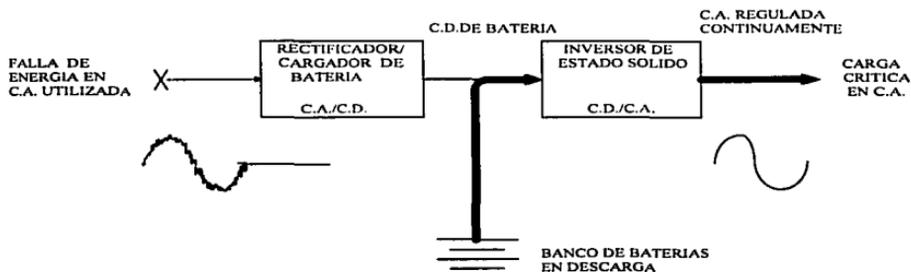


Fig. 4.3.- Operación del UPS con falla de la energía utilizada.

### Falla de los componentes del UPS

Los sistemas de fuerza ininterrumpibles pueden funcionar continuamente por años. Sin embargo no están exentos de fallas; cuando falla el inversor, el interruptor estático transferirá la carga a la línea de reserva sin interrupciones a la computadora.

## 4.2. Descripción de componentes

### Rectificador

#### Teoría de Operación:

En la sección rectificadora, es convertida la energía de C.A. a energía de C.D por medio de unos diodos o tiristores, como se muestra en la figura 4.4. El diodo conduce corriente cuando se le aplica un voltaje entre el ánodo y el cátodo,  $+v_d$ , y bloquea la corriente cuando el voltaje es  $-v_d$ . En la dirección de conducción, la caída de voltaje en el diodo es de 1.5 a 2.5 V a una corriente nominal. El voltaje nominal del diodo es una medida de su habilidad para bloquear la corriente inversa. El tiristor mostrado en la figura 4.4b tiene una terminal extra llamada "puerta". Similar al diodo, el tiristor bloquea la corriente para  $-v_t$ . No obstante, el tiristor no conducirá corriente en la dirección positiva,  $+v_t$ , hasta que se le aplica una señal de voltaje a la puerta. Para cambiar la señal del voltaje en fase con respecto al voltaje aplicado de C.A. al tiristor, se debe controlar el periodo de conducción y también controlar el voltaje de salida de C.D. del rectificador.

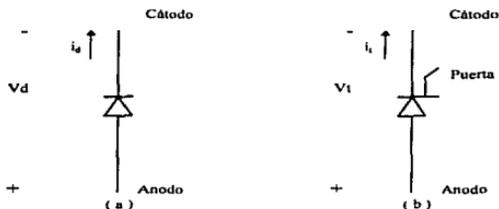


Fig. 4.4. Semiconductores para rectificadores. ( a ) Diodo; ( b ) tiristores ( SCR ).

El circuito puente rectificador trifásico de 6 impulsos comúnmente utilizado se muestra en la figura 4.5. El puente es suministrado con energía trifásica a través de un arreglo de transformadores de alimentación los cuales sirven para aislar eléctricamente el lado de C.D. del rectificador desde la entrada de la línea en C.A. y fijar el nivel de voltaje en C.D. en las terminales de salida.

Los 6 dispositivos semiconductores pueden ser tiristores, como se muestra, para permitir el control de voltaje de salida en C.D., o diodos, los cuales entregan únicamente el voltaje máximo de salida.

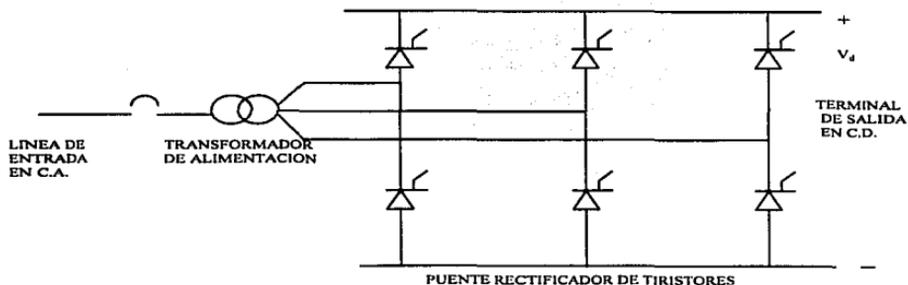


Fig. 4.5. Diagrama esquemático del rectificador de tiristores de 6 impulsos.

El término "6 impulsos" significa que el rizo de voltaje de salida tiene 6 impulsos por cada ciclo de voltaje de entrada en C.A.

Las muestras de las formas de onda del voltaje de salida en C.D. del circuito rectificador de la figura 4.5 se ilustran en la figura 4.6. Se muestra un ciclo abarcando  $360^\circ$  del voltaje de entrada. Durante cada intervalo de  $60^\circ$ , el voltaje de línea a línea instantáneo más alto es conectado a través de un dispositivo en el grupo superior y otro dispositivo en el grupo inferior a las terminales de salida en C.D. Por lo tanto, el rizo mostrado en la figura 4.6a es la cresta a  $60^\circ$  del voltaje de línea a línea. Estas formas de onda son producidas cuando los dispositivos son diodos o cuando estos son tiristores con un ángulo de disparo de  $\alpha = 0^\circ$ . Cuando el ángulo de disparo es incrementado (retardado), el tiristor también conduce en intervalos de  $60^\circ$  pero con cortes como se muestra, por ejemplo, en la figura 4.6b cuando  $\alpha = 30^\circ$ . En la figura 4.6a el voltaje medio  $V_d$  es inferior que para un diodo rectificador.

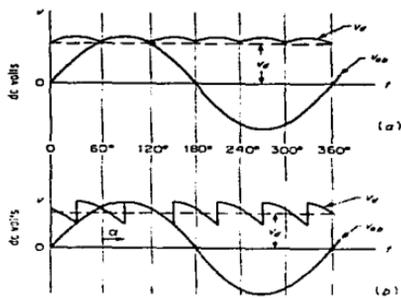


Fig. 4.6. Formas de onda del rectificador de tiristores de 6 impulsos de la figura 4.5: voltaje de salida  $V_d$  en C.D. y voltaje medio  $V_d$  para (a) ángulo de disparo  $\alpha = 0^\circ$  y (b) ángulo de disparo  $\alpha = 30^\circ$ .

El voltaje medio de salida  $V_d$  esta en función del ángulo de disparo  $\alpha$  como se muestra en la figura 4.7. Cuando  $\alpha = 0^\circ$ ,  $V_d$  corresponde a la operación del diodo, cuando  $\alpha = 90^\circ$ ,  $V_d = 0$ . Sin embargo, el voltaje de salida instantáneo es considerable, pero con igual rizo positivo y negativo. Los rectificadores monofásicos en módulos de baja potencia utilizan 2 o 4 diodos o tiristores para producir rizados de 2 impulsos, donde las características de control son similares.

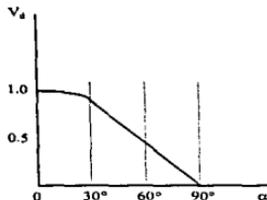


Fig. 4.7. Rectificador de tiristores de 6 impulsos de la fig. 4.5. Voltaje medio de salida  $V_d$  en C.D. contra ángulo de disparo  $\alpha$ .

## **Inversor**

### **Teoría de Operación :**

El inversor trifásico emplea un mínimo de 6 interruptores semiconductores para sintetizar el voltaje de salida en C.A. desde el voltaje de entrada en C.D. Los interruptores emplean transistores, tiristores, o dispositivos de corte en puerta ( GTO ). Los interruptores deben abrir y cerrar con una secuencia específica y tiempo de duración. Los modos comunes de operación son los llamados de " 6 etapas " y "modulación en anchura de impulsos ( PWM )".

### **Inversor de 6 etapas**

La secuencia en la cual los tiristores son operados para obtener las formas de onda de salida trifásica se muestran en la figura 4.8. Los tiristores están representados por medio de interruptores y la carga esta representada por un arreglo de impedancias conectadas en estrella. Cada etapa corresponde a  $60^\circ$  de la forma de onda de salida. Durante la etapa 1, los tiristores 1, 5 y 6 están conduciendo. Las terminales a y c de la carga están conectadas a la barra positiva del suministro en C.D. y la terminal b esta conectada a la barra negativa del suministro. Los voltajes de línea  $V_{ab}$  y  $V_{bc}$  tienen cada uno una magnitud  $V_o$ . Los voltajes de línea neutro  $V_{ao}$  y  $V_{co}$  corresponde cada uno a  $V_o / 3$  y  $V_{bo}$  es igual a  $2 V_o / 3$ , como se muestra en la figura 4.8.

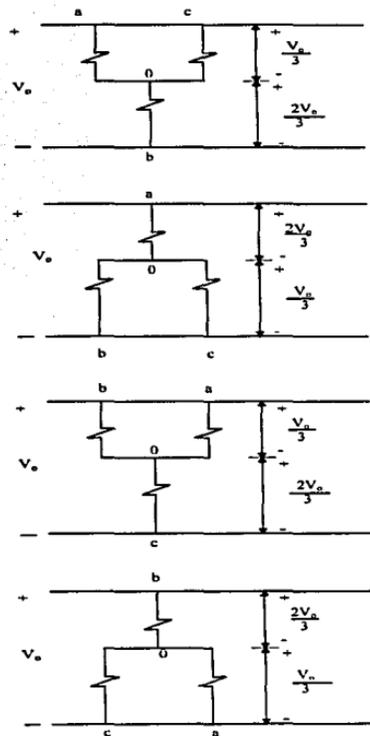
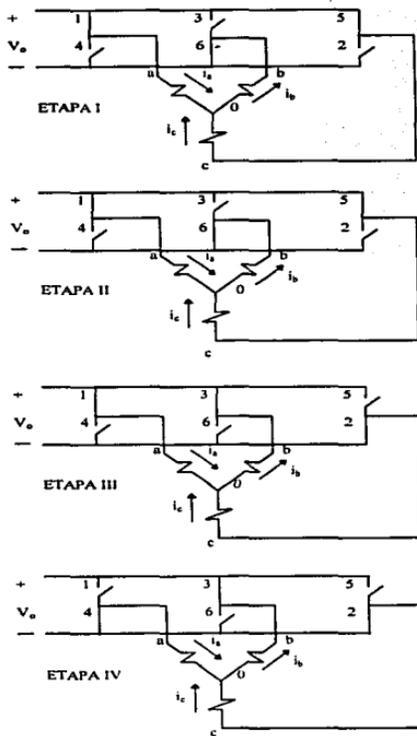


Fig.4.8 Modelo con interruptores para un inversor de 6 etapas trifásico.

A cada intervalo de  $60^\circ$ , uno de los tiristores conmutan en la secuencia 1- 2 - 3 - 4 - 5 - 6. Las formas de onda para los voltajes de línea a neutro  $V_{ao}$  y  $V_{bo}$  y del voltaje de línea  $V_{ab}$  se muestran en la figura 4.9.

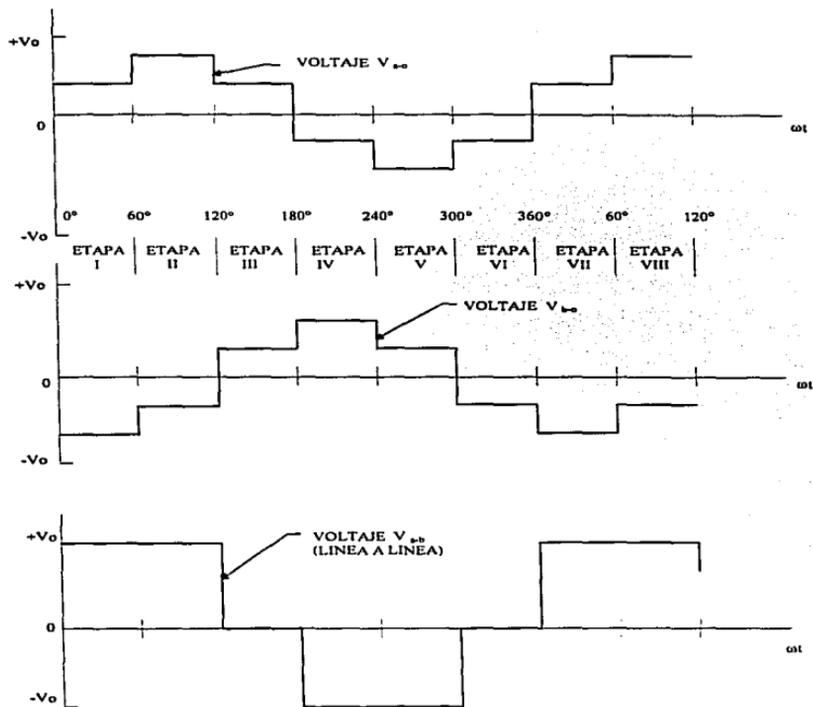


Fig. 4.9 Voltajes de salida línea a línea , línea a neutro para un inversor trifásico de 6 etapas.

El voltaje de línea a neutro tiene un ciclo por cada 6 etapas y aproximándose a una onda senoidal y el voltaje de línea a línea tiene  $120^\circ$  de amplitud entre los impulsos positivo y negativo. Las formas de onda de voltaje están caracterizadas por una componente fundamental a la frecuencia deseada, por ejemplo, de 60 o 415 Hz, y armónicas de 5a, 7a, 11a, y 13a orden, etc. Las formas de onda son "rizadas" por el uso de filtros u otras técnicas de cancelación para eliminar las armónicas.

### **Comutación**

El tiristor, como un interruptor semiconductor, se pone en conducción por un impulso de puerta; si se requiere, se le aplica una corriente externa a través de las terminales del ánodo-cátodo para ponerlo en estado de bloqueo. Este proceso se llama conmutación. El GTO puede bloquearse con un impulso negativo en puerta. El transistor se conecta y desconecta con la aplicación de una corriente en la base. El proceso de conmutación para el tiristor como inversor se describe a continuación.

El modelo de circuito eléctrico para la etapa superior e inferior de un inversor, por ejemplo, 1 y 4 de la figura 4.8, se muestra en la figura 4.10. En adición al interruptor del tiristor principal T1 y T2, el circuito requiere conmutar los tiristores T3 y T4, reactivar los diodos D1 y D2 y la conmutación de los componentes C y L. La función de los componentes adicionales es la de transferir la conducción de los tiristores T1 y T2 e invertir a un tiempo adecuado. Antes del tiempo de conmutación, la corriente  $I_1$  es conducida por T1 a la terminal de la fase a. de la carga. Con el tiempo necesario, el tiristor T3 se enciende. El capacitor C se descarga con una corriente  $I_2$  a través del diodo D1; la caída directa polariza inversamente al tiristor T1 hasta que se bloquea. La corriente de carga  $I_3$  se transfiere al diodo D2 hasta que la corriente tienda a cero.

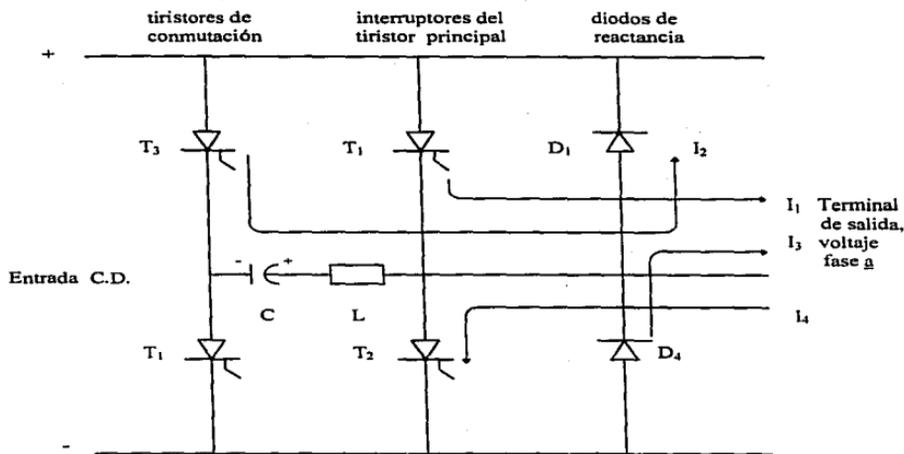


Fig. 4.10 Circuito para la etapa superior e inferior de un inversor mostrando la conmutación de la corriente desde  $T_1$  a  $T_2$ .

El tiristor  $T_2$  se dispara para conducir la corriente de carga  $I_4$  en la dirección negativa. El ciclo de conmutación es completado.

Durante el tiempo en la cual el diodo  $D_2$  está conduciendo la corriente de carga  $I_3$ , la energía es transferida desde la carga en reposo a la fuente de C.D. del inversor. Esta energía es almacenada en el capacitor de filtro y es regresada a la carga cuando el tiristor  $T_2$  empieza a conducir la corriente de carga  $I_4$ .

### Modulación de anchura de impulsos

Un camino alternativo para operar la etapa de un inversor, es la operación de cada interruptor de estado sólido en tiempos múltiples en cada medio ciclo en el modo de modulación de anchura de impulsos (PWM). Un ejemplo de cada conmutación de 6 tiempos por cada medio ciclo se muestra en la figura 4.11. Los puntos de conmutación son generados por el muestreo de una onda senoidal con una onda diente de sierra tal que la anchura y separación del impulso se aproximen a una onda senoidal. El interruptor de estado sólido debe ser capaz de conectar y desconectar a altas frecuencias, así como a la frecuencia de salida del UPS, por ejemplo, 6 tiempos de 60 o 415 Hz.

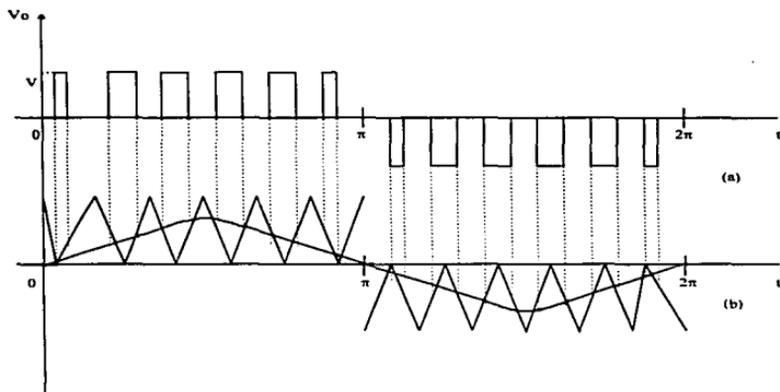


Fig. 4.11 Formas de ondas de voltaje de impulsos con modulación;  $N = 6$ .

El transistor como interruptor no es generalmente utilizado por su tiempo de desconexión, interrupciones y pérdidas en el circuito de conmutación. El tiristor como interruptor son usados por inversores en PWM hasta de varios cientos de kilowatts, y los GTO son usados para potencias altas.

La operación en PWM da como resultado una gran variedad de tamaños y futura reducción de costo. Primero, la barra de C.D. puede operar a un voltaje constante desde el rectificador de diodos; el control del voltaje se efectúa por medio del control de la anchura de cada impulso. Segundo, el filtro de salida es pequeño para la operación en 6 etapas; las frecuencias bajas a ser filtradas es  $2N$ , donde  $N$  es el número de impulsos por cada medio ciclo.

### **Voltaje de salida**

En un módulo UPS actual, el voltaje del inversor como el mostrado en la figura 4.9 deber ser regulado y filtrado antes de que pueda ser aplicado a la carga. La amplitud del voltaje en C.A. es proporcional a la entrada del voltaje de barra en C.D., el cual es generalmente fijado a un voltaje de batería. Se usan varios métodos para regular el voltaje; a continuación se dan algunos ejemplos.

1. *Control de cambio de fase.* Se usan 2 inversores; sus voltajes de salida se conectan en serie. Por medio del ajuste del ángulo de fase relativo de los dos voltajes, la suma puede ser ajustada para controlar el voltaje de salida neta.
2. *Control del ancho del impulso.* La anchura de cada etapa de la figura 4.9 se ajusta desde  $60^\circ$  hacia abajo. El voltaje neto es controlado de este modo.
3. *Modulación de anchura de impulsos.* El inversor es conectado y desconectado por largo tiempo durante cada etapa de la figura anterior 4.11. Por medio de un ajuste del rango de tiempo de conexión a desconexión, el voltaje neto es controlado.

El voltaje del inversor esta descrito como la suma de la componente de la frecuencia fundamental deseada ( 60 Hz ) y armónicas no deseadas. El objetivo de generar un voltaje de onda senoidal en las terminales de salida del módulo se obtiene en 2 etapas. Primero , el inversor se diseña para producir una forma de onda de voltaje que se aproxime a una senoidal. por ejemplo, 12 etapas en lugar de 6 etapas. Segundo, el voltaje con armónicas residuales son suprimidas por medio de filtros. En la figura 4.12 se muestra un ejemplo del circuito monofásico de un filtro.

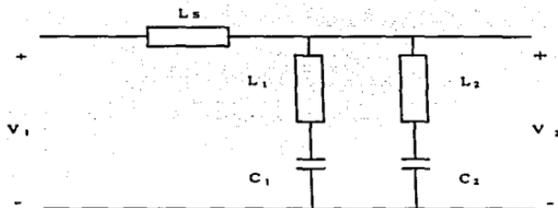


Fig. 4.12 Sección filtro de energía típico de una fase.

El voltaje  $V_1$  del inversor contiene una frecuencia fundamental de 60 Hz más los componentes de la 5a armónica ( 300 Hz ) y 7a armónica ( 420 Hz ). En el filtro,  $L_1$  y  $C_1$  están sintonizados para estar en resonancia serie a 300 Hz;  $L_2$  y  $C_2$  están sintonizados a 420 Hz. Cada sección filtro presenta una baja impedancia y su correspondiente armónica tal que la armónica de voltaje es reducida en la inductancia en serie  $L_1$  y sin alcanzar el voltaje de salida  $V_2$ .

#### Interrupor estático

Un interruptor estático trifásico consiste de 6 tiristores conectados espalda con espalda en pares como se muestra en la figura 4.13. Los interruptores estáticos son utilizados en por lo menos tres funciones: (1) para conectar ( y desconectar ) un módulo UPS desde una barra de salida común, (2) para conectar un módulo de reserva a la carga, (3) para conectar una línea en derivación a la carga. Un interruptor estático puede abrir o cerrar en menos de 4 mseg., comparado con un mínimo de 30 miliseg., para un interruptor electromecánico.

Para cerrar el interruptor, se aplica una señal a la puerta de los 6 tiristores; cada uno de los dispositivos se conectan cuando se les aplica un voltaje positivo entre el ánodo y el cátodo y se desconecta cuando el voltaje es negativo al conducir una corriente trifásica de la misma forma que un interruptor electromecánico. Para abrir el interruptor, cualquier señal de puerta puede ser eliminada y los dispositivos conductores permitirán la conmutación natural de desconexión en cuestión de milisegundos, o los dispositivos conductores se pueden conmutar forzosamente para terminar la conducción más rápidamente.

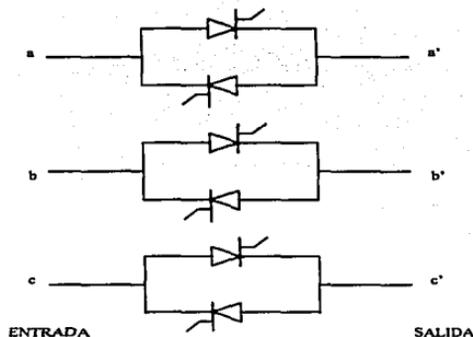


Fig. 4.13 Circuito de un interruptor de C.A. trifásico de estado sólido

### Baterías para UPS

Las baterías de ácido-plomo han sido ampliamente aceptadas para aplicaciones en UPS por su seguridad y bajo costo de adquisición. Esta preferencia ha sido reforzada en años recientes con la llegada de la batería de aleación plomo-calcio. Aunque ambas baterías plomo-antimonio y plomo-calcio den excelente servicio las baterías plomo-calcio ofrece los mejores costos contra seguridad para ser instaladas en UPS. Estas baterías tienen una vida esperada de 20 años en servicio normal de flotación total cuando la puesta en flotación este de acuerdo con los procedimientos recomendados. Ellos dan excelentes rangos de descarga, ya sea que se requiera una operación de 5 minutos o una reserva de 24 horas.

Como en el caso de toda batería secundaria, el tipo plomo-calcio se genera algo de hidrógeno. Sin embargo por no requerirse carga de igualación ( periodo de sobrecarga ) con una flotación apropiada de 2.5 V por celda, ellos tienen una muy baja producción de hidrógeno como en otros tipos, incluyendo el de plomo-antimonio. ( El antimonio es usado en lugar de calcio a tal grado que llega a incrementar su resistencia a la tensión y dureza ). En suma, el mantenimiento de la batería ( adición de agua , limpieza de terminales, checar el peso específico) es únicamente requerida en intervalo de tiempo extensos.

La combinación del mantenimiento reducido y larga vida da como resultado bajo costo de adquisición de baterías plomo-calcio. La depreciación anual en porcentaje del costo inicial es aproximadamente 4.6 % para plomo-calcio y alrededor de 6.2 % para plomo-antimonio. La correcta especificación de la batería es de gran importancia para la integridad de un sistema UPS. Lo primero que nos interesa es el número correcto de celdas en serie para obtener la tensión necesaria para la completa operación del UPS, en seguida, la capacidad en kilowatt-hora necesaria para obtener el periodo de tiempo deseado de soporte predeterminado.

El sistema UPS está instalado con baterías plomo-ácido el cual proporciona 30 seg. hasta 24 hrs o más de capacidad de reserva. Algunos sistemas son instalados principalmente para prevenir los errores costosos que los transistores de línea pueden causar y sólo se requiere una reserva adecuada para efectuar un paro ordenado de la operación cuando ocurre un apagón. Algunas veces se instala una planta generadora para dar soporte en apagones por mucho tiempo. En cualquiera de estos casos es adecuada una batería de reserva de 5 a 15 min.

En algunos usos de UPS requieren operación continua a pesar de las condiciones de servicio pero sin la necesidad de instalar un generador. En este caso, se utilizan baterías con capacidad de operación de 12 a 24 hrs o más. Únicamente en usos relacionados con operaciones en horas pico de trabajo utilizar baterías con soporte de 2 a 4 hrs.

El tiempo seleccionado de la batería depende de los objetivos particulares del sistema UPS.

Otros factores involucrados en la selección de la capacidad de la batería en aplicaciones del UPS son la carga nominal a la salida del inversor, eficiencia del inversor y margen de operación de la tensión de entrada en C.D. del inversor ( ventana de C.D. ). La eficiencia del inversor y ventana de C.D. varían mucho entre fabricantes de UPS. En los últimos años el diseño de UPS han sido mejorados para hacer mejor uso de la capacidad de la batería y garantizar por más tiempo la vida confiable de la batería. Por ejemplo, a través de mejorar inversores que incrementan el tamaño de la ventana de C.D., sistemas de baterías puede ser más pequeño aún suministrando completamente un 40% de energía o aproximadamente el doble del tiempo en soporte. Además de desconectar los controles automáticos de la batería a un predeterminado nivel del voltaje final de seguridad, prevenir sobre descargas y subsecuentes daños a la batería.

En cada sistema UPS las baterías son menos costosas, menor peso, son a veces pequeños y tienen mejor funcionamiento.

Con las apropiadas instalaciones y mantenimiento, las baterías plomo-ácido permanecerán por muchos años de servicio en UPS siempre listo a suministrar energía confiable cuando se requiera.

### **Cargador de batería**

Un equipo cargador apropiado es esencial para la adecuada operación de un sistema UPS. Los cargadores modernos y de alta calidad son dispositivos sofisticados con circuitos de compensación que a través de ellos se mantiene una tensión de salida con  $\pm 0.5\%$  sin que entren fluctuaciones de línea de 10% , y fluctuaciones de frecuencia de más de 5%. Se incluye aquí un diagrama de bloques simplificado de un cargador típico de alta calidad. (Fig.4.14).

El régimen nominal del cargador esta basada en la tensión y corriente de salida que el cargador debe suministrar tanto a la carga como a la batería después de una interrupción . En la mayoría de los sistemas UPS las baterías pueden ser recargadas completamente en 16 hrs. Este tiempo de recarga debe ser considerado como parte del concepto sistema . Entonces lo primero que nos importa del sistema es la cantidad de corriente en la malla de C.D., el cargador deber ser capaz de recargar así como dar carga de flotación a la batería y suministrar corriente al inversor.

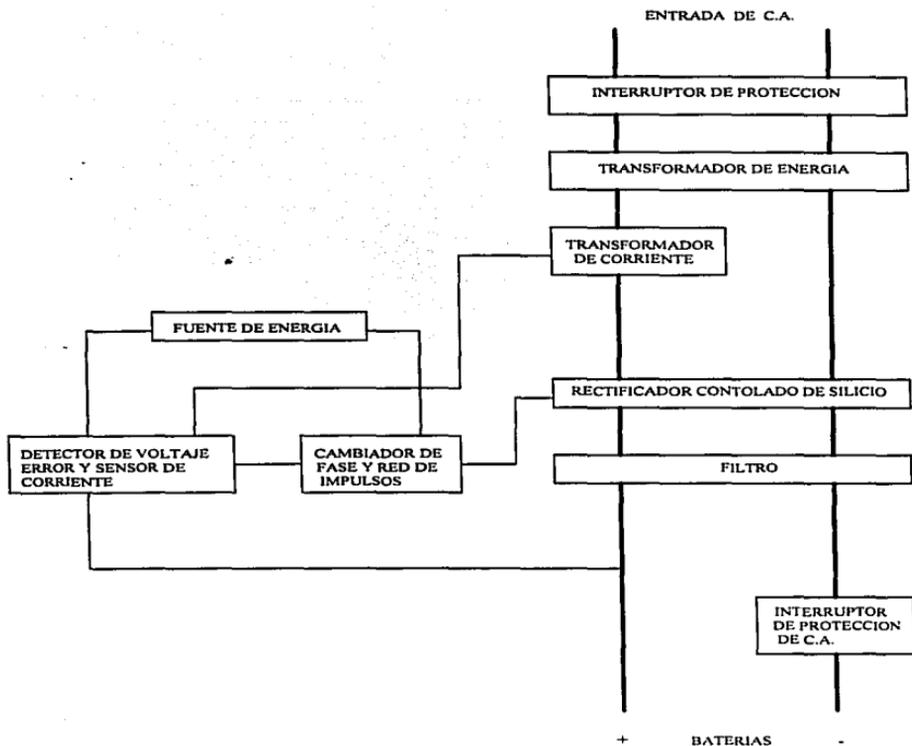


Fig.4.14. Diagrama en bloques simplificado del circuito SCR para un cargador de baterías en servicio de flotación.

La mayoría de los cargadores modernos utilizados en sistemas UPS son de corriente limitada, tipo potencial constante suministrando una tensión regulada a la batería y al inversor . Con este método de carga, la carga nominal es puesta al valor máximo nominal de corriente después de que la batería alcanza un ajuste previo y tensión los cuales permiten a la batería terminar la recarga de flotación en la malla de C.D.

### **Sala de baterías**

Comúnmente, las baterías del UPS, inversor y cargador de baterías estarán alojadas en la misma sala. Además de proveer el lugar apropiado para el cargador y el inversor , se debe tener cuidado de una adecuada ventilación especial requerida para la batería.

Si las baterías son dispuestas en fila de gradas, estas deben tener un espacio suficiente entre gradas, para permitir un fácil servicio en la grada más baja y permitir el escape del calor producido en la batería. Idealmente las baterías deben operar en una temperatura ambiente que no exceda de los 77° F. Por lo tanto, no se recomienda fila de baterías de tres gradas ya que la temperatura en la grada superior tiende a ser bastante alta. De otro modo, la sala no debe estar demasiada fría, porque la capacidad de la batería empieza a disminuir a medida que la temperatura ambiente descienda. Las baterías son generalmente dimensionadas para satisfacer la potencia de salida deseada por abajo de los 70° F.

A continuación se da una guía general para el mantenimiento del cargador y baterías, para una operación eficiente del sistema UPS.

**GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DEL CARGADOR Y BATERIAS EN SISTEMAS UPS**

	<b>Semanalmente</b>	<b>Mensualmente</b>	<b>Semestralmente</b>	<b>Anualmente</b>
<b>BATERIAS DE RESERVA</b>	<p>Checar el nivel de agua en todos los acumuladores y agregar cuando se requiera .</p> <p>Checar la tensión del acumulador piloto, temperatura y peso específico, y tomar lecturas.</p> <p>Inspección visual de las terminales de batería por signos de corrosión.</p>	<p>Tomar lecturas de tensión, temperatura y peso específico de todos los acumuladores si la lectura general indicada del acumulador piloto tiende hacia abajo de las condiciones totales de la batería.</p> <p>Suministrar carga de igualación para estabilizar la batería de acumuladores.</p>	<p>Tomar lecturas de tensión, temperatura y peso específico de todos los acumuladores .</p> <p>Inspeccionar las terminales de batería por esfuerzos.</p>	<p>Limpiar la superficie de todos los acumuladores.</p>
<b>INVERSOR Y CARGADOR DE BATERIAS DE RESERVA</b>	<p>Checar tensión y corriente a la salida del cargador de baterías</p> <p>Checar tensión y corriente a la salida del inversor.</p>	<p>Limpiar y reemplazar el filtro de aire del inversor y del cargador.</p> <p>Inspeccionar el inversor por signos de escape de líquidos de los capacitores de forma de onda.</p>		<p>Quitar el polvo asentado en la calefacción en inversor y cargador.</p>
<p>No solo el mantenimiento preventivo programado para sistemas UPS es ideal para todo caso y sin un programa de mantenimiento preventivo no se puede garantizar la eliminación de apagones. Las recomendaciones de mantenimiento de baterías y cargadores esta dado en la tabla anterior. La inspección de operación y frecuencias sugeridas puede ser modificada en base al programa de operación del equipo que utilice el sistema UPS, condiciones ambientales y experiencia con el programa de mantenimiento preventivo.</p>				

## Planificación para UPS

Cuando se planea la instalación de un UPS, cinco puntos importantes se debe tomar en cuenta: capacidad de la carga, tiempo límite de protección, el sistema de distribución de energía, códigos eléctricos y local requerido.

Cuando se considere la capacidad de carga, el cual esta dada en KVA ( kilo-volt-amperes ), es importante planear corrientes superiores necesarias. Lo mejor es tener presente una lista de carga critica requerida y después la suma requerida en un futuro de cargas criticas en los planes de expansión. Esto es, para dejar espacios para los módulos del sistema UPS.

Como el tiempo límite de protección es importante, si es indispensable que continuamente se mantenga en operación el equipo, si se necesita un sistema UPS el cual suministre energía precisa desde las baterías plomo-ácido hasta que entre en operación una planta generadora de reserva. En la mayoría de los casos hoy en día, 15 minutos de tiempo de energía de reserva en UPS se considera suficiente para cubrir la mayoría de las interrupciones de energía.

Entre los requisitos del sistema de distribución esta la capacidad nominal de energía del transformador utilizado o subestación desde la cual se suministra la energía de C.A. utilizada, la distancia entre el transformador y el sistema UPS y entre el sistema UPS y la carga critica y finalmente la capacidad nominal de la línea de energía desde el sistema UPS a la carga .

El código eléctrico nacional y local debe ser aplicado si la instalación esta aprobada por inspectores de autoridades gubernamentales locales, inspectores de compañías aseguradoras y cualquier otra organización reguladora. entre los requisitos del local esta la superficie necesaria para la parte fisica del UPS y equipos dependientes. Otra consideración importante es la capacidad de superficie para el transporte de la carga , ventilación en la sala de baterías de aire exterior y la suma de cargas adicionales en el sistema de refrigeración.

Con esta ciudad en constante desarrollo que depende de equipos sofisticados y sensibles los cuales no pueden tolerar ni siquiera disturbios eléctricos de un milisegundo, el valor de un sistema UPS llega a incrementarse aparentemente. Las baterías estacionarias plomo-ácido representan el ingrediente clave en mantener esta energía confiable.

### **4.3 Especificaciones del equipo**

Una clara redacción de especificaciones dada para los componentes y construcción es importante para la realización de una operación correcta del sistema UPS. Las especificaciones son el fondo del " contrato " entre el vendedor y el usuario final o comprador del equipo. Las especificaciones no deben de tener algún requisito que no puede ser verificado por inspección, cálculos o pruebas. Las especificaciones deben de indicar todas las condiciones para la aceptación del equipo tal que el vendedor pueda recibir el pago y darse por concluido el contrato. Las especificaciones son costosas y la redacción implica tiempo. Las siguientes fuentes pueden ser utilizadas:

1. Probar las especificaciones preparadas por el vendedor .
2. Especificaciones preparadas por el ingeniero consultor o por el usuario final para proyectos anteriores.
3. Especificaciones redactadas desde el principio pero utilizando el formato dado por el usuario final u otra organización.

Un ejemplo de la disposición de un vendedor es probar las especificaciones para un módulo UPS múltiplo en paralelo esta dado en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Disposición de especificaciones:

Módulo UPS en paralelo múltiple

<b>Concepto</b>	<b>Características</b>
1.0 Generalidades	1.1. Propuesta 1.2. Instalación
2.0 Descripción y operación	2.1. Definición 2.2. Configuración
3.0 Requisitos del UPS	3.1. Capacidad 3.2. Características eléctricas 3.3. Condiciones ambientales 3.4. Ruido audible 3.5. Puesta a tierra 3.6. Eficiencia
4.0 Módulo UPS	4.1. Unidad rectificador/cargador 4.2. Unidad inversor 4.3. Protección 4.4. Sección módulo de control 4.5. Interruptor de la batería del módulo UPS
5.0 Gabinete de control del sistema UPS	5.1. Sección de control y monitoreo 5.2. Sección de energía
6.0 Baterías de acumuladores	
7.0 Cuadro de alarmas a distancias	
8.0 Circuito para detección de averías	
9.0 Detalles del equipo	9.1. Cableado 9.2. Contrucción y montaje 9.3. Ventilación

#### 4.4 Métodos de cálculo

Al solicitar un UPS es necesario proporcionar los siguientes datos con el objeto de que el equipo propuesto reúna todos los requisitos de cada caso en particular:

- ⇒ Indicar la capacidad de la carga a alimentar.- Incluyendo la capacidad requerida para cargas futuras.
- ⇒ Indicar el lugar de instalación.- Ya que algunos lugares requieren que los equipos tengan un acabado especial para soportar ambientes sumamente corrosivos.
- ⇒ Indicar el tiempo de respaldo con batería.- Es importante que este tiempo sea lo más real posible ya que es determinante en el costo del equipo.
- ⇒ Indicar el tipo de carga a alimentar.- Esto es con el fin de que en la propuesta se incluyan todos los accesorios adecuados para cada caso en particular.
- ⇒ Indicar si se cuenta con planta de emergencia.- Cuando el equipo se encuentra conectado a una planta de emergencia es necesario incluir un accesorio extra para evitar daños al mismo mientras la planta se encuentra estabilizada al 100%.
- ⇒ Indicar la alimentación disponible en el lugar de la instalación.
- ⇒ Indicar la salida requerida y la regulación.
- ⇒ Indicar si se requieren algunos accesorios en particular tales como: alarmas, medidores, etc.

#### Ejemplo:

Se requiere un UPS para alimentar una sala de computo que tiene una capacidad de 8.5 KVA de demanda, el lugar de instalación será en el complejo petroquímico Morelos en Veracruz. El tiempo requerido de operación con batería (en caso de emergencia) es de 30 min: la alimentación de que se dispone es de 220 y 440 V.C.A., 3  $\phi$  , 60 Hz y la salida requerida (para alimentar a las computadoras) es de 120 V.C.A.  $\pm$  1 %, 60 Hz  $\pm$  0.5 % y deberá contener un máximo de distorsión armónica total del 5 %. No se dispone de planta de emergencia para esta sala.

## Selección y cálculo del UPS.

### Procedimiento.

#### 1. Seleccionar la capacidad del inversor.

Consultamos el catálogo del UPS y buscamos uno que proporcione la capacidad requerida cuando menos. En este caso existen capacidades de 7.5 y 10 KVA las más cercanas; desde luego, tenemos que seleccionar la inmediata superior que es 10 KVA.

#### 2. Seleccionar el modelo del UPS.

Para algunas capacidades se dispone de dos alimentaciones en corriente directa que son 120 V.C.D. y 240 V.C.D. lo más común y práctico es usar 120 V.C.D. ya que se requiere menor cantidad de elementos para formar el banco de baterías y por consiguiente, se requieren menor espacio y menor tiempo para mantenimiento.

#### 3. Calcular el número de elementos del banco de baterías.

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{V \text{ máx equipo}}{V \text{ carga rápida}} = \frac{141}{1.55} = 91 \text{ celdas}$$

Normalmente los sistemas de 120 V.C.D. usan 92 elementos y en este caso también consideramos 92 con los cuales obtendremos los siguientes voltajes:

V máximo. =  $1.55 \times 92 = 142.5$  V.C.D. en carga rápida

V nominal =  $1.42 \times 92 = 130$  V.C.D. en flotación

V mínimo =  $1.10 \times 92 = 101$  V.C.D. al final de la descarga.

#### 4. Seleccionar la capacidad del banco de baterías.

Consultamos el catálogo para saber cual es el consumo máximo de corriente del inversor (a voltaje mínimo de batería). En este caso es de 116 AMP a 100 V.C.D.

Consultamos el catálogo de la batería HIP que es la más apropiada par esta aplicación y buscamos en la columna de 30 min.. la tabla de voltaje final de 1.10 V por elemento una batería que nos proporcione cuando menos 116 AMP. En este caso la HIP-10 de 100 AH/5 H nos proporciona 140 AMP continuos durante 30 min. Por lo tanto, esta es la batería adecuada.

## 5. Cálculo de la capacidad del cargador de baterías .

Para determinar la capacidad de corriente de salida el cargador de baterías usamos la fórmula:

$$I_s = \frac{1.41 \times C}{T} + I_{CTE}$$

$$I_s = \frac{1.41 \times 100}{8} + 89^*$$

$$I_s = 106.6 \text{ AMP}$$

Consultamos el catálogo de cargadores y encontramos que los más cercanos son de 100 AMP y 125 AMP. En este caso seleccionamos el de 100 AMP ya que proporciona hasta 110 AMP continuos, el modelo es : CAT 130/100.

\* del catálogo del UPS.

## Especificaciones del UPS

Sistema de energía ininterrumpible de 10 KVA de capacidad con las siguientes características técnicas:

### 1.- Entrada al sistema

Voltaje: 220 o 440 V.C.A.  $\pm$  10 %

Frecuencia : 60 Hz  $\pm$  5 %

Fases: 3  $\phi$

Voltaje de batería: 120 V.C.D.

Batería : Niquel-Cadmio

### 2.- Salida del sistema

Voltaje : 120 V.C.A. (Ajustable  $\pm$  5 %)

Frecuencia : 60 Hz

Fases : 1  $\phi$

Capacidad : 10 KVA

### 3.- Especificaciones mecánicas

Gabinete tipo : Nema 1

Acabado: Gabinete gris claro. Panel de señalización azul

Enfriamiento : Convección natural

Acceso : Por el frente

Entrada de cables : Por el lateral o por abajo

### 4.- Ruido acústico

Medido a 5 pies : 60 dB típico

### 5.- Capacidad de sobrecarga

Continua : 105 %

Durante 10 min. : 125 %

Durante 1 min. : 150 %

Corriente durante 1 min. : 200 %

### 6.- Condiciones de operación

Temperatura : - 10 a + 40° C

Altitud : 1000 m

Humedad relativa : 0 a 95 % sin condensación

### 7.- Datos técnicos

Regulación de voltaje

Estático :  $\pm 1\%$

Dinámico : menor a  $\pm 5\%$  para 100 % de cambio de carga recuperación en 30 mseg. . Dentro de  $\pm 1\%$ ,  $\pm 3\%$  después de 10 mseg.,  $\pm 15\%$  después de 20 mseg.

Frecuencia : 60 Hz  $\pm 0.5\%$

Distorsión armónica

total : 5 % máx. 3 % máx. individual

### 8.- Interruptor de transferencia

Tipo estático respuesta : 4 mseg. máx.

Operación : Automática al fallar el inversor con sobre carga y alto/bajo voltaje.

## 9.- Accesorios

- Protección :** Interruptor termomagnético de entrada C.A.  
Interruptor termomagnético de salida C.D.  
Control automático de carga de baterías.  
Limite de corriente en el rectificador.  
Protección por conexión equivocada de baterías.  
Aislamiento eléctrico entre entrada y salida.  
Protección del inversor contra corto circuito.  
Transferencia a la línea alternativa en caso de falla del inversor
- Medidores :** Voltímetro de C.D. rectificador  
Amperímetro de C.D. rectificador.  
Voltímetro de C.A. en inversor  
Amperímetro de C.A. en inversor  
Frecuencímetro
- Señalización:** Rectificador encendido  
Rectificador en flotación  
Rectificador en carga rápida  
Falla de C.A. entrada  
Inversor alto / bajo voltaje  
Fuera de sincronización  
Posición del interruptor estático de transferencia  
Posición del interruptor manual.  
Falla de la línea alternativa

## 10.-Batería

- Tipo :** Alcalina de níquel-cadmio.
- Tipo de respaldo :** 30 min.
- Capacidad:** 100 AH/5 H
- No. de celdas :** 92
- Modelo :** HIP -10

## CAPITULO V

### NORMAS TECNICAS Y TIPOS DE CIRCUITOS

#### 5.1. Normas aplicables a sistemas de energía eléctrica de emergencia y / o reserva.

##### Objetivos

La presente norma oficial mexicana (NOM) tiene por objeto establecer las especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

##### Campo de aplicación

El campo de aplicación de la presente norma para instalaciones eléctricas será:

- a) Las instalaciones que emplean para la utilización de la energía eléctrica, en cualquiera de las tensiones usuales de operación, incluyendo la instalación del equipo conectado a las mismas por los usuarios.
- b) Las subestaciones y las plantas generadoras de emergencia propiedad de los usuarios.
- c) Las líneas eléctricas y su equipo. Dentro del término "líneas eléctricas" quedan comprendidas las aéreas y las subterráneas conductoras de energía eléctrica, ya sea que formen parte de sistemas de servicio público o bien correspondan a otro tipo de instalaciones.
- d) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el suministro y uso de la energía eléctrica.

#### CAPITULO 4 Equipos de uso general

##### Artículo 445.- Generadores

**445 - 1. Alcance** .El presente artículo comprende los generadores aplicados en la obtención de corriente continua y / o alterna, así como todos los equipos auxiliares y / o periféricos y sus sistemas de alambrados.

Deberán cumplir con las disposiciones aplicables de los artículos correspondientes a PUESTA A TIERRA y SISTEMAS DE EMERGENCIA.

**445-2. Ubicación.** Los generadores y equipos auxiliares de un tipo adecuado para el lugar en el que serán instalados y también deben cumplir con los requisitos exigidos para los motores en el artículo 430.

Los generadores instalados en áreas clasificadas como peligrosas, cumplirán con las disposiciones aplicables de los artículos 500 a 503; 510 a 517 y 520, 530.

**445-3. Identificación** .Cada generador debe tener una placa de características en las que se indique nombre del fabricante, frecuencia nominal, factor de potencia, el número de fases, régimen nominal en kilowatts, o kilowatts-amperes, voltaje nominal y amperaje nominal y las revoluciones nominales por minuto, la clase de aislamiento, la temperatura ambiente o nominal o el aumento de temperatura nominal y rango de tiempo.

**445-4. Protección contra sobrecorriente**

a.- Generadores de voltaje constante.- Deben de estar protegidos contra sobrecargas con diseños propios de los medios aceptables de protección.

Se exceptúan los excitadores de los generadores de corriente alterna.

b.- Generadores de dos hilos.- Los generadores de corriente directa de 2 hilos puede tener protección contra sobrecorriente en un solo conductor, si el dispositivo acciona por la totalidad de la corriente generado, excepto la corriente en el campo derivado.

El dispositivo de sobrecorriente no abrirá el circuito del campo derivado.

c.- Generadores para 65 V o menos.- Los generadores que funcionan a 65 V o menos, cuando son accionados por motores individuales, se consideran protegidos por el dispositivo de sobrecorriente que protege el motor, si este dispositivo actúa cuando los generadores no suministran más de 150 % de su corriente nominal de plena carga.

d.- Sistemas compensadores.- Los generadores de corriente directa de 2 hilos, asociado a sistemas de compensadores para obtener neutros para sistemas de 3 hilos, estarán equipados con dispositivos de sobrecorriente que desconectarán el sistema de 3 hilos en el caso de desequilibrio excesivo de voltaje o corriente.

e.- Generadores de corriente directa de tres hilos. Los generadores de corriente de tres hilos, ya sean en derivación o compuestos se equiparán con dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del cable, conectados para que sean accionados para toda la corriente del mismo.

Dichos dispositivos estarán formados por un interruptor termomagnético de dos polos y de dos bobinas o por uno de compensador y disparo por dos dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del cable.

Tales dispositivos de protección estarán enclavados de manera que ningún polo pueda abrirse sin desconectar simultáneamente del sistema ambas terminales del cable

Excepción a las partes "a" hasta "e". Cuando las autoridades competentes consideran que un generador es vital para la operación de un sistema eléctrico y el generador debe funcionar hasta fallar para evitarle a las personas riesgos mayores, al elemento detector de protección contra sobrecargas puede conectársele un indicador o una alarma supervisada por personal autorizado en vez de interrumpir el circuito del generador.

**445-5. Capacidad de corriente de los conductores.** La capacidad en amperes de los conductores de fase que van desde las terminales del generador al primer dispositivo de sobrecorriente, no deberá ser menor del 115% de la corriente de placa nominal del generador. La sección transversal nominal del conductor neutro deberá estar de acuerdo con la sección 220-22. Los conductores que transportan corrientes de falla a tierra no serán de sección transversal nominal inferior a la requerida en la sección 250-23 b).

Excepción No. 1. Cuando el diseño y la operación del generador impidan sobrecargas, la capacidad de corriente de los conductores no deberá ser menor que el 100% de la corriente nominal expresada en la placa de características del generador.

Excepción No. 2. Cuando las terminales del generador están conectadas de fábrica directamente a un dispositivo de sobrecorriente, que es una parte integral del grupo generador.

**445-6. Protección de las partes vivas.** Las partes vivas de los generadores que operan a más de 150 V respecto a tierra no estarán expuestas a contacto accidental si son accesibles a personas no calificadas.

**445-7. Resguardos para operadores.** Cuando la seguridad de los operadores lo requiera, se cumplirá las disposiciones de la sección 430-133.

**445-8. Monitores.** Cuando los conductores pasan por una abertura de una cubierta, caja o barrera, se usará un monitor para proteger los conductores de los bordes agudos de la abertura. El monitor será liso y de superficie bien redondeada donde puede estar en contacto con el conductor.

Si se usa donde pueda haber aceite, grasa y otros contaminantes, el monitor será de un material que no sufra deterioro.

#### **Artículo 480 - Acumuladores**

**480-1. Alcance.** Las disposiciones de este artículo se aplicarán a todas las instalaciones estacionarias de acumuladores.

#### **480-2. Definiciones.**

*Acumulador:* Es una batería de una o más celdas recargables de plomo-ácido, níquel-cadmio u otros elementos electroquímicos recargables.

*Batería o celda sellada.* Es una batería o pila sellada, es aquella que no tiene previsión para la adición de agua o electrólito, o medición externa de la gravedad específica del mismo. Se debe permitir que las celdas individuales tengan un arreglo de ventilación como el que se describe en la sección 480-9 (b).

*Tensión nominal de batería.* La tensión calculada en base a 2.0 V por celda para el tipo plomo-ácido y 1.2 V por celda para el tipo alcalino.

**480-3. Alambrado y equipos alimentados por las baterías.** El cableado y equipo alimentado por las baterías estará sujeto a los requisitos de esta norma, aplicables a cableado y equipo operando a la misma tensión.

Excepción. Lo dispuesto en el artículo 800, aplicable a los sistemas de comunicación.

**480-4. Puesta a tierra.** Se aplicarán las disposiciones del artículo 250.

**480-5. Aislamiento de baterías a no más de 250 V.** Esta sección se aplicará a acumuladores que tengan celdas conectadas de tal manera que operen a una tensión nominal de la batería de mayor de 250 V.

a) Baterías ventiladas de tipo plomo-ácido (abiertas). Las celdas y las baterías de varios compartimientos con tapas selladas a contenedores de material no conductor, resistente al calor no requieren un soporte aislante adicional.

b) Baterías ventiladas de tipo alcalino (abiertas). Las celdas con tapas selladas a recipientes de materiales no conductivos resistentes al calor no requieren un soporte aislante adicional. Las celdas en recipientes de material conductor se instalarán en bandejas del material no conductor con no más de 20 celdas ( 24 V nominales ) en el circuito en serie en cualquiera de las bandejas.

c) Recipientes de hule. Las celdas en contenedores de hule o compuestos sintéticos no necesitan un soporte aislante adicional, si la tensión nominal de todas las celdas en serie no es mayor de 150 V. Cuando la tensión total es mayor de 150 V, se seccionara la batería en grupos de 150 V o menos y cada grupo deberá tener las celdas individuales instaladas en bandejas o estantes.

d) Celdas o baterías selladas. Las celdas selladas y baterías de varios compartamientos construidas de material no conductor resistente al calor, no requieren soporte aislante. Las baterías construidas con recipientes de material conductor deberán tener un soporte aislante si existe tensión entre el recipiente y tierra.

**480-6. Aislamiento de baterías de tensión mayor de 250 V.** Las disposiciones de la sección 480-5 se aplicarán a los acumuladores que tengan las celdas conectadas de tal manera que operen a tensión nominal mayor de 250 V y, además, se aplicará a dichas baterías las disposiciones de esta sección. Las celdas se instalaran en grupos que tengan una tensión nominal total no mayor de 250 V. Se proveerá aislante que puede ser el aire, entre los estantes y deberá tener una separación mínima entre partes vivas de la batería con polaridad opuesta de 5.0 cm para tensiones que no excedan de 600 V.

**480-7. Estantes y charolas.** Los estantes y charolas deberán cumplir con a) y b) que siguen:

a) Estantes. Los estantes, como se requieren en este artículo, deben ser estructuras rígidas, diseñadas para soportar celdas o charolas. Para zonas sísmicas deberá contar con travesaños o tensores triangulados para soportar oscilaciones, serán de construcción sólida y estarán hechos de :

1) Metal tratado para que sea resistente a la acción deteriorante del electrolito y provistos de elementos no conductores que soporten directamente las celdas, o de material aislante continuo que no sea la pintura o elementos conductores, u:

2) Otros tipos de diseños como fibra de vidrio u otros materiales certificados que no sean conductores.

b) Charolas. Las charolas son estructuras de poca profundidad, tale como charolas o cajones generalmente de madera u otro material no conductor y fabricadas o tratadas para que sean resistentes a la acción deteriorante del electrolito.

**480-8. Locales para baterías.** Los locales para acumuladores deberán cumplir con a) y b) que siguen:

a) Ventilación. Se tomaran las medidas necesarias para una suficiente difusión y ventilación de los gases de las baterías, a fin de impedir la acumulación de una mezcla explosiva en el local.

b) Partes vivas. Los resguardos de las partes vivas deberán cumplir con la sección 110-17.

#### **480-9. Métodos de ventilación.**

a) Celdas ventiladas. Las celdas y baterías selladas deberán equiparse con una ventila de alivio de presión para prevenir la acumulación excesiva de gases o deberán diseñarse para prevenir que las partes de las celdas se esparzan en el caso de la explosión de una celda.

b) Celdas selladas. Las celdas selladas de baterías deben ser equipadas con válvulas de sobrepresión para evitar una acumulación excesiva de gases o bien la celda de una batería sellada debe ser diseñada para prevenir la dispersión de partes de celdas en el caso de una explosión.

## **CAPITULO 7 Condiciones especiales**

### **Artículo 700 Sistemas de emergencia**

#### **A. Disposiciones generales**

##### **700-1. Alcance.**

Las disposiciones de este artículo se aplican a la instalación , operación y mantenimiento de sistemas de emergencia constituidos por circuitos y equipos destinados a alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para iluminación y / o fuerza cuando es interrumpido el suministro normal de energía eléctrica.

Los sistemas de emergencia son aquellos sistemas requeridos por ley y clasificados como tales por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales vigentes.

Estos sistemas deben suministrar automáticamente iluminación y / o fuerza a las áreas críticas y equipos en los casos de falla del suministro normal de energía eléctrica o en caso de falla de los elementos del sistema que suministra, distribuye y controla la fuerza y la iluminación necesaria para la seguridad de la vida humana.

NOTA: Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para vías de escape seguras o para controlar el pánico en edificios sujetos a gran concentración de personas tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, servicios de asistencia médica e instituciones o lugares similares.

Los sistemas de emergencia deben también proveer la fuerza necesaria para equipos tales como ventilación, cuando sea indispensable para preservar vidas, sistemas de alarmas y detección de incendios, ascensores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicaciones de seguridad pública, procesos industriales donde la interrupción de la energía eléctrica podría producir serios riesgos a la integridad de la vida humana y funciones similares.

**700-2. Otros artículos aplicables.** Deberán aplicarse todas las disposiciones de esta norma excepto lo modificado en este artículo.

**700-3. Certificación del equipo.** Todos los equipos deben de estar certificados para ser utilizados en el sistema de emergencia.

**700-4. Pruebas y mantenimiento.**

a) Realizar o presenciar pruebas. La autoridad competente realiza o presencia una prueba del sistema completo al ser instalado y posteriormente a intervalos periódicos.

b) Pruebas periódicas. Los sistemas se deben probar periódicamente, siguiendo un plan aceptado por la autoridad competente, para asegurar su mantenimiento y las condiciones apropiadas de funcionamiento.

c) Mantenimiento de sistemas de baterías. Cuando algún sistema o unidad emplee baterías, incluyendo los acumuladores utilizados para el arranque o ignición de máquinas auxiliares, se debe dar un mantenimiento periódico de las mismas.

d) Registros escritos o bitácora. Se debe mantener un registro ó bitácora de tales pruebas y mantenimiento.

e) Prueba con carga. Se deben proveer medios para la prueba de sistemas de emergencia de alumbrado y fuerza, durante condiciones de carga máxima anticipada.

**700-5. Capacidad.**

a) Capacidad nominal. Los sistemas de emergencia deben tener la capacidad nominal adecuada para la operación simultánea de todas las cargas.

El equipo del sistema de emergencia debe ser adecuado a la corriente máxima de falla disponible en sus terminales.

b) Sistema selectivo de toma y desconexión de carga y de reducción del pico de carga. La fuente alterna de energía debe suministrar energía a los sistemas de emergencia, a los sistemas de reserva legalmente establecidos y a los de reserva opcional, donde se provea un sistema automático selectivo de toma y desconexión de carga, según se necesite, para asegurar la energía adecuada a:

- 1) Circuitos de emergencia.
- 2) Circuitos de reserva establecidos legalmente.
- 3) Circuitos opcionales de reserva.

En este orden de prioridad. La fuente alterna de energía puede usarse para la reducción del pico de carga, siempre que reúna las condiciones anteriores.

NOTA: El funcionamiento para reducción del pico de carga puede ser aceptable si satisface los requisitos de prueba de la sección 700-4 b), cuando se cumpla todas las condiciones de la sección 700-4.

Una fuente alterna portátil o provisional debe estar disponible cuando el generador de emergencia esté fuera de servicio por mantenimiento mayor o en reparación.

#### **700-6. Equipo de transferencia.**

Los equipos de transferencia deben ser automáticos e identificados para el uso de emergencia o certificados por las autoridades competentes. Los equipos de transferencia deben ser diseñados e instalados para prevenir la interconexión accidental de la alimentación normal y la fuente de emergencia en cualquier operación del equipo de transferencia. Véase sección 230-83. Se permiten medios para aislar el equipo del interruptor de transferencia. Cuando se usen interruptores de aislamiento, se debe evitar el funcionamiento involuntario en paralelo.

#### **700-7. Señalización.**

Donde sea necesario se deben proveer dispositivos de señales audibles y visuales, para los siguientes propósitos:

- (a) De avería. Para indicar avería de la fuente de emergencia.
- (b) De operación. Para indicar que la batería o el generador esta funcionando.
- (c) De no operación. Para indicar que el cargador de batería no esta funcionando.

(d) De falla a tierra. Para indicar una falla a tierra en sistemas de emergencia en estrella sólidamente aterrizada de mas de 150 V a tierra y dispositivos de protección de circuitos de 1000 A ó mas. El sensor para los dispositivos de señalización de falla a tierra debe estar ubicado en o delante de los medios de desconexión del sistema principal para la fuente de emergencia y al ajuste máximo de los dispositivos de señalización debe ser para una corriente de falla a tierra de 1200 A. Las instrucciones que se deben seguir, en caso de falla a tierra durante el funcionamiento, se deben ubicar en o cerca del lugar del sensor.

#### **700-8 Señales**

(a) Fuente de emergencia. Se debe colocar una señal en el equipo de entrada de acometida que indique el tipo y ubicación de las fuente de energía de emergencia en el lugar.

(b) Aterrizamiento. Donde el conductor del circuito aterrizado conectado a la fuente de emergencia se conecte al conductor del electrodo de tierra en una localización remota de la fuente de emergencia, debe haber una señal en el lugar de aterrizamiento que identifique todas las fuentes normales y de emergencia conectadas en ese lugar

#### **B. Alambrado de circuitos**

##### **700-9. Alambrado de sistemas de emergencia.**

a) Identificación. Todas las cajas y cubiertas para circuitos de emergencia deben ser marcadas de tal manera que puedan ser identificadas fácilmente como componentes de un circuito de emergencia.

b) Alambrado. El alambrado desde la fuente de emergencia o desde la protección contra sobrecorriente de distribución de la fuente de emergencia a la carga de emergencia, debe ser mantenido completamente independiente de cualquier otro alambrado y equipo y no debe pasar por la misma canalización, cable, caja o gabinete de otro alambrado.

Excepción No. 1. Dentro de la cubierta del equipo de transferencia.

Excepción No. 2. En anuncios de salida o equipos de alumbrado para emergencia alimentadas desde dos fuentes.

Excepción No. 3. En una caja de empalme unida a un anuncio de salida o equipo de alumbrado para emergencia alimentada desde dos fuentes.

Excepción No. 4. Esta permitido colocar en la misma canalización el alambrado de dos o mas circuitos de emergencia alimentados desde la misma fuente.

Excepción No. 5. En una caja de empalme unida a un equipo, la cual contenga solamente el ramal del circuito que alimenta al equipo y al circuito de emergencia suministrado por el equipo

### **C. Fuente de energía**

#### **700-12 Requisitos generales**

El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla de suministro normal al inmueble o grupo de inmuebles, el alumbrado, la fuerza de emergencia, o ambos, estén disponibles dentro del tiempo requerido para tal aplicación, que en todo caso, no debe exceder de 10 segundos. El sistema de suministro para fines de emergencia, adicional a los servicios normales del inmueble, puede comprender uno o más de los tipos de sistemas señalados en (a) hasta (e) siguientes. Los equipos que estén de acuerdo con la sección 700-12 (f) deben cumplir con los requisitos de este artículo.

En la selección de la fuente de energía para emergencia debe tenerse en cuenta la clase de servicio que se necesite, si es de corta duración, como en el alumbrado de un teatro, o de larga duración como para el suministro de emergencia para fuerza y alumbrado debido a la falta de energía durante un largo período y provocado por una falla dentro o fuera del inmueble, como es el caso de un hospital.

Nota: La asignación del grado de confiabilidad del sistema de suministro de emergencia depende de una cuidadosa evaluación de las variables de cada instalación en particular.

a) Baterías. Las baterías usadas como fuente de potencia para sistemas de emergencia deben de ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la carga total de los circuitos que alimentan el alumbrado y la fuerza de emergencia, durante un período de por lo menos una hora y media, sin que la tensión aplicada a la carga caiga por debajo del 87.5 % de lo normal.

Las baterías, ya sean del tipo ácido o alcalino, deben de estar diseñadas y construidas para cumplir con los requisitos para servicio de emergencia y ser compatibles con el cargador para la instalación específica.

Para las baterías que no requieren mantenimiento, el envase no necesita ser transparente. Sin embargo, las baterías de tipo plomo-ácido que necesitan que se les agregue agua, deben de estar provistas de envases transparentes o translúcidos.

No se deben utilizar baterías de uso automotriz.

Se debe proveer un medio de carga automática de las baterías.

b) Grupo generador.

(1) Un grupo generador accionado por fuerza motriz de cualquier tipo, aceptable por la autoridad competente, y de capacidad de acuerdo a lo señalado en la secc. 700-5. Se deben proveer medios para el arranque automático de la fuerza motriz cuando falla el servicio normal y para la transferencia y operación automática de todos los circuitos eléctricos requeridos. Se debe proveer un dispositivo con ajuste mínimo de tiempo de 15 min. para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo, del suministro normal de la fuerza.

(2) Donde se use como fuerza motriz un motor de combustión interna, debe proveerse en el sitio una cantidad predeterminada de combustible suficiente par hacer funcionar el sistema por un lapso no menor de dos horas a plena carga.

(3) La fuerza motriz no debe depender exclusivamente del sistema público para su alimentación de combustible, o de la fuente de agua municipal para el enfriamiento del sistema. Se deben proveer medios para transferir automáticamente de un suministro de combustible a otro, cuando se use doble alimentación.

Excepción. Donde sea aceptado por las autoridades competentes, se puede permitir el uso de combustible que no esté en el sitio cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del combustible suministrado externamente y la fuerza suministrada por la compañía de energía eléctrica.

(4) Cuando una batería se usa para energizar sistemas de control o señalamiento, o como medio de arranque de la fuerza motriz, ésta debe ser adecuada para el uso, y estar equipada con medios de carga automático dependientes del grupo de generadores.

(5) El grupo generador que requiera más de 10 seg. para generar energía eléctrica es aceptable cuando se provea una fuente auxiliar, que alimente el sistema de emergencia hasta que el generador tome la carga.

c) Fuente de alimentación ininterrumpible. Las fuentes de alimentación ininterrumpible usadas para suministrar energía a sistemas de emergencia, deben de cumplir con lo establecido en la secc. 700-12 (a) y (b).

d) Acometida separada. Donde se ha aceptado por las autoridades competentes, deben ser permitida una segunda acometida eléctrica

Esta acometida debe estar de acuerdo con lo establecido en el art. 230, con acometida aérea o subterránea separada, suficientemente, tanto eléctrica como físicamente de la acometida normal de corriente, con el objeto de disminuir la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro

e) Conexión antes de los medios de desconexión a la acometida. Donde se ha aceptado por las autoridades competentes, se permiten las conexiones antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida principal. La acometida de emergencia debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida principal normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro debido a una falla dentro del inmueble o grupo de inmuebles servidos.

Nota: Véase en la secc. 230-282, para los equipos permitidos en lado de alimentación de los medios de desconexión.

f) Equipos de la unidad. Los equipos de la unidad, individuales para iluminación de emergencia deben incluir: 1) Una batería recargable, 2) Los medios de carga de la batería, 3) Una instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y/o poder tener terminales para lámparas remotas y 4) Un dispositivo de relevador dispuesto para energizar automáticamente esas lámparas al ser de características nominales y capacidad adecuadas para alimentar y mantener a no menos del 87.5% nominal de la batería para la carga total de lámparas asociadas a la unidad durante un periodo de al menos 1 ½ horas ó deben alimentar o mantener no menos del 60% de la iluminación inicial de emergencia por un periodo no menos de 1 ½ horas. Las baterías que sean tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse para cumplir con los requisitos del servicio de emergencia.

Los equipos unitarios deben instalarse permanentemente en su lugar (por ejemplo, no portátiles), y todo el alambrado a cada unidad debe estar de acuerdo con los requisitos de cualquiera de los métodos de alambrado descritos en el capítulo 3 de esta norma. Las conexiones con cordón flexible y enchufe pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor de 1 m. El circuito derivado que alimenta el equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimenta normalmente el alumbrado en el área y debe estar conectado antes de cualquier interruptor local. los aparatos de iluminación de emergencia que reciban su alimentación de un equipo unitario y que no formen parte de él estarán alambrados al equipo unitario como se indica en la secc. 700-9 y por uno de los métodos de alambrado indicados en el capítulo 3 de esta norma.

Excepción. En un área separada e ininterrumpida alimentada por un mínimo de tres circuitos de alumbrado normal, se permite un circuito derivado separado para equipo unitario, si se origina desde el mismo tablero que aquel de los circuitos de alumbrado normales y es provisto de un elemento de bloqueo.

#### **D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza.**

##### **700-15. Cargas en circuitos derivados de emergencia.**

Los circuitos de alumbrado de emergencia no deben alimentar aparatos ni lámparas que no sean los especificados como necesarios para su utilización en servicios de alumbrado de emergencia.

##### **700-16. Iluminación de emergencia.**

La iluminación de emergencia debe incluir todas las salidas de alumbrado requeridas y todas las demás luminarias especificadas como necesarias para obtener la iluminación necesaria.

Los sistemas de alumbrado de emergencia deben ser diseñados e instalados de tal manera que la falla de un elemento cualquiera, como es el caso de que se queme el filamento de una lámpara, no deje en total oscuridad el área que requiere iluminación de emergencia.

En donde el alumbrado de descarga de alta intensidad, como el sodio, vapor de mercurio, aditivos metálicos de alta y baja presión, es usado como única fuente de iluminación normal, se requerirá que el sistema de alumbrado de emergencia funcione hasta que la iluminación normal se restaure.

Excepción: Cuando los medios alternativos aseguren que el nivel de iluminación del alumbrado de emergencia se mantenga.

##### **700-17. Circuitos para alumbrado de emergencia.**

Los circuitos derivados que suministren alumbrado de emergencia deben ser instalados de tal manera que reciban servicio de una fuente de emergencia de acuerdo con la secc. 700-12, cuando el suministro normal para alumbrado esté interrumpido. Tal instalación se debe obtener por uno de los medios siguientes:

(1) Un suministro de energía para alumbrado de emergencia, independiente del sistema general de alumbrado. A menos que ambos sistemas se usen para iluminación normal, se deben proveer medios para realizar automáticamente la transferencia del alumbrado de emergencia, mediante dispositivos certificados para este propósito, en el caso de falla de suministro del sistema general de alumbrado, ó

(2) Dos o más sistemas separados y completos con fuentes de suministro independientes, de manera que cada sistema provea suficiente energía para el alumbrado normal y se mantengan encendidos los dos, se deben proveer medios automáticos para que cada uno se ponga en marcha cuando falle el otro. Uno u otro sistema, o ambos, pueden formar parte del sistema general del alumbrado del local protegidos, si los circuitos que alimentan las lámparas para iluminación de emergencia están instalados de acuerdo con las otras secciones de este artículo.

#### **700-18. Circuitos para fuerza de emergencia.**

Los circuitos derivados que alimenten equipos clasificados como de emergencia, deben tener una fuente de alimentación de emergencia a la cual sea transferida automáticamente e inmediatamente la carga cuando falle el suministro normal.

#### **E. Control.- Circuitos de alumbrado de emergencia.**

##### **700-20. Requisitos para los interruptores.**

El interruptor (es) instalado (s) en los circuitos de alumbrado de emergencia se debe (n) disponer de forma que solamente personas autorizadas tengan control sobre el alumbrado de emergencia.

Excepción No. 1. Cuando dos o más interruptores de una vía estén conectados en paralelo para controlar un solo circuito, por lo menos uno de estos interruptores debe ser accesible solamente a personas autorizadas.

Excepción No. 2. Se permiten interruptores adicionales que puedan solamente encender las luces de emergencia, pero no apagarlas.

No se deben instalar interruptores conectados en serie ni de 3 o 4 vías.

##### **700-21. Ubicación de los interruptores.**

Todos los interruptores manuales que controlen circuitos de emergencia deben estar ubicados en lugares convenientes para las personas autorizadas responsables de su control. En lugares de reunión, como es el caso de un teatro, se debe ubicar un interruptor en el vestíbulo para controlar el sistema de alumbrado de emergencia, o en un lugar que se pueda llegar con facilidad.

En ningún caso se debe colocar un interruptor de control para alumbrado de emergencia de un teatro, cine o lugar de reunión, dentro de una cabina de proyección, escenario o plataforma.

Excepción: Cuando se provean interruptores múltiples, se permite uno de estos en lugares que estén dispuestos de tal manera que puedan solamente energizar el circuito, pero no lo pueden desenergizar.

**700-22. Luces exteriores.**

Las luces del exterior de un inmueble, que no se necesitan para la iluminación cuando la luz del día es suficiente, pueden ser controladas mediante un dispositivo automático activado por la luz, de tipo certificado para este propósito

**F. Protección contra sobrecorriente.**

**700-25. Accesibilidad.**

Los dispositivos contra sobrecorriente de los circuitos derivados en circuitos de emergencia, deben ser accesibles solamente a personas autorizadas.

Nota: Los interruptores termomagnéticos y fusibles para la protección contra sobrecorriente del circuito de emergencia, cuando están coordinadas para asegurar la separación selectiva de las corrientes de falla, aumentan la confiabilidad del sistema.

**700-26. Protección contra falla a tierra del equipo.**

La fuente alterna de los sistemas de emergencia no requieren protección contra falla a tierra del equipo.

**ARTICULO 701. SISTEMA DE RESERVA LEGALMENTE REQUERIDO.**

**A. Disposiciones generales.**

**701-1. Alcance.**

Las disposiciones de este artículo se aplican a la seguridad eléctrica del diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de reserva legalmente requerida, consistentes en circuitos y equipos necesarios para suministrar, distribuir y controlar la alimentación eléctrica para iluminación y/o potencia, a los servicios que la requieran, cuando el sistema o la fuente normal de electricidad se haya interrumpido.

Los sistemas a que se refiere este artículo consiste únicamente de aquellos que están instalados permanentemente en su totalidad, incluyendo la fuente de alimentación.

### **701-2. Sistemas de reserva legalmente requerida.**

Son los sistemas de reserva legalmente requeridos por las reglamentaciones ó legislaciones federales vigentes o por cualquier autoridad competente. Estos sistemas suministran automáticamente energía a cargas seleccionadas (exceptuando los sistemas clasificados de emergencia), en el caso de falla del suministro.

**Nota:** Los sistemas de reserva legalmente requerida son típicamente instalados para servir cargas, tales como sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de comunicaciones, sistemas de ventilación y extracción de humo, sistemas de drenaje, sistemas de alumbrado y procesos industriales que en el caso de falla del suministro normal de corriente pueden ocasionar peligros o dificultar las operaciones de extinción de incendios y de rescate.

### **701-3. Aplicación de otros artículos.**

A excepción de lo modificado en este artículo, todos los artículos de esta norma deben aplicarse.

### **701-4. Certificación de equipos.**

Todos los equipos deben ser certificados para su uso específico.

### **701-5. Pruebas y mantenimiento para sistemas de reserva legalmente requerida.**

(a) Ejecutar o presenciar pruebas. Las autoridades competentes deben efectuar o presenciar una prueba del sistema completo en el lugar de la instalación.

(b) Pruebas periódicas. Los sistemas deben ser probados periódicamente de acuerdo con un programa aceptado por las autoridades competentes, para asegurar el mantenimiento y las condiciones apropiadas de funcionamiento.

(c) Mantenimiento del sistema de baterías. Donde se utilicen baterías para control, arranque o encendido de la fuerza motriz debe tenerse un mantenimiento periódico.

(d) Registros escritos o bitácora. Deberá llevarse un registro escrito o bitácora de las pruebas y del mantenimiento.

(e) Pruebas con carga. Se deben proveer los medios para probar bajo carga los sistemas de reserva legalmente requerida.

### **701-6. Capacidad y régimen.**

Un sistema de reserva legalmente requerida debe tener capacidad y régimen adecuados para alimentar a todos los equipos operando simultáneamente.

La fuente alterna de alimentación debe alimentar las cargas de los sistemas de reserva legalmente requerida y de reserva opcional, cuando se provea un sistema automático de toma de carga y desconexión según la necesidad, para asegurar la alimentación adecuada a los circuitos de reserva legalmente requerida.

**701-7. Equipo de transferencia.**

El equipo de transferencia debe ser automático, marcado para uso de reserva y certificado por las autoridades competentes.

El equipo de transferencia debe ser diseñado e instalado para prevenir la interconexión inadvertida de los sistemas normal y auxiliar de alimentación, durante cualquier operación del equipo de transferencia.

Se permite un medio para aislar el equipo del interruptor de transferencia. Cuando los interruptores de aislamiento son usados, se debe evitar el funcionamiento inadvertido en paralelo.

**701-8. Señales.**

Se deben proveer dispositivos de señal audible y visible, donde sea posible, para los siguientes propósitos:

- a) De avería. Para indicar el mal funcionamiento de la fuente de reserva.
- b) De operación. Para indicar que la fuente de reserva está funcionando.
- c) De no operación. Para indicar que el cargador de batería no está funcionando.

**701-9. Señales.**

(a) Asignación de reserva. Se debe colocar una señal en la entrada de la acometida que indique el tipo y la ubicación en el sitio, de las fuentes de energía de reserva legalmente requeridas.

(b) Aterrizamiento. Donde el conductor del circuito aterrizado conectado a la fuente de emergencia se conecte al conductor del electrodo de tierra en una localización remota de la fuente de emergencia, debe haber una señal en el lugar de aterrizamiento que identifique las fuentes normales y de emergencia conectadas en ese lugar.

**B. Alambrado de circuitos.**

**701-10. Alambrado de los sistemas de reserva legalmente requerida.**

Se permite que el alambrado de los sistemas de reserva legalmente requerida ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes del alambrado general.

### **C. Fuentes de alimentación.**

#### **701-11. Sistemas de reserva legalmente requeridas.**

El suministro de corriente debe ser tal que en caso de falla del suministro normal, en o dentro del edificio, o del conjunto de los edificios en cuestión, la energía eléctrica del sistema de reserva legalmente requerida esté disponible dentro del tiempo requerido para su uso, pero que no exceda los 60 segundos. El sistema de alimentación para el sistema de reserva legalmente requerida comprende, además del servicio normal de los edificios, uno o más de los tipos de sistemas descritos en (a) hasta (f) a continuación. El equipo unitario, de acuerdo con la sección 701-11 (f), debe satisfacer los requerimientos aplicables de este artículo.

Para seleccionar la alimentación de un sistema de reserva legalmente requerida, debe tomarse en consideración el tipo de servicio que debe suministrar, sea éste de larga o corta duración.

Debe tomarse en cuenta la ubicación y/o el diseño de todo el equipo con el fin de minimizar los riesgos que pueden causar la falla completa del sistema, debido a inundaciones, incendios y vandalismo.

Nota: La asignación del grado de confiabilidad de la alimentación de un sistema reconocido como reserva legalmente requerida, depende del cuidado de la evaluación de las variables del sistema en cada instalación particular.

(a) Baterías. En una batería de régimen y capacidad apropiadas para suministrar y mantener, a no menos del 87.5% la tensión del sistema, la carga total de los circuitos alimentados por la fuerza de reserva legalmente requerida, por un periodo no menor de 1 ½ horas.

Las baterías del tipo ácido o alcalino, deben ser diseñadas y construidas para satisfacer los requerimientos de servicio del sistema de emergencia y deben ser compatibles con el cargador utilizado en cada caso particular.

Para baterías selladas no es necesario que el envase sea transparente. Sin embargo, para baterías de plomo-ácido que requieren adición periódica de agua, el envase debe ser transparente o translúcido. No se puede usar baterías de uso automotriz.

Debe proveerse un sistema automático de carga de baterías.

b) Grupo generador.

1) Un grupo generador accionado por una fuerza motriz, certificado por las autoridades competentes y dimensionados de acuerdo con la sección 701-6.

Deben proveerse los medios necesarios para arrancar automáticamente la fuerza motriz, en caso de falla del servicio normal de fuerza, y para la transferencia automática y operación de todos los circuitos eléctricos requeridos.

Debe proveerse un sistema de retardo que permita que el generador trabaje un tiempo mínimo de 15 minutos, para evitar retransferencia en caso de restablecimiento, en un tiempo muy corto, de la fuente normal de corriente.

(2) Donde se use como fuerza motriz un motor de combustión interna, debe proveerse un tanque interno de combustible con capacidad suficiente para no menos de dos horas de funcionamiento del sistema a plena carga.

(3) La fuerza motriz no debe depender únicamente del sistema público como fuente de combustible o de la proveedora municipal de agua para su sistema de enfriamiento. Donde se utilicen dos sistemas de suministro de combustible, deben proveerse los medios para la transferencia automática de una fuente de combustible a otra.

Excepción: Donde sea aceptado por las autoridades competentes, se puede utilizar como fuente de combustible otra fuente que no sea el tanque interno, cuando exista poca probabilidad de falla simultánea del suministro externo de combustible y el suministro normal de la energía eléctrica externa.

(4) Cuando la batería sea usada para control o señal de energía o como un medio de arranque de la fuerza motriz, debe ser adecuada para tal propósito y equipada con un cargador automático independiente del grupo generador.

c) Fuentes de energía ininterrumpible. Las fuentes de energía ininterrumpida, usadas para alimentar un sistema de reserva legalmente requerida, deben cumplir con las disposiciones aplicables, indicadas en la secc.701-11 (a) y (b).

d) Servicio separado. Donde sea aceptado por las autoridades competentes, se permite un segundo servicio. Este servicio debe estar de acuerdo con el artículo 230, con alimentación separada o en paralelo completamente separado eléctrica y físicamente del servicio normal para reducir la probabilidad de interrupción simultánea de la fuente.

e) Conexión antes de los medios de desconexión de la acometida. Donde sea aceptado por las autoridades competentes, se permiten las conexiones antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida principal. La acometida de reserva legalmente requerida debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión del suministro, para evitar la interrupción simultánea de la energía debido a una falla dentro del inmueble o grupos de inmuebles alimentados.

Véase la secc. 230-82 para los equipos permitidos en el lado de alimentación de los medios de desconexión de la acometida.

f) Equipo de la unidad. Equipos individuales para iluminación de reserva requerido legalmente deben incluir: (1) Una batería recargable; (2) medios de carga de la batería; (3) disposiciones para una o más lámparas montadas en el equipo y/o permitir tener terminales para lámparas remotas; (4) un dispositivo relevador para energizar automáticamente esas lámparas, al fallar la alimentación del equipo unitario. Las baterías deben ser de características nominales y capacidad adecuadas para alimentar y mantener no menos del 87.50% de la tensión nominal de la batería para la carga total, de las lámparas asociadas a la unidad, durante un período no menor de 1 ½ horas o deben alimentar y mantener no menos del 60% de la iluminación inicial de reserva legalmente requerida por un periodo no menor de 1 ½ horas. Las baterías, del tipo ácido o alcalino, deben diseñarse y fabricarse para cumplir con los requisitos del servicio de emergencia.

El equipo de la unidad debe sujetarse permanentemente en un lugar (por ejemplo, no portátiles) y todo el alambrado a cada unidad debe estar instalada de acuerdo con los requisitos de cualquiera de los métodos de alambrado indicados en el capítulo 3 de esta norma. Cuando la longitud del cordón no sea mayor de 1 m se permite usar una conexión de cordón flexible y clavija. El circuito derivado que alimenta el equipo de la unidad debe ser el mismo circuito derivado que alimenta normalmente el alumbrado en el área y debe estar conectado antes de cualquier interruptor local. Los aparatos de iluminación de reserva legalmente requerida que reciben energía de un equipo de la unidad y que no son parte de dicho equipo deben ser alambrados por medio de uno de los métodos de instalación señalados en el capítulo 3 de esta norma.

#### **D. Protección contra sobrecorriente.**

##### **701-15. Accesibilidad.**

Los dispositivos contra sobrecorriente del circuito derivado en los circuitos de reserva legalmente requerida deben estar accesibles únicamente a personas autorizadas.

### **701-17. Protección de los equipos contra falla a tierra.**

La fuente auxiliar para los sistemas de reserva legalmente requerida no necesitan tener protección contra falla a tierra del equipo.

## **ARTICULO 702- SISTEMAS OPCIONALES DE RESERVA**

### **A. Disposiciones generales**

#### **702-1. Alcance**

Las disposiciones de este artículo se aplican a la instalación y operación de los sistemas opcionales de reserva.

Los sistemas contemplados en este artículo son aquellos que están instalados permanentemente en su totalidad, incluyendo la fuerza motriz.

#### **702-2. Sistemas opcionales de reserva.**

El propósito de los sistemas opcionales de reserva, es el de proteger negocios, operaciones industriales o propiedades privadas, donde la seguridad de la vida de las personas no depende del funcionamiento de estos sistemas.

Se considera que los sistemas opcionales de reserva generan internamente energía eléctrica para abastecer cargas seleccionadas en forma manual o automática.

Los sistemas opcionales de reserva se instalan típicamente para proveer una fuente alterna de energía eléctrica, para aplicaciones en edificios comerciales e industriales, granjas, residencias, para abastecer cargas tales como sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de procesamiento de datos y comunicaciones, y procesos industriales, en los cuales una falla en el suministro de energía eléctrica, puede ocasionar interrupciones graves de procesos, daños a productos y equipos, etc.

#### **702-3. Aplicación de otros artículos.**

Los sistemas opcionales de reserva deben cumplir con todos los artículos relacionados con ellos en esta norma, tomando en cuenta las modificaciones indicadas en este artículo.

#### **702-4. Aprobación del equipo.**

Todos los equipos que se empleen en estos sistemas deben estar aprobados para ese uso.

#### **702-5. Capacidad y rango.**

Un sistema opcional de reserva debe tener la capacidad y el rango adecuado para alimentar a todos los equipos que deban operar simultáneamente. El equipo de los sistemas opcionales de reserva debe ser adecuado para soportar la máxima corriente de falla que se pueda presentar en sus terminales.

#### **702-6. Equipo de transferencia.**

El equipo de transferencia debe ser adecuado para el uso previsto y diseñado e instalado de tal manera que se eviten interconexiones inadvertidas entre la fuente normal de energía y la opcional, en cualquier operación del equipo de transferencia.

#### **702-7. Señales.**

Deben proveerse dispositivos con señales visuales y audibles, donde sea posible, para los siguientes propósitos:

- a) **Avería.** Para indicar el mal funcionamiento de la fuente opcional de reserva.
- b) **Operación.** Para indicar que la fuente opcional de reserva está suministrando energía a la carga.

#### **702-8. Rótulos.**

- a) En el equipo opcional de reserva. Deben colocarse rótulos en el equipo de acometida, indicando el tipo y la ubicación de las fuentes opcionales de reserva.
- b) En la conexión a tierra.

Cuando el conductor de puesta a tierra del circuito de la fuente de emergencia se conecta al electrodo de tierra en un lugar alejado de dicha fuente, debe haber un letrero en el lugar de la puesta a tierra, que identifique a todas las fuentes de energía de servicio normal y de emergencia que estén conectadas a ese punto.

#### **B. Alambrado del sistema.**

##### **702-9. Alambrado de los sistemas opcionales de reserva.**

Se permite que el alambrado de los sistemas opcionales de reserva ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes de otros alambrados de tipo general.

### **ARTICULO 709 ALUMBRADO ESPECIAL DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION EN LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA**

#### **709-1. Alumbrado especial de emergencia**

Las instalaciones destinadas a alumbrado especial de emergencia tiene por objeto asegurar aun faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen (quirófanos, etc.).

Se incluyen dentro de este alumbrado los de emergencia, señalización y reemplazamiento.

**(a) Alumbrado de emergencia.**

Es aquel que debe permitir, en caso de falla del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Debe ser alimentado únicamente por fuentes propias de energía sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia debe funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

El alumbrado de emergencia debe instalarse en los locales que se indiquen en cada caso y siempre en las salidas de éstas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. En el caso de que exista un tablero principal de distribución en el local donde éste se instale, así como sus accesos deben estar provistos de alumbrado de emergencia.

**(b) Alumbrado de señalización.**

Es el que se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la ubicación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el tiempo que permanezca con público. Debe ser alimentado al menos por dos suministros sean ellos normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica de las admitidas en el artículo 709-2 de esta instrucción (ver la sección 709-2). Debe proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación de un lux.

El alumbrado de señalización se debe instalar en los locales que en cada caso se indiquen y siempre en las salidas de estos y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Cuando los locales que deban iluminarse con este alumbrado coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados pueden ser los mismos.

Cuando el suministro habitual de alumbrado de señalización falle o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización debe pasar automáticamente al segundo suministro.

**(c) Alumbrado de reemplazamiento.**

Este alumbrado debe permitir la continuación normal del alumbrado total durante un mínimo de dos horas y debe obligatoriamente ser alimentado por fuentes propias de energía pero no por ningún suministro exterior.

Si las fuentes propias de energía están constituidas por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, debe utilizarse un suministro exterior para su carga.

**(d) Instrucciones complementarias**

Para las tres clases de alumbrados especiales mencionados, se deben emplear lámparas incandescentes o lámparas fluorescentes con dispositivo de encendido rápido e instantáneo, alimentadas por fuentes propias de energía cuando corresponda según los aparatos anteriores.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado especial que se menciona figura un voltímetro de clase 2.5 por lo menos; se dispondrá de un tablero central situado fuera de la posible intervención del público. No se precisa la instalación de este tablero cuando el alumbrado especial se haga por medio de aparatos autónomos automáticos.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas del alumbrado especial están protegidas por interruptores automáticos con una corriente nominal de 15 A como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o si en los locales considerados existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, éstos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se deben disponer cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas y cuando se instalen en huecos de la construcción deben estar separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

**(e) Locales que deben ser provistos de alumbrado especial de emergencia.**

**(e.1) Con alumbrado de emergencia.**

Todos los locales de reunión que pueda albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y lugares de cuidado de la salud.

**(e.2) Con alumbrado de señalización.**

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros, cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, lugares de cuidado de la salud, y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales de iluminación mínima de un lux.

(e.3) Con alumbrado de reemplazamiento.

Lugares de cuidado de la salud: únicamente en quirófanos, expulsión, salas de curación y unidades de vigilancia intensiva.

#### **709-2. Fuentes propias de energía.**

La fuente propia de energía debe estar constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso debe estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía es como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el inciso (a) de este artículo.

En los lugares de cuidado de la salud, grandes hoteles, locales de espectáculos de gran capacidad, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos, aeropuertos y establecimientos comerciales con gran afluencia de público, las fuentes propias de energía deben poder suministrar además de los alumbrados especiales la potencia necesaria para atender servicios urgentes o indispensables.

#### **709-3. Prescripciones de carácter general.**

Las instalaciones en los locales deben cumplir las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

a) El tablero de distribución e igualmente los tableros secundarios, se deben instalar en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estén separados de los locales donde exista un peligro de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego.

b) En el tablero general de distribución o en los secundarios se debe disponer de dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas de distribución. Cerca de cada uno de los interruptores del tablero se debe colocar una placa indicadora del circuito a que pertenecen.

c) En las instalaciones para alumbrado de los locales donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, debe ser tal que el corte de corriente en cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales que se iluminan, alimentadas por dichas líneas.

d) Las canalizaciones deben incluir:

Conductores aislados, para tensión nominal no inferior a 600 V, aislamiento de tipo no propagador de la llama de baja emisión de humos y de baja toxicidad preferentemente en canalizaciones empotradas en las zonas accesibles al público.

e) Se debe adoptar las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

### **5.2. Circuitos normales**

Son aquellos circuitos que están alimentados por una subestación. Estos circuitos nos sirven para alimentar al alumbrado y contactos, y los cuales se agrupan en un tablero general de baja tensión denominado "TABLERO NORMAL".

### **5.3. Circuitos preferentes**

Son aquellos circuitos que están alimentados a través de dos tableros normales y un tablero de transferencia. Estos circuitos nos sirven para alimentar a las cargas que son de vital importancia, como son: alumbrado vigilancia, puestos de rectificación, aparatos de tracción, equipo C.D. emergencia, servicio de emergencia.

### **5.4. Circuitos de emergencia**

Son aquellos circuitos que están alimentados por grupos electrógenos o banco de baterías. Estos circuitos nos sirven para alimentar a las cargas de maniobra y control en centrales y subestaciones eléctricas, para alumbrado de emergencia en los locales públicos, para arranque y alumbrado en vehículos ferroviarios, para alimentación ininterrumpida de ordenadores y sistema de control de plantas industriales, para equipos de telecomunicaciones y telemando, para arranque de grupos diesel, para sistemas de alarmas y señalización, para diversos servicios en barcos, para celdas solares, para alumbrado de seguridad en aeropuertos, faros, etc. .

### **5.5. Selección de canalizaciones**

Se entenderá por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico, contaminación y su vez protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un corto circuito.

Las normas técnicas de instalaciones eléctricas establece en el artículo 513.15 que los circuitos de emergencia deben estar alojados en canalizaciones independientes, exclusivas para los mismos, a fin de que dichos circuitos puedan tener un mantenimiento especial.

Los medios de canalización mas comúnmente usados en las instalaciones eléctricas son las siguientes:

- 1) Tubo conduit
- 2) Ductos
- 3) Charolas

#### **1) Tubos conduit**

Existen en el mercado actualmente una gran diversidad de tubería conduit para emplearlos en cada caso especial de que se trate en tramos de 3.05 m de largo con cuerda en los extremos a excepción de plástico y pared delgada entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- a) Tubo de acero galvanizado de pared gruesa
- b) Tubo de acero galvanizado de pared delgada
- c) Tubo de acero esmaltado de pared gruesa
- d) Tubo de aluminio
- e) Tubo flexible
- f) Tubo de plástico flexible

#### **a) Tubo de acero galvanizado de pared gruesa.**

Este tubo está protegido interior y exteriormente por medio del acabado galvanizado, puede ser empleado en cualquier clase de trabajo dada su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo visible o en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedas.

b) Tubo de acero galvanizado de pared delgada.

La diferencia en este tubo con respecto al de pared gruesa es que el espesor de la pared del tubo es de la mitad, sus aplicaciones son del mismo tipo por sus propiedades de resistencia a la humedad, solo que no se le puede hacer rosca en los extremos y se une por medio de coples u otro tipo de conectores.

c) Tubo de acero esmaltado de pared gruesa.

Este tipo de tubo está protegido interiormente y exteriormente con esmalte para protección contra oxidación, por lo que se recomienda para instalaciones a la intemperie o en lugares permanentemente húmedos.

d) Tubo de aluminio

Este tipo de tubo de manufactura en pared gruesa o pared delgada, tienen la ventaja de ser más ligero que los tubos de acero a igualdad de sección. se recomienda su uso para instalaciones con armaduras del mismo material.

e) Tubo flexible

Se emplea en aquellas instalaciones en que es necesario hacer muchas curvas ya que se adapta perfectamente a esto. Es ideal para la instalación de motores eléctricos, es adecuado en instalaciones industriales por su consistencia mecánica a la presión. Se complementa con coples de tornillo y conectores especiales.

f) Tubo de plástico flexible.

Este tubo se fabrica con distintas denominaciones comerciales como son: polyducto, duraducto, etc., tiene las propiedades de ser ligero y resistente a la acción del agua, su empleo se ha incrementado mucho en instalaciones eléctricas de edificios, comercios y casa habitación, tienen la limitante de que no es recomendable usarlo en lugares con temperaturas que excedan a los 60 °C. Para su conexión entre si y con cajas de conexión se requieren accesorios especiales de plástico. El PVC por ejemplo se emplean en lozas en lugares húmedos o corrosivos.

En la tabla 5.1 se muestran las dimensiones con respecto al tubo conduit.

Tabla 5.1 Dimensiones de tubos conduit

Tamaño en in.	Diámetro Interior en in.	Área Interior en in <sup>2</sup> .
1/2	0.622	0.30
3/4	0.824	0.53
1	1.049	0.86
1 1/4	1.380	1.50
1 1/2	1.610	2.04
2	2.067	3.36
2 1/2	2.469	4.79
3	3.168	7.28
3 1/2	3.548	9.90
4	4.026	12.72
5	5.047	20.06
6	6.065	28.89

## 2) Ductos

Los ductos consisten de canales de lamina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapa, se usa solo en instalaciones visibles ya que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de las lozas de concreto, razón por la que su aplicación se encuentra en industrias y laboratorios.

Los conductores se llevan dentro de los ductos como si se tratara de tubo conduit y se pueden catalogar de acuerdo a su aplicación como ductos alimentadores, si llevan los conductores o barras de la subestación a los tableros de distribución y los llamados ductos de conexión que parten de los diferentes tableros a los aparatos receptores.

Los llamados electroductos son usados normalmente con barras conductoras ya integrados de fábrica para su armado en la obra.

Es de uso común el ducto cuadrado que aventaja al tubo conduit cuando se trata de sistemas mayores de distribución, en especial cuando se emplean circuitos múltiples, ofreciendo además la ventaja de ser fácil de alambrear, teniéndose un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación del calor.

Se permiten un máximo de 30 conductores hasta ocupar un 20 % del interior del ducto, en el caso de empalmes o derivaciones puede ser hasta un 75 %. En la tabla 5.2 se muestran comparativamente la capacidad de conducción de corriente con respecto al tubo conduit.

Tabla 5.2 Capacidad de corriente de conductores en tubo conduit y ductos

Número de conductores	Capacidad de corriente permitida en conduit en %	Capacidad de corriente permitida en ductos en %
1 a 3	100	100
4 a 6	80	100
7 a 24	70	100
25 a 30	60	100
31 a 32	60	100
43 ó mas	50	100

El empleo de ductos en las instalaciones industriales o de laboratorios ofrecen las siguientes ventajas:

- ⇒ Fácil de instalar.
- ⇒ Se surten en tramos de diferentes medidas lo que hace versátil su instalación.
- ⇒ Se tiene facilidad y versatilidad para la instalación de conductores dentro del ducto, teniéndose la posibilidad de agregar más circuitos a las instalaciones ya existentes.
- ⇒ Los ductos son 100 % recuperables cuando se modifican las instalaciones y se vuelven a usar.
- ⇒ Son fáciles de abrir y conectar derivaciones para alumbrado o fuerza.
- ⇒ Se tiene ahorro en herramienta ya que no es necesario usar tarrajas, dobladores de tubo, etc.
- ⇒ Facilitan la ampliación en las instalaciones eléctricas.

### 3) Charolas

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación.

En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones.

- a) Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.
- b) En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos, en el caso de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2.0 ó 3.0 m.
- c) En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo de cáñamo.

De acuerdo con las normas de instalaciones eléctricas, en ductos verticales ( también aplicable a charolas ) los conductores deberán estar sostenidos a intervalos no mayores que los indicados en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Sosten de conductores en ductos verticales

Calibres	Separación de sostenes
Hasta calibre 1 / 0	30 m.
Hasta calibre 4 / 0	25 m.
Hasta calibre 350 MCM	18 m.
Hasta calibre 500 MCM	15 m.
Hasta calibre 750 MCM	12 m.

### 5.6 Selección de conductores

En el proyecto de las instalaciones eléctricas de emergencia la selección de conductores se hace tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) Dispositivo que se alimenta.
- b) Tipo de instalación.
- c) Carga del circuito.
- d) Voltaje de operación.
- e) Distancia entre la carga y la alimentación.

A continuación se describe cada uno de los factores

a) Es necesario conocer que se va alimentar, pues no todas las cargas tienen el mismo proceso de operación. Refiriéndose al encendido o arranque, por ejemplo, las lámparas de descarga eléctrica tienen grandes corrientes de arranque durante el encendido.

b) El tipo de instalación interviene en la selección de conductores, pues los agentes externos pueden afectar, positiva o negativamente el funcionamiento y vida del conductor. Si la instalación es aparente, queda expuesta a los agentes físicos y químicos produciéndole, por ejemplo, daño mecánico, y aumento o disminución de temperatura, dependiendo de cada caso en particular.

c) Las normas técnicas para instalaciones eléctricas especifican que los conductores de un circuito derivado deben tener una capacidad de corriente no menor que la capacidad nominal del circuito y no menor que la carga máxima por servir.

d) Es necesario tomar en cuenta el voltaje de operación, pues los conductores eléctricos, trabajan a tensiones eléctricas específicas, indicadas por el fabricante.

e) Existen principalmente 2 métodos para calcular la sección del conductor:

1) La capacidad de conducción de corriente ( ampacidad ).

2) La caída de voltaje.

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis, pero se consideran simultáneamente en la selección de un conductor, como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces se deben tomar como bueno en que resulte de mayor sección, ya que de esta manera el conductor se comportará satisfactoriamente desde el punto de vista de cada voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

1. Cálculo de conductores por capacidad de conducción de corriente.

La capacidad de conducción de un conductor ( ampacidad ) se encuentra limitada por los siguientes factores:

⇒ Conductividad del metal conductor.

⇒ Capacidad térmica del aislamiento.

Desde el punto de vista de conductividad se han elaborado tablas que dan las resistencias eléctrica de los conductores de cobre, factor que es muy importante en virtud de que determinan las pérdidas de potencia eléctrica al paso de la corriente según la fórmula.

$$W = V \times I$$

Donde: V = Voltaje en volts.

I = Corriente en amperes.

W = Potencia en watts.

Esta potencia por un periodo de tiempo determinado es una energía que se disipa en forma de calor, el cual no puede rebasar 10 % .

Las pérdidas  $R I^2$  se manifiestan en forma de calor que a su vez influye directamente en el aislamiento del conductor, factor que es muy importante ya que determina la temperatura máxima de operación a régimen permanente de un conductor. En la tabla 5.4 se indican estas temperaturas para algunos conductores comerciales en baja tensión.

Tabla 5.4 Temperatura máxima de operación a régimen permanente de los conductores.

T.W.	60° C en ambiente seco	60° C en ambiente mojado
Vinanel 900	90° C en ambiente seco	75° C en ambiente mojado
Vinanel Nylon	90° C en ambiente seco	75° C en ambiente mojado
Vulcanel EP	90° C en ambiente seco	75° C en ambiente mojado
Vulcanel XLP	90° C en ambiente seco	75° C en ambiente mojado

De lo anterior se deduce que la capacidad de conducción de corriente de un conductor está íntimamente ligada a la capacidad de aislamiento a las temperaturas elevadas, esto considerando también que por lo general los conductores se encuentran dentro de canalizaciones en las instalaciones eléctricas, que se comportan como emisoras de calor y también por temperaturas ambientes superiores a los 40 ° C.

De lo anterior, se establece un factor de corrección por temperatura que tiene los siguientes valores establecidos en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Factores de corrección por temperatura mayor de 30° C ó 86° F.

Temperatura Ambiente			TW	THW
40°C	-	104°F	0.82	0.88
45°C	-	113°F	0.71	0.82
50°C	-	122°F	0.58	0.75
55°C	-	131°F	0.41	0.67
60°C	-	140°F		0.58
70°C	-	158°F		0.35

### Número de conductores en tubo conduit.-

Anteriormente se ha mencionado ya que los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor y debido a que el aislamiento impone una fuerte restricción debido a sus limitaciones de tipo térmico.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo conduit tiene que ser restringido de tal forma que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit de manera que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base de un buen enfriamiento. Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores.

Si  $A$  es el área interior del tubo en  $\text{mm}^2$  ó  $\text{pulg}^2$  y  $a$  es el área total de los conductores, el factor de agrupamiento es:

$$F = \frac{a}{A}$$

Este factor de corrección por agrupamiento esta dada en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Factores de corrección por No. de conductores en tuberías

Nº de conductores	% de valores en amperes nominales
4 a 6	80%
7 a 24	70%
25 a 42	60%
43 y más	50%

El número de conductores en un tubo conduit están dadas en las tablas: 5.7, 5.8 , 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12 respectivamente.

Tabla 5.7 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero, pared gruesa, tipo comercial.

CALIBRE  AWG y MCM	VINANEL NYLON										VINANEL 900 Y TW										
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
14	16	26	42								11	18	30								
12	12	20	31	53							9	14	23	39							
10	8	12	20	34	46						6	11	17	30	40						
8	4	7	11	20	27	44					3	6	9	16	21	34					
6	3	4	7	12	16	27	40				1	3	5	8	11	18	27				
4	1	2	4	7	10	16	25	38			1	3	6	8	14	20	32				
2		1	3	5	7	12	17	27	46		1	2	4	6	10	15	23	28			
1/0			1	3	4	7	11	17	29			1	2	3	6	9	14	17			
2/0				1	2	3	6	9	14	24			1	3	5	8	12	15			
3/0				1	3	5	7	12	20				1	2	4	6	10	12			
4/0				1	2	4	6	10	16				1	1	3	5	8	10			
250				1	1	3	5	8	13				1	3	4	7	8				
300					1	3	4	7	11				1	2	4	6	7				
400						1	3	5	9					1	3	4	6				
500							1	3	4	7					1	2	4	5			

Tabla 5.8 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero, pared delgada, tipo comercial.

CALIBRE AWG y MCM	VINANEL NYLON						VINANEL 900 Y TW						
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	
	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52 mm	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52 mm	
14	13	24	37				9	17	26				
12	9	18	27	49			7	13	20	36			
10	6	11	17	31	43		5	10	15	28	38		
8	3	6	10	18	25	40	2	5	8	24	20	32	
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17	
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13	
2			1	2	5	6	11		1	4	5	9	
1/0				1	3	4	5			1	2	3	6
2/0					1	1	3	4			1	3	5
3/0						1	3	4			1	1	4
4/0							1	1	3		1	1	3
250								1	1	2		1	2
300									1	2		1	1
400										1			1
500												1	1

Tabla 5.9 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de fierro, pared extradelgada, tipo comercial.

CALIBRE AWG y MCM	VINANEL NYLON		VINANEL 900 Y TW	
	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"
	13 mm	19 mm	13 mm	19 mm
14	15	26	10	19
12	10	20	8	14
10	7	12	6	11
8	4	7	3	5
6	1	4	1	3
4	1	2		1
2		1		1

Nota. Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

Tabla 5.10 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de PVC tipo pesado.

CALIBRE  AWG y MCM	VINANEL NYLON										VINANEL 900 Y TW								
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"		
	13	19	25	32	38	52	63	76	102		13	19	25	32	38	52	63		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
14	17	29	49								12	21	34						
12	13	22	36	60							9	16	27	44					
10	8	14	23	38	50						7	12	20	34	44				
8	4	8	13	22	29	46					3	6	10	17	23	36			
6	3	5	8	13	18	28	41				1	3	5	9	12	19	28		
4	1	3	5	8	11	17	25	39			1	2	4	7	9	14	21		
2		1	3	6	8	12	18	28	48			1	3	5	6	10	15		
1/0			1	3	5	7	11	17	30				1	3	4	6	9		
2/0				1	3	4	6	9	14	25				1	2	3	5	8	
3/0					1	2	3	5	8	12	21				1	3	4	7	
4/0						1	2	4	6	10	17				1	1	4	5	
250						1	1	3	5	8	14				1	1	3	4	
300						1	1	3	4	7	12					1	2	4	
400							1	1	3	5	9						1	3	
500								1	3	4	8							1	2

Nota: Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

Tabla 5.11 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de PVC rígido, tipo ligero.

CALIBRE	VINANEL NYLON						VINANEL 900 Y TW						
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	
AGW y MCM	13	19	25	32	38	52	13	19	25	32	38	52	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
14	13	24	39				9	17	27				
12	10	18	29	49			7	13	21	36			
10	6	11	18	31	43		5	10	16	27	38		
8	3	6	10	18	25	41	2	5	8	14	19	32	
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17	
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13	
2			1	2	5	6	11		1	1	4	5	9
1/0				1	3	4	7			1	2	3	6
2/0					1	3	5				1	3	5
3/0						1	3	4			1	1	4
4/0							1	1	4		1	1	3
250								1	3			1	2
300									1	2			1
400										1			1
500											1		1

Nota. Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

Tabla 5.12 Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de polietileno flexible ( pared lisa ).

CALIBRE	VINANEL NYLON								VINANEL 900 Y TW							
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	4"
AWG y MCM	13	19	25	32	38	52	76	102	13	19	25	32	38	52	76	102
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
14	16	27	42						11	19	30					
12	12	20	32	52					9	15	23	38				
10	8	13	20	33	45				7	11	18	29	40			
8	4	7	12	19	26	43			3	6	9	15	21	34		
6	2	4	7	12	16	27	56		1	3	5	8	11	18	39	
4	1	2	4	7	10	16	35	59	1	1	3	6	8	14	29	50
2		1	3	5	7	12	25	42		1	2	4	6	10	21	36
1/0			1	3	4	7	15	26			1	2	3	6	13	22
2/0				1	2	3	6	13	22				1	3	5	11
3/0					1	3	5	10	18					1	2	4
4/0						1	4	9	15						1	3
250							1	3	7	12						1
300								1	3	6	10					
400									1	5	8					
500											1	4	7			

Nota. Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

De lo anteriormente expuesto, tenemos que para calcular un conductor por corriente estableceremos la siguiente expresión:

$$I_{CORR} = I \times F.A. \times F.T.$$

Donde :  $I_{CORR}$  = Corriente corregida en amperes.

I = Corriente nominal en amperes.

F.A. = Factor de corrección por agrupamiento.

F.T. = Factor de corrección por temperatura.

## 2. Cálculo de conductores por caída de voltaje.

No basta calcular los conductores por corriente únicamente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulará por él. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas de instalaciones eléctricas ( que son 2 % caída de voltaje en instalaciones residenciales y 3 ó 4 % en instalaciones industriales).

Para estar seguros de que las caídas de voltaje no exceden esos valores es necesario calcular las caídas de voltaje en los circuitos derivados y en los alimentadores mediante la siguiente expresión general:

$$e = 4 \frac{L I}{V s}$$

Donde:

e = Caída de voltaje en %

L = Longitud del conductor en m.

V = Voltaje en volts.

s = Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

## CAPITULO VI

### PLANTAS GENERADORAS

#### 6.1. Diagrama de principio

La fuente de energía para reserva más común es un grupo motor-generator. El grupo consiste de un motor de gasolina o Diesel o una turbina de gas, un generador sincrónico de C.A. y los controles. En servicio de reserva, el grupo es siempre usado con un arreglo a base de interruptores de transferencia. Aunque el grupo es la fuente de energía alterna ideal, después de haber sido arrancada y alcanzado su velocidad de operación, se requiere considerar el equipo complementario y su instalación, y un programa bien organizado para su mantenimiento. Por ejemplo, el grupo requiere una base para soportar su peso, un sistema de combustible, controles, e interruptores. Los motores de gasolina, Diesel y turbina de gas son empleados cuando la capacidad de los grupos son elevados.

En la figura 6.1 se muestra un diagrama unifilar para un sistema en la cual un motor-generator proporciona la fuente de energía alterna. La carga es suministrada desde la fuente de utilización normal. Cuando la fuente normal queda fuera de los límites de voltaje y/o frecuencia o falla completamente, el motor es arrancado. Tan pronto como la salida del generador alcanza su voltaje nominal y frecuencia, el interruptor de transferencia opera para colocar la carga de emergencia al generador. Cuando la energía normal retorna con el voltaje y frecuencia dentro de los límites para un tiempo determinado, el interruptor de transferencia es operado manual o automáticamente para regresar la carga de emergencia a la fuente normal.

Los fabricantes de interruptores de transferencia proporcionan los dispositivos que sence las condiciones de voltaje y frecuencia de la línea de suministro normal. Cuando alguna condición queda fuera del rango aceptable, el dispositivo opera para arrancar el grupo motor-generator, detecta la disponibilidad del grupo y ordena la operación del interruptor de transferencia. La secuencia inversa ocurre cuando la línea de suministro normal retorna a operación.

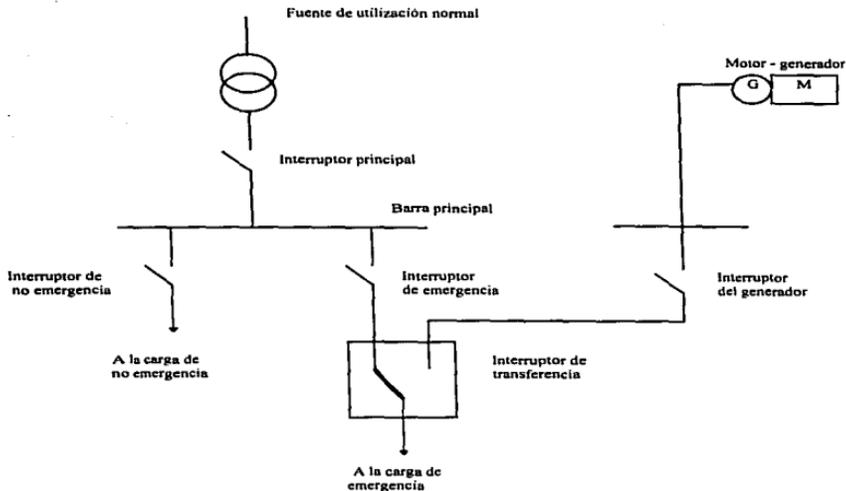


Fig. 6.1 Sistema de emergencia motor-generador con interruptor de transferencia.

El tiempo para el arranque del motor y para la transferencia de la carga al generador es aproximadamente de 10 seg. Durante el tiempo de arranque, las cargas de emergencia están sin energía. Las cargas deben ser referidas al generador secuencialmente para evitar el arranque o corriente de entrada, causando extrañas distorsiones de voltaje. En comparación a un UPS, el motor - generador deja sin energía en un periodo de 10 seg. A diferencia de las baterías, sin embargo, el motor-generador puede operar por varias horas, siempre que se suministre combustible.

Las normas para grupos, establecen varios requisitos para grupos motor-generador legalmente requeridos. Por ejemplo, el grupo no deberá transferir la carga de emergencia de regreso a la fuente normal en menos de 15 min.

El suministro de combustible en el sitio, deberá suministrar por lo menos 2 hrs. de operación en demanda total. El motor no deberá depender únicamente del sistema de gas de utilización pública para combustible o del sistema de agua municipal para su enfriamiento. Obviamente, el sistema mostrado en la figura 6.1 puede ser diseñado con varios generadores en paralelo o varios interruptores de transferencia para suministrar energía a las cargas de emergencia.

#### **Plantas eléctricas con motores de combustión interna**

De acuerdo a nuestro objetivo, lo que nos interesa es conocer un poco más a fondo las Plantas con Motores de Combustión Interna . A continuación veremos como se clasifican y en dónde se aplican.

Las plantas de motores de combustión interna normalmente se clasifican como sigue:

- a) De acuerdo al tipo de combustible
  - Con motor a gas (LP)
  - Con motor a gasolina
  - Con motor a diesel
- b) De acuerdo al tipo de servicio
  - Servicio continuo
  - Servicio de emergencia
- c) Por su operación
  - Manual
  - Automática

#### **Plantas eléctricas de servicio continuo**

Se aplican en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica por parte de la compañía suministradora de este tipo de energía, o bien en donde es indispensable una continuidad estricta, tales como en una radio transmisora, un centro de cómputo, aserraderos, etc.

#### **Plantas eléctricas de emergencia**

Se utilizan en los sistemas de distribución modernos que usan frecuentemente dos o más fuentes de alimentación.

Debido a razones de seguridad y/o economía de las instalaciones en donde es esencial la continuidad del servicio eléctrico, por ejemplo:

- Instalaciones de hospital en las áreas de cirugía, recuperación, cuidado intensivo, salas de tratamiento, etc.

- Para la operación de servicios de importancia crítica como son los elevadores públicos.
- Instalaciones de alumbrado de locales a los cuales acuden un gran número de personas (estadios, aeropuertos, comercios, transportes colectivos, hoteles, cines, etc.)
- En la industria de proceso continuo.
- En instalaciones de computadoras, banco de memoria, equipos de procesamiento de datos, radar, etc.

### **Plantas eléctricas manuales**

Son aquellas que requieren para su operación que se opere manualmente un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Normalmente estas plantas se utilizan en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica comercial, tales como: construcción, aserraderos, poblados pequeños, etc.

### **Plantas eléctricas automáticas**

Son aquellas que solamente al inicio se operan manualmente, ya que después, éstas cumplen sus funciones automáticamente; dichas plantas normalmente tienen las mismas aplicaciones que las plantas de emergencia.

### **Componentes principales**

Las plantas eléctricas automáticas están compuestas principalmente de:

- Un motor de combustión interna.
- Un generador de corriente alterna.
- Un interruptor de transferencia.
- Un circuito de control de transferencia.
- Un circuito de control de arranque y paro (control maestro).
- Instrumentos de medición.

El motor de combustión interna está compuesto de varios sistemas que son:

- a) Sistema de combustible.
- b) Sistema de aire.
- c) Sistema de refrigeración.
- d) Sistema de lubricación.

- e) Sistema eléctrico.
- f) Sistema de arranque.
- g) Sistema de protección.

El generador de corriente alterna está compuesto de:

- a) Inductor principal.
- b) Inducido principal.
- c) Inductor de la excitatriz.
- d) Inducido de la excitatriz
- e) Puente rectificador trifásico.
- f) Regulador de voltaje estático.
- g) Caja de conexiones.

El interruptor de transferencia consta de:

- a) Contactor de alimentación normal.
- b) Contactor de alimentación de emergencia.
- c) Gabinete con lámparas piloto.

El circuito de control de transferencia consta normalmente de:

- a) Sensores de voltaje.
- b) Relevadores de tiempo de:
  - Transferencia
  - Retransferencia
- c) Relevadores auxiliares.
- d) Relevadores de carga.
- e) Reloj programador.
- f) Interruptor de prueba.
- g) Mantenedor de carga de baterías
- h) Gabinete con lámparas piloto.

El circuito de control de arranque y paro (control maestro) consta de:

- a) Relevadores tales como:
  - Relevador de ignición.

- Relevador de arranque.
  - Relevador de falla de arranque.
  - Relevador de paro .
- b) Interruptores con elementos térmicos tales como:
- Interruptor del limite de tiempo de intentos de arranque.
  - Interruptor del limite de arranque.
  - Interruptor de baja presión de aceite.
- c) Resistencia
- d) Elemento térmico del control maestro ( interruptor del circuito)
- e) Tablilla de terminales

Los instrumentos de medición que se instalan normalmente en las plantas son:

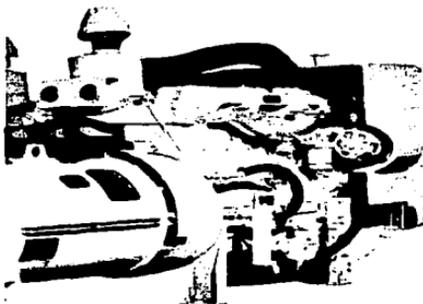
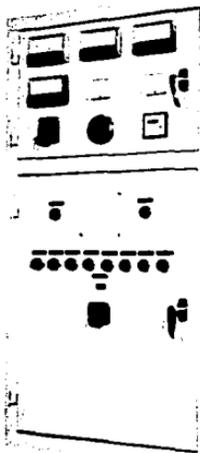
- a) Voltímetro con su conmutador.
- b) Amperímetro con su conmutador.
- c) Frecuencímetro.
- d) Horímetro.
- e) Kilowathórfmetro.

## **DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS ELECTRICAS**

Se compone básicamente de un motor diesel de combustión interna, estacionario, tipo industrial, para servicio de generación y un generador eléctrico de C.A. compacto con excitación estática sin escobillas y regulación externa, acoplados directamente por medio de un cople de disco y adaptador para motor de combustión interna, como el mostrado en la figura 6.2.

Los motores pueden ser de 6, 8, 12 ó 16 cilindros, de aspiración natural, turboalimentados o post-enfriados, fabricados en varias capacidades para acoplarse según la potencia del generador.

Los distintos modelos cubren una gama de potencias que van desde 100 KW hasta 700 KW de capacidad continua



**Fig. 6.2** Planta eléctrica accionada con motor Diesel.

## **MOTOR**

Para plantas eléctricas, en la actualidad, los motores más usuales por su economía, robustez y confiabilidad son los conocidos por Diesel (En memoria de su inventor el alemán Rudolf Diesel).

Un motor de combustión interna, es aquel que obtiene su potencia al quemarse un combustible dentro de un cilindro. En el cilindro hay un émbolo que se mueve y éste, a su vez mediante una biela, hace mover un eje con un efecto de rotación. En el motor Diesel, el combustible es encendido por el calor resultante de la compresión del aire suministrado para la combustión.

El combustible para las máquinas Diesel es un derivado del petróleo, conocido por combustóleo o Diesel.

El motor Diesel, ha sufrido múltiples modificaciones de cuando lo inventó el Dr. Diesel, a la fecha, de manera que se encuentran más de 40 modelos. Hay motores que queman gasolina, combustóleo o gas; la inyección del combustible puede ser por aire a presión o mecánico; puede ser de dos o cuatro tiempos; de acción simple o doble; de una baja, media o alta velocidad; con cilindros colocados horizontales, verticales, en V, o radiales. En fin, cada fabricante hace sus adaptaciones y mejoras. En este estudio solamente se tratará de motores Diesel con las siguientes características:

- 1.- Combustible: Combustóleo o Diesel.
- 2.- Inyección: Mecánica.
- 3.- Ciclo de combustión: Cuatro tiempos.
- 4.- Acción en el pistón: Simple (por un solo lado).
- 5.- Velocidad: Alta de 1000 a 1800 RPM.
- 6.- Colocación de cilindros: Verticales o en V.
- 7.- Enfriamiento: Agua.
- 8.- Posición del motor: Horizontal.
- 9.- Servicio: Estacionario.

### **Funcionamiento**

Para explicar el funcionamiento de una máquina Diesel, veremos lo que ocurre en un solo de los cilindros ya que en los otros pasa lo mismo. Trataremos, como se dijo anteriormente el ciclo Diesel de cuatro tiempos.

**Primer tiempo: aspiración.**

La válvula de admisión se abre y el aire atmosférico penetra al bajar el pistón, haciéndolo a una presión un poco menor que la atmosférica por el vacío que provoca el pistón.

**Segundo tiempo: compresión.**

La válvula de admisión se cierra (la de escape sigue cerrada). El pistón sube y comprime el aire de un volumen  $V$  a uno mucho más reducido  $v$ . Esta relación de compresión es entre 15 a 20 veces. La compresión provoca en el aire un aumento de temperatura, de la atmosférica entre 15 a 35°C, a una temperatura entre 500 a 700°C.

En ese momento se inyecta el combustible a una presión elevada, 40 Kg/cm<sup>2</sup>. El aire caliente quema rápidamente el combustible que tiene un punto de ignición de unos 320°C.

**Tercer tiempo: expansión.**

El combustible quemado provoca una expansión, en razón de la energía que se genera, aproximadamente 0.300 lts/kwh o sea unos 2800 kilocalorías por hora. Esta energía hace bajar el pistón, este mueve la biela, la biela hace girar al cigüeñal, lográndose un movimiento rotatorio en el eje del motor.

**Cuarto tiempo: expulsión.**

Terminado el tiempo de trabajo, se abre la válvula de escape y el pistón empuja los restos de la combustión al exterior, quedando solo un pequeño volumen "v".

El ciclo se inicia de nuevo. El dibujo (figura 6.3) es bastante ilustrativo para completar esta explicación. En términos generales el ciclo representa en energía estos porcentajes:

Compresión	2%
Trabajo útil	35%
Escape	30%
Refrigeración	30%
Otros	3%
Total	<hr/> 100%

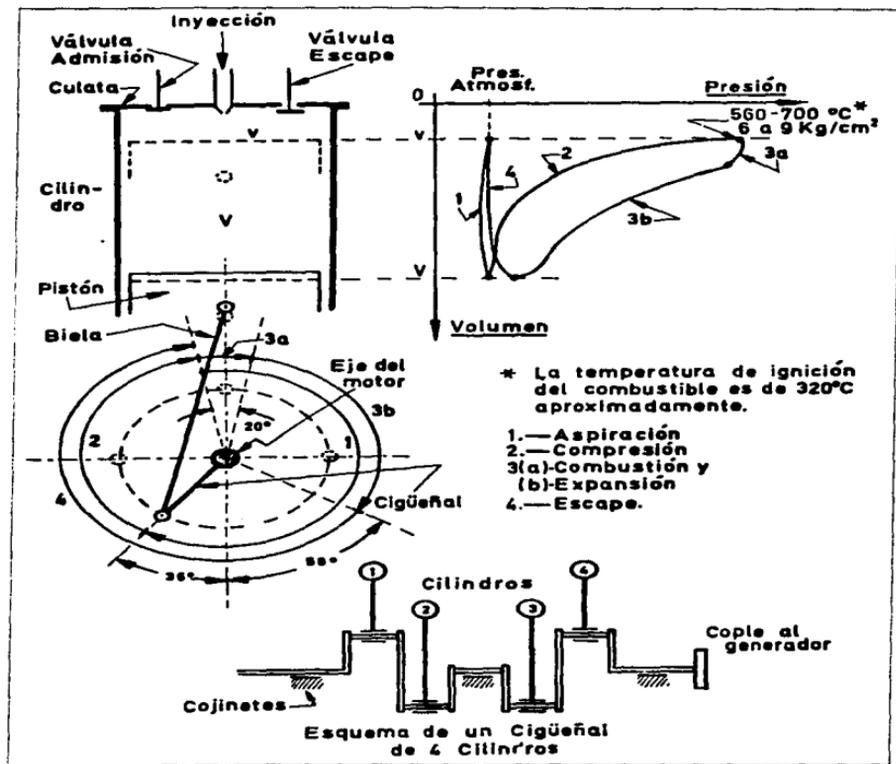


Fig. 6.3 Ciclo Diesel de cuatro tiempos.

### Inyección del combustible.

El sistema de inyección del combustible se compone de tres partes básicas: el inyector, la bomba y el regulador. Como en todo, cada fabricante tiene su diseño. Aquí describiremos el estándar que utilizan muchos fabricantes de motores.

En el esquema de la fig. 6.4 vemos un arreglo general, desde el tanque de combustible, el filtro, la bomba, el regulador y uno de los inyectores por el que es suministrado el combustible.

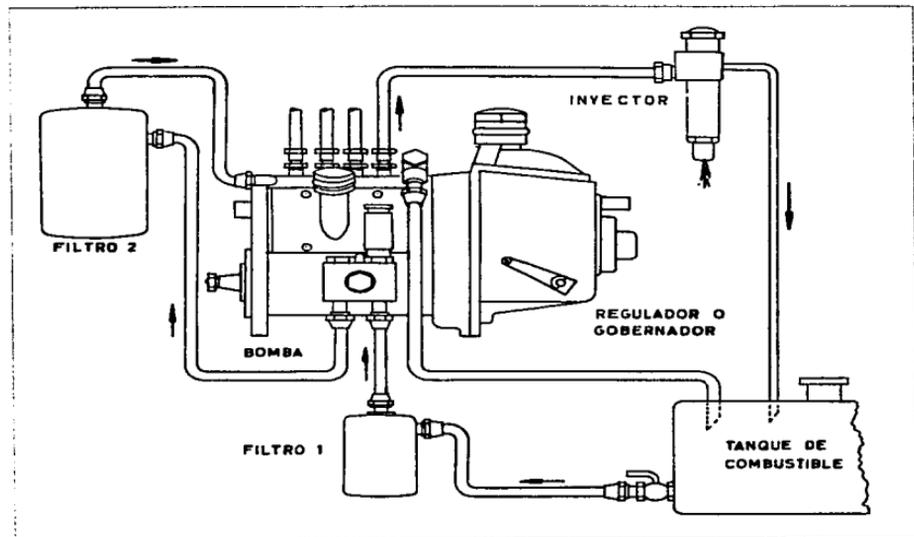


Fig. 6.4 Arreglo general de Inyección de combustible.

Operación sencilla, pero cuando se piensa que el combustible debe llegar a una elevada presión, una cantidad determinada, en un tiempo muy preciso y que la piezas de la bomba, el regulador y los inyectores están sujetos a fricciones y temperaturas excesivas, se da una cuanta de la variedad de aceros y otros metales y del ajuste microscópico que deben de tener estos mecanismos.

### **Características principales.**

Las características principales de un motor de combustión interna tipo diesel son:

- 1) Potencia, medida en H.P. que es en KW igual a 0.746.
- 2) La velocidad, que en las plantas eléctricas se relaciona directamente con la frecuencia. La velocidad es 1000 ó 1500 R.P.M. para una frecuencia de 50 Hz y 1200 ó 1800 R.P.M. para 60 Hz.
- 3) La cilindrada que es el desplazamiento total o volumen que admite cada cilindro al succionar el aire atmosférico, multiplicado por el número de cilindros.
- 4) El diámetro del cilindro y su carrera.
- 5) La presión atmosférica, temperatura y humedad.
- 6) La calidad del combustible empleado.
- 7) El rendimiento total a partir del poder calorífico del combustible y la potencia que entrega la máquina, medida en su eje principal.

Las características anteriores se relacionan con las fórmulas siguientes:

HP = Caballos de fuerza

P = Presión media efectiva en Kg / cm<sup>2</sup>.

V = Volumen de un cilindro en cm<sup>3</sup>.

n = Número de revoluciones del motor por minuto ( RPM ).

L = Carrera de un cilindro en cm.

D = Diámetro de un cilindro en cm.

f = Consumo del combustible en Kg por caballo-hora.

p = Peso específico del combustible en g/cm<sup>3</sup>.

**N** = Número de cilindros del motor.  
**C** = Consumo de combustible en  $\text{cm}^3$ .  
**e** = Rendimiento total del motor en %.

Se tienen las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times L}{4}$$

$$\text{HP (1)} = \frac{P \times V \times R}{9 \times 10^5} \quad (\text{un cilindro})$$

$$\text{HP (N)} = \text{HP (1)} \times N \quad (\text{del motor})$$

$$C(1) = \text{HP (N)} \times f \quad \text{en Kg/hora}$$

$$C(2) = \frac{C(1)}{p} \quad \text{Its/hora}$$

$$e = \frac{\text{HP (N)}}{\text{HP}} \% = \text{Rendimiento total del motor.}$$

Para la corrección por presión atmosférica, temperatura y humedad se da el diagrama de la figura 6.5, donde se relaciona estas variantes con la potencia normal del motor, a una presión de 760 mm, de Hg. (nivel del mar) aire seco y temperatura ambiente de 15 a 16°C, consideradas como normales.

### FACTORES DE CORRECCION

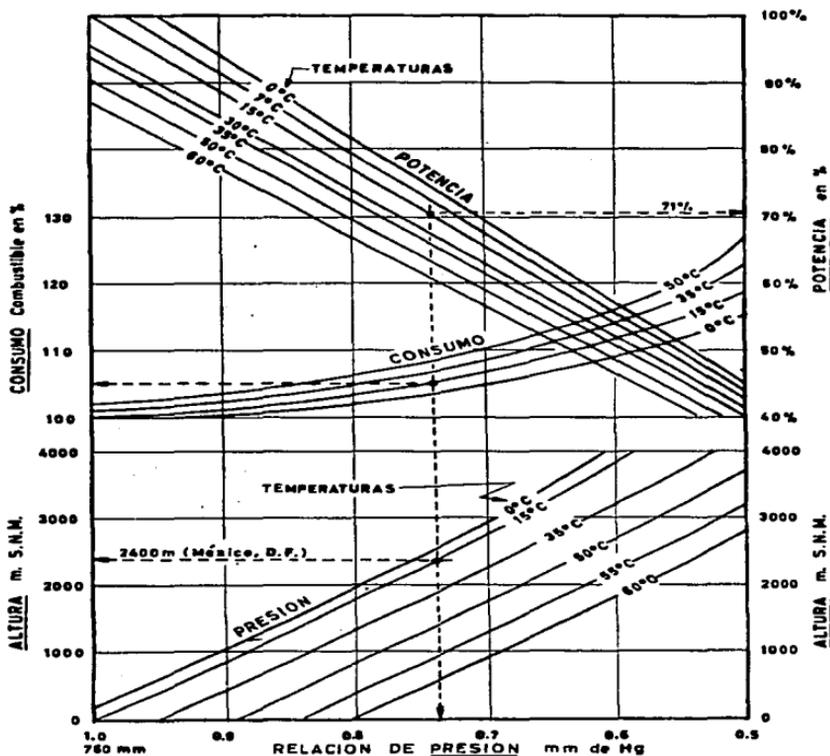


Tabla 6.1 Diagrama de curvas para los factores de corrección.

Los fabricantes de motores Diesel, han establecido como potencia normal la que desarrolla una máquina en su eje motriz, al nivel del mar con un máximo de 1500 pies, ( 460 mts ) a una temperatura de 90°F ( 32°C ) y que soporte un sobrecarga del 10% durante dos horas en cualquiera de las 24 hrs del día. Los motores Diesel como se dice en el capítulo de funcionamiento, en el primer tiempo aspiran el aire atmosférico a la presión atmosférica y temperatura que tiene el ambiente donde se instala la máquina. La potencia se ve afectada por la cantidad de combustible que puede quemarse con el aire disponible. Esta cantidad de aire puede aumentarse artificialmente con un compresor o turbina accionada con los gases de escape. Cuando el motor toma el aire normal, se le llama "aspiración natural" (AN), cuando se alimenta con una turbina se le llama turbo cargado ( TC ). Este ultimo procedimiento mejora la potencia de la maquina de un 30 a 40 %.

No obstante el sistema de turbo alimentación, la altura sobre el nivel del mar influye en la potencia de los motores por dos razones básicas:

1. La disminución de oxígeno de un mismo volumen de aire.
2. La disminución de la posible disipación del calor de la máquina.

La disminución de la potencia no es exactamente proporcional al aumento de la altura, en atención a que las pérdidas por fricción son constantes en cualquier altitud.

Las capacidades normales de los motores, son los que aparecen en la tabla 6.2.

Potencia del generador ( KW )	Potencia del motor ( HP )	Velocidad ( RPM )	Presión media efectiva Kg / cm <sup>2</sup>	Cilindrada ( Litros )	Número de Cilindros
75 *	112	1800	7	8.1	4
100 *	155	1800	6.4	12.7	6
125	202	1800	8	12.7	6
150	235	1800	10	12.7	8
200	315	1800	10	16.2	8
250	505	1800	17	14.6	6
350	660	1800	17	19.5	8
400	790	1200	18	32.2	8
600	1190	1200	18	48.3	12
900	1570	1200	18	64.5	16

Tabla 6.2. Capacidades comerciales de motores para generadores.

- \* Con aspiración natural, las que no se indican son con turbo cargado.

## **Generadores**

De una manera general se les llama generadores; los hay para producir corriente continua ( C.C.) que algunas veces se les llama dínamos y para producir corriente alterna ( C.A.) en cuyo caso se les llama alternadores.

Entre los alternadores hay una gran variedad que puede distinguirse por su velocidad ( 240 a 3600 RPM ); su tensión ( 120 a 13200 V ): su capacidad ( de algunos KW a varios cientos de miles de KW); su posición ( horizontal o vertical ). En la figura 6.5. se ilustra los componentes principales de un generador.

En este capítulo solo nos ocuparemos de los alternadores siguientes:

1. Capacidad: de 30 a 1000 KW.
2. Tensión: 240 ó 480 V.
3. Velocidad: 1000, 1200, 1500 y 1800 RPM.
4. Frecuencia: 50 ó 60 Hz.
5. Posición: Horizontal.

La potencia máxima de un generador es normalmente de 1800 RPM ó sea cuando da 60 Hz, a menores revoluciones baja su potencia proporcionalmente.

## **Funcionamiento**

Al hacer girar una espira en un campo magnético. se produce una tensión y en consecuencia una corriente eléctrica.

La tensión depende de la velocidad y del número de espiras. La corriente, de la intensidad del campo magnético y de la potencia con que se muevan las espiras con relación al campo. En los alternadores los devanados donde se produce la corriente son estacionarios y se hace girar el campo o polos alimentando con anillos rozantes y escobillas la corriente continua. La corriente continua se producía con baterías o con un dinamo colocado en el mismo eje del alternador. Ahora con el advenimiento de los semiconductores. se usan diodos que convierten la ( C.A. ) producida por el alternador en ( C.C. ) con que se alimenta el campo revolvente.

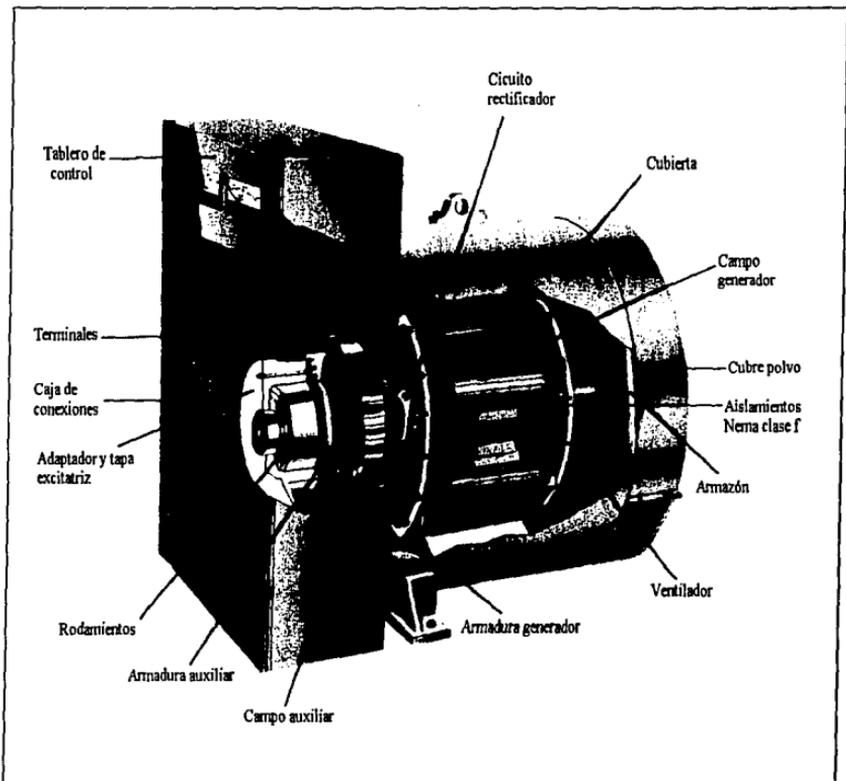


Fig. 6.5. Componentes principales de un generador de corriente alterna.

Todavía más los diodos se colocan a la salida de un alternador ( excitador ) pequeño colocado con el mismo eje del alternador y entonces se suprimen los anillos rozantes. A estos alternadores se conocen comercialmente con el nombre de " sin escobillas " ( Brush Less ). En esta forma se logra un mantenimiento mínimo, ya que los anillos, las escobillas, los conmutadores de los dinamos excitadores, la regulación de la C.C., que alimenta el campo y otros elementos, complicaban la conservación y buen funcionamiento.

La regulación del voltaje alterno de salida del alternador, sin escobillas, se hace con un circuito electrónico ( estado sólido ) que detecta su magnitud y retroalimenta al campo del excitador, manteniendo dentro de un límite muy razonable las variaciones de voltajes originadas por los cambios de carga. La figura 6.6 muestra un sistema completo de una planta eléctrica con excitatriz estática.

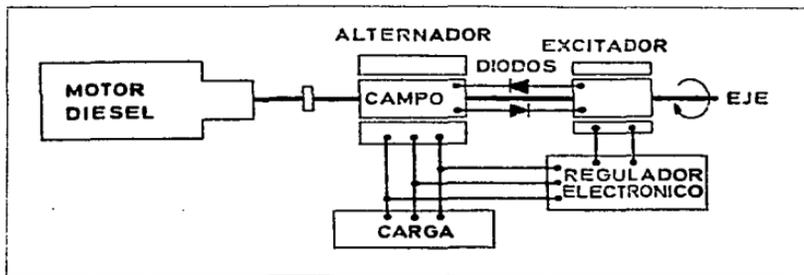


Fig. 6.6. Planta eléctrica con excitatriz estática.

**Dimensiones principales.**

$$KVA = n \frac{D^2 \times L}{10^6}$$

$$\delta KW = 1.25 \times n \frac{D^2 \times L}{10^6}$$

Donde: D = Diámetro de la armadura en cm.

L = Longitud de la armadura en cm.

n = RPM

Las capacidades normales o comerciales de los alternadores trifásicos de 240 ó 480 V, 50 ó 60 Hz, son los que aparecen en la tabla 6.3.

POTENCIA KW	CORRIENTE MAXIMA EN AMPERES A.F.P. = 0.9	
	240 V	480 V
30	90	45
50	150	75
75	226	113
100	300	150
125	376	188
150	452	226
200	600	300
250	752	376
300	904	452
350	1054	527
400	1204	602
500	1500	750
750	2260	1130
1000	3000	1500

Tabla 6..3. Capacidad de generadores para plantas de emergencia ( 60 Hz ).

## **MONTAJE**

El montaje de una planta eléctrica es el complemento para que dé un buen servicio. Varias de las fallas se deben a errores en su montaje. El sitio para su colocación depende de varios factores: proximidad al centro de carga eléctrico, abastecimiento fácil de combustible, accesibilidad ya que se trata de un equipo pesado y que requiere servicio, ventilación e iluminación, facilidad para eliminar los gases producidos por la combustión y por último, elegir un lugar que en lo posible no moleste con el ruido y sus vibraciones que son imposible de eliminar por completo.

A continuación se exponen los elementos que hay que tener en cuenta para el montaje de una planta eléctrica Diesel, entre 30 y 1000 KW.

### **Cimentación**

Cuando una planta eléctrica se monta para servicio temporal su montaje y conexiones casi no ofrecen problemas. Puede colocarse sobre una base de madera, o sobre un piso de cemento o tierra nivelada, pero cuando sea para uso permanente durante varios años debe disponerse de una cimentación adecuada, sobre todo cuando sean de 100 o más Kilowatts.

Lo más común es proporcionar a la planta una cimentación de concreto. La cimentación de concreto da a la planta una masa de inercia que hace disminuir a las vibraciones y proporciona una superficie uniforme para repartir la carga, sobre el suelo y no se hunda. La resistencia de seguridad que ofrece el suelo son de este orden: roca, 400 ton/m<sup>2</sup>; tierra compactada, 50 ton/m<sup>2</sup>; arcilla suave 10 ton/m<sup>2</sup>.

Cuando el ruido es transmitido por el piso debe disminuirse a su mínimo, es conveniente formar dos camas de elementos antivibratorios, como se ilustra en la figura 6.7. Los elementos antivibratorios pueden ser bloques de hule o cajas de resortes de acero. La cimentación más común es la indicada en la figura 6.8.

El concreto debe tener una proporción de 1:2:4 ( una parte de cemento, dos de arena y cuatro de grava en volumen ). Debe hacerse un refuerzo ligero con varilla corrugada de 13 mm ( ½" ) formando cuadrícula de 20 x 20 cm. en dos capas horizontales separadas a una distancia igual a la mitad de la altura del cimiento de concreto.

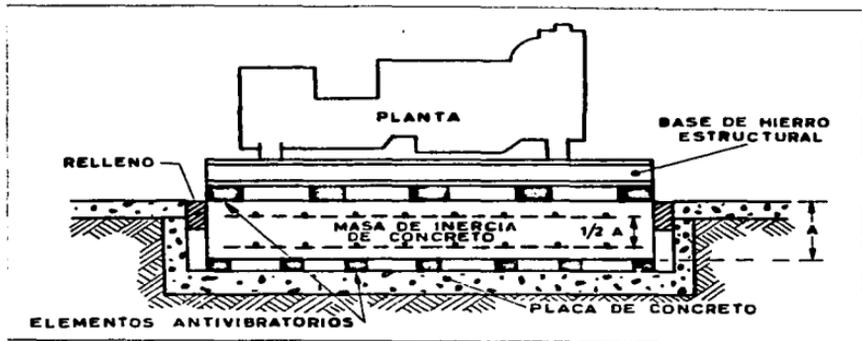


Fig. 6.7. Cimentación de una planta eléctrica con elemento antivibratorios.

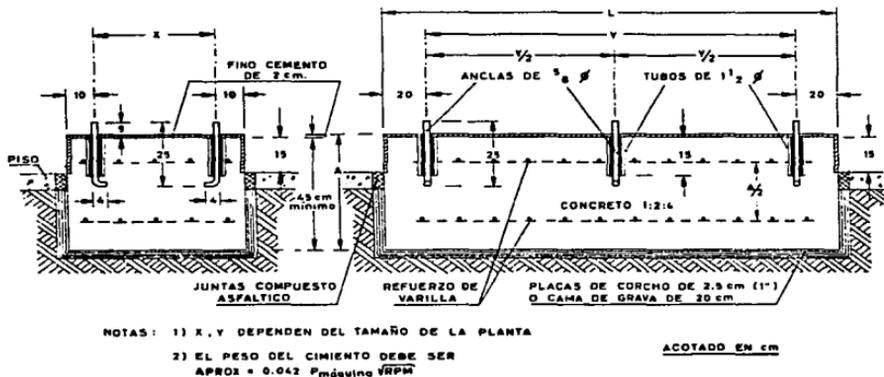
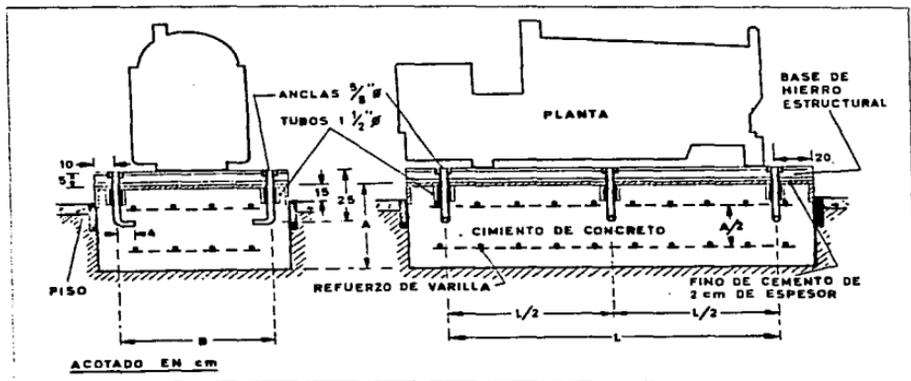


Fig. 6.8 Cimentación de plantas Diesel para 100 KW o mayores.



Diseño del montaje final de la planta eléctrica y el tanque de combustible.

### Combustible

Las máquinas de combustión interna utilizan principalmente tres tipos de combustible, que son los siguientes: gasolina, gas y Diesel; todos ellos derivados del petróleo. Tienen sus ventajas y desventajas.

El combustible que ha tenido más aceptación es el Diesel por ser más económico, tener más poder calorífico y ser menos inflamable. A continuación se dan algunas características de los combustibles:

Combustible	K cal	B. T. U .
Gasolina	7,654 / litro	115,000 / galón
Gas	22.3 / litro	2,500 / pie cub.
Diesel	9,319 / litro	140,000 / galón

El combustible debe manejarse con bastante precaución para evitar su contaminación, pues el polvo o elementos extraños obstruirán los filtros, no permitiendo el paso fácil a los inyectores y en consecuencia un mal funcionamiento o paro del motor. Es conveniente usar un pequeño tanque llamado tanque de diario o auxiliar, colocado un poco arriba de la conexión de combustible del motor pero mas bajo de los inyectores para evitar goteos.

El tanque de diario ( figura 6.9 ) y los tubos de conexión deben de ser de hierro negro, no galvanizados, pues el combustible Diesel provoca una reacción que produce impurezas en el mismo. La conexión en la máquina debe hacerse con tubo flexible para evitar que la vibración afloje las demás conexiones de las tuberías.

El tanque de almacenamiento de combustible generalmente queda fuera del lugar en donde se instala la planta, es de lámina negra y colocado bajo tierra. Una bomba eléctrica automáticamente mantiene al tanque de diario a su nivel. Normalmente este tanque de almacenamiento, la bomba y conexiones no forma parte del contrato de montaje de la planta eléctrica.

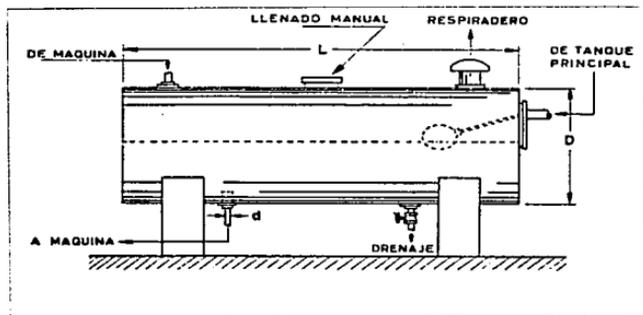


Fig. 6.9. Tanque de diario para combustible.

El tamaño del tanque de combustible ( gasolina ó Diesel ) se determina por el tiempo mínimo de operación de emergencia; considerando la carga mínima de servicio, y el de la duración típica de una interrupción de servicio. A continuación se da en la tabla 6.4. algunos valores de consumo de combustible.

POTENCIA DEL GENERADOR ( KW )	POTENCIA DEL MOTOR ( HP )	CONSUMO (LTS/HRS)	CONSUMO 4 HRS ( LITROS )	DIAMETRO ( d ) ( mm )	T A N Q U E		
					VOLUMEN ( LITROS )	L ( cm )	D ( cm )
75	112	14.6	60	9.8	200	122	48
100	155	21.0	84	9.8	200	122	48
125	202	26.5	106	9.6	200	122	48
150	235	31.0	124	9.6	200	122	48
200	315	41.0	164	12.5	200	122	48
250	505	69.0	276	12.5	500	160	65
350	680	100.0	400	12.5	500	160	65
400	790	114.0	456	25.4	500	160	65
600	1190	180.0	720	25.4	1000	178	85
900	1570	260.0	1040	25.4	1000	178	85

Tabla 6.4. Datos de consumo y tanque diario de combustible.

### Sistema de refrigeración.

Las máquinas Diesel pierden por radiación de calor, aproximadamente la tercera parte del poder calorífico del combustible, es decir unas 3.000 Kcal por litro de combustible que se consume. Este calor hay que disiparlo con refrigeración por medio de agua circulante que se hace pasar de alrededor de los cilindros y el agua se enfría por varios medios: radiador y ventilador incorporados al propio motor; por torres de enfriamiento, o bien por circulación del agua caliente expuestos a un medio refrigerante, como por ejemplo la corriente de agua en un río, como se ilustra en la figura 6.10.

La refrigeración por medio del radiador incorporado a la misma máquina, es común y corriente en plantas hasta 1.000 KW. Cuando se montan mayores plantas o baterías de varias plantas es conveniente estudiar con más detalle, un sistema que resulte más económico.

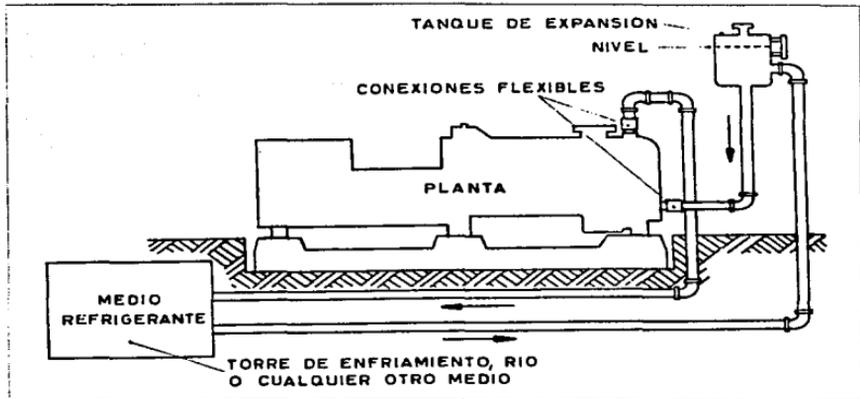


Fig. 6.10 Sistema de refrigeración de la máquina Diesel.

**Sistema de ventilación y escape de gases.**

La ventilación tiene por objeto proporcionar el suficiente aire que lleva el oxígeno para quemar el combustible. Un motor de combustión interna tiene su máxima potencia a una presión atmosférica de 760 mm Hg y a una temperatura de 15 °C . Si el aire se lleva al local, donde se monta la máquina, por ductos estrechos o sujetos a calentamientos ( calderas por ejemplo ) la potencia del motor tiene que disminuir ( ver tabla 6.1 ) .

El aire que se proporcione al motor debe estar exento de impurezas.- El aire con polvo o atmósferas corrosivas perjudica las válvulas, los pistones, las paredes de los cilindros y otras piezas.

Por lo anterior, el local debe tener buena dotación de aire y cada caso debe analizarse. Prevenir ventanas o ductos amplios, con filtros si es necesario y obtener el aire sin calentamientos adicionales.

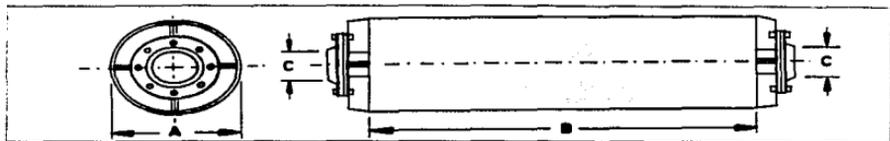
El escape de los gases de combustión, parte del múltiple de la máquina y hay que llevarlo a la atmósfera libre lo más rápido y silenciosamente posible.

El tubo de escape varía de 38 mm (1 ½ ") de diámetro para las plantas pequeñas a unos 354 mm (10" ) para las plantas grandes. Al proyectar el escape de los gases hay que tomar en consideración los siguientes elementos:

1. Tubo flexible, que une la máquina con la tubería de escape. Esto tiene por objeto evitar vibraciones y prevenir que llegue a romperse el colector múltiple de escape del motor.
2. Silenciador, que disminuye el ruido que produce interiormente el motor y los gases al escapar.
3. Una trampa de condensación del agua producida por el enfriamiento de los gases de combustión, que llevan vapor.
4. Una salida a la atmósfera, hecha a manera que no penetre la lluvia.

El silenciador depende del tamaño de la máquina. la figura 6.11 nos da una idea de sus dimensiones. El silenciador puede quedar en posición horizontal ó vertical pero lo más próximo al motor que sea posible. fijándose rígidamente. Cuando se instala debe proveerse una trampa de condensación de agua que puede ser una te en el tubo con niple en cuyo extremo inferior se colocara una tuerca que se destapara periódicamente para drenar.

Un escape común para varias máquinas no es recomendable. pues cuando una de ellas este sin trabajar, se llenara de productos de la combustión de las otras. Es preferible usar un escape individual para cada motor.



TAMAÑO NOMINAL	A cm	B cm	C		PESO APROX. Kg.
			cm	Pulg.	
No. 5	25.7	91.4	6.3	2 1/2	31.8
No. 6	31.0	96.7	7.6	3	45.4
No. 7	33.6	116.8	8.9	3 1/2	54.5
No. 8	35.2	121.9	10.2	4	81.7
No. 10	46.3	147.3	12.7	5	111.1
No. 12	51.4	182.9	15.2	6	172.5
No. 16	61.5	221.0	20.3	8	290.5
No. 20	82.2	246.4	25.4	10	544.8
No. 24	97.5	297.2	30.5	12	794.5
No. 28	107.6	335.3	35.6	14	953.4
No. 32	122.9	355.6	40.6	16	1466.4
No. 36	127.5	381.0	45.7	18	1743.4
No. 40	138.1	406.4	50.8	20	1997.6

Fig. 6.11 Dimensiones del silenciador para una planta de emergencia.

#### Sistema de transferencia automática.

El sistema de transferencia automática se usa en las plantas eléctricas automáticas, ya que estas deben:

- Arrancar cuando falla la energía de suministro normal.
- Alimentar la carga elegida.
- Salir del sistema cuando la energía normal se restablece, y
- Parar la planta.

Este sistema se usa en aquellos lugares en donde la falta de energía eléctrica puede causar graves trastornos, pérdidas económicas considerables o pérdidas de vidas.

Se componen en dos partes:

- a) El equipo de transferencia.
- b) Circuito de control de transferencia.

a) El equipo de transferencia.

Los equipos de transferencia pueden ser a base de interruptores o contactores robustos, sencillos y funcionales, diseñados para prestar servicio durante muchos años, con un mantenimiento mínimo. Su función es la de conectar las líneas de energía eléctrica de emergencia a la carga; haciendo el cambio a las primeras cuando se restablece el suministro normal. Consiste este "transfer" de un interruptor de carga única, operado eléctricamente ó mecánicamente, que es capaz de manejar toda la energía del generador; así como de la línea puede interrumpir la corriente que pasa en forma continua, así como los picos que sucedan sin dañarse.

Algunos interruptores de transferencia van equipados con protección térmica y magnética para proteger al generador, como también a las líneas y aparatos en caso de algún corto circuito o una sobre carga constante.

b) El circuito de control de transferencia.

El circuito de control de transferencia, es la parte de la unidad de transferencia que se encarga de :

- Dar la señal para que arranque la planta cuando falta la energía.
- Ordenar la transferencia.
- Dar la señal de paro.
- Ordenar la retransferencia.
- Sacar la planta de servicio, y
- Avisar en caso de falla.

Es por decirlo así, el "cerebro" de la planta; y tiene las siguientes funciones:

- 1) Detectar el voltaje normal y las fallas de energía.
- 2) Bajo una falla de energía, manda la señal a la planta generadora para que arranque, cerrando los contactos de arranque del motor de la máquina.

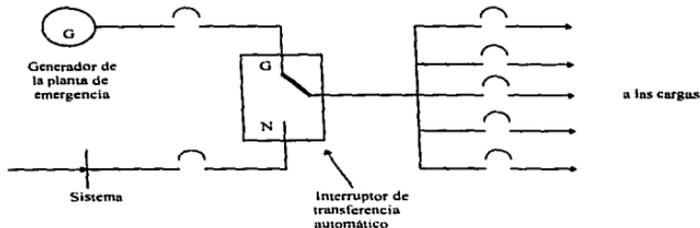
- 3) Cuando la planta generadora alcanza el voltaje y frecuencias adecuados, el control lo detecta y permite que el interruptor realice la transferencia y así la energía pase de la planta a la carga.
- 4) Cuando regresa la energía normal, el control lo detecta, hace parar la planta y se encarga de que la retransferencia se realice.

El circuito de control de transferencia esta integrado por varias secciones las cuales son:

- a) La sección de control de voltaje de línea.
- b) La sección de transferencia y paro.
- c) La sección de prueba .
- d) La sección de instrumentos.
- e) El mantenedor de carga de baterías.

Todas en conjunto realizan las operaciones antes mencionadas por medio de dispositivos eléctricos para hacer la secuencia o secuencias seleccionadas.

La capacidad del motor impulsor, y del generador de la planta de emergencia, debe ser suficiente para absorber las cargas definidas como de emergencia; si se trata de transferir la carga total al generador, el diagrama de conexiones, es como el mostrado en la figura 6.11 siguiente:



Interruptor de transferencia automática:

G - Terminales del generador.

N - Terminales del servicio de la compañía suministradora.

Fig. 6.11 Diagrama de conexiones de una planta de emergencia.

Cuando solo se trata de transferir cargas esenciales al generador de la planta de emergencia, como por ejemplo alumbrado, aire acondicionado, elevadores, centro de procesamiento de datos, etc.; se usa una conexión como la mostrada en el diagrama de la figura 6.12.

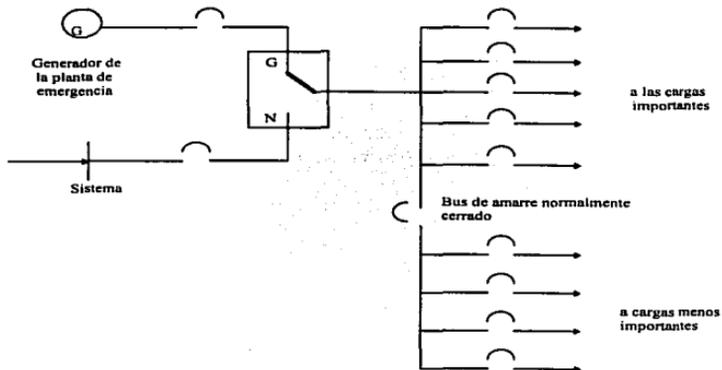


Fig. 6.12 Arreglo básico de un generador de emergencia e interruptor de transferencia.

## **6.2 Especificaciones típicas para un grupo motor-generator**

Uno de los pasos más importantes para seleccionar un grupo motor-generator, es la preparación cuidadosa de las especificaciones que debe cumplir el equipo. Estas especificaciones establecen las condiciones que debe cumplir el equipo y proporcionan una base para la comparación de las distintas ofertas. Las especificaciones bien preparadas señalan claramente las condiciones generales y el medio ambiente del emplazamiento, establecen la tensión de salida, frecuencia, fases y potencia del grupo; aconsejan el combustible a usar, relacionan los accesorios que deben suministrarse, informan de los servicios que va a prestar el grupo, indican las pruebas que deben realizarse, y establecen las condiciones de garantía.

La redacción de estas especificaciones empiezan por un estudio de las normas locales, aplicables al emplazamiento y a la aplicación que se va a dar al grupo. Es posible que las normas establezcan los combustibles permitidos y condiciones relativas al almacenamiento de combustible y a las tuberías de combustible. La salida de un generador auxiliar ha de tener la misma tensión, fases y frecuencia de la fuente normal de energía. El emplazamiento y las condiciones físicas de espacio, establecen cual es el mejor sistema de refrigeración para ser especificado en aquel caso determinado. El tipo de sistema de escape depende normalmente del carácter del vecindario en que va a instalarse el equipo.

Si va a instalarse el equipo en un edificio: se dispondrá de un soporte adecuado o deberá especificarse modificaciones a hacer en la estructura, o se dispondrá de suficiente agua y aire.

Las especificaciones puede redactarse de forma abierta, restringida o cerrada. Las especificaciones abiertas permiten al contratista proponer cualquier tipo o modelo que a su parecer cumpla el propósito de las especificaciones. Los contratistas, especialmente si saben que habrá competencia, intentaran suministrar el equipo más barato para mantener bajo el precio de su oferta. El tipo de especificación restringida establece que el comprador tomará en consideración tan sólo la marca y modelo A, B ó C. Todos los concursantes deben ofrecer A, B ó C y no se tendrán en consideración otras marcas o modelos. La especificación cerrada establece que el contratista debe suministrar una marca determinada, con un número de catálogo, y no se tendrán en cuenta las ofertas de otra marca.

El ejemplo de especificaciones típicas para un grupo motor-generador que se presenta a continuación es del tipo abierto, basada en que se suministre un grupo que cumpla ciertas características. Los concursantes no quedan restringidos a un determinado tipo o modelo y cualquier fabricante puede ofrecer equipos que cumplen las especificaciones. Este ejemplo particular de especificación es aplicable a grupos motor - generador con un motor refrigerado por un líquido y con gasolina o gas como combustible. Las especificaciones básicas pueden modificarse añadiendo, quitando o cambiando unas pocas palabras para obtener las especificaciones que se deseen.

Las especificaciones para un grupo motor - generador son las siguientes:

#### **Motor**

Tipo - Diesel enfriado por agua

Aspiración - Turbo alimentado posenfriado (TA)

Sistema de combustible - Inyección directa

Ciclo - Cuatro tiempos

No. y configuración de cilindros - 12 en " V "

Calibre - 137 mm ( 5.4 " )

Carrera - 152 mm ( 6.0 " )

Cilindrada - 27 litros ( 1649 pulg<sup>3</sup> )

#### **Generador**

Tipo - Campo giratorio, sin escobillas, excitador de estado sólido.

Construcción - De un cojinete

Regulación - Voltios por Hz

Aislamiento - Clase F ( impregnado de resina epóxica )

Fases - 3

Cables - 10

Conexión - En estrella

Voltajes disponibles - 60 Hz: 120/208, 240/416, 139/240, 277/480, 173/300, 346/600.

### 6.3 Selección de la capacidad del grupo motor - generador.

Las cargas eléctricas son muy variadas, desde una pequeña lámpara de 5 watts, hasta una de 500 watts, de un motor para reloj de 1 / 500 HP a uno de 500 HP, además su régimen de uso puede ser continuo o temporal; puede tener sobre cargas momentáneas ya sea durante su operación o al conectarse. Como es natural, todos estos factores deben estudiarse para obtener la carga eléctrica que va a soportar una planta, para que al elegirla no sea ni limitada ni excesiva y que el costo sea mucho más elevado del necesario.

Las plantas eléctricas pueden ser para uso continuo, durante ocho horas o más al día en cuyo caso no deben trabajar con sobre cargas constantes pues su desgaste sería considerable y su vida más corta. En cambio las plantas de emergencia, que se usan solamente cuando las líneas de servicio público fallan, pueden elegirse un poco más pequeñas, para trabajar con sobre carga, durante tiempos cortos de 30 minutos a dos horas, de vez en cuando. La sobre carga que soportan los motores Diesel no son muy grandes, de un 10 al 20%, sin embargo deben tomarse en cuenta, cuando se calcula una sobre carga momentánea en la instalación, por ejemplo, el arranque de un motor grande. En fin, se debe hacer un análisis minucioso, usar un criterio y la experiencia para edificios nuevos y cuando se tratan de edificios en uso, hacer mediciones con instrumentos registradores de preferencia.

No olvidar que para plantas de emergencia, solamente se conectan a las plantas aquellos servicios que no deben interrumpirse por mucho tiempo, carga que es del 20 al 30 % de la demanda total de un edificio. Un ejemplo servirá de guía para normar la elección de una planta.

#### Ejemplo

En la instalación eléctrica de un hospital, se efectuó el censo de las cargas de emergencia que no se deben interrumpir; encontrándose en las distintas áreas de la instalación las siguientes:

1. Alumbrado 60 lámparas de 100 watts c/u	6 000 W
2. Equipo de rayos X, transformador de 22 KVA F.P. = 0.9	19 800 W
3. Sala de quirófano alimentador, 2000 W	2 000 W
4. (2) Motores J.A., 20 HP, F.P. = 0.9	29 840 W
5. Motor J.A., 10 HP, F.P. = 0.9	7 460 W
6. (2) Motor J.A., 5 HP, F.P. = 0.9	<u>7 460 W</u>
Total:	72 560 W

## Solución:

De acuerdo con los datos de las cargas, se puede seleccionar de los datos de la tabla 6.2; una planta de emergencia con generador de 75 KW, accionado por motor de 112 HP. a 1800 RPM, para generar a 60 Hz.

La potencia de la planta, se debe especificar a la altura de operación correspondiente, y a la temperatura máxima ambiente; ya que los fabricantes garantizan sus datos de placa, a una altura hasta 460 metros sobre el nivel del mar, y 32°C de temperatura; lo que significa que se deben aplicar factores de corrección, dados en tablas o monogramas por los fabricantes de plantas, cuando el lugar de la instalación tenga condiciones distintas a las indicadas.

### 6.4 Unidades de transferencia a base de interruptores

#### Descripción de las unidades

El interruptor de transferencia consta de tres partes básicas: caja de transferencia o transfer, caja de control y gabinete; esto es, emplea dos elementos de desconexión, uno de ellos conectado a la línea normal y otro a línea de emergencia los cuales realizarán las funciones de transferencia o retransferencia de la carga en base a los rangos a que están programados los elementos de la caja de control.

Los elementos de desconexión pueden ser de dos tipos:

a) interruptores en aire. El término del interruptor en aire incluirá la capacidad de un dispositivo para atraer, seccionar y eliminar el arco eléctrico formado en la apertura de sus contactos.

Esto lo logramos con cámaras de arqueo, sin embargo, para poder entender sin confusiones el tema, debemos de dividir los interruptores en aire en:

i) Interruptores en caja moldeada. Son usados normalmente para corrientes nominales hasta 1000 amps. Tiene protección magnética contra sobrecorriente o cortocircuito. Se les puede agregar la protección térmica contra sobre carga siendo así un interruptor termomagnético. A comparación de los interruptores electromagnéticos y contactores magnéticamente sostenidos, su tamaño es pequeño.

- ii) Interruptores en aire. Estos dispositivos se les conoce con este mismo nombre. Son usados para corrientes hasta 4000 amps. Resisten momentáneamente corrientes de cortocircuito. Tiene protección magnética contra sobrecorrientes o cortocircuito. Se les puede agregar la protección contra sobre carga por medio de relevadores transistorizados siendo así interruptores electromagnéticos.
- b) Contactores magnéticamente sostenidos. A nuestro criterio creemos que los contactores magnéticamente sostenidos tienen muy pocas ventajas para ser usados como elementos de desconexión. A excepción de su precio que suele ser accesible, sus características técnicas no lo comparan con los interruptores en aire o en caja moldeada, a parte de que para corrientes nominales mayores de 200 amps., su tamaño es muy voluminoso e inoperante.

En base a lo anterior nuestro desarrollo ira dirigido a considerar al interruptor de transferencia equipado con interruptores en caja o con interruptores en aire, logrando así un diseño compacto en todos los rangos con que trabaja. Conserva también espacio, funcionalidad y elimina la posibilidad de una construcción especial.

En el caso de interruptores en caja moldeada, los dos ( por su tamaño ) estarán montados en una base y serán operados por un mecanismo común con sistema de engranes, formándose con ellos la caja de transferencia; la caja de control esta montada independientemente a esta, pero dentro del mismo gabinete. En cambio los interruptores en aire son montados directamente al gabinete debido a que su tamaño no permite montarlos juntos en una base, por lo tanto, su operación es individual e independiente y si así los consideramos, un interruptor de transferencia equipado con interruptores en aire no tienen "caja" de transferencia. La caja de control esta montada dentro del mismo gabinete en ocasiones la medición propia de la planta se instala en el gabinete como también su equipo de señalización, arranque y paro.

#### **Equipo de transferencia.**

El equipo de transferencia esta formado por dos interruptores en aire en caja moldeada accionados por un mecanismo común. Por medio de este mecanismo la caja de transferencia puede colocarse en tres posiciones diferentes: " normal " , " abierto " y " emergencia " , como se ilustra en la figura 6.13.

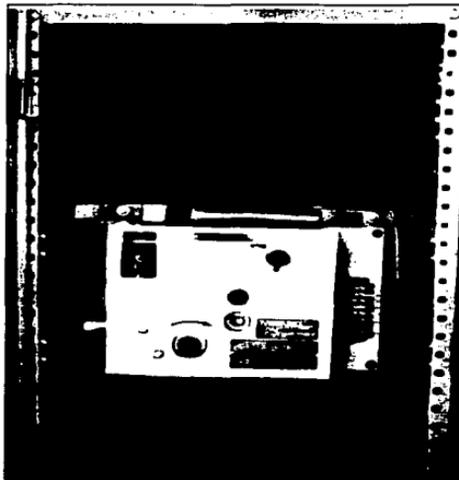


Fig. 6.13 Vista parcial del equipo de transferencia.

El mecanismo se acciona manual o eléctricamente. Durante la operación eléctrica el movimiento del motor universal se transmite a través de un tren de engranes a la barra maestra de accionamiento común.

Por la posición de los dos interruptores con respecto al mecanismo, la barra de accionamiento sirve además como un seguro mecánico efectivo puesto que evita que ambos interruptores puedan permanecer cerrados al mismo tiempo. Este sistema permite obtener transferencias automáticas con tiempos muertos que no exceden de 10 ciclos.

Como un accesorio estándar la caja de transferencia automática esta equipada con un conmutador selector ( IS ) de dos posiciones ( manual-automático ). Cuando el conmutador ( IS ) esta en la posición de "automático", la transferencia se hace de la línea "normal" a "emergencia", o viceversa, sin obtenerse nunca en la posición de "abierto".

Pasando el conmutador a la posición de "manual" y operando el mecanismo por medio de la palanca, es posible accionar la caja de transferencia hasta la posición de "abierto", en la cual ambos interruptores se encuentran desconectados. La posición de "abierto" evita tener que desconectar los buses o cables del lado de carga de la caja de transferencia durante las operaciones de mantenimiento. Esta posición puede bloquearse con uno o más candados para proporcionar la seguridad necesaria al personal.

Pensando siempre en la seguridad del operador, la unidad básica del mecanismo de transferencia esta diseñado en tal forma que todas sus partes móviles queden debidamente cubiertas.

Como la caja de transferencia utiliza interruptores en aire puede ser aplicado en cargas mixtas de alumbrado y fuerza, ya sea en corriente alterna o corriente directa, hasta una capacidad en amperes igual a la del marco usado.

Los interruptores en aire están provistos con cámaras de arqueo y con mecanismos de apertura y cierre rápido. Las cámara de arqueo se usan para desionizar el arco eléctrico y constan de una serie de placas de acero montadas paralelamente en un soporte de material aislante. En el momento de apertura, el arco es conducido desde los contactos hacia las placas de acero en las cuales es seccionado, enfriado y extinguido. El arco de la corriente a plena carga se extingue en medio ciclo aproximadamente, lo cual proporciona gran seguridad durante las operaciones de transferencia o retransferencia de carga altamente inductivas como las que aparecen en los sistemas modernos de distribución.

Para separar eléctricamente cada polo, cada interruptor tiene por construcción barreras aislantes colocadas entre estos, eliminando de esta forma la posibilidad de arcos eléctricos entre fases.

La posibilidad de alimentar monofásicamente la carga conectada a la caja de transferencia queda eliminada debido a que los interruptores en aire cuentan con una barra de disparo común que abre todos los polos cuando se acciona el mecanismo de interrupción.

Para realizar la función que se especifique, los interruptores de la caja de transferencia puede ser suministrados con o sin unidad de disparo para la protección contra sobre cargas. Todos los interruptores se proporcionan con "protección magnética" (esta última protección evita que los contactos se solden durante un corto circuito).

El mecanismo de apertura del interruptor es de disparo libre. Este aspecto de diseño es de gran importancia pues permite que el interruptor abra durante una sobrecorriente aún cuando el mecanismo de la caja de transferencia mantenga la palanca en posición "cerrado".

Si un interruptor de la caja de transferencia ha disparado por sobre corriente es posible restablecerlo fácilmente por medio de la palanca de operación manual sin necesidad de desmontar mecanismos ni usar herramientas especiales.

Es posible instalar diversos accesorios en los interruptores para señalización de sistemas de alarmas y bloqueos eléctricos. Además de las protecciones contra sobre carga y cortocircuitos la caja de transferencia puede ser proporcionada con "protección contra fallas a tierra", para desconectar corrientes de falla de muy baja intensidad pero de alta energía destructiva. Esta protección se obtiene por medio de relevadores estáticos y sensores de secuencia "cero" que actúa sobre la bobina de disparo de los interruptores en aire. Para su instalación adecuada la caja de transferencia automática puede ser equipado con zapatas del tipo y número según las necesidades.

#### **Equipo de control.**

El equipo de control esta integrada por los dispositivos de protección y control, tales como: desconectores, transformadores de control, relevadores sensitivos de voltaje, relevadores con retraso de tiempo, programadores, interruptores de control, relevadores sensitivos de frecuencia, etc. como se muestra en la figura 6.14.



Fig. 6.14 Vista parcial del equipo de control de la unidad de transferencia.

Los relevadores sensitivos de voltaje usan componentes transistorizados. Por diseño los circuitos electrónicos de estos relevadores están compensados por temperatura, lo cual les permite operar uniformemente en ambientes entre los  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $+55^{\circ}\text{C}$ . El detector electrónico de estos relevadores esta debidamente protegido para resistir los transitorios originados en la conexión y desconexión del equipo de distribución.

Los relevadores sensitivos de tensión detectan continuamente el voltaje del sistema, operando en forma instantánea ante cualquier variación fuera de su ajuste de operación. Dos perillas de ajuste colocadas en la parte anterior del relevador, permite seleccionar; 1° el valor de la tensión mínima a la cual el relevador pasa a la posición de "energizado"; 2° el valor de la tensión máxima a la cual el relevador regresa a su posición de "desenergizado".

El relevador sensitivo que detecta en forma continua la tensión en la línea "normal" es trifásico y se ajusta en la fabrica para que inicie la operación de transferencia cuando la tensión en dicha línea disminuye el 70% de su valor nominal. Este relevador es ajustado también, para que se energize únicamente cuando el valor de la tensión es igual o mayor al 90 % del voltaje nominal.

El relevador sensitivo de la línea de "emergencia" es monofásico. Su función es la de evitar que la transferencia se efectúe hasta que el voltaje de la línea de "emergencia" haya alcanzado un valor determinado ( generalmente el 90% de la tensión nominal ). En ocasiones este relevador se combina con un relevador sensitivo de frecuencia para que la transferencia a la línea de "emergencia" solo se efectúe bajo las condiciones especificadas.

Los relevadores con retraso de tiempo que son usados en la caja de control deben ser cuidadosamente seleccionados poniéndose especial atención a los siguientes factores: diseño, operación, ajuste de tiempo, terminales de conexión, capacidad de apertura de los contactos, exactitud repetitiva, operación en un amplio margen de temperaturas, vida mecánica y eléctrica, etc.. El relevador con retraso de tiempo que se recomienda para la unidad estándar es uno neumático con dos cabezas, esto es con retraso de tiempo al energizar y al desenergizar y con ajustes independientes. Ese retraso de tiempo es intencional cuando no se desea una transferencia en caso de una falla momentánea del suministro normal (el ajuste recomendado es 0.2 a 180 seg.) y también para prevenir transferencia en restablecimientos momentáneos del suministro normal (el ajuste recomendado es 1 a 20 min.). La retransferencia será instantánea si la energía de la planta de emergencia llegara a faltar durante este periodo.

El relevador con retraso de tiempo para enfriamiento de la planta en vacío se considera opcional dependiendo de las necesidades del usuario y su función es la de mantener su contacto normalmente cerrado en el circuito de arranque de la máquina por un periodo mayor de tiempo que al calibrado en el relevador con retraso de tiempo de dos cabezas en su ajuste de retransferencia, para que la planta no se detenga inmediatamente después de terminar de generar, debido a que la transferencia a la fuente de servicio normal se realiza al instante del tiempo controlado.

Los transformadores de control son dispositivos que deben estar diseñados y construidos para suministrar un largo tiempo de servicio bajo condiciones severas de operación.

La ventaja principal de estos transformadores es su regulación (5%), la cual permite la operación correcta de las bobinas de los diversos relevadores de control, del motor eléctrico y de los dispositivos electrónicos instalados en la caja de control.

Todos los componentes de la caja de control se encuentran debidamente protegidos mediante dispositivos de protección tales como fusibles o interruptores termomagnéticos automáticos de la calibración y capacidad interruptiva adecuadas.

#### **Gabinete para la unidad de transferencia**

Los gabinetes de la unidad de transferencia deben de estar diseñadas par alojar la línea completa de accesorios y para cumplir con cualquier requisito de operación especificado. Tener dimensiones suficiente para proporcionar un gran espacio interior facilitando su limpieza y mantenimiento. Pueden ser del tipo empotrado en pared o de tipo autoportado en piso, son gabinetes metálicos de estructura mecánica de perfiles y tapas de lamina de acero rolada en frío de calibre N°. 12 USG, terminado en color de acuerdo a las necesidades, previo tratamiento de desengrasado y fosfatizado por inmersión en caliente de todas sus partes metálicas. Deben cumplir con la últimas especificaciones NEMA, ANSI, CONNIEE, etc.

La selección del gabinete apropiado a las condiciones de operación existentes, pueden escogerse entre los siguientes tipos de construcción:

- NEMA 1. Para uso interior y operar en condiciones normales.
- NEMA 2. Para uso interior, protegido para condiciones de goteo.
- NEMA 3R. Para uso exterior, a prueba de lluvia, resistentes al hielo y granizo.
- NEMA 3S. Para uso exterior, aprueba de lluvia y elementos corrosivos.

NEMA 12. Para uso interior. Diseñado para proteger el equipo instalado en su interior contra mugre, polvo, pelusa, salpicaduras, escurrimientos muy ligeros, condensación exterior de líquidos no corrosivos, etc.

Las dimensiones de los gabinetes varían mucho de acuerdo al tipo y tamaño de los interruptores ya que ellos dependen del amperaje que manejen.

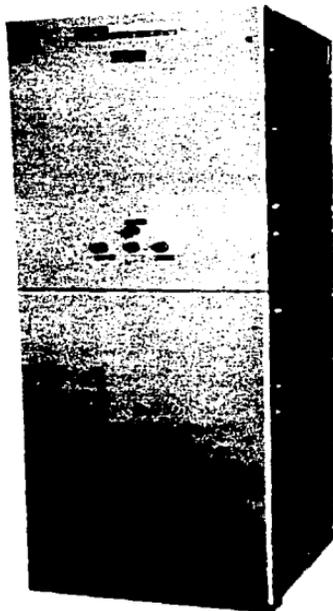


Fig. 6.14 Vista parcial del gabinete de la unidad de transferencia.

### Operación de la unidad de transferencia

Se puede lograr una gran variedad de aplicaciones para las unidades de transferencia. Su sencilla forma de operación permite coordinar suministros de energía con varios niveles de prioridad.

#### 1. Sistemas alimentados de la red pública y de una planta de emergencia.

La forma más común de un sistema eléctrico con fuente de emergencia se presenta cuando se dispone de una planta de generación, accionada por un motor de combustión interna como fuente suplementaria, como se muestra en la figura 6.15.

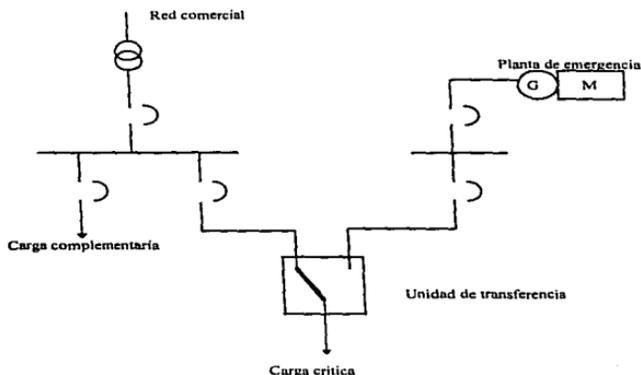


Fig. 6.15 Sistema de una unidad de transferencia con dos fuentes de energía.

En estos casos cuando falle el suministro normal de la red pública, la planta de emergencia arranca y alimenta a la carga seleccionada (carga total o carga crítica). Al normalizarse la tensión en la red, las cargas alimentadas por el equipo de transferencia volverán a conectarse al suministro principal y la planta se detendrá. Estas maniobras se hacen en forma automática y de acuerdo con las necesidades del servicio, la secuencia de operación puede incluir todas o parte de las siguientes modalidades:

**a) Demora para iniciar la transferencia.**

Con el fin de evitar que una interrupción momentánea (parpadeo) de lugar a una maniobra no requerida, se incluye un relevador de tiempo, ajustable entre 0 y 5 segundos para retardar la transferencia o la señal de arranque de la planta.

Convencionalmente se designa como Transferencia a la maniobra de cambiar la carga de la fuente normal a la de emergencia y como Retransferencia a la maniobra inversa.

**b) Señal de arranque para la planta de emergencia.**

Para máquinas equipadas con tablero de control y protección, se suministra un contacto auxiliar que al cerrar proporciona señal de arranque y al abrir, señal de paro para el grupo electrógeno.

**c) Ejercitador del motor de la planta.**

Mediante un programa semanal motorizado se prevén el arranque, operación y paro de la planta de emergencia sin que se efectúe la transferencia, lo anterior para verificar que el motor de la planta y su equipo complementario está en condiciones de operación confiable.

**d) Demora para efectuar la retransferencia.**

En base a que con frecuencia se vuelve inestable el suministro normal después de una falla del mismo, se permite un tiempo adicional ajustable de operación (0-30 min.) en emergencia, el cual se inicia en el momento en que se restablece la tensión en la red y solo si durante el tiempo previsto, dicha tensión permanece normal, se efectúa la retransferencia.

**e) Enfriamiento de la planta.**

Por medio de un relevador de tiempo se mantiene la señal de marcha para el motor durante un periodo de tiempo previsto, que se inicia después de la retransferencia. Lo anterior tiene por objeto operar el motor en vacío para permitir un abatimiento de la temperatura del mismo, antes de detener su marcha, lo cual representa una situación conveniente en cuanto a vida de la máquina y permitiendo un nuevo arranque en caso de que ocurra otra interrupción de la fuente normal en un término inmediato, o sea cuando el motor puede tener una temperatura superior a la de trabajo, si se detiene inmediatamente después de "soltar" la carga, en cuyo caso la protección térmica impediría el arranque.

**f) Retransferencia instantánea.**

En el caso de que la planta de emergencia falle durante el periodo de tiempo en el cual la planta sigue operando aun cuando el suministro normal no se ha restablecido, se elimina la acción descrita en el inciso d) y se efectúa una retransferencia instantánea, no se origina otra transferencia aunque la planta vuelva a operar normalmente.

**2. Sistemas alimentados de dos fuentes permanentes.**

Con frecuencia se dispone de dos fuentes A y B permanentes en servicio. Para estas condiciones se puede diseñar la forma de operación automática que más convenga al suministro, como se muestra en la figura 6.16. Se describen dos ejemplos.

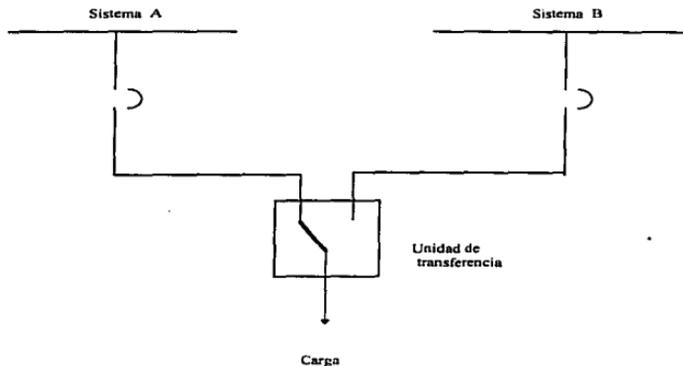


Fig. 6.16 Sistema de una unidad de transferencia con dos fuentes de alimentación.

**a) Con una fuente preferencial.**

Cuando se considera a un sistema alimentador como preferencial, digamos el "A", la transferencia se efectuará con una demora ajustable, al fallar la tensión en la fuente A, siempre que la tensión de la fuente B sea correcta. La retransferencia se hará después de transcurrido un tiempo de magnitud previsible, una vez que se restablezca las condiciones normales de tensión de la fuente A. Los cambios señalados se harán automáticamente.

**b) Con selección de fuente preferencial.**

Puede elegirse a cualquiera de las dos fuentes como preferencial. Automáticamente la carga permanecerá conectada al sistema seleccionado como preferido, se trate del A o del B. En caso de que en el sistema preferencial se presente una condición anormal de tensión, la carga pasará al otro sistema.

**3. Sistemas alimentados de una red preferencial y de dos plantas de emergencia.**

Las instalaciones que tienen cargas prioritarias, en ocasiones disponen de dos plantas de emergencia: una para alimentar la carga de mayor prioridad o crítica y otra que toma la carga de menor prioridad. Mediante el empleo de varias unidades de transferencia se puede obtener un sistema flexible que permita un mejor aprovechamiento del equipo disponible, para incrementar la seguridad en el suministro inmediato a la carga crítica, como se ilustra en la figura 6.17.

Al fallar la red preferencial las dos plantas arrancarán. la primera que normalice su tensión y frecuencia tomará la carga de mayor prioridad o crítica. la segunda, al normalizar su operación, tomará la carga de menor prioridad o conveniente.

Es condición para que este sistema opere, que los equipos de transferencia T11 y T21 actúen simultáneamente ya que son los que se encargan de seleccionar la carga que corresponda a cada generador.

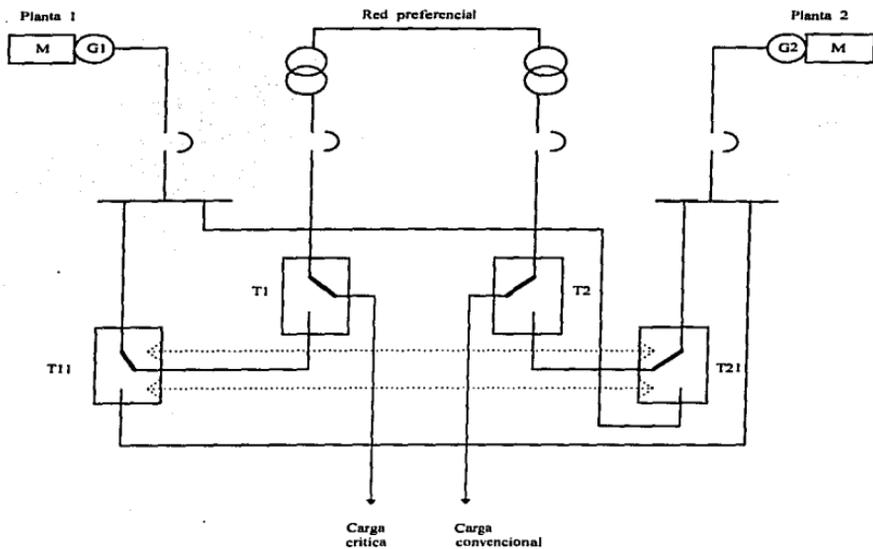


Fig. 6.17 Sistema alimentado de una red preferencial y dos plantas de emergencia.

### Selección de unidades de transferencia

Las unidades básicas de transferencia, se fabrican en dos tipos diferentes por lo que se refiere al tamaño del marco de los interruptores, las de marco de 500 Amperes y las de marco de 1000 Amperes.

En general se usan interruptores sin unidades de disparo también designados como no automáticos. Sin embargo cuando se requiere protección de sobrecarga puede seleccionarse cualquier calibración tabulada para los marcos mencionados. En la siguiente tabla 6.6 se indican algunos valores de unidades de transferencia para la operación con plantas de emergencia.

GENERADOR TRIFASICO		AMPERES A PLENA CARGA		UNIDAD DE TRANSFERENCIA	
KVA	KW	220 V	440 V	MARCO	CALIBRACION *
62.5	50	165.8		500	200
			82.9	500	100
93.8	75	246.5		500	300
			123.3	500	150
125	100	328.4		500	400
			163.6	500	200
156	125	409		500	500
			204.5	500	250
187	150	490.9		1000	600
			245.4	500	300
219	175	576		1000	700
			288	500	400
250	200	656		1000	800
			328	500	400
312	250	819		1000	1000
			410	500	-500
375	300	982			
			492	1000	600
500	400	1312			
625	500	1640		1000	800
			820	1000	1000

\* Solo cuando se utiliza como protección de sobrecorriente para el generador.

Tabla 6.6. Selección de la unidad de transferencia para equipos que operan con planta de emergencia.

## 6.5 Accesorios

Entre los accesorios se puede hablar de muchos equipos, pero los principales son:

- ⇒ Radiador o intercambiador de calor.
- ⇒ Silenciador que absorba el máximo de ruido, pero que no resuene a la velocidad normal ni provoque una contrapresión (aproximadamente 4-6 in. de agua).
- ⇒ Tubo flexible para absorber las vibraciones entre la máquina y el silenciador.
- ⇒ Tubo o codo de escape con protección contra lluvia.
- ⇒ Protección antichispa para lugares peligrosos.
- ⇒ Bases flexibles para que no se transmitan las vibraciones al piso o estructura.
- ⇒ Tanque de día con nivel, válvula de paso y desfogue, respiración y válvula de flotador (en su caso).
- ⇒ Bomba de trasiego.
- ⇒ Baterías y cables de capacidades adecuadas.
- ⇒ Cargador de batería o mantenedor.
- ⇒ Reloj programador para ejercitación semanal.
- ⇒ Interruptores para ejercitación y mantenimiento con o sin carga.
- ⇒ Precalentadores de aire y agua.

En la figura 6.18 se ilustra una disposición típica de un grupo motor-generator con sus accesorios.

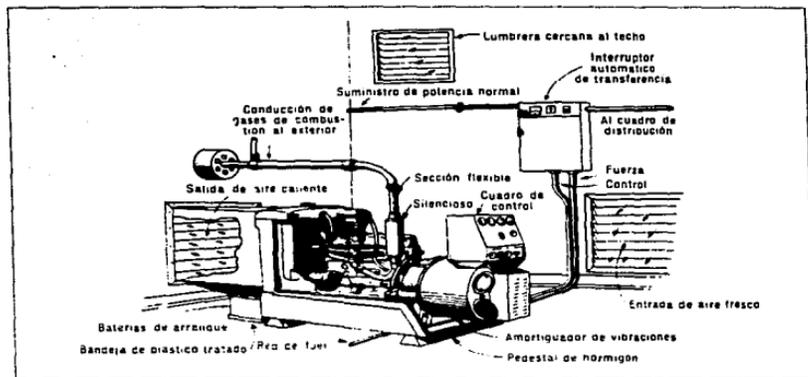


Fig. 6.18 Instalación típica de un grupo motor-generador de reserva.

## CAPITULO VII

### APLICACIONES

#### A. Aplicaciones

El propósito de un sistema de emergencia es la de proporcionar una fuente alterna a la red de energía utilizada. La gama de cargas son sensibles a pérdidas de la energía utilizada de por lo menos medio ciclo para las computadoras o minutos o más en sistemas de calefacción y aire acondicionado. Cada instalación comprende una gama de cargas de equipo tal que deben ser clasificados por su sensibilidad antes de que el sistema sea designado para el suministro de la carga en caso de una falla de la energía utilizada.

Las tres fuentes alternativas comunes que pueden suministrar energía a la carga se incluyen las baterías directamente, el UPS con sus baterías y el grupo motor-generator. Las baterías pueden suministrar energía sin interrupción, o después de operar el interruptor de transferencia en alrededor de 0.5 segundos. El UPS puede suministrar energía sin interrupción cuando falla la fuente utilizada. Sin embargo, cuando un módulo en mal estado es desconectado de un UPS redundante, o el UPS se conecta a una línea en derivación, la energía de la carga puede verse interrumpida por arriba de un cuarto de ciclo ( 4mseg. ). El grupo motor-generator puede ser arrancada, alcanzar su velocidad, y estar en condiciones para alimentar la carga en alrededor de 10 segundos. Por lo tanto, en cargas clasificadas, la selección del suministro esta entre baterías, UPS, grupo motor-generator, o ninguno, hasta que retorne la energía de utilización.

Los requisitos para energía de emergencia en instalaciones tales como hospitales, escuelas, edificios públicos, hoteles y teatros, están especificados por los códigos de construcción en ciudades y estados, el código nacional eléctrico y el código NFPA.

#### 7.1 Energía de utilización

El camino por el cual la energía de utilización llega a la carga critica de una instalación se muestra en forma simplificada en la figura 7.1.

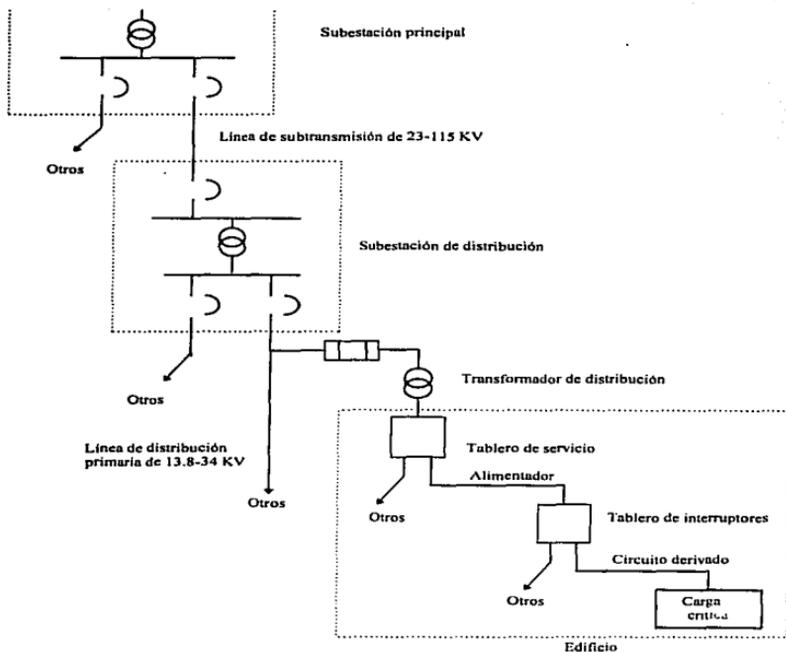


Fig. 7.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico para el suministro de una carga crítica.

El sistema eléctrico referido empieza en la red de alto voltaje de utilización, el cual consiste de líneas de transmisión, plantas de energía, subestaciones, e interconexiones a otras utilidades. Desde la barra colectora de la subestación, varias líneas de subtransmisión se extienden hacia afuera para suministrar a la subestaciones de distribución en cada superficie de carga del sistema de utilización. Las líneas de subtransmisión son líneas aéreas o cables subterráneos con gamas de tensión desde 23 a 115 KV. Desde cada subestación de distribución, las líneas de distribución primarias se extienden a lo largo de las calles para suministrar las superficies de cargas. Estos son típicamente líneas trifásicas de 13.8 a 34.5 KV, las cuales también se extienden como líneas laterales monofásicas a los lados de la calle. Las cargas comercial, industrial y residencial están suministradas desde transformadores de distribución localizados sobre la acera adyacente a los edificios, en registros, y sobre los postes. La energía entra al edificio a un tablero de servicio, es mandada a otro tablero de interruptores y finalmente es mandada a la carga crítica. Los alimentadores dentro del edificio son típicamente circuitos de 4 hilos en 220Y/120 V o 480Y / 220 V.

Prácticamente todos los disturbios de energía son disturbios de tensión, por ejemplo, desviaciones de la onda de tensión senoidal de 60 Hz. Estos disturbios ocurren en el sistema de utilización o en la porción del edificio del sistema eléctrico. Muchas investigaciones de la magnitud y duración de los disturbios de utilización han sido realizadas; los disturbios son función de muchas variables compañías, sitios, temporadas, horas, etc. Estos pueden ser clasificados como sigue:

1. *Disturbios de microsegundos*, altos y bajos voltajes transitorios causados por relámpagos y conmutaciones en los sistemas de utilización.
2. *Disturbios de milisegundos*, bajo voltaje hasta de varios ciclos (50 mseg.) causado por capacitores de conmutación y energización de transformadores en los sistemas de utilización, interruptores y fusibles quemados en los edificios y carga cíclicas tales como soldadoras.
3. *Disturbios de segundos*, bajo voltaje causado por la interrupción de alimentadores en el sistema de utilización y arranque de motores en los edificios.
4. *Disturbios de minutos u horas*, causado por apagones en zonas alejadas, fallas en líneas aéreas, por tormentas, postes golpeados por los autos, y fallas en los equipos de subestaciones de los sistemas de utilización. También causado por fallas en los equipos del edificio.

La estadística de distribución típica de interrupción de utilización contra frecuencia y tiempo de interrupción, si se dispone de un lugar específico, proporcionaría un potencial para la operación de carga críticas o contestar a tales preguntas como: 1) ¿ Es necesario un sistema de emergencia y / o reserva ?, 2) ¿ Para que tiempo de operación debe ser dimensionado las baterías ?, 3) ¿ Es requerido un motor- generador para el respaldo de equipos operados con baterías ?.

## 7. 2 Fuentes de energía alternas

La herramienta disponible para el diseño eléctrico de protección a equipos críticos desde la utilización y disturbios internos en el edificio se incluyen las siguientes:

1. *Filtro de línea*, para atenuar los transitorios de las sobretensiones de línea del orden de microsegundos los cuales podrían dañar al equipo.
2. *Transformadores ferroresonantes a tensión constante*, para proporcionar la tensión a las cargas cuando la tensión de línea sube o baja rápidamente o rebasa hasta en alrededor de medio ciclo de tiempo ( 8 mseg. ).
3. *UPS*, para proporcionar energía por un tiempo hasta que las batería se descarguen, típicamente superior a 20 minutos. En operación normal, la desconexión interna de módulos averiados en el UPS, puede disminuir el voltaje de salida hasta en un cuarto de ciclo ( 4 mseg. ).
4. *Sistema de baterías*, para suministrar alumbrado de emergencia y operar directamente otras cargas de energía en C.D. . Estos sistemas operan directamente, o se transfieren en alrededor de 0.5 segundos, y continúan por la duración de la carga de la batería.
5. *Grupo motor-generador*, para proporcionar energía de reserva por largos periodos de tiempo. El grupo requiere de alrededor de 10 segundos para arrancar y alimentar carga. La duración depende sobre todo del suministro de combustible.
6. *Interruptor de transferencia*, para proporcionar energía desde un alimentador de utilización alterno dentro o alrededor de 0.5 segundos siguientes a la falla del alimentador preferente.

Un sistema eléctrico típico para una instalación tales como un hospital o un centro de procesamiento de datos utilizara prácticamente todos los equipos ya mencionados para suministrar las cargas.

### 7.3 Categoría de cargas

En el diseño de un sistema de emergencia y/o reserva para un servicio, la carga debe ser clasificada por la sensibilidad del voltaje de línea y por su función. Una fuente de energía apropiada debe ser proporcionada para cada grupo de cargas. Las cargas pueden ser clasificadas por su sensibilidad como sigue:

1. *Critica*, requiere un voltaje de línea con menos de un cuarto de ciclo ( 4 mseg. ) de caída a cero
2. *Esencial*, requiere un voltaje de línea seguido de una caída a cero de 10 segundos.
3. *No esencial*, requieren un un voltaje de línea seguido de una caída a cero durante minutos u horas.

Las cargas pueden ser clasificadas en cuanto a su función como sigue:

1. *Apoyo de equipo*, necesario para operar un sistema completo, por ejemplo, un centro de procesamiento de datos, planta generadora de vapor, procesos industriales, o centro de control de tráfico aéreo.
2. *Apoyo a la gente*, necesario para mantener a un grupo específico, por ejemplo, el personal necesario para operar un centro de control del tráfico aéreo o a los pacientes y personal del apoyo de un hospital.
3. *Apoyo a edificios*, necesario para mantener el funcionamiento del edificio, por ejemplo, alumbrado, calefacción, aire acondicionado, alarmas contra incendios, elevadores.

### 7.4 Cargas para un suministro de baterías

Dos tipos de sistemas de baterías son utilizados para el suministro de emergencia y/o reserva. En el primero, el sistema consiste de un rectificador/cargador de CA/CD el cual suministra a una barra colectora de C.D. con una batería en flotación conectada a la barra colectora de C.D. Toda la carga crítica es suministrada desde la barra colectora de C.D. En caso de una falla de la energía de utilización, la batería suministra a la carga conectada a la barra colectora de C.D. Cuando la energía en C.A. se restablece, el rectificador/cargador suministra a la carga conectada a la barra colectora de C.D. y recarga las baterías. En el segundo sistema, el rectificador/cargador de CA/CD suministra a las baterías en condición de flotación. Cuando falla la energía de utilización, un interruptor energiza la carga desde la batería. Cuando la energía de C.A. se restablece, la carga es conmutada y el rectificador/cargador recarga a la batería.

Las cargas típicas para el suministro de baterías se incluyen las siguientes:

1. *Subestaciones y plantas de energía*, incluyendo

- Circuitos de control
- Interruptores y contactores
- Respaldo de bombas de lubricación
- Alarmas
- Radio, teléfono
- Alumbrado de emergencia

2. *Sistemas telefónicos*, incluyendo

- Equipos de la oficina central
- Repetidoras
- Estación de satélites
- Equipos para abonados

3. *Edificios*, incluyendo

- Alumbrado de emergencia
- Alarmas contra incendio
- Radio, teléfono
- Seguridad

## 7.5 Cargas para un UPS

En cargas asignadas por su categoría y su método de suministro, ejemplos de cargas críticas para el suministro por un UPS se incluyen las siguientes:

1. *Procesamiento de datos*, incluyendo

- Manejo de discos
- Procesadora central
- Terminales
- Interfaces de comunicación

**2. *Electrónica médica*, incluyendo**

- Monitores
- Instrumentación
- Aparatos para el corazón y pulmón

**3. *Control industrial*, incluyendo**

- Computadoras de control
- Controladores programables
- Terminales

En suma, pequeños UPSs hasta 10 KVA son utilizados para PCs , instrumentación de laboratorios, procesador fotográfico, y otras cargas de equipo cuya operación sería costosa por interrupciones.

**7.6 Cargas para un grupo motor-generador**

Las cargas en las cuales pueden tolerar un retardo de 10 segundos sin energía después de una falla en la utilización se incluyen las siguientes:

**1. *Alumbrado*, incluyendo**

- De seguridad
- De aviso
- General

**2. *Transportación*, incluyendo**

- Elevadores
- Escaleras
- Transportadores

**3. *Sistemas de utilización mecánica***

- Agua ( refrigeración y uso general)
- Agua (para beber, para sanitarios)
- Bombas para agua, sanidad, y producción fluida
- Ventiladores y extractores para ventilación y calefacción

#### 4. Acondicionamiento del lugar

- Calefacción
- Refrigeración
- Ventilación
- Contaminación del aire
- Humedad

#### 5. Sistemas de comunicación

- Teléfono
- Teletipos, Fax
- Radio
- Voceo
- Alarmas e indicadores

#### **Ejemplo 7.1.**

Una compañía ocupará un edificio de tres pisos de 30,000 pies<sup>2</sup>. La carga eléctrica anticipada para el edificio es la siguiente:

Tipo de carga	Carga en KW
<b>Alumbrado</b>	
Interior	750
Exterior ( Lugar de estacionamiento, seguridad )	25
Emergencia	5
<b>Acondicionamiento del lugar</b>	
Aire acondicionado	400
Ventiladores disponibles, etc.	50
<b>Equipo electrónico</b>	
Computadora y periféricos	45
Sistema telefónico	5

**Servicios**

Taller	35
Laboratorio	15
Cafetería, etc.	50
Elevadores	50
<b>Total</b>	<b>1 430</b>

La distribución de la carga entre componentes no esenciales, esenciales y crítica, esta definido en la sección 7.3 . Determinar de que manera cada componente deberá ser suministrado.

**Solución.**

La distribución de la carga es la siguiente:

Tipo de carga	Clasificación de carga. KW			
	Normal	Crítica	Esencial	No esencial
<b>Alumbrado</b>				
Interior	750		150	600
Exterior	25		15	10
Emergencia	5	5	( 5 ) *	
<b>Climatización del lugar</b>				
Aire acondicionado	400		175	225
Ventilador	50		50	
<b>Equipo electrónico</b>				
Computadora y periféricos	45	45	( 45 ) *	
Sistema telefonico	5	5	( 5 ) *	
<b>Servicios</b>				
Taller	35		25	10
Laboratorio	15	10	5	
Cafetería, etc.	50		25	25
Elevador	50		50	
<b>Total</b>	<b>1430</b>	<b>65</b>	<b>550</b>	<b>870</b>

\* Energía del UPS.

**Cada componente de la carga deberá ser suministrada como sigue:**

1. **Carga normal.** Tomando en cuenta los diversos factores de potencia, la carga normal puede ser suministrada desde un transformador de utilización de 2 500 KVA alimentado en 480Y/220 V y un tablero de distribución de 3 000 A.
2. **Carga crítica.** La carga del alumbrado de emergencia puede ser suministrado desde unidades de operación por batería. La carga crítica de computadora, teléfono, y laboratorio pueden ser suministrada desde módulos de UPS con baterías incorporadas. Las líneas de entrada al UPS debe ser suministrado desde la barra colectora esencial.
3. **Carga esencial.** La carga esencial será suministrado por dos grupos motor-generator Diesel de 500 KW. La carga se distribuirá en 2 tableros de distribución esenciales de 800 A como prioridad 1 y prioridad 2. Cada tablero de distribución será suministrado por un interruptor de transferencia o desde la energía de utilización o desde la barra colectora del generador. Los dos generadores serán sincronizados a la barra colectora del generador. Si un generador esta fuera de servicio o falla el arranque, la carga de la prioridad 2 no deberá ser transferida.
4. **Carga no esencial.** La carga será restablecida cuando la energía de utilización es restablecida . Si los grupos motor-generator Diesel instalado es superior de 500 KW cada uno, la demás carga no esencial puede ser clasificada como carga esencial.

### **7.7 Resumen**

Un análisis de las condiciones de emergencia para una instalación, similar a un análisis de fallas y averías, deben ser llevadas a cabo para determinar que cargas deben ser suministradas por alguna fuente de emergencia y/o reserva y que tiempo se dispone. Los resultados además determinara la capacidad del UPS, grupo motor-generator, y otros equipos y sus costos. Si una carga critica no esta suministrada adecuadamente, la instalación en general puede fallar durante una emergencia.

## **B. Análisis de costo / beneficio**

El análisis de costo / beneficio es una etapa normal en el diseño de algún sistema y la selección de sus componentes. Para los sistemas de emergencia y/o reserva el análisis de costo / beneficio puede ser conducido para la siguiente situación típica:

1. Para un sistema requerido por un código, cuando un sistema de emergencia y/o reserva es requerido, pero el diseño actual no tiene especificaciones.
2. Para una carga crítica el cual es perturbado por fallas de la energía de utilización, cuando la decisión de instalar un UPS es considerada sobre bases económicas.
3. Para un UPS, cuando el uso de equipo giratorio o estático y el número de unidades deber ser seleccionadas.

Aunque la teoría de análisis costo/beneficio es valido, esta realización para sistemas de emergencia y/o reserva es complicado. En las preguntas típicas para cada instalación se incluye:

1. Cuales son los pronósticos de frecuencia y duración de fallas de energía de utilización que propicie la necesidad de sistemas de emergencia y/o reserva.
2. Cual es el beneficio del mantenimiento de energía a la carga durante fallas de la energía de utilización
3. Cual es la confiabilidad de los sistemas de emergencia y/o reserva.

Varios métodos de guía para estos análisis pueden ser usadas. En estos se incluyen:

1. El costo inicial (capital) de varias propuestas para satisfacer una necesidad específica, las que cumplan con un código requerido.
2. El costo anual de varios sistemas de emergencia y/o reserva, incluyendo intereses sobre el capital, mantenimiento, combustible y energía eléctrica, para ser comparado con el costo de la sanción (beneficio) de perdidas de energía de utilización para el equipo a ser protegido.
3. Porcentaje del valor de los costos y la sanción (beneficio) de los costos anuales del punto 2.

Ejemplos de estos métodos serán presentados en la sección 7.11 .

## **7. 8 Frecuencia de fallas en la energía de utilización**

La frecuencia y duración de fallas de energía de utilización deben ser determinada del lugar antes de diseñar un sistema de emergencia y/o reserva . EL modelo será usado para determinar la capacidad de la batería para el sistema y los UPSs requeridos por el código, capacidad de combustible para el grupo motor-generador, y si se requiere un motor-generador para respaldar al sistema de batería de acumuladores. Cualquier lugar puede ser estudiado o se pueden utilizar los datos publicados de otros lugares.

Los datos sobre la duración y frecuencia de las fallas de la energía de utilización dependen del método de suministro de utilización, la localización geográfica, la utilización particular, y muchos otros factores. Por ejemplo, una instalación localizada en una ciudad y suministrada desde una utilización de la red subterránea de alto voltaje a nivel calle puede esperarse un amplio margen de interrupciones desde horas o días una vez en 10 años. Una instalación localizada en un área suburbana o semirural y suministrada por un alimentador primario aéreo desde una subestación de distribución puede esperarse un disturbio de voltaje y perturbar un centro de computo por lo menos una vez por mes y un disturbio durante minutos u horas por lo menos una vez al año.

Muestras de datos sobre la operación de la utilización es dado en la figura 7.2. Datos sobre todas las interrupciones al usuario a causa de la utilización del sistema de la compañía de luz y fuerza fueron recopilados. El promedio anual frecuente de interrupciones de alimentadores primarios se muestran en la figura 7.2 (a); el promedio de la duración de interrupciones en función del por ciento de alimentadores primarios de muestran en la figura 7.2 (b).

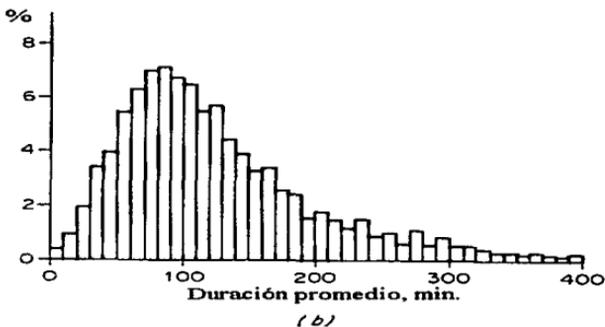
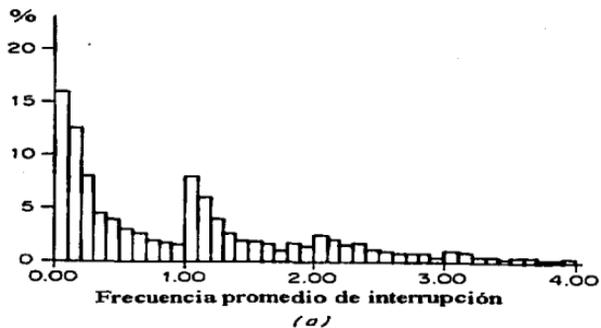


Fig. 7.2 Datos de interrupción del alimentador primario recabados sobre el sistema de la compañía de luz y fuerza. ( a ) Promedio anual de la frecuencia en interrupciones mostrando el porcentaje de circuitos en función del número de interrupciones. ( b ) Duración de interrupciones anual mostrando el porcentaje de circuitos en función de la duración promedio.

## 7. 9 Costo de fallas en la utilización

Como se esperaba, el costo de una falla en la energía de utilización en un centro de procesamiento de datos, planta industrial u otra instalación son altamente dependientes del tipo de equipo interrumpido y a la vez de la dimensión y tiempo de reinicio de la instalación. El costo puede ser obtenido de los registros anteriores de fallas de la energía de utilización o por cálculo de costos para fallas cortas, medianas y largas.

Muestras de datos publicados sobre el costo de fallas en la utilización para un grupo de instalaciones son dados a continuación:

1. Fueron recabados datos de 30 reportes de compañías sobre 68 plantas en 9 industrias.

En la tabla 7.1 se da un resumen de los costos medios de interrupciones de energía basado en un estudio. El primer termino se basa sobre la demanda cuando la planta esta operando a su capacidad de diseño, en Kilowatts. Esto representa un gasto extra por causa de la falla. El segundo termino se basa en los Kilowatts-hora no entregados durante el tiempo de reparación. Esto representa el valor de tiempo de reparación, es decir, perdida de producción, medido como precio de ventas de productos no terminados, menos gastos por trabajo, material, etc., ahorrados.

**Tabla 7.1. Costo medio de interrupciones de energía para plantas industriales.**

Plantas	Costos de interrupción
Total	\$ 0.69 por KW + \$ 0.83 por KWH
T 1000 KW demanda max.	\$ 0.32 por KW + \$ 0.36 por KWH
S 1000 KW demanda max.	\$ 0.68 por KW + \$ 4.42 por KWH

La pérdida de cargas típica contra tiempos de interrupción de energía en el estudio, se muestran en la tabla 7.2. Las computadoras fueron o protegidas por UPSs o fueron tipos antiguos que fueron discontinuadas de la computación.

**Tabla 7.2. Pérdida de carga contra tiempos de interrupción de energía.**

Tipo de carga	Por fallas de equipos de un ciclo o menos en duración. %			Por fallas de equipos entre 1 y 10 ciclos en duración. %			Por fallas de equipos de 10 ciclos o más en duración. %		
	Si	No	No conocida	Si	No	No conocida	Si	No	No conocida
Computadora	0	0	0	4	96	0	9	91	0
Motor	0	0	0	33	67	0	67	33	0
Alumbrado	0	0	0	22	78	0	38	61	2
Solenoide	0	0	0	22	74	4	25	66	9
Otros	0	0	0	7	15	78	25	62	12
Promedio de duración de interrupción en planta	0.0 H			1.39 H			22.6 H		

Únicamente datos sin ceros fueron utilizados para calcular el promedio de duración de interrupciones en planta.

2. Datos sobre costos de interrupciones de la energía de utilización fueron recopilados por una encuesta de cerca de 1000 usuarios del sistema eléctrico. Los factores de costo y falla de los componentes por categoría de reserva están dados en la tabla 7.3. Algunas demandas tienen más de un sistema de reserva, por ejemplo, un UPS adicional y un motor-generador.

**Tabla 7.3. Factores para la determinación del costo estimado de 979 interrupciones de energía.**

Factor de costos utilizado en costos estimados comerciales	
Pago del personal incapaz de trabajar	
Perdida de ventas	
Costo de puesta en operación	
Deterioro de alimentos	
Daños a equipos/suministros	
Otros costos u afectaciones	
Falla de demandas dentro de las categorías	
Equipo sin reserva	87 %
Sistema de baterías de reserva	10
Sistema impulsado por motor	4
Otros sistemas	1

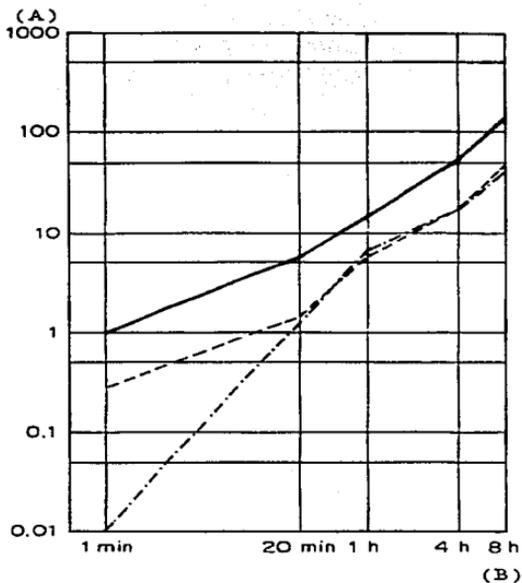
Los costos por interrupciones están normalizadas en dos formas: (1) En términos de dólares por kilowatt-hora de consumo de energía anual y (2) en términos de dólares por kilowatt-hora de demanda pico anual.

A diferencia de los costos dados por el comité IEEE en la tabla 7.1, estos costos por interrupción no están adicionados. Los costos para el periodo de marzo y diciembre están dados en la tabla 7.4 para la categoría de sistemas sin reserva. Los costos están en dólares.

Los dólares por kilowatt de demanda pico anual para estas tres categorías como una función de la duración de interrupción se muestra en la figura 7.3.

**Tabla 7.4. Factores para la determinación de los costos estimados de interrupciones de energía, en dólares.**

Duración	Costo
1 min.	\$ 63.44
20 min	269.91
1 h	668.96
4 h	2 451.35
8 h	\$ 6 589.78
1 min.	.00034524 \$ / kWh
20 min.	.00242090
1 h	.00556600
4 h	.02201700
8 h	.06562500
1 min.	1.04 \$ / kW
20 min.	5.91
1 h	15.65
4 h	57.69
8h	148.93



- Sistema sin reserva  
 ..... Sistema con baterías  
 - - - - - Sistema con planta  
 (A) Costo estimado por interrupción, \$ / kW  
 (B) Duración de la interrupción

Fig. 7.3. Costo de interrupción de usuarios comerciales agrupados por categorías de reserva, en dólares .

### Ejemplo 7.2 :

*Base del costo inicial: entre un UPS giratorio y un estático.* Una carga de 900 kW debe ser suministrado. Dos tipos de equipo están disponibles: un UPS giratorio con 500 kW / unidad a \$ 500 / kW y un UPS estático con 400 kW / módulo a \$ 450 / kW. Comparar el costo inicial para (a) un sistema no redundante y (b) un sistema redundante con una unidad:

#### Solución:

*(a) Sistema no redundante*

Giratorio 2 unidades x 500 kW a \$ 500 / kW = \$ 500,000

Estático 3 módulos x 400 kW a \$ 450 / kW = \$ 540,000

*(b) Sistema redundante con una unidad*

Giratorio 3 unidades x 500 kW a \$ 500 / kW = \$ 750,000

Estático 4 módulos x 900 kW a \$ 400 / kW = \$ 720,000

El costo inicial de unidades giratorias es inferior que las unidades estáticas para el sistema no redundante pero superior que para el sistema redundante con una unidad.

### Ejemplo 7.3

*Base del costo anual: entre un UPS giratorio y un estático.* Comparar el costo anual adicional por operación del UPS del ejemplo 7.2 para una carga de 900 kW por 8 760 h / año. Además de las capacidades y costos dados en el ejemplo 7.2, se incluyen los siguientes:

Interés más amortización	10 por ciento
Energía	\$ 0.10 / kW
Mantenimiento al giratorio	\$ 1 000 / año por unidad
Eficiencia del giratorio	0.80
Mantenimiento al estático	\$ 2 000 / año por unidad
Eficiencia el estático	0.88

Considerar (a) un sistema no redundante y (b) un sistema redundante con una unidad.

**Solución:**

(a) *Sistema no redundante.* Si el UPS es del tipo giratorio:

Interés	$0.10 \times \$ 500,000 =$	\$ 50,000 / año
Mantenimiento	$2 \times \$ 1,000 =$	2,000
Energía ( pérdidas )	$0.2 \times \$ 0.10 / \text{kWh} \times 900$ $\text{kW} \times 8\,760 \text{ h} =$	<u>157,680</u>
Costo adicional		\$ 209,680 / año

Si el UPS es del tipo estático:

Interés	$0.10 \times \$ 540,000 =$	\$ 54,000 / año
Mantenimiento	$3 \times \$ 2,000 =$	6,000
Energía ( pérdidas )	$0.12 \times \$ 0.10 / \text{kWh} \times 900$ $\text{kW} \times 8\,760 \text{ h} =$	<u>94,608</u>
Costo adicional		\$ 154,608 / año

( b ) *Sistema redundante con una unidad.* Si el UPS es del tipo giratorio:

Interés	$0.10 \times \$ 750,000 =$	\$ 75,000 / año
Mantenimiento	$3 \times \$ 1,000 =$	3,000
Energía ( pérdidas )	$0.2 \times \$ 0.10 / \text{kWh} \times 900$ $\text{kW} \times 8\,760 \text{ h} =$	<u>157,680</u>
Costo adicional		\$ 235,680 / año

Si el UPS es del tipo estático:

Interés	$0.10 \times \$ 720,000 =$	$\$ 72,000 / \text{año}$
Mantenimiento	$4 \times \$ 2,000 =$	$8,000$
Energía ( pérdidas )	$0.12 \times \$ 0.10 / \text{kWh} \times 900$ $\text{kW} \times 8\,760 \text{ h} =$	$94,608$
Costo adicional		$\$ 174,608 / \text{año}$

Los costos anuales adicionales para la unidad UPS estático son inferiores que para la unidad UPS giratorio por su más alta eficiencia y los costos de energía relativamente grandes en comparación con los otros costos. Otras reducciones de los costos anuales adicionales pueden probablemente ser conseguidos considerando unidades de más alta eficiencia pero con costos iniciales muy altos. En el caso de los UPS giratorio, se consiguen eficiencias muy altas a través del incremento de tamaño. En el caso del UPS estático, se puede conseguir eficiencias muy altas a través de perfeccionar los circuitos y del incremento de tamaño.

### Ejemplo 7.3

*Costo de un UPS contra costo de interrupciones.* Comparar el costo anual de interrupciones con el costo de un UPS capaz de operar las cargas críticas por interrupciones. Las interrupciones estimadas son de cinco por año con un costo de \$ 10,000 / interrupción, o un total de \$ 50,000 / año. Los datos de costo y operación para el UPS son los siguientes:

Capacidad del UPS	500 kW
Operación	400 kW
12 h / día con carga de 400 KW	0.88 de eficiencia
12 h / día con carga de 200 KW	0.88 de eficiencia
Intereses más amortización	10 %
Costo inicial	\$ 225,000
Mantenimiento	\$ 2,000 / año
Energía	\$ 0.10 / kW

**Solución:**

La energía adicional requerida por el UPS además de la carga sin el UPS esta dado por las pérdidas del UPS:

$$\text{Pérdidas} = 0.12 \times 4\,380 \text{ h/año} \times 400 \text{ kW} + 0.20 \times 4\,380 \text{ h/año} \times 200 \text{ kW} = 385,440 \text{ kWh/año}$$

El costo adicional anual del UPS esta dado por :

Intereses	$0.10 \times \$ 225,000 =$	$\$ 22,500 / \text{año}$
Mantenimiento		2,000
Energía	385,440 kWh / año $\times \$ 0.10$ kWh =	<u>38,544</u>
Costo adicional		$\$ 63,044 / \text{año}$

El costo anual adicional del UPS de \$ 63, 044 excede el costo de cinco interrupciones por año de \$ 50,000.

**7. 10 Resumen**

El análisis costo/beneficio es llevado a cabo como una de las etapa en la ingeniería en todo sistema de emergencia y/o reserva para asegurar que el diseño satisfaga las necesidades a los más bajos costos. Tanto la duración en frecuencia/interrupción de la energía de utilización y los costos resultantes al usuario son complicados de cuantificar. Datos publicados y métodos para normalizar los datos son presentados en este capítulo. También están dados los datos de costos y ejemplos.

## CONCLUSIONES

Después de haber analizado los diferentes sistemas de energía para emergencia y/o reserva que pueden elegirse para la alimentación de las cargas críticas o prioritarias, se tiene que examinar los criterios para seleccionar, entre estos sistemas, el más adecuado en un caso determinado. Para ello, se deberá establecer una jerarquía de las cualidades que deberán exigirse a un grupo de alimentación auxiliar, como por ejemplo:

- 1.º Si la condición esencial es la continuidad de alimentación y un pequeño nivel de perturbación en el momento de paso del servicio normal al servicio auxiliar, se tendrá en cuenta que, aunque todos los sistemas estudiados permiten asegurar un funcionamiento ininterrumpido, la perturbación producida por la corta duración de transición, varía de un dispositivo a otro. Los que llevan baterías causan la más pequeña perturbación en la forma de la onda, porque en ellos no interviene una inercia mecánica, mientras los que utilizan un volante para el lanzamiento de un motor térmico, producen inevitablemente una pasajera baja de frecuencia.
- 2.º Si se prevé que se producirán averías de larga duración, los sistemas con baterías exigen que ésta sea de gran capacidad y, por lo tanto, onerosa por sí misma y por su correspondiente cargador. Por el contrario, los dispositivos con motor térmico permiten funcionamientos de larga duración, limitados solamente por la reserva de combustible.

En algunos casos, los sistemas mixtos, constituidos por una batería de capacidad reducida para un auxilio inmediato y un grupo electrógeno, que se pone en marcha durante este tiempo para sustituir después a la batería, puede representar una buena solución.

- 3.º Si la condición esencial es la estabilidad de la tensión, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⇒ En los sistemas en que las cargas críticas o prioritarias están siempre alimentadas, sea por el ondulator o inversor, sea por el generador, como estas cargas no están directamente conectadas al sector, las variaciones de tensión en este no tienen ninguna influencia en su funcionamiento y la tensión se mantiene estable, sea por el inversor, sea por el regulador de tensión del generador.
- ⇒ En los dispositivos en que hay transferencia de alimentación de las cargas críticas del sector en operación normal a la fuente de energía auxiliar, en caso de interrupción, el paso de uno a otro sistema de alimentación se realiza para una baja tensión cuyo valor ha de fijarse previamente.

4.º Si la frecuencia tiene una importancia especial. el dispositivo con inversor constantemente en servicio, asegura una frecuencia completamente estable, regulada por un oscilador.

En los sistemas en los que las cargas críticas están alimentadas en operación normal por el sector, estas cargas sufren en toda su amplitud las variaciones de frecuencia de éste.

En los casos de los grupos generador, motor eléctrico, volante, embrague, motor térmico, en los que las cargas críticas están alimentadas permanentemente por el generador, no queda asegurada la estabilidad de la frecuencia. Efectivamente, si el motor eléctrico es síncrono, la velocidad de rotación del generador variará con la frecuencia de la red; si este motor es asíncrono, la velocidad del generador dependerá del deslizamiento de dicho motor.

Pero todos los sistemas que llevan una transferencia de alimentación, pueden completarse para que la alimentación pase automáticamente a la fuente de energía auxiliar, cuando la frecuencia del sector comienza a salir del límite tolerable.

5.º Si lo que se desea es un alto grado de seguridad, éste se podrá obtener con todos los sistemas de baterías. En efecto, una batería en buen estado y bien cargada, responde inmediatamente a las solicitaciones de energía.

Por otro lado, el arranque por volante de inercia de un motor térmico, también puede aceptarse, dado que el volante ataca el eje del motor de gran velocidad y siempre que este motor esté equipado con sistemas de recalentamiento permanente del cárter de aceite y de las camisas de agua.

En los casos excepcionales en que se desea un muy alto grado de seguridad, puede obtenerse éste, cualquiera que sea el sistema utilizado. Basta con duplicar el dispositivo auxiliar; cada una de estas dos unidades debe ser capaz de asegurar, por sí sola, la totalidad del servicio auxiliar; sin embargo, normalmente, cada unidad auxiliar alimenta solamente la mitad de las cargas críticas; pero puede alimentar instantáneamente la totalidad si falla la otra unidad.

- 6.º Todos los sistemas de energía para emergencia y/o reserva citados en este trabajo aseguran una operación sin vigilancia. Para tener una instalación auxiliar en buen estado de operación, bastará con inspecciones periódicas y un adecuado programa de mantenimiento preventivo.
- 7.º En lo que se refiere al precio de la instalación, los sistemas a base de inversores son los más caros. Sin embargo, estos sistemas presentan, como contrapartida, las siguientes ventajas:
- ⇒ Frecuencia muy estable.
  - ⇒ Buen rendimiento a todas las cargas.
  - ⇒ Pequeño gasto de mantenimiento, puesto que no hay piezas móviles.
  - ⇒ Pequeño volumen.
  - ⇒ Bajo nivel de ruido, equivalente al de un transformador de la misma potencia.

Por otro lado, cabe esperar que se reducirá el precio de los inversores, a medida que aumente la potencia de los aparatos construidos, ya que en la actualidad, la fabricación está limitada a los aparatos de pequeña potencia.

Finalmente, podemos decir que la alimentación permanente de las cargas críticas en una instalación es un problema que exige un estudio detenido, y que abarca, no solamente la elección de la solución más adecuada, sino también las consecuencias sobre la seguridad del personal y del material y sobre el buen funcionamiento de la instalación. En ningún caso debe de considerarse esta cuestión como de menor importancia y su estudio debe realizarse teniendo en cuenta que el servicio de energía auxiliar forma parte del conjunto de la instalación y no es un dispositivo independiente de dicha instalación.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Lyons, Stanley L. "Emergency Lighting: For Industrial, Commercial and Residential Premises", Butterworth-Heinemann Ltd.
2. Mages J. Loren. "Grupos Electr6genos", Marcombo, S.A.
3. ANSI/IEEE Standards. 446-1995, "IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications".
4. "Lead Batteries for Auxiliar Power Supply Handbook", Australian Lead Development Association (ALDA).
5. ANSI/NFPA 70-1987. "National Electrical Code". Article 700. "Emergency Systems".
6. R.K. Sugandhi, K.K. Sugandhi, "Tiristores: conceptos y aplicaciones", Limusa S.A.
7. "Tableros de Transferencia Tipo Changematic", F.P.E.
8. "Baterías NIFE de niquel-cadmio", NIFE de México S.A.
9. "Manual de Operación y Mantenimiento de las Plantas Eléctricas de Emergencia" , Instituto SELMEC de Capacitación.
10. Irwin, Lazar. "Electrical Systems Analysis and Dising for Industrial Plants".
11. Enriquez, Harper, Gilberto. "Manual de Instalaciones Eléctricas, Residenciales e Industriales", Limusa, S.A.